

NIVA



RAPPORT LNR 4443-2001

Vurdering av inntak og
utslepp av kjølevatn/
prosessvatn ved
Ljøsneset i Øygarden
for Naturgass Vest AS og
Cod Culture Norway AS



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 Vurdering av inntak og utslipp av kjølevatn/prosessvatn ved Ljøsneset i Øygarden for Naturgass Vest AS og Cod Culture Norway AS	Løpenr. (for bestilling) 4443-2001	Dato 12. november 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-21902	Sider Pris 33
Forfatter(e) Lars G. Golmen Tone J. Kroglund	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Naturgass Vest AS, Strandgt. 59, 5004 Bergen Bergen Aqua AS, Pb 2604 Møhlenpris, 5836 Bergen	Oppdragsreferanse Wenche Teigland P100, 250901
---	--

Samandrag:
 Naturgass Vest AS skal etablere LNG anlegg i Kollsnes Næringspark. Ved drift av anlegget er det behov for inntak og utslipp av kjølevatn, tilsvarende ca 1.000 m³/time. Utsleppstemperaturen vil ligge konstant rundt 25-27 °C. Cod Culture Norway AS har etablert seg i næringsparken med anlegg for produksjon av torskeyngel/settefisk, og som får behov for oppvarming av prosessvatn deler av året for å oppnå optimal vekst. Det er i den sammenheng aktuelt for Cod Culture å bruke kjølevatn frå LNG anlegget. Rapporten vurderer ulike sider og alternativ kring inntak og utslipp av kjølevatn/prosessvatn frå dei to bedriftene, og vurderer dette også i relasjon til andre utslipp i området samt til risiko for påvekst av organismer.

Fire norske emneord 1. Kjølevassinntak 2. Kjølevassutslipp 3. Påvekst 4. Kollsnes	Fire engelske emneord 1. Cooling water intake 2. Cooling water discharge 3. Biofouling 4. Kollsnes
---	--


 Lars G Golmen
 Prosjektleder


 Jan Magnusson
 Forskningsleder
 ISBN 82-577-4088-8


 Jens Skei
 Forskningssjef

**Vurdering av inntak og utslepp av
kjølevatn/prosessvatn ved Ljøsneset i Øygarden**

**for
Naturgass Vest AS
og
Cod Culture Norway AS**

Forord

Naturgass Vest AS skal innan august 2003 etablere prosessanlegg for kjøling og lasting/transport av LNG (nedkjølt, flytande naturgass) på Kollsnes Næringsparks areal i Øygarden kommune vest for Bergen.

I samband med dette prosjektet er det behov for oseanografiske vurderingar og tilrådingar omkring inntak og utslepp av kjølevatn i Hjeltefjorden. Etter møter med påfølgjande prosjektforslag i september 2001 blei NIVA engasjert til å vurdere aktuelle spørsmål slik at det kan arbeidast vidare med design og installasjon på næringsparkens industriområde. Cod Culture Norway AS (Bergen Aqua AS) etablerer anlegg for produksjon av torskeyngel på samme området, og ba om å få gjort tilleggs-vurderingar omkring sjøresipienten. Prosjektet kom såleis i gang på kort varsel og med kort frist, som eit spleiselag mellom dei to bedriftene.

Wenche Teigland og Inge Berthelsen var kontaktpersonar hos Naturgass Vest, og Finn Chr. Skjennum hovedkontakt hos Bergen Aqua. Tore Ramsevik (Cod Culture), Marcus Zapf (Naturgass Vest) og Hans-G. Kristiansen (General Electric) orienterte om aktivitet og planer i næringsparken under synfaring 11. oktober. Bergen Tomteselskap v/Kjell T. Skjellanger og Ole H. Kleppe bidrog med opplysningar om Næringsparken og planer framover. Inger Karin Roald i Øygarden kommune bistod NIVA med opplysningar om kommunale utslepp m.m. i det aktuelle området. Tone Kroglund, NIVA-Sør, bidrog til rapporten med vurderingar om påvekst. Arild Sundfjord og Camilla Grimsby ved NIVA-Vest har bidratt med EDB m.m. undervegs i prosjektet. Takk til alle involverte.

Bergen, 12. november 2001

Lars G. Golmen

Forsidefoto: Flyfoto over Kollsnes Næringspark, september 2001, sett mot vest.

(Kjelde: Kollsnes Næringspark AS, <http://www.kollsnes.no/>.)

Innhald

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn og formål	8
1.1 NIVAs mandat	9
1.2 Møter og synfaringar	10
2. Eksisterande og planlagte inntak/utslepp	10
3. Generelle opplysningar om resipienten	15
3.1 Topografi/Botntilhøve	15
3.1.1 Hjeltefjorden	15
3.1.2 Ljøsnesbukta	16
3.2 Hydrografi og vasskvalitet	16
3.2.1 Hydrografi	16
3.2.2 Vasskvalitet	18
3.3 Strømforhold	18
3.3.1 Hjeltefjorden	18
3.3.2 Målingar i Ljøsnesbukta	19
3.3.3 Stenging av Ljøsøysundet	19
3.4 Biologiske forhold	19
4. Innlagring og fortynning	20
4.1 Kommunale utslepp	21
4.1.1 Kommentar	23
4.2 Utslepp frå Cod Culture (CCN)	23
4.2.1 Kommentar	23
4.3 Kjølevatn frå LNG anlegget	24
4.4 Spreiing på grunn av strøm	25
4.5 Sedimenterande materiale	25
5. Risiko for påvekst	26
5.1.1 Påvekst i kjølevassystem	26
5.1.2 Metoder for å hindre påvekst	27
5.1.3 Erfaring frå andre anlegg	28
5.2 Vurderingar	28
6. Diskusjon	29
6.1 Influens frå andre utslepp	29
6.2 Forslag til oppfølging	31
7. Litteratur	32

Sammendrag

Selskapet Naturgass Vest AS skal innan august 2003 etablere og sette i drift prosessanlegg for kjøling og lasting/transport av LNG (nedkjølt, flytande naturgass) på Kollsnes Næringsparks areal ved Ljøneset i Øygarden. I samband med drift av anlegget er det behov for å ta inn ca 1.000 m³/time kjølevatn frå Ljønesbukta eller Hjeltefjorden med låg og jamn temperatur over året, samt å sleppe vatnet med temperatur 25-27 °C ut igjen i sjøen på høveleg måte.

Cod Culture Norway AS (Bergen Aqua) er i ferd med å etablere anlegg for produksjon av marin fisk (torskeyngel) på industriområdet. Anlegget skal etter planen settast i drift i løpet av desember, 2001, med førebels kapasitet til å produsere 10 mill. 5-10g yngel pr år. Produksjon av 100g settefisk i neste fase vil foregå i utendørskar. Seinare kan produksjonen bli auka til 25 mill fisk pr. år ved å nytte kjølevatn frå gasskraftverket.

Cod Culture skal ta inn sjøvatn til produksjonen gjennom leidning som er lagt ut til 50 m djup i Ljønesbukta. Utsleppsleidning for prosessvatn munnar ut på 16 m djup i bukta. Forbruket av vatn vil bli gradvis trappa opp frå 300 til 700 m³/time. For å optimalisere produksjonen er det aktuelt å varme prosessvatnet eller evt. å ta inn (deler av) kjølevatnet frå LNG anlegget.

Det er etablert tre kommunale utslepp i eller nær Ljønesbukta: Blomgangstø (80 m djup, 800 pe), Kollsnes næringspark (25 m djup, 150 pe) og Ovågen (25 m djup, 300 pe). Vidare kan det bli etablert nye bedrifter i næringsparken som vil bruke sjøvatn. Kollsnes Aqua AS som skal nytte kjølevatn frå det planlagte Kollsnes gasskraftverk blir i så måte den største. Naturkraft AS er nå i gang med design av dette utsleppet i eller nær Ljønesbukta.

Ved hjelp av eksisterande datamateriale for sjøområdet og innsamla opplysningar om utslepp og inntak har vi gjennomført modellsimulering for ei rad ulike konfigurasjonar. Vi har ut frå dette funne å kunne tilrå langsiktig løysing for Cod Culture og LNG anlegget som vil fungere ut frå eit resipientmessig synspunkt, d.v.s. inntak, evt. felles, i 50 m djup som etablert, utslepp frå Cod Culture i 16 m djup som etablert, og (nytt) utslepp frå LNG anlegget i 30 m djup. Dette gir med dei fluksar vi har lagt til grunn, tilstrekkeleg vertikal separasjon og ingen overflatepåverknad eller risiko for resirkulering.

Vi forutset at nye utslepp, spesielt frå eit eventuelt gasskraftverk (via Kollsnes Aqua AS) blir lagt slik at det ikkje innlagrar seg i sjikt rundt 50 m med risiko for påverknad av eksisterande/foreslått inntak.

Det er gjort særskilt vurdering for risiko for innsuging av organismer i inntaket og påvekst i røyr etc. Resultata syner at inntak i 50 m djup skal gi tilstrekkeleg tryggleik for dette.

Summary

Title: Naturgass Vest AS, Cod Culture Norway AS: An evaluation of intake and discharge locations for cooling water/process water at Ljøsneset in Øygarden

Year: 2001

Author: Lars G Golmen and Tone Kroglund

Source: Norwegian Institute for Water Research, Rep. No. 4443, ISBN No.: ISBN 82-577-4088-8

The Company Naturgass Vest AS plans to establish a LNG process plant at an industrial development site (Kollsnes Næringspark at Ljøsneset) on the island Blomøy in Øygarden county, NW of Bergen. The LNG plant will require 1,000 m³/hr constant supply of cooling water (seawater) pumped from the bay nearby and adjacent to the deep and open Hjeltefjord.

The return flow of cooling water that will maintain temperatures between 25 - 27 °C throughout the year needs to be discharged back into the bay at a suitable depth/location.

Recommendations on depth/locations for the intake and outlet are to be given as part of the present analysis performed by the Norwegian Institute for Water Research, NIVA, on a contract from Naturgass Vest AS.

The company Cod Culture Norway AS (CCN, subsidiary of Bergen Aqua AS) has established a landbased plant on the same site as the LNG plant for the production of juvenile cod. CCN will initially need 300 m³/hr (10-14 °C temperature) of seawater throughflow and 700 m³/hr or more at later development stages. This seawater can be taken via existing intakes pipelines at 10 m or 50 m depth in the bay, and discharged via existing pipeline at 16 m depth.

During winter the ambient seawater temperatures are too low for optimum cod production with requirement for some pre-heating of the production water. Alternatively, therefore, CCN can utilise some of the used and warm cooling water from the LNG unit for the cod production either all year or during the cold season.

As part of the present analysis different scenarios for combinations of the water flows for both plants with various discharge and intake depths have been simulated by numerical plume model, based on existing information and knowledge of the oceanographic conditions in the recipient. The existing CCN pipelines, although not permanently fixed, are part of the baseline information for the present analysis.

The discharges from three existing municipal sewers in the area have been considered for possible interactions with the new intakes for cooling water/process water.

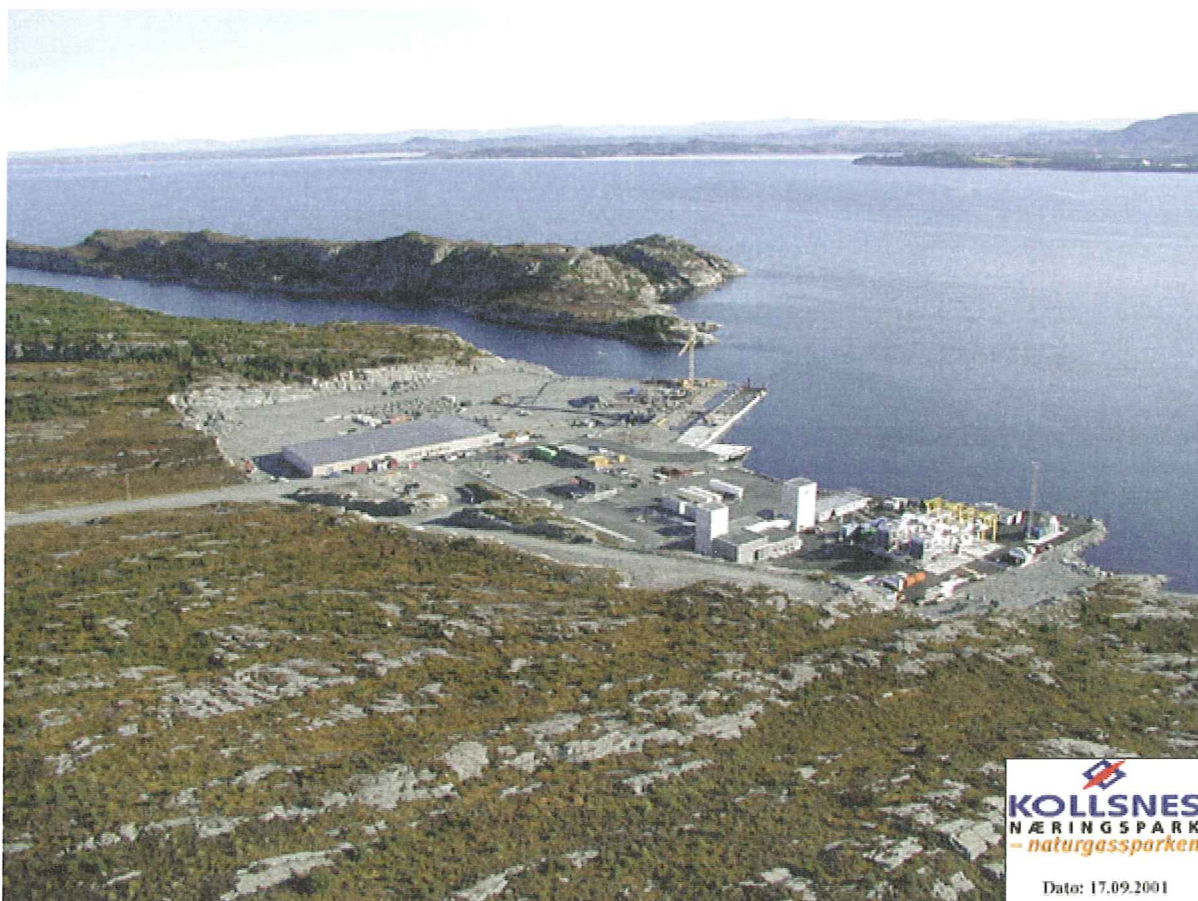
Based on the likely scenarios for water flows in the LNG and cod production plant, respectively, an intake depth of 50 m is recommended for both plants. This is in accordance with the depth of the existing intake for the cod production plant and will imply sufficient protection against cooling system contamination by biofouling and the maintenance of fairly stable intake temperatures throughout the year. Additionally, this will limit the risk of a dense, bottom-tracking discharge plume being formed as may be the case with an intake of deeper, denser water.

The future discharge from the already existing outlet at 16 m depth from CCN will most likely not affect the surface layer, according to the simulations. For a 700 m³/hr discharge the diluted plume will

1.1 NIVAs mandat

Følgjande punkt har stått sentralt i NIVAs arbeid i september-oktober 2001:

1. Vurdere utsleppet av brukt, oppvarma kjølevatn (T_{ut} ca 25-27 °C), evt. ført via Cod Culture AS sitt anlegg. Bistand med rådgjeving m.h.t. å tilfredsstille krav og tilrå løysingar for minimalisering av eventuelle konflikhtar med etablerte inntak/utslepp og miljøeffektar.
2. Vurdere risiko for inntak av vatn som kan medføre innvendig påvekst av rør etc og dermed behov for klorering e.l.
3. Vurdere plassering av inntaket for sjøvatn til kjøling av LNG anlegget (17 m³/min, tilsv. ca 1.000 m³/time) aust for industriområdet ved Ljøsneset, mot Hjeltefjorden. Behovet er reint kjølevatn med låg og mest mulig stabil temperatur over året.



Figur 2. Oversikt over industriparkens område, sett mot nordaust og Hjeltefjorden, september 2001. Til høgre ligg General Electric's anlegg, og til venstre Cod Culture's hall. Naturgass-Vest etablerer LNG anlegget t. h. i området. Sundet mot Ljøsøy blir stengt med fylling i 2002. Kjelde: Kollsnes Næringspark AS.

1.2 Møter og synfaringar

I løpet av prosjektperioden har NIVA gjennomført følgjande møter/synfaringar:

Dato, 2001	Stad
30. august	Møte med Naturgass Vest
8. oktober	Synfaring Kollsnes Næringspark, og møter
8. oktober	Møte med General Electric
8. oktober	Møte med Øygarden kommune, tekn. etat
22. oktober	Møte med Naturgass Vest
23. oktober	Møte med Bergen Aqua
26. oktober	Møte med Bergen Tomteselskap/Kollsnes Næringspark

2. Eksisterande og planlagte inntak/utslepp

Vi gir her eit kortfatta oversyn over eksisterande og planlagte utslepp samt sjøvassinntak i området som vi har kunna finne dokumentasjon på i løpet av prosjektperioden. Lista er neppe heilt komplett, og det er uansett rimelig å anta at framtida vil medbringe nye utslepp/inntak i samband med nye etableringar.

Cod Culture Norway AS (Bergen Aqua) etablerer anlegg for produksjon av marin fisk (torskeyngel) på industriområdet. Bygging starta i april 2001, og anlegget vil være i drift i løpet av desember, 2001. Anlegget får førebels kapasitet til å produsere 10 mill. 5-10g yngel pr år (Fase 1a). Produksjon av 100g settefisk i neste fase (Fase 1b) vi foregå i utendørskar. Seinare kan produksjonen bli auka til 25 mill fisk pr. år ved å nytte kjølevatn frå Gasskraftverket (Fase 2a).

Sjøvassinntak: Cod Culture skal ta inn sjøvattn til produksjonen. Det er etablert ein leidning med 560 mm diam. på ca 50 m djup, samt ein reserve inntaksleidning på 10 m djup, nær kaia. Kvar av desse har kapasitet på 700 (1.000) m³/time. I oppstartsfasen frå desember 2001 vil det vere behov for ca 5.000 l/min (300 m³/time), tatt inn enten frå 50 m eller 10 m djup. Ved settefiskproduksjon i drift vil vassbehovet auke til max 700 m³/time med 500-700 m³/time i forbruk normalt. Ved å nytte begge inntaka er den teoretiske kapasiteten 1.400 m³/time.

I driftsplanane er det skissert løysingar der spillvarme frå Naturgass Vest sitt LNG anlegg blir utnytta i produksjonen hos Cod Culture, før retur til sjøen. Ideell veksttemperatur for torskeyngelen er 10-14°C og slik temperatur kan neppe oppnåast gjennom det djupe inntaket utan oppvarming eller innblanding av kjølevatn f.eks. frå LNG anlegget. Alternativt kan slik temperatur oppnåast ved inntak i 10 m eller i overflata i deler av sommarhalvåret, som er aktuell produksjons-sesong.

Utslepp: Utslepp vil bestå av brukt vatn i produksjonen, med samme fluks som i sjøinntaket med atterhald om ein viss justering dersom tilleggsvatn frå LNG anlegget blir nytta. Temperaturen vil ligge på 10-14 °C, d.v.s. høgare enn i inntaket, i alle fall i vinterhalvåret.

Bedrifta søkte Fylkesmannen om utsleppsløyve for anlegg for yngel og setjefisk tilsvarande produksjon på max 250 tonn/år i 1999 og fekk søknaden godkjent i oktober, 2000. I løyvet ligg det krav om at utsleppsleidningen skal gå til minst 15 m djup, 20 m frå land. Avlaupet skal rensast for evt. feitt (feittavskiljar) og daud fisk. Slakteavfall, forrestar og slam skal handterast slik at det ikkje oppstår forureiningsmessige ulemper.

Utslepp av prosessvatn er nå etablert på ca 16 m djup austafør kaianlegget i.h.h.t. konsesjonsløyvet frå Fylkesmannen. Der er også gravd ned eit reserve utsleppsrør under kaiområdet.

Utslepp av forureining i returvatnet til sjøen vil bestå av avføring (feces) samt muligens små mengder spillfor. I tillegg vil det vere løyst nitrogen (nitrat, ammonium) og fosfor (fosfat) samt CO₂ frå fiskens respirasjon. Utsleppa vil foregå med ganske konstant fluks over året.

General Electric har testanlegg for flymotorar samt for gassdrevne generatorar med effekt inntil 30MW. Det blir produsert store mengder energi i testperiodene for generatorar. Testane varer gjerne 1-2 mnd. Varmeenergien blir dissipert i eit ferskvassmagasin som så blir kjølt mot sjøvatn. Kjølevatnet blir pumpa inn gjennom slangar frå sjøen like ved anlegget, og returnert same stad. Sjøvassfluksen tilsvarar ca 1.500 m³/time med temperaturauke på ca 17 °C i returvatnet. Det er ikkje framkomne opplysningar om bruk av kjemikalier.

Sidan inntak og utslepp av sjøvatn til kjøling skjer med ujamne intervall har det vore vanskelig å få "solgt" varmtvatnet frå General Electric til andre brukarar på området. Vi har ikkje fått kjennskap til at noko formelt utsleppsløyve av kjølevatn er omsøkt eller gitt og har ikkje detaljar omkring arrangement og rutiner for inntak/utslepp.

CNG anlegget

Naturgass Vest sitt eksisterande CNG anlegg har ingen sjøvassinntak eller utslepp, i følgje opplysningar frå bedriften. Det vil heller ikkje bli tale om regulære utslepp i framtida; kompressorar etc vil bli luftkjølte.

I samband med klargjering og oppstart av det planlagte gassrøret frå CNG anlegget til byen vil det i h.h.t. foreliggende planer (Naturgass Vest 2001) vere behov for å spyle/fylle røret. Det kan bli nytta glykol for å hindre hydrattanning, natrium bisulfitt for å fjerne oksygen, nitrogen til tørking og evt lut til slutt dersom røret blir liggande vassfylt i lengere tid før oppstart. Fylling etc vil foregå via kompressorar og pumper plassert i Næringsparken. Utløpspunktet ved spyling etc. vil bli ved Kollsnes, og i konsekvensanalysen er det ikkje rekna med miljømessige effekter av betydning i samband med klargjeringa. Uhellsutslepp av gass i driftsfasen er rekna som lite sannsynlig og vil medføre kun små/lokale effekter på marint liv (Naturgass Vest 2001).

Sanitæravlaup frå industriparken.

Kollsnes Næringspark har stått for tilrettelegging av avløp frå sanitæranlegg m.m. i industriparken. Kommunen har nå overtatt anlegget. Kommunens retningslinjer for etablering av avlaup m.m. skal ha følgjande generelle målsettingar (Øygarden kommune 2000):

- Sjøvatnet, sjøoverflata og strendene skal vere fri for synleg forureining
- Brukarkrav til vasskvalitet skal vere tilfredsstillt
- Naturens evne til sjølvreinsing skal ikkje overskridast
- Botnfauna skal ikkje påverkast til å avvike frå normaltilstanden

Utsleppsløyvet frå Fylkesmannen i Hordaland (febr, 1996) omfattar omsøkt avlaup frå max 150 pe (ca 100 PE) til minst 25 m djup i Hjeltefjorden. Avløpet går gjennom slamavskiljar som skal tømme regelmessig. Vassfluksen vil variere over døgnet i h.h.t. aktuelt forbruk/tilførsler, og vil sannsynlegvis vere størst om dagen. Spreiing og fortykning i resipienten vil avhenge av faktisk vassfluks ut av avlaupsrøret. Stor fluks (evt. gjennom eit tynt røyrt) kan innebære auka risiko for opptrenging til overflata, noko som er spesielt ugunstig.

Eit typisk tal for vassforbruk for 1 pe er 150 l/døgn. For 150 pe blir dette ca 23 m³/døgn eller 0,25 l/s i døgnmiddel. Det er då kun rekna med sanitæravlaup, ikkje frå nedbør/overlaup som er forutsatt å gå utenom. Det vil sannsynlegvis vere nesten stopp om natta og topp i fluksen om dagen sjølv om varierende avstand frå oppsamlingskum m.m. kan bidra til å jamne ut dette noko. Momentan-fluks vil såleis variere frå null og kanskje opp mot 5-10 l/s.

Målingar frå andre stader for å kvantifisere faktiske fluksar frå reinseanlegg har synt store variasjonar både på døgn-og vekeskala. Avvik frå "normtal" basert på antatt einskild-forbruk pr pe kan vere store (Friedler og Butler 1996). Dette for å illustrere usikkerheita som estimat for utsleppstal frå Kollsnes Næringspark og andre stader uansett vil vere befengt med, basert på pe-terminologien.

Basert på erfaringstal frå andre anlegg/stader kan ein rekne med følgjande reinsegrad for anlegget,

Sedimenterbart/flytande stoff:	95%
Suspendert stoff:	30-60%
Nedbrytbart organisk stoff (BOF ₇):	20-30%
Total fosfor (P):	5-15%
Total nitrogen (N):	5-15%

Tabell 1 angir om lag kva dette vil representere i form av tilførselar til anlegget og vidare til sjøen.

Tabell 1. Berekna tilførselar til den kommunale slamavskiljaren og til resipienten ved Ljøsnes, etter siling/sedimentering.

Parameter	Tilført anlegget kg/døgn	Til resipienten kg/døgn
Fosfor (P)	0,25	0,02-0,025
Nitrogen (N)	2	1,5-1,8
Organisk stoff, (BOF₇)	7	4,8-5,5

Andre kommunale avlaup

- 1 km nord for industriområdet, ved **Ovågen** like nord for Osundet, er det etablert avlaup til 25 m djup tilsvarende 300 pe (dimensjonering).
- Om lag 1 km sør for området, aust av Småvikane (Blomgangstø), er det etablert og tatt i bruk eit avlaup dimensjonert for 800 pe, og med utsleppsdjup 80 m (stort utsleppsdjup for å unngå konflikt med havbruksaktivitet i området).

Det er ikkje gjort særskilte resipientvurderingar eller berekningar kring desse utsleppa, og kommunen har heller ikkje utført noka samla miljøundersøking av resipientar for kommunalt avløpsvatn (Øygarden kommune 2000). Men det er gjort fleire granskingar rundt lokale utslepp.

Havbruksverksemd i området

Forutan den planlagte landbaserte aktiviteten med marin fisk i Næringsparken, er det eit anlegg (konsesjon) i sjøen for laks og aure ved Blom ca 1 km sør for Ljøsneset. Sjå kart i **Figur 3**.

Planlagt LNG anlegg, Naturgass Vest

LNG anlegget vil ha eit kontinuerlig kjølevassbehov på 15-17 m³/min (ca 1.000 m³/time). Utsleppet vil ha ein stabil temperatur på 25-27 °C. Bruk av kjemikalier (klorering) for å hindre påvekst av organismer vil i det lengste bli søkt unngått ved å plassere inntaket tilstrekkelig djupt. Det inngår i noverande studie å analysere og tilrå plassering av inntak og utslepp. Herunder om brukt kjølevatn kan først gjennom Cod Culture sitt oppdrettsanlegg før retur til sjøen.

Planlagt brenselcelle/CoGen anlegg

Shell skal anlegge eit 250 kW brenselcelle kraftverk (demonstrasjonsanlegg) med bruk av naturgass frå Kollsnes. Her vil det bli nytta sjøvatn til kondensatorkjøling, med antatt fluks 38 m³/time og med overtemperatur i forhold til inntak på 5-6 °C. Ingen utslepp av ferskvatn, i følge våre opplysningar.

LNG anlegget vil produsere ein del lavgradig restgass som det er planer om å brenne i eit mindre CoGen anlegg, som kan bli lagt i tilknytting til brenselcelle anlegget.

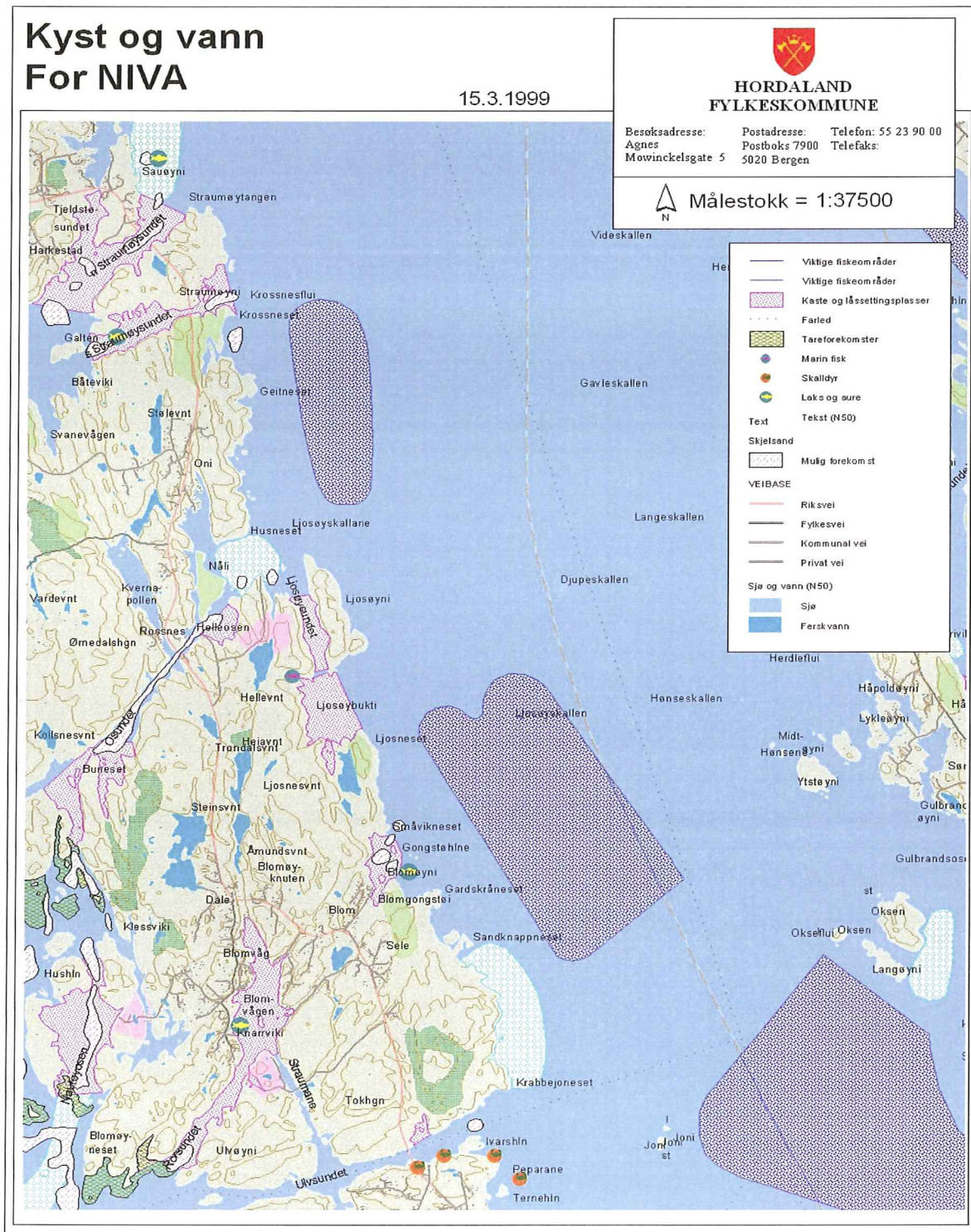
Planlagt avløp frå Kollsnes gasskraftverk

Det planlagte gasskraftverket på Kollsnes vil ha eit kjølevassforbruk på ca 20.000 m³/time med returtemperatur på ca 17 °C. Inntak blir etablert vest for Kollsnes. Kollsnes Aqua AS har avale om å nytte kjølevatnet i fiskeproduksjon i planlagt anlegg i Kollsnes Næringspark. Dette blei utgreidd av rådgivingsfirmaet Norman AS i 1996.

Kjølevatnet er planlagt ført i tunnel frå Kollsnes til samleikum i Næringsparken, og derfrå til 20 m djup i Hjeltefjorden. Varsel om igangsetjing av planarbeid for kjølevasstunnel er nylig sendt ut (kunngjering, Bergens Tidende 3/11, 2001). Utsleppet vil i følge Naturkraft bli liggande sør for inntak/utslepp for Cod Culture. I skrivande stund ligg det ikkje føre nærare dokumentasjon eller miljøanalyser for utsleppet, noko som SFT sannsynligvis vil forlange (Rode-Hæhre, Naturkraft, pers. komm.).

Tilførsler gjennom Osundet

NIVAs strømmålingar i Osundet i 1996-97 (Nygaard et al. 1997) synte at østgåande strøm dominerte i måleperiodene. I teorien kan (akutt) forureining frå vesida av Osundet (Kollsnesanlegget) bli ført austover mot Hjeltefjorden, men dette er neppe nokon aktuell eller realistisk problemstilling for foreliggende analyse og det er vanskelig/usikkert å sette opp eventuelle scenarier.



Figur 3. Ressurskart over Hjeltefjorden, med oppdrettslokaliteter m.m. (Kjelde: Arealis/Hordaland Fylkeskommune.)

3. Generelle opplysningar om resipienten

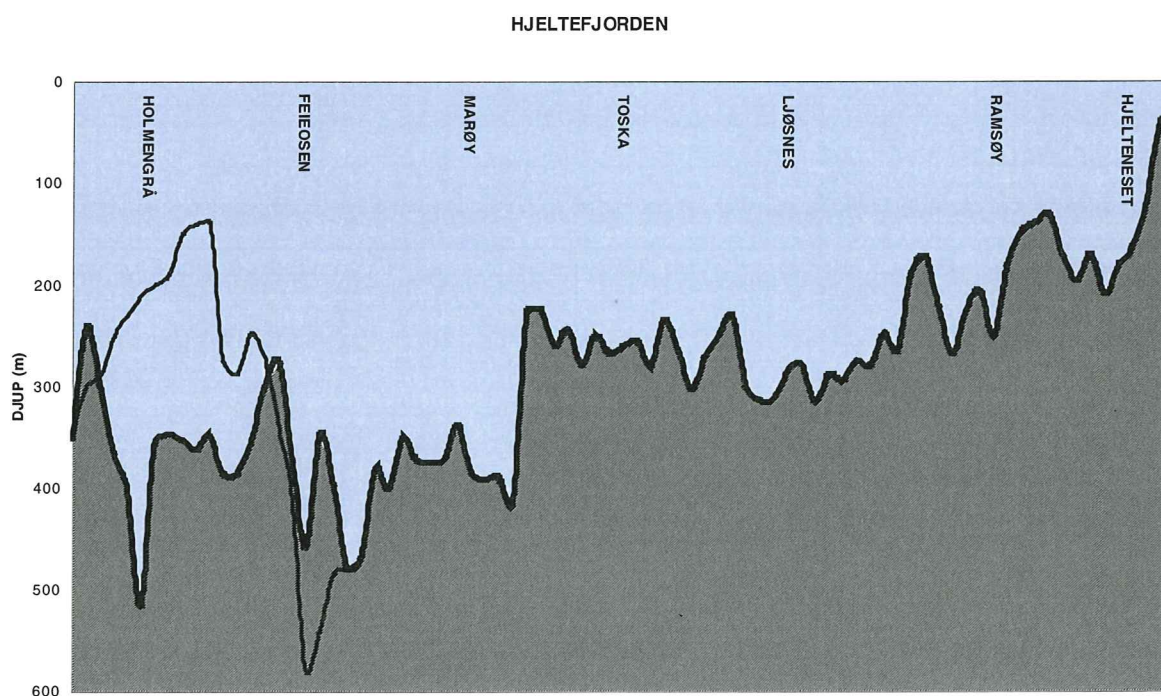
For å kunne gi aktuelle modellsimuleringar og sluttvurderingar for inntak og utslepp tilstrekkelig utsagnskraft er det behov for opplysningar /data om sjøområdet austanfor næringsparken, d.v.s. nærområdet samt sjølve Hjeltefjorden. Dette gjeld særleg for

- Botntopografi
- Hydrografi, d.v.s. fordeling av sjøtemperatur og salinitet over året i ulike djup
- Strømforhold i aktuelle sjikt, spesielt for inntak - og utslepp
- Biologiske forhold, inkludert forekomst av frittsvømmende larvestadialar etc (risiko for påvekst)

3.1 Topografi/Botntilhøve

3.1.1 Hjeltefjorden

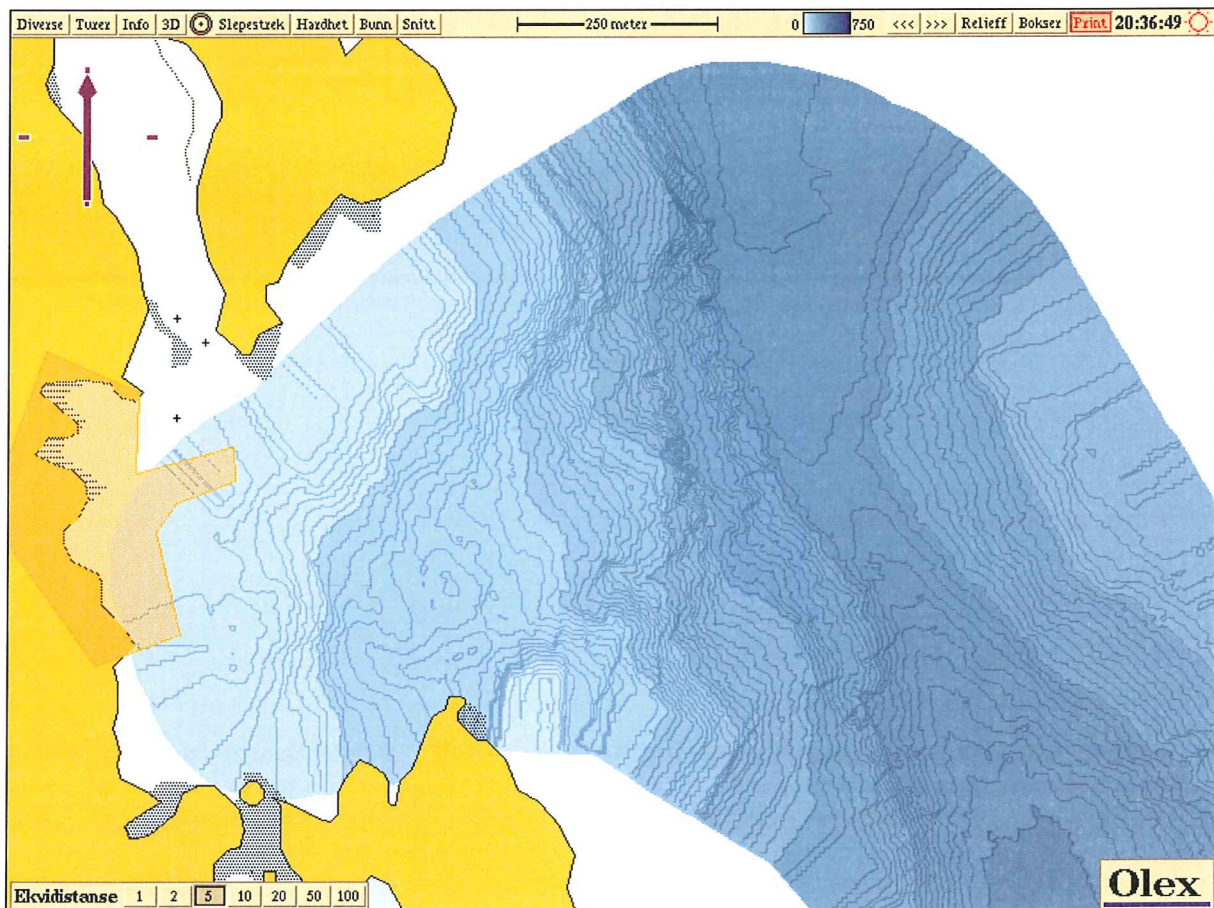
Hjeltefjorden (Sjøkart nr 23) strekker seg frå utløpet av Byfjorden mellom S-spiss av Askøy og Little Sotra i sør, ca 40 km nordover til Fedje/Fedjeosen i nordvest. Vest av Fedje er minstedjupet ut mot kystvatnet vel 100 m, mens det i Fedjeosen er djupner på nesten 600 m. Djupaste passasje nordover (ca 250 m) ut mot kystvatnet går aust for Feie via Fensfjorden og så vestover forbi Holmengrå. Sørøver i Hjeltefjorden ligg djupnene på 2-400 m (**Figur 4**). Hjeltefjordens overflateareal er 243 km² (DN 1999). Ved Ljøsneset skrånar botnen bratt austover til 304 m som utgjer største djup i dette området. Mot sør utgjer Vattlestraumen grunnaste terskel på ca 40 meter.



Figur 4. Topografisk snitt (skisse) langsetter Hjeltefjorden. Mot nord (t.v.) er det to løp der det djupaste går via Fensfjorden og nordom Feie/Holmengrå. Den tynne linja illustrerer konturen nordvestover via Feieosen, sør om Feie, der det er grunnare terskel enn nord for Feie.

3.1.2 Ljøsnesbukta

Djupnene ved fyllingsfoten eller den nye kaia er ca 10 m. I skråninga austover er der skrånande fjell/sva med enkelte små veggjar. Ein meir markert, bratt vegg blei observert litt ut forbi 20 m koten under opploddinga vinteren 2001 (Sjøservice 2001). Lenger ut der botnen byrjar flate ut er det overgang til søle/mudderbotn, i følge Sjøservice.



Figur 5. Topografisk kart over Ljøsnesbukta (Kjelde: Sjøservice AS).

3.2 Hydrografi og vasskvalitet

3.2.1 Hydrografi

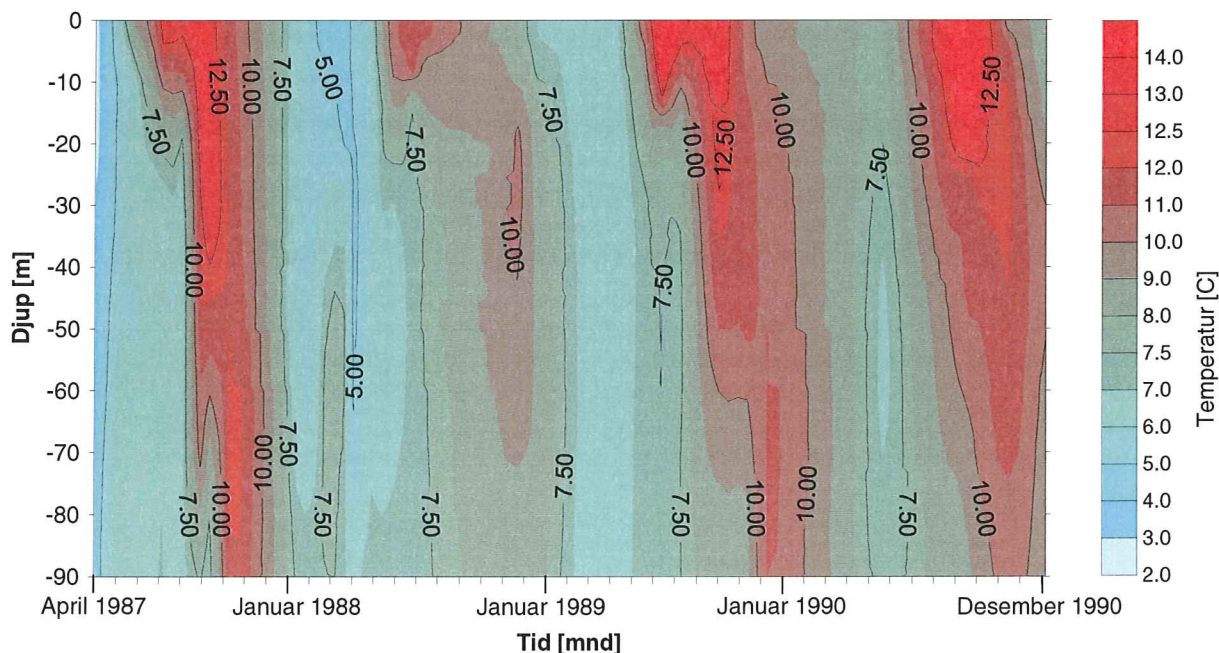
Opplysningar om hydrografi står sentalt i foreliggende analyse. Hydrografi omfattar i denne sammenheng målt temperatur og salinitet (saltholdighet) i ulike djup i sjøen frå overflata og nedover. Slike data frå forskjellige tidspunkt gir opplysning om grad av vertikal sjiktning i sjøen som følge av sommaroppvarming i overflatelaget eller evt. innslag av brakkvatn/smeltevatn på toppen. Slik lagdeling er gunstig m.h.t. å forhindre opptrenging til sjøoverflata av utsløppsvatn frå neddykka rørleidning (kjølevatn, kommunalt utsløpp). Fråver av sjiktning, f.eks. om vinteren, gir større risiko for opptrenging til overflata. Dette kan simulerast v.h.j.a. numeriske modellar (sjå kapittel 4). Vidare gir slikt datamateriale opplysning om grad av utskifting i ulike djup, evt om der er stagnerande sjikt f.eks. i terskelbasseng nær botn.

For simuleringar av utsepp m.m. bør det idéelt sett nyttast data som representerer dei faktiske forholda i sjøen på lokaliteten. Foreliggende prosjekt har ikkje gitt anledning til å foreta målingar i sjøen. Forutsetning/plan var å nytte data som måtte eksistere frå nærliggande fjordområde.

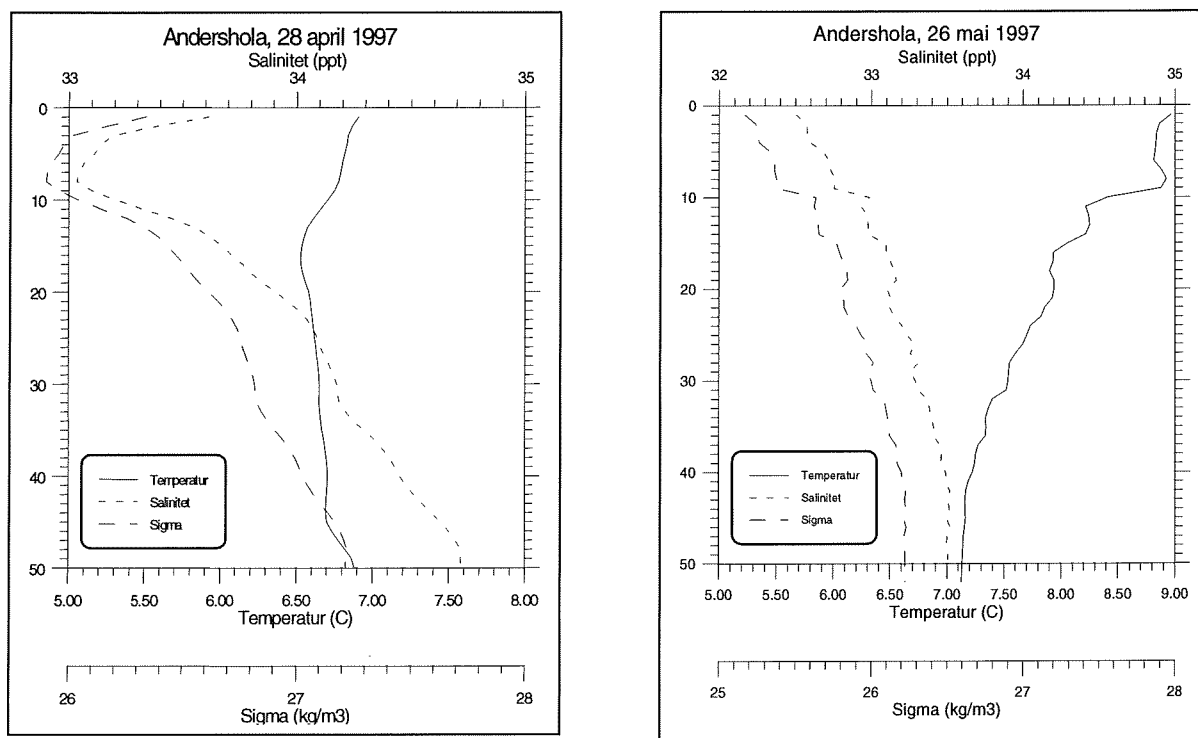
Hydrografiske forhold i Byfjorden og nærliggande område er godt kartlagt og omtalt, bl.a. av Linde (1970) og Botnen et al. (1996). For Hjeltefjorden er det meir sparsomt med systematiske data. Havforskningsinstituttet har faste målestasjonar for hydrografi langs kysten. Nærmaste stasjon i forhold til Kollsnes er Sognesjøen, ca 60 km lenger nord. Der er det måledata frå 1932 og fram til nå og det er gjort statistiske analyser av tallmaterialet for variabilitet m.m. (Havforskningsinstituttet 1993). Dette er målingar i "standarddyp" dvs. i 0,5,10,20,30, 50, 75,100...m djup. For foreliggende problemstilling er intervallet 0-50 m spesielt interessant og særlig i djupare sjikt gir standardmålingane liten detaljering i forhold til behov ved modellsimulering.

På bakgrunn av den geografiske og sannsynligvis hydrografiske forskjellen mellom Sognesjøen og Kollsnes, har vi valt å bruke NIVAs hydrografiske data frå Raunefjorden/Korsfjorden, ca 30-40 km sønnafor. Dette tallmaterialet som er innsamla på oppdrag for Sund kommune (Golmen et al. 1998), består av vertikalprofilar av temperatur (**Figur 6**) og salinitet ved 36 forskjellige tidspunkt i perioden 1987-1997 og er systematisert og tilrettelagt for modellsimulering. Sjå kapittel 4 for måletidspunkt m.m. Det er rimelig å anta at dette materialet er bra representativt for Hjeltefjorden for sjikt grunnare enn 40-50 m i alle fall (d.v.s. over terskelen i Vattlestraumen). Botntopografien i fjorden antyder at vatn som ligg grunnare enn ca 40 m djup, sirkulerer relativt fritt nord-sør med tidevatn og andre drivkrefter, mens vatn djupare nede har redusert utskifting i større eller mindre grad.

Figur 7 syner to vertikalprofilar frå 1997 som utgjer siste del av dataserien.



Figur 6. Isopletdiagram for sjøtemperatur målt av NIVA i perioden 1987-1990.



Figur 7. Hydrografiske profiler frå Korsfjorden/Raunefjorden målt av NIVA i april og mai, 1997. Sigma er densiteten til sjøvatnet (kg/m^3), minus 1.000 kg/m^3 .

3.2.2 Vasskvalitet

Mens Byfjorden ved Bergen er i fokus når det gjeld vatn- og sedimentkvalitet med t.d. innførte kosthaldsrestriksjonar for fisk frå området, er Hjeltefjorden rekna for å vere rein i samanlikning. I det aktuelle farvatnet knyter det seg særskilt merksemd til avfallsplassen i Kolavågen på innsida av Hanøy ved Askøy (med PCB forureining etc). I 1994 tok NIVA sedimentprøver i to posisjonar i søre del av Hjeltefjorden; Stasjon 17 nord for Geitanger (229 m), og stasjon 19 mellom Rotøy og Skorpa (Hauglandsosen, 236 m). Resultata frå desse prøvene var stort sett bra; med unntak av at stasjon 19 synta høgt nivå av krom (Knutzen et al. 1995). Det er også hevda at fiskarar frå tid til annan har fått malingsspann o.l. i trålen i Hjeltefjorden men det er uklart kvar desse stammar frå, og kva stoff dei evt. inneheld.

3.3 Strømforhold

3.3.1 Hjeltefjorden

I følge Den norske los (Bind III) går strømmen i (søre del av) Hjeltefjorden nordover unntaken i nordavindsperioder. Kommunens hovudplan for avløp (Øygarden kommune 2000) angir også hovudstrømretninga som nordgåande, og omtalar at Hjeltefjorden har svært god vassutskifting. Det er ellers sparsomt med réelle strømmålingar i Hjeltefjorden. Strømmålingar lengst sør, i Hjeltesundet NE for Ongelvik i 1973-74 synta dominerande nordvestleg retning (Helle 1975), m.a.o. i samsvar med Den norske los.

Strømmålingar ved Ramsøy vest for Hanøy/Askøy i august-oktober 1986 (Golmen 1986) samt i Trætteosen ved Fauskanger/Askøy i 1993 (Golmen 1993) synte også dominerande nordgåande strøm. NIVAs nye målingar i 2000 (upubl. materiale) på sistnemnde lokalitet stadfesta dette biletet.

I samband med sjøtrase-kartlegging for gassør Kollsnes-Bergen i 2001 blei det foretatt strømmåling ved botn i 4 posisjonar langs djupålen i Hjeltefjorden, d.v.s. på djupner over 165- 258 m. Notatet som omtalar resultatata (Mohn og Toskedal 2001) fokuserer på max. verdiar av strømmen som SE av Kollsnes (228 m) var 12,5 cm/s i måleperioden mai-medio juni 2001. Det blei ikkje gjennomført analyser m.h.t. retning, stabilitet m.m. Sjøservice AS foretar hausten 2001 nye strømmålingar ved botnen.

3.3.2 Målingar i Ljøsnesbukta

Målingar foretatt i Ljøsnesbukta i februar-mars 2001 (Tveranger et al. 2001) synte overvekt av sørgåande strøm i 10 m og 20 m djup, mens strømmen i 45 m varierte meir i retning mellom sør- og nord. Rapporten seier m.a. "bunnstrømmen renner kaotisk i alle retninger uten noe bestemt mønster." På 50 m dyp går strømmen nærmest i ring rundt seg selv (bakevjestrøm) uten noe bestemt mål og retning." Gjennomsnittleg strømfart var 2,5 cm/s i 10 m, 2,6 cm/s i 20 m og 1,5 cm/s i 45 m. Lengste perioder med svak/ingen strøm var h.h.v. 8,5, 23 og 53 timar i dei tre måledjupa. På bakgrunn av desse målingane blei det anbefalt å legge utsleppet frå Cod Culture AS sør for inntaket.

3.3.3 Stenging av Ljøsøysundet

Sundet mellom Ljøsøy og Blomøy er grunt i søre enden (terskeldjupet er mindre enn 10 m). P.g.a. Kollsnes Næringsparks plan om å stenge dette sundet med fylling i 2002 er det rimelig å anta at strømforholda inne i bukta vi bli endra (svekka) i høve til måleresultatata frå 2001. Det er imidlertid rimelig å anta at strømmen vil gå både nord og sør også i framtida, evt. hyppigast sørgåande.

3.4 Biologiske forhold

I ein tidligare konsekvensvurdering for rørledningstraseane mellom Kollsnes, Sture og Mongstad, vart det konkludert med at området i og ved rørledningstraseen har reint miljø, med ein artsrik flora og fauna. Den menneskeskapte påverknaden er beskjeden og avgrensa til nokre få område med industri, vegar, akvakultur og kloakkutslepp (Tvedten et al. 1997).

Området rundt Kollsnes har varierende botntilhøve og forholdsvis kupert topografi. Vanlege artar under fjøresona er oskjell, svart slangestjerne, børstemarkar (bl.a. trekantmark og kvitrørmark), dødningshånd, svampar og hydroider (Johansen et al. 1999, Tvedten et al. 1997). Frå videoopptak av rørledningstraseen i Hjeltefjorden er det identifisert blant anna hornkorallar, svampar, blomkålkorallar, hydroider, anemoner og sjøtre (Naturgass Vest 2001).

På 225 meters djup i Hjeltefjorden er det sandhaldig botn med fåbørstemark, manglebørstemark og små muslingar som dei mest vanlige artane (Tvedten et al. 1997).

Algevegetasjonen langs norskekysten veks kun ned til ca. 30-40 meters djup. Under dette er det for lite lys til at algene kan drive fotosyntese tilstrekkelig for å oppretthalde livskvalitet. Fauna er ikkje avhengig av lys, og finnest difor vesentleg djupare enn algene.

4. Innlagring og fortynning

For å få gjennomført dei naudsynte modellberekningane og simuleringar for utsleppa (innlagring, fortynning, spreining) trengs det som nemnt data for hydrografi (sjikting i sjøen, d.v.s. fordeling av temperatur og salinitet i tid/rom) representativt for utsleppsstaden. Det er her viktig å få bestemt/kvantifisert både sjølve verdiane og korleis desse varierer, for å få tilstrekkeleg utsagnskraft av modellsimuleringane.

Det vil framkome eit tidsvariabelt bilete av resultatata (som følgje av tidsvariabel input til modellen), men der ein vil kunne trekke ut statistikk som forenkler tolkinga.

Dei kommunale utsleppa vil for det meste bestå av ferskvatn, som er lettare enn sjøvatn. Utsleppsvatnet vil raskt blande seg med det omkringliggende sjøvatnet. Dermed aukar både volumet og densiteten av denne "blandingsvannmassen". Dersom vatnet i resipienten er lagdelt, dvs. der er lettare vatn over tyngre vatn, vil utsleppsvatnet kanskje ikkje nå heilt opp til overflata. Grunnen er at densiteten til blandingsvatnet (avløpsvatn+sjøvatn) etterkvart blir lik densiteten til sjøvatnet omkring. Då stoppar den vertikale rørsla og skya av fortynna avlaupsvatn vil byrje å breie seg horisontalt utover, mens den blir fortynna vidare. Ein seier då at avlaupsvatnet er innlagra.

Densiteten til det aktuelle kjølevatnet vil vere bestemt av densiteten (spesielt saliniteten) i inntaket, korrigert for temperaturstigninga. Kva innlagringsdjup det kan bli tale om, vil avhenge av dei aktuelle sjiktingstilhøva samt temperaturauken som vil bidra til å gjere kjølevatnet lettare enn ved inntaket. I prinsippet kan dermed utsleppsvatnet gå både oppover og nedover i sjøen.

Modellberekningane blir utført i to trinn. Først blir innlagringsdjupet og primærfortynninga berekna med eit EDB-program, *JETMIX*, utarbeidd av NIVA (Bjerkeng og Lesjø 1973). Programmet bereknar fortynning og innlagringsdjup for ein enkelt stråle avlaupsvatn i ein sjikta resipient, på basis av hydrografiske profilar i resipienten og data om utsleppet. Programmet bereknar ikkje eksakt innlagringsdjup, men gir det nivået der "blandingsvatnets" densitet er den same som for omgjevande vatn. Blandingsvatnets energi gjer imidlertid at det stig litt forbi dette "likevektsdjupet", før det sekk tilbake og blir innlagra. I det følgjande vil imidlertid innlagringsdjup vere likelydande med likevektsdjupet.

Modellen bereknar den teoretisk høgste opptrenginga på to måtar:

- ved fortsatt fortynning etter at likevektsdjupet er "passert" (EQS).
- utan blanding eller friksjon etter at likevektsdjupet er "passert" (GRAV).

Den første metoden (EQS) er antatt å gi mest sannsynleg resultat.

JETMIX inkluderer ikkje verknaden av strøm på fortynninga i strømmens retning etter at avlaupsvatnet er innlagra.

For andre tekniske opplysningar om modellen syner vi til Bjerkeng og Lesjø (1973) eller til tekstbøker om temaet slik som Fischer m. fl. (1979).

Hydrografiske tilhøve i resipienten: Til berekningane har vi nytta NIVAs målingar i Korsfjorden frå 1987-1989 påskøytt einsskilte målingar utover på 1990-talet, inkludert dei to målingane våren 1997. Dette utgjer 36 profilar i alt, som dekkjer alle sesongar, og fleire år. Tabell 3 indikerer måletidspunkta. NIVAs målingar frå Korsfjorden går til om lag 90 m.

4.1 Kommunale utselepp

Innleiingsvis har vi foretatt berekning av sannsynleg innlagingsdjup i ulike årstider m.m. for kommunale avløp frå Ovågen, Blomgangstø og KNP. Nokre inngangsparametrar er synt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Nokre sentrale inn-parametrar til modellsimulering for dei tre kommunale utseleppa.

	Blomgangstø	KNP	Ovågen
Dimensjonering	800 pe	150 pe	300 pe
Utsleppsdjup	80 m	25 m	25 m
Røyr diameter	200 mm	160 mm	160 mm
Vassfluks	120 m ³ /d (1,4 l/s)	1 l/s	2 l/s

Utdrag av resultatata for innlagingsdjup, ekstremdjup og senterfortynning (fortynningsfaktor) er synt i **Tabell 3**. Ekstremdjupet tilsvarar høgste opptrenging for senter av utseleppsskya etter at likevektsdjupet (innlagingsdjupet) er passert. Skya sekk deretter litt nedover igjen, til "innlagingsdjupet".

Tabell 3. Nokre resultat frå berekningane av innlagring og fortynning med NIVAs modell *JETMIX* for kommunale avløp, **Blomgangstø, KNP og Ovågen**. Djup er angitt i meter. Fortynninga er forholdet mellom volumet av innblanda vatn frå resipienten og utseleppsvatn i det innlagring inntretr. År og Mnd/dag representerer måletidspunkt for hydrografimåling.

BLOMGANGSTØ, 1,4 l/s, 80 m djup:

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
År	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88
Mnd/dag	04/06	04/27	05/11	05/25	06/23	07/13	08/11	08/31	09/21	10/12	02/02	02/24
Innlagr. djup	71,3	70,8	67,4	59,6	62,5	75,7	64,2	74,6	72,4	64,3	72,5	67,4
Ekstremdjup	67,9	67,9	63,2	40,0	57,7	74,1	59,6	72,8	69,9	59,3	69,9	63,1
Fortynning	179	196	327	725	560	63	483	85	144	451	142	316

BLOMGANGSTØ

Profil nr	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
År	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
Mnd/dag	03/29	04/05	04/26	05/18	06/06	06/28	11/30	12/20	03/13	04/10	05/22	06/19
Innlagr. djup	70,8	70,9	62,6	73,1	70,5	64,7	69,3	71,6	67,5	62,5	59,0	72,0
Ekstremdjup	67,2	67,9	58,2	70,9	66,8	60,0	66,7	68,4	63,1	56,9	55,7	69,3
Fortynning	194	191	535	124	205	455	252	171	315	532	740	156

BLOMGANGSTØ

Profil nr	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
År	89	89	89	89	90	90	90	90	94	95	97	97
Mnd/dag	07/11	09/07	10/16	11/13	04/30	08/21	10/22	12/14	01/12	02/23	04/28	05/26
Innlagr. djup	64,7	69,5	73,6	68,4	66,6	72,8	70,9	67,6	63,2	64,2	61,2	41,9
Ekstremdjup	60,0	67,0	71,4	65,1	63,4	69,6	68,9	64,3	60,7	60,5	56,1	38,0
Fortynning	459	243	111	284	371	137	201	314	537	467	631	2002

Tabell 3. forts.

KNP, 1 l/s, 25 m djup:

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
År	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88
Mnd/dag	04/06	04/27	05/11	05/25	06/23	07/13	08/11	08/31	09/21	10/12	02/02	02/24
Innlagr. djup	20,8	20,0	20,1	18,5	19,2	19,8	18,5	20,7	16,0	17,1	18,1	14,9
Ekstremdjup	19,2	17,7	18,3	16,4	17,4	18,6	15,7	18,7	11,2	14,9	15,8	12,2
Fortynning	66	84	83	135	110	92	134	68	216	160	144	255

KNP, forts.

Profil nr	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
År	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
Mnd/dag	03/29	04/05	04/26	05/18	06/06	06/28	11/30	12/20	03/13	04/10	05/22	06/19
Innlagr. djup	0,8	13,4	17,4	16,8	19,3	17,2	17,1	15,8	16,2	19,7	20,7	19,5
Ekstremdjup	0	10,8	15,0	14,3	17,8	15,4	14,6	13,8	13,5	18,2	19,4	18,1
Fortynning	880	321	161	190	107	178	172	224	201	94	68	102

KNP, forts

Profil nr	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
År	89	89	89	89	90	90	90	90	94	95	97	97
Mnd/dag	07/11	09/07	10/16	11/13	04/30	08/21	10/22	12/14	01/12	02/23	04/28	05/26
Innlagr. djup	19,1	19,9	19,6	18,7	19,5	22,1	15,1	16,0	14,1	17,2	17,1	15,5
Ekstremdjup	17,5	18,5	17,9	17,0	17,8	21,0	13,1	14,4	0,2	14,4	14,6	13,5
Fortynning	116	86	95	123	102	40	10,2	12,3	277	176	173	238

OVÅGEN, 2 l/s, 25 m djup:

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
År	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88
Mnd/dag	04/06	04/27	05/11	05/25	06/23	07/13	08/11	08/31	09/21	10/12	02/02	02/24
Innlagr. djup	20,1	18,5	19,0	17,6	18,3	19,4	16,6	19,6	11,8	16,1	17,0	14,2
Ekstremdjup	16,9	15,9	17,1	14,9	16,4	17,8	14,9	16,1	10,7	12,1	13,8	10,8
Fortynning	53	81	73	106	89	68	126	61	243	127	117	186

OVÅGEN, forts.

Profil nr	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
År	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
Mnd/dag	03/29	04/05	04/26	05/18	06/06	06/28	11/30	12/20	03/13	04/10	05/22	06/19
Innlagr. djup	0,6	12,4	16,2	16,0	18,8	16,6	15,5	15,2	15,0	19,1	19,9	19,1
Ekstremdjup	0	8,9	12,4	12,7	17,1	14,6	13,3	12,1	12,7	17,1	18,9	17,4
Fortynning	626	235	133	141	80	129	148	161	160	72	57	75

OVÅGEN, forts.

Profil nr	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
År	89	89	89	89	90	90	90	90	94	95	97	97
Mnd/dag	07/11	09/07	10/16	11/13	04/30	08/21	10/22	12/14	01/12	02/23	04/28	05/26
Innlagr. djup	18,6	19,3	18,8	18,0	18,8	21,6	14,5	15,5	7,4	16,0	15,7	15,0
Ekstremdjup	16,3	17,6	16,4	16,0	16,8	20,3	12,0	13,4	0	12,9	12,6	12,0
Fortynning	86	67	77	94	79	32	177	147	370	141	144	168

4.1.1 Kommentar

Generelt: Simuleringane gir grunnare innlagring av utsleppsvatnet om vinteren enn om sommaren. For KNP og Ovåg kan utsleppa kome opp til overflata vinterstid i korte perioder, men då med sterk fortynning ($X > 270$) i følgje modellen. For Blomgangstø vil opptrenging til overflata ikkje skje, basert på foreliggende datamateriale.

Ellers framgår det av tabellane at dess lenger vertikal avstand (oppstiging) mellom utsleppsdjup og innlagingsdjup, dess større fortynningsfaktor ved innlagring.

Blomgangstø: Utsleppet i 80 m har/vil få typisk innlagingsdjup mellom 60 og 70 m. Gjennomsnittleg fortynning ved innlagring er rundt 250X. Grunnaste innlagring som er berekna er 40 m (for situasjonen i mai, 1987). Denne gir høg fortynning ($X > 700$). Djupaste innlagring er 75 m (situasjon for juli 1987). Då med liten fortynning ($X = 63$).

KNP: Utsleppet i 25 m djup frå næringsparken ved full drift (150 pe) vil få typisk innlagingsdjup mellom 15 og 20 m. Gjennomsnittleg fortynning ved innlagring blir rundt 100X-200X. Grunnaste innlagring som er berekna er 0 m, d.v.s. opptrenging til overflata. (for situasjonar for desember og mars). Dette gir samstundes høg fortynning (X h.h.v. 880 og 277). Djupaste innlagring er rekna bli 22m (sommarsituasjon), då med liten fortynning ($X = 40$).

Ovågen: Utsleppet i 25 m djup i/ved Ovågen ved full drift (300 pe) vil få typisk innlagingsdjup mellom 15 og 18 m (litt grunnare enn for KNP p.g.a. større fluks). Gjennomsnittleg fortynning ved innlagring blir rundt 75X-150X. Grunnaste innlagring som er berekna er (som for KNP) 0 m, d.v.s. opptrenging til overflata. (som for desember og mars). Dette gir samstundes høg fortynning (X h.h.v. 626 og 370). Djupaste innlagring er rekna bli 21,6 m (situasjon tilsvarande august), då med liten fortynning ($X = 32$).

4.2 Utslepp frå Cod Culture (CCN)

For dette utsleppet har vi lagt til grunn vassfluks på 700 m³/time (repr. realistisk fluks ved neste trinn). Utsleppsdjupet er satt til 16 m, rørdiameter 630 mm og hellningsvinkel på røret 10°. Det er vidare lagt til grunn ein konstant utsleppstemperatur på 12°C som representerer eit middel for det realistiske driftsintervallet 10-14 °C.

Berekningane vidare er meir kompliserte fordi inntaket i ca 50 m har varierende salinitet og dermed varierende densitet gjennom året. Derfor har vi berekna og lagt inn utslepps-densitet tilsvarande temperatur 12°C og inntaks-salinitet for kvar individuell hydrografiprofil (36 i alt). Resultat av simuleringane er synt i **Tabell 4**.

4.2.1 Kommentar

Til forskjell frå dei kommunale utsleppa som steig markert oppover i sjøen etter utslepp, går utsleppet frå Cod Culture for det meste motsatt veg, d.v.s. litt nedover i høve til utsleppsdjupet på 16 m, før det innlagrar seg. Det blir også liten skilnad mellom grunnaste innlagring (12 m, april-situasjon) og djupaste (27 m v/sommarsituasjon) i følgje berekningane.

M.a.o. ingen tilfeller som gir opptrenging til overflata for utsleppet frå Cod Culture, sjølv om vinter-situasjonane tilsvarar vesentleg høgare utsleppstemperatur enn omgjevnadane. Det synest heller ikkje vere risiko for resirkulering i høve til inntaket på ca 50 m djup.

Senterfortynninga ved innlagring er langt mindre enn for dei kommunale utsleppa, med typiske verdiar rundt 5-10X.

Tabell 4. Resultat av simulering av utslepp i 16 m djup frå Cod Culture, 700 m³/time, rørdiameter 630 mm. For forklaring, sjå forrige tabell.

Utslepp, Cod Culture, 700 m³/time

Profil nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
År	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88
Mnd/dag	04/06	04/27	05/11	05/25	06/23	07/13	08/11	08/31	09/21	10/12	02/02	02/24
Innlagr. djup	17,4	20,2	17,0	16,0	16,7	17,9	17,0	20,8	26,8	20,5	13,9	15,5
Ekstremdjup	18,0	21,9	17,5	15,3	17,1	18,5	16,6	22,4	30,3	21,8	12,6	14,9
Fortynning	4	7	3	7	2	5	12	8	17	9	9	9

Cod Culture, forts.

Profil nr	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
År	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
Mnd/dag	03/29	04/05	04/26	05/18	06/06	06/28	11/30	12/20	03/13	04/10	05/22	06/19
Innlagr. djup	19,0	12,1	16,8	16,4	17,3	16,2	18,4	17,1	16,7	15,7	18,5	17,0
Ekstremdjup	20,3	9,5	16,5	16,0	17,8	15,8	19,3	17,9	16,5	15,1	19,4	17,5
Fortynning	8	10	9	7	3	7	7	4	8	10	5	3

Cod Culture, forts

Profil nr	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
År	89	89	89	89	90	90	90	90	94	95	97	97
Mnd/dag	07/11	09/07	10/16	11/13	04/30	08/21	10/22	12/14	01/12	02/23	04/28	05/26
Innlagr. djup	16,8	19,6	18,8	17,4	17,2	19,3	21,6	21,0	13,8	14,8	16,5	15,7
Ekstremdjup	16,5	21,5	20,1	18,1	17,9	20,9	24,0	23,0	12,1	14,0	16,1	15,0
Fortynning	9	6	6	4	3	6	10	9	13	8	9	14,1

Djupare inntak av sjøvatn

For å få enno djupare innlagring (og evt. reinare? vatn) kan ein ta inn sjøvatn frå større djup. I prinsippet kunne ein ta inn sjøvatn på større djup enn 50 m og gjennom dette oppnå at utsleppsvatnet blir innlagra enno djupare, eventuelt slik at det dannar ein tung botnstraum. Vi har ikkje gjort berekningar for dette, fordi datagrunnlaget for større djup er manglande eller meir usikkert.

4.3 Kjølevatn frå LNG anlegget

LNG anlegget vil få fleire alternativ for disponering av brukt kjølevatn:

- Direkte retur av alt kjølevatn (1.000 m³/time) til gunstig djup i fjorden
- Splitting av returstrømmen med fordeling til Cod Culture, 300 til max 700 m³/time, og resten til sjøen.
- Variant mellom a) og b) ved at Cod Culture tar inn brukt kjølevatn deler av året (om vinteren)
- På lang sikt: Alt kjølevatn går via Cod Culture eller annan oppdrettsverksemd.

Vi har valt å kjøre berekningar for **alternativ b)**: 300 m³/time går ubrukt i retur til sjøen, med temperatur 25-27 °C (satt lik 26 °C for å redusere antall scenarier), og resten går via CCN.

Inntaksdjupet er satt lik 50 m, sidan dette synest vere eit realistisk utgangspunkt.

Utsleppstemperaturen er høgare enn den som vil tilsvare Cod Cultures utslepp (10-14 °C). Dermed vil

utsleppsvatnet frå LNG anlegget bli lettare enn frå CCN og ha større risiko for å stige til overflata. Vi har som for CCN simuleringane gjort individuell berekning av densitet for kvar av dei 36 ulike situasjonane (hydrografiprofilane).

LNG-utslepp, 300 m³/time, 20 m djup:

Vi har satt litt større utsleppsdjup enn for CCN, sidan det blir tale om lettare (varmare) utsleppsvatn. Typisk innlagingsdjup blir 15-18 m, d.v.s. innlagring litt over utsleppsdjupet. Fortynning ved innlagring i desse tilfella ligg i rundt 10X.

Grunnaste innlagring er 0 m, d.v.s. i overflata (vinter-situasjon). Djupaste innlagring blir 19 m (mai), då med 3X fortynning; m.a.o. ingen risiko for påverknad ved inntaket i 50 m djup.

LNG-utslepp, 300 m³/time, 30 m djup:

Utslepp i 20 m ga tidvis opptrenging til overflata, noko som er ugunstig ut frå miljøomsyn. Vi har derfor gjort tilsvarende simulering for djupare utslepp, i 30 m. Dette gir ingen opptrenging til sjøoverflata; grunnaste innlagingsdjup blir 16 m (for april situasjon, med fortynning 39X). Typisk innlagingsdjup blir 22-25 m. Djupaste innlagring skjer i 27 m (april, evt september) med fortynning rundt 7X. Utslepp i 30 m ser dermed ikkje ut til å gi påverknad i sjikt rundt inntaksdjupet og framtrer som eit gunstig alternativ.

LNG-utslepp, 700 m³/time, 30 m djup:

Fluksane med bl.a. 700 m³/time gjennom Cod Culture (CCN) anlegget representerer ein situasjon litt fram i tid. I ein overgangsfase vil CCN gå med 300 m³/time, og ved bruk av kjølevatn vil resterande del på 700 m³/time måtte gå ut gjennom utsleppet frå LNG anlegget. Vi har også gjort berekningar for ein slik situasjon, spesielt med tanke på om større fluks kan gi grunn innlagring. Grunnaste innlagring blir 13 m (april-situasjon; fortynning 35X), og djupaste blir 27 m (april-september; fortynning 7-6X). M.a.o. litt grunnare innlagring enn ved 300 m³/time, men fortsatt ingen overflatepåverknad.

4.4 Spreiing på grunn av strøm

Dei føregåande berekningane vart gjort utan å ta omsyn til strømmen i resipienten. Strømmen kan bidra til å auke primærfortynninga, og til å transportere fortynna avlaupsvatn bort frå utsleppsstaden. Middel-strømmen i sjikt det er målt i, er relativt svak, i følgje målingane i Ljøsnesbukta vinteren 2001. Middeldiane for dei tre måledjupa låg rundt 2 cm/s. Det var aldri registrert sterkare strøm enn 10 cm/s, så langt vi kan sjå av foreliggende datarapport. Vi har gjort nokre enkelt-simuleringar med modellen CORMIX GI (US-EPA) for å studere effekten av strømmen. Resultata syner at strøm i resipienten medfører litt større primærfortynning for utsleppa enn ved strømsstille. Evt. avfallstoff kan bli transportert lenger bort frå utsleppsstaden, alt etter strømmens retning og styrke til ein kvar tid. Dette blir nærare vurdert under diskusjonen kapittel 6.

4.5 Sedimenterande materiale

Berekningane ovanfor tok ikkje omsyn til at ein del partikulært materiale frå dei kommunale utsleppa evt frå Cod Culture vil kunne felle ut og sedimentere i nærleiken av utsleppspunkta. Dette er ei relativt kompleks problemstilling, som det inntil nyleg har vore publisert relativt lite om, samanlikna med studiar av spreiding av oppløyst stoff. Vi går ikkje nærare inn på denne problematikken her. Med god karakteristikk av stoffmengder i framtidige utslepp vil det imidlertid vere mogleg å gje svar på ein del spørsmål knytt til dette.

Eit ekstra moment som kan nemnast her, gjeld for tilfellet med større inntaksdjup enn 50 m. Dette vil medføre inntak av tyngre sjøvatn enn for 50 m alternativet og vil også medføre tyngre utleppsvatn med risiko for at dette vil danne ein botnstrøm nedover skråninga. En slik strøm vil kunne forstyrre botnfaunaen og tidvis bidra til oppvirvling av eksisterande eller sedimentert materiale.

5. Risiko for påvekst

Påvekst i sjøen startar med ein gong eit ikkje-levande materiale kjem ned i vatn. På overflata vil det feste seg ulike organiske molekylar som polysakkarid, protein og proteinfragment. Dette er første stadium i påveksten, og danner grunnlag for vekst av bakteriar, diatoméar og protozoar (kallast ofte biofilm eller mikrobegroing). Dette gir igjen grunnlag for påvekst av større organismer.

Mange dyr som lever på sjøbotnen har planktoniske larver som kan kome inn i kjølesystemet og feste seg der (Brankevich 1990, Khalanski 1998, Gross 1997, Qian et al. 1999, Chou et al. 1999).

Viktige påvekstorganismar er:

- blåskjell
- rur og rørdannande mark
- hydroidar
- mosdyr
- svampar
- sekkedyr
- bakteriar, diatoméar og protozoar

Blåskjell (*Mytilus edulis*) og tildels rur (*Balanus*) representerer den mest problematiske påveksten. Blåskjell har også vore den mest dominerande påvekstorganismen rapportert frå anlegg rundt Nordsjøen. Blåskjell og andre muslingar blir store, og har evne til å lukke seg og dermed unngå verknader av f.eks. periodevis kløring. Dersom blåskjell losnar, kan dei bli trekt inn i kjølevasssystemet og kan i verste fall blokkere rørstrømmen. Blåskjell lever hovudsakleg på grunt vatn, men larvene er planktoniske og kan forekomme på djup ned mot 30-40 meter.

5.1.1 Påvekst i kjølevasssystem

Eit kjølevasssystem vil ha parti med både liten og stor gjennomstrøyming på vatnet. I område med høg strømningsfart (f. eks. i kondensatorar) vil hovedproblemet vere danning av slim eller biofilm som reduserer varmevekslinga. I område med liten gjennomstrøyming (f.eks. i inntaksområdet eller i bøygde rørdelar, og inspeksjonstunnelar) vil påveksten kunne nå eit høgare utviklingstrinn og omfatte også større organismer (Brankevich 1990). Røyrsystema i eit kjøleanlegg kan vere ideelle stader for påvekst av filtrerande organismer i det strømmen sørger for kontinuerleg mattilgang og fjerning av avfallsstoff.

Effektar av mikrobegroing (biofilm) er t.d. auka friksjon i tynne rørdelar, auka korrosjon og redusert effekt av varmeveksling. Effektar av makrobegroing er redusert gjennomstrøyming, større friksjon pga. ujamn overflate, auka mikrobegroing, erosjon/korrosjon, blokkeringar og mekanisk skade.

Type påvekst, utstrekning og utviklingsrate i påveksten av større organismer blir bestemt av mange faktorar som geografi, næringstilgang, temperatur, substrattyp, strømførhold etc.

Gjennomstrømmingsfarten i kjølevasssystemet er den viktigaste enkeltfaktoren for påvekst der. Høg strømfart hindrar larver i å feste seg, mens liten eller ingen strøm avgrensar tilgangen på oksygen og næring. Vanlegvis har område der påvekst av større organismar opptre ein strømfart mindre enn 1,5 m/s (Brankevich 1990).

Tabell 5. Biologien til utvalgte påvekstorganismer.

Blåskjel (<i>Mytilus edulis</i>)	Vanleg forekomande i fjøra og veks ned til ca.10 meters djup. Larvene kan forekomme på djup ned til 30-40 meter. Vid geografisk utbreiing, tåler store variasjonar i temperatur og salinitet. Gyter om våren. Eit blåskjel kan gyte mellom 5-10 millionar egg. Dei planktoniske larvene bunnsår seg etter nokre veker, men bunnslåinga kan utsettast fleire veker dersom larven ikkje finn eigna substrat (larvestadiet varer mellom 3 veker og 3 månader). Ved bunnslåing er larvene 0.26 - 1.5 mm. Blåskjel veks 3-4 cm i løpet av første året, og blir kjønnsmodne etter 1-2 år. Fester seg til underlaget med sterke byssustrådar. Tåler godt uttørring over kortare perioder.
Trekantmark (<i>Pomatoceros triqueter</i>) (Polychaeta)	Finst frå nedst i fjøra og djupare. Vid geografisk utbreiing. Trives best i beskytta område med lite strøm. Larvene er planktoniske frå 3 veker til 2 månader. Gyting foregår hovudsakleg i sommarmånadene. Trekantmark bygg seg lange rørforma kalkhus, 5-12 cm lange. Ved nedslåing har kalkrøret lengde på 800-1200µm. Også andre artar av Polychaeter med kalkhus kan forekomme som påvekstorganismer.
Sekkedyr (Ascidiaceae)	Det finst mange artar av sekkedyr (sjøpung) i våre farvatn. Sekkedyr har ein gelantinøs eller læraktig kappe som omsluttar dyret, og veks som solitære eller i koloni. Larvene er planktoniske. Enkelte artar kan bli 10-20 cm lange og normal levetid er 1-2 år. Mange sekkedyr døyr etter gyting om sommaren. Veks på både grunt og djupt vatn.
Rur (<i>Balanus</i> spp.) (Cirripedia)	Rur er vanlig på hardt underlag i den øvre del av fjøra, men finst også ned til fleire hundre meters djup (B. balanus). Tåler godt uttørring. Lengde/diameter er ca. 10-15 mm på den vanligste fjørearten, og normal levetid er 2 år. Rur dannar kalkskall som er godt festa til underlaget. Larvene er planktoniske.
Hydroidar (Hydroidar)	Hydroidar er ei gruppe organismer som er karakterisert ved å ha eit kolonidannande, fastsittjande polypstadium, som hos mange artar vekslar med eit frittssymjande medusestadium. Hydroidar finst frå tidvatnsonen til ca. 100 meters djup. Det finst ei lang rad artar, både små og store.

(Opplysningane er henta fra Bakke et al. 1992, Moen og Svensen 1999, Chou et al. 1999, og gjeld tilhøve i norske farvatn).

5.1.2 Metoder for å hindre på vekst

Tilsetting av klor til kjølevatnet har vore den mest brukte metoden mot påvekst i kjølesystem, men det er også utvikla alternative metodar slik som

- Legge inntaket djupare
- varmebehandling
- mekanisk behandling
- auke strømmen
- 'non-stick' overflatebelegg
- osmotisk sjokk (periodevis bruk av ferskvatn)
- kopar/nikkel-legeringar

I denne vurderinga er kun inntaksdjupet vurdert som middel for å unngå påvekst. Eit djupt inntak reduserer tilgjenge for planktoniske larvar av bunnlevande dyr, spesielt blåskjel som er den største problemorganismen i denne samanhengen.

Det finst også andre metodar for å hindre eller fjerne påvekst. Sjølv om klor til nå har vore den mest brukte metoden, kan kjølevassanlegg også konstruerast slik at det er mulig å basere seg på mekanisk reingjering. Dette er fullt mulig når det ikkje er snakk om blåskjelpåvekst.

5.1.3 Erfaring frå andre anlegg

På Kårstø er det eit mottaks- og behandlingsanlegg for rikgass og ustabilisert kondensat frå Nordsjøen. Anlegget nyttar sjøvatn til kjøling, og har basert seg på djupt inntak for å unngå påvekst. Kjølevassmengdene er ca. 40.000 m³/time med inntak på 78 meters djup. Inntaket er relativt nytt, men det har til no ikkje vore problem med påvekst av blåskjel. Det har vore noko påvekst av andre organismar som hydroidar og sekkedyr. Denne påveksten er imidlertid mindre problematisk enn blåskjelpåvekst og lettare å fjerne. Det blir nytta mekaniske metodar for å fjerne denne påveksten.

Påveksten og organismar som kjem inn i varmevekslaren blir fjerna med høgtrykksspyling. Det er stort sett dublering av element i anlegget slik at strømmen kan omdirigerast mens rensing pågår (Terje Kleppe, Statoil Kårstø, pers.medd).

Tidligere hadde Kårstø-anlegget eit inntaksdjup på 35 meter, og det vart nytta klor for å hindre påvekst. Kjølevassmengdene var då ca. 27.000 m³/time. Dei først åra vart klor produsert ved anlegget ved elektrolyse av sjøvatn, og utført kontinuerlig klortilsetning med periodiske sjokkdoseringar. Denne metoden var effektiv for å hindre påvekst i systemet, men førte til forholdsvis mykje korrosjon (Naturkraft 1996a). Seinere vart det tilsatt 15% natriumhypokloritt-løysing i inntakstunnelen to gonger pr. døgn. Dette var ikkje tilstrekkeleg for å hindre påveksten og anlegget hadde problem med blåskjel og tildels rur og trekantmark.

5.2 Vurderingar

Tidligere granskingar i området rundt Kollsnes i Øygarden viser at området er produktivt, med eit rikt organismesamfunn både på grunt og djupt vatn. Eit for grunt inntak av kjølevatn frå dette området vil derfor føre med seg sporer og larvar som kan feste seg i inntakskanalen eller andre deler av kjølesystemet og skape problem dersom dei forekjem i større mengder eller blir revne laus.

Ein vil ikkje kunne unngå påvekst 100% uansett inntaksdjup, men denne kan begrensa for dei mest problematiske artane. For å unngå blåskjelpåvekst og i størst mulig grad redusere anna type påvekst, bør utslepp i Hjeltefjorden plasserast slik at inntaksvatn kan takast frå 30-40 meters djup eller djupare (NB: unngå resirkulasjon).

Eit stort sjøvassinntak vil trekke med seg vatn frå tilgrensande sjikt i sjøen, og ved plassering av inntak må ein også ta hensyn til dette. Inntaket/inntaka ved Ljøsneset er førebels så moderate at slik meddriving og nedbryting av lokal sjikting neppe vil skje. Uansett bør inntaket leggast til godt under 40 meter; 50 meter er etter vår vurdering tilstrekkeleg, også sett i lys av evt miljøulempar ved djupare inntak (avsnitt 4.5).

Inntaket bør leggast på fast fjell slik at risiko for innsug av mudder og anna type sediment kan minimerast.

6. Diskusjon

Vi har ut sirkla oss inn mot ei langsiktig utsleppsløysing for CCN og NGV (LNG) som bør kunne fungere ut frå eit resipientmessig synspunkt, d.v.s.

- **Inntak, evt. felles, i 50 m djup** for 1.000 m³/time
- **Utslepp frå CNN i 16 m djup** for 300/700 m³/time
- **Utslepp frå LNG anlegget i 30 m djup** for 700/300 m³/time

Dette gir med dei fluksar vi har lagt til grunn, tilstrekkelig vertikal separasjon og ingen overflatepåverknad eller risiko for resirkulering.

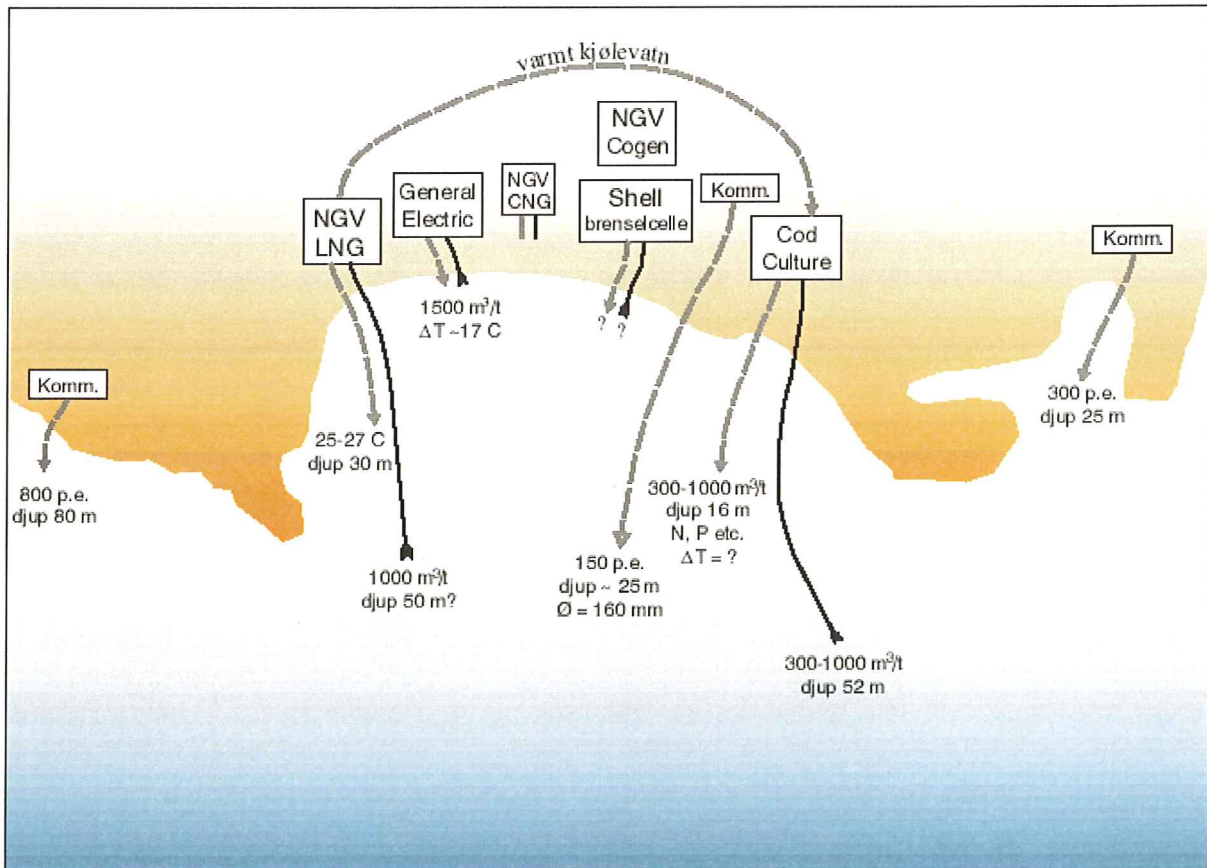
6.1 Influens frå andre utslepp

Av eksisterande utslepp er det dei tre kommunale som er interessante å vurdere. Verken utsleppet frå næringsparken eller frå Ovågen vil kunne influere direkte på sjøvassinntak i 50 m djup p.g.a. grunnare innlagring. Fin-partikulært materiale kan i teorien synke ut av utsleppsplumen og influere på inntaket, men dette blir neppe problematisk.

Strømmen som er målt i Ljøsnesbukta, indikerer at denne går både sør-og nordover, med ein viss overvekt (i transport) for sørgåande. Utsleppet i Ovågen ligg såpass langt nord at sedimenterende materiale i det alt vesentligaste vil synke til bunns før det når Ljøsnesbukta. Materiale frå KNP utsleppet kan i teorien på grunn av liten avstand falle ut i nærleiken av sjøvassinntaket til CCN ved nordgåande strøm. Men i og med at laminær strøm har tendens til å følge bunn-konturane (kotene) er denne risikoen også liten, sidan det er ein horisontal separasjon mellom 25 m og 50 m kotene på minst 50 m.

Utsleppet i Blomgangstø kan teoretisk innlagre seg tidvis i sjikt rundt 50 m, men ved desse tilfella er fortyninga svært stor (> 1000X) slik at dette neppe blir noko problem. Dersom strømmen i tillegg er hyppigast sørgåande, vil det meste av avløpet bli ført sørover, og ikkje mot Ljøsneset.

Det er på tale med fleire framtidige utslepp i eller ved Ljøsnesbukta (sjå oversikt i kapittel 2 samt kartskisse i **Figur 8**). Framtidig utslepp frå eventuelt gasskraftverk er det største og mest betydningsfulle. NIVA vurderte nokre problemstillingar ved dette i 1996 basert på planene den gong (Johnsen og Bakke 1996). Nye vurderingar kring dette og andre (nye) utslepp kan gjerast når spesifikasjonar og berekningar frå dei ulike bedriftene, spesielt Naturkraft AS, ligg føre.



Figur 8. Skisse over nokre noverande og framtidige utslepp/inntak av sjøvatn/kjølevatn i Ljøsnabukta. (Komm.: kommunalt utslepp). Framtidig utslepp frå Kollsnes Aqua AS, evt. frå gasskraftverket, er ikkje innteikna.

6.2 Forslag til oppfølging

Opplysningane som er innsamla og presentert her, bør også kunne danne grunnlag for nye/supplerande analyser for nye utslepp. Dei noverande vurderingane og berekningane er gjort på kort tid for foreliggane eller nært foreståande utslepp/inntak og på eit eksisterande datagrunnlag som ikkje er optimalt. Dersom det blir tale om oppfølgjande analyser, kan vi tilrå eller foreslå m.a. følgjande:

1. Reanalyse av strømdata frå Ljøsnesbukta spesielt m.h.t. retningsvariabilitet
2. Analyse av nye strømdata frå Hjeltefjorden (v/ Sjøservice AS)
3. Modellsimulering for innlagring/fortynning ved å nytte NIVAs hydrografiske data frå Kollsnes vest, 1996-97 (tilhøyrer Naturkraft AS)
4. Trekke inn eventuelle nye berekningar frå Naturkraft AS for det planlagte kjølevassutsleppet frå gasskraftverket i eller ved Ljøsnesbukta.
5. Stenging av Ljøsøysundet:
 - 5a) Simulere vassutskifting og strømforhold i Ljøsnesbukta og sjøområdet rundt med 2D/3D hydrodynamisk modell, med/utan stenging av sundet.
 - 5b) Vurdere effekt/forbetring for vassutskiftinga i Ljøsnesbukta ved å legge kulvert i fyllinga til Ljøsøy.
 - 5c) Verifisere strømforholda i Ljøsnesbukta med nye strømmålingar etter stenging av Ljøsøysundet.
6. Lage samla "reguleringsplan" ("vannbruksplan")for resipienten som gjeld inntak og utslepp av vatn frå mange aktuelle kjelder.
7. Foreta nærmare vurdering og evt overvaking i samband med klargjering og oppstart av CNG røyrleidningen.
8. Foreta/framskaffe nødvendige miljøanalyser i forhold til SFTs eller Fylkesmannens behov.
9. Foreslå- og etablere miljøovervåkingsprogram for sjø og botn i Ljøsnesbukta.
10. Etablere meir langsiktig oseanografisk FoU prosjekt for Hjeltefjorden totalt, for å lære om utskiftingsdynamikk, biologi, opphaldstider, forureining og samla resipientkapasitet. Foreslå dette som eit spleiselag mellom industri, kommuner og forskning med basis i samarbeid mellom NIVA-Vest, UiB og Havforskningsinstituttet.

7. Litteratur

- Bakke, T., J.A. Berge, B. Braathen, F. Moy, H. Oen, A. Pedersen og M. Walday 1992. Kombinerte effekter av kjølevatn og oppdrett på marine bunnsamfunn. Et økosystemeksperiment. NIVA Rapport 2743.
- Bjerkeng, B. og A. Lesjø 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. Rapp. Nr. O-126/73, NIVa, Oslo, 17 s.
- Botnen, H., Ø. Tvedten, P. J. Johannessen og S. Hjøhlman 1996: Byfjordundersøkelsen. Overvåking av fjordene rundt Bergen 1994 med oppsummering av resultater 1973-1994. Rapp. Nr. 11-1996, IFM Univ. i Bergen, 192s.
- Brankevich, G.J. 1990. Biofouling and corrosion in coastal power plant cooling water systems. *Marine Technology Society Journal*, vol. 24 (3), s. 18-28.
- Chou, C.L., B. Zwicker, J.F. Porter and G.R. Pelletrier 1999. Potential biofouling strategies against blue mussel (*Mytilus edulis*) infestation in a cooling water system. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. no 2283*, 96 pp.
- DN 1999: Norsk Fjordkatalog, Del IV Hordaland. Rapp Direktoratet for Naturforvaltning, Trondheim, ca 60s.
- Fischer, H. B. E. J. List, R.B.Y. Koh, J. Imberger og N. H. Brooks 1979: Mixing in inland and coastal waters. Academic Press Inc., San Diego, 483s.
- Friedler, E. og D. Buttler 1996: Quantifying the inherent uncertainty in the quantity and quality of domestic wastewater. *Wat, Sci.Tech.* Vol. 33, No 2, 65-78.
- Golmen, L.G. 1986: Vegsambandet Ramsøy-Hanøy i Hordaland. Konsekvensar for straumtilhøva. Rapp. nr. 1915, NIVA, Bergen/Oslo, 38s.
- Golmen, L.G. 1993: Strømmåling ved AS MOWIs oppdrettslokalitet i Trætteosen ved Askøy. Notat V93/06, NIVA, Bergen, 115s.
- Golmen, L.G., E. Nygaard og L. Hem 1998: Utslepp av kommunalt slam til Korsfjorden frå Andershola slamtømmestasjon i Sund kommune. Rapp. Nr. 3860-98, NIVA Bergen/Oslo, 48s.
- Gross, A.C., 1997. Long Term Experience with Non-Fouling Coatings and other Means to Control Macrofouling. Long Island Lighting Company. In: *Zebra Mussels and Aquatic Nuisance Species*, Ann Arbor Press, Inc: Chelsea, MI, 1997. Chapter 21, pp.329-342."
- Havforskningsinstituttet 1993: Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann. *Fisken og Havet*, Nr. 6-1993, 75s.
- Havforskningsinstituttet 2001: Havets Miljø 2001 (H. Fosså, red.) *Fisken og Havet*, Særnummer 2-2001, Havforskningsinstituttet, Bergen, 118s.
- Helle, H.B. 1975: Oseanografisk resipientundersøkelse av fjordene rundt Bergen. Byfjordundersøkelsen 1973-74. Bind I-II. Rapp. Geofysisk institutt, UiB.

- Hordaland Fylkeskommune 2001: Fylkesdelplan for kystsona i Hordaland. Rapp. Hordaland Fylkeskommune, juni 2001, 98s.
- Johansen, P-O., S. Hjøhlman, E.W. Myrseth, H. Botnen og P. J. Johannessen 1999: Overvåking av marinbiologiske forhold ved Norsk Hydros oljeterminal på Sture i 1999. Rapp. Nr. 1-2000, IFM, Univ. i Bergen, 85s.
- Johnsen, T. M. og T. Bakke 1996: Gasskraftverk i Øygarden. En gjennomgang av konsekvensutredning av utslipp til sjø, vurdering av lokalisering og utnyttelse av kjølevann.
- Khalanski, M. 1998. Biofouling and Antifouling Methods Used on Cooling Circuits of Coastal Power Stations in France. *Abstract from the Eighth International Zebra Mussel and Other Nuisance Species Conference, Sacramento California March 16-19, 1998.*
- Knutzen, J. m.fl. 1995: Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tiliggende fjordområder. Rapp. nr. 3351, NIVA, Oslo, 163s.
- Linde, E. 1970: Hydrography of the Byfjord. Rapp. Nr 20,/1970, Geofysisk institutt, UiB, 52s.
- Mohn, H. og A. Toskedal 2001: Strømmåling i Hjeltefjorden/Byfjorden, mai 2001. Notat, Sjøservice AS, 5s + vedlegg.
- Moen, F.E. og E. Svensen 1999. Dyreliv i havet. Håndbok i norsk marin fauna. KOM forlag 1999. 544s.
- Naturkraft 1996a. Konsekvensutredning. Gasskraftverk på alternative byggsteder: Kårstø, Kollsnes, Tjeldbergodden. *Naturkraft, Februar 1996. 97s.*
- Naturgass Vest AS 21001: Konsekvensutredning. Gassrørledning til Bergen. Rapp. Naturgass Vest, Bergen, oktober 2001, 67 s.
- Nygaard, E., L.G. Golmen og E. Lømsland 1997: Gasskraftverk på Kollsnes. Datarapport fra strøm-og hydrografimålinger 1996-97. Rapp. Nr. 3708-97 NIVA, Bergen, 146s.
- Qian, P-Y., D. Rittschof, B. Sreedhar and F.S. Chia 1999. Macrofouling in unidirectional flow: miniature pipes as experimental models for studying the effects of hydrodynamics on invertebrate larval settlement. *Mar. Ecol. Prog. Ser. 191, pp. 141-151.*
- Sjøservice AS 2001: Sjøbunnskartlegging av gassrørledningstrasé Kollsnes-Bergen. Rapp. Sjøservice AS, Bergen, april 2001, ca 20s.
- Tvedten, Ø.F., H. Botnen, K.E. Ellingsen og P.J. Johannessen 1997. Utredning og konsekvensvurdering: Marinbiologiske forekomster og økologiske forhold langs rørledningstraséer mellom Kollsnes - Sture - Mongstad.
- Tveranger, B. m.fl. 2001: Strømmålinger for Bergen Aqua AS i Ljøsnesbuka på Blomøy i Øygarden. Rapp. Rådgivende Biologer AS, Bergen, Nr. 488, 13 s.
- Øygarden kommune 2000: Hovudplan for avløp 2000-2011. Øygarden kommune 01.11.2000, sak KS 108/00, 52s + vedlegg.