

Rapport for prosjekt

Miljøvennlig havbruk gjennom et driftssystem basert på polykultur



Ålesund, februar 2006



Forord

I Strategisk næringsplan for Møre og Romsdal 2001-2004 er det under fiskeri og havbruk foreslått at det skal arbeides for å øke kunnskapsgrunnlaget innenfor semi-kulturer (herved definert som polykultur), gjennom etablering av pilotprosjekt. Høgskolen i Ålesund og Møreforskning Ålesund har i prosjektet denne rapporten beskriver, undersøkt ulike aspekter ved polykultur mellom relevante arter i norsk oppdrettsnæring. Prosjektet er finansiert av Møre og Romsdal fylke (ref: MR 18297/2004/223/U40) og gjennom egeninnsats fra institusjonene.

Forsøkene ble planlagt i 2004 og startet i januar 2005. Det ble etablert en referansegruppe som møttes før forsøkene startet og rett etter avslutning, for å gi innspill til forsøksoppsettet og til resultatene som har framkommet. Referansegruppa hadde følgende sammensetning:

- Per Sture Mork: Branco A/S
- Johan Solgaard: Villagruppen A/S
- Liv Birte Rønneberg: Nordvest fiskehelse
- Erlend Standal: Fiskeridirektoratet
- Eirin Roaldsen Nyhus: Møre og Romsdal fylke
- Åsa Espmark: AKVAFORSK
- Høgskolen i Ålesund: Anne Stene
- Møreforskning Ålesund: Grete Hansen Aas

Mattilsynet har vært orientert fortløpende og har vært representert på siste møte ved Lars Omenaas.

Polykultur har vært utprøvd på følgende lokaliteter:

- Høgskolens oppdrettsanlegg i Gangstøvika
- Atlanterhavsparken i Ålesund
- Bacalao torskeoppdrett i Vartdalsfjorden
- Hadal skjel, et blåskjellanlegg i Vartdalsfjorden.

Høgskolen i Ålesund ved Anne Stene har vært prosjektleder og Grete Hansen Aas har vært prosjektmedarbeider og koordinator for samarbeidet med Møreforskning Ålesund.

Vi takker alle som har bidratt til gjennomføring av prosjektet. En spesiell takk til oppdretterne i Vartdalsfjorden, ansatte på Atlanterhavsparken og driftsleder Stein Erik Solevåg ved høgskolens oppdrettsanlegg i Gangstøvika.

Ålesund, januar 2006

1, amanuensis Anne Stene
(prosjektleder)

Sammendrag

Høgskolen i Ålesund og Møreforskning Ålesund bygger opp et felles kompetansemiljø innenfor marine fag relatert til regional næringsvirksomhet, undervisning og forskning. Gjennom dette prosjektet har vi også utviklet et nært samarbeid med oppdrettere i fylket, relevant forvaltning, fiskehelsetjenesten og Akvaforsk. Prosjektet ble finansiert i 2004 og ble gjennomført i løpet av 2005. Følgende resultater ble oppnådd i henhold til delmålene:

1) Tidligere erfaringer og forskningsresultater: Oppdrettsnæring må være kunnskapsbasert og bærekraftig for å utvikle seg i riktig retning. Canada og Skottland har en del aktivitet rundt utprøving av polykultur mellom blåskjell og fisk. Likevel dominerer undersøkelser relatert til andre arter enn de vi bruker i norsk oppdrettsnæring. Resultatene i litteraturen er generelt svært sprikende angående skjellenes evne til å unytte avfallstoffer fra fisk til egen vekst.

2) Testsystem: Polykultur er en driftsform som foreløpig er restriksjonsbelagt grunnet mangel på sikker viten om relaterte konsekvenser. Skal ny viten implementeres i oppdrett må den bygge på reproducerbare resultater. Denne undersøkelsen bygger derfor på kontroller og parallelle forsøksgrupper.

3) Opptak av avfallstoffer: Ulike fiskearter i samme oppdrettsenhet og på samme oppdrettslokalitet kan gi bedre utnytting av pellets som ikke blir spist under foring. Blåskjell som ble dyrket under påvirkning av fiskeproduksjon vokste raskere og hadde bedre kvalitet enn skjell uten en slik påvirkning. Veksten var best på sjølokalitetene som hadde høyere temperatur og mer mikroalger i overflatevannet. Alger og bakterier utnytter næringsalter og organisk stoff som finnes i utslipp fra fiskeproduksjon til egen vekst.

4) Optimalisere miljøet: Avfallstoffene fra fiskeproduksjon kan utnyttes av blåskjell: direkte, ved at de filtrerer ut organiske næringspartikler, eller indirekte via dyrking av alger. For polykultur i sjøbasert oppdrett er strømmålinger svært viktig for å sikre at avfallstoffer når skjellene og at blåskjellenes yngelproduksjon ikke bidrar til økt begroing av fiskeanlegget.

Det er viktig å framskaffe mer kunnskap om blåskjellenes evne til å akkumulere sykdomsfremkallende virus, bakterier og parasitter. Videre må tilbakeholdelsestid for blåskjell defineres for ulike medisiner som benyttes i fiskeoppdrett ved ulike temperaturer. Høgskolen i Ålesund og Møreforskning Ålesund vil gå videre med disse problemstillingene i nye prosjekter.

Innholdsfortegnelse:

Forord	2
Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse:	4
1 Innledning	5
2 Målsetning	5
2.1 Delmål:	5
3 Resultater	6
3.1 Tidligere erfaringer og forskningsresultater	6
3.2 Etablere testsystem	6
3.3 Undersøke opptak av avfallstoffer og næringsalter fra fiskeproduksjonen.	7
3.4 Undersøke og optimalisere miljøforhold, foringsrutiner og forutnytting	11
3.5 Resultatvurdering og konklusjon	13
4 Organisering, samarbeid og formidling	14
5 Litteratur	15

1 Innledning

Norsk havbruksnæring er basert på et monokulturprinsipp, der målet er effektiv produksjon av fisk på et begrenset sjøareal ved tilførsel av spesialfôr. Dette kan føre til negative miljøkonsekvenser, også fordi anlegget bandlegger store arealer i forbindelse med flytekrager, fortøyingssystemer og krav om sone mot annen aktivitet rundt virksomheten.

Potensial for havbruksproduksjon ligger ikke bare i å utvikle effektive produksjonssystemer, miljøeffektene må også holdes innen rammer samfunnet og markedene aksepterer. Flere arter i samme oppdrettssystem kan være veien å gå for å bedre areal- og fôrutnyttelse. Utslipp fra anlegget kan reduseres ved at integrerte organismer av kommersiell interesse utnytter dette til vekst. Smittehygieniske aspekter må selvfølgelig også vurderes.

I tropisk dambruk i ferskvann er det vanlig med flere arter sammen. I slike systemer er det viktig at artene ikke har en atferd som fører til direkte konkurranse og predasjon og at det finnes mat i systemet som alle kan utnytte. Innenfor marin akvakultur er polykultur sjelden praktisert fordi produksjonen er basert på fôrtyper og fôringsregimer som er spesielle for hver art og fordi det er restriksjonsbelagt i lover og forskrifter.

Høgskolen og Møreforskning i Ålesund har oppdrettsmiljø, torsk og skjell som satsingsområder innenfor fagområdet: akvakultur. I omsøkt prosjekt har vi brukt mest ressurser på å undersøke torskefisk som primær art og blåskjell som integrert art. Resultatene vil være overførbare til produksjon av andre fiskearter som benyttes i norsk oppdrett. I tillegg er ulike torskefisk prøvd i et polykultursystem.

Gjennom dette prosjektet er kunnskap relatert til oppdrett av ulike arter på samme lokalitet (polykultur) bygget opp. Denne kunnskapen vil være tilgjengelig og nyttig både for forvaltningen som har ansvar for miljø og brukerinteresser i kystsonen og for oppdrettere som ønsker å utnytte arealene og ressursene til bedre inntjening. Resultatene vil også danne grunnlag for videreføring av problemstillinger som dukket opp underveis, i nye relaterte prosjekter.

2 Målsetning

På bakgrunn av vår kompetansebase, aktiviteter og satsingsområder i FoU-miljøene i Ålesund, spesialiserer vi oss innenfor området: "Positive og negative synergieffekter mellom flere arter på samme oppdrettslokalitet". Fokus er å se resultatene i et miljø- og arealbruks perspektiv, men også vurdere kommersielle faktorer i forhold til helse, trivsel og vekst hos de ulike organismene i anlegget.

2.1 Delmål:

1. Undersøke tidligere erfaringer og forskningsresultater vedrørende polykulturdrift
2. Etablere testsystem for i landbasert anlegg før utprøving i sjø.
3. Undersøke opptak av avfallstoffer i avløpsvannet fra fiskeproduksjonen når det har passert skjellfilter og sammenlikne med avløpsvann direkte fra karene med fisk.
4. Undersøke og optimalisere miljøforhold, fôringsrutiner og fôrutnyttelse.
5. Vurdere resultatene med hensyn på arealutnyttelse, miljø og inntjening på bakgrunn av vekst, kvalitet og helse hos kultivert biomasse.

3 Resultater

3.1 Tidligere erfaringer og forskningsresultater

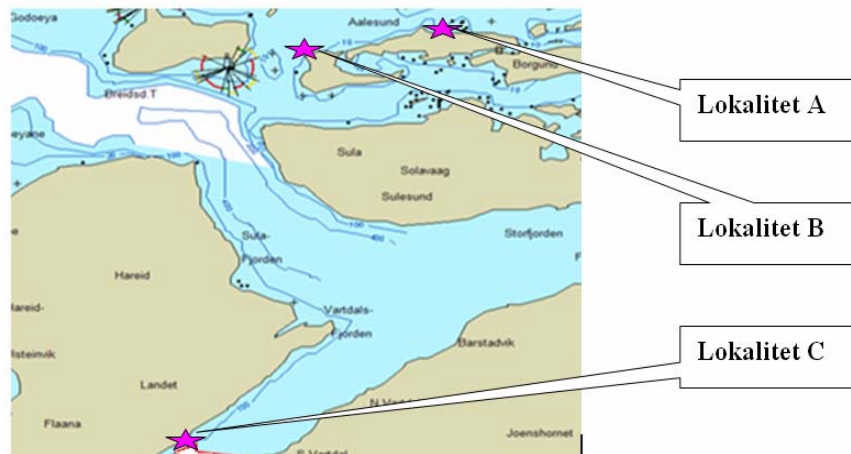
Innledningsvis i prosjektet ble det foretatt litteratursøk og innhentet informasjon fra tidligere utredninger og åpne prosjekter knyttet til fagfeltet. En del internasjonale publikasjoner inneholdt resultater angående marin semi-kultur. Canada og Skottland har en del aktivitet rundt utprøving av polykultur mellom blåskjell og fisk. I litteraturen dominerer likevel andre arter enn de vi bruker i norsk oppdrettsnæring.

I norsk akvakultur er det forholdsvis få prosjekter angående polykultur mellom skjell og fisk. Det mest omfattende prosjektet har pågått i Trønderlag /Flatanger innen det 4-årige HASUT prosjektet: Havbruk, Areal, Samordning og Utvikling i Trønderlag. Prosjektet ble utført i sjø under normal drift og ikke basert på kontrollerbare betingelser og flere paralleller. Det foreligger lite klare resultater på utnytting av avfallstoff grunnet problemer under gjennomføringen.

SINTEF-havbruk signaliserer på KYST.no at de jobber med integrert akvakultur mellom blåskjell og torsk. Foreløpig foreligger det ingen tilgjengelige resultater. Resultatene i litteraturen er generelt svært sprikende angående skjellenes evne til å unytte avfallstoffer fra fisk til egen vekst. Relevant litteratur er vedlagt i referanselite bakerst i dokumentet.

3.2 Etablere testsystem

I prosjektet benyttet vi primært torsk som produksjonsart og blåskjell som en del av rensesystemet. Alle blåskjellene som ble benyttet i forsøket, var gytt i 2004 ved Meisingset på Nordmøre. Figuren viser de landbaserte lokalitetene (A og B) og sjølokaliteten (C) som ble brukt under gjennomføring av forsøkene.



Ved det landbaserte havbrukslaboratoriet til Høgskolen i Gangstøvika (lokalitet A) var blåskjell dyrket på rist i til sammen 6 lave kar, der 3 mottok avløpsvann fra torsk (se bildet under). Som kontrollgruppe ble det brukt blåskjell i 3 tilsvarende kar med rist, men disse mottok reint sjøvann fra vanninntaket på 50 meters dyp.

Denne lokaliteten ble også benyttet til utprøving av polykultur mellom flere fiskarter.



Kar med torsk

Kar med blåskjell

I Atlanterhavsparken (lokalitet B) ble blåskjellstrømper plassert nær en mærd med laks i et akvarium som inngår i en oppdrettsutstilling. Her var det ikke mulig å etablere en kontrollgruppe med blåskjellstrømper uten innvirkning fra fisk.

Utprøvingen i sjø foregikk i Vartdalsfjorden (lokalitet C). Skjellstrømper ble plassert ved et kommersielt torskeanlegg. Kontrollgruppen besto av skjellstrømper plassert ved et kommersielt blåskjellanlegg. Blåskjellene i forsøket ble plassert i henhold til dominerende strømretning, slik at de, i størst mulig grad, mottok vannstrømmen som først hadde passert igjennom eksisterende oppdrettsanlegg. Blåskjellstrømpene ble beskyttet mot ærfuglangrep med aluminiumsnetting.

For å utvikle seg i riktig retning må oppdrettsnæringen være kunnskapsbasert. Ny kunnskap krever at utprøvingen bak bygger på reproduserbare resultater. For å sikre dette hadde skjell som var eksponert for avfallstoffer kontroller uten slik eksponering. Vi etterstrebet mest mulig like betingelser mellom eksponerte organismer og kontrollorganismer. Utprøvingen var basert på 3 paralleller innenfor hver kategori.

Temperatur, strøm og næringstilgang er viktige vekstparametere for marine vekselvarme organismer. For å undersøke effekten av disse miljøparametere på blåskjellene, ble ulike typer integrering, dyrkingsmetoder, lokaliteter og vannkvaliteter undersøkt (tabell under).

LOKALITET	KATEGORI	VANNKVALITET / BEHANDLING	DYRKING
Gangstøvika	Kontroll: A ₀	Reint dypvann fra 50 m	På rist
	Eksponert: A ₁	Samme dypvann via fiskeproduksjon	På rist
Atlanterh.parken	Eksponert: B	Dypvann fra 40 m i tank med fiskeproduksjon	På strømpe
Vartdalsfjorden	Kontroll: C ₀	Ved sjøbasert blåskjellproduksjon	På strømpe
	Eksponert: C ₁	Ved sjøbasert torskeproduksjon.	På strømpe

3.3 Undersøke opptak av avfallstoffer og næringsalter fra fiskeproduksjonen.

Flere arter i samme oppdrettssystem kan være veien å gå for å øke fôrutnyttelsen, samtidig som utslipp fra anlegget reduseres. For å finne mer ut om dette ble følgende problemstillinger undersøkt:

1. Kan blåskjellene utnytte avfallstoffene direkte til vekst og kvalitetsforbedring?
2. Kan avfallstoffene benyttes til indirekte foring av skjell via alge- og bakteriedyrking?
3. Kan ulike fiskearter i samme anlegg bidra til bedre fôrutnyttelse?

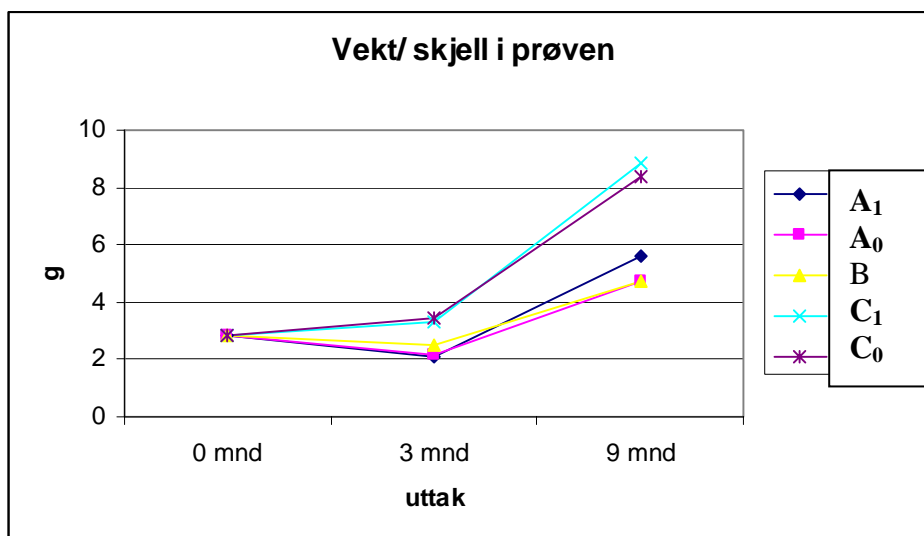
1. Vekst og kvalitetsforbedring hos blåskjell

For å undersøke skjellenes evne til å utnytte avfallstoffer, ble følgende vekst og kvalitetsparametere registrert ved start i januar, april og ved avslutning i oktober:

PARAMETERE	Januar (0 mnd)	April (3 mnd)	Oktober (9 mnd)
Størrelse (mm)	x	x	x
Våtvekt (helt skjell)	x	x	x
Skallvekt (tørket skall)	x	x	x
Matinnhold (prosent av våtvekt)	x	x	x
Farge på innmat (visuell vurdering)	x	x	x

Størrelse: Det var ingen signifikante forskjeller i størrelse mellom de ulike kategoriene. Det vil si at vekstforholdene ikke påvirket skjellenes ytre mål. Skallvekst reflekterte heller ikke veksten i skjellens innmat. De største skjellene ble likevel registrert på lokalitet C i Vartdalsfjorden. Her fant vi imidlertid også de minste, grunnet påslag av ny yngel i 2005.

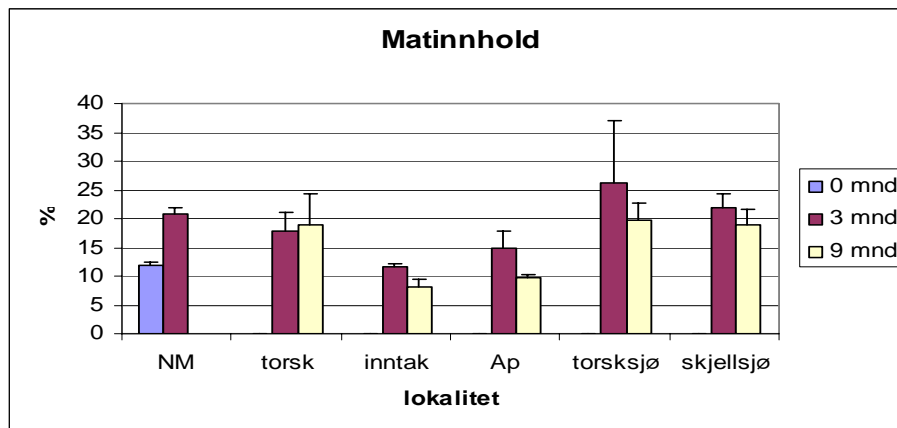
Vekt: Det var signifikante forskjeller i enkeltskjellenes gjennomsnittvekt i de ulike kategoriene. Figuren under viser at blåskjellene på lokalitet C i Vartdalsfjorden hadde oppnådd best vekt (g) allerede i april (0 mnd), sammenliknet med blåskjell på lokalitet A og B som ble dyrket i sjøvann fra 40 -50 meters dyp. Etter 9 måneder var forskjellene tydeligere.



Skjellene som ble dyrket sammen med torsk var generelt tyngre enn de som vokste ved blåskjellanlegget på lokalitet A: Gangstøvika og C: Vartdalsfjorden. Av de to kategoriene på lokalitet A var blåskjell dyrket i avløpsvannet fra torsk tyngre enn blåskjell som var dyrket i reint inntaksvann. Blåskjellene på lokalitet B minnet mye om skjellene som ble dyrket i reint sjøvann fra dypet på lokalitet A.

Skallvekt: Det var ingen signifikant forskjell i skallvekt mellom kategoriene. Etter 9 måneder utgjorde skallet ca 30 % av totalvekten til blåskjellene. Hos skjell på lokalitet A og B fant vi den høyeste skallvektprosenten av total vekt fordi disse skjellene hadde lite innmat i forhold til størrelsen.

Matinnhold: Det var signifikante forskjeller i matinnhold på de ulike lokalitetene etter 9 måneder. Blåskjellene på lokalitet C hadde høyest matprosent, spesielt de som var samlokalisert med oppdrettsanlegg for torsk. På lokalitet A var det blåskjell som var eksponert for avløpsvannet fra torskeproduksjon som hadde høyest prosent matinnhold.



Ved avslutning av forsøket var skjellene små og hadde en matprosent på opptil 20 %. Kommersiell kvalitet krever minst 22 % hvilket vil si at skjellene måtte dyrkes lengre enn 9 måneder for å oppnå riktig markedsstørrelse.

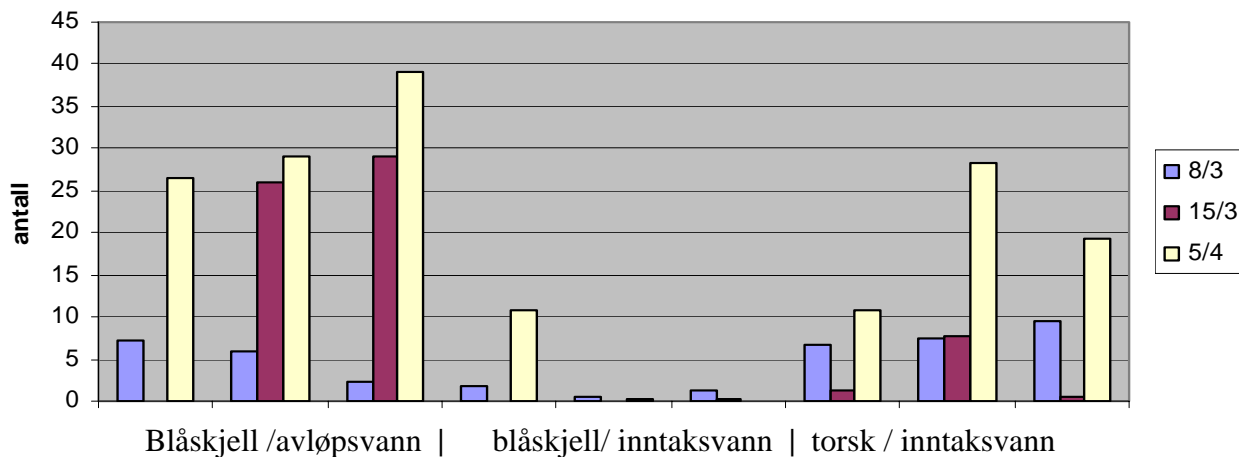
Farge på innmat: Vi fant ingen tydelig forskjell i farge mellom skjell fra de ulike lokalitetene og kategoriene. Fargen på innmaten hos blåskjell varierer med organer, arv, miljø, kjønn og modning. Dette bidrar til at visuell, subjektiv fargebedømmelse neppe er et kvalitetskriterium av betydning. Det var ingen fargeforskjell på skjell som var integrert med laks i forhold til skjell som var integrert med torsk.

2. Alge- og bakteriedyrking (studentoppgave)

Spesielt mikroalger, men også bakterier er viktig næring for blåskjell. Avfallstoffene i vannet fra produksjon av fisk inneholder uorganiske næringsalter som fremmer algevekst og organisk stoff som fremmer bakterievekst. Bakterier bryter ned organisk materiale til mer næringsalter.

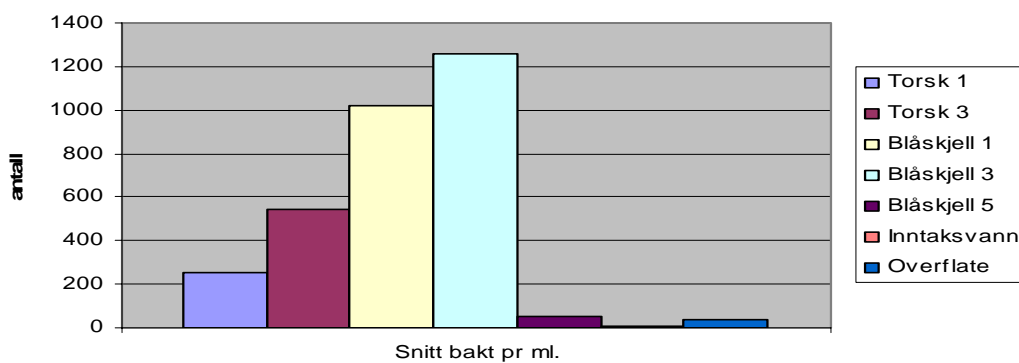
For å undersøke det potensialet avløpsvannet hadde for algevekst, ble vannprøver tatt fra alle kar i Gangstøvika. Disse vannprøvene ble plassert i glassbeholdere ved samme temperatur og belyst i 3 døgn før antall algeceller ble analysert (se figur under). Vannet i de 3 karene med blåskjell som mottok avløpsvann fra torsk (til venstre), hadde størst potensial for algevekst. Vannet fra kar med blåskjell som mottok reint inntaksvann hadde lite potensial for algevekst (i midten). Dette indikerer at vannet var lite forurenset av miljø og blåskjell. Vannet fra torskekarene befant seg i en mellomstilling (til høyre).

Snitt algetelling vannprøver glasskar



Tilsvarende prøver ble analysert for antall bakterier i april og sammenliknet med overflatevann i sjøen utenfor og reint inntaksvann. Det var mest bakterier i de prøvene som ga flest alger, noe som kan tyde på at det var mest avfallstoffer og nedbrytning i blåskjellkar som mottar avløpsvann fra torskproduksjonen (gul og lysblå søyle).

Bakterietelling 21/4



Avfallstoffene som dannes i sjøvann under produksjon av oppdrettsfisk har potensial for økt alge og bakterievekst. Fiskene og bakteriene frigjør næringsalter ved nedbrytning av organisk materiale. Algene utnytter disse næringssaltene til vekst.

3. Fôrutnyttelse hos ulike torskfisk i samme oppdrettssystem (studentoppgave)

Like mengder torsk, hyse, bleike og sei ble plassert i 4 separate kar. Parallelt ble alle artene integrert i samme kar. Integreringen ble vurdert i forhold til vanlige drifts- og foringsrutiner i oppdrett av torsk.

Resultatene viste at fiskene ernærer seg på ulike steder i oppdrettskaret. Torsk tar fôret nær overflaten, sei spiser i stim midt i karet, hyse søker for mot bunnen, mens bleike spiser i de delene av karet som hadde gode lysforhold. Bleike tapte konkurransen om fôr og seien vant, når alle 4 artene oppholdt seg i samme kar.

All fisk ble foret med pellets utviklet for torsk i oppdrett. Torsken hadde den beste utnyttelsen (forfaktor) av dette foret. Seien utnyttet også dette godt og var den arten som hadde raskest tilvekst. Hyse og bleike vokste best i starten, men etter hvert stoppet lengdeveksten opp og fiskene utnyttet fôret til å danne svært stor lever.

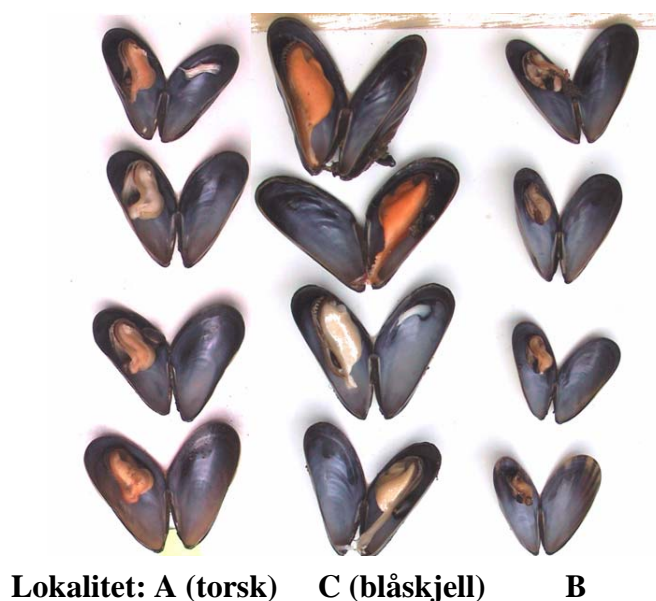
Hyse så ut til å være best egnet for å utnytte fôrspill fra torsk. I en mærd i sjø ville en slik integrering kreve en notpose som var tett i bunnen. Det største problemet ligger imidlertid i fôrsammensetningen. Torskefôr synes å være for fett for hyse og bidrar til liten lengdevekst og stor levervekt. Seien vokste best på torskefôr.

3.4 Undersøke og optimalisere miljøforhold, foringsrutiner og forutnytting

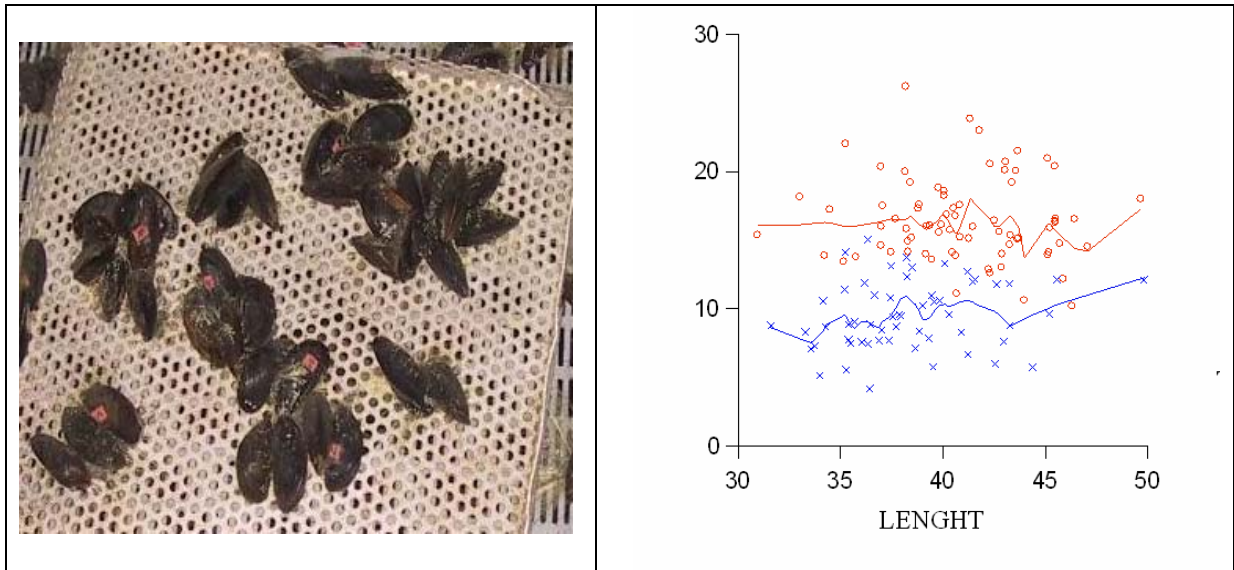
Optimalisering av miljø og fôring er en vesentlig del av driften i dagens fiskeoppdrett. I forbindelse med polykultur, er det den integrerte arten som skal tilpasses denne driften og helst bidra til økonomiske og/eller økologiske fordeler.

Temperaturen i overflatevannet på lokalitet C i Vartdalsfjorden hadde det høyeste snittet. Opptil 500 flere døgngader ble registrert her i forsøksperioden, sammenliknet med de landbaserte lokalitetene med dypvannsinntak. I tillegg vil overflatevannet på sjølokaliteten ha et høyere innhold av algeceller som regnes som den beste næringspartikkelen for blåskjell.

Bildet under viser at blåskjellene på lokalitet C hadde best vekstvilkår. Videre var det størst matinnhold i skjell som var integrert med torsk både på lokalitet A og C. Lokalitet B og skjell i reint inntaksvann på lokalitet A framsto som nærmest identisk. Ved å integrere blåskjell med oppdrett av fisk kan avfallstoffer fungere som tilleggsføde i perioder med lite mikroalger i sjøen.

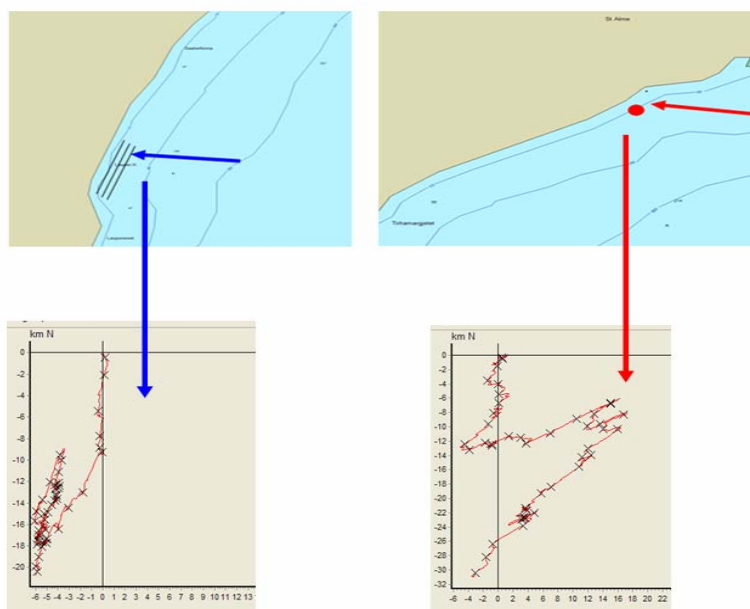


På lokalitet A ble 50 blåskjell i hver kategori merket for å følge individuelle forskjeller innefor samme bestand og under samme miljøforhold (se bildet under). Figuren under viser at det var store forskjeller i prosent matinnhold mellom individene innenfor hver kategori og at skjellene som kun fikk reint dypvann (blå kryss) hadde lavere matinnhold enn skjell som fikk avløpsvann fra torskeproduksjonen (røde ringer).



Individuelle forskjeller kan være genetisk betinget. Dette kan danne grunnlag for fremtidig avlsarbeid. En skal imidlertid ikke se bort fra det miljømessige. Blåskjell dannet små kolonier på 5 til 10 skjell. Enkelte individer kan dermed ha dårligere tilgang til vann og næring enn andre.

Strømbildet på sjølokalitetene er viktig for å sikre at mest mulig av vannet som har passert gjennom anlegget med fisk når fram til det integrerte blåskjellanlegget. Figuren under viser strømrretningen og plasseringen av blåskjellstrømpene i forsøket i forhold til eksisterende oppdrettsanlegg for fisk (rødt) og skjell (blått).



Det er også viktig at strømmen ikke fører all yngel fra blåskjellene mot anlegget med fisk. Blåskjell kan bidra med begroing i form av yngel på nøter og installasjoner. Begroing er et stort problem for oppdrettsnæringa og setter strenge krav til strømforhold på integrerte lokaliteter.

Resultatene viste at det var stort påslag av blåskjellyngel gytt i 2005 på lokaliteten i Vartdalsfjorden. Det var mest på skjellstrømpene nær et eksisterende blåskjellanlegg. Dette var ikke observert på de landbaserte lokalitetene med dypvannsinntak. For å hindre økt begroing må man sette strenge krav til strømbildet på lokaliteter med integrert produksjon der blåskjell er involvert.

3.5 Resultatvurdering og konklusjon

I den norske kystsonen opplever vi en stadig sterkere fortetning av brukerinteresser. En økende oppdrettsnæring som bandlegger store områder og gir eksklusiv rett til areal over tid. Dette gir grunnlag for interessekonflikter i kystsonen.

De mest sentrale lovverk som regulerer marin oppdrettsvirksomhet er oppdrettsloven, forurensningsloven og matloven. Oppdrettsloven har ingen paragrafer som forhindrer samdrift mellom to arter. Forurensningsloven skal begrense utslipp og verne miljøet mot skadelig påvirkning. Blåskjell sammen med eksisterende fiskeproduksjon vil ikke bidra til økt utslipp da dette er organismer som ikke fores. En slik integrering mellom to arter vil ikke kreve ekstra utslippstillatelse.

Matloven krever imidlertid en avstand mellom oppdrettsanlegg for torsk og skjell på 2 km. En omsetningsforskrift (EU) setter krav om at levende fisk og skalldyr som skal omsettes, skal være friske og ikke komme fra restriksjonsbelagte anlegg. Denne forskriften gjør det vanskelig å omsette den ene arten i et polykultursystem hvis den andre arten er syk eller medisineret. Det vil da være nødvendig med tilbakeholdelsestid.

I lovverket som regulerer norsk oppdrettsnæring er polykultur restriksjonsbelagt, men ikke direkte forbudt. De sterkeste restriksjonene ligger Matloven grunnet frykten for sykdoms-spredning og i Omsetningsforskriften grunnet frykten for medisinerester og smittestoff i organismer til konsum. Forvaltningen benytter ofte et "føre-var" prinsipp på områder der forskning og kunnskap mangler. Polykultur mellom arter i norsk akvakultur er et slikt område.

Resultatene i denne undersøkelsen viser at blåskjell som dyrkes integrert med produksjon av oppdrettsfisk hadde større vekt og matinnhold enn blåskjell uten en slik påvirkning. Dette viser at blåskjell kan nyttiggjøre seg avfallstoffer til egen vekst. Organisk avfall fra fiskeproduksjon er neppe nok for raskt å oppnå en størrelse og kvalitet som egner seg til konsum.

Blåskjell på strømper i sjøen hadde best vekst. Dagens fiskeoppdrett foregår primært i sjø. Sjølokaliteter vil derfor være mest relevant for polykultur mellom blåskjell og fisk grunnet høyere temperaturer i tillegg til algeoppblomstringer om våren og høsten. Avfallstoffer fra fiskeoppdrett vil dermed bidra til tilleggsvekst i perioder uten alger i sjøen.

Sjøvann fra større dyp er kaldere og inneholder svært små mengder mikroalger. Av landbasert fiskeproduksjon er derfor yngelanlegg for torsk og kveite best egnet til i et driftssystem med blåskjell. Temperaturen er ikke nødvendigvis optimal, men bruken av alger i grøntvann og fordyrproduksjon kan virke positivt inn på skjell som utnytter næringspartikler i avløpsvannet. Avløpsvann fra landbasert fiskeproduksjon har dessuten potensial for økt algevekst ved belysning og bør derfor ikke avskrives i polykultursammenheng.

Blåskjell kan ta opp og nyttiggjøre seg avfallstoffer fra torskeproduksjon. Dette kan gi positive ringvirkninger på økonomien i blåskjelloppdrett og på økologien i området. Oppskalering til kommersiell drift gir imidlertid nye utfordringer i forbindelse med:

- sykdomskontroll, medisiner og tilbakeholdelsestid for skjell.
- krav til strømretning på integrerte lokaliteter
- optimal avstand mellom artene for best utnytting av avfallstoffene på lokaliteten.
- temperaturens betydning for vekst og forutnytting hos blåskjell
- landbaserte driftsystemer

Hovedmålsettingen med integrert akvakultur er å redusere miljøkonsekvensene av havbruk og dempe interessekonflikter i kystsonen. Polykultur kan dermed være veien å gå for bedre utnytting av oppdrettslokaliteter. På denne måten kan areal frigjøres til rekreasjon/friluftsliv og til annen næringsvirksomhet som fiske og turisme.

4 Organisering, samarbeid og formidling

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Høgskolen i Ålesund og Møreforskning Ålesund samt oppdrettsbedrifter, forvaltning og Atlanterhavsparken som formidler av allmennkunnskap om livet i havet. Følgende personer har vært direkte involvert i prosjektet.

Prosjektleder: 1. amanuensis Anne Stene HIÅ

Prosjektmedarbeider og koordinator for MFÅs deltakelse: Grete Hansen Aas

Ressursgruppe:

- Knut Sjøstad (dr.scient, HIÅ)
- Stig Tuene (cand. scient, MFÅ)
- Stein Erik Solevåg (cand. scient, HIÅ)
- Jan Erich Rønneberg (cand. mag., MFÅ)
- Studenter ved Høgskolen I Ålesund
- Ansatte ved Atlanterhavsparken.

Det tas sikte på å utvikle et felles kompetansemiljø innen havbruk mellom Høgskolen i Ålesund og Møreforskning. Dette fellesprosjektet har vært et grunnlag for å knytte institusjonene tettere sammen på dette fagområdet.

I tillegg har prosjektet hatt en referansegruppe som har bidratt med innspill i forbindelse med oppstart av prosjektet og ideer rundt nye problemstillinger rundt semi – kultur. Dette har vært en nyttig kontakt mot relevante aktører i oppdrettsnæringa:

Referansegruppe:

- 2-3 repr. fra næringslivet (oppdrettere)
- 1 repr. fra Fiskehelsetjenesten
- 1 repr. fra Fiskeridirektoratet (mattilsynet)
- 1 repr. fra Nærings- og miljøavdelinga i fylket
- 1 repr. fra AKVAFORSK
- 1 repr. fra Høgskolen i Ålesund
- 1 repr. Fra Møreforskning Ålesund

Formidling:

- 2 spanske og 4 norske studenter har tatt kandidatoppgave på problemstillinger knytta opp mot prosjektet. Forsøkene har også inngått i vanlig undervisning
- Vi har laget en poster om forsøket som har vært en del av oppdrettsutstillingen på Atlanterhavsparken.
- Et foredrag om prosjektet ble holdt under Aqua-Nor i Trondheim, juni 2005.
- Et foredrag om resultatene ble holdt i Bergen under en internasjonal konferanse om neste generasjons havbruk.
- Resultatene lagt fram under møter i Biotech Møre og Centre of Expertise, Ålesund kunnskapspark.
- Resultatene publiseres i internasjonal vitenskapelig tidsskrift og vil bidra til kompetanseoppbygging og merittering av FOU-miljøet i Ålesund.
- Resultatene har gitt grunnlag for to nye prosjektsøknader

5 Litteratur

Buschmann, A.H., Lopez, D.A., Medina, A. 1996. A review of environmental effects and alternative production strategies in marine aquaculture in Chile, *Aquacult. Eng.* 15: 397-421.

Crawford, C.M., Macleod, C.K.A., Mitchell, I.M. 2003. Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture* 224, 117-140.

Christensen, P.B., Glud, R.N., Dalsgaard, T. & Gillespie, P. 2003. Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture* 218, 567-588.

Chopin T. 2002: Samlokalisering gir miljøvennlig og lønnsom drift. (HASUT)
<http://www.hasut.no/MW/Hasut.nfs/NewsB>

Cutland, L. Canada øker hyse og kveiteoppdrett. Intrafish, 04.11.03. [ttp://www.Intrafish.com](http://www.Intrafish.com).

Dobretsov, S.V. & Gilles, M., 2001. Larvae and post-larvae, vertical distribution of mussels (*Mytilus edulis*) in the White Sea. *Marine Ecology progress series* 218: 179-187.

Findlay, R.H., Watling, L., Mayer, L.M. 1995. Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in Maine: a case study. *Estuary* 18: 145-179.

Garen, P., Robert, S. & Bougrier S., 2004. Comparison of growth of mussels, (*Mytilus edulis*) on long line, pole and bottom culture sites in the Pertuis Breton, France. *Aquaculture* 232: 511-524.

Gouletquer, P., 2005. Cultured Aquatic Species Information Programme - *Mytilus edulis*. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI). *Cultured Aquatic Species Fact Sheets*. FAO - FIGIS.

Grant, J.A., Hatcher, A., Scott, D.B., Poclinton, P., Schafer, C.T., Winter, G. 1995. A multidisciplinary approach to evaluating benthic impacts of shellfish aquaculture. *Estuaries* 18: 124-144.

- Hobbie, J.E., R.J.Daley & S. Jasper 1977. Use of Nuclepore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence microscope. Applied and Environmental Microbiology, May: 1225-1228.
- Kaiser, M.J., Laing, L. Utting, S.D., Burnell, G.M. 1998. Environmental impacts of bivalve mariculture. J. Shellfish Res. 17, 59-66.
- Kelly, M. 2003: Integrated Aquaculture Systems. Factsheet No 3. SAMS (Scottish Association for Marine Science)
- Lauzon-Guay, J.-S., Dionne, M., Barbeau, M.A. & Hamilton, D.J. 2005. Effects of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. Aquaculture 249: 265-274.
- Lauzon-Guay, J.—L., Dionne, M., Barbeau, M.A. & Hamilton, D.J. 2005. Effect of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. Aquaculture xx_ xx-xx.
- LeBlanc, A.R., Landry, T., Miron, G. 2003. Identification of fouling organisms covering mussel lines and impact of a common PEI defouling method on the abundance of foulers. Can. Tech. Rep.Fish. Aquat.Sci 2477 (vii+18pp).
- Lutz, G.: 2003: Polyculture: Principles, Practices, Problems and Promise. Aquaculture Magazine
- Mallet, A.L., Carver, C.E.A., Coffen, S.S., Freeman, K.R. 1987. Winter growth of the blue mussel *Mytilus edulis*: importance of stock and size. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 108, 217-228.
- Mirto, S., LaRosa, T., Danovaro, R., Mazzola, A. 2000. Microbial and meiofaunal response to intensive mussel farm deposition in coastal sediments of the Western Mediterranean. Mar. Pollut. Bull. 40. 244-252.
- Opstad, I. Hyse – en ny art i oppdrett. Havbruksrapporten 2002, Havforskningsinstituttet. http://www.imr.no/data/page/3897/2_Marine_arter.pdf
- Porter, K.G. & Feig, Y.S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. Limnologic Oceanography. 943-948.
- Sandberg, J.H. 2003 HASUT-prosjektet vurderer forholdet mellom krabbe og blåskjellanlegg. <http://www.hasut.no/MW/Hasut.nfs/NewsB>
- Stene A. 1994: Sykdomsforebyggende tiltak ved oppdrett av laks i sjø: Fiskeridirektoratet i Møre og Romsdal, NFR- prosjekt 1401-754.003.
- Stirling, H.P., Okumus, I., 1995. Growth production of mussels (*Mytilus edulis*) suspended at salmon cages and shellfish farms in two Scottish sea locations. Aquaculture, 134: 1993-2010.
- Wurts, A. W. 2000: Sustainable Aquaculture in the Twenty-First Century. Reviews in Fishery Science, 8("): s, 141-150.