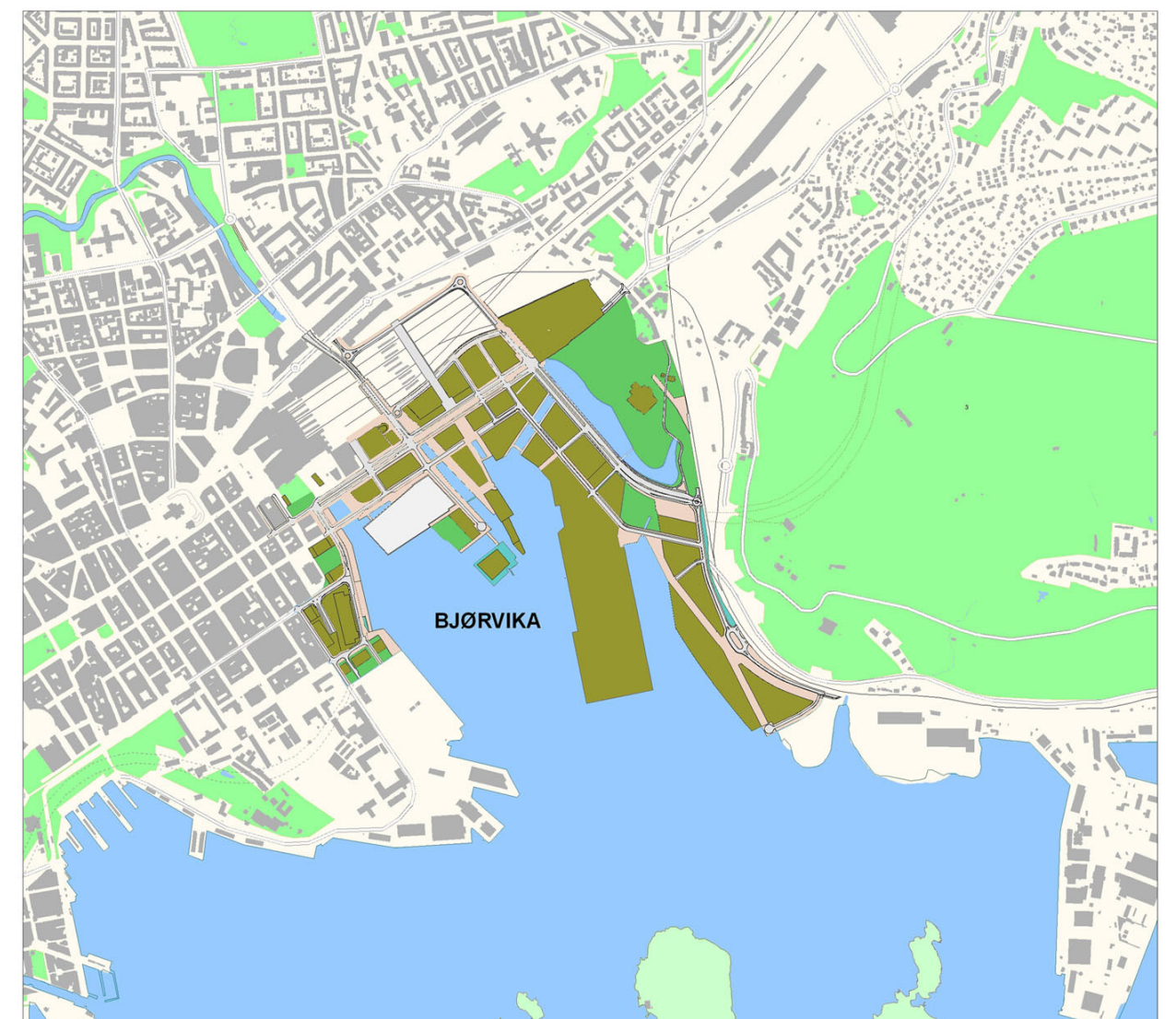




RAPPORT LNR 5237-2006

**Marinbiologiske
forbedringer i
Bjørvika / Bispevika**
Vurdering av muligheter



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Marinbiologiske forbedringer av miljøet i Bjørvika/Bispevika. Vurdering av muligheter.	Løpenr. (for bestilling) 5237-2006	Dato 5.4.2006
	Prosjektnr. Undernr. 25373	Sider Pris 29
Forfatter(e) Hartvig Christie, NIVA Stein Fredriksen, UiO Jan Magnusson, NIVA Jan Rueness, UiO	Fagområde MØ	Distribusjon Fri
	Geografisk område Akershus	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Oslo Vann- og Avløpsetaten	Oppdragsreferanse K.H. Kopseng
--	-----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten beskriver hvilke muligheter som foreligger for å forbedre det marinbiologiske miljøet i Bjørvika-/Bispevikaområdet etter at anleggsarbeider som berører vannet i området er fullført. Hensikten er å få et rikere plante- og dyreliv i området ved transplantasjon av enkelte makroalger og ålegras samt utplassering av kunstige rev spesielt konstruert til å begunstige dyrelivet (bl.a. fisk). Forholdene i området vil ikke bli like bra som i øvrige deler av fjorden, men en klar forbedring av forholdene er mulig, sammenlignet med dagens tilstand. Det forutsettes at tilførsler fra overløp og andre lokale tilførsler blir redusert ved rensetekniske tiltak. Etablering av nytt liv i området vil også kunne ha en selvrengseffekt i tillegg til de estetiske og rekreasjonsmessige fordelene. For god gjennomføring av arbeidet er det nødvendig med pilotprosjekt for å finne frem til teknikker og gunstige substrater, samt at de enkelte artene og de kunstige revene gir forventet resultat. Kostnader for pilotprosjekt og fullskalaforsøk er anslått.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Oslo Havnebasseng Restaurering Fastsittende alger Fisk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Oslo Harbour Restoration Macro Flora Fish
--	---



Prosjektleder
Jan Magnusson



Forskningsleder Dominique Durand
ISBN 82-577-4960-5



Fag- og markedsdirektør
Jarle Nygard

**Marinbiologiske forbedringer av miljøet i
Bjørvika/Bispevika**

Vurdering av muligheter

Biologisk institutt, Universitetet i Oslo

Norsk institutt for vannforskning

Forord

Etter oppdrag fra Oslo kommune, Vann – og avløpsetaten har forskere ved Universitetet i Oslo (UiO) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fått i oppgave å utrede hvilke muligheter og metoder som finnes for å restituere et område i Oslo havn (Bjørvika/Bispevika) slik at området får tilnærmet naturlig marint liv. Arbeidet er gjennomført av professor Jan Rueness (fastsittende alger) og førsteamanuensis Stein Fredriksen (ålegras) fra Biologisk institutt, UiO, samt Hartvig Christie (kunstige habitater og rev) og Jan Magnusson (vannkvalitet) fra NIVA.

Oslo, 5.4.2006

Jan Magnusson

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Formål	7
3. Dagens vannkvalitet.	8
3.1 Temperatur og saltholdighet.	8
3.2 Siktdyp- fotosyntesesonens dyp.	11
3.3 Næringsalter.	12
3.4 Partikler.	13
3.5 Planteplankton.	14
3.6 Bølgeeksponering og strøm.	14
4. Fremtidens vannkvalitet.	16
5. Nyetablering av marin flora og fauna.	17
5.1 Aktuelle arter av marine makroalger og marine planter	17
5.2 Hardbunn	17
5.2.1 Metodikk	18
5.2.2 Pilotprosjekt/tang.	19
5.2.3 Hovedprosjektet	20
5.3 Bløtbunn	20
5.3.1 Metodikk.	20
5.3.2 Pilotprosjekt/ålegras.	21
5.3.3 Hovedprosjekt	21
5.3.4 Oppfølging og pleie.	22
5.4 Etablering av marin flora og fauna ved hjelp av kunstige habitater.	22
5.4.1 Hva kan forventes av dyreliv på hardbunn i Bjørvika	22
5.4.2 Hensikten med kunstige rev	23
5.4.3 Potensiale for kunstige rev i Bjørvika	23
5.4.4 Pilotprosjekt.	24
5.4.5 Hovedprosjekt	25
6. Akvariet i Bjørvika	26
7. Oversik over kostnader for pilotprosjektene og fullskalaprojektet.	26
7.1 Sammenfattende budsjett for pilotprosjektene.	26
7.2. Fullskalaprojektet.	26
8. Litteratur.	27

Sammendrag

Oslo havneområde og spesielt områdene i Bjørvika/Bispevika har til nå vært dominert av virksomheter knyttet til Oslo Havn. Miljøet har vært å betrakte som et industriområde som ikke har invitert til friluftaktiviteter eller stilt krav til vannkvaliteten og livet i sjøen i området. Fjordbyprosjektet vil endre på dette. Den nye operaen og etablering av boliger i området vil innebære at det blir en helt annen nærkontakt mellom sjøen og land. Det er derfor aktuelt å vurdere hvilke tiltak som kan gjennomføres for å sikre et for området naturlig attraktivt miljø også i sjøen. En etablering av marin flora og fauna i området vil ikke bare ha en visuell betydning, men også kunne bidra til områdets selvrensningsevne; dvs. at makrovegetasjonen binder betydelige mengder næringssalter som nitrogen og fosfor, flere arter av dyr filtrerer partikler fra vannet, samt at planting av sjøgress vil binde sedimentene på bløtbunn. Forekomsten av alger og dyr vil også være et kvalitetsstempel for miljøet i området.

De gjennomførte renetekniske tiltakene i indre Oslofjord har ført til en klar forbedring av vannmiljøet og derved også bedre levekår for flora og fauna. Dette gjelder også for Bjørvika/Bispevika. Hvis også nedre del av Akerselva (Hovinbeken) forbedres, og overvann avledes, vil forholdene i området kunne bli så gode at en kan få etablert ny flora og fauna. Vi er i denne sammenhengen kjent med Vann- og avløpstatens planer for å overføre overløp i området til Bekklagets rensanlegg. Dette vil bidra til en ytterligere forbedring av vannkvaliteten. Dette gjelder spesielt hvis tilførsel av partikler i samband med flommer ytterligere kan begrenses, slik at nedslamming av substrat og alger i størst mulig utstrekning unngås. Imidlertid vil områdets fysiske forutsetninger fortsatt være begrensende for mulighetene og en vil derfor ikke få like bra forhold som for eksempel i andre åpnere deler av fjorden.

Ut fra de begrensninger som området også vil ha i fremtiden har denne utredningen vurdert hvordan man i praksis kan skape nytt liv i Bjørvika/Bispevika.

Utredningen er konsentrert om Bjørvika/Bispevika. Imidlertid vil Fjordbyen omfatte et betydelig større område. Konklusjonene og vurderingene i denne rapport kan derfor også danne grunnlag for øvrige deler av Oslo havn, om enn med lokal tilpassing som alltid vil bli nødvendig.

Grunntanken bak utredningen er å tilrettelegge for etablering av marin flora og fauna i området ved å transplantere voksne nøkkelarter av alger fra andre deler av Oslofjorden inn i Bjørvika/Bispevika. Vel etablerte her vil de kunne spre seg i området og tiltrekke seg andre organismer, som for eksempel fisk. I tillegg vil utplassering av kunstige rev og tilrettelegging av substrat begunstige livet i området. Det regnes med at det trengs noe etterpleie i 3-5 år innen området får en egen naturlig flora og fauna.

Det foreslås tenkt å transplantere voksne arter av fastsittende alger som gjelvtang, japansk drivtang og sukkertare fra andre deler av indre Oslofjord til Bjørvika/Bispevika. Imidlertid er sukkertaren spesielt følsom for sedimentasjon av partikler og det bør derfor først testes om denne arten kan være aktuell i området.

Transplanteringen er tenkt å ha et slikt omfang at algene kan spres videre i området ved naturlig nyetablering. De nevnte arter trenger tilgang til hardbunn og det er derfor aktuelt å plassere ut for eksempel spengstein i området, i tillegg til de transplanterte arter som flyttes med substratet (stein). Videre er det gode muligheter for at ålegras kan trives på bløtbunnen. Ålegras trenger en 20 cm sandig leire som substrat for å kunne vokse godt. Gunstige substrat for ålegras kan bli undersøkt ved mindre eksperimenter.

Det er også aktuelt å plassere ut kunstige rev som er spesielt konstruert for å tiltrekke seg ulike fiskeslag, men også andre organismer. Kunstige rev finnes ferdig konstruert, men det er også mulig å

bruke sprengstein i deler av området, for eksempel langs kaiene hvor det ikke finnes plass til kunstige rev eller utplassering av stein på bløtbunn i ålegras områder.

De områdene som peker seg ut for å transplantere fastsittende alger er spesielt på skipsvollstøtten¹ (forutsetter at substratet her er gunstig for alger) ved Operaen, samt langs strendene i Bjørvika/Bispevika. Ålegras kan transplanteres til bunnområdene i Bispevika og andre steder hvor det er relativt grunt. De kunstige revene kan plasseres langs skipsvollstøtten, samt langs kaier eller under brygger i både Bispevika og Bjørvika. Sprengstein kan legges ut der hvor det ikke er plass til kunstige rev.

Det foreslås en del mindre pilotprosjekter for å teste transplantasjonsteknikk samt ulike metoder. Kostnaden for disse er beregnet. Fullskalaprojektet vil baseres på resultatene fra pilotprosjektet. Kostnadene for et slikt prosjekt er også beregnet, men resultatene fra pilotprosjektene kan forandre disse. Uansett forventes ikke kostnadene å øke.

Det er ikke beregnet kostnader for å legge ut gunstig substrat, f. eks. tildekking med et 20 cm bunns substrat som er gunstig for ålegras.

Det planlegges et akvarie i Bispevika. Bl.a. diskuteres et undervannsvindu ut mot fjorden. Her kan det være aktuelt å bygge opp en spesielt attraktiv biotop. Dette er ikke diskutert eller kostnadsberegnet i denne utredningen.

¹ Skipsvollstøtten er bygget for å forhindre at større fartøy skal kunne skade Operaen.

1. Innledning

Oslo havneområde og spesielt områdene i Bjørvika/Bispevika har til nå vært dominert av virksomheter knyttet til Oslo Havn. Miljøet har vært å betrakte som et industriområde som ikke har invitert til friluftaktiviteter eller stilt krav til vannkvaliteten og livet i sjøen. Fjordbyprosjektet vil endre på dette. Den nye Operaen og etablering av boliger i området vil innebære en helt annen nærkontakt mellom sjø og land. Det er derfor aktuelt å vurdere tiltak som kan gjennomføres for å sikre et for området naturlig attraktivt miljø i sjøen. En etablering av marin flora og fauna i området vil ikke bare ha en visuell betydning, men også kunne bidra til områdets selvrensningsevne; dvs. at makrovegetasjonen binder betydelige mengder næringssalter som nitrogen og fosfor, at flere arter dyr filtrerer partikler fra vannet, samt at planting av sjøgress vil binde sedimentene på bløtbunn. Forekomsten av alger og dyr vil også være et kvalitetstempel for miljøet i området.

Det er ikke å regne med at Bjørvika/Bispevika vil bli noen Sørlandsidyll sett ut fra et biologisk synspunkt. Området vil alltid bære preg av havneområde og et indre fjordområde. Imidlertid har de generelle rensiltakene som er gjennomført i fjorden hatt klare positive effekter også i havneområdet, samtidig som rehabiliteringen av Akerselva har hatt en betydelig lokal effekt. Dette innebærer at Bjørvika/Bispevika har bedre forutsetninger enn tidligere for etablering av marin flora og fauna. Imidlertid må forholdene i sjøen i størst mulig grad legges til rette for å skape gunstige vilkår for flora og fauna. Dette gjelder spesielt bunnforholdene (substratet), men det er fortsatt av betydning å rehabiliterer nedre del av Akerselva og Hovinbekken, samt i størst mulig grad å begrense tilførselen av overløpsvann til området.

Ut fra de begrensninger som området også vil ha i fremtiden har denne utredningen vurdert hvordan man i praksis kan skape nytt liv i Bjørvika/Bispevika.

Utredningen er konsentrert om Bjørvika/Bispevika. Imidlertid vil Fjordbyen omfatte et betydelig større område. Konklusjonene og vurderingene i denne rapport kan derfor også danne grunnlag for øvrige deler av Oslo havn, om enn med lokal tilpassing som alltid vil bli nødvendig.

Erfaringene fra Bjørvika/Bispevika vil ha overføringsverdi til andre urbaniserte områder der det er ønskelig å etablere et biologisk mangfold i likevekt med de naturbestemte miljøbetingelser. Utviklingen av slike samfunn kan komme gradvis gjennom naturlig suksesjon, men vil raskest kunne skje gjennom tiltak bygget på marinbiologisk kompetanse. I terrestre miljøer er slike tiltak enklere og vanligere, mens det for kyst og havneområder kan bygges på erfaringer fra bl.a. Japan (Terawaki et al 2001), USA (Carney et al. 2005), Canada (Short et al 2002) og England (Russell et al. 1983).

2. Formål

Formålet med utredningen er å vurdere hvilke praktiske tiltak som er mulige (ut fra dagens kjennskap til områdets miljøforhold) for å skape et for Bispevika/Bjørvika naturlig marint miljø etter at områdets sjøområder er ferdig utbygget,

Rapporten beskriver aktuelle arter og teknikker, krav til voksested (substrat), behov for nødvendige forprosjekter for å teste transplanteringsteknikker, kartlegging av eksisterende substrater samt test av aktuelle andre substrater. Kostnaden for forprosjektene er beregnet. Det er også gitt et anslag for kostnadene ved selve hovedprosjektet; tiltrettelegging av forholdene i Bjørvika/Bispevika og gjennomføring av innplantering. Det er foreløpig ikke beregnet kostnader for tildekking av bløtbunn

og frakt av stein (for eksempel sprengstein, dog må den vaskes for å unngå partikler som kan skade fisk). Det er heller ikke gjennomført beregninger for en eventuell ekstra tilrettelegging utenfor det planlagte akvariet. Slike beregninger bør gjennomføres i samarbeid med de som planlegger Akvariets virksomhet.

3. Dagens vannkvalitet.

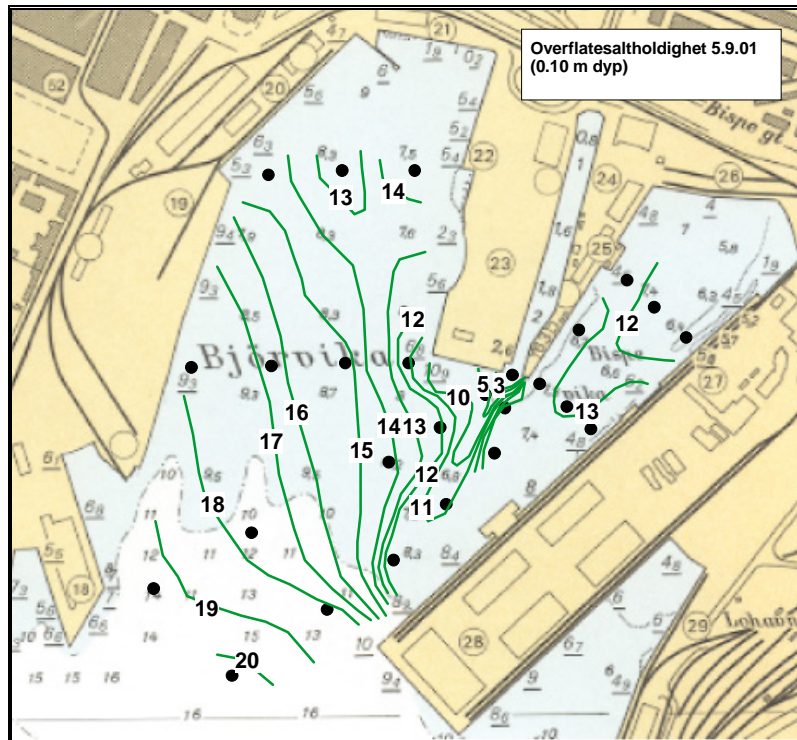
Vannkvaliteten - i bred forstand - har blitt stadig bedre i indre Oslofjord, sammenlignet med forholdene i midten av 1970-årene. Dominerende forurensningskilde er det kommunale avløpsvannet. Rensetekniske tiltak har redusert tilførslene av urensset avløpsvann betydelig, som eksempel har tilførslene av nitrogen og fosfor blitt redusert med ca. 70 % siden 1985. Dette har hatt stor direkte og indirekte positiv effekt på fjordens plante- og dyreliv (Magnusson m.fl, 2001-2005).

En illustrasjon på dette er forbedringen av siktdypet, som til stor del er en funksjon av planteplanktonmengden. Andre effekter er reetablering av plante - og dyrelivet i fjordens grunnvannsområder, både kvalitativt og kvantitativt.

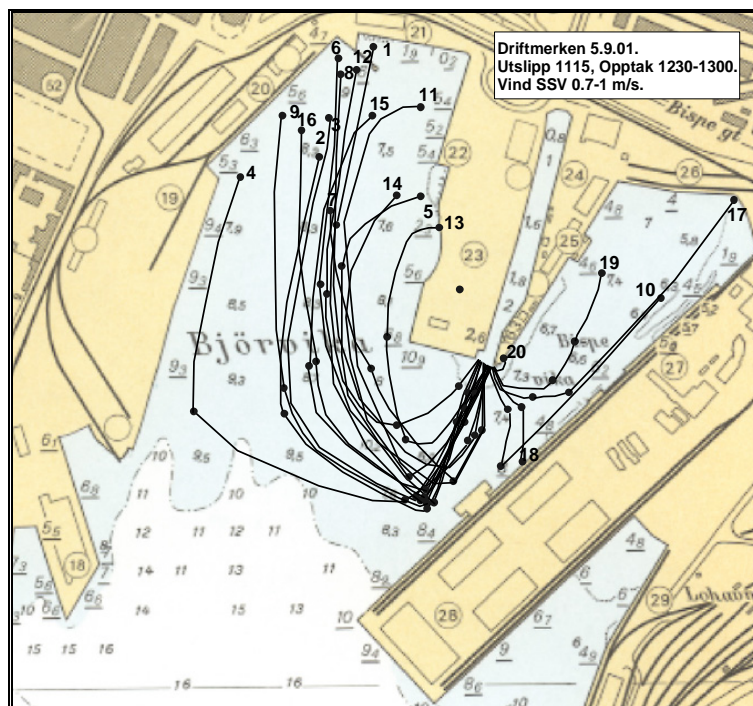
Denne positive utviklingen har også hatt betydning for selve havneområdet. Dagens vannkvalitet i Bjørvika/Bispevika er sannsynligvis noe bedre enn det observasjoner fra de senere år viser. De observasjoner av nyere dato som foreligger fra området (1999-2005), er tatt i en periode hvor det bl.a. var stor byggeaktivitet (Operaen). Dessuten var høsten 2000 ekstrem for Østlandet med rekorder i nedbør og tilførsler av ferskvann til fjorden. Dette medførte meget lav saltholdighet i hele indre fjord i desember 2000 (ca. 10, mot normalt 25-30) og vannet i området var brunfarget av humus.

3.1 Temperatur og saltholdighet.

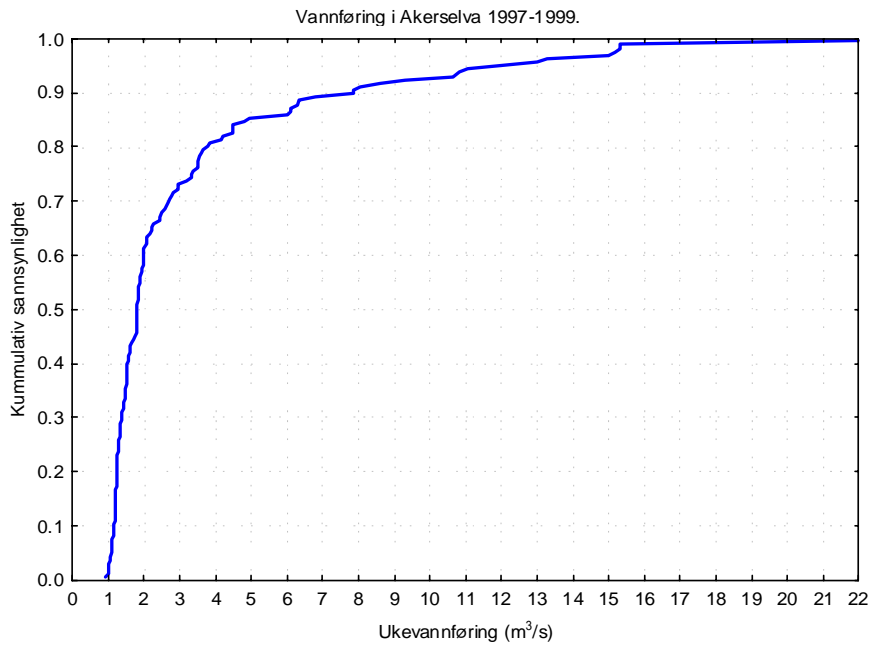
Temperaturforholdene i Bjørvika skiller seg ikke fra den normale temperaturvariasjonen i indre Oslofjord. Saltholdigheten er i store trekk som i resten av havnebassenget, men selve overflaten er influert av Akerselva (Figur 1 og Figur 2). Imidlertid er det bare den øverste meteren som gir en signal av ferskvann fra Akerselva. Vannføringen i elven er store deler av året mindre enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$ og det er bare i flomperioder (normalt i april/mai og oktober) at vannføringen blir større (Figur 3). I den øverste meteren i Bjørvika ble det bare observert saltholdigheter mindre enn 14 i 20 % av observasjonene, mens på 2 meters dyp var saltholdigheten i 80 % av observasjonen større enn 16 (Figur 4). Figur 5 viser de laveste observerte saltholdigheter observert i tidsrommet 1999-2005.



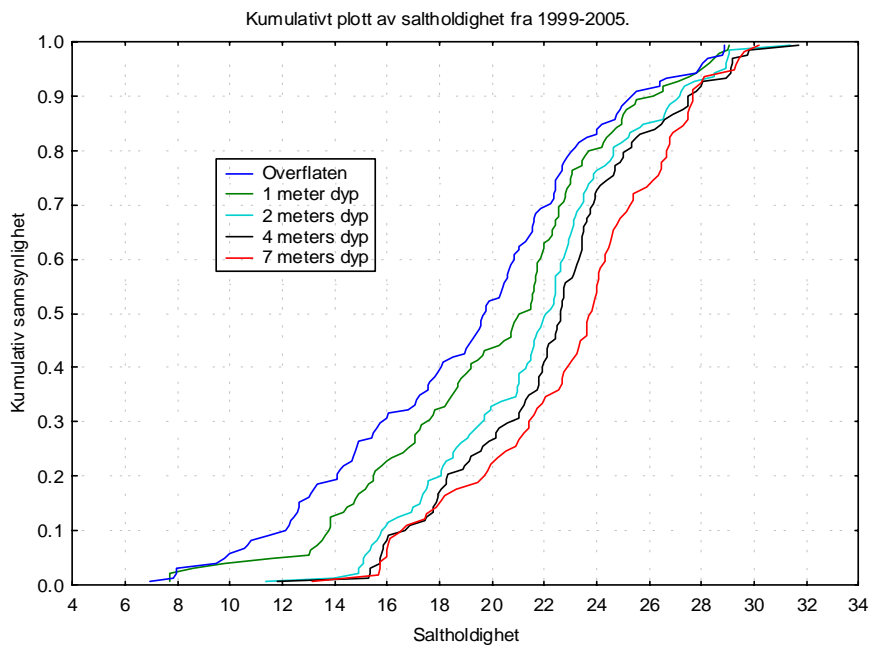
Figur 1. Overflateobservasjoner av saltholdighet 5.9.2001, klokken 1300-1325. Svak vind fra sør og innstrømmende tidevann.



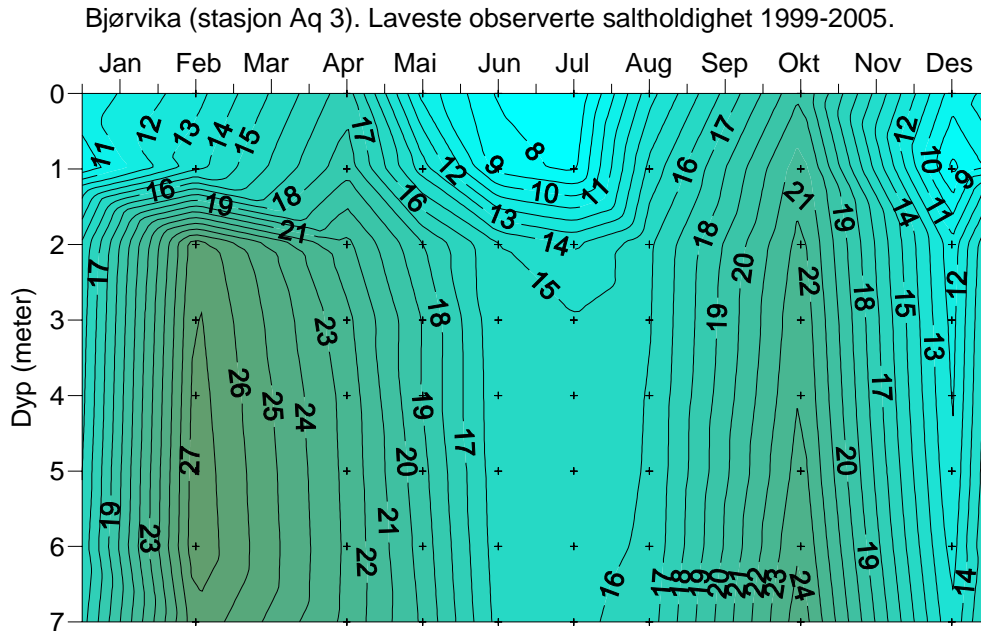
Figur 2. Utslipp av driftmerker for observasjon av overflatestrøm 5.9.2001. (Svakt fallende vannstand).



Figur 3. Kumulativt plott av ukevannføringen i Akerselva 1997-1999. Data fra Oslo Vann- og Avløpsetaten.



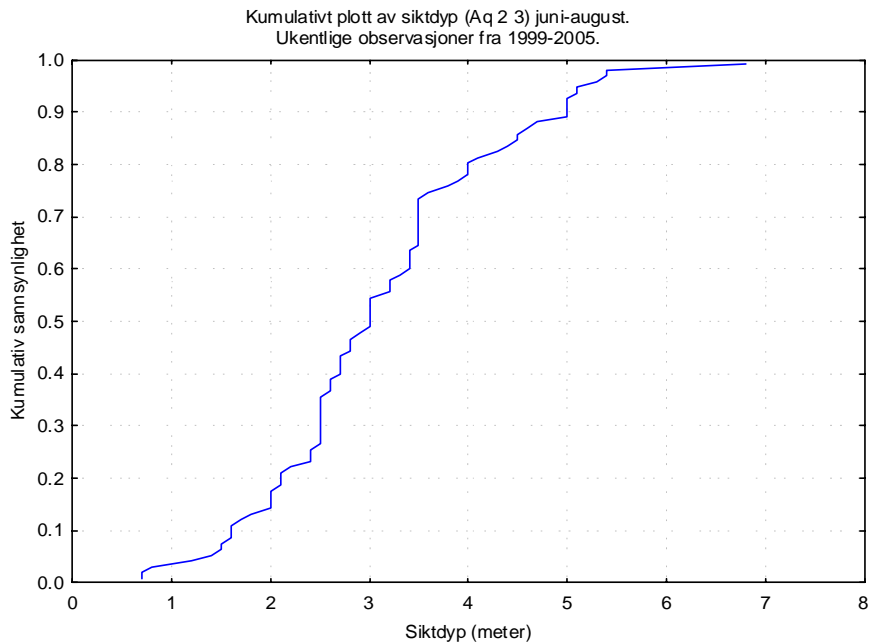
Figur 4. Kumulativt plott av saltholdighet på ulike dyp i Bjørvika (Data fra 1999-2005).



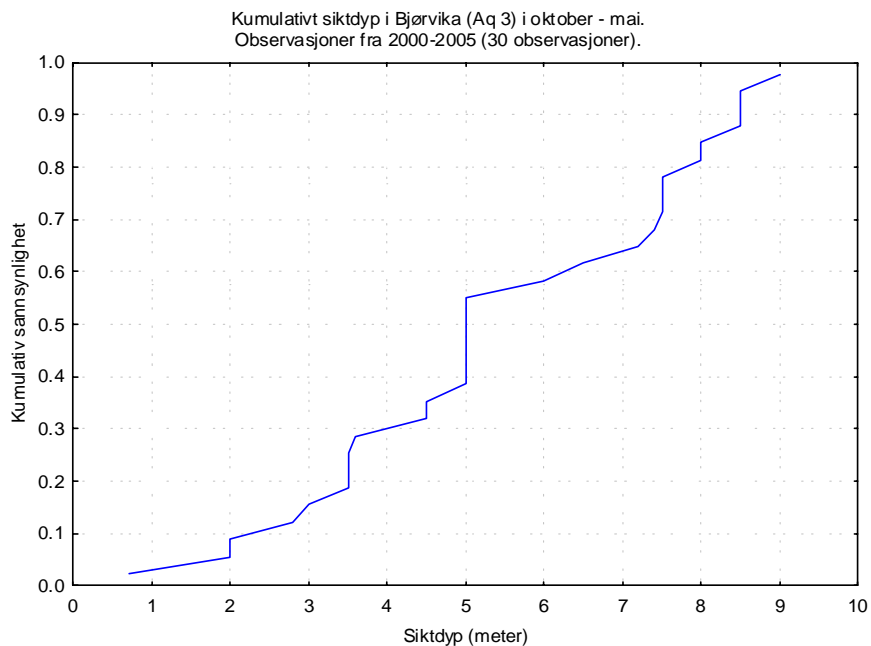
Figur 5. Observert laveste saltholdighet i Bjørsvika 1999-2005. De meget lave saltholdighetene i desember/januar var samtidige med den rekordstore nedbøren høsten 2000, hvor hele indre Oslofjords overflatelag hadde saltholdigheter omkring ca. 10.

3.2 Siktdyp- fotosyntesesonens dyp.

Siktdypet gir et grovt mål på fotosyntesesonens dyp, dvs det dyp som gir tilstrekkelig lys for planter. Normalt kan fotosyntesesonens dyp approksimeres til ca 2- 2.5 ggr. siktdypet. Sommerstid er siktdypet over 3 meter i 50 % av tiden og fotosyntesesonens dyp ca. 6-7 meter (Figur 6). I over 80 % av sommeren er fotosyntesesonen mellom 4-5 meter. I øvrige deler av året vil siktdypet være bedre, men dårlige siktdyp kan også forekomme i våropplostringsperioden eller ved stor ferskvannstilførsel (Figur 7). Når området er islagt og isen dekket av snø vil lysforholdene selvfølgelig bli dårlige.



Figur 6. Kumulativt plott av siktdyp i Bjørvika sommerstid basert på ukentlige observasjoner i juni-august 1999-2005.



Figur 7. Kumulativt plott av siktdyp i Bjørvika i oktober til mai basert på observasjoner fra 2000-2005.

3.3 Næringsalter.

Næringsaltskonsentrasjonen i Bjørvika/Bispevika er klart høyere enn i andre deler av fjorden (for eksempel Vestfjorden). Årsaken er dels tilførsler fra Akerselva, men også at området er grunt og at det løses ut næringsalter fra sedimentene, spesielt fosfor sommerstid når temperaturen øker i vannet.

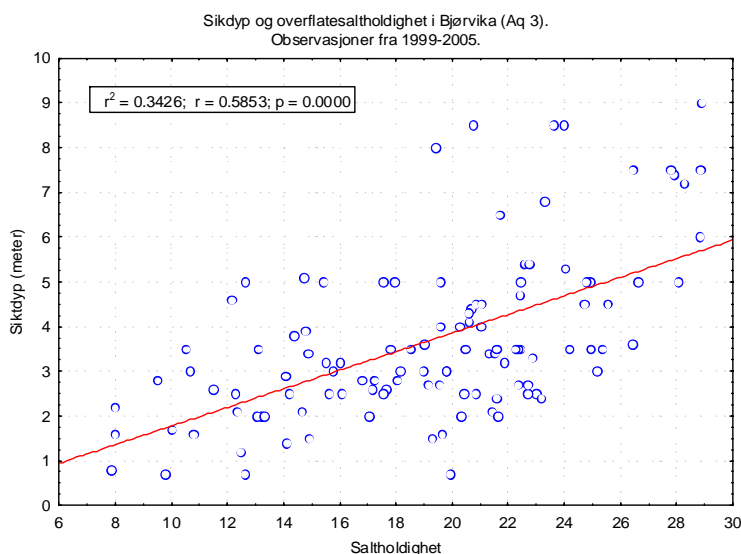
Fosforkonsentrasjonen i fjorden har avtatt siden 1970-tallet og dette antas gjelde også for Bjørvika/Bispevika (det foreligger ikke observasjoner fra den tiden i dette området). I dag er fosforkonsentrasjonene i Bjørvika/Bispevika omtrent som de var i Vestfjorden (Steilene) før de siste rensiltakene ble gjennomført.

For nitrogen er situasjonen ikke like positiv, sannsynligvis grunnet påvirkning fra Akerselva og fra overløp. Forhøyede ammoniumkonsentrasjoner er et klart tegn på relativt ferskt avløpsvann. Dagens konsentrasjoner ligger av og til over, eller på samme nivå som i Vestfjordens overflatevann på 1970-tallet. Rensetekniske tiltak har ført til en forbedring i Bjørvika/Bispevika, men området viser fortsatt påvirkning fra ukontrollerte tilførsler. En ytterligere begrensning av tilførslene fra overløp etc. vil ha en meget positiv innflytelse på reetablering av plante- og dyreliv i området.

3.4 Partikler.

Grumsete vann og dårlig siktdyp i området kan forårsakes av transport av partikler fra Akerselva i flomperioder. Når vannføringen i elven blir stor eroderes sedimenter på bunn og elvebredd og disse føres ut i fjorden. Effekten er størst i begynnelsen av flommen. Overløp vil også kunne ha samme effekt ved at det samles partikler i rørledningene i tørrværsperioder og spyles så ut ved intens nedbør. Tilførslene av partikler bidrar til nedslamming av substrat og alger, noe som begrenser en naturlig nyrekruttering også når substratforholdene er tilrettelagte. Det er derfor gunstig hvis det foretas ytterligere utbedringer, slik at området i størst mulig grad beskyttes mot tilførsler av partikler.

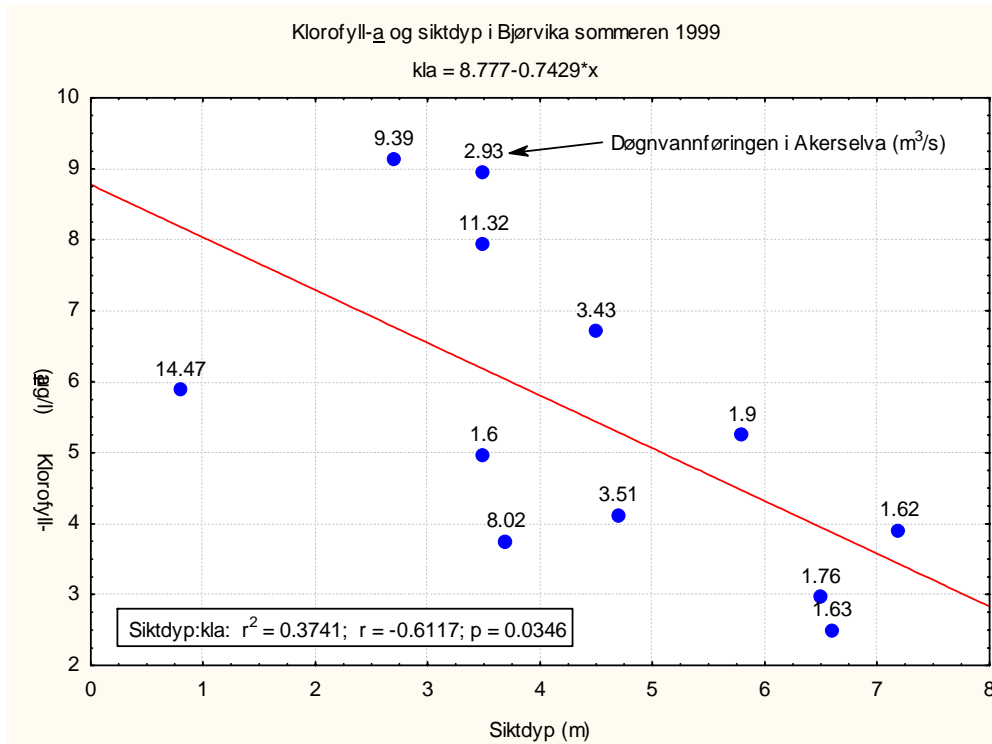
Figur 8 viser at dårlig siktdyp (grumsete vann) i Bjørvika ofte forekommer ved lav overflatesaltholdighet, dvs. når Akerselva har stor vannføring, men at det er mange avvik fra dette mønster. I observasjonsmaterialet inngår siktdyp tatt under mudringsarbeider for Operaen. Ved flere av observasjonene var deler av den beskyttende siltduken senket under overflaten og meget partikkelrikt vann ble tilført området. Blant observasjonene inngår også tidspunkter med stor planteplanktonbiomasse, som også gir dårlig sikt i vannet.



Figur 8. Siktdyp og overflatesaltholdigheten i Bjørvika.

3.5 Planteplankton.

Siktdypet i indre Oslofjord avspeiler i stor grad mengden planteplankton i fjorden, unntatt i områder nær elvemunninger. I Bjørvika/Bispevika har også vannføringen i Akerselva en klar innflytelse på siktdyp og planteplanktonbiomasse i overflaten (**Figur 9**). Ved stor vannføring vil siktdypet kunne avta og klorofyll-a konsentrasjonen øke. Klorofyll-a er et mål for biomassen av planteplankton.

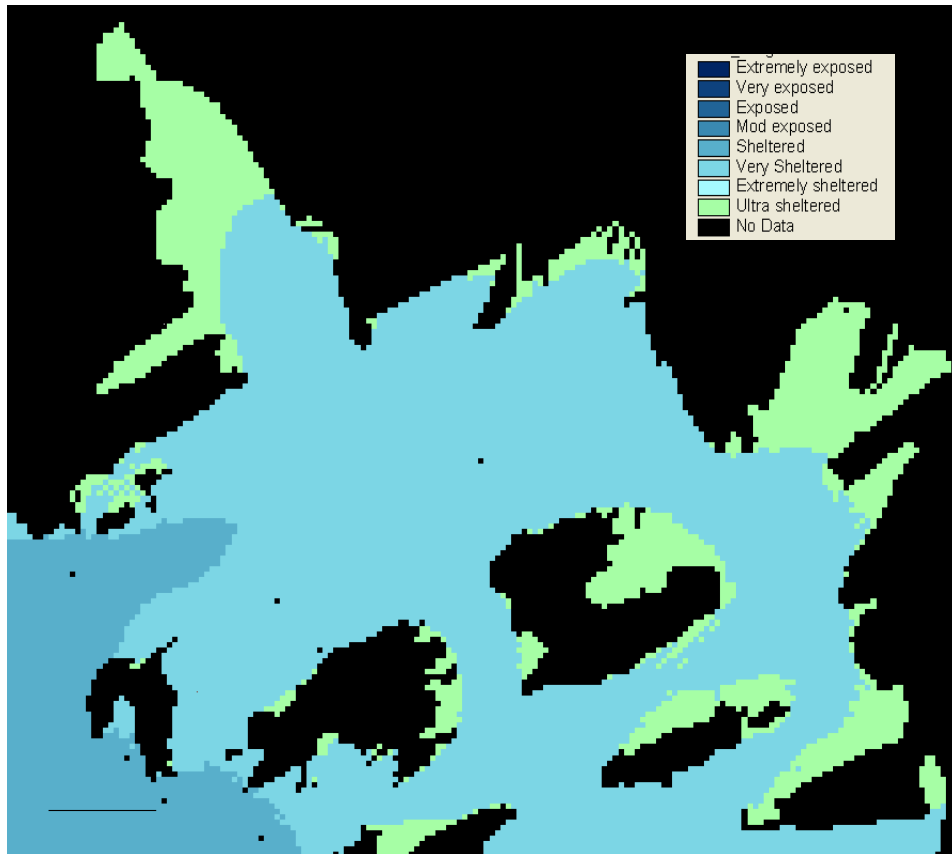


Figur 9. Siktdyp og klorofyll-a i Bjørvika sommeren 1999, med angitt vannføring i Akerselva.

3.6 Bølgeeksponering og strøm.

Det foreligger ikke noen målinger av bølger i området og til dels lite informasjon om strøm. Området ligger beskyttet fra sørlige vinder og det vil derfor være relativt beskjeden bølgeeksponering. Fartøytrafikken kan gi litt ekstra vannbevegelse i området.

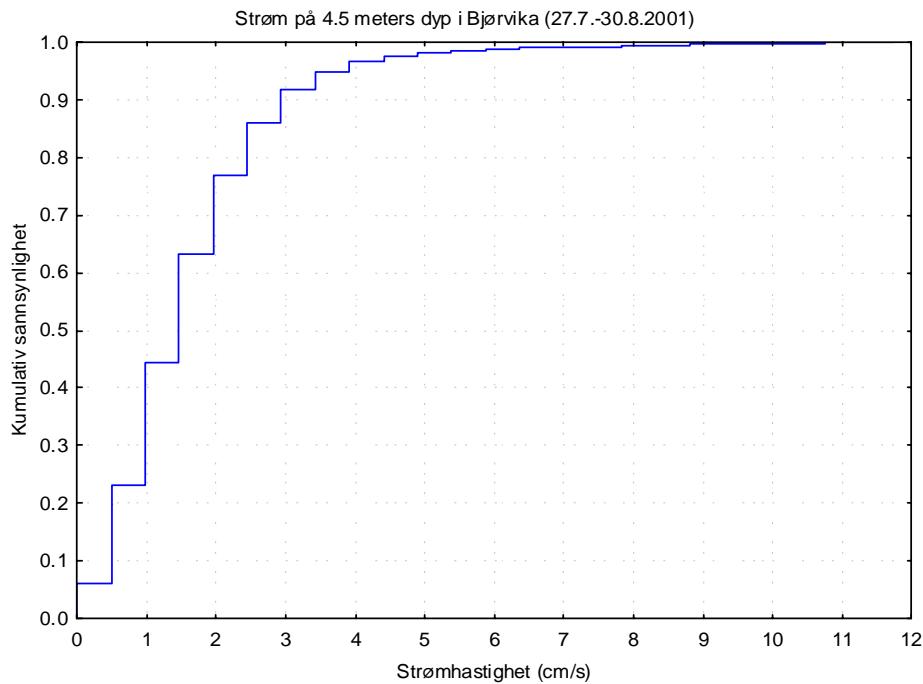
Figur 10 viser teoretisk beregnet bølgeeksponering i Oslo havneområde.



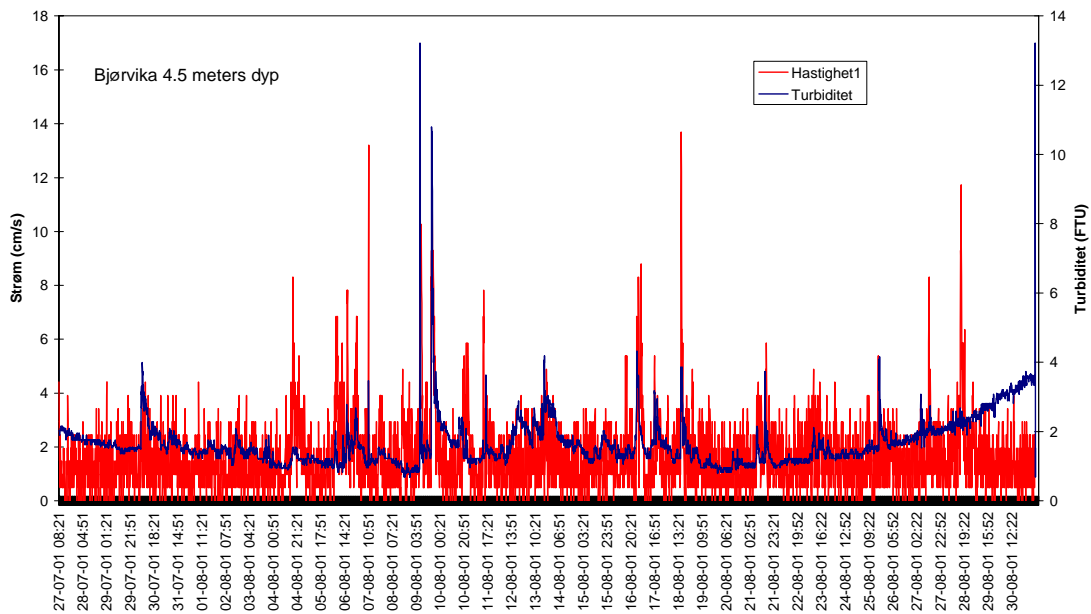
Figur 10. Teoretisk beregnet bølgeeksponering i Oslo havneområde. Beregningene bygger på vindstatistikk og fetch (Isæus, 2004).

Det er rolige strømforhold i området, som domineres av tidevannstrømmer samt den overflatesirkulasjon som Akerselva kan sette opp. Vannutskiftningen er derimot stort sett styrt av den import av vannmasser som området har fra andre deler av fjorden.

Observasjoner fra august 2001 på 4.5 meters dyp viser at strømhastigheten i 80 % av tiden er mindre enn ca 2.5 cm/s (Figur 11). Figur 12 viser at det av og til kan forekomme betydelig høyere hastigheter, men at disse ofte var sammenfallende med økt turbiditet, noe som inntraff når fartøy passerte nær instrumentet og virvlet opp bunnsediment.



Figur 11. Observert strøm i Bjørvika på 4.5 meters dyp juli/august 2005.



Figur 12. Strømhastighet og turbiditet på 4.5 meters dyp i Bjørvika juli/august 2001.

4. Fremtidens vannkvalitet.

Dagens vannkvalitet er påvirket av fartøytrafikken og tilførsler via overløp og fra Akerselva (Hovinbekken). En fremtidig sanering av elven og overløp, samt mindre fartøystrafikk som virvler opp sedimenter, vil gi en bedre vannkvalitet enn det som er observert fra perioden 1999-2004. Dette vil ha stor betydning for områdets flora og fauna. I tillegg kommer den selvrensingsevne som "nytt" liv i området vil bidra med. Området skulle derfor bli mer gunstig for marint liv enn det er i dag.

5. Nyetablering av marin flora og fauna.

5.1 Aktuelle arter av marine makroalger og marine planter

Kunnskapene om de marinbiologiske og hydrografiske forhold i indre Oslofjord er tilstrekkelig gode til å kunne foreslå metoder for å opprette mer eller mindre selvfornyende organismsamfunn i de nære strandområder i Bjørvika, etter at de betydelige miljøforstyrrelsene som utbygningen medfører er avsluttet.

5.2 Hardbunn

Tangfamilien (Fucaceae) omfatter fem arter i Oslofjorden. Det er 10-30 cm høye, flerårige brunalger som vokser fra høyvannsnivå (spiraltang) og ned til 1-2 m dyp (sagtang og gjelvtang). Mengden og utbredelsen av disse tangartene har vært nøye kartlagt i Oslofjorden siden 1970-tallet, fordi forekomst og mengdeforhold mellom disse artene, sammen med mengden av andre typer alger (særlig grønnalger), er nøye korrelert med miljøtilstanden i fjorden (Bokn et al. 1992). I de siste fem årene er også en ny tangart, japansk drivtang (*Sargassum muticum*) kommet til. Denne arten er på rask fremmarsj, særlig på steder der de andre tangartene ikke er så godt etablert. *Sargassum muticum* og gjelvtang (*Fucus evanescens*) peker seg ut som de to mest egnede alger i forsøk på å etablere marin vegetasjon på hardbunn i Bjørvika.

En art til nærmere overveielse er sukkertare (*Laminaria saccharina*) som vil kunne vokse noe dypere og på ”øyer” av hardbunn mellom ålegras.

Gjelvtang (*Fucus evanescens*)

Arten er godt kjent gjennom en rekke studier fra indre Oslofjord (Kristiansen 1968, Rueness, 1973, Larsen 1994 o.fl.). Den er i større grad enn de andre tangartene i stand til å feste seg også til små steiner og skjell. Arten er hurtigvoksende og kan bli kjønnsmoden allerede etter ett år. Den er dessuten samkjønnet (monøsisisk) og selvbefruktende, og blir rikelig fertil om våren. Den blir 3-4 år, og formerer seg bare kjønnet. Arten er naturlig hjemmehørende nord for Trondheimsfjorden, men ble introdusert i Oslofjorden omkring 1900. Det er i dag den vanligste tangarten i indre Oslofjord. Den har også spredt seg gradvis sørover langs Skagerrak og Kattegats kyster, oftest knyttet til havneområder og marinaer. Den har nå nådd Øresund og Kielerfjorden, og tåler lave og varierende saltholdigheter (Wikström 2004).

Japansk drivtang (*Sargassum muticum*)

Arten er naturlig hjemmehørende i Japan og kom utilsiktet til Europa (ved import av japansk østers) på 1970-tallet, og til Sør-Norge i 1988. I indre Oslofjord har arten de siste par årene blitt vanlig mange steder (Marianne Olsen, igangværende masteroppgave ved UiO). Artens biologi er meget godt kjent gjennom en lang serie undersøkelser etter dens introduksjon til Europa. En studie av konkurranse mellom *S. muticum* og våre hjemlige tangarter ble foretatt av Steen (2003). Han undersøkte også effekter av reduserte saltholdigheter og fant at en kritisk nedre grense ved ca 15 psu for gjennomføring av livssyklus. Steen gjorde også erfaring med transplantering av utvokste planter inn i et brakkvannsområde. Det er vanligvis en rik assosiert fauna og flora knyttet til *S. muticum*. I en undersøkelse av populasjoner på Tjøme, registrerte Bjærke & Fredriksen (2003) hele 82 forskjellige

arter knyttet til *S. muticum* – planter. Arten har en flerårig del som overvintrer, og 1-2 m lange sideskudd som er ettårige og løsner om høsten. Skuddene er tett besatt med flyteblærer som gjør at den står opprett i vannet, og driver lett avsted når den løsner. Den kan vokse fra lavvannsnivå ned til ca. 5 m (i indre Oslofjord). I likhet med gjelvtang er arten sambo (monøsisk) og selvferil.

Sukkertare (*Laminaria saccharina*)

Sukkertare er den eneste tarearten som vokser naturlig i indre Oslofjord. Det er usikkert om den vil kunne klare seg i Bjørvika, men det er en art som det er mye erfaring med når det gjelder kontrollert dyrking i stor skala. Arten bør derfor vurderes nærmere som en mulig kandidat for dyrking i Bjørvika-området. Metodikk og feltforsøk i Langvikbukta på Bygdøy ble utprøvd allerede i 1985 (Futsæter & Rueness 1985). Arten er avhengig av et fast substrat, men kan vokse på relativt små stein og skjell. For å opprettholde populasjoner gjennom selvfornyelse, er arten avhengig av å gjennomføre en seksuell livssyklus. Kjønnspantene er imidlertid mikroskopiske, og ved høy grad av sedimentasjon, som det trolig vil være i Bjørvika, kan dette bli en kritisk faktor nyrekrutteringen. Økt sedimentasjon kan også ha medvirket til artens store tilbakegang langs Skagerrakkysten i de senere år, men dette er foreløpig ikke påvist.

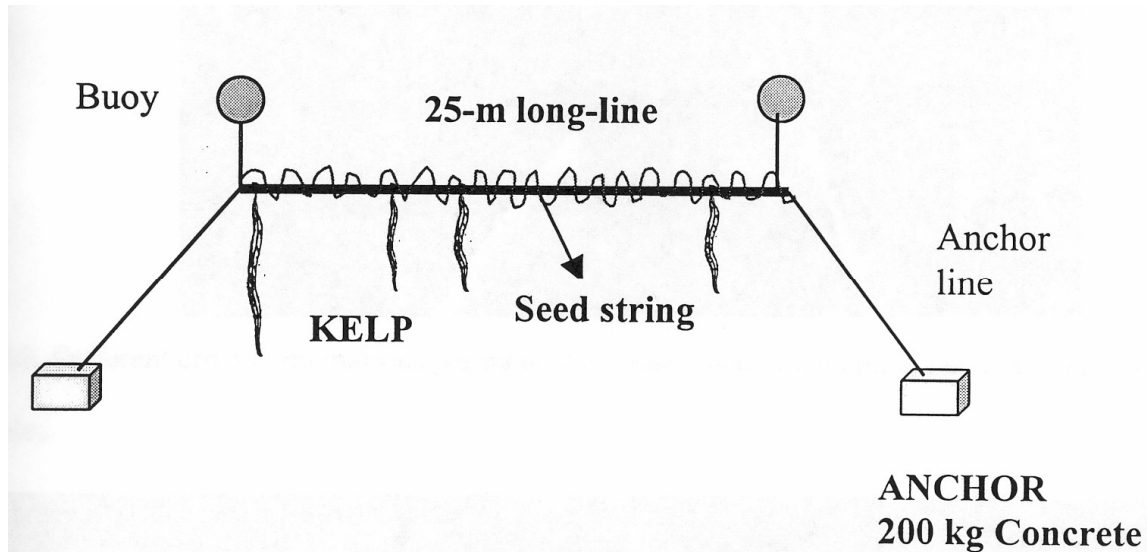
5.2.1 Metodikk

Krav til substrat.

Hardbunnsfloraen krever, som det fremgår av navnet, et underlag for feste som består av fjell/stein. De ulike tangslagene varierer i sine krav til substratets stabilitet, overflatestruktur og helning. *Sargassum muticum* vokser også på substrat som bryggestolper og tauverk.

Som utgangspopulasjoner for etablering av ny vegetasjon i området, må en basere seg på å flytte inn planter som allerede er etablert på relativt store steiner. Steinene plasseres slik at de ligger i ro. Ved rekruttering av en ny generasjon vil nye kimplanter kunne etablere seg på et større utvalg av tilgjengelig substrat. Igjen er graden av sedimentasjon en kritisk faktor, da de fleste bentiske alger vil ha vanskelig for å feste seg og hemmes sterkt av selv et tynt lag sediment. Dette er igjen avhengig av vannbevegelsen på stedet.

Sukkertare kan vokse på horisontale eller vertikale liner av tau, forutsatt at lystilgangen er tilstrekkelig. Ved å benytte samme teknikker som ved kommersiell massedyrking av sukkertare, kan det etableres kulturer av sukkertare tilpasset de tilgjengelige arealer (**Figur 13**). Det vil trolig være mest fornuftig å prøve ut teknikkene i forbindelse med utplassering av kunstige rev, idet disse kan tjene som forankring og feste for dyrkingsrigger. Etter en tid vil det vise seg om sukkertare er i stand til å etablere bestander på egnet substrat i området. Hvis ikke, har det neppe noen hensikt å fortsette med kulturer av sukkertare.



Figur 13. System for dyrking av sukkertare.

5.2.2 Pilotprosjekt/tang.

Det blir nødvendig å gjennomføre noen pilotprosjekt er for å teste ut de teknikker som er tenkt å bli brukt samt å gjennomføre en befaring i området for å kartlegge de deler som i dag peker seg ut som gunstige områder for utsetting av voksne alger. For sukkertare spesielt er det dessuten usikkert hvorvidt sedimentasjon av partikler er for stor og arten bør derfor testes i området.

Følgende pilotprosjekter bør gjennomføres:

1) Kartlegging av områder i Bjørvika/Bispevika som antas å være gunstige for transplantering

Det er spesielt skipsvollstøtten ved Operaen som peker seg ut, men også kaiområdene i Bispevika og Bjørvika. Det vil bli gjennomført dykkerundersøkelser og fotodokumentasjon for å kunne avgjøre hvordan substratet er i dag i relasjon til de ulike arters krav, og eventuelt hva som må endres.

Sammenlagde kostnader for dette pilotprosjektet, som også inkluderer nødvendig befaring for de andre prosjektene er beregnet til totalt 106 000 kr (eks.mva.)

2) Eksperimenter med transplantering av gjelvtang og Japansk drivtang i området

Stein med fertile individer settes ut om våren (mars). Algene hentes fra ulike steder i indre Oslofjord. Som følge av mudringsarbeider i Bjørvika vil nærliggende områdene bli vurdert brukt (f.eks. nordsiden av Hovedøya), men uansett vil noen individer bli satt ut for eksempel på skipsvollstøtten ved Operaen. De transplanterte individene vil følges i ca. 1 år.

Kostnaden er beregnet til 103 000 kr (eks.mva.). Det forsettes at prosjektet koordineres med sukkertareprosjektet (pkt3).

3) Eksperimenter med sukkertare

Et eller to forsøk vil bli gjort med den spesielle teknikken for sukkertare beskrevet tidligere. Dette vil bli gjort i samband med utplassering av kunstige rev.

Kostnaden er beregnet til 318 000 kr (eks.mva.). Heri inngår koordinert arbeid med andre prosjekter.

5.2.3 Hovedprosjektet

Ut fra de resultater og erfaring som pilotprosjektene gir vil fullskala transplantering (dvs. her menes et tilstrekkelig antall individer for å sikre videre naturlig rekruttering og spredning) kunne gjennomføres etter at den del av anleggsvirksomheten som berører vannet i området er gjennomført.

Etter at transplanteringen er gjennomført vil det bli foretatt en oppfølging av området og eventuell etterpleie.

Det er ikke beregnet kostnader for denne delen eksplisitt. Det er bare beregnet kostnader for hele prosjektet (se kap. 6).

5.3 Bløtbunn

Sjøgress vokser på bløtbunn og er viktige av flere grunner. De skaper et habitat, dvs. et levested for andre organismer, de bedrer vannkvaliteten ved å ta opp næringsalter fra sedimentet, og de stabiliserer bunnsedimentet med sitt rotsystem (Virnstein & Morris 2000). Mange arter sjøgress er følsomme for vannkvalitet, og de integrerer forholdene over flere år. Globalt sett danner sjøgress meget viktige områder for produksjon av reker og fisk.

Ålegras (*Zostera marina*) er den vanligste sjøgressarten i våre farvann. Denne arten forekommer langs hele vår kyst, dog sparsomt i Troms og Finnmark. Ålegras vokser fra rundt 1/2 m og ned til over 10 m dyp i ytre kyststrøk. Ålegras spres stort sett vegetativt, det vil si at det underjordiske horisontale rotsystemet vokser bortover og skyter opp nye skudd med jevne mellomrom. Dette vil si at et individ kan ha mange opprette skudd. Ålegras er utbredt over hele den nordlige halvkule. Dette vitner om en art som er tilpassningsdyktig. Utfra utbredelsen er det også mulig å si at ålegras tolerer ferskvann godt da den vokser helt inn til Finland i Østersjøen (Boström et al. 2003). Tidligere undersøkelser har vist at ålegras også finnes i Oslofjorden.

Stadig tap av sjøgressområder har sammen med økt kunnskap om viktigheten av disse områdene, satt fokus på hvordan slike ødelagte områder kan restaureres. Det finnes flere metoder som er forsøkt i denne sammenheng. Det er også gjort en del erfaringer med å etablere sjøgress i områder hvor man ville tro at slike planter ville kunne vokse (Hemminga & Duarte 2000). I gjennomsnitt overlevde 42% av transplantatene i følge 53 rapporter publisert i USA, noe som tilsier at man må regne med betydelige tap.

5.3.1 Metodikk.

I følge Davis & Short (1997) er det 4 metoder som er blitt benyttet ved transplantasjonsforsøk med sjøgress:

1. Skudd med sediment inntakt. Fordelen med denne metoden er at man ikke ødelegger røttene til plantene som skal flyttes. Sedimentklumpen settes så ned i et allerede ferdig hull på det nye stedet. Den største bakdelen med denne teknikk er det såret man etterlater der hvor plantene tas fra. Tas det store klumper ut med grabb eller større corer, blir såret betydelig og man risikerer erosjon i allerede sårbare områder.
2. Frø. Tilgangen på frø fra sjøgress er meget ustabil. For ålegras er dette nesten utelukket. Under flere års arbeid i ålegrasegner er frøplanter bare observert noen få ganger (egne obs.). Dessuten hevdes det at spiringsprosenten fra frø er meget lav og upålitelig (Hemminga & Duarte 2000, Davis & Short 1997).

3. Skudd med nakne røtter. Her tenker man seg at man forsiktig tar opp skudd slik at sedimentet på donorstedet forstyrres i minst mulig grad. Plantene vil så etableres på det nye stedet i grøfter som graves forsiktig ut. Ulempen er at man som oftest vil skade røttene i det de tas ut av sedimentet. Dessuten må de forankres på det nye stedet før de får etablert et nytt og kraftig rotsystem.
4. “The horizontal rhizome method” dette er en avart av å flytte nakne røtter. Det samles inn enkeltskudd som tas ved at man tar hånden ned langs rhizomet, ca 5 cm og så kniper av. Tar man planter fra randen av en populasjon er det lettere å unngå å skade plantene samtidig som det har mindre innflytelse på donorpopulasjonen. Plantene settes så sammen to og to med rhizomet pekende i motsatt retning, noe som vil kunne gi spredning i begge retninger hvis begge plantene overlever.

Hvilken av disse metodene man skulle forsøke seg på i dette tilfellet vil sannsynligvis variere alt etter tilgang på midler. Samtidig er det viktig at man er oppmerksom på de farer men utsetter en donorpopulasjon for. For å få et bilde på sårbarhet bør det utredes om det er naturlige svingninger i en eventuell donorpopulasjon før man tar planter derfra. Samtidig bør man sjekke nøye opp om de fysiske/kjemiske forholdene på donorstedet og mottagerstedet er tilstrekkelig like, ikke bare med tanke på salt, temp osv. men også med tanke på substratets beskaffenhet, dvs. kornstørrelse. Det vil kreve noen forundersøkelser for å avklare slike forhold før man eventuelt går i gang med flytting av planter. Kjente forekomster av ålegras finnes bla. i Bærumsbassenget.

5.3.2 Pilotprosjekt/ålegras.

Flere problemstillinger er aktuelle å undersøke innen en kan transplantere ålegras i større skala inn i området:

1) Befaring av Bjørvika samt lokalisering av områder med ålegras som kan brukes for å hente transplantater. Dette gjennomføres samtidig som befaringen for makroalger.

Kostnadene er innberegnet i kostnadene for befaring i kapitel 5.2.2.

2) Utprøving av transplanteringsteknikk. og transplantering av enkeltindivider i Bjørvika/ Hovedøya samt oppfølging av forsøkene i ett år.

Kostnader er beregnet til 413 000 kr (eks.mva.).

3) Eksperimenter med ulike former av substrat for å fastslå hvilken endelig tildekkingsmasse som kan brukes i Bjørvika/Bispevika. Eksperimentene vil bli gjort på Biologisk Stasjon i Drøbak eller in situ i havneområdet. Kasser med ulike substrat vil bli studert for å se på veksten av ålegras.

Kostnader for eksperimenter på Biologisk stasjon i Drøbak er beregnet til 170 000 kr (eks.mva.). Alternativt: Kostnader ved tilsvarende forsøk i felt (for eksempel ved Hovedøya) 435 000 kr (eks.mva.).

5.3.3 Hovedprosjekt

Avhengig av resultatene fra pilotprosjektene vil fullskalatransplantasjon skje etter at anleggsvirksomheten i Bjørvika ikke lenger forstyrrer vannmiljøet. Kostnaden er vist i kapitel 7.

5.3.4 Oppfølging og pleie.

Det er behov for oppfølging av transplantasjonen i ca. 5 år. Det kan bli behov for etterpleie eller justeringer. Kostnadene for dette er vist i kapitel 7.

5.4 Etablering av marin flora og fauna ved hjelp av kunstige habitater.

Målsettingen med denne delutredningen er å vurdere mulighet for å etablere et marint liv ved hjelp av kunstige habitater eller kunstige rev. Målet er da å skape økte muligheter for å få inn planter og dyr som er avhengig av hardbunn eller hardt underlag for å etablere seg, men også bevegelige dyr (som flere arter fisk) som er avhengig av eller favoriseres av å få tredimensjonale habitater som fungerer både som næringsområder og skjulesteder.

Hensikten med kunstige rev i Bjørvika/Bispevika er å få inn en mer variert og spennende fauna i forhold til hva man kan forvente på ren leirbunn. Det har også vært nevnt mulighet for å etablere et akvarium i Bjørvika der det kan være aktuelt å ha et vindu ut mot fjorden, og i den sammenheng burde det være ønske om et mest mulig spennende og variert plante og dyreliv i "det naturlige miljø".

5.4.1 Hva kan forventes av dyreliv på hardbunn i Bjørvika

Det er utført enkelte undersøkelser av dyre og plantelivet i indre deler av Oslofjorden, og dette er oppsummert av Walday et al. (2005). For alger finnes det en rekke NIVA rapporter siden 1960-tallet om overvåking av indre Oslofjord og om nedre voksegrense for alger, samt et fåtall hovedfagsoppgaver fra UiO. For bløtbunnsfauna finnes det også NIVA-rapporter om forurensningssituasjonen i indre Oslofjord samt hovedfagsoppgaver fra UiO. For hardbunnsfauna finnes en hovedfagsoppgave av Stene (1968), samt flere NIVA rapporter om "Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord" som har rapportert observasjoner av hardbunnsorganismer bl. a. fra Hovedøya. Det er også gjort observasjoner av dyreliv i indre havneområde i forbindelse med undersøkelser tilknyttet senketunnellen i Bjørvika (Walday & Olsgard 2003). Fritidsfiske på bryggekanterne viser at det også er fisk i området. Flere av undersøkelsene og observasjonene indikerer en bedring av biologiske forekomster de siste årene.

Når det gjelder plante- og dyreliv på hardbunn vil artsmangfold og forekomster av mange individer reduseres fra ytre kystområder og innover i fjorder, selv om de ikke er påvirket av forurensning (se bl. a. Rinde & Christie 1992, fra Telemarkskysten). Indre fjordområder har som oftest mindre vannbevegelse og høyere grad av brakkvannspåvirkning, begge faktorer er kjent for å redusere artsmangfoldet eller eliminere en rekke arter som er forbundet med friske forhold langs kysten.

De undersøkelser som er utført i Bjørvika, Bispevika og ved Hovedøya viser imidlertid et relativt rikt dyreliv av arter, hvorav noen forekommer i til dels store mengder. Det er funnet typiske hardbunnsorganismer som fastsittende eller stasjonære børstemark, muslinger, sjøanemoner, sekkdyr, rur, svamp og hydroider. Av mobile dyr knyttet til hardbunn er det funnet flere arter mark, snegl, sjøstjerner, slangestjerner, kråkeboller og flere typer mobile krepsdyr som er knyttet til hardbunn eller til de fastsittende planter og dyr man finner på hardbunn. Av større dyr er det observert hummer av ulik størrelse, og av fisk som mer eller mindre er knyttet til hardbunn, er kutlinger, torskefisk, ål og flyndre blitt observert.

Studier fra andre steder har vist at det er en rik fauna av små mobile dyr (mye snegl, mark og krepsdyr) som lever innimellom de fastsittende plantene og dyrene, og disse er funnet å være viktige næringsdyr for fisk. Det kan forventes at slike dyr også vil finnes i Bjørvikaområdet, avhengig av hvor

mye habitat de har tilgjengelig. Tilstedeværelsen av hardbunnslevende dyr og alger i Bjørvikaområdet er imidlertid sterkt begrenset av liten tilgang på egnet substrat.

5.4.2 Hensikten med kunstige rev

Kunstige rev er brukt til habitatforbedring og til å stabilisere sedimenter/løsmasser som kan være utsatt for erosjon. Som habitatforbedring er hensikten å erstatte tapte habitater (levesteder) eller å tilføre nye habitater til områder som er fattige på slike. Flate bløtbunnsområder og slette svaberg mangler tredimensjonale strukturer og skjulesteder, og flere arter planter og dyr kan dra nytte av nye strukturer og substrater.

Kunstige habitater er lite brukt i Norge, men blåskjellanlegg er et eksempel på kunstig substrat der skjell kan feste seg. Fra land er fuglekasser en kjent metode til å øke forekomster av fugl, og ulik utforming av fuglekasser er kjent metode for å tiltrekke seg ulike arter og størrelser av fugl, en ide som også er benyttet ved konstruksjon av kunstige rev og som har gitt gode resultater i utlandet. Det må nevnes at erfaringer med kunstige rev fra en rekke steder rundt i verden i stor grad er meget positive når det gjelder å få til økte forekomster av marint plante og dyreliv, inkludert fisk og hummer (se bl. a. Jensen et al. 2000), og i Japan brukes flere hundre millioner kroner hvert år på konstruksjon og utsetting av kunstige rev.

Det finnes noen få eksempler på bruk av kunstige rev i Norge (Christie 2005). I Lofoten har firmaet Fiskehus AS utprøvd noe som kalles en "fiskehuslandsby" som består av fire store vegger med hull omgitt av mindre pyramideformede gjennomhullede konstruksjoner, alt i betong. Her ble alle overflater tett begrodd med fastsittende dyr og alger, og denne fiskehuslandsbyen tiltrakk seg store mengder fisk, og fungerte som en oase i et ellers lite spennende undervannslandskap. Dette firmaet har muligheter til å produsere betongrev av ulike størrelser og utforminger for å tiltrekke seg ulike arter av fisk eller skalldyr.

I Nordfjorden i Risør kommune har Reef Systems AS plassert ut to enheter av et rev som består av en stående sylindrisk betongkjerne der det stikker ut 14 rader med plastrør (laget av miljøvennlig resirkulert plast). Disse enhetene danner en stor overflate og har mange hulrom og gjemmesteder. Disse revene ble raskt begrodd og fikk etter hvert en rik fauna av fastsittende og bevegelige dyr. Dette miljøet tiltrakk seg store tettheter av små fisk, og også noen større fisk. Til sammen er 12 arter fisk blitt registrert rundt disse revene, mens forholdene for øvrig er relativt ensformige. Sistnevnte eksperiment kan være en mulig pekepinn for effekten av kunstige rev i Bjørvika siden det er utført på grunt vann inne i en fjord der forholdene i utgangspunktet er ensformige og artsfattige biologisk sett. På samme lokalitet i Nordfjorden er det også satt ut noen mindre rev som er liggende halve betong-sylindere med mange hull. Det er drettet opp hummeryngel i laboratorietanker og satt ut i disse revene i november 2005, men det foreligger ennå ikke observasjoner om hvordan dette eksperimentet utvikler seg.

Forsøket har synliggjort at det også i Norge er interesse for forsøk med å sette ut kunstige habitater for stimulering av ønskede arter (alger, fisk eller skalldyr). Man har i dag kunnskap og erfaring som gjør oss i stand til å utføre slike forsøk med tang, tare, hummer og steinbit (selv om vi ennå ikke har resultater som kan vise til suksess).

5.4.3 Potensiale for kunstige rev i Bjørvika

Det er potensiale for gode erfaringer med kunstige rev i Bjørvika. Selv om man ikke vil kunne forvente like stort og spektakulært artsmangfold som lenger ute ved kysten, tyder undersøkelser på at det er et næringsrikt område med muligheter for store tettheter av et variert dyreliv, og grunnlag for gode næringskjeder der flere arter fisk samt hummer vil være de største og best synlige artene. De fleste artene man finner på slike kunstige rev har god spredningsevne, og man kan derfor forvente en rask kolonisering av revene. Til å begynne med vil et fåtall arter dominere, men over tid vil det utvikle

seg et mer variert økosystem på og rundt slike rev. Vi har også noe erfaring med transplantering av substrat med tilhørende plante og dyreliv, og kan ved å transplantere inn stein som er bevoskt akselerere etableringen av slike plante og dyresamfunn (Bakke et al. 1992, Kraufvelin et al. 2002).

Hvordan slike "kunstige" hardbunnssamfunn utvikler seg vil avhenge av revenes konstruksjon, hvilket dyp de plasseres på og om man har kun enkeltstående enheter utplassert, eller om man plasserer ut en tett ansamling av mange enheter. Flere fiskesorter vil trenge mange rev over et større areal for å etablere en varig populasjon. Vannkvalitet og -bevegelse, lysforhold og sedimentering er blant de viktigste miljøfaktorer som bestemmer hvordan artsammensetning utvikler seg på kunstige rev.

Det er flere typer av kunstige habitat som kan være aktuelt for Bjørvika. Steinsetting av deler av strandsonen, eller annet fast substrat på brygger og kaier, vil være substrat for bunnalger og fastsittende dyr. Ute på de flate leirbunnsområdene vil det være aktuelt å sette ut ulike konstruksjoner, men disse må avpasses etter dyp for ikke å komme i konflikt med andre interesser. De minst konflikthylte vil være de lave revene nevnt over i forbindelse med forsøket med hummer, de stikker 50 cm opp over bunnen. Disse revene er også prismessig gunstige (ca 10 000 kr stk). Flere av de lave pyramideformete revene vil heller ikke stikke høyere enn ca 1-1,5 m over bunnen og vil prismessig kunne være gunstige, men pris kan variere med antallet en bestiller. Revene som er laget av en betongkjerne med plastrør som stikker ut vil rage ca 2,5 m opp fra bunn-nivå og prismessig vil de ligge på rundt 50 000 kr pr stk. Imidlertid vil disse ha en langt høyere overflate med mulighet for begroing og mange flere hulrom og muligheter for skjulesteder for fisk. Det kan således være muligheter for å se på ulike løsninger og kombinasjoner av slike kunstige habitater i Bjørvika.

Alle slike kunstige enheter som settes ut kan utstyres med en stropp slik at de kan fjernes eller flyttes når det måtte være ønskelig. De kan også fungere som moring der det måtte være behov for det.

5.4.4 Pilotprosjekt.

Før det taes en avgjørelse om utplassering av kunstige rev i større omfang vil det være nyttig å teste ut metodikken i mindre skala i et pilotprosjekt. Det vil i samsvar med havnemyndigheter kunne velges ut og få tillatelse til å benytte et begrenset område i Bjørvika/Bispevika/Hovedøya-området der man setter ut to store og to små enheter for å studere strukturenes stabilitet i sedimentet og hvor raskt det utvikler seg flora og fauna på disse. Et slikt eksperiment vil også gi indikasjoner på om det vil være en ide å transplantere plante og dyreliv fra andre deler av fjorden og inn på revene; eventuelt plassere revene lenger ut i fjorden for så å flytte dem inn i Bjørvikaområdet etter at de er kolonisert av alger og dyr.

Et pilotprosjekt vil bestå av utsetting av rev på forsommeren og undersøkelser tre ganger i løpet av sommer/høst i to påfølgende år. Undersøkelsenes formål er å gjøre en kartlegging av lokalitetene rett før utsetting og derpå en systematisk oppfølging av revene, og tilsvarende kontrollområder uten rev. Undersøkelser vil bli foretatt ved hjelp av dykking, supplert med ROV (fjernstyrt miniubåt med kamera). Det vil bli utarbeidet en rapport med en evaluering av resultatene og anbefalinger i forhold til videre arbeid. Foto og videoopptak fra forsøkene vil bli tilgjengelig og kan benyttes i formidling av resultatene til oppdragsgivere, politikere og andre interesserte.

Kostnadene for et slikt pilotprosjekt vil bli:

Kostnader ved levering og utsetting av rev	150 000
Undersøkelser første år (koordineres med ålegras)	
Undersøkelser andre år (koordineres med ålegras)	
<u>Bearbeidelse av observasjoner. Møter og rapport</u>	<u>80 000</u>
<u>Totalt</u>	<u>230 000</u>

5.4.5 Hovedprosjekt

Dersom man velger å benytte kunstige rev for å skape et mer variert dyreliv i Bjørvika vil det anbefales å benytte et større antall og flere typer rev. Det vil være vanskelig å forutsi hvordan dette skal se ut fordi en slik utplassering må godkjennes av flere instanser, men vi vil foreslå følgende. Det foreslåes å sette ut 15 enheter av Runde reef som er den største enheten beskrevet ovenfor. Disse foreslåes plassert ut langs eller innunder kaier og brygger. På de mer åpne bunnområdene foreslåes totalt 20 enheter av lave betongkonstruksjoner som kan stå innimellom ålegrasområdene.

For å dokumentere effekten av å sette ut disse revene foreslåes undersøkelser rett før og rett etter utsetting, samt undersøkelser ved senere anledninger. Undersøkelsene vil bli utført med dykking og ROV, og vil bli utført langs fastsatte "transekter" for å få en systematisk kvalitativ og kvantitativ dokumentasjon av dyrelivet, inkludert fisk, i det som er "behandlet" med rev sammenliknet med kontroll eller referanseområder uten rev. Det vil fastsettes flere parallelle transekter for hver "behandling".

Undersøkelsene vil bli mer omfattende og kostnadskrevenne enn under pilotprosjektet fordi det vil bli behov for en dokumentasjon av flere områder og flere typer behandling. Det vil også bli foretatt innsamlinger for mer inngående analyse av det totale dyrelivet når det har etablert seg en viss mengde begroing.

Kostnadene for et slikt opplegg vil være:

Produksjon og levering av store rev:	750 000
Produksjon og levering av små rev:	250 000
Utsetting av rev	100 000
<u>Undersøkelser første år</u>	<u>220 000</u>
<u>Totalt</u>	<u>1320 000</u>

Faglig oppfølging.

Dette prosjektet vil være et pionerprosjekt for å skape fornyete og bedre forhold for plante- og dyreliv i beskyttede fjorder og havneområder som har vært forstyrret av menneskelig aktivitet gjennom lang tid. Det vil derfor være viktig å få dokumentert effektene av utsetting av kunstige rev over tid, også fordi de forventede effektene vil utvikle seg suksessivt over en tidsskala som kan regnes i flere år. Det vil derfor foreslåes en langsiktig oppfølging som starter året etter utsetting. Det foreslåes å utføre to registreringer dette året og deretter en registrering hvert år. Det foreslåes å drive en slik faglig oppfølging gjennom 5 år, for deretter å evaluere prosjektet og så foreslå en eventuell videre oppfølging. Registreringene vil omfatte dykkeregistreringer og innsamlinger på de faste undersøkelsesområdene og i tillegg inspeksjon og videoopptak med ROV. Etter første år (1-2 år etter utsetting) vil det utarbeides en rapport med bilder og videoopptak for formidling av resultatene. Undersøkelsene vil koordineres med undersøkelsene foreslått for ålegras og tang.

Kostnader totalt for undersøkelser av effektene i oppfølgingsperioden vil inkludert rapportering forløpe seg til:

Første år:	100 000
År 2-5	50 000

6. Akvariet i Bjørvika

Det har vært diskutert et undervannsvindu i det planlagte Akvariet i Bispevika. Her kan det bygges opp en spesiell biotop utenfor Akvariet, men dette er ikke kostnadsberegnet her, da design for et slik område må diskuteres med de ansvarlige ved Akvariet. Her er det både et spørsmål om pedagogikk og estetikk som må vurderes.

7. Oversik over kostnader for pilotprosjektene og fullskalaprojektet.

Kostnadene for gjennomføring av prosjektene er kalkulert ut fra prinsnivå 2006 og er alle eksklusive moms.

For pilotprosjektene er det satt opp en del alternative forslag og endelig beslutning hvilke prosjekter som bør gjennomføres vil bli vurdert etterhånd.

For hovedprosjektet dvs. fullskala transplantering og utsetting av kunstige rev er kostnadene avhengige av hvilke resultater og erfaringer som pilotprosjektene gir.

7.1 Sammenfattende budsjett for pilotprosjektene.

Sammenlagt er 7 pilotprosjekt foreslått. Det bør foretaes en videre vurdering i valg mellom prosjekt 5 og 6.

1. Befaringer (dykking):	106 000 kr
2. Transplantering av enkeltindivider av gjelvtang og Japansk drivtang	103 000 kr
3. Eksperimenter med sukkertare	318 000 kr
4. Ålegras: Transplanteringsteknikk og forsøkstransplantering	413 000 kr
5. Ålegras: Eksperimenter med ulike substrater (Biologisk stasjon)	170 000 kr
6. Ålegras: Som pkt. 5 men isteden in situ I felt.	435 000 kr
7. Kunstige rev: Forsøk i liten skal i Bjørvika/Hovedøya	230 000 kr
Totale kostnader for pilotprosjektene	1 669 000 kr

7.2. Fullskalaprojektet.

Pilotprosjektene vi gi erfaring med både teknikker og rasjonaliseringsmuligheter ved gjennomføring av fullskalatransplanteringen i Bjørvika/Bispevika. Kostnadene er derfor omtrentlige og foreløpige. Det er ikke beregnet kostnader for tilrettelegging av substrat. Dette gjelder spesielt tildekking av bløtbunnsområdene med substrat (masse) som er gunstig for ålegras, samt innplassering av stein i ålegras områder eller langs kaier.

Prosjektet innbærer som for pilotprosjektene mye dykking. Her er det krav til 2 dykkere + en ekstra person ved hver dykking.

Det er anslått ca 2 måneders arbeid for å få transplantert makroalger og ålegras til Bjørvika/Bispevika.

Kostnadene for fartøy er beregnet etter dagens kostnad for Universitetets fartøy ”Bjørn Føyn” i samme tid.

Det er regnet med 3 forsker + 4 assistenter som gjennomfører transplanteringen.

Ålegress og makroalger omtrentlig kostnad	2 050 000 kr
Oppfølging og etterpleie i 5 år er beregnet til	750 000 kr
Innkjøp og utplassering av kunstige rev er beregnet til	1 320 000
Totalkostnader inklusive etterpleie og oppfølging:	<u>4 120 000 kr</u>

8. Litteratur.

Bakke T. Berge J.A., Braathen B., Moy F., Oen H., Pedersen A. & M. Walday. 1992. Kombinerte effekter av kjølevann og oppdrett på marine bunnsamfunn – et økosystem-eksperiment. NIVA-rapport 2743. 201s.

Bjærke, M.R. & Fredriksen, S. 2003. Epiphytic macroalgae on the introduced brown seaweed *Sargassum muticum* (Phaeophyceae) in Norway. – Sarsia 88: 353-364.

Bokn, T.L., Murray, S.N., Moy, F.E. & Jan Magnusson 1992. Changes in fucoid distributions and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974-80 versus 1988-90. – Acta Phytogeogr. Suec. 78: 117-124.

Boström, C., Baden, S.P., Krause-Jensen, D. 2003. The seagrasses of Scandinavia and the Baltic Sea. I: Green, E.P. & Short, F.T. (eds) World atlas of seagrasses. UNEP world conservation monitoring centre. Univ. of California press, Berkeley, USA.

Carney, L.T., Waaland, J. R., Klinger, T. & Ewing, K. 2005. Restoration of the bull kelp *Nereocystis luetkeana* in nearshore rocky habitats. Mar.Eco.Progr.Ser. 302: 49-61.

Christie H. 2005. Kunstige rev på norskekysten. Kyst og havbruk 2005, Fisken og havet, særnummer 2: 83-85.

Davis, R. C., & Short, F. T. 1997. Restoring eelgrass, *Zostera marina* L., habitat using a new transplanting technique: The horizontal rhizome method. Aquatic botany 59:1-15.

Futsæter, G. & Rueness, J. 1985. Metode for kontroll av livssyklus, krysningsforsøk og masseproduksjon av *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. – Rapport UiO/NTNF, 23 s.

Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. 2000. Seagrass ecology. Cambridge University press.

Isæus M (2004) Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Filosofie doktorexamen, Stockholms universitet

- Jensen AC, Collins KJ, Lockwood APM. 2000. Artificial reefs in European seas. Kluwer Academic Publishers. Great Britain.
- Kraufvelin, P., Christie, H. & Olsen, M. 2002. Macrofauna (secondary) responses to experimental nutrient addition to rocky shore mesocosms and a coastal lagoon. *Hydrobiologia* 484: 149-166.
- Kristiansen, I. 1968. En undersøkelse av *Fucus distichus* subsp *edentatus* (de la Pylai) Powel i Syd-Norge. Hovedfagsoppgave (Cand. real., UiO) 81 p.
- Larsen, J. F. 1995. Utbredelse av benthosalger i indre Oslofjord. Hovedfagsoppgave UiO.
- Magnusson ,J., Berge,J.A., Bjerkeng,B., Bokn, T., Gjøsæter, J., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Schram, T.A., Solli, A. 2001. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord i 2000. Fagrådets årsrapport nr 85. NIVA-rapport nr 4387.
- Magnusson ,J., Berge,J.A., Amundsen, R., Gjøsæter, J., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Solli, A. 2002. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord i 2001. Fagrådets årsrapport nr 88. NIVA-rapport nr 4584.
- Magnusson ,J., Andersen, T.A., Amundsen, R., Berge,J.A., Bokn, T., Gjøsæter, J., Johnsen, T., Kroglund, T., Lømsland, E.R., Solli, A. 2003. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord I 2002. Fagrådets årsrapport nr 91. NIVA-rapport nr 4693.
- Magnusson ,J., Andersen, T.A., Amundsen, R., Berge,J.A., Gjøsæter, Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Paulsen, Ø. . 2004. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord I 2003. Fagrådets årsrapport nr 95. NIVA-rapport nr 4845.
- Magnusson ,J., Andersen, T.A., Amundsen, R., Berge,J.A., Bjerkeng, B., Gjøsæter, J., Johnsen, T., T., Lømsland, E.R., Paulsen, Ø., Schøyen, M. 2005. Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 2004. Fagrådets årsrapport nr 97. NIVA-rapport nr 5024.
- Rinde, E. & Christie, H. 1992. Kartlegging av marine hardbunnssamfunn på Telemarkskysten. - NINA Oppdragsmelding 133: 1-23.
- Rueness, J. 1973. Pollution effects of littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to *Ascophyllum nodosum*. – *HelgolWiss. Meeresunt.* 24: 446-454.
- Russell, G., Hawkins, S.J., Evans L.C., Jones, H.D. & Holmes, G.D. 1983. Restoration of a disused dock basin as a habitat for marine benthos and fish. – *J. Appl. Ecol.* 20: 43-58.
- Russell, G., Hawkins, S.J., Evans L.C., Jones, H.D. & Holmes, G.D. 1983. Restoration of a disused dock basin as a habitat for marine benthos and fish. – *J. Appl. Ecol.* 20: 43-58.
- Short, F.T. Kopp, B.S., Gaeckle, J.L. & Tamaki, H. 2002. Seagrass ecology and estuarine mitigation: a low-cost method for eelgrass restoration. *Jap. Fish. Sci. J.* 68: 1759-1762.
- Steen, H. 2003. Development and competitive interactions in fucoid germlings (Fucales, Phaeophyceae) – effects of nutrients, temperature, salinity, and settlement density. PhD thesis University of Oslo.
- Stene RO. 1968. Utbredelsen av *Metridium senile* og en del andre vanlige arter fra hardbunnssamfunn i Indre Oslofjord. Hovedfagsoppgave ved Biologisk Institutt, UiO.

Terawaki, T., Hasegawa, Arai, H. & Ohno, M. 2001. Management-free techniques for restoration of *Eisenia* and *Ecklonia* beds along the central Pacific coast of Japan. – J. Appl. Phycol. 13: 13-17.

Virnstein, R. W. & Morris, L. J. 2000. Setting seagrass targets for the Indian River Lagoon, Florida. I: Bortone, S. A. (ed.) Seagrasses. Monitoring, ecology, physiology and management. CRC Press.

Walday M, Olsgard F. 2004. Ny senketunnel I Bjørvika. Biologiske forundersøkelser i November 2003. Rapport 0-VK-203, 30s.

Walday, M., Fleddum, A., Lepland, A. (2005). Kartlegging av marint biologisk mangfold i indre Oslofjord – Forprosjekt. NIVA Rapport OR-5097; 25s

Wikström, S.A. 2004. Marine seaweed invasions – the ecology of introduced *Fucus evanescens*. PhD thesis Stockholm University