

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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel STAD SKIPSTUNNEL Forprosjekt, Miljø Tema Vassureining og Marinbiologi	Løpenr (for tinging) 4294-2000	Dato 12. desember, 2000
	Prosjektnr. Undernr. 20112	Sider Pris 67
Forfattarar Lars G. Golmen Tone Kroglund Evy Lømsland Vilhelm Bjerknes Brage Rygg	Fagområde Sogn og Fjordane	Distribusjon Open
	Geografisk område Oseanografi	Trykking NIVA

Oppdragsgjevar Kystverket, Kystdirektoratet, Postb. 8158 Dep. 0033 Oslo	Oppdragsreferanse Magne Strand
--	-----------------------------------

Samandrag

Kystverket arbeider med eit forprosjekt for bygging av ein skipstunnel gjennom Stad mellom Moldefjorden og Kjøddepollen i Selje kommune. I samband med dette har NIVA vurdert moglege konsekvensar for vasskvalitet og marin biologi på kort- og lang sikt. Grunnlaget for vurderingane er konsekvensutgreiinga frå 1988 for dåverande tunnelalternativ samt tal og innspel frå nye del-rapportar. Det blir konkludert med at vassutskiftinga i Moldefjorden kan bli litt forbetra i øvre lag, men neppe målbart endra i djupvatnet, og at dei langsiktige miljøeffektane av tunnelen totalt sett ikkje blir store. Auka båtrafikk og utsepp derfrå kan gi nokre ugunstige verknadar i pelagialen og for fastsitjande organismar samt for havbruk. Artsmigrasjon gjennom tunnelen vil kunne tilføre fjordane nye artar raskare enn ved normal innvandring. Særskilte tiltak i anleggsperioden bør vurderast for å redusere moglege effektar då.

Fire norske emneord 1. Stad skipstunnel 2. Miljøkonsekvensar 3. Vasskvalitet 4. Marin biologi	Fire engelske emneord 1. Stad ship tunnel 2. Environmental impact assessment 3. Water quality 4. Marine biology
---	---


 Lars G. Golmen
 Prosjektleiar


 Jan Magnusson
 Forskingsleiar
 ISBN 82-577-3924-3


 Bjørn Braaten
 Forskingsjef

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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel STAD SKIPSTUNNEL Forprosjekt, Miljø Tema Vassureining og Marinbiologi	Løpenr (for tinging)	Dato
	4294-2000	12. desember, 2000
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	20112	67
Forfattarar Lars G. Golmen Tone Kroglund Evy Lømsland Vilhelm Bjerknæs Brage Rygg	Fagområde	Distribusjon
	Sogn og Fjordane	Open
	Geografisk område	Trykking
	Oseanografi	NIVA

Oppdragsgjevar Kystverket, Kystdirektoratet, Postb. 8158 Dep. 0033 Oslo	Oppdragsreferanse Magne Strand
--	-----------------------------------

Samandrag Kystverket arbeider med eit forprosjekt for bygging av ein skipstunnel gjennom Stad mellom Moldefjorden og Kjødepollen i Selje kommune. I samband med dette har NIVA vurdert moglege konsekvensar for vasskvalitet og marin biologi på kort- og lang sikt. Grunnlaget for vurderingane er konsekvensutgreiinga frå 1988 for dåverande tunnelalternativ samt tal og innspel frå nye del-rapportar. Det blir konkludert med at vassutskiftinga i Moldefjorden kan bli litt forbetra i øvre lag, men neppe målbart endra i djupvatnet, og at dei langsiktige miljøeffektane av tunnelen totalt sett ikkje blir store. Auka båttrafikk og utslepp derfrå kan gi nokre ugunstige verknadar i pelagialen og for fastsitjande organismar samt for havbruk. Artsmigrasjon gjennom tunnelen vil kunne tilføre fjordane nye artar raskare enn ved normal innvandring. Særskilte tiltak i anleggsperioden bør vurderast for å redusere moglege effektar då.

Fire norske emneord 1. Stad skipstunnel 2. Miljøkonsekvensar 3. Vasskvalitet 4. Marin biologi	Fire engelske emneord 1. Stad ship tunnel 2. Environmental impact assessment 3. Water quality 4. Marine biology
---	---

Lars G. Golmen
Prosjektleiar

Jan Magnusson
Forskingssleiar
ISBN 82-577-3924-3

Bjørn Braaten
Forskingssjef

STAD SKIPSTUNNEL

Forprosjekt for Miljø

Tema

Vassureining og marinbiologi

Føreord

I 1999 løyvde Stortinget midlar til Kystverket for å få gjennomført eit forprosjekt for Stad Skipstunnel. Forprosjektet har omfatta eit ti-tals del-utgreiningar for m.a. geoteknikk, forventa trafikkmengder, samfunnsnytte og anleggskostnader. NIVAs oppgåve har vore å førehandsvurdere miljøkonsekvensar for vasskvalitet (i sjøen) og for marin biologi, på basis av foreliggende analyser frå 1987-88 og ny generell fagleg kunnskap samt innspel frå dei andre del-rapportane i forprosjektet. Ein stor del av arbeidet med NIVAs bidrag måtte difor tidsmessig leggast etter ferdigstilling av dei andre del-rapportane i forprosjektet. Dette medførte naturleg nok noko knapp tid i innspurten.

SINTEF Bygg og miljøteknikk, kyst og havteknikk i Trondheim gjennomførte analyser for endringar i sirkulasjon som følge av tunnelen, og innspel frå desse analysene gjennom møter og rapport har danna ein del av grunnlaget for NIVAs arbeid. Grim Eidnes og Bård Brørs stod for SINTEFs analyser for sirkulasjon mens Sverre Bjørddal var prosjektansvarleg hos SINTEF.

Hos NIVA har følgjande forskarar levert bidrag til den foreliggende rapporten:

Tone Kroglund:	Effekter i strandsona
Evy Lømsland:	Effekter for vasskvalitet i overflatelaget og alger
Vilhelm Bjerknes:	Verknader for akvakulturnæringa
Brage Rygg:	Effekter for botnfauna
Lars G. Golmen:	Prosjektleiing, effekter for sirkulasjon, djupvasskvalitet, islegging

Sekretær Camilla Grimsby og oseanograf Arild Sundfjord bistod undervegs i prosjektet og ved sluttrapporteringa. Forskar Birger Bjerkeng kom med konstruktive kommentarar til rapportutkastet som òg var på høyring eksternt i Kystverkets prosjekt- og referansegruppe før endeleg avslutting.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, desember 2000

Lars G. Golmen

Innhold

Samandrag	6
1. Innleiing	10
1.1 Bakgrunn	10
1.2 Tunnelen	10
1.3 Aktuelle tema og faktorar for miljøvurderingane	10
1.4 Steinmassar og bergartar	11
1.5 Anleggsarbeid og utfylling	13
1.5.1 Utfyllingsområde	14
1.5.2 Ureining relatert til sprengstoff og kjemikalier	14
1.6 Framtidig båt-trafikk	15
1.6.1 Luftureining frå skipstrafikken	15
1.7 Konklusjonar frå forrige miljøgransking.	16
1.8 Litt om erfaringar med steinmasser frå andre stader	16
2. Miljøtilstanden i sjømråda	17
2.1.1 Lokale utslepp	18
3. Forventa endring i vass-sirkulasjon og hydrografi	19
3.1 Nye berekningar for sirkulasjon (SINTEF)	19
3.2 Supplerande opplysningar om sirkulasjon og opphaldstid	20
3.2.1 Moldefjorden	20
3.2.2 Kjødepollen	21
3.2.3 Strømmen i fyllingsområdet ved Lesto	22
4. Resultat frå NIVAs strandsonesynfaring	26
4.1 Bakgrunn	26
4.2 Hovudmål med strandsonesynfaringa	26
4.3 Metodikk	26
4.4 Fjøresamfunnet i Moldefjorden og Kjødepollen	27
4.4.1 Moldefjorden	27
4.4.2 Kjødepollen	28
5. Konsekvensvurderingar	31
5.1 Endring i sirkulasjon og opphaldstider	31
5.2 Influensområde for slam	32
5.3 Algar/pelagial	33
5.3.1 Effektar av endra hydrografiske tilhøve	33
5.3.2 Transport av algar mellom fjordsystema	34
5.3.3 Effekt av auka båttrafikk	35
5.3.4 Oljesøl	35
5.3.5 Forbigåande effektar på pelagialen	36
5.4 Akvakultur	38
5.4.1 Noverande aktivitet	38
5.4.2 Partikkelureining frå anleggsarbeidet	39
5.4.3 Effektar av nitrogentilførsle frå anleggsarbeidet	40

5.4.4 Effektar av anna forbigåande ureining	41
5.4.5 Avbøtande tiltak i samband med anleggsarbeidet	41
5.4.6 Langsiktige effektar for akvakulturnæringa	41
5.5 Botnfauna	43
5.5.1 Omtale av tilstanden basert på granskingar i 1985 og 1987	43
5.5.2 Konklusjon om tilstanden for faunaen på blautbotn i Moldefjorden og Kjødepollen i 1985-1987	44
5.5.3 Konsekvensvurderingar	44
5.5.4 Samanfatning for botnfauna	45
5.6 Effektar i strandsona	45
5.6.1 Anleggsfasen	45
5.6.2 Konsekvensar av tunnelen	46
6. Supplerande moment og kort oppsummering	48
6.1 Sirkulasjon og vasskvalitet	48
6.2 Eksos	49
6.3 Islegging	49
6.4 Sluttmerknader	50
7. Litteratur	51
Vedlegg A. Samandraget i 1988-rapporten	54
Vedlegg B. Resultat frå varighetsanalysen for NIVAs strømmålingar ved Lesto-Vest i 1988:	57
Vedlegg C. Resultat av planktonanalysar	62
Vedlegg D. Foto frå strandsonesyfaringa 4-5. september 2000	64
Moldefjorden	65
Kjødepollen	66

Samandrag

Bakgrunn for miljøvurderingane

I 1999 løyvde Stortinget midlar for å få gjennomført eit forprosjekt for Stad Skipstunnel. Forprosjektet har omfatta eit ti-tals del-utgreingar og NIVAs oppgåve har vore å førehandsvurdere miljøkonsekvensar for vasskvalitet og marin biologi i dei berørte sjøområda. Det viktigaste grunnlaget for vurderingane er ein rapport om miljøkonsekvensar utført i 1987-88 samt nye tal og innspel frå andre del-rapportar i forprosjektet.

Dimensjonane for skipstunnelen er endra i høve til forrige runde. Tabellen nedanfor syner nokre storleikar før og no som vedkjem miljøvurderingane.

	Forrige planer (1987)	Nye planer, 2000
Lengd av tunnelen	1900 m + 2 x 60 m kanal	1800 m, + ca 150 m kanal
Tverrsnittsareal	560 m ²	1000 m²
Max breidd / seglingsbreidd	20 m / ca 17 m	27 m / 23 m
Max høgde, botn til tak	ca 30 m	40 m (13 m + 27 m)
Djupne v/lågaste astron. lågvatn	6 m	12 m
Djupne v/høgste astron. høgvatn	8,5 m	14,5 m
Tunnel-volum, sjø	ca 0,23 mill m ³	ca 0,65 mill m³
Tunnel-volum, totalt	ca 1 mill m ³	ca 1,85 mill m³
Tverrsnittsareal, sjø	120m ² (fjøre)- 170 m ² (flo)	324m²(fjøre)-391.5 m²(flo)
Sprengingsvolum, steinmasse	1,5 mill m ³	ca 2,8 mill m³

Forventa endringar for sirkulasjon og vasskvalitet

Med tunnelen vil Moldefjorden og Kjøddepollen bli fylt og tømt frå to kantar, og dagens midlare opphaldstid i øvre lag som for Moldefjorden er rekna til knapt 6 døgn, vil bli litt redusert som følge av dette. Utstrøymande vatn frå tunnelen vil spreie seg lateralt ut frå opningane enten i vifte-form eller langs land, avhengig av rådande vind, sjiktungs - og trykktilhøve. Indre delar av fjordane nær tunnelopningane vil såleis få markert sterkare strøm i høve til i dag. Tunnelen vil bli ca 12 m djup mens fjordtersklane er 20 m og 30 m djupe. Dette medfører at bidraget til djupare vertikal blanding frå tunnelen normalt vil vere lite (< 10%) men i uvêrsperioder vil strømmen i tunnelen kunne bidra til markert nedblanding, men neppe heilt ned i djupvatnet p.g.a. den rådande sjiktinga.

Mellombels tilførsler av nitrogen til Moldefjorden frå sprengstoffrestar og auka turbulens frå framtidig skipstrafikk vil kunne gi auka algevekst i sjøen. I samband med sprenging vil ein få avrenning av nitrogen, særleg til Moldefjorden der majoriteten av sprengsteinen skal deponerast. Målingane frå 1987-88 synte at øvre lag i begge fjordane, men særleg Moldefjorden hadde underskot på nitrogen i høve til fosfor. Det kan difor forventast at nitrogenet i sprengstoffet (særleg ammonium) som lek ut til omgjevnaden ved deponering vil kunne bidra til ny algeproduksjon. Nitrat/nitritt vil også kunne bidra til dette dersom det er tydeleg overskot av fosfor i forhold til nitrogen i sjøen.

Fleire uønska komponentar og typer partiklar frå eksos kan blande seg med sjøvatnet og påverke vasskvaliteten. Varm eksos frå større båtar vil truleg samle seg langs taket av tunnelen og stige oppover utanfor tunnelmunningane slik at lite blir eksponert mot sjøoverflata. Våteksos frå mindre båtar og eventuelt snøggbåtar vil imidlertid bli delvis innblanda i sjøen og kan bidra til negative effektar. Grunnlaget og kunnskapen for desse vurderingane er svakt, men vi finn så langt ikkje grunnlag for noka særskilt åtvaring.

For djupvatnet vil tunnelen og båttrafikken neppe bidra til målbare endringar i seg sjølv. Utskiftinga kan bli marginalt betre, og våre berekningar tyder på at nedfall av organisk stoff ikkje vil auke sjøl algeveksten tiltar i øvre lag. Her ligg det imidlertid usikre vilkår og tal til grunn. M.a. kan ein viss svekking av den vind-genererte utskiftinga i laget mellom ca 12 m og 20-30 m som følgje av tunnelen bidra til auka retensjon og nedfall til djupvatnet. Redusert oksygeninnhald i djupvatnet vil då kunne oppstå dersom tilførslene aukar meir enn utskiftinga.

Spreiing av partiklar

For 2-8 μm partiklar frå fyllmassane (borestøv m.m.) er 2 cm/time truleg eit representativt mål for kor fort slike små partiklar søkk og i så fall vil dei halde seg i sjøen i fleire dagar. Reanalyser av strømmålingane ved Lesto frå 1988 syner at varigheit av perioder med enten stillestående sjø eller med einsretta strøm der er korte. Maksimal målt strøm var 19,7 cm/s og lengste periode med strøm over 15 cm/s var 1,75 time. I løpet av ein slik periode vil partiklar kunne bli spreidd 1 km og denne avstanden vil kunne definere ytre radius for influensområdet. Mest partiklar vil sedimentere nær hovedfyllinga og i avstand inntil 50-100 m ifrå. Det meste vil bli liggande i vifteform eller "sektorar" h.h.v. mot vest og aust langs land og i eit smalare (50 m) belte ut frå fyllingsfronten i h.h.t. observert dominerande strømmretning. Under gjevne føresetnader med stor avgang av slam er det rekna med eit indre influensområde på ca 10.000 m² og maksimal tjukkeleik på slamlaget på 2-3 cm ved Lesto.

Det kan bli aktuelt som alternativ å deponere mesteparten av steinen nær tunnelopninga i Moldefjorden. Det manglar strøm-data frå dette området, men det er rimeleg å anta svak strøm der og at ein dermed får eit mindre influensområde der enn ved Lesto, og noko tjukkare slamlag inst ved fyllingane. Det er ein risiko for at dette slammet bli resuspendert p.g.a. auka strøm etter tunnelopning.

Pelagiske organismar og strandsona

Bygging og etablering av ein tunnel gjennom Stadlandet vil kunne influere på pelagiske organismar. Effektane i pelagialen vil kunne delast inn i to kategoriar: Varige effektar som følgje av permanent etablering av ein tunnel med båttrafikk og forbigåande effektar som følgje av anleggsverksemd.

Tilstanden i overflatelaget i dei to fjordane kan karakteriserast m.a. på grunnlag av målt TOC (totalt organisk karbon) i 1987-88. Verdiane var langt høgare enn normalt, noko som tyder på monaleg tilførsle av organisk materiale. Vi har ikkje nye opplysningar som tilseier at situasjonen er annleis i dag.

Varige effektar:

Meir turbulens i overflatelaget frå propellar og frå utstrøymande vatn frå tunnelen kan gi auka algeproduksjon. Algane kan bli raskt omsett av sekundærprodusentar eller blir ført bort med strømmen. Men dersom det ikkje skjer, vil det kunne bli auka nedfall av organisk stoff til botnvatnet i Kjøddepollen og Moldefjorden og redusert vasskvalitet der.

Det er kjent at enkelte fjordar er meir utsette for giftige planktonalgar enn andre. Vassprøver frå Moldefjorden og Kjøddepollen i september 2000 syntte omlag lik algebiomasse i sjøen i dei to fjordane, men det var høgare konsentrasjonar av giftproduserande algar i Moldefjorden. Dersom dette representerer eit vedvarande trekk, vil tunnelen kunne medføre at Kjøddepollen blir meir utsett for giftproduserande algar i framtida. Tunnelen kan òg føre til spreieing av fastsitjande artar frå den eine fjorden til den andre. Slik spreieing kan ha lokal, men neppe regional betydning.

Det er lite som tyder på at auka båttrafikk i seg sjølv vil ha særleg store negative effektar for planktoniske organismar. Dette gjeld sannsynlegvis både for snøggbåtar (vassjet) og propelldrevne båtar. Det vil difor vere sekundære effektar av skipstrafikken som for eksempel oljesøl og introduksjon av nye artar gjennom ballastvatn og spillvatn som vil kunne ha den største negative effekten på pelagiske organismar. Det må forventast at tiltak vert sett i verk for å minimere slike utslapp.

Skipstrafikken vil skape turbulens i vatnet og medføre oppvirvling av partiklar frå botnen på grunt vatn. Dette vil kunne fremje hurtigveksande fastsitjande opportunistar og/eller endre vekstvilkåra for eksisterande artar. Meir bølger og sterkare strøm frå propellar kan ha innverknad på artsutvalet og auka slitasje på fastsitjande organismar på grunt vatn, særleg nær tunnelopningane. Utslepp av olje og oljehaldige stoff samt tilførsler av tinnorganiske stoff (TBT) frå skipsskrog kan vere giftig for organismar i fjøra. Blåskjel akkumulerer oljehydrokarbonar og ein kan ikkje sjå vekk frå at blåskjel i dei to avgrensa fjordområda vil kunne bli påverka og lite eigna for konsum.

Forbigående effektar:

Utlekking av nitrogen frå sprengstoffrestar vil kunne bidra til auka primærproduksjon. Deponering av sprengte steinmassar på botnen vil mellombels virvle opp sediment. Auka partikkelkonsentrasjon i sjøen frå fyllingsaktivitet vil redusere tilgangen på lys ned i sjøen og føre til redusert primærproduksjon. Ettersom dumping av stein i hovudsak skal foregå i Moldefjorden, er det her ein vil kunne få den største effekten av dette og som i prinsippet kan motverke vekststimulerande effektar av auka nitrogentilførsle.

Suspenderte partiklar kan danne aggregat med algar som difor blir mindre tilgjengelege for dyreplankton. Partiklar kan òg skade filtreringsapparatet til dyreplankton, og stort inntak av uorganiske partiklar kan endre oppdriftsevnen og bidra til stress. Artar av plankton og fisk som beitar på mindre dyr må gå høgare opp i vassøyla for å kunne fange desse.

Fauna i sediment på djupt vatn

Dei inste fjordbassenga var på 1980-talet monaleg påverka, med til dels organisk rikt, H₂S-haldig sediment og låge oksygenkonsentrasjonar i djupvatnet. Botnfaunaen vil i liten grad tole ein ytterlegare forverring av livsvilkår i form av høgare organisk belastning eller redusert vassutskifting. Skipstunnelen vil bidra til å blande sjøen kring opningane, men neppe så djupt som til sprangsjiktet og djupvatnet. Auka sedimentering av organisk materiale ovanfrå (alger) som berører botnfaunaen kan ikkje utelatast som effekt, men blir neppe kritisk. Steinpartiklar vil sedimentere i nærområda til anleggs- og deponeringslokalitetane. Skader på botnfaunaen vil såleis sannsynlegvis gjelde et forholdsvis lite område som gradvis vil vende tilbake til slik det opprinneleg var etter nokre år.

Akvakultur

I dag ligg det to godkjende oppdrettslokalitetar for laks og aure i Moldefjorden og to-tre lokalitetar i Vanylvsfjorden nær den framtidige leia. Det går 8-10 transportar med levande laks pr veke rundt Stad, med eit samla transportvolum av slaktefisk på 10.000-15.000 tonn pr. år. Det er forventa at både denne transporten og ferdsla av andre farty vil auke i tida framover og at ein vesentleg del av trafikken vil gå gjennom skipstunnelen. Dette vil kunne medføre auka smittepress i områda langs med den nye leia.

Stadtunnelen vil i stor grad betre transporttilhøva for levande fisk, særleg i vinterhalvåret, og vil bety ei betring i kvaliteten på fisken. Det er og mogeleg at tunnelen vil stimulere til eit auka samkvem innanfor næringa nord for og sør for Stad, og føre til ekstra auke i transporten av levande fisk.

Under anleggsarbeidet må ein forvente partikkelureining frå tunneldrift og fyllingsarbeid, særleg i Moldefjorden. Auka algevekst kan då bli til sjenanse for fisk i merdar, i tillegg til partikkelureining. Dette vil kunne bli ein risikofaktor for eventuelle oppdrettslokalitetar i nærleiken som er i bruk i kritiske perioder av anleggsarbeidet.

Som avbøtande tiltak kan det t.d. etablerast reservelokalitetar i desse periodene som kan takast i bruk etter godkjende prosedyrer for naudtiltak og flytting. Fyllingar kan plastrast for å redusere lekkasje av partikulært og nitrogenhaldig materiale. Driftsvatn frå tunnelen kan reinsast (sedimentasjon) og

vasking og sortering av masser kan gjennomførast før utfylling. I tillegg kan det leggest lenser og siltskjørt på utsida av fyllingsområda.

Av langsiktige tiltak føreslår vi overvaking av ålmenn trafikk og særskilt åtvaring mot utslepp av avfall og spillolje i skipsleia. Avfallsmottak ved tunnelinngangane kan her verke miljøfremjande. Særskilte tiltak og kontroll av brønnbåt-transportar i tilfelle der det kan vere snakk om sjukdomspåverka slaktefisk bør vurderast.

Andre faktorar

Forrige miljøutgreiing tilsa m.a. redusert opphaldstid for overflatevatnet, redusert utoverretta mellomlags sirkulasjon i samband med vindoppstuving og periodevis sterkare straum over tersklane som kan påskunde nedbrytning av sprangsjikt under terskelnivå. I lys av vurderingane i denne rapporten kan vi slutte at konklusjonane frå forrige runde som berører dynamikken i store trekk vil stå ved lag også for den nye tunnelen.

For islegging vil òg konklusjonane frå forrige utgreiing kunne stå. D.v.s. redusert islegging i Kjøddepollen og risiko for periodevis islegging i Moldefjorden under uendra klimatilhøve. Det ligg ikkje føre nye opplysningar lokalt eller nye vinter-målingar som kan bidra til endra konklusjonar på dette. Auka turbulens og blanding nær tunnelopningane vil uansett halde desse områda isfrie, mens brakkvasspåverknad frå nord til sør vil kunne stimulere islegging i Moldefjorden, med motsett effekt i Kjøddepollen. Forventa klimatiske endringar på Vestlandet med våtare og mildare vintrar saman med gradvis oppvarming av sjøen vil truleg på sikt gjere is-problematikken pg.a. tunnelen mindre aktuell.

Det er neppe realistisk å få gjennomført anleggsarbeidet heilt utan målbar påverknad av partiklar og nitrogentilførsler, men avbøtande tiltak i anleggsperioden vil kunne setjast i verk for å redusere utsleppa og dermed miljøverknadane. Også eventuelle langsiktige negative verknadar for øvre lag i sjøen vil kunne dempast eller eliminerast ved kontroll av båttrafikken og tryggleikstiltak. Det er difor viktig å tilrettelege både for overvaking av miljøtilstanden langs skipsleia og å tenke igjennom på førehand kva tiltak for m.a. regulering av t.d. brønnbåttrafikk som må til i særskilte perioder som ved sjudomsutbrot.

Vi har ut frå føre-var prinsippet og ålmenn praksis lagt vekt på å vurdere moglege negative miljøverknadar av tunnelen sjølv om den også kan få positive verknadar. Positive verknadar vil kome t.d. innafor område i skjeringspunktet mellom samfunn/økonomi og miljø/klima. På større skala vil tunnelen t.d. kunne redusere risikoen for havari og akutt forureining på Stadthavet. Tunnelen vil kunne stimulere til meir miljøvenleg og tryggare transport ved overgang frå landbasert/flybasert til sjøvegs transport av gods og passasjerar.

Tunnelprosjektet er i seg sjølv unikt og dette gjer også at mange av miljøvurderingane har måtta bli basert på skjøn. Med auka innsats vil det vere mogleg å betre presisjonen i vurderingane ved m.a. fornya målingar i Selje og bruk av nye simuleringsmodellar. Eit framtidig program for føre/etter granskningar saman med eit overvåkingsprogram vil kunne gje svært nyttig kunnskap om basale prosessar og effektar/endringar i fjordar både for hydraulikk, oseanografi og biologi. Slik ny-tileigna kunnskap vil kunne kome den kunnskaps- og IT-baserte forvaltinga av heile den norske kystsona til gode.

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn

Vinteren 2000 lyste Kystverket ut anbod på gjennomføring av konsulenttenester i samband med utarbeiding av forprosjekt for Stad Skipstunnel. Stortinget løyvde hausten 1999 ca 8 mill kr til eit slikt forprosjekt for å få alle aktuelle moment grundig vurdert i forkant av handsaming av eit eventuelt framlegg om bygging.

Forprosjektet innebar analyser for fleire ulike fag og tema, slik som geologi, bygningsteknikk, ventilasjon, samfunnsnytte/konfliktar og byggekostnader. Kystverket ba også om tilbod innafør overskriften Miljø.

NIVAs analyser dekkjer områda vassureining (i sjøen) og marin biologi.

Som basis for NIVAs arbeid ligg rapportar og utgreiingar frå 1980-talet, særleg den forrige miljøutgreiinga for tunnelen i 1987-88 (NIVA 1988a).

1.2 Tunnelen

Den planlagte ca. 2 km lange tunnelen skal gå gjennom Stadlandet mellom Moldefjorden i Selje og Kjødøpollen (Vanylvsfjorden) (**Figur 1**). Det er gjort endringar i dimensjonering i skisseprosjektet (INSTANES 2000) i høve til forrige planer frå 1980-talet (**Tabell 1**). Det er tale om både større breidde, større seglingshøgde og større seglingsdjup enn tidlegare. Dette medfører større sprengingsvolum og meir steinmasser til fylling, evt. deponering. Figur 2 illustrerer tverrsnittet.

Tabell 1. Oversyn over oppdaterte dimensjonane for Stad skipstunnel (INSTANES 2000 o.a.), samanstillt med samsvarande tal frå 1980-talet. Faktisk nivå for ekstremt høgaste høgvatn og lågaste lågvatn vil ha ein atmosfærisk komponent (lufttrykk, vind) som kjem i tillegg til verdiane i tabellen. Dette tillegget for ekstremisituasjonar kan dreie seg om ca +/- 0,5 meter.

	Forrige skisse/planer (1988)	Nye skisser, 2000
Lengd	1900 m + 2 x 60 m kanal	1800 m, + ca 150 m kanal
Tverrsnittsareal	560 m ²	1000 m²
Max breidd / seglingsbreidd	20 m / ca 17 m	27 m / 23 m
Max høgde, botn til tak	ca 30 m	40 m (13 m + 27 m)
Djupne v/lågaste astron. lågvatn	6 m	12 m
Djupne v/høgste astron. høgvatn	8,5 m	14,5 m
Tunnel-volum, sjø	ca 0,23 mill m ³	ca 0,65 mill m³
Tunnel-volum, totalt	ca 1 mill m ³	ca 1,85 mill m³
Tverrsnittsareal, sjø	120m ² (fjøre)- 170 m ² (flo)	324m² (fjøre) - 391.5 m² (flo)
Sprengingsvolum, steinmasse	1,5 mill m ³	ca 2,8 mill m³

1.3 Aktuelle tema og faktorar for miljøvurderingane

På kort sikt må verknader i anleggsperioden vurderast. Dette vil sannsynlegvis vere tidsavgrensa effekter som følgje av

- anleggstrafikk på land/sjø,
- sprengingsarbeid: støv, skarpe/flisige/nåleforma partiklar og sprengstoffrestar
- massedeponering

Verknadane kan gå både på vasskvalitet og på organismar i sjøen, inkl. eventuell eksponert oppdrettsfisk, og på botndyr.

Tunnelen vil innebere ei permanent endring i strømforhold og vassutskifting for dei berørte sjøområda. Dette kan påverke faktorar slik som:

- vasskvaliteten i øvre lag og i djupvatn
- islegging
- vekst-og livsvilkår for naturlege organismar
- endring i vilkår (vasskvalitet) for akvakultur
- tilvekst av nye organismar

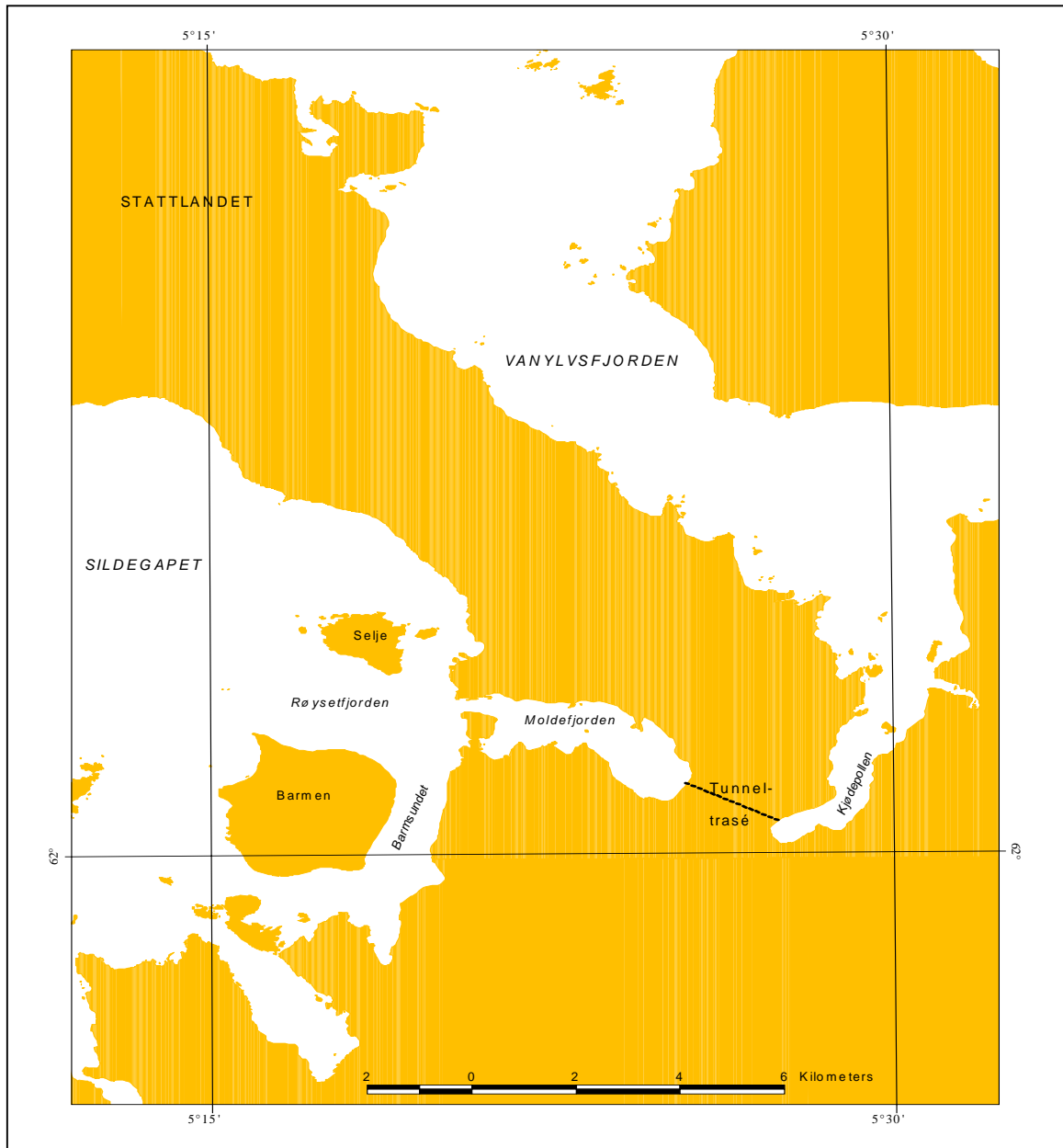
I den grad skipstrafikken kan verke miljø-forstyrrende vil denne medføre permanente verknader:

- bølger frå skip på veg til/frå tunnelen
- turbulens p.g.a. propell og bruk av thrusterar
- akutt forureining, t.d. oljeutslepp
- kumulativ forureining (anti-groe stoff, små oljelekkasjar, eksos)
- varmt kjølevatn frå motorane, evt. i eksosen
- utilsikta utslepp av ballastvatn (framande organismer)

I dei resterande avsnitta av dette kapitlet blir forventa fysiske endringar og inngrep omtalt. Dette dannar bakgrunn for dei biologiske effektvurderingane i påfølgjande kapittel.

1.4 Steinmassar og bergartar

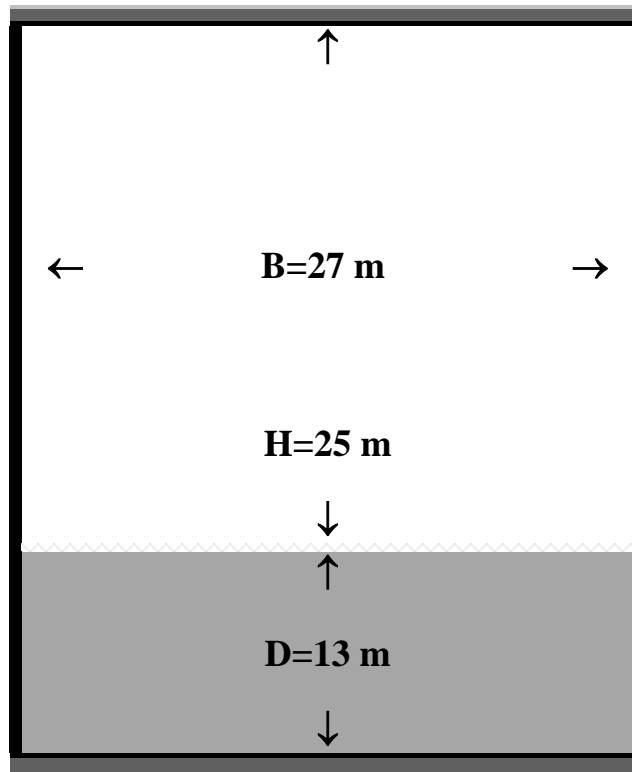
Samla volum fyllmasse vil bli om lag 2,8 mill m³. Av dette skal 2,2 mill m³ fyllast i området vest for Lestaneset (Lesto) på nordsida av Moldefjorden, 0,3 mill m³ ved tunnelopningane (kaier m.m.) og 0,3 mill m³ ved ein marina i Moldefjorden.



Figur 1. Kart over Selje og Statlandet, med den framtidige tunnelen innteikna.

Fjellet mellom Kjødepollen og Moldefjorden har innslag av fire bergartar: Augegneis og blanda gneis (glimmerfattig, ca 80%), glimmergneis (10-15%) samt noko amfibolitt og eklogitt (NGI 2000). Eklogitten er den hardaste av bergartane. Bergartskvaliteten kan gje varierende mengder borestøv og fin-partikkel konsistens.

NGI tok nyleg prøver av dei vanlegaste gneisane i terrenget over traseen (NGI 2000). **Tabell 2** syner analyseresultat for desse prøvene.



Figur 2. Skisse over planlagt tverrsnitt av tunnelen med nokre dimensjonar angitt. Taket vil få bogeform.

Tabell 2. Resultat av analyser av bergartsprøver (gneis) i terrenget over traseen frå Moldefjorden (prøve 1) mot Kjøde (prøve 3). Kjelde: NGI 2000.

Mineral	Prøve 1, %	Prøver 2a, %	Prøve 2b, %	Prøve 3, %
Kvarts	48	7	23	33
Feltspat	46	41	63	51
Glimmer (biotitt)	2,5	32	9,5	13
Amfibol	0	13,5	0	2
Epidot/Orthitt	2,5	6,5	4,5	0,5
Erts (magetitt,kis)	1	0	0	0,5
Totalt:	100	100	100	100
FALLPRØVER:				
Flisig (grad)	1,37	1,39	1,38	1,43
Sprøleik	54,9	58,9	49,4	53,5
Pakningsgrad	0	2	1	1
Korrigert sprøleik	54,9	64,8	51,8	56,2
Steinklasse	3	utanf. kl. 5	2-3	3-5

1.5 Anleggsarbeid og utfylling

Anleggsarbeidet er forventa å vare i 3-3,5 år. Driving vil sannsynlegvis foregå først i ein midt-stoll frå senter og opp i taket, så to sidestollar, og til sist det gjenståande pallvis i to høgder, ned mot

tunnelbotnen (Magne Strand, pers. medd.). Det blir satt igjen "propper" i kvar ende for å hindre sjøen å trenge inn i denne fasen.

Boring vil sannsynlegvis skje med grovholsutstyr, sannsynlegvis med holdiameter på 75 mm eller meir. Mengde borestøv kan anslåast ut frå dette og at ein kan rekne ca 1/2 m borlengde pr m³ fjell. Det skulle gje ca 4.100 m³ borevolum, eller ca 6.000 m³ partikulært materiale med konsistens/kornstorleik frå grus til støv.

Utfylling vil skje meir eller mindre kontinuerleg ved tunnelopningane i samband med dei 70-90 m lange moloane og ventekaiene og eventuelt deponi der, og/eller i området vest for Lestaneset (Lesto Vest), og ved ein marina i Moldefjorden. Det skisserte fyllingsområdet ved Lesto vil innebere 108 daa nytt byggeområde/friareal.

Steinen vil bli frakta til dumpestaden med lekter eller evt. med dumper over pontongar frå land. Spyling/vasking av steinen for å få fjerna støv er ein mogleg opsjon som kan bli vurdert.

1.5.1 Utfyllingsområde

I følgje planene kan store mengder sprengstein (ca 2,2 mill m³) bli deponert i fylling i området i sjøen ved Lesto (Listo). Det kan bli tale om å etablere ei langstrakt "halvøy" langs land i staden for ei massiv fylling. Dette vil redusere inngrepa i eksisterande strandsone samstundes som ein får etablert nytt skjerna sjøområde på baksida som kan nyttast som småbåthamn. Det er nyleg kome på tale med alternativ utfylling og deponering nærmare tunnelopningane for på den måten å spare kostnader og redusere miljøbelastning p.g.a. kortare/mindre frakting.

Prosedyrer for korleis utfylling skal skje er ennå ikkje utarbeidd, og detaljar om dette kan diskuteras på eit seinare stadium og etter at det er klårlagt kva særskilte miljøaspekt som må takast omsyn til.

Utfyllinga av sprengstein vil føre til at borestøv og restar av sprengstoff kan bli skylt ut i fjorden og bli spreidd i sjøvatnet. Omfanget av dette kan sannsynlegvis reduserast ved tiltak som:

- sakte/skånsom tipping og utfylling
- vasking/spyling av steinen før uttak
- etablering av siltskjørt og lenser i sjøen rundt fyllingane

1.5.2 Ureining relatert til sprengstoff og kjemikaliar

Sprengsteinen vil innehalde restar av detonert og udetonert sprengstoff. Deler av desse restane vil bli med massane som går til fylling. Resterande del vil bli halden tilbake og gradvis bli fjerna med tunnelvatnet ved utpumping, og til sist ved sjøvassfylling av tunnelen. Kor mykje av dei samla sprengstoffrestane som tar eine eller andre vegen er ein tids-variabel funksjon m.a. av drivingsrate og anleggsprosedyrer inkludert eventuell spyling/vasking av sprengstein.

Borestøv med tilhøyrande sprengstoffrestar vil bli fjerna frå tunnelen, og det som eventuelt blir spyllt av fyllmassen før deponering vil måtte pumpast ut og handterast og deponerast på annan måte, t.d. som fast masse frå sedimenteringsbasseng. Ved siste metoden kan ein enten hindre, forsinke eller redusere utlekking til vatn og sjø.

Sprengstoffrestar har høge nitrogenkonsentrasjonar frå nitrat og ammonium/ammoniakk. I følgje analyser utført av NIVA kan vatn frå grundig utvasking av sprengstein innehalde om lag 24 gN pr tonn stein, tilnærma likt fordelt på NH₄ og NO₃ (NIVA 1998b). Dette tilsvarte ca 15% av total nitrogenmengde i sprengstoffet. Sprengstoffrestar kan også innehalde PAH, evt. nitro-PAH.

Mest sannsynleg vil "anol" sprengstoff bli nytta under arbeidet med tunnelen. Ordinær sprøytebetong som kan bli nytta, er samansett av sement og hurtigherdar (natriumsilikat/"vannglas") og er sterkt alkalisk. Drivinga inneber også bruk av diesel og olje m.m.

Avløp frå anleggsbrakkene og verkstad vil bli handsama på vanleg måte, med leidning frå septiktank til fjorden.

1.6 Framtidig båt-trafikk

Det knyter seg visse verknader for vasskvalitet m.m. på grunn av skipstrafikk, og difor er det naudsynt for denne utgreinga å ha tilgang til rimeleg presise anslag for omfanget av framtidig båt-trafikk. Aktuelle moment å ta omsyn til ved vurdering av slike verknader er m.a.

- Bølgjer i strandsona og turbulens i sjøen
- Oppankring
- Anti-groe stoff på båtane
- Komponentar i kjølevatnet og eksosen som kan trenge ned i sjøen

Trafikken over Stad har auka med 3-4% årleg i perioden 1990-2000 i følgje Asplan-Viak som har gjort trafikkberakingar for dagens situasjon og framtidig potensiale (Asplan-Viak 2000). Det er tatt omsyn m.a. til at tunnelen vil generere nyskapt trafikk. Nokre av resultatane er synt i **Tabell 3**, for antatt døgntrafikk i "høgsesong" (hausten), utanom fritidsbåt-trafikk.

Tabell 3. Anslag for omfang av skipstrafikken pr døgn som passeringar (årsmiddel) gjennom skipstunnelen ved antatt opningsår 2005 og i 2025 (Asplan-Viak 2000).

	Lågt anslag	Høgt anslag
Basistrafikk, år 2005 (nyttetraffic, haustsituasjon)	48	48
Basistrafikk pluss nyskapt, år 2005, ekskl. fritidsbåtar*	52	60
Trafikkomfang, nyttetraffic, år 2025	Ca som i dag	120

* Fritidsbåt trafikken er anslått til 10-15 båtar pr døgn i sommarmånadane, for år 2005.

1.6.1 Luftureining frå skipstrafikken

Sjølv om båtmotorane blir meir miljøvenlege med mindre utslepp etterkvart, vil det framleis vere luftforureining frå desse. NILU har rekna på kor mykje dette kan dreie seg om, for komponentane NO₂, SO₂ og svevestøv (PM₁₀) inne i tunnelen og utanfor opningane (NILU 2000). Dimensjonerande (max) verdiar for konsentrasjon (12 minuttars middelverdi) ved tunnelopningane (og inne i tunnelen) er:

NO ₂ :	1198 µg/m ³
PM ₁₀ :	735 µg/m ³
SO ₂ :	291 µg/m ³

Konsentrasjonar utanfor tunnelopningane ved ugunstige vindtilhøve (svak vind) for spreiding blir (NILU 2000):

Avstand frå tunnelopning (m):	PM ₁₀ µg/m ³		NO ₂ µg/m ³		
	50	150	100	200	300
Luftkonsentrasjon utanfor tunnelopning i Moldefjorden	143	32	>375	155	87
Luftkonsentrasjon utanfor tunnelopning i Kjødepollen	32	-	>375	155	87

NO₂ og SO₂ i kontakt med vatn vil blande seg og danne syrer. Partiklar vil kunne innehalde ei rad stoff slik som PAH og nitro-PAH (Larsen et al. 2000). Utsleppsmengdene for PAH/N-PAH er avhengige

av maskin-type; HD dieselmaskiner (som er mest typisk for skip) slepp ut mindre av desse komponentane relativt sett enn lettare dieselmaskiner og bensinmotorar.

Det er vanskeleg å rekne ut kor mykje av eksos-forureininga som reagerer med sjøvatten i overflata og trengjer ned i sjøen, slik at denne problematikken blir kun kvalitativt omhandla i rapporten.

1.7 Konklusjonar frå forrige miljøgransking.

Samandraget frå forrige miljøutgreiing (NIVA 1988a) er tatt med i Vedlegg A.

1.8 Litt om erfaringar med steinmasser frå andre stader

Stadunnelen vil i seg sjølv vere unik, men anleggsteknisk vil den ha stor likskap med vanlege tunnelar, sjølv om dimensjonane og mengdene med fyllmasser vil bli langt større enn normalt. NIVA og andre har gjennomført fleire prosjekt dei seinare åra for å vurdere miljøeffekter ved anleggsdrift og utfylling. **Tabell 4** gir eit summarisk oversyn over nokre slike rapportar som for det meste omhandlar førehandsvurderingar. Oppfølgjande målingar for verifisering av spreining og miljøeffektar har det vore mindre av.

Utfyllingsproblematikken kan ofte ha utgangspunkt i at sjøbotnen er forureina, slik at ein kan få oppvirvla giftige sediment. Dette er neppe noko risikomoment for skipstunnelen i og med at tung forureining på botnen i dei berørte områda neppe eksisterer.

Tabell 4. Oversyn over nokre nyare rapportar som belyser problematikkk med utfylling i sjøen.

Lokalitet og Rapport	Fyllmasse i vatn/sjø	Moglege problemstillingar
Førehandsvurdering for kaianlegg i Tromøysundet (NIVA 2000b)	40.000 m ³	Forureina botnsediment, utlekking av finmateriale og nitrogen, oppvirvling frå anleggstrafikk (propell), eksos. Størst risiko sanns. i samband med propelloppvirvling.
Odda/Sørfjorden (NIVA 2000a)	1 mill m ³ hittil + nye 7.000 m ³ /veke	Tipping frå utsprenging av fjellhallar for lagring av jarositt. Sterkt forureina sjøbotn. Spreiing av forureina partiklar. Avgrensa effektar p.g.a. den regulære dumpinga. Utrasing eit mogleg problem.
Store Lungegårdsvatn, Bergen (NIVA 1999)	Ca 1/2 mill m ³	Forureina sediment, anoksisk djupvatn m.m. NIVAs målingar av strøm og turbiditet samt modellsimulering synte avgrensa partikkelspreiing og at siltskjørt bidrog til å hindre dette.
Drammenselva (NIVA 1998a)	50.000 m ³	Overvaking i samband med utfylling med tunnelmasse. Sær høgt partikkelinnhald nær fylling, men moderat N/NH ₄ konsentrasjon (NB: ferskvatn). Miljøproblem kun i nærsone.
Røyken (NIVA 1998b)	Kun testing, ca 10 tonn/salve, tils. 8 salver	Fleire forsøk med mengdemåling av N og NH ₃ for tunnelmasse, ved vasking. Sjå kommentarar og resultat i andre avsnitt av foreliggende rapport.
Tangen verft, Kragerø (NIVA 1996)	0,2-0,25 mill m ³	Førehandsvurdering. Hovedproblemet var oppvirvling av forurensa sediment og evt. opptak av miljøgifter i marine organismer.
Aurlandsfjorden (UiB 1994)	0,5-0,8 mill m ³	Førehandsvurdering. Kun effektar på botnen nær fyllingsfoten. Det vil ta 10-20 år før ny fauna er etablert.
Lærdal/Fodnes (NIVA 1992a)	Ca 1/2 mill m ³	Førehandsutgreiing samt måling under prøvedumping. Markert auka lyssvekking og turbiditet v/dumping. Også målt auka N-konsentrasjon i sjøen. Nedslamming, men antatt små miljøeffekter, bl.a. p.g.a. sterk strøm.

2. Miljøtilstanden i sjøområda

Kystvatnet utanfor Selje og sjøområda i kommunen må forventast å vere lite ureina. Det kan vere lokale kjelder til ureining og kystvatnet kan bere med seg restar av tilførsler frå lenger sør i Nordsjøen, noko som har synt ein tiltakande tendens dei siste åra.

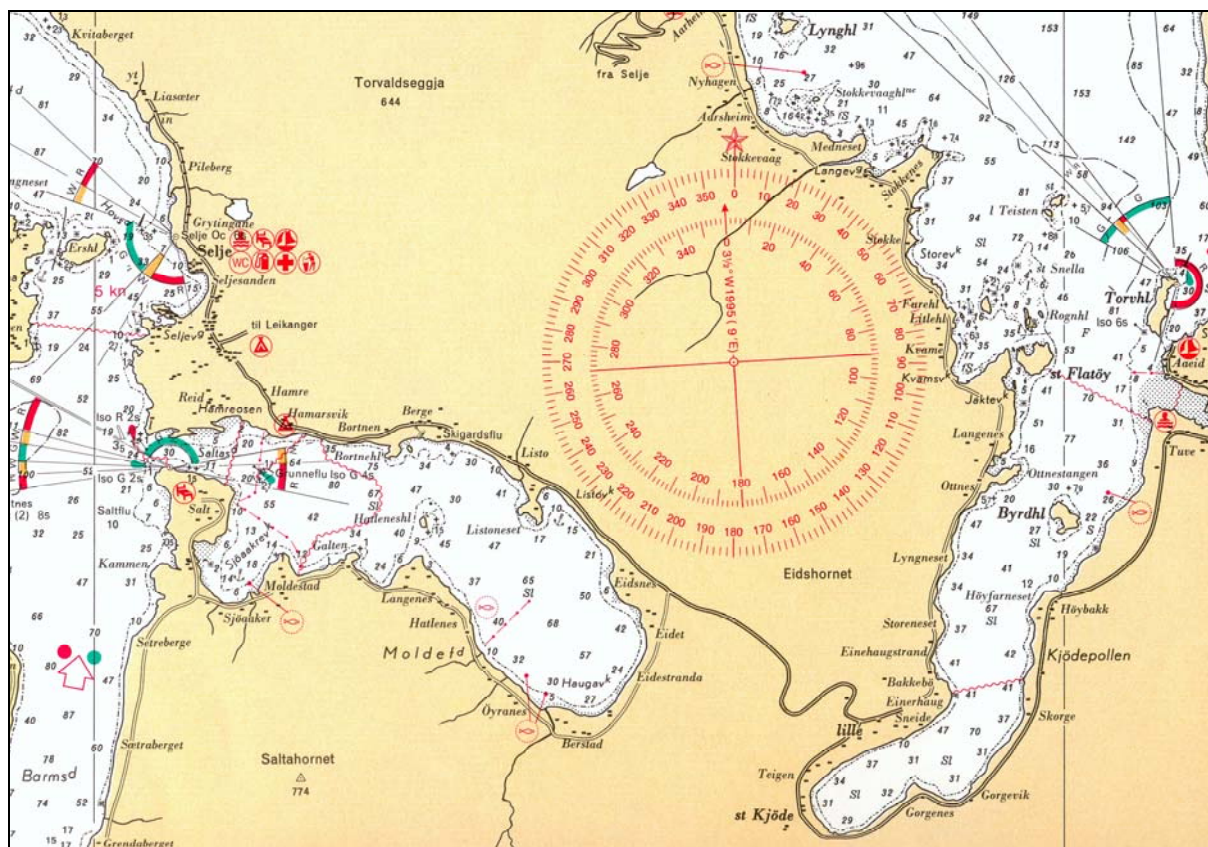
Sjøen utanfor Stad (v/Svinøy) har blitt gradvis varmare (og litt mindre salt) dei siste ti-åra (Havforskningsinstituttet 2000) noko som gjenspeglar den globale oppvarminga som foregår (Levitus et al. 2000). Slike endringar kan på sikt medføre endra (sannsynlegvis forverra) vilkår for mekanismene for vassutskiftinga i fjordane og auke i den temperaturavhengige stoffomsetnaden i sjøen. Tendensen var i gang på 1980-talet og blei også notert i forrige rapport (NIVA 1988a).

Granskingane på 1980-talet synte at djupvatnet i Moldefjorden og Kjøddepollen bar preg av stagnasjon og i alle fall tidvis dårleg/reduert vasskvalitet (Havforskningsinstituttet 1981, UiB 1985, NIVA 1988a). I følgje opplysningar frå Selje kommune ligg det ikkje føre nyare rapportar om miljøtilstanden for sjøområda i Selje (T. Nybakk, pers. komm.).

I 1996-97 vart det i regi av SFT gjort analyser for tilstand og tidsutvikling for vasskvaliteten (oksygen, organisk stoff) i fjordar i Aust- og Sørnorge, til og med Rogaland (NIVA 1997a). Resultata synte at haust-verdiane for oksygeninnhaldet i kystvatnet var blitt gradvis lågare etter ca år 1970. Tilsvarende reduksjon vart også dokumentert i mange av fjordane, samanfallande med ein markert auke i organisk belastning i åra etter ca 1975-80.

Fjordar lenger nord på Vestlandet er ikkje vurdert på tilsvarende måte, grunna mangel på faste overvakingsprogram og data. Stikkprøver frå nokre fjordar i Hordaland indikerer at tendensen med auka organisk belastning dei siste par 10-åra også er representativ for dette fylket. For fjordar i Sogn og Fjordane/Møre og Romsdal inklusive Moldefjorden og Kjøddepollen er det rimeleg sannsynleg at ein tilsvarende trend kan ha skjedd, utan at dokumentasjon på dette ligg føre.

Fylkeskommunen i Møre og Romsdal foretok kartlegging av fleire terskelfjordar i fylket i 1986 ("Terskelfjordrapporten"), og mellom desse var Vanylvsfjorden og Kjøddepollen (Møre og Romsdal Fylkeskommune 1989). Havforskningsinstituttet har også foretatt målingar i november kvart år i ein posisjon ytterst i Kjøddepollen (55 m djup) og data frå 1980-talet er med i sistnemnde rapport. Desse målingane synte oksygenforbruk på inntil 0,9 ml/l pr mnd med oksygenverdiar rundt 3 ml/l (november) i djupvatnet, noko som blei karakterisert som normalt. Kjøddepollen blei totalt sett betegna som "ubetydelig påvirket av menneskelig aktivitet....".



Figur 3. Utsnitt av sjøkart nr 29, med Moldefjorden og Vanylvsfjorden.

2.1.1 Lokale utslipp

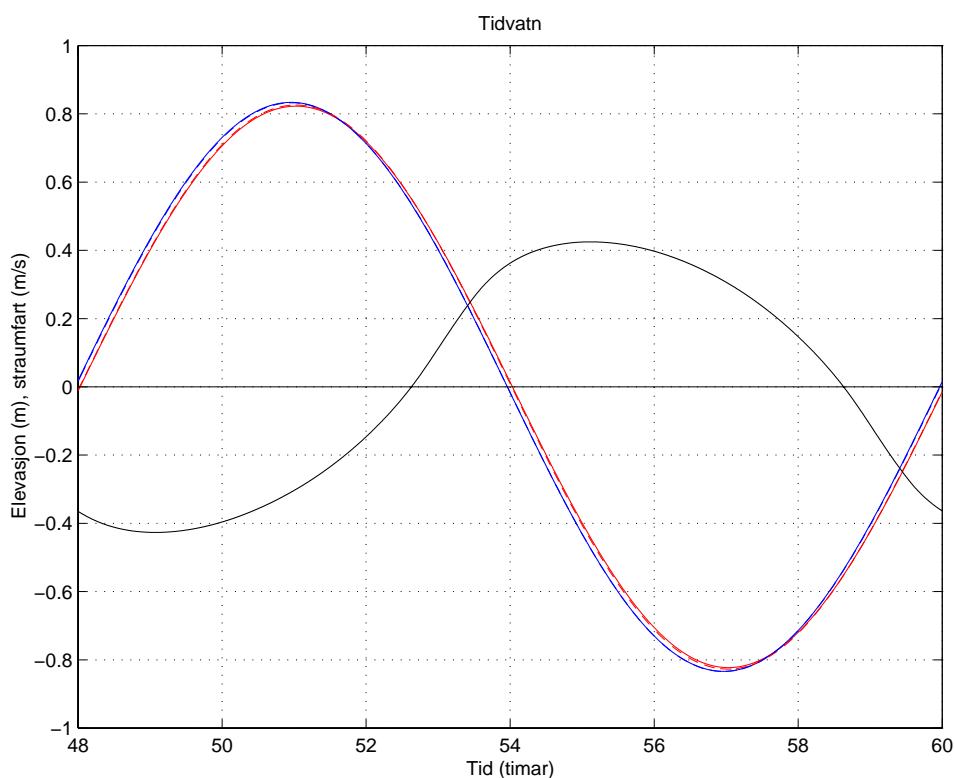
Områda som tunnelen vil berøre, er relativt tynt folkesett og har lite utslipp av forureining frå industrien. I Kjøde er det etablert kloakkutslipp til 15 m djup i fjorden ved Einerhaug, tvers over for Gorgeneset. Ellers er det kun små og spreidde utslipp til dei to fjordane. I Moldefjorden blei det på 1980-talet lagt ned eit røyr til 60 m djup der ein leidde ned ferskvatn frå ein bekk for å skape omrøring og forbetra vasskvalitet. Dette samarbeidsprosjektet mellom Selje kommune og Universitetet i Bergen vart visstnok stansa etter eit par år.

Selje Fiskeindustri på Moldestad i Moldefjorden har visse utslipp av prosessvatn. Verksemda som driv med innfrysing og filetering av pelagisk fisk, har ekspandert gradvis og mottok i 1999 40,000 tonn fisk.

3. Forventa endring i vass-sirkulasjon og hydrografi

3.1 Nye berekningar for sirkulasjon (SINTEF)

SINTEF avd. Bygg og miljøteknikk har foretatt modellberekningar av strømførhold m.m. og endringar av desse som følgje av tunnelen (SINTEF 2000). SINTEF har lagt vekt på å studere ekstrem-situasjonar for vær og vannstand, noko som vil vere viktig for å vurdere seglingstilhøva under slike tilhøve. I tillegg er det gjort berekningar for typiske eller "middel" situasjonar for vind og vasstand (**Figur 4**). Vi har nedanfor satt opp ein del relevante konklusjonar frå SINTEFs rapport.



Figur 4. Simulert vasstand ("elevasjon") i Moldefjorden (Eide) og Kjøddepollen (nesten samanfalle kurver) med tunnel, samt simulert vertikalmidla strømfyrke i tunnelen (frå SINTEF 2000). Positiv strømfyrke tyder strøm i retning Kjøde. Simuleringa er for ein situasjon med middels spring høg/lågvatn, utan vindeffekt over ein vanleg halvdagleg periode av tidvatnet.

Utdrag frå SINTEFs strømanalyser (SINTEF 2000):

- Tunnelen vil medføre at nivået for middel spring høgvatn vil minke med ca 0,3 cm i Moldefjorden (Eide) og auke med ca 0,8 cm i Kjøddepollen.
- Tilsvarande vil nivået for middel spring lågvatn minke med 0,6 cm i Moldefjorden og ca 0,3 cm i Kjøddepollen.
- Maksimal strømfart i tunnelen ved fløande/fallande sjø (v/middels spring høg v./låg v.) er rekna til ca 40 cm/s, med tilnærma lik amplitude for begge retningar.
- Maksimal strøm inne i tunnelen vil normalt opptre knapt 2 timar før tidspunkt for flo/fjøre.
- Ved sterk vestavind vil strømmen i tunnelen gå frå Eide til Kjøde heile tida.

- **Ved typisk vestavindssituasjon** (ca 1/3-del av tida) vil tunnelen medføre liten endring i sirkulasjon, med tendens til noko redusert vestgåande kompensasjonsstrøm under overflatelaget. I Saltasundet og ved innløp til Kjødepollen blir strømmen litt sterkare med tunnel.
- **Ved typisk austavindssituasjon** (ca 1/4-del av tida) vil heller ikke tunnelen medføre særleg endring i sirkulasjon, utanom ein tendens til redusert (austgåande) kompensasjonsstrøm. Strømmen i innløpa til fjordane blir litt svakare.
- Typisk vasstransport (fluks) i tunnelen **ved vestavind** er rekna å bli 49 m³/s ved austgåande og 30 m³/s ved vestgåande tidvatn, m.a.o. ca 19 m³/s netto austgåande over ein periode av tidvatnet.
- Typisk vassfluks i tunnelen **ved austavind** blir tilsvarande 33 m³/s ved austgåande og 45 m³/s ved vestgåande tidvatn, m.a.o. netto ca 12 m³/s mot vest over ein normal periode av tidvatnet.
- Ved tilhøve med **lite vind** vil nettostrømmen i tunnelen midla over ein tidvassperiode gå frå Kjøde mot Eide med ca 3 m³/s.

For relativt sjeldne ekstremssituasjonar:

- Høgvatn vil ved sterk vestavind bli redusert med ca 7 cm i Moldefjorden (Eide) og < 1 cm ved Kjøde.
- I ekstreme vêrsituasjonar er maksimal strøm i tunnelen rekna til rundt 2 m/s (4 knop)
- Ved sterk vind oppstår det oppstiving mot tunnelinnsлага og med retur-strøm bort frå land under det vind-aksellererte overflatelaget.

For dei langsiktige miljøaspekta er det mest aktuelt å vurdere endring i normalsituasjonen eller evt. dei hyppigast forekomande situasjonane p.g.a. tunnelen. Her vil simuleringar av overflatestraum med modellar utan sjikting i sjøens densitet (t.d. SINTEF) vere eigna.

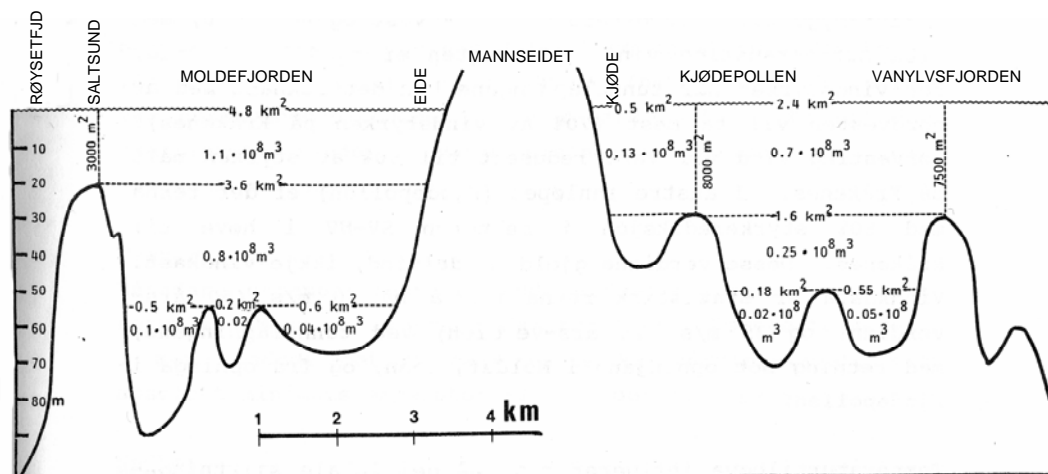
Terskelfjordane er lagdelte (sjikting) det meste av året eller heile tida med eit markert sprangsjikt rundt terskeldjupet. Sjikt grunnare enn dette sirkulerer relativt fritt inn/ut og responderer dynamisk på endringar i pådriv frå vind, tidevatn og lufttrykk. Utskifting i terskelbassenga skjer sjeldan og under episoder p.g.a. brå endringar (upwelling) i densitetsfeltet i sjøen utanfor. For langtids-simulering av vassutskifting i terskelbassenga vil andre modellar med sjikting og langtids-pådriv frå det densitetsfeltet i sjøen utanfor fjordane vere nyttige.

3.2 Supplerande opplysningar om sirkulasjon og opphaldstid

3.2.1 Moldefjorden

Nokre topografiske data for Moldefjorden er illustrert i **Figur 5**. Overflatearealet er 4,8 km², og største djup er om lag 85 m. Sirkulasjonen i Moldefjorden er styrt og modifisert av flo og fjøre, avkjøling/oppvarming og av varierende vind. Desse faktorane influerer i stor grad på sirkulasjonen over terskeldjupet på ca 20 m i munningen ved Salt. Djupare nede er det mindre variasjon og større grad av stagnasjon, noko som gjev seg utslag i tilnærma konstant temperatur-og salinitetsfordeling med djupet (**Figur 6**) og låge oksygenverdiar. Dette vart omtala av NIVA (NIVA 1988a, Golmen et al.1994).

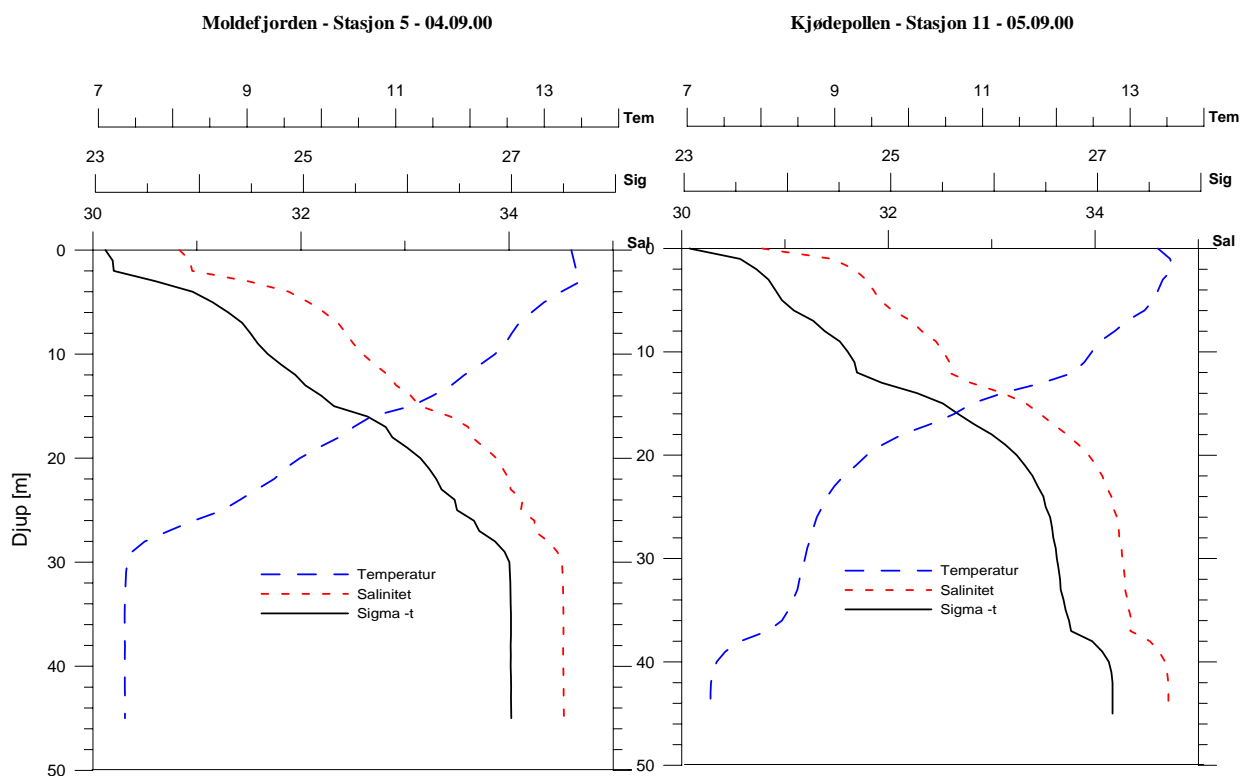
Målingar i sjøen som blei utført i samband med forrige miljøutgreiing i 1987-88, og seinare for NIVAs rekning i 1989, avdekka vedvarande overflatesvingingar i Moldefjorden med periode rundt 48 minutt. Den sannsynlege forklaringa på dette er resonans med ei tidevassdreven ståande bølge i Sildegapet. Inn-utstrømminga i Saltasundet ved utløpet av fjorden er sterkt modifisert (modulert) av dette kort-periodiske signalet. I takt med dette svingar også sprangsjiktet rundt 24 m djup ca 3 m vertikalt med same frekvens (Golmen et al. 1994).



Figur 5. Topografisk snitt langs djupålen frå Saltasundet gjennom Moldefjorden og Kjødepollen til Vanylvsfjorden (Byrdholmen ligg ved den auslegaste terskelen på ca 30 m djup).

3.2.2 Kjødepollen

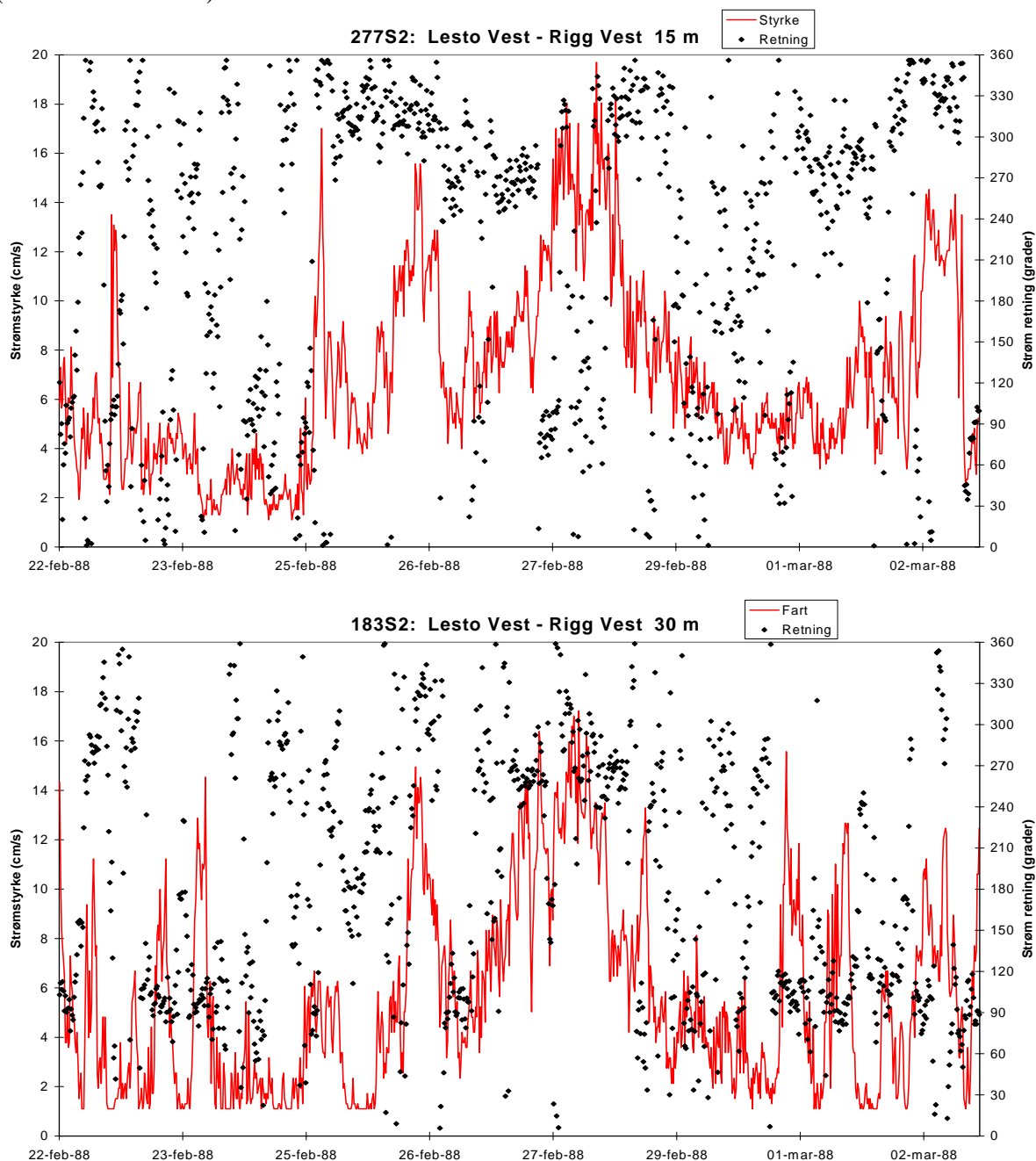
Kjødepollen kan definerast som indre deler av Vanylvsfjorden frå Byrdholmen og innover (**Figur 4**). Nokre topografiske data for pollen er angitt i **Figur 5**. Overflatearealet frå Byrdholmen og innover er ca 2,9 km². Kjødepollen har tre mindre djup-basseng, og både den ytre (v/Byrdholmen) og inste terskelen er djupare (30 m) enn terskelen til Moldefjorden (20 m).



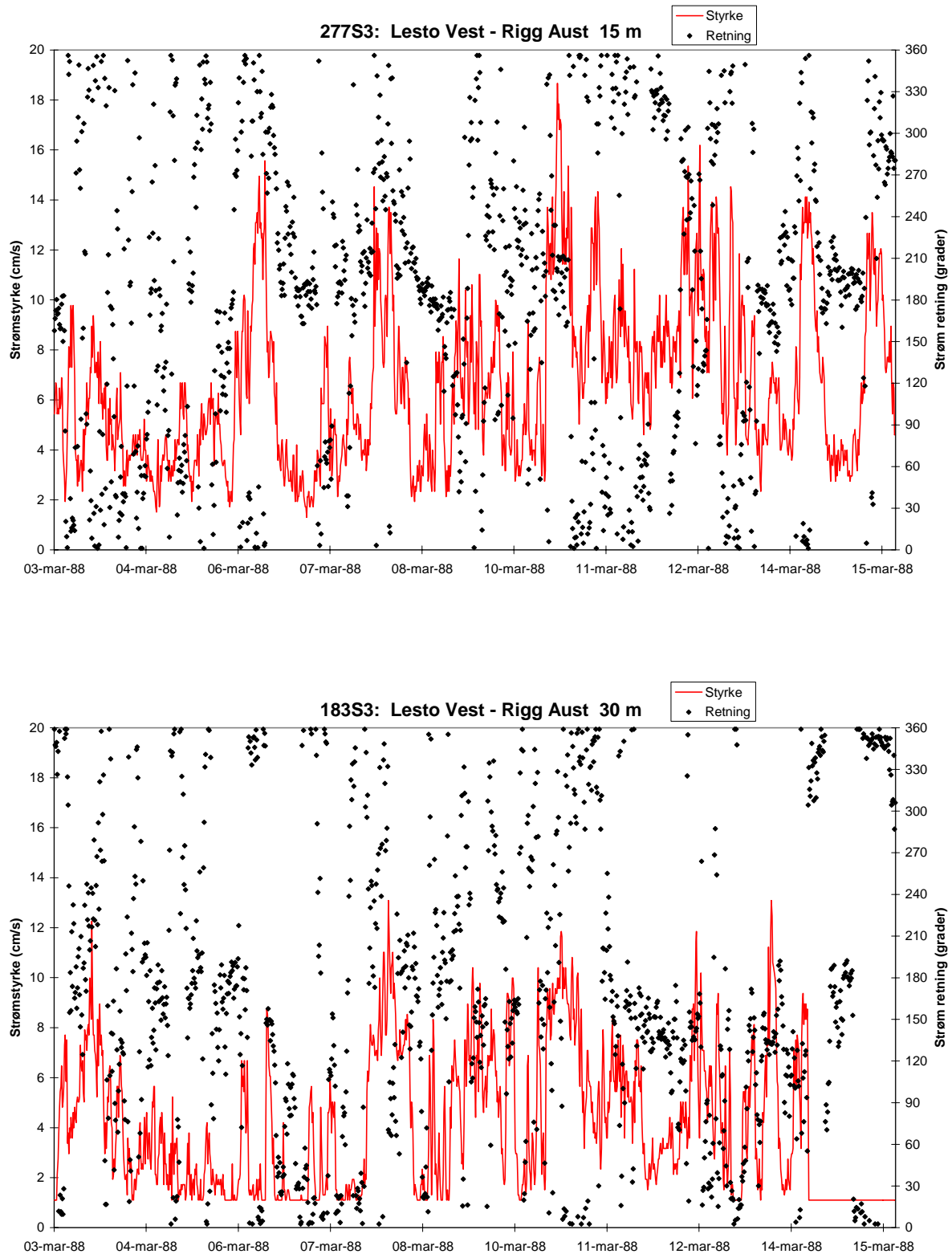
Figur 6. Målt vertikalfordeling av salinitet, temperatur og densitet i sjøen i Moldefjorden og Kjødepollen 4-5 september, 2000. Til målingane nytta NIVA ein Seabird SBE-19 sonde med målefrekvens på 2 Hz. Det var markert sjikting ned til terskeldjupa og homogent djupare nede.

3.2.3 Strømmen i fyllingsområdet ved Lesto

Spreiing av slam og influensområdet vil vesentlegast bli bestemt av kor fort partiklane søkk, samt strømmen. Frå forrige utgreiing ligg det føre resultat av strømmålingar i det aktuelle fyllingsområdet ved Lesto i februar-mars, 1988. Det blei målt i 15 og 30 m djup i vest- og austlege del av fyllingsområdet "Lesto Vest". Sjølve tidsseriane for målt strømfart (strømstyrke) er synt i **Figur 7** og **Figur 8**. Maksimal strømstyrke var opp mot 20 cm/s i 15 m djup. Det var sjeldan stagnasjon i 15 m djup, og då kun i korte perioder. I 30 m var det lengere perioder med tilnærma stagnerande sjø. **Tabell 5** syner ein del statistiske verdiar knytt til strømmålingane i 1988. Det må anmerkast at målingane ikkje vart gjort samstundes på begge posisjonar, noko ein må ha i mente ved samanlikning av resultatane (ulik månefase m.m.).



Figur 7. Resultat av NIVAs strømmåling (strømfart) for vestlegaste målepunkt for Lesto Vest i februar-mars, 1988, i 15 m (øvrste ramme) og 30 m djup.



Figur 8. Resultat av NIVA s strømmålingar i austlegaste målepunkt i området Lesto-Vest i mars, 1988, 15 m og 30 m djup. I serien frå 30 m er dei siste 30 timane kutta p.g.a. feil i data.

Tabell 5. Statistikk for NIVAs strømmålingar i området Lesto Vest i februar-mars, 1988. Retningsstatistikken er basert på 30-graders intervall. Strømretning er definert som kompassretninga strømmen går mot.

	Vestlege målestad 22/2-3/3		Austlegaste målestad, 3/3-15/3	
	15 m djup	30 m djup	15 m djup	30 m djup
Middel strømstyrke (cm/s)	6,9	5,7	6,6	4,1
Maksimal strømstyrke (cm/s)	19,7	17,2	18,7	13,1
Varians, strøm (cm ² /s ²)	14,2	15,2	10,5	8,0
<i>Resultat av varighetsanalyse:</i>				
Lengste periode med strøm under 2 cm/s (t)	2,5	5,8	1,0	10,2
Middel periode -----"----- (t)	0,8	0,9	0,4	2,0
Lengste periode med strøm under 4 cm/s (t)	15,7	14,2	8,2	12
Middel periode -----"----- (t)	1,2	1,8	1,3	2,8
Lengste periode med strøm under 6 cm/s (t)	42,5	24,2	20,5	41,7
Middel periode -----"----- (t)	2,3	2,9	2,1	3,6
Dominerande/sekundær strømretning (°)	NW	E/(W)	NW/(S)	SE
Lengste periode med strøm i domin. retning (t)	3,3	5,0	4,5	6,3

Varighetsanalyse for strøm

Vi har anvendt ein eigenutvikla metode, "Varighetsanalyse" på tidsseriane for strøm for å søke talfeste graden av stagnerande vatn m.m.. Varighetsanalysen finn antal og varighet av periodar i ein måleserie av lengd τ der strømmen vedvarande ligg under gitte verdiar, t.d. 2 cm/s, 3 cm/s etc før strømmen igjen blir sterkare t.d. ved fløande sjø. Metoden supplerer spektralanalysen, som i staden vektlegg periodisitet og styrke av variasjonar (amplitude).

Ved vanleg spektralanalyse antar ein periodisitet over eit vidt spekter av frekvensar, mellom $1/2\tau$ og $1/2\Delta$, der Δ er måleintervallet, t.d. 15 minuttar. I foreliggende metode er kravet til periodisitet ikkje vektlagt. Den går i staden ut på å finne antall periodar i serien der strømstyrken vedvarande er lågare enn (eller evt. overskrid) ein valt verdi V_j . Dette kan være nyttig i samband med vurdering av opphaldstid for sjikt i fjordar og ved vurdering av spreiding av partiklar og forureining.

Tabell 6 syner eksempel på resultat av slike berekningar, for strømmålingane ved Lesto-Vest, vestlegaste måleposisjon, 15 m djup. Det var flest samanhengande perioder (50) med strøm under 6 cm/s, noko som indikerer at 6 cm/s var i nærleiken av middelverdien for måleserien. Der var ingen perioder med strøm under 1 (1,1) cm/s; lengste vedvarande periode (lpu) med strøm under 4 cm/s var 15,7 timar, og tilsvarende gjennomsnittsperiode (mpu) var 75 minutt. Tilsvarende kan resultatane nyttast til å plukke ut andre verdiar som er aktuelle for miljøvurderingane for skipstunnelen. Resultat for middelperiode (mpu) og lengste periode (lpu) for alle fire måleseriane for strømstyrke er framstilt grafisk i Vedlegg B der det framgår at varighet av svakstrømsepisoder er lenger i 30 m djup enn i 15 m djup men at perioder med tilnærma stagnasjon var få og kortvarige (max 1/2-1 time). Vedlegg B syner også tilsvarende analyse for varighet av perioder med strømretning vedvarande innafor gitte retningssektorar (middel periode og lengste periode). Dette er eit mål for retningsstabiliteten.

Tabell 6. Varighetsstatistikk for strømmålingane på vestlegaste målepunkt, 15 meters djup, 22/2-3/3 1988. Øvrige resultat er synt i Vedlegg B.

Middelfart =	6.94 cm/s	Fmax =	19.70 cm/s	Varians =	14.17 cm ² /s ²
Antall målingar =	955 stk	Tilsvarear	238.7 Timar	eller	9.9 Dagar
Finn lengda av perioder der strømsstyrken er mindre enn/lik gitt "Fart".					
Fart :	Strømsstyrke-verdi (cm/s), terskelverdi, den uavh. variable				
Antal :	Antal enkelt-målingar mindre enn eller lik gitt "Fart"				
Prosent :	Det prosentvise andel av "Antal" i høve til alle målingane				
Perioder:	Antal perioder med strømsstyrke mindre enn eller lik "Fart"				
mpu :	Midlare periodelengde (min)(timar) med fart mindre enn/lik "Fart"				
lpu :	Lengste periode (timar) med fart mindre enn/lik "Fart"				
mpo :	Midlare periodelengde (min) (timer) med styrke større enn "Fart"				
lpo :	Lengste periode med styrke større enn gitt "Fart"				

Fart	Antal	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(t)
1.00	0	0.00	0	0	0.00	0.0	0	0.00	238.75
2.00	50	5.24	16	47	0.78	2.5	848	14.14	175.25
3.00	124	12.98	24	77	1.29	9.2	519	8.66	169.50
4.00	229	23.98	46	75	1.24	15.7	237	3.95	68.00
6.00	465	48.69	50	139	2.32	42.5	147	2.45	43.75
8.00	645	67.54	41	236	3.93	50.7	113	1.89	23.75
10.00	759	79.48	23	495	8.25	64.2	128	2.13	18.75
15.00	920	96.34	18	767	12.78	93.8	29	0.49	1.50
20.00	955	100.00	1	14325	238.75	238.7	0	0.00	0.00
25.00	955	100.00	1	14325	238.75	238.7	0	0.00	0.00

4. Resultat frå NIVAs strandsonesynfaring

4.1 Bakgrunn

Fjell og stein i fjøra har vanlegvis eit rikt utval av både store brunalgar (tang) og mindre rød-, grøn- og brunalger samt fastsittjande fjøredyr. Mange artar er særskilt tilpassa å vekse i denne sonen som regelmessig blir tørrlagt, og fjøresamfunnet er i regelen annleis enn marine botnsamfunn som veks på djupare vatn. Utval av artar som veks i fjøra varierer både lokalt, geografisk og med sesongen. Blant dei faktorar som gir variasjonar i artsutvalet innan eit geografisk avgrensa område er m.a. eksponering mot bølgeslag, salinitet, straum, substratttype, helningsgrad (bratt/slakt fjell), og himmelretning. I tillegg kjem menneskeskapte påverknadar som ulike forureiningar (næringssalt, organisk materiale, partiklar etc). Artsutval og mengde av enkelte artar kan også variere gjennom året. Dei biologiske tilhøva i fjøra er eit resultat av miljøtilhøva på grunt vatn, og fjøregranskingar er ofte nytta for å vurdere miljøtilstanden i eit område.

Fjøra er eit viktig område for den marine økologien. I tillegg til dei fastsittjande artane er fjøra nytta som skjul og matfat for ei rad mobile organismar. Fjøra er òg eit område kor forureining blir lett synleg og kan forringe brukskvaliteten.

For å kunne seie noko om eventuelle konsekvensar på fjøresamfunnet av tunneldrift og framtidig skipstrafikk er det nødvendig å vite noko om dei habitatane som er representert og kva slags fjøresamfunn som er til stades. Det er ikkje gjort biologiske granskingar av fjøra i dette området tidlegare etter det vi kjenner til.

4.2 Hovudmål med strandsonesynfaringa

Vurdering av planter og dyr i fjøra blei inkludert i dette forprosjektet for å

- kartleggje hovudtrekk i fjøresamfunnet i Moldefjorden og Kjødipollen.
- vurdere moglege konsekvensar av tunneldrift (anleggsfasen) og framtidig skipstrafikk

Undersøkinga er konsentrert til indre del av Moldefjorden og Kjødipollen, som er nærrområde rundt dei framtidige tunnelutgangene.

Fjøregranskinga vart gjennomført som ei enkel synfaring for å vurdere dagens tilhøve. Resultata vil ikkje kunne nyttast som grunnlag for å dokumentere eventuelle faktiske endringar som følge av tunnelen eller anleggstrafikk. Til eit slikt formål må det gjennomførast ei basisgransking med grundige undersøkingar (ruteanalysar) av fjøra på fast avmerkte stasjonar. Denne gjennomførte synfaringa dannar imidlertid eit godt grunnlag for å planleggje ein slik basisundersøking samt å foreta innleiande konsekvensvurderingar.

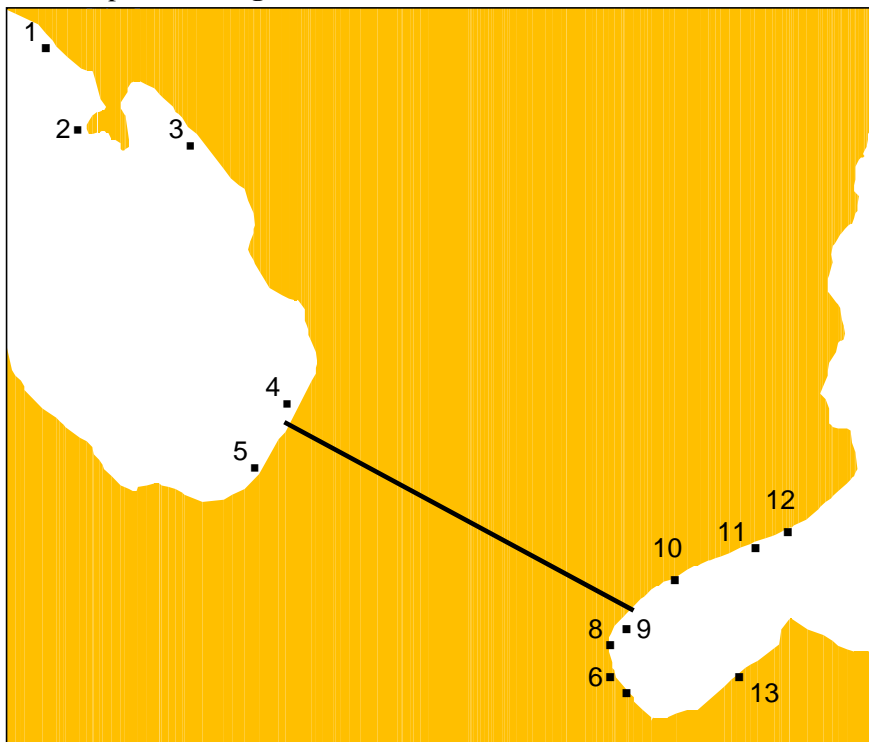
4.3 Metodikk

Synfaring i området blei gjennomført 4- 5 september 2000 under gode registreringsforhold med sol og vindstille. Fjøresamfunnet på 5 stasjonar i Moldefjorden og 8 stasjonar i Kjødipollen blei karakterisert ved visuell observasjon ved lågvatn.

Alle vanlige og karakteristiske artar ved kvar lokalitet blei registrert med ein subjektiv forekomstangivelse (4 delt skala):

	Dekningsgrad	Enkeltindivid
1 =	< 5% dekning	<1/m ²
2 =	5-25% dekning	1-10/m ²
3 =	25-75% dekning	10-100/m ²
4 =	> 75% dekning	>100/m ²

Spesielle forhold ved stasjonane blei notert, og det vart tatt fotografi frå alle stasjonane. Stasjonane er avmerka på kartet i **figur 9**.



Figur 9. Stasjonar for strandsonebefaring i Moldefjorden og Kjødepollen 4. - 5. september 2000.

4.4 Fjøresamfunnet i Moldefjorden og Kjødepollen

Oversikt over alle artar som blei observert er vist i **Tabell 7**. Synfaringa vart gjennomført ved gode registreringsforhold med sol og vindstille. Fotografia frå stasjonane er synt i **Vedlegg D**.

4.4.1 Moldefjorden

Strandsona i Moldefjorden var prega av steinstrender med små og mellomstore stein. Kun enkelte stader var det fast fjell, som t.d. ved deler av Lestoneset. De fleste stader var fjøra dekt av relativt tett tangvegetasjon med tilhøyrande undervegetasjon og påvekstalar.

Grisetang (*Ascophyllum nodosum*) var den mest dominerande tangen i fjøra på dei fleste stasjonane. Spesielt i indre del av fjorden ved den planlagte tunnelutgangen var det tette belte av grisetang. Lys

grønndusk (*Cladophora sp.*) og brunsl (i) (*Ectocarpales*) blei observert på dei fleste stasjonane, men ikkje i så store mengder at det med sikkerhet kan tolkast som teikn på organisk belastning. Til saman vart det registrert 22 artar i Moldefjorden. Tangvegetasjonen kan karakteriserast som frisk og fin, men noko artsfattig undervegetasjon under tangen.

I indre del av fjorden vart det observert fiskefeitt på sjøoverflata.

St. 1 Lesto vest

I det planlagte utfyllingsområdet på vestsida av Lestoneset var grisatang (*Ascophyllum nodosum*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) dei mest dominerende artane i fjøra. Blæretangen hadde påvekst av både brunsl (i) (*Ectocarpales*) og posthornmark (*Spirorbis*). Det var også tette bestandar av rur (*Balanus*) mens strandsnegl (*Littorina*), albuesnegl (*Patella vulgata*) og rugl (*Corallinaceae*) vart observert i meir spreidde forekomstar. Under lågvassmerket var det dels stein og dels skjelsand, og det vart observert tette bestandar av lys grønndusk (*Cladophora sp.*). Martaum (*Chorda filum*) vaks spreitt.

St. 2 Lestoneset

Stasjonen skilde seg ut frå dei andre stasjonane, med bratt skrånande fjell og lite tangvegetasjon. Det var tette forekomstar av rur, og noko meir spreitt med kurtang (*Fucus spiralis*) og blåskjell (*Mytilus edulis*). Martaum vaks i tette bestandar på innsida av odden.

St. 3 Lesto aust

Austsida av Lestoneset var prega av steinfylling og hadde svært lite tangvegetasjon. Det var kun spreitte forekomstar av grisatang, og enkelte eksemplar av sauetang (*Pelvetia canaliculata*). Rugl og martaum var vanlige under lågvassmerket.

St. 4. Leirvika

Stasjonen ligg inst i Moldefjorden, på nordsida av det planlagte tunnelinnløpet. Stasjonen hadde både store og små stein, og registreringane vart utført ved ei gammal steinbrygge og på ei steinstand i nærleiken. Stasjonen hadde tydelege belte av både blæretang, grisatang og sagtang (*Fucus serratus*), men grisatang dekkja det meste av fjøra. Det vart også registrert eit smalt belte av kurtang og enkelte planter av sauetang. Innimellom tangen vaks spreidde forekomstar av lys grønndusk, brunsl, krasing (*Corallina officinalis*), pollpryd (*Codium fragile*), martaum og rugl. På større stein var det tette forekomstar av rur og noko strandsnegl.

St. 5 Eidsstranda

Stasjonen ligg inst i Moldefjorden, på sørsida av det planlagte tunnelinnløpet. Stasjonen var karakterisert med eit typisk grisangsamfunn. Ovanfor grisangten vaks smalare belte av blæretang, kurtang og sauetang. Under lågvassmerket vaks sagtang og martaum. Under tangen i fjøra vaks vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*) og krusflik (*Chondrus crispus*), mens grisangdokke (*Polysiphonia lanosa*) vaks på grisangten. På stein under lågvassmerket var det mykje rugl, men den var sterkt bleika. Dei vanlegaste fjøredyra på stasjonen var strandsnegl, albuesnegl, purpurnegl (*Nucella lapillus*) og posthornmark.

4.4.2 Kjødipollen

Strandsona i Kjødipollen hadde noko brattare helning og større stein enn i Moldefjorden. Stort sett var det velutvikla grisangsamfunn i heile området, bortsett frå stranda nærast bryggeanlegget i inste delen. Langs vestsida av Kjødipollen var det fleire tilsig frå landbruksområde. Rundt tilsiga vaks det tette bestandar av tarmgrønske som er ein forureiningsindikator. Til saman blei det registrert 30 artar ved befaringsa i Kjødipollen.

St. 6 Steinstrand ved bryggeanlegg

Registreringar vart gjort på ei stein/mudderstrand på sørsida av bryggeanlegget. Substratet var blanding av små stein og sand/mudder, med ispett av enkelte store stein (>50 cm). Blæretang var vanlig på lokaliteten, mens tarmgrønnske (*Enteromorpha spp.*) og fjøreblod (*Hildenbrandia rubra*) vaks spreitt. Andre artar som vart registrert i mindre forekomstar, var rur, albuesnegl, strandsnegl, blåskjell, sjøanemoner (*Actinide*) og krusflik. Det vart ikke registrert anna tang enn blæretang på denne stasjonen.

St. 7 Kjøde

Stasjonen vart plassert ved et båthus helt innst i Kjødepollen. Det var små og store stein i fjøra. Stasjonen hadde tette forekomstar av både blæretang, griselang og sagtang. I tillegg vart det registrert tarmgrønnske, rur, strandsnegl, purpurnegl, albuesnegl og sjøanemoner ved stasjonen. I sublittoralen vaks det brunslil på sagtangen og det var spreitt med martaum.

St. 8 og st. 9

Stasjonane 8 og 9 vart plassert på innsida (sørvest) av den planlagte tunnelinngangen i Kjødepollen. Begge stasjonane hadde synlege tilsig av ferskvatn frå omkringliggende fjordar. På begge stasjonane dominerte griselang i fjøra, mens tarmgrønnske òg var vanlig. Under lågvassnivå dominerte sagtang og sukkertare (*Laminaria saccharina*) mens martaum vaks meir spreitt. Sukkertaren hadde mykje påvekst av blant anna trådforma brunalger (brunslil) og posthornmark. På stasjon 8 var deler av griselangen misfarga (svart) nær tilsiget.

Stasjon 9 hadde også forekomst av sauetang, blæretang, ålegras (*Zostera marina*) og albuesnegl.

Stasjon 10

Stasjonen vart plassert nordaust for den planlagte tunnelen, på nordsida av 4 båtbuer. Fjørebeltet var prega av store stein (> 50 cm) og hadde tett algevegetasjon. Griselang dominerte, men det var også spreidde forekomstar av blæretang, sauetang og kaurtang. Det var forholdsvis store forekomstar av tarmgrønnske på stasjonen. Under, på og innimellom tangen vart det registrert blant anna vanlig grønndusk, griselangdokka, rur, strandsnegl, albuesnegl, sjøstjerner og sjøanemoner. Under lågvassnivå vaks det sagtang.

Stasjon 11 Sneideneset

Stasjonen hadde stort sett same vegetasjon som stasjon 10, med griselang som den mest dominerande arten og mindre forekomstar av sauetang. Det var mykje tarmgrønnske på stasjonen. Vanlig grønndusk vaks i tette bestandar under tangen. Sagtang og sukkertare dominerte under lågvassnivå.

Stasjon 12 Einerhaug

Stasjonen vart lagt til odden ved Einerhaug. Stasjonen har noko mindre helning enn dei øvrige stasjonane og har mange store stein i fjøra. Det vaks noko mindre griselang her enn på stasjonane lenger inne, og vart registrert som vanlig. Andre artar som vart registrert på stasjonen var blæretang, griselangdokka, rugl, krusflik, tarmgrønnske, brunslil, strandsnegl, albuesnegl, sjøanemoner og posthornmark. Under lågvassnivå var ålegras, martaum og sukkertare dei mest framstående artane.

Stasjon 13 Gorgeneset

Stasjonen vart lagt til innsida av Gorgeneset, ca. midt mellom neset og fjordbotnen. Store steinblokker og mindre stein prega denne stasjonen. Griselang dominerte, men det vart også registrert andre tang- og tareartar som blæretang, spiraltang, sauetang, sagtang, martaum, skolmetang (*Halidrys siliquosa*) og sukkertare på stasjonen. Innimellom tangen vaks rugl, tarmgrønnske, svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), vanlig grønndusk og griselangdokka. Dei vanlegaste fjøredyra var sjøstjerner, posthornmark, mosdyr og albuesnegl.

Tabell 7. Dei vanlegaste/karakteristiske artar registrert ved strandsonbefaringa. Tala refererer til mengdeanslag av artane: 1= < 5% dekning, 2= 5-25 % dekning, 3= 25-75% dekning, 4= >75% dekning. x = arten vart registrert utan mengdeanslag.

Stasjonsnummer	Moldefjorden					Kjødepollen							
	Lesto vest 1	Lesto odde 2	Lesto øst 3	Leirvika 4	Eidsstranda 5	Brygge 6	Kjøde 7	8	9	10	Sneideneset 11	Einerhaug 12	Gorgeneset 13
Rødalger													
<i>Chondrus crispus</i>					2	x						x	x
<i>Furcellaria lumbricalis</i>													x
<i>Polysiphonia lanosa</i>					1					2	x	1	x
<i>Corallina officinalis</i>				x									
<i>Corralinaceae</i> (skorpe)	2		3	3	4							x	3
<i>Hildenbrandia rubra</i>						2	x		x	4	x		x
Brunalger													
<i>Pelvetia canaliculata</i>			1	1	2				1	2	2		x
<i>Fucus spiralis</i>		3		2	x					1			x
<i>Fucus vesiculosus</i>	4			4	4	3	4		x	x		x	
<i>Ascophyllum nodosum</i>	4		2	4	4		3	4	4	4	4	3	4
<i>Fucus serratus</i>				4	4		3	4	4	x	x		x
<i>Chorda filum</i>	2	x	3	x	1		x	x	1			2	x
<i>Halidrys siliquosa</i>													x
<i>Laminaria saccharina</i>								4	4		x	4	4
<i>Ectocarpales</i> indet	2		x	x			x					x	
<i>Pilayella littoralis</i>						x							
Grønnalger													
<i>Cladophora</i> spp.	x		x	x									
<i>Cladophora rupestris</i>					x					3	x		x
<i>Enteromorpha</i> sp.						2	x	3	3	3	x	2	2
<i>Codium fragile</i>			1	1	1								
Lav /høgare planter													
<i>Verrucaria mucosa</i>										x		x	x
<i>Verrucaria maura</i>			x					x	x			4	x
<i>Zostera marina</i>								1				4	
Fauna													
<i>Actiniaria</i> indet.						1	x			x		x	
<i>Balanus</i> sp.	3	4	x	x		x	x			x			
<i>Littorina obtusata</i>						x				x			
<i>Littorina littorea</i>	3			1	x	x	x					x	
<i>Bryozo på tang*</i>										x			x
<i>Mytilus edulis</i>		2	1			1							
<i>Nucella lapillus</i>					x		x						
<i>Patella vulgata</i>	x		x		x	x	x		x	x		x	x
<i>Spirorbis</i> sp.	x			x	x			x		x	x	x	x
Antall artar(taxa)	10	4	11	14	15	11	12	6	11	17	9	16	19

* *Membranipora membranaceae*, *Electra pilosa*

5. Konsekvensvurderingar

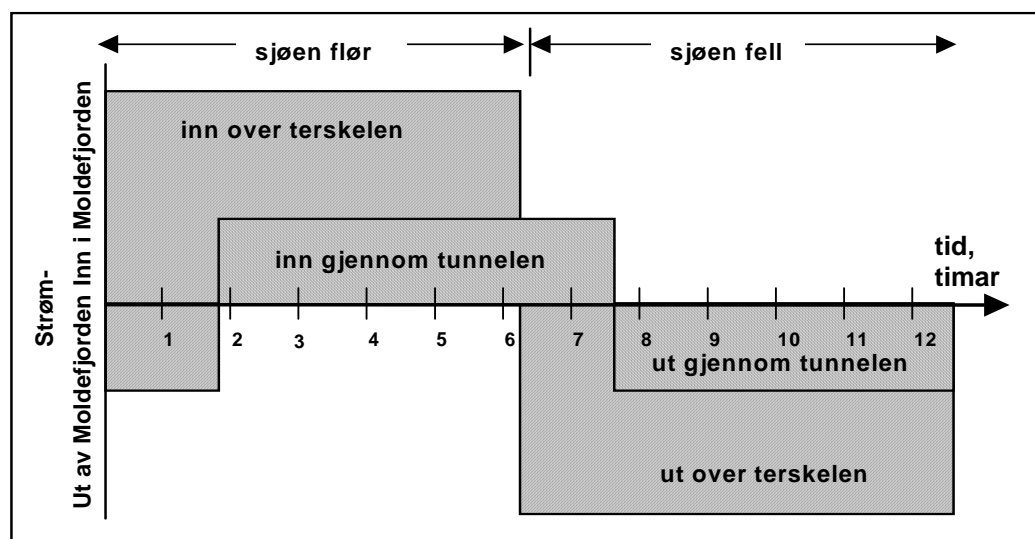
5.1 Endring i sirkuasjon og opphaldstider

I følgje SINTEFs berekningar vil tidvass-amplituden (flo-fjøre) bli kun minimalt endra som følge av tunnelen ved vanleg flo/fjøre. Vasstanden ved fjøre sjø blir ca 6 mm lågare ved Eide og ca 3 mm lågare i Kjødepollen, i høve til i dag, m.a.o. lite endring i tidevassprismet i høve til ein normal vasstandsvariasjon på rundt 1,5 m. Fjordane vil framleis fyllast (tømmast) tilnærma samtidig gjennom munningane (faseforskjellen i dag er kun 4 minutt). Når tunnelen er opna vil fjordane også bli fylt/tømt gjennom denne.

I følgje simuleringane (SINTEF 2000) vil strømmen i tunnelen normalt byrje gå frå Eide til Kjøde knapt 2 timar etter flo, og så snu mot Eide att 2 timar etter fjøre sjø (**Figur 4**). Maksimal strøm i tunnelen kan bli over 2 m/s (middel over djupet) ved sær sterk vind, mens den vanlegvis blir på 0,4 m/s eller lågare. SINTEF rekna ut at i ein vanleg situasjon med vestavind vil det strøyme austover med floa med 49 m³/s og vestover med 30 m³/s med tidvatnet, m.a.o. netto austgåande fluks med 19 m³/s over ein tidvassyklus. Tilsvarende tal ved austavind blir 33 m³/s mot aust og 45 m³/s mot vest (netto 12 m³/s mot vest).

Ein kan ut frå dette rekne at i storleiksorden 0,5 - 1 mill m³ vatn vil strøyme gjennom tunnelen i løpet av 6,25 timar ved fløande og fallande sjø, eller 1-2 "tømmingar" av tunnelen for kvar gong. Berre ein del av dette vatnet vil bidra til reell utskifting i resipientane. Samanlikningsvis strøymet det i dag vel 7 mill m³ inn/ut over terskelen til Moldefjorden med floa og tunnelen vil såleis bidra med av storleiksorden 10% eller mindre til den vanlege utskiftinga. Om lag tilsvarende relasjon gjeld også for Kjødepollen.

Ved lågvatn t.d. og utan særleg vind, har det alt strøymt frå Moldefjorden til Kjødepollen gjennom tunnelen i vel 4 timar, og det fortset med dette 2 timar til. Moldefjorden og Kjødepollen blir såleis fylt/tømt som før over tersklane i 6,25 timar. Tilsvarende fylling/tømming av fjordane via tunnelen vil også foregå i 6,25 timar, men med ein ca 2 timars faseforskjell i høve til fjøre/flo (**Figur 10**).



Figur 10. Skjematiske framstilling av korleis strømmen aust/vest gjennom tunnelen vil gå i høve til vanleg flo-fjøre i Moldefjorden. Ca 2 timar etter fjøre sjø vil det byrje å strøyme inn i fjorden gjennom tunnelen.

Indre deler av fjordane nær tunnelopningane vil få markert sterkare strøm i høve til i dag. Utstrøymande vatn frå tunnelen vil spreie seg ut frå opningane enten i vifte-form eller langs land, avhengig av rådande vind, sjiktungs - og trykktilhøve. Sidan andre strømgenererande krefter kun verkar svakt lengst inne i fjordane, vil ein god del av det utstrøymande vatnet bli frakta inn att i tunnelen, slik at det bidrar 100% til massebudsjettet men kun ein brøkdel av dette til reell utskifting.

Dei små endringane i tidvass-amplitude som kan påreknast i sentrale deler av dei to fjordane vil neppe medføre store endringar i overflatesirkulasjonen der. Fjordane vil bli fylt og tømt frå to sider når tunnelen er ferdig. Tverrsnittsarealet ved terskelen til Moldefjorden er ca 3000 m² som er anslagsvis 10 gonger større enn tilsvarande våt-areal i tunnelen (ca 350 m²). Tilsvarande tal for Kjødepollen er 7.500 m² (20 gonger større enn i tunnelen). Bidraget frå tunnelen på framtidig utskifting i høve til naturleg sirkulasjon over terskelen blir såleis større for Moldefjorden enn for Kjødepollen og vi har difor valt å sjå nærare på Moldefjorden.

Vi har gjort simuleringar for Moldefjorden med budsjett-modellen FJORDMILJØ for å sjå kor godt den representerer dagens tilstand. Med aktuelle botn- og topografiske data for basseng og terskel, samt for tidevatn og tilrenning, framkom m.a. følgjande resultat:

Opphaldstid for øvre lag, over terskeldjup:	5,6 døgn
Naturleg tidvassdreve arbeid i djupbassenget:	0,25 mW/m ²
Naturleg densitetsreduksjon, $d\rho/dt$, pr mnd:	0,141 g/m ³
Nødv. tid for full utskifting av bassengvatn:	8,9 mndr
Oksygen års-minimum:	3ml/l

Det kan anmerkast at observert O₂ minimum i 1987-88 var under 2 ml/l med stadig fallande tendens etter denne siste målinga i serien. Dette indikerer at modellen enten underestimerer organisk belastning (til bassenget) eller overestimerer vertikalblandinga. Vi simulerte også aukande tilførsler av nitrogen og fosfor til Moldefjorden. Dette vil stimulere algeveksten som kan forårsake auke i organisk nedfall til bassengvatnet og forverra oksygentilhøve (belastning) som resultat. Modellen ga imidlertid ingen endring for oksygen-minimum. Årsaka til dette er nok at terskelen er såpass djup (og opphaldstida over terskel så kort) at evt. nedfall frå det øvre eufotiske laget vi bli ført ut av fjorden før det når ned til terskeldjupet (21 m).

Når vatnet strøymar ut av tunnelen vil det bidra til å blande sjø omkring, også nedover. Sidan tunnelen blir ca 12 m djup, mens terskelen til fjordane på begge sider er større (h.h.v. 21 m og 30 m) vil denne blandinga neppe trenge gjennom sprangsjiktet 10-12 m djupare og dermed ikkje bidra til omrøring i djupvatnet. Omrøring i øvre lag vil imidlertid bli stimulert. Og i korte perioder av året med signifikant densitetsskilnad i overflatevatn mellom Kjødepollen og Moldefjorden vil tyngre vatn kunne blande seg eit stykke nedover i sjøen under -12 m nivået, men neppe då heller trenge igjennom sprangsjiktet.

5.2 Influensområde for slam

Mesteparten (2,2 mill m³ eller ca 80%) av massene kan bli deponert ved Lesto. Vi har tidligare antyda samla mengd partikulært materiale frå boringa lik 6,000 m³ og av dette vil i så fall maksimalt 5.000 m³ hamne i fyllinga ved Lesto, dersom ingenting blir fjerna eller vaska av før. Berre ein liten del av dette igjen vil kunne hamne i sjøen. Ved t.d. 5% utlekking tilsvarar dette 250 m³ (ca 400 tonn) partiklar til sjøen ved Lesto, og av dette igjen vil truleg kun ein mindre del vere finpartikulært materiale.

Dei minste borestøv-patiklane frå fyllmassane vil halde seg i sjøen ei stund mens dei langsamt fell til botn. Denne opphaldstida avheng av form, storleik og densitet for partiklane, samt tilhøve i

omgjevnadane som sjøens densitet, bølger og turbulens. Vidare vil strøm og botndjupet bestemme kor langt ut frå fyllinga partiklane til ei kvar tid vil nå, og mengdene som akkumulerer på eit visst område av botnen vil avhenge av tidspunkt, tidsforløp og posisjon for utfylling, samt den faktiske vannstrømmen i ulike sjikt og punkt mens partiklar er i sjøen undervegs ned mot botnen. Dersom realistiske scenarier for dette kan settast opp, er det mogleg å simulere/modellere spreining og sedimentering (sjå t.d. NIVA 1998c). I lys av dei førebels usikre inngangs-tala for slam-mengder m.m. søker vi her å estimere spreinga basert på forenkla vurderingar.

For tilfellet med stillestående sjø kan synkefart bereknast ved t.d. Stokes formel. NIVA (1998c) gjorde slike berekningar for spreining av steinstøv frå utfylling i Store Lungegaardsvan i Bergen og fann 2 cm/time som representativ verdi for små partiklar (2-8 μm). Ein slik låg verdi indikerer at så små partiklar kan halde seg i sjøen i fleire dagar. Større partiklar vil søkke ut raskare enn små.

Opplysning om periodelengder med vedvarande sterk strøm samt om strømmens retningsstabilitet vil gje indikasjon på ytre radius for influensområdet. Analysene av strømmålingane ved Lesto frå 1988 synte at varigheit av perioder med enten stillestående sjø eller med einsretta strøm var relativt korte. Maksimal målt strøm var 19,7 cm/s. Varighetsanalysen for strømfart (Vedlegg B) synte at lengste periode med strøm over 15 cm/s var 1,75 time. I løpet av denne perioden vil partiklar kunne bli spreidd 1 km (det vil vere minimal nedsynking over så kort tid) og 1 km kan såleis indikere storleik på ytre radius for influensområdet. Berre ein liten del (storleiksorden 1%) av partiklane vil nå så langt; mest (90%) vil sedimentere nær fyllinga og i avstand inntil 50-100 m ifrå. Det meste vil ligge i vifteform eller "sektorar" h.h.v. mot vest og aust langs land og i eit smalare (50 m) belte ut frå fyllingsfronten i h.h.t. observert dominerande strømreretning (under forutsetning at utfyllinga ikkje modifierer den lokale strømmen vesentleg).

Om ein antar eksponensiell fordeling av partiklar på botnen ut frå fyllinga med 90% av desse innafør avstand 100 m frå fyllingsfoten, gjev dette eit indre influensområde på ca 10.000 m² og typisk tjukkeleik på slamlaget her vil vere 2-3 cm. Som nemnt innleiingsvis, er desse tala basert på at 250 m³ steinstøv går i sjøen noko som kan vere urealistisk høgt anslag.

Det er nyleg kome opp eit alternativ med utvida fylling nær tunnelopninga i Moldefjorden utan at vi kjenner detaljane i desse planene. Det er ikkje gjort strømmålingar i dette området så langt vi kjenner til, men det er rimeleg å anta at strømmen der er svakare enn ved Lesto. Dermed vil partiklar ikkje bli spreidd like langt bort som ved fylling ved Lesto (mindre influensområde), men ein vil få eit relativt sett tjukkare slamlag nær fyllingane. Og i motsetnad til Lesto er det risiko for at større deler av dette slamlaget blir resuspendert (oppvirvla) når tunnelen opnar sidan strømmen i munningsområda vil auke markert i høve til i dag. Såleis kan fylling ved tunnelmunninga medføre større partikkelureining like etter opning enn for tilfellet Lesto, men også her vil ein truleg kunne setje i verk avbøtande tiltak.

5.3 Algar/pelagial

Bygging og etablering av ein tunnel gjennom Stad vil kunne influere på pelagiske organismar. Effektane i pelagialen vil som for akvakultur etc. kunne delast inn i to kategoriar: Varige effektar som følgje av permanent etablering av ein tunnel med båttrafikk og forbigåande effektar som følgje av anleggsverksemd.

5.3.1 Effektar av endra hydrografiske tilhøve

Næringstilførselar frå djupvatnet til den eufotiske sona (den delen av vannsøyila der lyset er tilstrekkeleg for algeproduksjon) har i norske kystfarvatn ein sterk sesongmessig karakter. Dei

hydrografiske svingingane over året påverkar sirkulasjonen i vassmassane og næringstilførselen frå det næringsrike djupvatnet.

Dersom ein ser vekk frå effektar av næringstilførsel frå land og ferskvannsavrenning, er det generelle biletet at sprangsjiktet som har etablert seg i løpet av våren og sommaren vert brote ned om hausten og vi får ei omrøring av vassmassane med tilførsel av næring frå botnvatnet som resultat. Dette fører til ei haustoppblomstring av algar. Vidare utover seinhausten og vinteren vil næring bli magasinert i den eufotiske sona ettersom lite lys hindrar algar i å utnytte den tilførte næringa. Når tilgangen på lys aukar om våren og stratifiseringa av vassmassane startar på nytt, vil denne næringa bli konsumert i ei kraftig våroppblomstring av algar.

Ei sterk stratifisering hindrar ny tilførsel av næring frå djupvatnet og er i prinsippet med på å avgrense algeproduksjonen over året. Dersom eit sterkt sprangsjikt er etablert når våroppblomstringa er over og den eufotiske sona er tømmt for næring, vil dette i sin ytterste konsekvens kunne føre til at næring ikkje blir tilført den delen av vassøyla som ligg over sprangsjiktet før til hausten att når sprangsjiktet på nytt blir brote ned igjen. I dei fleste områda skjer det imidlertid periodevis episodar med næringstilførsel frå djupvatnet. Desse episodane er styrte av hydrografiske og vermessige forhold.

Endringar i sprangsjiktet vil derfor kunne påverke primærproduksjonen monaleg. NIVA 1988a meinte at sammenknyttinga av dei to fjordane ville føre til at sprangsjiktet under tersklane ville bli meir påverka av turbulens, noko som medverker til ei nedbryting av sprangsjiktet under terskelnivå, med ein betre vertikal kommunikasjon med djupvatnet som resultat. Dersom dette skjer, vil næringstilførselen frå djupvatnet kunne føre til ein generell auke i primærproduksjonen over året.

Auka primærproduksjon vil i seg sjølv ikkje nødvendigvis gje auka algebiomasse, dersom den blir omsett av sekundærprodusentar. Problemet oppstår dersom det ikkje er sekundærprodusentar som kan gjere seg nytte av den produserte algebiomassen. Dersom den auka primærproduksjonen ikkje blir omsett av sekundærprodusentar, vil dette kunne føre til at algebiomassen aukar og unytta algebiomasse vil synke, noko som vil kunne forverre dei dårlege oksygenforholda (NIVA 1988a) i botnvatnet i Kjøddepollen og Moldefjorden.

5.3.2 Transport av algar mellom fjordsystema

I samband med NIVAs synfaring i Kjøddepollen og Moldefjorden i september 2000 blei det teke vassprøvar frå fire ulike djup for analyse av planteplankton. Detaljerte resultat finst i Vedlegg C. Vi gjer merksam på at resultatata berre gjer eit innsyn i algesituasjonen på det aktuelle tidspunktet og må vurderast deretter.

Resultata viste at begge fjordsystema var dominerte av dinoflagellatar tilhøyrande slekta *Ceratium* på det aktuelle tidspunktet. I tillegg forekom det til dels høge konsentrasjonar av den toksinproduserande (DSP) algeslekta *Dinophysis* i Moldefjorden. Konsentrasjonen av *Dinophysis acuta* (1.040 celler/l) låg over faregrensa (900 celler/l) for akkumulering av DSP-gift i skjel på 5 m djupn i Moldefjorden. På 10 m djupn låg førekomsten av *Dinophysis acuta* og *Dinophysis norvegica* - totalt 1.040 celler/l – opp mot faregrensa for *Dinophysis* spp. (1.200 celler/l). I Kjøddepollen blei *Dinophysis* kun registrert sporadisk.

Det er kjent at enkelte fjordar er meir utsette for giftige algar enn andre. Dersom Moldefjorden er ein fjord som gjennomgåande over året har ein høg konsentrasjon av toksinprodusentar, vil eit fysisk samband mellom Moldefjorden og Kjøddepollen kunne føre til at Kjøddepollen blir meir utsett for giftproduserande algar, noko som vil kunne virke negativt på framtidig skjeloppdrett der.

Berekning av algekarbon ut frå berekna algevolum gav omtrent same algebiomasse i begge dei to fjordane (jfr. **Tabell 8**), noko som tyder på at grunnlaget for algevekst er relativt likt begge stader. I tillegg til det som sikkert kan klassifiserast som alger, var det førekomst av betydelege mengder små (1-2 µm) coccoide celler. Kvar desse organismane skal plasserast er usikkert, men både bakteriar og blågrønalgar er moglege alternativ. Desse organismane var det desidert mest av i Kjøddepollen. Dersom desse organismane vert inkludert i biomasseberekningane, var biomassen høgast i Kjøddepollen (**Tabell 8**).

Verdiane som blei målt i 1987/88 av NIVA for totalt organisk karbon (TOC) i vassmassane (2,6-8,5 mg/l i Moldefjorden og 3,1-7,9 i Kjøddepollen) var langt høgare enn den normale variasjonen som ligg innanfor eit område mellom 0,4 og 2 mg/l (Parsons et al. 1977). Dette tyder på ei monaleg tilførsle av organisk materiale til dei to fjordane. Dette kan vere årsaka til den høge konsentrasjonen av små coccoide celler som moglegvis kan ha heterotrof ernæring og såleis kunne nyttiggjere seg tilført organisk karbon.

Tabell 8. Integrrert cellekarbon 0-10 m i Moldefjorden og Kjøddepollen basert på NIVAs vassprøver tekne 4. september, 2000.

	Moldefjorden	Kjøddepollen
Algebiomasse (µg C/l)	1.166	1.117
Total biomasse (µg C/l)	1.453	2.210

5.3.3 Effekt av auka båttrafikk

Båttrafikken vil auke monaleg i området. Det er lite som tyder på at auka båttrafikk i seg sjølv vil ha særleg store negative effektar på planktoniske organismar. Det er blant anna gjort eksperimentelle undersøkingar andre stadar for å sjå på eventuelle negative effektar av trafikk med snøggbåtar (vassjet) på planteplankton og dyreplankton. Resultata viste små effektar (NIVA 1997b). Effektane var fleire størrelsesordenar lågare enn normale økologiske tapsprosessar som mortalitet ved predasjon. Vassvolumet som blir påverka av farty med normal propelldrift, vil vere 4-8 gongar høgare enn eit farty med vassjet drift. Basert på dei små effektane som blei påvist på planteplankton og dyreplankton av snøggbåtar, blir eventuelle effektar av båtar med propelldrift vurdert som knapt målbare (K. Nygaard pers. medd.).

Det vil derfor vere sekundære effektar av skipstrafikken som for eksempel oljesøl, som vil kunne ha den største negative effekten på pelagiske organismar.

Ei anna mogleg effekt av auka båttrafikk kan vere introduksjon av nye artar til økosystemet. Introduksjon kan skje ved at bentiske organismar som sit fast på skipsskrog løsnar og etablerar seg i området. Utslepp av ballastvatn kan også vere med på å introdusere nye artar.

5.3.4 Oljesøl

Oljekomponentar har vist toksisk effekt både på planteplankton og dyreplankton (Dahl et al. 1983, Østgard et al. 1984). I tillegg akkumulerer blåskjel oljehydrokarbonar og ein kan ikkje sjå vekk frå at blåskjela i dei to avgrensa fjordområda vil kunne bli påverka og lite egna for konsum. Oljesøl vil

kunne bli et konstant problem. I anleggsperioden vil oljesøl frå maskineri (eksempelvis boreriggjar) som vert nytta i samband med anleggsverksemda, kunne vere ei kjelde til oljesøl. Når så tunnelen opnar vil auka båttrafikk vere ei mogleg kjelde til framhaldande oljesøl i området.

5.3.5 Forbigåande effektar på pelagialen

Pelagialen vil kunne bli påverka av anleggsverksemda på ulike måtar. Utlekking av nitrogen frå dynamitt vil kunne bidra til auka primærproduksjon. Deponering av sprengte steinmassar på botnen vil virvle opp sediment. Der er så langt vi veit ikkje gjort noka undersøking av eventuelle forekomstar av miljøgifter i botnsedimenta i Moldefjorden og Kjødipollen, men det er heller ikkje nokon særskilt mistanke om dette. Dersom sedimentet inneheldt miljøgifter, vil oppvirvling av sediment kunne gi utlekking og mobilisering av miljøgifter til vassmassane.

Utlekking av nitrogen frå sprengstoff

I samband med sprenging vil ein få ei avrenning av nitrogen, særleg då til Moldefjorden der det meste av sprengsteinen skal deponerast. Dagens sprengstoff består hovudsakleg av ammoniumnitrat (NH_4NO_3) og ein kan forvente at 15 % av nitrogenet i sprengstoffet lek ut til omgjevnaden (NIVA 1998b).

Generelt er forholdet mellom nitrogen og fosfor på vektbasis lik 7,2 (Redfield-forholdet) for marint planteplankton. I områder utan tilførsel frå land vil planktoniske algar sitt grunnlag for ny produksjon ligge i tilgangen på nitrat og ortofosfat frå djupvatnet. Ved regenerert produksjon vert ammonium brukt som nitrogenkjelde. Dette er ammonium som vert tilført systemet ved naturlege biologiske prosessar. Dersom ammonium blir tilført eit system på annan måte, for eksempel frå kloakkutlepp eller sprengingsverksemd, vil også dette kunne bidra til ny produksjon. Algar har ein generell preferanse for ammonium.

Dersom forholdet mellom nitrat og fosfat i sjøen er lågare enn 7,2 (Redfieldforholdet), tyder det på at nitrogentilgangen er vekstbegrensande sett frå planteplanktonets krav. Målingar av næringsalt i 1987-88 viste at fosfatkonsentrasjonen generelt var høgare i Moldefjorden enn i Kjødipollen. Dette ga seg også utslag i forholdet mellom nitrat og fosfat som i Moldefjorden låg godt under 7,2 ved alle målingane (**Tabell 9**). Dette indikerer at nitrogen er en begrensande faktor i Moldefjorden. I reint marine område med liten ferskvasstilførsle er det vanleg at nitrogen er begrensande faktor.

I Kjødipollen låg førekomstane av nitrat og ortofosfat nær Redfield-forholdet i desember, januar og februar 1988, noko som indikerer balansert tilgang på nitrogen og fosfor. Dette er ei tid på året då algeveksten er lav på grunn av lysbegrensing. I mars-88 var våroppblomstringa godt i gang i Kjødipollen og algebiomassen var høg ($10,5 \mu\text{g}$ klorofyll/l). Eit N/P-forhold på 3,2 tyder på at nitrat blir forbrukt fortare enn fosfat og tilgangen på nitrat synes difor å vere dårlegare enn tilgangen på ortofosfat også i Kjødipollen.

Tabell 9. Forholdet mellom $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{PO}_4\text{-P}$ på vektbasis. Berekna frå data frå NIVA (1988a).

	November-87	Desember-87	Januar-88	Februar-88	Mars-88
Moldefjorden	5,8	5,9	4,4	4,8	5,9
Kjødipollen	5,5	6,7	7,4	7,4	3,2

Totalt nitrogen og totalt fosfor inneheld summen av alle målbare nitrogen- og fosforforbindelsar i vannsøyla, både organiske og uorganiske. Dei målte konsentrasjonane inkluderer både nyttbare og unyttbare stoff for algene. Forholdet mellom Tot-N og Tot-P reflekterer ikkje reell, nyttbar næringstilgang for algane på samme måte som forholdet mellom nitrat og fosfat. I marint miljø har det

synt seg at forholdet mellom totalt nitrogen og totalt fosfor ligg høgare enn Redfieldforholdet (Olsen & Jensen 1989) og dette var også tilfellet for vassprøvene frå 1987-88.

Både nitrogen og fosfor er nødvendig for algevekst. I tillegg er silikat nødvendig for vekst av kiselalger. Desse tre næringsstoffa har nemninga makronæringsstoff. I tillegg til desse er det også naudsynt med låge konsentrasjonar av mikronæringsstoff (metall og vitaminar).

Ettersom nitrogen synest vere ein minimumsfaktor i begge fjordane, vil tilførsel av nitrat og ammonium kunne føre til ein auka primærproduksjon. Effekten vil imidlertid vere relativt avgrensa ettersom det berre er nitrogen som blir tilført. Tilførsel av nitrogen vil berre få ein eutfotierande effekt dersom der er eit overskot av fosfor i forhold til nitrogen i sjøen. Når fosfortilgangen blir begrensande, vil algeveksten stoppe opp sjølv om det er god tilgang på nitrogen.

Effektar av partiklar frå boring, sprenging og deponering

Boring, sprenging og deponering av sprengte steinmassar vil føre til at betydelege mengder partiklar vert tilført sjøen både i form av steinpartiklar og oppvirvla botnmateriale. Auka partikkelmengde reduserer tilgangen på lys i vassøyla og fører til en reduksjon av den eufotiske sona, noko som vil medføre redusert primærproduksjon. Ettersom uttak og dumping av stein i hovudsak skal foregå i Moldefjorden, er det her ein kan få dei største effektane.

1. Effektar av lyssvekking som følgje av auka partikkelmengde.

- a. Redusert eufotisk sone
- b. Redusert primærproduksjon - redusert total karbonfiksering
- c. Redusert fødetilgang til dyreplankton og skjel
- d. Redusert total planktonproduksjon
- e. Redusert lystilgang kan påverke den vertikale fordelinga av dyreplankton

2. Direkte effektar av partiklar på organismar.

- a. Suspenderte partiklar kan danne aggregat med algar. Dette kan gjere algane mindre tilgjengelege for beitarar og auke sedimentasjonshastigheita.
- b. Partiklar kan skade filtreringsapparatet til enkelte artar av dyreplankton. Det er imidlertid, så vidt vi veit, ikkje gjort undersøkingar på dette for marine artar.
- c. For filtrerande dyreplankton, som ikkje filterar selektivt, kan stort inntak av uorganiske partiklar endre eigenvekta.
- d. Eventuelt stress på plante- og dyreplankton som følgje av høg partikkelkonsentrasjon.

Fotosyntetiserande planktonalgar skaffar seg energi til fotosyntesen frå innstrålt lys. I ei vassøyle absorberer vassmolekylane sjølv lys, og i tillegg vil partiklar i vatnet (organiske og uorganiske) absorbere og spre lyset - noko som resulterer i at mengdene innstrålt lys avtar nedover i vassøyla. Som ei generell betraktning vert det antatt at algane har ein netto primærproduksjon i den delen av vassøyla kor lyset overstig 1% av lyset ved overflata (eufotisk sone). Dersom partikkelmengda aukar i denne delen av vassøyla, vil gjennomskinnlegheita i vatnet og djupna av den eufotiske sona bli redusert. Auka partikkelmengde resulterer dermed i at ein mindre del av vassøyla vil bidra til algane sin nettoproduksjon. Konsekvensen av dette vil vere at primærproduksjonen pr. arealeining blir redusert i forhold til produksjonen ved normale lystilhøve.

Auka partikkelmengde i sjøen vil med andre ord føre til ein redusert produksjon av planktonalgar i heile det området som er partikkelpåverka. Denne reduksjonen i tilgjengeleg algebiomasse vil kunne føre til redusert fødetilgang for algeetande dyreplankton. Resultatet vil bli ein redusert planktonproduksjon i influensområdet.

Ein forsterkande negativ effekt av auka partikkelkonsentrasjon er at suspenderte partiklar kan danne aggregat med algar som gjer algane mindre tilgjengelege for beitarar og fører til auka sedimenteringshastigheit. For filtrerande dyreplankton kan også inntaket av store mengder tunge uorganiske partiklar føre til auka eigenvekt slik at dyra må forbruke meir energi enn normalt for å halde rett posisjon i vassøyla (NIVA 1992b).

Eit anna forhold som synes lite undersøkt (spesielt i fjordområde) er i kva grad partiklar i seg sjølv verkar stressande på plante- og dyreplankton.

For fleire av dei karnivore artane (plankton og fisk) som beitar på mindre artar, inneber ein reduksjon av vatnets gjennomskinnelgheit at dei må høgare opp i vassøyla for å kunne sjå byttedyra. Det vil seia at den vertikale fordelinga av artar kan endrast som følgje av auka partikkeltettleik i den øvre del av vassøyla.

Totalt sett vil auka partikkelkonsentrasjon i eit fjordområde kunne føre til ein monaleg reduksjon i planktonproduksjonen. Dermed vil næringsgrunnlaget for den totale pelagiske produksjonen avta - noko som i anleggsperioden kan resultere i endringar i den etablerte næringskjeda i fjorden. Forandra vertikalfordeling hos dei karnivore artane som følgje av dårlegare sikt i vatnet kan også forbigåande endre produksjonsforholda i fjorden.

5.4 Akvakultur

Dei moglege verknadane av tunnelen for akvakulturnæringa kan teoretisk sett bli både kort- og langsiktige. Kortsiktige verknader kan vere knytt til partikkelureining frå tunneldrift og anna ureining frå anleggsverksemda med t.d. algeblomstringar som følgje av dette. Langsiktige verknader kan bli både positive og negative, i samband med endring i status for eignaheit (lokalitet), på grunn av endringar i vassutskiftingsdynamikk og vasskvalitet i fjordane på kvar side av tunnelen og verknader av ny skipslei med auka skipstrafikk. Tunnelen vil kunne innebere endra transportmønster for fisk og yngel og såleis verke positiv m.o.t. kostnadar og kvalitet, men vil på den andre sida teoretisk kunne innebere auka smitterisiko langs den nye leia.

Nedanfor har vi kortfatta søkt å konkretisere ulike verknader og å klarlegge kva følgjer dette kan få for akvakulturnæringa i den framtidige skipsleia og i dei områda som kan bli berørt.

5.4.1 Noverande aktivitet

Ein analyse av verknader for akvakulturnæringa må i hovudsak ta utgangspunkt i dagens situasjon og aktivitet i området som kan bli påverka av tunnelen, sjøl om planer for framtida innan næringa også må bli tatt omsyn til. Mykje tyder på at smittepresset på oppdrettsfisk på Vestlandet er høgare langs hovudskipsleia enn andre stader. Det er difor relevant å kartlegge aktivitet og vurdere moglege effektar for akvakultur også utanfor sjølve nærområdet til skipstunnelen.

Det synte seg noko problematisk å få ut oppdatert informasjon frå Fiskerisjefen om oppdrettslokalitetar i dei sjøområda som kan tenkjast å bli berørt av tunnelen eller den nye skipsleia. Vi må derfor ta atterhald om at dagens situasjon kan vere noko annleis enn det som blir presentert nedanfor.

Kystsonenplanen for Selje kommune syner at det i 1997 var følgjande matfiskkonsesjonar og lokalitetar i kommunen:

Firma	Lokalitet	Merdvolum, m ³
Vestlaks Selje A/S	Rundereimstranda	12.000
	Hatlenes	4.000
	Moldestad	4.000
Barmøy havbruk A/S	Vetthusstranda	12.000
	Beitveit	12.000
	Vengen	12.000
Unifisk A/S	Venøyvikane	8.000
	Sandvikneset	8.000
	Korsnes	12.000
Selje Havbruk A/S	Stokkeneset	12.000
	Årsholmane	12.000
Borgund Laks A/S	Litleholmen v/Borgund	12.000
	Otneimneset	12.000

Vidare finst det ein setjefiskkonsesjon eigd av Fjellfisk smoltoppdrett A/S med løyve til å produsere 250.000 stk. sjøferdig setjefisk - lokalisert på Barmen. Olav Venøy har ein skjellkonsesjon ved Vikane på Venøy, med løyve til å produsere 150 tonn skjell.

Vestlaks Selje A/S sine to lokalitetar Hatlenes og Moldestad på sørsida av Moldefjorden, Selje Havbruk A/S, og i mindre grad Borgund Laks A/S sine lokalitetar i Vanylvsfjorden vil ligge i nærleiken av den nye leia til og frå Stad Skipstunnel. Dette gjeld også eit matfiskanlegg på Vanylven kommune si side av Vanylvsfjorden.

Med dagens konsesjonsvolum vil dei lakseanlegga i Selje og Vanylven som ligg nær den nye skipsleia kunne innehalde opp til 4.000-5.000 tonn laks samstundes.

5.4.2 Partikkelureining frå anleggsarbeidet

Verknadene på fisk varierer med form, storleik og mengde av partiklar i vatnet, noko som m.a. heng saman med berggrunnsgeologien i sprengingsområdet, sprengingsteknikken, avstanden frå utsleppsstaden, samt densitet og straum-tilhøve i sjøen.

EIFAC (Alabaster og Lloyd, 1982) føreslår at følgjande kriterium vert gjort gjeldande når det gjeld vasskvalitet for ferskvassfisk:

Partikkelkonsentrasjon mg/l	Grad av skade
< 25	Ikkje skadeleg
25-80	Redusert fiske
80-400	Sterkt redusert fiske

Etter det vi kjenner til, er det ikkje gjort granskingar av oppdrettsfisk i sjøen sin toleranse overfor partiklar. I motsetnad til vill fisk, vil fisk i oppdrettsanlegg ikkje kunne unngå ureininga.

Undersøking av partikkelureining i ferskvatn stadfester at skadene varierer med fisken sin storleik, dvs. at større fisk er mindre utsett enn mindre fisk (NIVA 1995a). Ut frå dette vil vi tru at laks i sjøen er mest utsett dei første månadane etter utsetjing.

Dei konkrete verknadane på fisk er irritasjon av gjeller og slimlag. Forutan direkte fysisk skade/irritasjon og påfølgjande bakterie- og soppinfeksjon, kan dette redusere fisken sin trivnad og appetitt, og dermed tilvekst. Ved høg tettleik av finfordelt partikulært materiale blir sikten i vatnet redusert, noko som kan påverke fisken sin evne til å finne foret.

Bortsett frå foropptak vil dei same tilhøva gjere seg gjeldande for låssett villfisk. Villfisk vil i større grad kunne unngå ugunstige miljøtilhøve som partikkelureining, og vil dermed vere mindre utsett. Indirekte verknader må likevel påreknast, ved at sikten i vatnet og fisken sine næringsdyr blir påverka.

For skjel, som lever av å sile partiklar frå vatnet, vil høg konsentrasjon av uorganiske partiklar gje redusert tilvekst og kvalitet av skjela.

Mestedelen av steinmassane vil kunne bli tippa frå lekter eller over pontong frå dumpers enten i Lestovika i Moldefjorden eller nær tunnelopningane. Verknadane vil derfor truleg bli størst i desse områda.

Anleggsperioden er rekna til 3-3,5 år, og tippinga vil skje gjennom heile denne tida. Boretteknikk og dimensjonar på boreutstyr vil m.a. ha betydning for mengda av finpartikulært materiale som blir produsert. Ut frå tidligare planer (NIVA 1988a) var det forventa produsert 3.000-5.000 m³ partikulært materiale av ulik storleik. Noverande planer vil innebere anslagsvis 6.000 m³ partikulært materiale (avsnitt 1.5) som delvis vil representere finare partikkelmasse (slam). Slam kan eventuelt bli samla opp og ført gjennom slamavskiljar. Likevel vil ein del slam og partiklar både frå fjellboringa og frå sjølve sprengingsarbeidet følgje med fyllmassene ut i sjøen.

Strømmen vil så spreie slammet utover i sjøen. Densiteten av sjøvatnet er størst på ettervinteren. I tungt vatn vil sedimentasjon av slammet skje noko langsommare enn i lettare vatn og i tillegg vil større bølgeaktivitet om vinteren kunne bidra til å halde partiklar lenger i suspensjon. Faren for overkonsentrasjon og eventuelle skadeverknader p.g.a. steinpartiklar kan dermed bli størst i denne delen av året.

Tida like etter opninga av tunnelen mot fjordområda utanfor vil kunne bli ei kritisk periode når det gjeld partikkelureining. Partiklar/slam frå tunneldrifta som har akkumulert på tunnelbotnen vil då gå i suspensjon over eit kort tidsrom, og truleg representere eit maksimum også når det gjeld moglege effektar.

Partikkelureining vil uansett vere eit mellombels problem for akvakultur, og som vil avta når anleggsarbeidet er slutt.

5.4.3 Effektar av nitrogentilførsle frå anleggsarbeidet

Det vil truleg bli nytta anolsprengstoff. Av forrige utgreiing (NIVA 1988a) kan sprengstoffmengda anslåast til 0.5 kg pr. m³ fast fjell i gjennomsnitt, dvs. at det går med ca 900 tonn sprengstoff til 1.85 mill. m³ fast fjell. Dette svarer til kring 300 tonn nitrogen, i hovudsak NH₄NO₃ og Ca (NO₃)₂. I tillegg inneheld sprengstoffet diesel.

Auka tilførsler av nitrat frå sprengstoffrestar kan gje betydelege algeblomstringar til sjenanse for m.a. fiskeoppdrett, dersom tilførselen skjer i sommarhalvåret. Ettersom dei største fyllingsarbeida er planlagt i Moldefjorden, vil slike verknader kunne bli størst der. I alle tilfelle vil denne belastinga bli tidsavgrensa til anleggsperioden og avta raskt deretter.

5.4.4 Effektar av anna forbigåande ureining

Sprengstoffet vil innehalde kring 5% dieselolje. Restar av denne oljen vil følgje med sprengsteinmassane og ureine sjøen.

Ellers vil spillolje og andre avfallsstoff frå riggplassar samt partikkel- eller dieselhaldig vatn frå sjølve tunnelen verke ureinande dersom dette får sige ut i resipientane på begge sider av tunnelen.

Støy frå sprenging og fyllingsarbeid kan uroe fisk, både villfisk og oppdrettsfisk. Det er lite undersøkt kva slik uroing over ei så lang periode som 3-3,5 år kan ha å seie for fisken sin ålmenne trivnad og tilvekst.

5.4.5 Avbøtande tiltak i samband med anleggsarbeidet

- Ei løysing med først å legge ut to moloarmar ved Lesto, og så lukke fyllingsområdet inne, vil begrensa tilførselene av slam, nitrogen og anna ureining til Moldefjorden. Det same vil i pinsippet gjelde for alternativ med større utfylling ved tunnelopningane, sjøl om planene der ikkje er like konkretisert som for Lesto.
- Plastring av fylling vil redusere lekkasjen av finstoff ytterlegare.
- Partikkelhaldig og ureina vatn frå tunnelen bør handsamast, td. først gjennom eit sedimentasjonsanlegg før det vert ført ut i resipientane.
- Vasking og sortering av tunnelmassar er ønskjeleg, særleg for dei massene som skal nyttast til innelukking/plastring av fyllingar. I så fall må vaskevatnet haldast tilbake med tilstrekkeleg opphaldstid for sedimentasjon av finstoff.
- For å avgrense sedimentasjonsområdet for finstoff og for å hindre tilgrising av strender, båtar, oppdrettsanlegg osv. med diesel, bør det leggest lenser med skjørt kring fyllingsområdet under anleggsarbeidet.
- Ein beredskapsplan for utflytting eller naudslakting av oppdrettsfisk kan eventuelt utarbeidast i samråd med næringa for å møte mogelege kritiske situasjonar.
- Dersom fyllingsarbeid i sjøen må stansast midlertidig på grunn av særskilt negative miljøeffekter kan ei plan for alternativ fyllig/deponering hindre stans i tunneldrivinga.

Vi tilrår å gjennomføre eit overvåkingsprogram for vasskvalitet i anleggsperioden og den første tida etter opninga som også stettar akvakulturinteressene. Slik overvaking kan vere automatisert og bestå t.d. av turbiditetssensorar i sjøen tilknytt alarm, supplert med manuell prøvetaking for kalibrering. Saman med ein beredskapsplan som kan setjast i verk dersom tilhøva blir kritiske for fisk, kan akvakulturnæringa på denne måten få naudsynt dokumentasjon og tryggleik mot større negative effekter.

Anleggsstart for skipstunnelen kan ligge fleire år fram i tid, og akvakulturnæringa kan i mellomtida ha gjennomgått betydelege endringar i høve til dagens situasjon ved at sjøområde som i dag ikkje er nytta kan ha blitt tatt i bruk eventuelt med nye artar og ny oppdrettsteknologi. Beredskap og tiltak må difor tilpassast den aktuelle og godkjende akvakulturaktiviteten ved tidspunktet for kunngjering av anleggsstart. Eventuelt må ein vente med utplassering av nye anlegg eller utviding av konsesjonar i risiko-soner til tunnelen er ferdig.

5.4.6 Langsiktige effektar for akvakulturnæringa

Tunnelen vil kunne medføre betre utskifting for overflatevatnet i Moldefjorden og Kjødøpollen/indre Vanylvsfjorden. Isolert sett vil dette kunne bidra til å auke kapasiteten for fiskeoppdrett i desse

sjøområda slik at dei kan takast i bruk til oppdrett dersom andre faktorar som skipstrafikk m.m. ikkje er til hinder for dette.

I Kjødepollen vil ein framleis kunne forvente eit noko svekka brakkvassjikt og mindre tendens til isdanning, slik forrige utgreiing sa (NIVA 1988a). Moldefjorden vil kunne få litt redusert overflatesalinitet i perioder medmarkert tilstrøyming frå Kjødepollen, mens kjødepollen kan få litt auks salinitet. Desse endringane blir truleg for små til å gje nokon merkbar effekt for akvakulturdrifta i dei to fjordområda når det gjeld dei artane som kunne vere aktuelle for oppdrett i dag. Ein tendens til mindre salt overflatelag vil gjere Moldefjorden mindre eigna for t.d. bøyestrekultur av t.d. stort kamskjell.

Den framtidige skipstrafikken vil kunne uroe fisk som står i merdar nær skipsleia både pga. støy, bølger og turbulens. Effekten av denne type uroing er lite kjend i litteraturen.

Forureining i form av oljespill og avfallstømming (t.d. fiskefeitt) frå passerande skip vil kunne auke i den nye skipsleia. Forutan generell ureining av vatn og strender (NIVA 1988c) kan dette representere eit tilgrisingsproblem på flyteeiningar, merdar osv. Ved større utslepp kan ein heller ikkje utelukke skader på reiskap og fisk.

Service i form av avfallsmottak ved inngangene til tunnelen kan verte eit positivt førebyggjande tiltak mot auka lokal forureining. På grunn av einvegskøyning vil båtane vanlegvis få ei viss liggetid her, som kan nyttast til slike føremål.

Erfraring frå oppdrettsnæringa tyder på at risikoen for spreiding av smittsomme fiskesjukdomar aukar med aukande båt-trafikk nær anlegga. Oppdrettslokalitetar langs den nye skipsleia som til no har vore mindre eksponert mot slik smitteoverføring, vil etter at tunnelsambandet er oppretta, kunne bli blant dei mest utsette lokalitetane langs kysten. Dersom det oppstår smittsom sjukdom i nokre av desse anlegga, vil dei på si side representere ei potensiell smittekjelde for friske anlegg andre stader langs leia.

Auka brønnbåttransport

Frakt av levande fisk gjev lite rom for å vente på lagleg ver når lasten først er tatt ombord. Særleg vinterstid vil difor mange transportar foregå i dårleg ver, noko som truleg har noko å seia for kvaliteten på produktet ved levering til slakteri. Lysstyring i samband med produksjon har endra sesongmønsteret i lakseoppdrettet, og sjøsetjing av smolt samt slakting kan i prinsippet foregå til alle årstider, men likevel mest konsentrert til vår og haust, d.v.s. i perioder av året med stor uværstrisiko. Dette tilseier at brønnbåttransport foregår det meste av året men med nokre sesong-toppar.

Intervju vi har føretatt med brønnbåtreiarlag som trafikkerer området ved og rundt Stad i dag tyder på 12-14 brønnbåtpasseringar rundt Stad i veka (årgjennomsnitt), av dette omlag 70%, dvs. 8-10 transportar pr. veka med levande laks som last. Av dette utgjer slaktefisktransport omlag 70% og smolttransport omlag 30%. Avhengig av storleiken på båtane kan ein last med slaktefisk variera frå 30 til 100 tonn, middellasten ligg mellom 40 og 50 tonn, dvs. 200-300 tonn slaktefisk i veka og 10.000-15.000 tonn slaktefisk i året.

Dersom ein nøkternt reknar med at skipstunnelen vil føre til at 50% av alle brønnbåttransportar i framtida vil ta den nye leia, vil dette ut frå dagens situasjon seie 1-2 smolttransportar og 3-4 slaktefisktransportar gjennom tunnelen pr. veka over året, med houvudtyngda i vinterhalvåret. Utviklinga i framtida vil m.a. avhenge av veksten og eigarstrukturen i næringa, og av den framtidige lokaliseringa av slakteanlegg og smoltanlegg.

I kor stor grad grad brønnbåttransportane forbi Stad vil kunne auke i framtida vil m.a. avhenge av struktur og eigartilhøve i næringa på nord- og sørsida. Det kan t.d. tenkjast at ei realisering av

skipstunnelen vil verka stimulerande for slikt samarbeid, noko som igjen vil gje auke i bruken av tunnelen, bl.a. frakt av levande fisk.

Heilskapleg sett vil Stadttunnelen på sikt kunne representere eit framsteg for transporten innanfor oppdrettsnæringa, både ved betre regularitet og tryggleik for transportane, og betre og jamnare kvalitet og betre helse/kondisjon på smolt og slaktefisk etter transport. Lokalt må ein imidlertid rekne med auka smittepress og dermed auka sjukdomsrisiko på anleggssida.

Tiltak på lang sikt

Tiltak for å avbøte eventuelle negative effekter på lang sikt kan t.d. vere varsling når (større) skip og brønnbåtar passerer, service i form av avfallsmottak på ventekaiene, oppsamlingsberedskap mot utslepp og søl, og ei plan for særleg aksemd frå skip ved kritiske operasjonar på anlegga (t.d. v/brønnbåtanløp).

5.5 Botnfauna

5.5.1 Omtale av tilstanden basert på granskingar i 1985 og 1987

Prøvene av sediment og botnfauna som blei tatt av NIVA i august 1987 (Figur 2), ga eit godt bilete av tilstanden i fjordområda aust og vest for tunnelen (NIVA 1988a). Universitetet i Bergen hadde før dette og i annan samanheng utarbeidd ein detaljert omtale av fauna og sediment i Moldefjorden basert på prøver frå 1985 (UiB 1985). Kunnskapen frå desse undersøkingane, saman med prognosene for fysisk/kjemiske endringar i samband med bygging og opning av tunnelen, utgjer grunnlaget for konsekvensvurderingane for områda med blautbotn.

Dei inste fjordbassenga var i følge dei forrige rapportane monaleg påverka, med til dels organisk rikt, H₂S-haldig sediment og låge oksygenkonsentrasjonar i djupvatnet. Lenger ut i fjordane var tilstanden bra. Desse konklusjonane vart underbygd av resultatata frå ei kartlegging av oksygen og organisk materiale i sjøområda i Selje utført av NIVA (1988b) for å fastslå eignaheit for oppdrett i kommunen.

Overflatevatnet i begge bassenga hadde høge vinterverdiar av næringssalt og totalt organisk karbon (TOC). Verdiane som blei målt i 1987-88 av NIVA for TOC i sjøen (2,6-8,5 mg/l i Moldefjorden og 3,1-7,9 i Kjødepollen) var langt høgare enn den normale variasjonen som ligg i området 0,4- 2 mg/l. I Kjødepollen var det høge klorofyllverdiar i mars 1988.

Moldefjorden

I indre del av Moldefjorden og i djupbassenget i ytre del var botnfaunaen fattig og bestod av forurensingstolerante artar (UiB 1985). På dei grunnare områda var tilhøva bra, men i djupet var dei særst dårlege. Sedimentet på dei djupe stasjonane var finkorna og med eit særst høgt organisk innhald. På den inste djupe stasjonen lukta sedimentet av hydrogensulfid. Også NIVA fann svært høgt organisk innhald i sedimenta i Moldefjorden sine prøver frå 1987 (NIVA 1988b). Djupvatnet var svært oksygenfattig. Området er frå naturens side lite eigna til resipient. Saneringstiltak for eksisterande tilførsler av organisk materiale og næringssalt, samt rensing av nye utslepp til fjorden blei anbefalt.

Også NIVA registrerte dårlege tilhøve i Moldefjorden i 1987 (NIVA 1988a). Djupare enn i alle fall 50 m blei sedimenta i indre del av bassenget karakterisert som relativt sterkt organisk påverka. På fleire av stasjonane lukta sedimentet av hydrogensulfid. Det organiske materialet i sedimentet bestod for ein stor del av planterestar frå land. Ein må anta at nedbrytninga av det organiske materialet blir hemma av den begrensa oksygentilgangen, som i sin tur skuldast dårleg vassutskifting. Djupstasjonen i ytre del av fjordbassenget var tilsynelatande livlaus. Faunaen på dei andre stasjonane var moderat til sterkt påverka.

Kjødepollen

Også i Kjødepollen har fleire undersøkingar synt at oksygeninnhaldet i djupvatnet er kritisk lavt i perioder (NIVA 1988a,b). Inst i pollen lukta sedimentet av hydrogensulfid og hadde høgt organisk innhald. Der var faunaen tydeleg påverka. Midtvegs ut i pollen var faunaen moderat påverka, mens faunaen var upåverka ytterst i pollen og i fjordområda utanfor.

5.5.2 Konklusjon om tilstanden for faunaen på blautbotn i Moldefjorden og Kjødepollen i 1985-1987

Faunaens tilstand i Kjødepollen og Moldefjorden i 1985 og 1987 kan klassifiserast som mindre god til meget dårleg. Dette skuldast dårleg vassutskifting og høgt organisk innhald i sedimenta. Endringar i desse faktorane vil føre til endringar i livsvilkåra for blautbotnfaunaen. Faunaen vil t.d. ikkje tåle ein ytterlegare forverring i form av høgare organisk belastning dersom ikkje vassutskiftinga blir forbetra. Det er ikkje kjent om livsvilkåra har endra seg frå 1987 og fram til i dag.

5.5.3 Konsekvensvurderingar

For å kunne forutsei endringar i livsvilkåra for botnfaunaen dersom Stadtunnelen blir bygd, må vi, som for annan biologi, ta omsyn til korleis ein del fysiske og kjemiske tilhøve kjem til å endre seg. Dei viktigaste momenta er:

- Endringar i oksygen, særleg minimumsverdiar (endra vassutskifting og oksygenforbruk).
- Endringar i organisk belastning, sedimentasjon av plankton og anna organisk materiale.
- Endringar i sjøens partikkelinnhald.
- Spreiing og sedimentering av finpartiklar frå anleggsaktivitet.
- Dumping av stein i fjordane (mengder, dumpeareal, størrelsessammensetning).

Prognosene byggjer på følgjande antatte endringar i fysiske og kjemiske forhold forårsaka av bygging/opning av tunnelen:

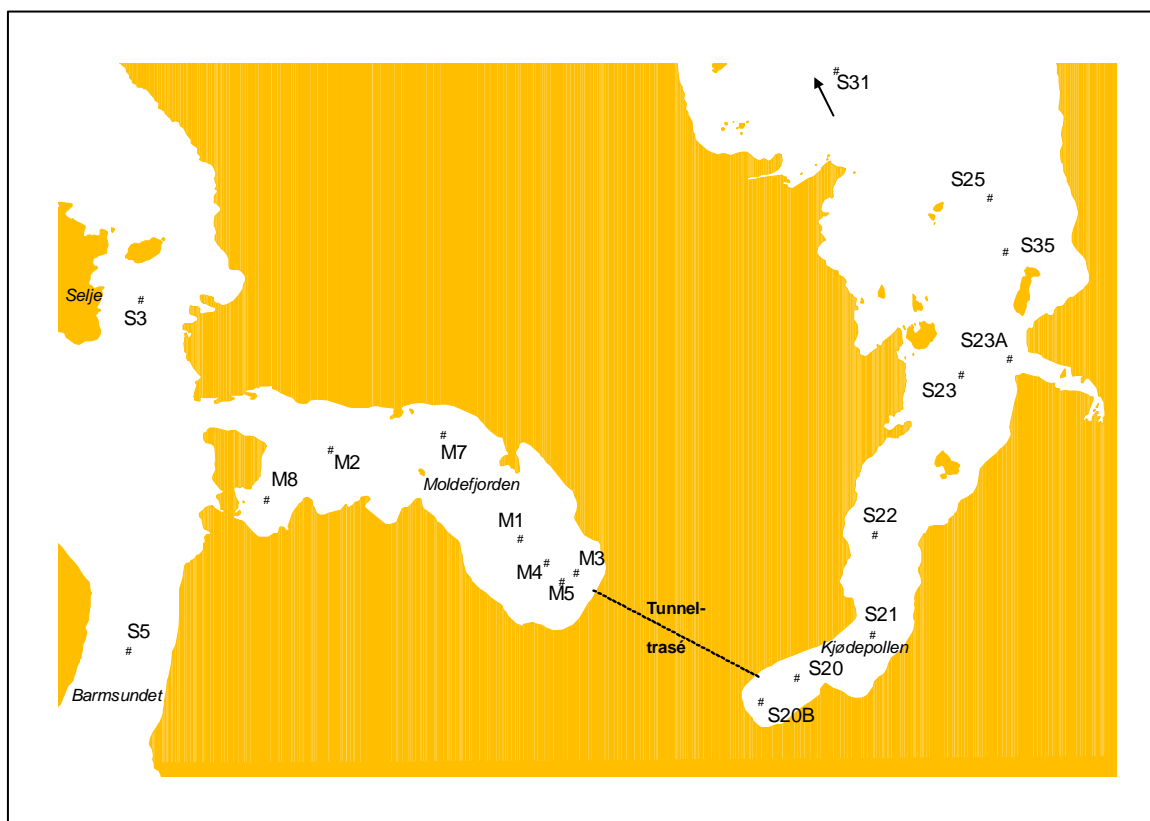
- Inga endring i djupvassutskiftinga
- Liten auke i tilførsler av organisk materiale til djupvatn og sediment i anleggsperioden
- Sedimentasjon av steinpartiklar i nærområda til anleggs- og deponeringslokalitetar

Opninga av tunnelen vil bidra til å blande sjøen omkring, men denne blandinga vil neppe trenge gjennom sprangsjiktet og dermed ikkje bidra til omrøring og auka utskifting i djupvatnet.

Modellsimulering av aukande tilførsler av næringssalter til Moldefjorden viste inga endring i oksygenminimum i djupvatnet. Litt auka sedimentering av organisk materiale kan ein likevel ikkje sjå bort i frå, bl.a. kan ein få meir rester av fastsittande alger og ein generell auke i næringsnivået i fjordsystemet i det heile. Slik auka sedimentering kan vanskeleg kvantifiserast, men vil truleg vere liten og berre gjelde så lenge nitrogen frå anleggsverksemda lekk ut i fjorden.

Steinpartiklar vil sedimentere i nærområda til anleggs- og deponeringslokalitetar over ein periode på ca 3 år. Inst i influensområdet ved Lesto og eventuellet ved alternativt område nærare tunnelopninga vil sedimentasjonsraten kunne verte så stor at botndyra ikkje klarer å halde tritt og vert begravde. Lenger unna vil dei klare seg betre. Skarpe steinpartiklar kan tenkast å skade dyra, og mangelen på næring i steinstøvet kan føre til at sedimentetande dyr svelt ihel. Dette vil gjelde faunaen i et forholdsvis lite område, som etter nokre år gradvis vil vende tilbake til slik den opprinneleg var.

I det heile kan ein venta berre små endringar i blautbotnfaunaen, i alle høve på lang sikt etter at anleggsarbeidet er slutt.



Figur 11. Stasjonar for botnfaunaundersøkingane i 1987. S31 ligg i Vanylvsfjorden ved Leikanger.

5.5.4 Samanfatning for botnfauna

Dei inste fjordbassenga (Moldefjorden og Kjødepollen) er monaleg påverka, med til dels organisk rikt, H₂S-haldig sediment og låge oksygenkonsentrasjonar i djupvatnet. Områda er frå naturen si side lite eigna til resipientar. Ein må anta at nedbrytinga av det organiske materialet blir hemma av den begrensa oksygentilgangen, som i sin tur skuldast dårleg vassutskifting.

Endringar i desse faktorane vil føre til endringar i livsvilkåra for blautbotnfaunaen. Faunaen vil t.d. ikkje tåle ein ytterlegare forverring i form av høgare organisk belastning dersom ikkje vassutskiftinga blir forbetra. Opninga av tunnelen vil bidra til å blande sjøen omkring, men denne blandinga vil neppe trenge gjennom sprangsjiktet og dermed ikkje bidra til omrøring og auka utskifting i djupvatnet.

Noko auka sedimentering av organisk materiale og enda meir mangel på oksygen kan ein ikkje sjå bort i frå. Denne kan vanskeleg kvantifiserast, men vil truleg vere liten og berre gjelde så lenge nitrogen frå anleggsverksemda lekk ut i fjorden.

Steinpartiklar vil sedimentere i nærområda til anleggs- og deponeringslokalitetane. Skader på botnfaunaen vil såleis gjelde et forholdsvis lite område, som gradvis vil vende tilbake til slik det opprinneleg var etter nokre år.

5.6 Effektar i strandsona

5.6.1 Anleggsfasen

I anleggsfasen er det også her først og fremst masseutfylling i sjø som vil kunne medføre effektar på fjøra og dei grunne sjøområda. Masseutfylling i sjø medfører generelt sett store fysiske endringar av

leveområda for botnlevande organismar i det aktuelle området. Utfyllingar medfører i tillegg fare for partikkelureining (nedslamming) og kjemisk ureining av vatnet.

Tildekking/øydelegging av habitatar

Grantområda er produktive areal i sjøen, og i uforureina område finn ein eit stort biologisk mangfald i denne sonen. Ei steinfylling lagt ut mot dette miljøet kan dermed både redusere den biologiske produksjonen og øydelegge viktige habitatar (leveområde) for botnlevande organismar og fisk. Ved utfylling av Lesto vest vil fleire hundre m² av strandsonen bli tildekt av stein og lausmassar. Lokalt vil dette ha stor konsekvens for organismar og habitatar på staden, men resultatata frå strandsonegranskinga tyder ikkje på at dette området skil seg frå øvrige deler av Moldefjorden eller har spesielle verneinteresser. Konsekvensen for området generelt må derfor karakteriserast som begrensa.

Partikkelforurensning og økt nedslamming

Ved bruk av sprengstein (tunnelmasse) til fyllmasse vil det foregå spreining av lausmassar og steinstøv. I tillegg vil dumping av stein i sjø medføre oppvirvling av botnsediment og gi auka partikkelforureining i periodar. Partiklane kan bli spreidde i hele vassøyla utanfor fyllingsfronten. Partikkelforureininga vil først og fremst kunne få negative verknader ved at botnsubstratet (leveområdet for mange algar og dyr) blir nedslamma og at siktedjupet blir redusert. Dette reduserer vekstforholda for m.a. filtrerande botndyr og fotosyntetiserande organismar (algar). Artar kan forsvinne når effektane blir langvarige.

Tidlegare granskingar av botnfauna har synt at Moldefjorden er organisk belasta (NIVA 1988a), og ved oppvirvling av næringsrike botnsediment kan meir nærings salt bli tilført overflatelaget. Om desse nærings salt blir tilgjengelege for fastsitjande algar, kan ein få auka mengde av hurtigveksande opportunistar (grønalger, trådforma brunalgar). Ved oppvirvling av sediment frå botnen er det og fare for spreining av miljøgifter om dette finst i området.

Utlekking av nærings salt frå fyllmassen

Kor mykje nitrogen som vil bli løyst i sjøen rundt fyllingane vil avhenge av kor kompakt deponiet blir og vassgjennomstrøyinga i området. Som "worst case" med full utleking vil nitrogenet utgjere eit utslepp på 120 kg N/dag (kapittel 1) gjennom anleggsperioden på tre år. Dette tilsvarar nitrogendelen i et større sanitærutslepp på 10.000 personekvivalentar (1 p.e. er 12g N per person og dag). Sjø om dei reelle tilførselene blir monaleg mindre, vil nitrogenet likevel kunne påvirke algeproduksjonen i sjøen i betydeleg grad, og lokalt vil ein kunne få synleg overgjødslingseffekt i form av auka forekomst av trådforma grøn- og brunalgar i strandsona. Dette er for det meste eittårige algar og effekten vil være reversibel når utfyllinga er ferdig.

Søl av olje og diesel frå maskineri og anleggstrafikk kan over tid medføre endringar i forekomst hos enkelte artar. Ved større akutte oljesøl er det rapportert om mange skadeverknadar i fjøra (sjå t.d. Moe et al. 1993). I eksperimentelle forsøk er det òg funne effektar ved kronisk påverknad av låge doser diesel på m.a. blåskjell, rugl (*Phymatolithon lenormandii*), rur, sjøstjerner og tildels tang (Bokn et al. 1993). Effektar i strandsonen av oljesøl ved driving av tunnelen vil truleg ikkje medføre noko stort problem.

5.6.2 Konsekvensar av tunnelen

Tunnelen vil medføre ope samband mellom indre del av Moldefjorden og Kjødepollen. Ein vil dermed kunne få raskare spreining av fastsitjande artar frå den eine fjorden til den andre. Spreining av artar frå den eine fjorden til den andre kan ha lokal, men ikkje regional betydning. Ifølge ein katalog over bentiske makroorganismar i Noreg er det få artar som har sin utbreingsgrense ved Stad. Av dei organismar som finst i midtre og nordlige delar av Sogn og Fjordane (sør for Stad) er det berre ein alge og 10 invertebratar som ikkje er funnen i Møre og Romsdal (Brattegard og Holte 1997).

Auka skipstrafikk i tronge farvatn vil kunne gi meir turbulens i vatnet og stadig oppvirvling av partiklar frå botnen. Granskingar i Oslo havn (NIVA 1995b) synte at oppvirvling av botnsediment som følge av propellbruk frå større farty var liten djupare enn 20 meter, men tydeleg over grunnare botn. På grunt vatn kan oppvirvling redusere lyskvaliteten og ha negativ innverknad på fastsitjande og planktoniske algar som er avhengige av lys (fotosyntetiserande). Samtidig vil oppvirvlinga kunne medføre auka tilførsler av nærings salt frå sjøbotnen til øvre lag der dei fotosyntetiserande organismene er. Det vil fremelske hurtigveksande opportunistar eller i det minste kan det endre vekstvilkåra for dei artane som er tilstades.

Den framtidige skipstrafikken i området kan medføre auka bølgeaktivitet og sterkare strøm t.d. frå propellar som kan ha innverknad på artsutvalet. Sterkare strøm kombinert med oppvirvling av partiklar i vatnet gir auka slitasje på algar og andre fastsitjande organismar på grunt vatn. Samtidig kan det forventast auka erosjon av lausmateriale i strandområda.

Skipstrafikk vil medføre auka fare for utslepp av olje og oljehaldige stoff som kan ha effekt på organismar i fjøra. Olje og diesel er giftig for marine organismar.

Med meir skipstrafikk vil det vere økt fare for utlekking av m.a. tinnorganiske stoff (TBT) frå skipsmaling. I 1989 vart bruk av TBT i bunnstoff/maling på båtar mindre enn 25 meter forbode i Norge, men er fortsatt tillatt i bruk på større skip. Det er registrert høge TBT-nivå langs heile norskekysten og spesielt i hamneområde. TBT er svært giftig for enkelte organismar, og har medført kjønnsforstyring hos bl.a. purpursnegl. Verknad på alger er imidlertid ikkje granska eller kjend.

6. Supplerande moment og kort oppsummering

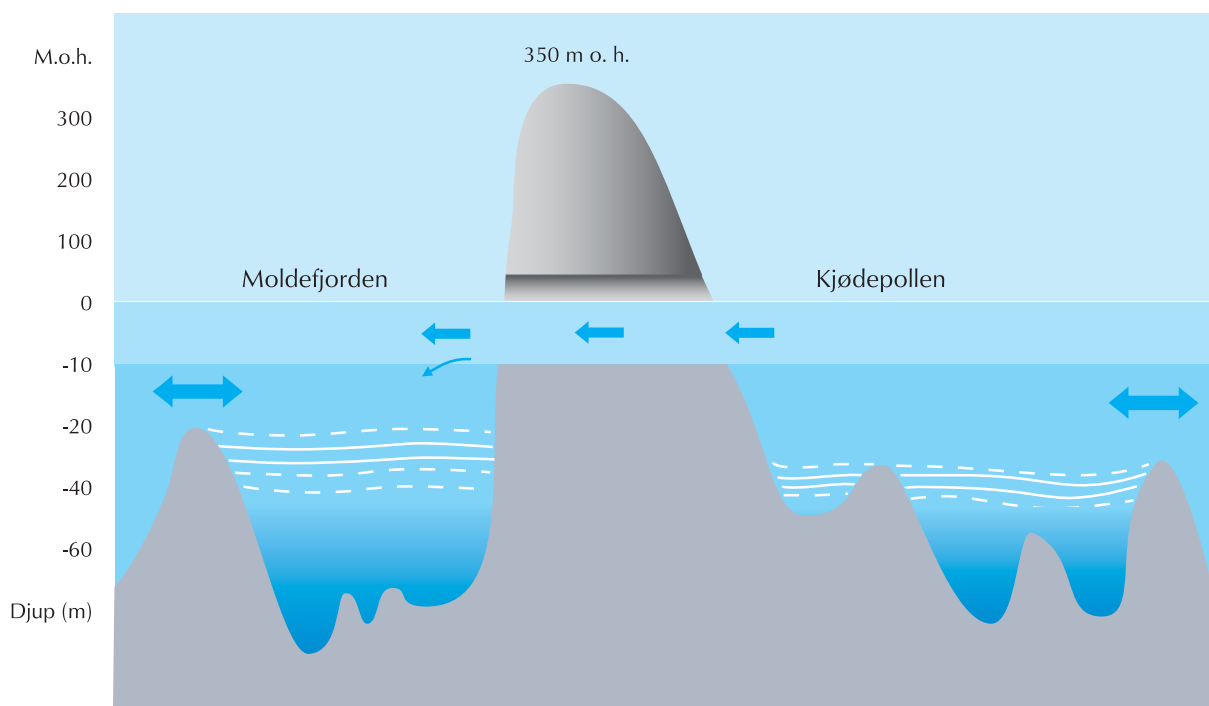
6.1 Sirkulasjon og vasskvalitet

Forrige miljøutgreiing (NIVA 1988a) sa m.a. følgjande om kvalitative endringar relatert til sirkulasjon i fjordane på begge sider:

- Redusert opphaldstid for overflatevatnet.
- Utoverretta mellomlags sirkulasjon i samband med vindoppstuving (pålandsvind) kan bli redusert.
- Periodevis sterkare straum over tersklane kan påskunde nedbrytning av sprangsjikt under terskelnivå.
- Redusert islegging i Kjødepollen, med periodevis islegging i Moldefjorden (under forutsetning om stabilt klima).

I lys av vurderingane i føreliggande rapport kan vi slutte at konklusjonane frå forrige runde som berører dynamikken i store trekk vil stå ved lag også for den nye tunnelen. D.v.s. at blanding og utskifting i øvre lag vil bli merkbart (målbart) stimulert, særleg i dei inste delane av fjordane, mens djupvatnet vil få kun marginalt endra (forbetra) vassutskifting.

Figur 12 illustrerer faktumet at djupet i tunnelen blir vesentleg grunnare enn terskeldjupa i dei to berørte fjordane. I praksis vil det bety at utstrøymande vatn frå tunnelen i det vesentlegaste vil blande seg lateralt og i liten grad vertikalt ned forbi 10-12 m djup p.g.a. sjiktinga i fjordane. I perioder der det eventuelt kan opptre vesentleg tyngre overflatevatn i eine fjorden i høve til den andre, vil blandinga kunne gå noko djupare enn 10-12 m, men neppe då heller rekke ned til sprangsjiktet og djupvatnet.



Figur 12. Snitt gjennom fjordane med tunnel som illustrerer forskjell mellom djup i tunnelen og terskeldjupa. Tunnelen vil innverke mest på vassutskiftinga ned til 10-12 m, og sannsynlegvis i liten grad berøre utskiftinga i djupvatnet p.g.a. sjiktinga i sjøen.

Ved kombinasjon av sterk vind og stor vassoppstuving i eine fjorden rekna SINTEF ut at det kan strøyme 10 gonger eller meir gjennom tunnelen i høve til normalt, og også over lenger tid enn normalt. Dersom slike perioder fell saman med vesentleg høgre densitet for innstrøymande sjøvatn frå tunnelen vil blandinga kunne nå djupt og moglegvis også berøre djupvatnet. Tilsvarende uvørsperioder vil også medføre meir vedvarande innstrømming over den aktuelle terskelen i høve til ein vanleg 6,25 timars tidvass-periode, og dette vil fremje vertikal blanding ned i bassengvatnet. Sett over året vil begge desse blandingsbidraga frå perioder med dårleg ver m.m. bidra positivt til utskiftinga i høve til i dag, utan at vi har gått nærare inn på å kvantifisere dette.

Vurderingane syner at vasskvaliteten og livsvilkår for økosystemet i øvre lag vil kunne bli både mellombels og permanent endra og til dels forverra som følgje av anleggsmessig og operativ drift av tunnelen, sjølv om vassutskiftinga blir betre. Forverring kan kome av både direkte fysiske påverknadar og utslepp og indirekte ved t.d. auka algevekst, men dei stipulerte endringane kan klassifiserast som små eller moderate.

Det er neppe realistisk å få gjennomført anleggsarbeidet heilt utan målbar påverknad av partiklar og nitrogentilførsler, men overvaking og avbøtande tiltak i anleggsperioden vil kunne setjast i verk for å redusere utsleppa og miljøverknadane. Også eventuelle langsiktige negative verknadar for øvre lag i sjøen vil kunne dempast eller eliminerast ved visse rutiner for kontroll av båttrafikken og tryggleikstiltak.

For djupvatnet vil tunnelen og båttrafikken neppe bidra til målbare endringar i seg sjølv. Utskiftinga kan bli marginalt betre, og våre berekningar tyder på at nedfall av organisk stoff ikkje vil auke sjøl om algeveksten tiltar i øvre lag. Her ligg det imidlertid usikre vilkår og tal til grunn, m.a. kan ein viss svekking av den vind-genererte utskiftinga i laget mellom 10 og 20-30 m som følgje av tunnelen bidra til auka nedfall til djupvatnet. Redusert oksygeninnhald i djupvatnet vil då kunne oppstå dersom tilførsleane aukar meir enn utskiftinga.

6.2 Eksos

Eit moment som ikke har blitt særskilt handsama i rapporten, er moglege effektar på vasskvaliteten frå eksos. Dette er eit komplisert tema som det ikkje har vore rom for å gå inn på i detalj. Det er kjent at fleire komponentar og typer partiklar i eksos kan løyse seg eller blande seg med sjøvatn. Nokre av desse komponentane slik som PAH er giftige (Larsen og Astorga 2000) og andre kan verke forsurande og eventuelt eutrofierande.

Vi antar at den varme eksosen frå større båtar vil samle seg (ventilasjon) langs taket av tunnelen og stige oppover utanfor tunnelmunningane. Det er såleis lite av denne typen eksos som blir eksponert mot sjøoverflata lokalt og bli blanda ned. Våteksos frå mindre båtar og eventuelt snøggbåtar vil imidlertid bli delvis innblanda i sjøen og kan bidra til negative effektar. Men trafikkomfanget som er forventa i overskueleg framtid halde saman med faktumet at motorane får stadig forbetra utsleppskaraktistikk ger at vi ikkje finn grunnlag for å åtvare særskilt her.

Det vil vere mogleg å betre presisjonen på utsegnene omkring forureining frå eksos ved eit seinare høve ved å ta omsyn til utsleppskaraktistikken for aktuelle motortypar og utføre berekningar og modellsimuleringar for nedblanding etc. basert på dette.

6.3 Islegging

For islegging vil konklusjonane frå forrige utgreiing kunne stå. Det ligg ikkje føre nye opplysningar lokalt eller nye vinter-målingar som kan bidra til endra konklusjonar på dette. Auka turbulens og blanding nær tunnelopningane vil uansett halde desse områda isfrie, mens brakkvasspåverknad frå

nord til sør vil kunne stimulere islegging i Moldefjorden, med motsett effekt i Kjødepollen. Forventa klimatiske endringar på Vestlandet med våtare og mildare vintrar saman med gradvis oppvarming av sjøen vil truleg på sikt gjere is-problematikken og a. tunnelen mindre aktuell.

6.4 Sluttmerknader

Vi har ut frå føre-var prinsippet og ålmenn praksis lagt vekt på å vurdere moglege negative miljøverknadar av tunnelen sjølv om den også kan få mange positive verknadar særleg innafor område i skjeringspunktet mellom samfunn/økonomi og miljø. På større skala vil tunnelen t.d. kunne redusere risikoen for havari og akutt forureining på Stadthavet. Tunnelen vil kunne stimulere til meir miljøvenleg og tryggare transport ved overgang frå landbasert/flybasert til sjøvegs transport av gods og passasjerar. Innafor havbruksnæringa vil tunnelen kunne medføre sikrere transportar og mindre risiko for tap under transport, og den vil kunne opne for meir optimal men samstundes berekraftig utnytting av sjøområda i Nordfjord-Sunnmøre regionen. Samstundes vil det bli eit større brukarpress og miljøstress i dei berørte fjordane og langs den nye skipsleia, og nokre område og lokalitetar kan bli mindre eigna til akvakultur. Det er difor viktig å legge til rette både for overvaking av miljøtilstanden langs skipsleia og å tenke igjennom på førehand kva tiltak for m.a. regulering av t.d. brønnbåttrafikk som må til i særskilte perioder som ved sjukdomsutbrot.

Tunnelprosjektet er i seg sjølv unikt og dette gjer også at mange av miljøvurderingane har måtta bli basert på skjønn. Med auka innsats vil det vere mogleg å betre presisjonen i vurderingane ved m.a. å fornye kunnskapen om miljøstatusen i Selje og ved bruk av nye simuleringsmodellar. Eit framtidig program for føre/etter granskingar saman med eit overvåkingsprogram vil kunne gje svært nyttig kunnskap om basale prosessar og effektar/endringar i fjordane både for hydraulikk, oseanografi og biologi. Slik ny-tileigna kunnskap vil kunne kome den framtidige kunnskaps- og IT-baserte forvaltinga av heile den norske kystsona til gode.

7. Litteratur

- Alabaster, J.S. og R. Lloyd 1982: Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths, London.
- Asplan-Viak 2000 (H. Hopen m.fl.): Stad skipstunnel - trafikkanalyse. Rapp. Asplan-Viak, Bergen, 31.05.00, 24s.
- Bokn, T.L., F.E. Moy og S.N. Murray 1993. Long-term effects of the water-accomodated fraction (WAF) of diesel oil on rocky shore populations maintained in experimental mesocosms. *Botanica Marina* 36, 313-319.
- Brattegard, T. og T. Holte (eds.) 1997. Distribution of marine, benthic macroorganisms in Norway. Research report for DN nr. 1997-1. Directorate for Nature Management.
- Dahl, E., M. Laake, K. Tejssem, K. Eberlein & B. Bøhle 1983: Effects of Ekofisk crude oil on an enclosed planktonic ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 14, pp. 81-91.
- Golmen, L.G., J. Molvær, og J. Magnusson 1994: Sea Level Oscillations with super-tidal Frequency in a coastal embayment of Western Norway. *Continental Shelf Research*, Vol. 14, No. 13/14, s 1439-1454.
- Havforskningsinstituttet 1981 (G. Berge og R. Pettersen): Miljøforholdene i indre Vanylvsfjorden, Syltefjorden og Kjøddepollen. *Fisken og Havet*, Serie B, 1981 Nr 5, Havforskningsinstituttet, Bergen, 11 s.
- Havforskningsinstituttet 2000 (J. Aure, red.): Havets Miljø 2000. *Fisken og Havet*, særnummer 2-2000, Havforskningsinstituttet, Bergen, 138 s.
- INSTANES 2000 (S. Knoph m. fl.): Stad Skipstunnel. Skisseprosjekt. Rapp. nr. 00179007, Instanes A/S, Bergen, 21 s. + skisser.
- Larsen, B.R., C. Astorga m.fl. 2000: Characterisation of Engine Exhaust Particulate Fingerprints and the Contribution to Air Quality. Rapp. EC Joint Res. Centre, Environment institute, Italia, 66s.
- Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer og C. Stephens 2000: Warming of the World Ocean. *SCIENCE* Vol 287, 24 mars 2000, s 2225-2229.
- Moe, K.A., E. Lystad, S. Nesse, J.R. Selvik 1993. Skadevirkninger av akutte oljesøl. *Marin miljø*. SFT rapport nr. 93:31. 114 s.
- Møre og Romsdal Fylkeskommune 1989: Havbruksplan Møre og Romsdal. Delrapport 3 II. Torskelfjordrapporten. Rapp. Møre og Romsdal Fylkeskommune, Molde.
- NGI 2000 (E. Grimstad): Stad skipstunnel. Ingeniørgeologisk undersøkning. Rapp. Nr. 20001179, Norges Geotekniske Institutt, utkast 16. mai.
- NILU 2000 (Haugsbakk og Tønnesen): Stad skipstunnel. Vurdering av luftforurensing ved tunnelåpninger. Rapp. OR 41/2000, NILU, 41s.

NIVA 1988a (Bjerknes, V., T.E. Dahl, L.G. Golmen, A. Storler, S.A. Vold, P.B. Wikander og K. Ås): Skipstunnel gjennom Stad. Vurdering av miljøkonsekvensar og seglingstilhøve. Rapp. Nr 2125, NIVA Bergen/Oslo, 142 s.

NIVA 1988b (K. Sørgaard): Eigna område for oppdrett i sjøen i Selje kommune. Rapp. Nr. 2172, NIVA Bergen/Oslo, 35 s.

NIVA 1988c (K. Baalsrud og R. Guldbrandsen): Tiltaksanalyse for Indre Oslofjord. Forurensing fra fritidsbåter og skip. Rapp. Nr. 2103, NIVA, Oslo, 39s.

NIVA 1992a (T. Johnsen og L. G. Golmen): Konsekvensanalyse av dumping av tunnelmasse i sjøen i Lærdalsområdet. Rapp. 2814, NIVA, Bergen/Oslo, 44s.

NIVA 1992b (D. Hessen): Uorganiske partikler i vann; effekter på fisk og dyreplankton. Rapp. Nr. 2787, NIVA, Oslo, 42 pp.

NIVA 1995a (V. Bjerknes): Suspenderte partikler fra anleggsarbeid. Virkninger på fisk. En litteraturgjennomgang. NOTAT, NIVA 21.01.95.

NIVA 1995b (J. Magnusson): Vurdering av effekt av propellstrøm fra fartøy på sedimenter i Oslo havn. NIVA-rapport L.nr 3218-95. 18 s.

NIVA 1996 (J. Molvær, R. Konieczny): Utfylling i sjøen ved Tangen verft, Kragerø. Grovvurdering av miljøproblemer. Rapp. 3567, NIVA, Oslo, 21s.

NIVA 1997a (J. Aure, F. Dahl, L. G. Golmen, T. Johannessen og J. Molvær): Vurdering av oksygenutvikling og organisk belastning på kyststrekninga Jomfruland-Stavanger. Rapp. Nr. 3555, NIVA, Oslo, 36s.

NIVA 1997b (Nygaard, K., B. Bjerkeng, T. Johnsen, E. Lømsland, L. B. Skancke og J. Vedal): Joint Nordic Environmental Impact and Safety Assessment of HSC: Investigation on Water jet processing of pelagic organisms. Rapp. Nr. 3749, NIVA, Oslo, 41 pp.

NIVA 1998a (T. Bækken): Drammenselva. Overvåking av vannkvaliteten ved Mjøndalen i samband med utfylling av tunnelmasser. Rapp. 3900, NIVA, Oslo, 10s.

NIVA 1998b (T. Bækken): Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse. Rapp. Nr. 3920, NIVA, Oslo, 26s.

NIVA 1998c (T. Johnsen m. fl.): Miljøvurderinger av utfylling av sprengstein i Store Lungegaardsvann. Rapp. Nr. 3927, NIVA, Oslo, 46 s.

NIVA 1999 (T. Johnsen, J. Molvær og A. Sundfjord): Store Lungegårdsvann - overvåking under dumping av sprengstein. Rapp. Nr. 4109, NIVA, Oslo, 53s.

NIVA 2000a (J. Skei og A. Sundfjord): Feltnålinger og utredninger knytta til oppfølging av konsekvensanalyse ved utvida sinkproduksjon ved Norzink i Odda. Rapp. Nr. 4196, NIVA, Oslo, 35s.

NIVA 2000b (A. Helland og T. Bakke): Utbygging av kaiområde Langnes-Pinnen, Arendal kommune. Rapp. Nr. 4215, NIVA, Oslo, 16s.

Olsen, Y., og A. Jensen 1989: Status for NTNFs program for eutrofieringsforskning. Programmets relevans til forskning og forvaltning i forbindelse med marin eutrofiering. ISBN 82-72224-299-0.

Parsons, T. R., M. Takahashi & B. Hargrave 1977: *Biological oceanographic processes*. 2nd Ed. Pergamon International Library, Oxford. 332 pp.

SINTEF 2000 (B. Brørs, S. Bjørdal og G. Eidnes): Stad skipstunnel -Hydraulikk. Rapp. nr. STF22F00219, SINTEF, Trondheim, 73 s + vedl.

UiB 1985 (P. Johannessen og A. M. Stensvold): Resipientundersøkelse i Moldefjorden Selje kommune. Rapp. Nr. 27/85, IFM, Universitetet i Bergen, 20 s.

UiB 1994 (Ø. Tvedten m.fl.): Konsekvensvurdering i forbindelse med utfylling av steinmasser i Aurlandsfjorden. Rapp. Nr. 26, 1994, Universitetet i Bergen, 82s.

Østgaard, K., E. N. Hegseth & A. Jensen 1984: Species-dependent Sensitivity of Marine Planktonic Algae to Ekofisk Crude Oil under Different Light Conditions. *Botanica Marina* XXVII, pp. 309-318.

Vedlegg A. Samandraget i 1988-rapporten

SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR, MILJØGRANSKINGANE.

Skipstunnelen gjennom Stadlandet inst ved Mannseidet vil skape vassirkulasjon mellom to fjordområde som idag er fysisk adskilde. Gjennom eit måleprosjekt hausten og vinteren 1987-88 har ein freista å skaffe seg datamateriale som kan gje peikepinn om kva miljømessige endringar tunnelen kan føre til i dei berørte områda.

Den feltmessige delen av dette prosjektet har bestått av to datainnsamlingsprogram, eit i regi av NIVA, og eit i regi av Norsk Hydroteknisk laboratorium (NHL).

NIVAs datainnsamlingsprogram, som var ein integrert del i arbeidet med kystsoneplan for Selje kommune, har bestått i tradisjonell hydrografering og vassprøvetaking. Det har vore gjort straummålingar i ulike berørte område. Vidare blei det sommaren 1987 tatt sedimentprøver. I samband med kystsoneplanarbeidet er det foretatt ymse befaringar, der det innsamla materialet danner grunnlag for vurderingane angående brukarkonfliktar m.m. Ein har lagt vekt på å få samle inn data som kan avsløre skilnader i dei to berørte fjordområda Moldefjorden og Kjødepollen.

Den knappe tidsfristen for prosjektet, og det faktum at ein ikkje har fått data som er representative for sommarhalvåret, fører naturleg nok til at utsagna om moglege endringar blir meir usikre. I tillegg var mesteparten av måleperioden for tidevatn (og vindoppstuving) prega av unormalt lite vind, med den følgje at typiske uvêrsbolkar er lite avbilda i datamaterialet. Denne begrensinga gjev seg særskilt utslag i dei resultata som NHL legg fram i sin del av rapporten, som omtalar straumtilhøva i tunnelen og rundt tunnelopningane.

Dei hydrografiske observasjonane tyder på at måleperioden 1987-1988 var prega av ferskare øvre lag, og saltare djupvatn i bassenga enn normalt. Den høge saliniteten i djupvatnet kan ha samanheng med den gradvise reduksjon i Atlanterhavsvatnet sin salinitet som er observert sidan 1984. I så fall kan ein no vere inne i ein periode der årleg tetthetsdreven djupvassutskifting vanskelegare skjer.

Karakteristikk av noverande tilstand.

Dagens tilstand i dei to berørte fjordområda er karakterisert av fleire sams trekk. Fysisk sett er djupvassutskiftinga i begge basseng hindra av tersklar. Dette fører til låge oksygenverdiar i djupvatnet i begge basseng. Eit karakteristisk sprangsjikt like under terskelnivå hindrar effektivt vertikal utlufting av djupvatnet. Desse tersklane er likevel så djupe, og gjennomstrøymingsarealet så stort, at turbulens ved tersklane bidrar lite til vertikal omrøring (liten dissipasjon av tidevassenergi, og ingen demping av tidevassamplituden).

Overflatevatnet i begge bassenga har høge vinterverdiar av næringssalt og totalt organisk karbon (TOC). Det generelle sirkulasjonsmønsteret opprettheld eit varmt vassjikt over terskeldjup i begge fjordane utover vinteren.

Av fysiske skilnader kan nemnast større brakkvassinnslag ($S < 30$) i Kjødepollen, noko som m.a. fører til regelmessig islegging der om vinteren. Dei hydrografiske dataene indikerer ein svingning på sesongskala når det gjeld ferskvassinnslag i øvre vassøyla (0-40 meter).

Tunnelen er forventa å redusere opphaldstida for overflatevatnet. Utoverretta mellomlags sirkulasjon i samband med vindoppstuvning kan bli redusert. Periodevis sterkare straum over tersklane kan påskunde nedbrytning av sprangsjikt under terskelnivå. Det er venta redusert islegging i Kjødepollen. Det kan bli periodevis islegging i Moldefjorden.

Undersøkjingane av botnfauna og sedimentkvalitet indikerte større organisk påverknad i indre deler av Moldefjorden samanlikna med dei djupaste partia der. Dei djupare delene har innslag av forureiningstolerante organismer. Samanlikning med data frå 1985 indikerer relativt stasjonære tilhøve i dei djupare områda. Sediment frå dei grunnare områda har stort innslag av terrestrisk plantemateriale.

Kjødepollens to innerste basseng ber preg av tydeleg organisk påverknad i dei djupare delene. Det tredje (ytre) bassenget har høgt faunamangfald.

Akvakultur.

Det er i dag fleire oppdrettsanlegg både i indre Vanylvsfjorden og Moldefjorden. Det er i begge områder søkt konsesjon for utvida aktivitet.

Tunnelen kan få både kortsiktige og langsiktige verknader for akvakultur. Dei kortsiktige er knytt til overkonsentrasjon av slam i nærleiken av fyllingsområda, samt slamutvasking frå tunnelen ei tid etter opning. Slammet fører og med seg større mengder nitrogen, som kan føre til algeoppblomstring. Vinterverdiane av næringssalt i dei to berørte fjordområda tyder imidlertid på at fosfor, og ikkje nitrat er vekstbegrensande. Anna ureining i samband med anleggsverksemd kan verka skadeleg/forstyrrande på fisken. Totale negative verknader kan ventast å bli størst i Moldefjorden, sidan fyllingsaktiviteten blir størst der. Båttrafikken etter opning av tunnelen og ureining som følgje av denne, vil tidvis kunne forstyrre fisken.

Det er foreslege tiltak som på grunnlag av overvaking av vasskvalitet m.m. i anleggsperioden kan settast inn for å minske skader på oppdrettsfisk. Fyllingsaktivitet som medfører fare for slamavskiljing, bør i størst mogleg grad leggast til vinterhalvåret.

På sikt kan redusert opphaldstid for overflatevatn verke positivt. Endringar i brakkvassjiktning og islegging vil kunne medføre negative endringar for oppdrettsnæringa.

Konflikt mellom ulike brukarinteresser.

Skipstunnelen vil i første rad kome kystskipsfarten og reisande langs kysten til gode. Lokalt utgjer anleggsarbeid og tunnelen sjølv eit konfliktpotensiale. Prosjektet vil medføre markante fysiske endringar, og stor skipstrafikk. Dei planlagde inngrepa kan ventast å medføre auka press på arealutnytting i Moldefjorden og Kjødpollen.

Dei direkte effektane av tunnelen vil naturleg nok kome i nærleiken av tunnelpåhogget og der kor steinmassene blir plassert. Dei meir indirekte verknadene av skipstrafikken vil i større eller mindre grad berøre andre brukarinteresser som er knytt til sjø- og strandområda i Moldefjorden og Kjødpollen.

Vedlegg B. Resultat frå varighetsanalysen for NIVAs strømmålingar ved Lesto-Vest i 1988:

STRØMFART, Lesto-Vest 1988

Finn lengda av perioder der strømsstyrken er mindre enn/lik gitt "Fart".

Forklaring til tabellane:

Fart	:	Strømsstyrke-verdi (cm/s), terskelverdi, den uavh. variable
Antal	:	Antal enkelt-målingar mindre enn eller lik gitt "Fart"
Prosent	:	Det prosentvise andel av "Antal" i høve til alle målingane
Perioder:	:	Antal perioder med strøm mindre enn eller lik "Fart"
mpu	:	Midlare periodelengde (min)(timar) med fart mindre enn/lik "Fart"
lpu	:	Lengste periode (timar) med fart mindre enn/lik "Fart"
mpo	:	Midlare periodelengde (min) (timar) med styrke større enn "Fart"
lpo	:	Lengste periode med styrke større enn gitt "Fart"

Vestlege målerigg, 15 m djup, 22. februar-3 mars 1988

Middelfart = 6.94 Fmax = 19.70 Varians = 14.17
 Antall målingar = 955 Tilsvarear 238.7 timar eller 9.9 dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	0	0.00	0	0	0.00	0.0	0	0.00	238.75	15
2.00	50	5.24	16	47	0.78	2.5	848	14.14	175.25	16
3.00	124	12.98	24	77	1.29	9.2	519	8.66	169.50	17
4.00	229	23.98	46	75	1.24	15.7	237	3.95	68.00	18
6.00	465	48.69	50	139	2.32	42.5	147	2.45	43.75	19
8.00	645	67.54	41	236	3.93	50.7	113	1.89	23.75	20
10.00	759	79.48	23	495	8.25	64.2	128	2.13	18.75	21
15.00	920	96.34	18	767	12.78	93.8	29	0.49	1.50	22
20.00	955	100.00	1	14325	238.75	238.7	0	0.00	0.00	23
25.00	955	100.00	1	14325	238.75	238.7	0	0.00	0.00	24

Vestlege målerigg, 30 m djup, 22. februar-3 mars 1988

Middelfart = 5.66 Fmax = 17.22 Varians = 15.20
 Antall målingar = 954 Tilsvarear 238.5 timar eller 9.9 dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	0	0.00	0	0	0.00	0.0	0	0.00	238.50	15
2.00	210	22.01	57	55	0.92	5.8	196	3.26	87.25	16
3.00	309	32.39	50	93	1.54	8.8	193	3.22	53.00	17
4.00	418	43.82	59	106	1.77	14.2	136	2.27	45.00	18
6.00	578	60.59	50	173	2.89	24.2	113	1.88	25.00	19
8.00	712	74.63	39	274	4.56	52.0	93	1.55	15.25	20
10.00	793	83.12	24	496	8.26	52.2	101	1.68	14.00	21
15.00	942	98.74	7	2019	33.64	124.2	26	0.43	1.00	22
20.00	954	100.00	1	14310	238.50	238.5	0	0.00	0.00	23
25.00	954	100.00	1	14310	238.50	238.5	0	0.00	0.00	24

Austlege rigg, 15 m djup, 3-15 mars 1988

Innfil: 277s3var.txt

Middelfart = 6.63 Fmax = 18.67 Varians = 10.53

Antal målingar = 1171 Tilsvarear 292.7 timar eller 12.2 dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	0	0.00	0	0	0.00	0.0	0	0.00	292.75	15
2.00	20	1.71	13	23	0.38	1.0	1328	22.13	167.25	16
3.00	133	11.36	51	39	0.65	4.0	305	5.09	74.75	17
4.00	308	26.30	59	78	1.31	8.2	219	3.66	63.00	18
6.00	570	48.68	68	126	2.10	20.5	133	2.21	24.50	19
8.00	821	70.11	71	173	2.89	46.7	74	1.23	9.25	20
10.00	992	84.71	39	382	6.36	66.0	69	1.15	8.25	21
15.00	1160	99.06	6	2900	48.33	101.2	27	0.46	1.75	22
20.00	1171	100.00	1	17565	292.75	292.7	0	0.00	0.00	23
25.00	1171	100.00	1	17565	292.75	292.7	0	0.00	0.00	24

Austlege rigg, 30 m djup, 3-15 mars 1988

Middelfart = 4.39 Fmax = 13.09 Varians = 7.85

Antal målingar = 1049 Tilsvarear 262.2 timar eller 10.9 dagar

Fart	Antall	Prosent(%)	perioder	mpu(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
1.00	0	0.00	0	0	0.00	0.0	0	0.00	262.25	15
2.00	305	29.08	54	85	1.41	9.7	207	3.44	34.50	16
3.00	432	41.18	57	114	1.89	10.7	162	2.71	18.75	17
4.00	545	51.95	60	136	2.27	11.7	126	2.10	15.25	18
6.00	740	70.54	59	188	3.14	41.7	79	1.31	14.25	19
8.00	921	87.80	34	406	6.77	57.7	56	0.94	6.25	20
10.00	1019	97.14	16	955	15.92	101.0	28	0.47	1.50	21
15.00	1049	100.00	1	15735	262.25	262.2	0	0.00	0.00	22
20.00	1049	100.00	1	15735	262.25	262.2	0	0.00	0.00	23

STRØMRETNING LESTO-Vest, 1988:

Finn lengda av perioder der strømmen er i gitt sektor (Retning)

Forklaring til tabellane:

Retning : Retning (senter) av sektor

Antall : Antal registreringar i sektor

Prosent : Det prosentvise bidraget til antal

Perioder: Antal perioder antal fordeler seg over

mps : Midlare periodelengde (min) (timar) i sektor

lpu : Lengste periode (timar) i sektor

mpo : Midlare periodelengde (min) (timar) utanfor sektor

lpo : Lengste periode utanfor sektor

Vestlege målerigg, 15 m djup, 22. februar-3 mars 1988

Middelfart = 6.94 Fmax = 19.70 Varians = 14.17

Antall målingar = 955 Tilsvarear 238.7 timar eller 9.9 dagar

Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)	
15	48	5.03	39	18	0.31	0.8	349	5.81	42.75	15
45	44	4.61	29	23	0.38	1.3	471	7.85	32.50	16
75	64	6.70	45	21	0.36	1.3	297	4.95	42.00	17
105	92	9.63	54	26	0.43	2.0	240	4.00	42.75	18
135	39	4.08	34	17	0.29	0.5	404	6.74	62.75	19
165	41	4.29	30	20	0.34	1.0	457	7.62	57.25	20
195	39	4.08	31	19	0.31	0.5	443	7.39	46.50	21
225	38	3.98	32	18	0.30	0.5	430	7.16	51.75	22
255	105	10.99	64	25	0.41	1.8	199	3.32	28.25	23
285	131	13.72	84	23	0.39	3.5	147	2.45	19.75	24
315	193	20.21	89	33	0.54	3.3	128	2.14	18.00	25
345	121	12.67	64	28	0.47	2.0	195	3.26	40.00	26

Vestlege målerigg, 30 m djup, 22. februar-3 mars 1988

Middelfart = 5.66 Fmax = 17.22 Varians = 15.20
 Antall målingar = 954 Tilsvavarar 238.5 timar eller 9.9 dagar

Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)
15	14	1.47	12	17	0.29	0.5	1175	19.58	52.75 15
45	27	2.83	26	16	0.26	0.5	535	8.91	33.25 16
75	111	11.64	65	26	0.43	1.5	195	3.24	44.00 17
105	222	23.27	82	41	0.68	5.0	134	2.23	36.00 18
135	68	7.13	52	20	0.33	0.8	256	4.26	31.50 19
165	67	7.02	43	23	0.39	1.5	309	5.16	29.25 20
195	40	4.19	32	19	0.31	0.8	428	7.14	37.00 21
225	54	5.66	37	22	0.36	1.3	365	6.08	24.75 22
255	134	14.05	67	30	0.50	4.8	184	3.06	29.75 23
285	111	11.64	59	28	0.47	3.0	214	3.57	36.25 24
315	67	7.02	39	26	0.43	1.8	341	5.69	31.00 25
345	39	4.09	30	19	0.32	0.8	457	7.63	42.75 26

Austlege rigg, 15 m djup, 3-15 mars 1988

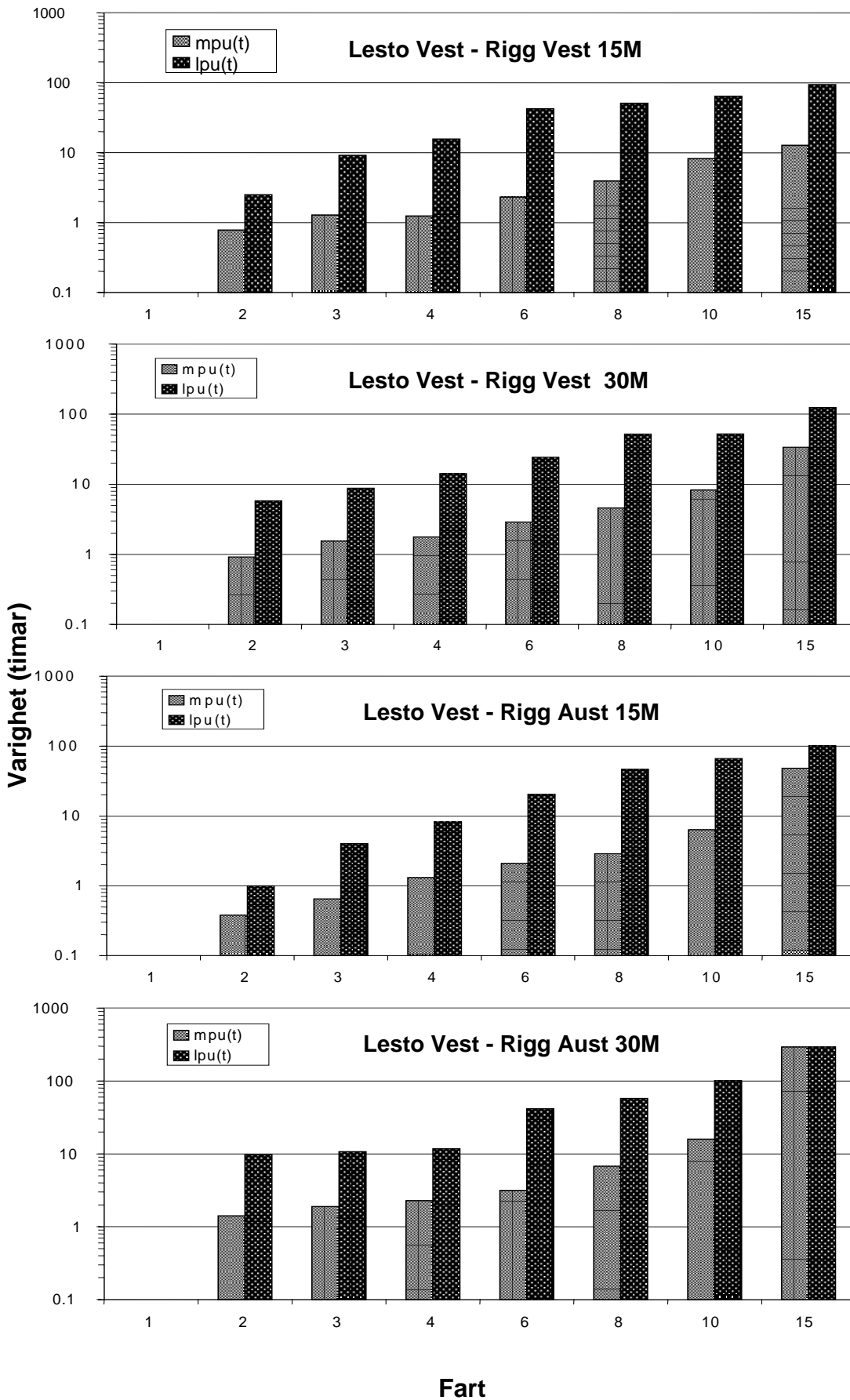
Middelfart = 6.63 Fmax = 18.67 Varians = 10.53
 Antall målingar = 1171 Tilsvavarar 292.7 timar eller 12.2 dagar

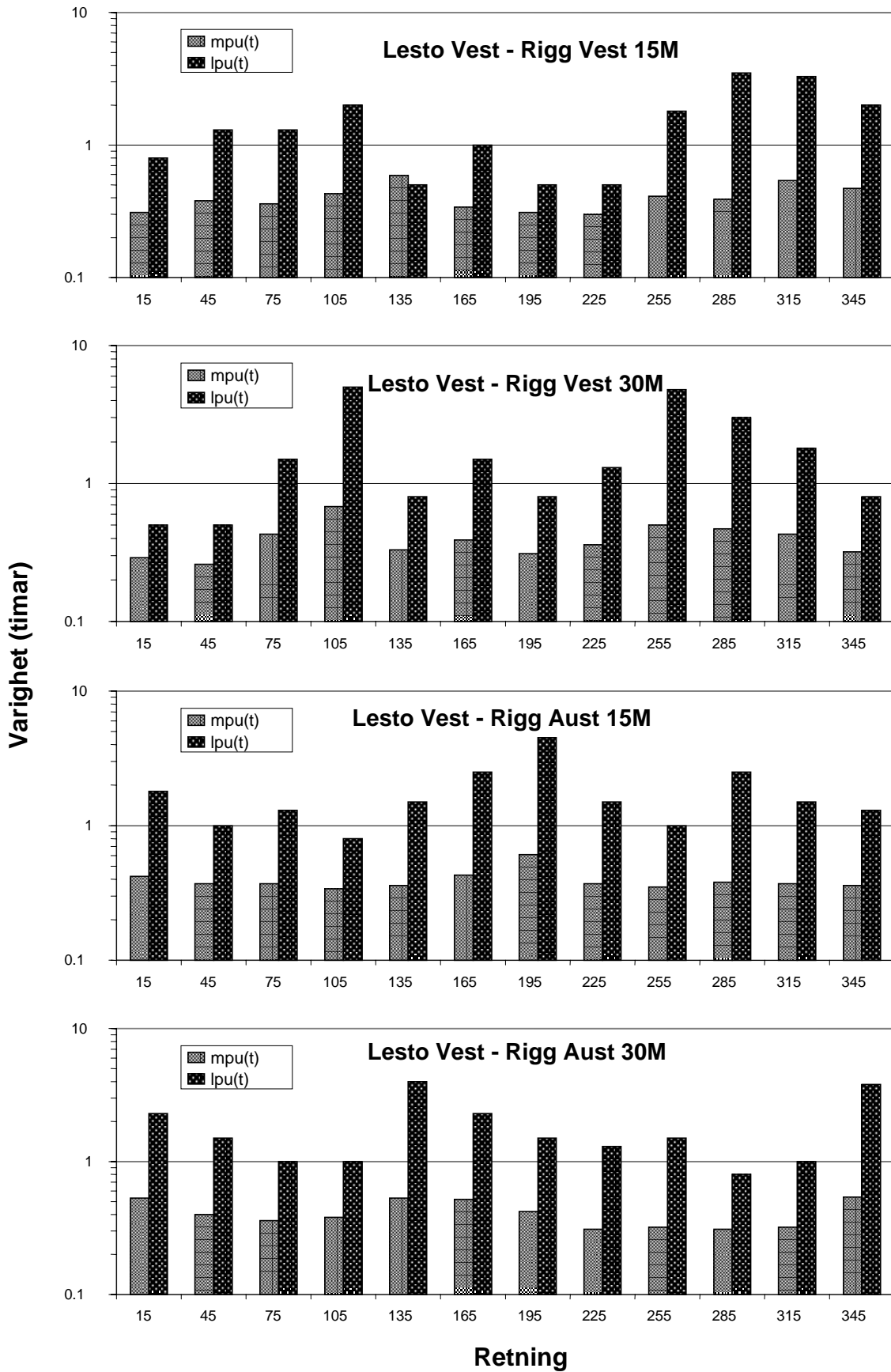
Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)
15	114	9.74	68	25	0.42	1.8	233	3.89	29.00 15
45	88	7.51	59	22	0.37	1.0	275	4.59	40.00 16
75	64	5.47	43	22	0.37	1.3	386	6.44	53.50 17
105	56	4.78	41	20	0.34	0.8	408	6.80	42.50 18
135	47	4.01	33	21	0.36	1.5	511	8.52	61.25 19
165	120	10.25	69	26	0.43	2.5	228	3.81	26.25 20
195	210	17.93	86	37	0.61	4.5	168	2.79	38.75 21
225	107	9.14	73	22	0.37	1.5	219	3.64	41.75 22
255	76	6.49	55	21	0.35	1.0	299	4.98	25.00 23
285	87	7.43	57	23	0.38	2.5	285	4.75	20.50 24
315	98	8.37	67	22	0.37	1.5	240	4.00	36.50 25
345	104	8.88	72	22	0.36	1.3	222	3.70	29.00 26

Austlege rigg, 30 m djup, 3-15 mars 1988

Middelfart = 4.06 Fmax = 13.09 Varians = 8.04
 Antall målingar = 1169 Tilsvavarar 292.2 timar eller 12.2 dagar

Retning	Antall	Prosent(%)	perioder	mps(m)	(t)	lpu(t)	mpo(m)	(t)	lpo(h)
15	135	11.55	64	32	0.53	2.3	242	4.04	23.25 15
45	57	4.88	36	24	0.40	1.5	463	7.72	33.75 16
75	64	5.47	45	21	0.36	1.0	368	6.14	34.25 17
105	78	6.67	52	23	0.38	1.0	315	5.25	24.25 18
135	176	15.06	83	32	0.53	4.0	179	2.99	19.75 19
165	193	16.51	93	31	0.52	2.3	157	2.62	22.00 20
195	104	8.90	62	25	0.42	1.5	258	4.29	29.75 21
225	55	4.70	44	19	0.31	1.3	380	6.33	99.50 22
255	52	4.45	41	19	0.32	1.5	409	6.81	62.00 23
285	44	3.76	36	18	0.31	0.8	469	7.81	62.00 24
315	50	4.28	39	19	0.32	1.0	430	7.17	58.00 25
345	161	13.77	75	32	0.54	3.8	202	3.36	22.00 26





Vedlegg C. Resultat av planktonanalysar

Celler/liter	Moldefj.	Kjødepollen	Moldefj.	Kjødepollen
	St. 5 0 m	S-11 0 m	St. 5 2 m	S-11 2 m
CRYPTOPHYCEAE				
cf. Hemiselmis spp.				37 000
Leucocryptos marina				
cf. Plagioselmis sp.	148 000	1 173 000	37 000	185 000
cf. Teleaulax acuta	74 000	481 000	74 000	148 000
DINOPHYCEAE				
Ceratium arietinum				600
C. furca	4 480	10 560	7 200	14 100
C. fusus	240	240	300	900
C. horridum				
C. longipes	160	320	300	600
C. macroceros		400	80	
C. tripos	560	480	300	900
Dinophysis acuminata		80		
D. acuta	80			
D. norvegica	80			80
D. odiosa		80		
Ebria tripartita	7 800		8 400	300
Entomosigma peridinioides		259 000	74 000	
Heterocapsa rotundatum	111 000	37 000	37 000	
Prorocentrum micans	80	80		
Protoperidinium curtipes/crassipes				80
Ubest. dinoflagellat	148 000	37 000	148 000	18 800
PRYMNESIOPHYCEAE				
Chrysochromulina spp.	74 000		407 000	
Emiliana huxleyi	814 000	1 173 000	888 000	666 000
BACILLARIOPHYCEAE				
Arcocellulus cornucervis	222 000		670 400	259 000
Chaetoceros minimus/throndsenii	148 000		670 400	
C. tenuissimus	74 000		838 000	
Leptocylindrus danicus	592 000	666 000	838 000	259 000
Proboscia alata	240		1 200	
Ubestemte små sentriske diatomeer	148 000	222 000		37 000
Ubetemte små pennate diatomeer	518 000	296 000	670 400	148 000
PRASINOPHYCEAE				
Pyramimonas spp.	148 000	74 000	148 000	185 000
UKLASSIFISERT				
Flagellater	1 998 000	5 866 000	2 514 000	2 516 000
Coccoide celler 1-2 µm	287 mill.	286 mill.	23 mill.	348 mill.

Celler/liter	Moldefj.	Kjødepollen	Moldefj.	Kjødepollen
	St. 5 5 m	S-11 5 m	St. 5 10 m	S-11 10 m
CRYPTOPHYCEAE				
cf. Hemiselmis spp.	9 200	148 000		
Leucocryptos marina				
cf. Plagioselmis sp.	9 200	370 000		46 000
cf. Teleaulax acuta	55 200	148 000		193 200
DINOPHYCEAE				
Ceratium arietinum	560	720	400	80
C. furca	2 880	3 760	7 360	480
C. fusus	1 680	240	3 360	160
C. horridum			80	
C. longipes	160	240	240	160
C. macroceros		320		
C. tripos	80	480	400	
Dinophysis acuminata				
D. acuta	1 040		560	
D. norvegica	40		480	80
D. odiosa				
Ebria tripartita	9 200			
Entomosigma peridinioides				
Heterocapsa rotundatum	9 200		9 200	9 200
Prorocentrum micans			320	
Protoperdinium curtipes/crassipes	80	80	160	
Ubest. dinoflagellat	27 600	18 400	18 400	9 200
PRYMNESIOPHYCEAE				
Chrysochromulina spp.	37 000	37 000	74 000	
Emiliana huxleyi	296 000	814 000	46 000	202 400
BACILLARIOPHYCEAE				
Arcocellulus cornucervis	37 000	148 000		
Chaetoceros minimus/thronsenii				
C. tenuissimus				
Leptocylindrus danicus				
Proboscia alata				
Ubestemte små sentriske diatomeer		37 000		18 400
Ubetemte små pennate diatomeer				
PRASINOPHYCEAE				
Pyramimonas spp.	64 400	222 000	101 200	
UKLASSIFISERT				
Flagellater	703 000	1 850 000	925 000	588 800
Coccoide celler 1-2 µm	17 mill.	49 mill.	8 mill.	5 mill.

Vedlegg D. Foto frå strandsonesynfaringa 4-5. september 2000



Oversiktsbilde over Moldefjorden



Indre del av Kjødepollen

Moldefjorden



St. 1 Lestovika vest



St. 1 Lestovika vest



St. 2. Lestoneset



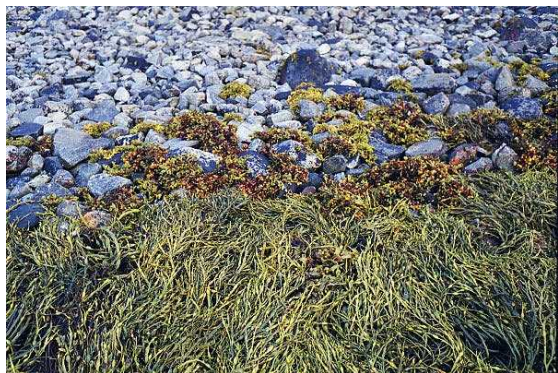
St. 3 Lestovika øst



St. 4 Leirvika



St. 4 Leirvika



St. 5 Eidsstranda



St. 5 Eidsstranda

Kjødepollen



St. 6



St. 6



St. 7



St. 7



St. 8



St. 9



St. 10



St. 11



St. 10



St. 11



St. 12



St. 13