



O-92213

# Gransking av marine resipientar i Tysnes 1992-1993

STORD

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| Prosjektnr.: | Undemr.:        |
| O-92213      |                 |
| Løpenr.:     | Begr. distrib.: |
| 3036         |                 |

| Hovedkontor                                                                                | Sørlandsavdelingen                                                                   | Østlandsavdelingen                                                                | Vestlandsavdelingen                                                                     | Akvaplan-NIVA A/S                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Postboks 173, Kjelsås<br>0411 Oslo<br>Telefon (47) 22 18 51 00<br>Telefax (47) 22 18 52 00 | Televeien 1<br>4890 Grimstad<br>Telefon (47) 37 04 30 33<br>Telefax (47) 37 04 45 13 | Rute 866<br>2312 Ottestad<br>Telefon (47) 62 57 64 00<br>Telefax (47) 62 57 66 53 | Thormøhlensgt 55<br>5008 Bergen<br>Telefon (47) 55 32 56 40<br>Telefax (47) 55 32 88 33 | Søndre Tollbugate 3<br>9000 Tromsø<br>Telefon (47) 77 68 52 80<br>Telefax (47) 77 68 05 09 |

|                                                                 |                    |               |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|
| Rapportens tittel:                                              | Dato:              | Trykket:      |
| <b>GRANSKING AV MARINE RESIPIENTAR I TYSNES<br/>1992 - 1993</b> | Mars 94            | NIVA 1994     |
|                                                                 | Faggruppe:         | Marin Eutrofi |
| Forfatter(e):                                                   | Geografisk område: |               |
| <b>Lars G. Golmen</b>                                           | Hordaland          |               |
|                                                                 | Antall sider:      | Opplag:       |
|                                                                 | 43                 | 45            |

|                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Oppdragsgiver:                                         | Oppdragsg. ref.:    |
| <b>Tysnes kommune, teknisk etat, 5685 Uggdalseidet</b> | <b>A.J. Johnsen</b> |

## Ekstrakt:

I perioden oktober 1992 - november 1993 gjennomførte NIVA gransking av hovedresipientane Tysnesvika, Humlevika og Gripnesvågen samt tilstøytande sjøområde. Programmet innbefatta månadleg måling av hydrografi og oksygen, samt strømmåling i Humlevika. Resultata synte at tilhøva i Tysnesvika var betre enn tidlegare. Humlevika har mindre gode tilhøve, men det er ikkje venta negative effekter av å overføre avløp frå Lunde hit. Gripnesvågen hadde H<sub>2</sub>S i djupvannet, og fall dårlegast ut i granskinga. Også Gjerdsvika hadde dårlege tilhøve, og konkrete tiltak for å betre vasskvaliteten bør vurderast for begge desse resipientane.


4 emneord, norske

1. Tysnes
2. Sjøresipient
3. Eutrofi
4. Kommunale utslepp

4 emneord, engelske

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Lars G. Golmen

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2414-9

NIVA Prosjekt nr. O-92213

GRANSKING AV  
MARINE RESIPIENTAR  
I  
TYSNES  
1992-1993

**Bergen, mars 1993**

**Lars G. Golmen**

## NOKRE FAGLEGE ORD OG UTTRYKK SOM BLIR BRUKT I RAPPORTEN.

Uttrykka kan ha ei anna og vidare tyding i andre samanhengar enn slik dei er nytta i denne rapporten.

**Adveksjon:** Transport eller forflytning av vatn som strømmen forårsakar.

**Brakkvatn:** Vanlegvis definert som fjordvatn med lavare salinitet enn 25. Men nemninga blir ofte nytta i ein vidare forstand om vatn i øvre lag av fjordar som er betydeleg påverka av lokale ferskvasskjelder.

**Eutrofiering:** Prosess med næringssalttilførsel og "overgjødsling" i sjøvatn, og som fører til ekstra stort oksygenforbruk i vannmassen, gjerne også unormal stor algevekst.

**Densitet:** Nemning for sjøvatnets egenvekt, som avheng av temperatur og salinitet, samt trykk. Oppgis ofte i sigma-t einingar, som er egenvekta i  $\text{kg/m}^3$  minus 1000.

**Hydrografi:** Vanligvis brukt som nemning på (læra om) sjøvatnets fysiske/kjemiske tilstand, d.v.s. om dets eigenskapar og tilstand når det gjeld salinitet og temperatur, samt oksygeninnhald.

**Kalibrere:** Omgrep som betegnar ein systematisk prosess for å korrigere måleinstrument eller måledata for feil.

**Salinitet:** Nemning på total mengde av løyste salt i sjøvatn, målt i kg salt pr kg sjøvatn. Merk at næringssalt inngår som del av dei løyste salta, men desse bidrar berre med ein forsvinnande liten del i forhold til andre dominerande salt som f. eks. NaCl. Salinitet blir bestemt ut frå sjøvatnets elektriske leiðningsevne (konduktivitet). Oppgis utan nemning, eller med faktoren  $10^{-3}$  ("promille" ppt).

**Sediment:** Nemning på lausmasser på hav- og fjordbotn. Aktuell sammensetning og konsistens er bestemt bl. a. av topografiske forhold, strømførhold og avstand til partikkelkjelder.

**Sprangsjikt:** Nemning på overgangen mellom eit brakkvasslag øvst i fjorden, og saltare vatn under. Overgangen kan vere svært markert (tynt sprangsjikt) eller strekke seg over fleire djupnemeter.

## FORORD

*Tysnes kommune er i gang med sanering av kloakkavløp. Fleire spreidde utslepp skal samlast og førast ut i resipientar med dokumentert tilstrekkeleg kapasitet i høve til utsleppsstorleik.*

*For å få vurdert kapasiteten til nokre konkrete resipientar, blei NIVA hausten 1992 forespurt av kommunen om å kome med forslag til gjennomføring av nødvendige granskingar. Detaljar blei diskutert på eit møte mellom NIVA, kommunen v/avd. ing. A. J. Johnsen og Miljøvern-avdelinga v/ avd. ing. S. I. Heltveit den 14. oktober. Behovet for ei tiltaksretta gransking blei understreka.*

*Tidlegare marinbiologiske granskingar i Tysnes foretatt av Universitetet i Bergen og NIVA resulterte i meir direkte tilstandskarakteristikkar for resipientane. Resultat frå desse granskingane har imidlertid danna eit viktig grunnlagsmateriale for den nye granskinga.*

*Kommunen har i stor grad sjølve stått for prøveinnsamling. A. J. Johnsen hos kommunen koordinerte den lokale innsatsen, mens Svein Høviskeland stod for den praktiske gjennomføringa av tokta, saman med lokale båtførarar.*

*Hos NIVA har Inger Midttun handsama data og redigert sluttrapport. Lars G. Golmen har vore prosjektleiar.*

*Bergen mars 1994*



*Lars G. Golmen*

## INNHALD

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| KONKLUSJON OG TILRÅDING .....                   | 5  |
| 1. INNLEIING .....                              | 6  |
| 1.1. Bakgrunn og formål. ....                   | 6  |
| 1.2. Geografisk omtale .....                    | 6  |
| 1.3. Tidlegare granskingar .....                | 9  |
| 1.4. Utslepp .....                              | 10 |
| 2. MÅLEPROGRAMMET .....                         | 12 |
| 2.1. Hydrografi .....                           | 12 |
| 2.1.1. Måleinstrument .....                     | 13 |
| 2.2. Strømmåling .....                          | 13 |
| 2.2.1. Måleinstrument .....                     | 13 |
| 3. MÅLERESULTAT .....                           | 14 |
| 3.1. Hydrografi .....                           | 14 |
| 3.2. Strømmåling .....                          | 19 |
| 4. ANALYSER OG VURDERINGAR .....                | 28 |
| 4.1. Innlagring av utsleppsvatn .....           | 28 |
| 4.1.1. Teori .....                              | 28 |
| 4.1.2. Dimensjonerande vassføring .....         | 28 |
| 4.1.3. Verdier til modellen .....               | 28 |
| 4.1.4. Resultat .....                           | 30 |
| 4.2. Vassutskifting i øvre lag .....            | 30 |
| 4.3. Vassutskifting i terskelbasseng .....      | 30 |
| 4.4. Resipientkapasitet for Humlevika .....     | 32 |
| 4.4.1. Modellberekningar .....                  | 32 |
| 4.5. Samla vurdering .....                      | 34 |
| 4.6. Vidare granskingar .....                   | 35 |
| REFERANSAR .....                                | 36 |
| APPENDIKS 1; RESULTAT AV OKSYGENMÅLINGANE. .... | 37 |

## KONKLUSJON OG TILRÅDING

Sjøområda på nordsida av Tysnes var i perioden november 1992 til november 1993 gjenstand for granskingar av vasskvalitet og vassutskifting. Bakgrunnen for granskingane var Tysnes kommune sin strategi for optimal utnytting av dei aktuelle resipientane i forhold til framtidig rekreasjon, friluftsliv og allmenn bruk.

Resipientgranskingane som blei utført i regi av NIVA, omfatta områda

- I Tysnesvika og Gjerdsvika**
- II Humlevika med Lundevågen**
- III Gripnesvågen.**

På utvalde stader blei det gjort hydrografiske målingar med 1-2 månaders mellomrom over ei periode på eit år. Område II omfatta også strømmåling i samband med planlegging av kloakkutslepp frå Lunde.

### Resultat

Den hydrografiske variasjonen i den tilstøytande Bjørnafjorden var om lag som normalt, slik at nødvendige vilkår for utskifting i terskelbassenga i Tysnes var til stades i måleperioden.

### Område I

**Tysnesvika** hadde betre tilhøve i 1992-1993 enn tidligare. Forbetringa kan skuldast kommunale tiltak med regulering og omlegging av kloakkutsleppa i Våge og langs vestsida av vika. Oksygenverdiane i djupvatnet tilsvarar SFTs kategori I ("God") for resipientklassifisering.

**Gjerdsvika** hadde låg minimumsverdi for oksygen (nær SFTs kategori III, "Nokså dårlig"). Tilførslene til denne resipienten bør reduserast.

### Område II

**Humlevika** har begrensa resipientkapasitet, men tilhøva i 1992-1993 var betre enn ved tidlegare granskingar. Lågaste oksygenverdi var 3.35 ml/l, tilsvarande 50 % metning. Dette tilsvarar SFTs kategori II ("mindre god") for resipientklassifisering. Resipienten vil neppe få merkbare effekter av direkte kloakktilførsler frå Lunde. **Lundevågen** hadde tilfredsstillande tilhøve, men bør skjermast for tilførsler på grunn av lite sjøareal/volum og brukspotensialet som småbåthamn og til fritidsaktivitetar.

### Område III, Gripnesvågen

Resipienten har begrensa utskifting p.g.a. grunn terskel og trangt innløp. Det var registrert hydrogensulfid i djupvatnet frå 15 m djup og nedover. Tilførslene bør kartleggast og vurderast m.h.t. klårlegging av i kva grad den dårlege vasskvaliteten (SFTs kategori IV; "Nokså dårlig") skuldast naturleg belastning eller tilførsler frå landbruk og busetnad.

### Vidare overvaking og kontroll

Tilstanden i resipientane bør overvakast vidare for å kontrollere effekter av iverksatte og vedtekne reguleringstiltak. For Gjerdsvik og Gripnesvågen bør konkrete tiltak for å begrense tilførsler vurderast.

## 1. INNLEIING

*I dette kapitlet blir det gitt opplysningar om bakgrunn for granskinga i 1992-1993, og om kva som var formålet med den. Det blir gitt ein kortfatta presentasjon av geografiske tilhøve, eksisterande utslepp og tidlegare granskingar.*

### 1.1. Bakgrunn og formål.

Tysnes kommune gjennomfører sanering av kommunale avløp. I samband med dette har det blitt reist spesielle spørsmål knytta til einiske utslepp på nordsida av Tysnes. Dette gjeld spesielt dei som har Lundevågen og Humlevika som resipient.

Tidlegare miljøgranskingar i desse områda har indikert mindre gode resipienttilhøve. Fylkesmannens miljøvernavdeling påla derfor kommunen å få gjennomført ei ny gransking, direkte innretta mot å finne optimale løysingar for kommunale utslepp. Konkret gjalt dette utslepp frå Lunde sentrum og Lundehagen. Granskinga blei imidlertid utvida til å også å omfatte Tysnesvika (som har utslepp frå Våge) og Gripnesvågen lengst i aust.

Dei aktuelle utsleppsalternativa for Lunde er avmerka i fig. 1.3b som posisjon R1 (munning av Lundevågen) og R2 (ute i Humlevika). Desse medfører rørleidningar av h.h.v. 175 og 400 m lengde. Eit tredje alternativ er å føre kloakken heilt ut i Bjørnafjorden gjennom ei ca 2 km lang leidning. Dette inneber ei relativt omfattande og kostbar løysing, og er aktuell å vurdere kun viss tilhøva i Lundevågen/Humlevika er for dårlege til å tole lokale utslepp.

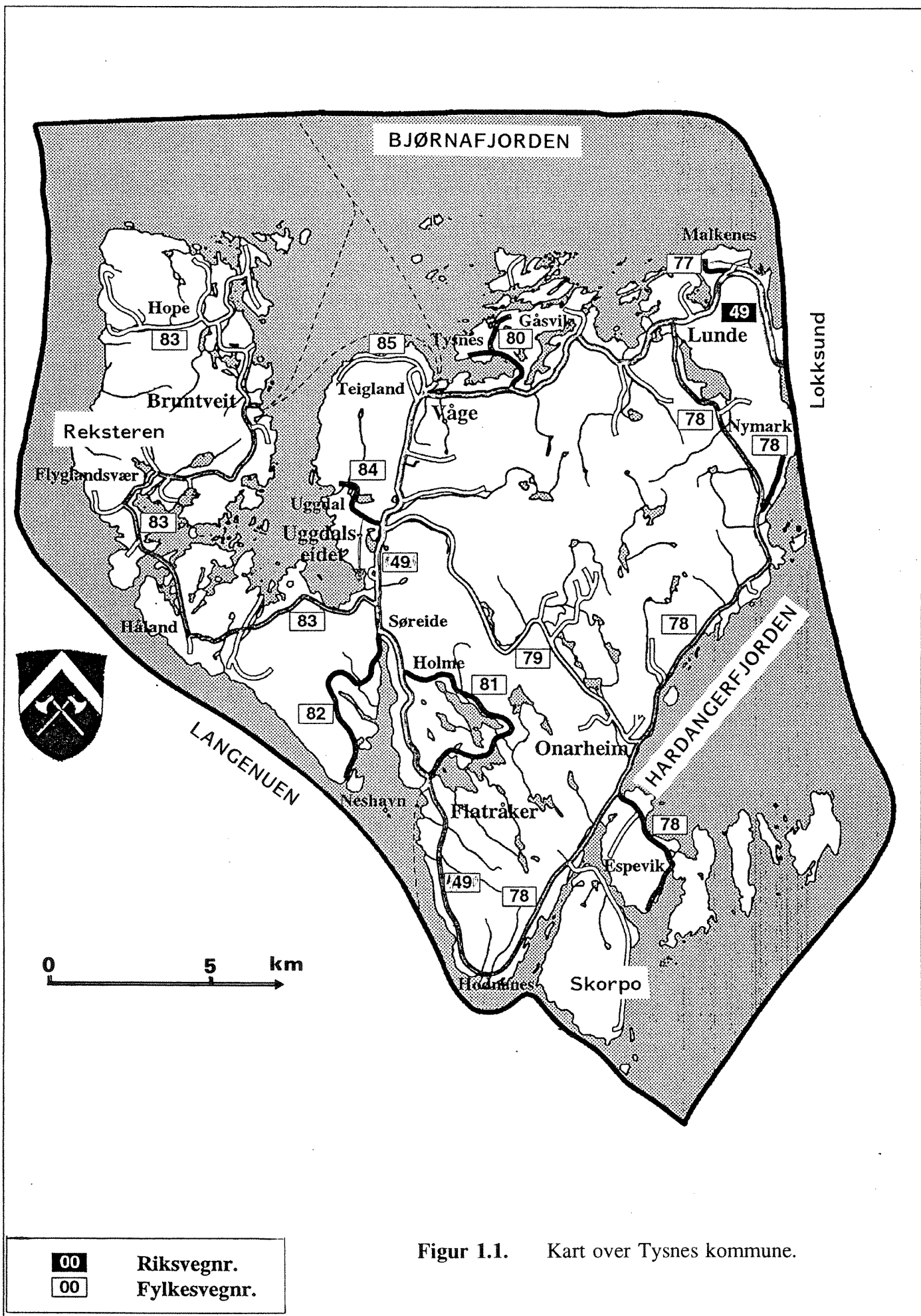
Granskinga skulle resultere i anbefalingar om utsleppsstad, etter vurdering av fleire alternativ. Det skulle utførast måling av hydrografi og strøm. Basert på tidlegare og nye målingar, tilførselstal og teori skulle det gjennomførast teoretiske berekningar av resipientkapasitet, innlagingsdjup for utslepp m.m. Metoder og resultat skulle dokumenterast med tanke på å danne mal for liknande framtidige granskingar.

### 1.2. Geografisk omtale

Tysnes kommune (fig. 1.1, samt forsidefoto) ligg i Sunnhordland, og består av Tysnesøya og fleire andre øyar (Reksteren og Skorpo er dei største av desse). Tysnesøy er landfast med Kvinnherad og Fusa ved brua over Lokksundet i aust. I nord grensar kommunen til Bjørnafjorden, og i vest til Langenuen og Stord. I søraust mot Hardangerfjorden. Kommunesenteret er Uggdalseidet inne på Tysnesøya, mens handelssenteret er Våge.

Kommunen tel ca 3,500 personar. Dette talet aukar monaleg i ferietidene, i samband med mykje hytte- og hotellbesøk. Fritidsaktiviteten er særleg knytt til sjøen. Dette gjer at kommunen legg særleg vekt på sikring og kontroll av sjøområda. Kommunen har eit variert næringsmønster, med vekt på primær-næringane, og har rike historiske tradisjonar.



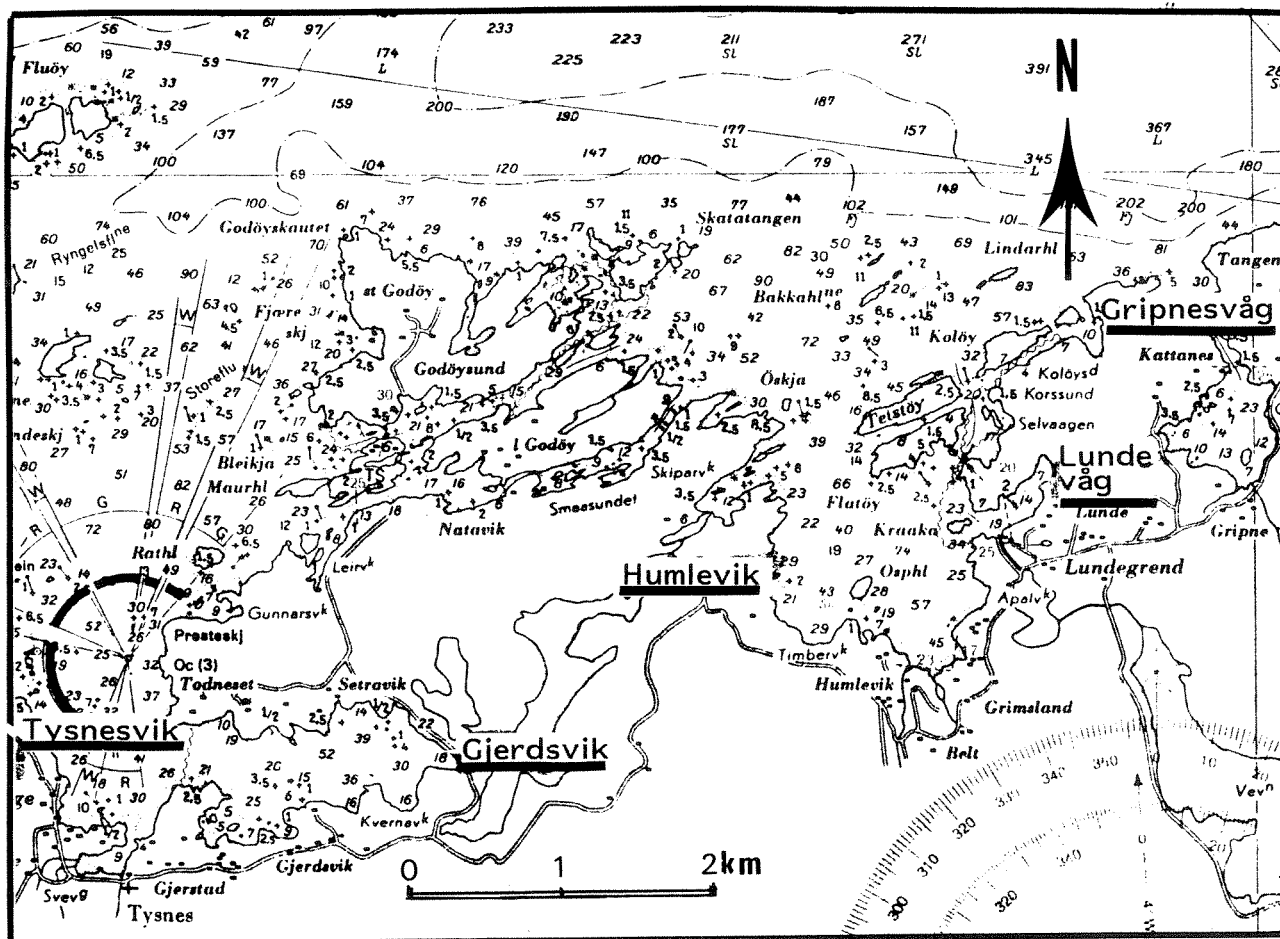


Figur 1.1. Kart over Tysnes kommune.

Sjøområdet som denne granskninga omfattar er synt i utsnitt frå sjøkart nr 22 (fig. 1.2). Avstanden mellom vestlegaste resipient Tysnesvika og Gripnesvågen i aust er ca 4 km. Alle resipientane grensar til Bjørnafjorden, som har relativt god kommunikasjon med kystvatnet.

Botntopografien i dei ulike resipientane er synt i meir detalj i fig. 1.3a, b. Ein del storleikar knytt til topografien er satt opp i tabell i kapittel 4, og brukt i berekningane av resipientkapasitet m.m. der.

Topografien og andre faktorar set visse begrensingar på bruken av sjøområda. LENKA (1989) klassifiserte Tysnesvika og Humlevika som "B" område, d.v.s. begrensa kapasitet for organisk belastning frå oppdrett. Gripnesvågen hadde ingen klassifisering i LENKA rapporten, men antas satt i kategori "C", d.v.s. ingen tilgjengelig kapasitet.



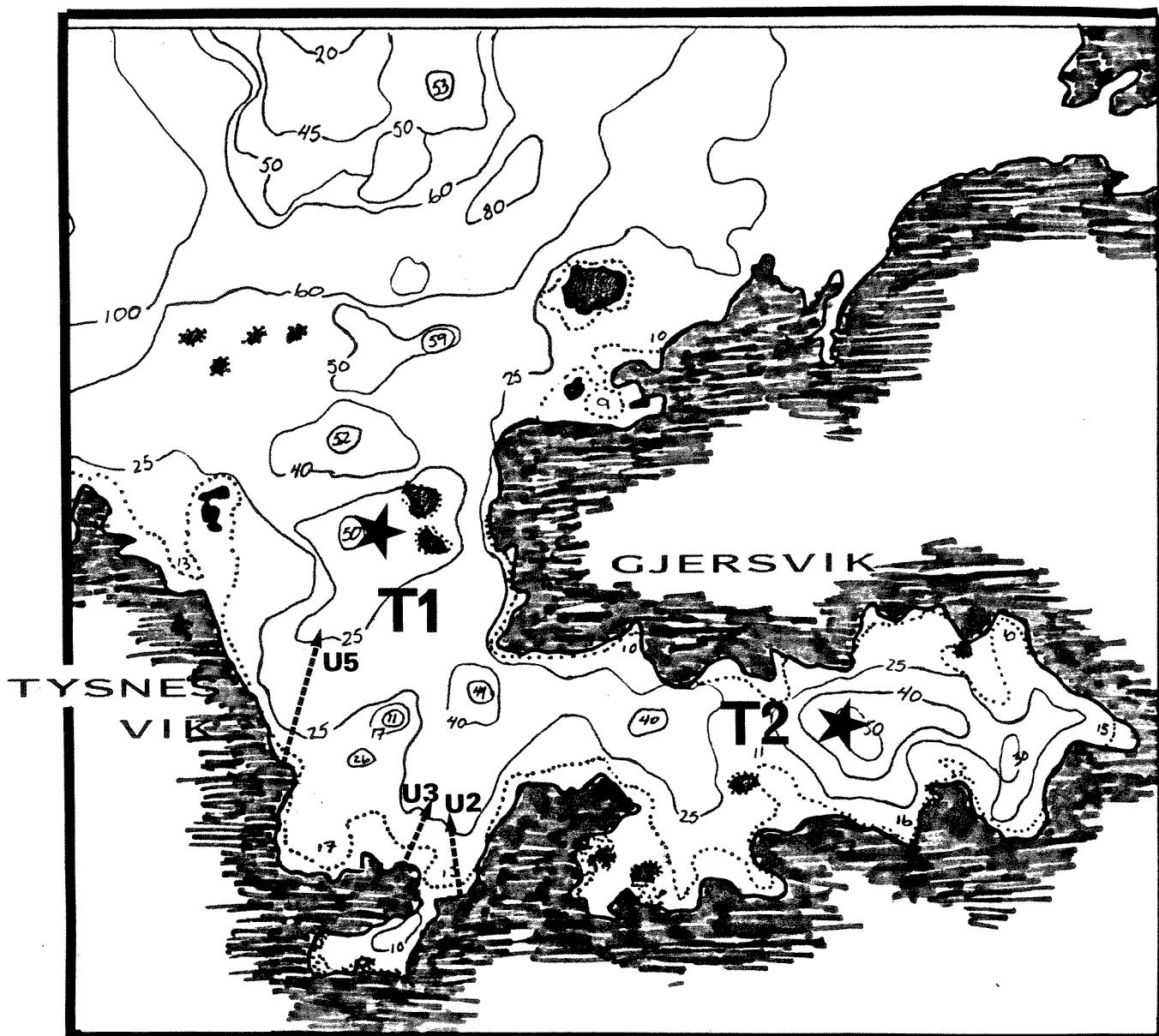
**Figur 1.2.** Utsnitt av sjøkart nr 22, som syner nordre del av Tysnesøya og dei aktuelle resipientane. Bjørnafjorden i nord.

### 1.3. Tidlegare granskingar

Universitetet i Bergen (Johannessen og Stensvold 1986) gjennomførte marinbiologisk kartlegging i mars 1986 i område som foreliggende gransking omfattar, samt nokre område lenger vest (Søreidsvik ved Uggdalseidet). Det var lagt mest vekt på botnfauna-analyser og strandsonekarakteristikk.

Rapporten konkluderte med at botntilhøva i Humlevika (Fig. 1.3b) og i Tysnesvik/Gjerdsvik (Fig. 1.3a) var lite tilfredsstillande. Nye utslepp i desse områda blei frårådd.

NIVA (Oug m. fl. 1991) gjennomførte oppfølgjande miljøgranskingar i Tysnes i april 1991. Det blei konkludert med at det hadde vore lite endring i miljøtilstand sidan 1986, og at både Tysnesvika, Lundevågen og Gjerdsvik var lite eigna som resipientar.



Figur 1.3a. Kart over Tysnesvika og Gjerdsvika, med innteikna posisjonar for hydrografimålingar 1992-1993, samt kommunale utslepp (U)

## 1.4. Utslepp

Basert på talmateriale frå kommunen har vi freista å lage ein oversikt over samla kloakktilførsler til dei ulike resipientane. I tillegg til kloakktilførslene er der varierende bidrag av næringssalt og organisk materiale m.a. frå landbruk og utmark som er vanskelige å talfeste.

### **Gripnesvågen** (fig. 1.3.b).

Gripnesvågen har kun spreidde (ikkje regulerte) utslepp/tilførsler frå busetnad og eitt større gardsbruk, samt nokre fritidsbustader. Ein kan anta at det meste av den menneske-skapte organiske belastninga for denne resipienten skriv seg frå gardsbruket, som har 14 kyr på bås. Avgang frå silo og fjøs blir reinsa etter gjeldande forskrifter.

### **Humlevika-Lundevågen** (fig. 1.3.b).

Utsleppet frå Lunde har i dag 100 pe tilknytta og går ut i munnninga av vågen. Framtidig utslepp skal dimensjonert for 420 pe. Det vil nok ta lang tid før eit slikt utsleppstal blir reelt. Vidare er der fleire andre utslepp lenger mot sør og vest i Humlevågen. Desse utgjør i dag anslagsvis 150 pe (hytter inkludert).

### **Gjerdsvika** (fig. 1.3.a).

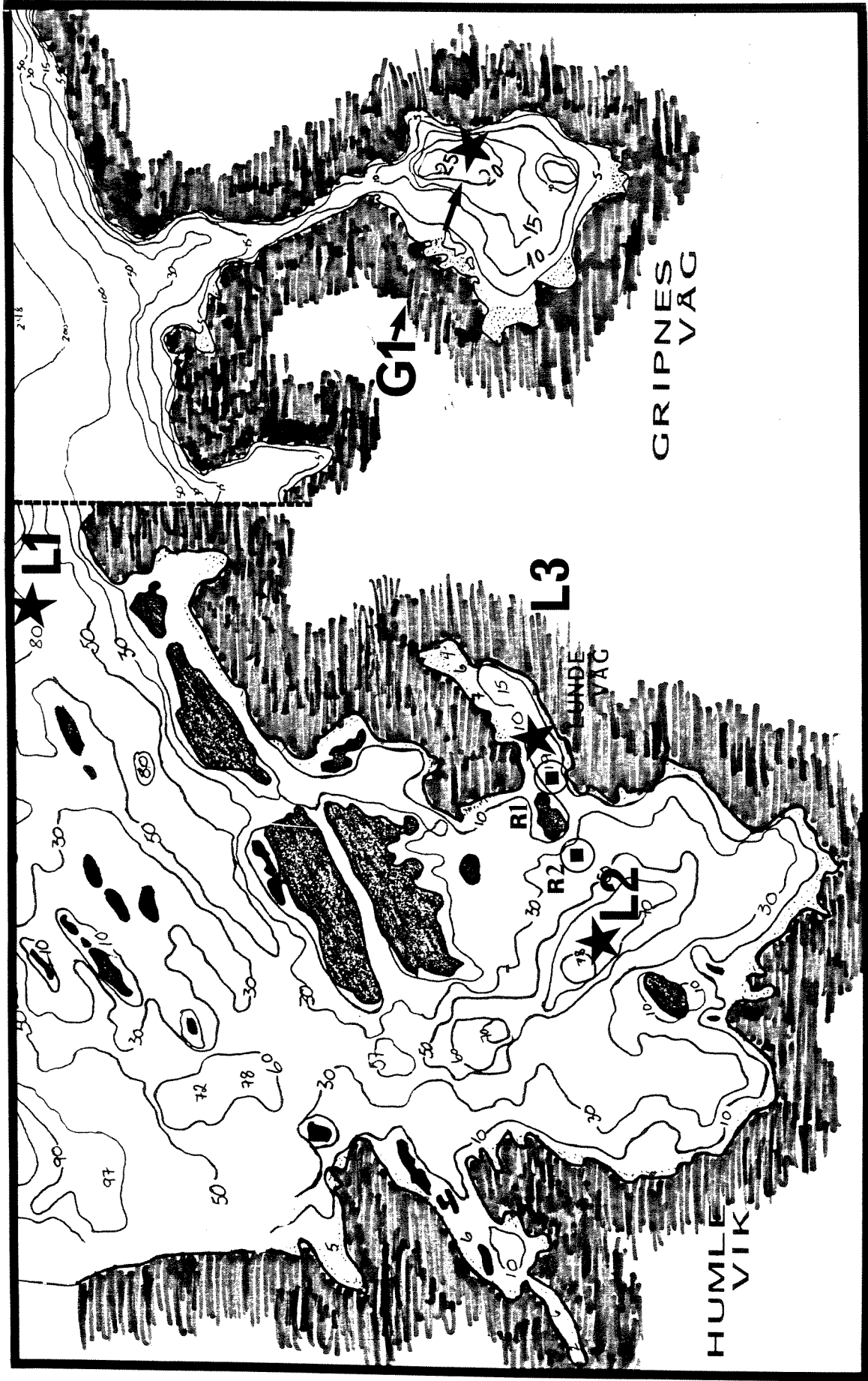
Her er det i dag spreidde utslepp frå hytter og hus. For indre deler av vika ligg det ikkje føre rammeplaner, men framtidig busetnad skal påleggast biologisk reinsing eller tilsvarande. Inst i vågen er det utslepp frå 26 hytter og 15 hus. Frå nordsida av vågen er det tilførsler frå 10 hytter og 14 hus, og frå sørsida 50 hytter og 57 hus. Ingen landbrukskjelder. Dette gir anslagsvis 300 pe.

Ytre deler av Gjerdsvika (vestom terskelen) ligg innafor område med kloakkrammeplan. Her er det planlagt eit utslepp (U1) tilsvarande 100 pe. Dette kan topografisk sett definerast som å høyre til Tysnesvika.

### **Tysnesvika** (fig. 1.3.a).

Det var tidlegare fleire kommunale utslepp i området frå Gjerstad til nord forbi Våge. Dagens utslepp frå hus tilsvarar anslagsvis 1000 pe. Dagens bidrag frå hytter er ikkje kvantifisert, men kan antakast å utgjere ca 250 pe.

Det austlegaste (U2) har i dag skulen tilknytt (ca 50 pe). Dette skal flyttast over til U5 (hovedavløp NØ for Våge). Tidlegare utslepp U3 er alt flytta over til U5. Planene er at alle utslepp frå Våge nord til Klokkargarden skal ut til U5, som ligg på 25 m djup.



Figur 1.3b. Kart over Humlevika m/ Lundevågen, samt Gripnesvågen, med posisjonar for hydrografimålingar (L1-L3, G1) og strømmålingar (R1, R2) i 1992-1993.

## 2. MÅLEPROGRAMMET

*Tidlegare granskingar har framskaffa dokumentasjon på tilstand i sedimenta. Foreliggende gransking har derfor hatt strømførhold og vassutskifting som hovedtema. Måleprogrammet har konsentrert seg om hydrografi og strøm. Ein del faglege ord og uttrykk som er nytta i teksten er nemnt innleiingsvis i rapporten.*

### 2.1. Hydrografi

På seks ulike stader ("stasjonar") blei det målt hydrografi med jamne mellomrom frå slutten av 1992 til slutten av 1993. Måletidspunkta i 1992-1993 var som følgjer:

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| NOV | DES | FEB | MAR | APR | JUN | JUL | AUG | OKT | NOV |
| 27. | 29. | 5.  | 30. | 26. | 4.  | 12. | 30. | 4.  | 13. |

Måleprogrammet bestod av profilering frå overflate til botn med målesonde, samt prøvetaking av vatn i nokre utvalde djup. Oksygenprøvene frå toktet 29/12 1992, samt salinitet-temperatur data frå toktet 13. november 1993 kunne ikkje nyttast. På toktet i mars 1993 måtte stasjonen i Gripnesvågen sløyfast på grunn av is i vågen. Ellers blei målingar og analyser utført etter programmet. Posisjonane er avmerka i kart i fig. 1.3a, b. Måledjup for dei ulike stasjonane er synt i tabell 2.1.

Oksygen blei konservert i felt, og seinare bestemt i lab ved titrering (Winklers metode). Salinitet og temperatur blei også registrert av strømmålarane som hang i fast forankra rigg (sjå avsnitt 2.2). Desse kontinuerlege måleseriane representerer data frå eitt bestemt djup over lengre tid, og gir nyttig informasjon m.a. om korttidsvariasjonar.

**Tabell 2.1.** Posisjon og måledjup for hydrografimålingar og prøvetaking i Tysnes 1992-1993.

| Posisjon                    | Måledjup | Djup for vassprøver |
|-----------------------------|----------|---------------------|
| <b>Gripnesvåg</b>           | 0-29m    | 10m, 20m, 28m       |
| <b>Lundevåg</b>             | 0-20m    | 10m, 18m            |
| <b>Humlevik</b>             | 0-75m    | 10m, 20m, 50m, 75m  |
| <b>Gjerdsvik, T1</b>        | 0-50m    | 10m, 20m, 50m       |
| <b>Tysnesvik, T2</b>        | 0-50m    | 10m, 20m, 50m       |
| <b>Referanse, Bjørnafj.</b> | 0-75m    | 10m, 20m, 50m, 75m  |

### 2.1.1. Måleinstrument

Hydrografi (salinitet og temperatur) blei for det meste målt ved hjelp av Salinoterm-apparat med faste djupneintervall. Målesonden blei senka til gitt djup, og verdiar blei så avlest direkte på ein måleskala, og notert i skjema saman med måledjupet.

På nokre tokt blei det nytta automatisk registrerande sonde av type Sensordata SD200. Denne registrerer og lagrar data for temperatur, salinitet og djup i eit internt dataminne. Etter toktet kan alle måledata avlesast direkte til PC. Ved eit par høve blei det nytta ei spesiell sonde (Simtronix UCM-40) som også måler strøm. Dette instrumentet sender data fortløpande via signalkabel til PC om bord i båten.

### 2.2. Strømmåling

Strømmåling blei utført i to ulike posisjonar, h.h.v. ved munningen av Lundevågen (1. måleperiode) og lenger ute i Humlevika (2. periode). Tabell 2.2 syner måleperioder etc. Måleposisjonar er synt i fig. 1.3.

**Tabell 2.2.** Oversikt over strømmålingane i Tysnes i 1993.

| Posisjon | Måledjup | Instrument | Måleinerv. | Periode, 1993 |
|----------|----------|------------|------------|---------------|
| Lundevåg | 3 m      | SD2000, S6 | 20 min     | 30/3 - 26/4   |
| ---"---  | 12 m     | AAnd. 9480 | 10 min     | 30/3 - 5/5    |
| Humlevik | 10 m     | SD2000, S3 | 12 min     | 30/8 - 4/10   |
| ---"---  | 18 m     | AAnd. 6106 | 10 min     | 30/8 - 4/10   |

#### 2.2.1. Måleinstrument

Til strømmålingane i fast forakra rigg blei det nytta målarar av type Aanderaa RCM og Sensordata SD2000. Begge typer registrerer strøm ved hjelp av ein s.k. savoniusrotor som roterer p.g.a. strømmen. Strømretning blir registert ved hjelp av eit ror som orienterer instrumentet opp mot strømmen. Kompass og elektronikk for øvrig innebygd i instrumenta sørger for registrering av måledata med faste tidsintervall i eit internt dataminne.

Desse rotor-instrumenta treng ein viss minstefart for å kunne måle. Ved strøm svakare enn ca 1.5 cm/s vil rotoren ikkje rotere rundt i det heile. Strømstyrken er proporsjonal med antall rotoromdreiningar/måleintervall. Ved omrekning frå rotor-omdreiningar til strømfart (i cm/s) må det settast ein nedre grense for antall målte rotasjonar for at data skal vere gyldige. Dette fordi at ved lave rotasjonstall fungerer ikkje rotoren direkte proporsjonalt (lineært).

### 3. MÅLERESULTAT

*I dette kapitlet blir resultat frå målingane og prøvetakinga presentert i kortfatta form. Vidare diskusjon og analyser følgjer i kapittel 4. Tabellar med alle oksygenverdiane og tilhøyrande parametrar er synt i appendiks 1. Verdi for 100% oksygenmetning er ein funksjon av salinitet og temperatur, og vil naturleg nok variere over året (kaldt og lite salt vatn har størst løysingsevne). Metningsverdiane i appendiks 1 er utrekna etter Weiss (1970) sin formel.*

#### 3.1. Hydrografi

##### Referansestasjonen, L1

Målingane omfatta prøver frå 0 m til 75 m djup. Tidsutvikling for salinitet og temperatur er presentert i fig. 3.1. Som venta var det ingen sterk lagdeling å spore. I perioden juli-august 1993 var det antydning til eit sprangsjikt i ca 10 m djup. Temperaturen var oppe i 14 grader i september 1993. Lågaste målte temperatur var 4.6°C i mars 1993. Saliniteten varierte mellom 29 og 35 ppt.

Oksygenforholda var gode (fig. 3.2). Episoder med relativt låge oksygenverdiar (50-70% metning) i "frie vannmassar" i åpne fjordar kan tidvis opptre, særleg på hausten, på grunn av høg temperatur og metabolisme. Slik oksygenreduksjon var det ikkje spor av i målingane. Lågaste verdien på 5.44 ml/l blei målt i 50 m djup i juli. Dette tilsvarar 81 % metning. Ellers låg verdiane stort sett mellom 6 og 7 ml/l, tilsvarande 90-100% metning. Opp til 10-11% overmetning forekom til tider, for det meste i øvre lag. Dette har sannsynlegvis samanheng med oksygenproduksjon (alger) og/eller oppvarming av sjøen.

Alt i alt kan sjøen i Bjørnafjorden (referansestasjonen) seiast å ha representert god vasskvalitet og gunstige vilkår ved eventuell utskifting av terskelområda i Tysnes i 1992-1993.

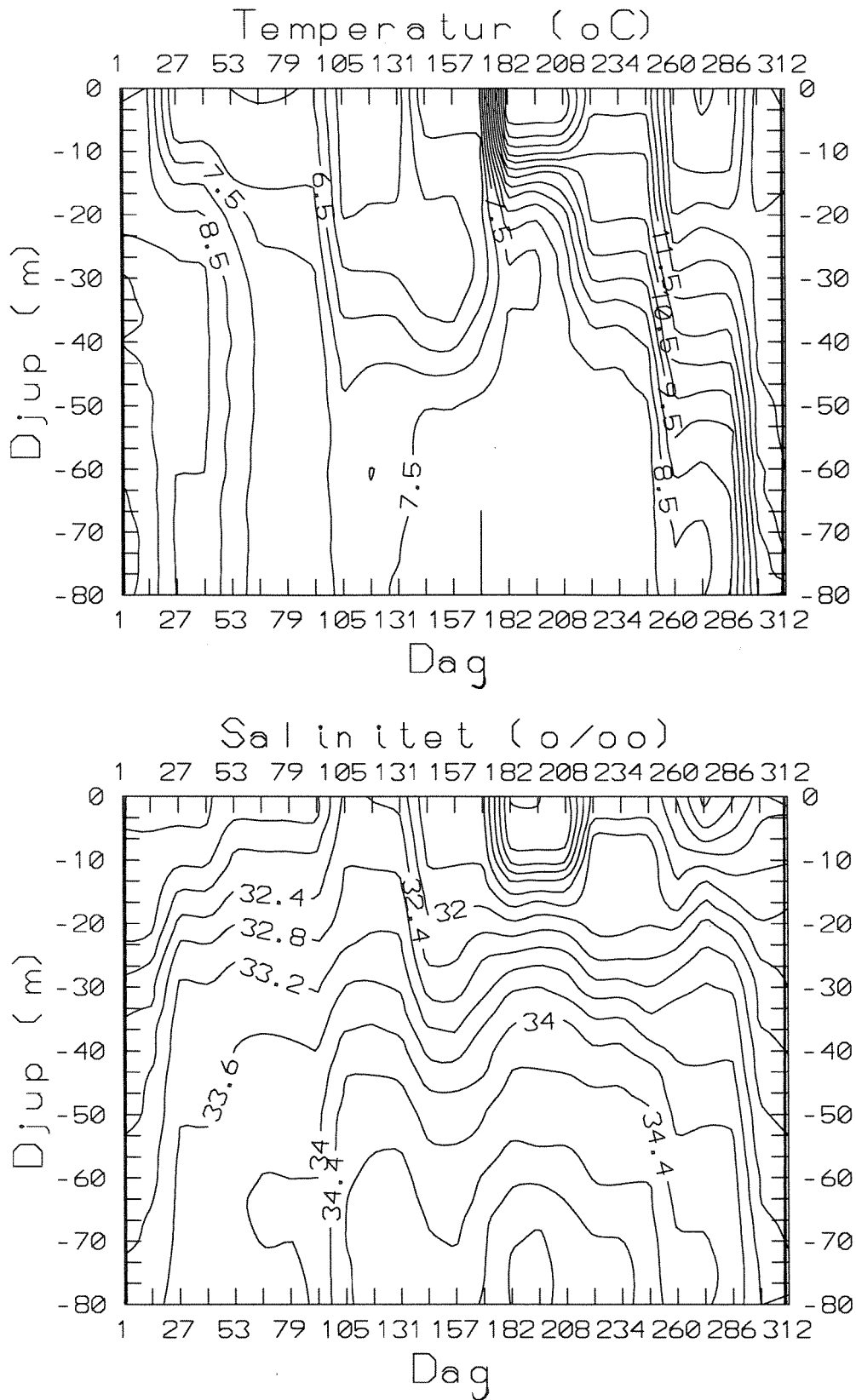
##### Stasjon T1, Tysnesvika

Stasjonen låg i munningen av Tysnesvika, vest for fyrlykta (Presteskjeret, fig. 1.2 og 1.3a). Her blei det målt frå overflate til 50 m djup, d.v.s. nesten til botn. Temperatur og salinitetstilhøva var tilnærma som på referansestasjonen. Også oksygentilhøva var tilfredsstillande (sjå appendiks 1 for fullstendig oversikt). Fig. 3.3. syner tidsutviklinga for oksygenkonsentrasjon i 50 m djup. Lågaste verdien i dette djupet var 5.78 ml/l (96% metning).

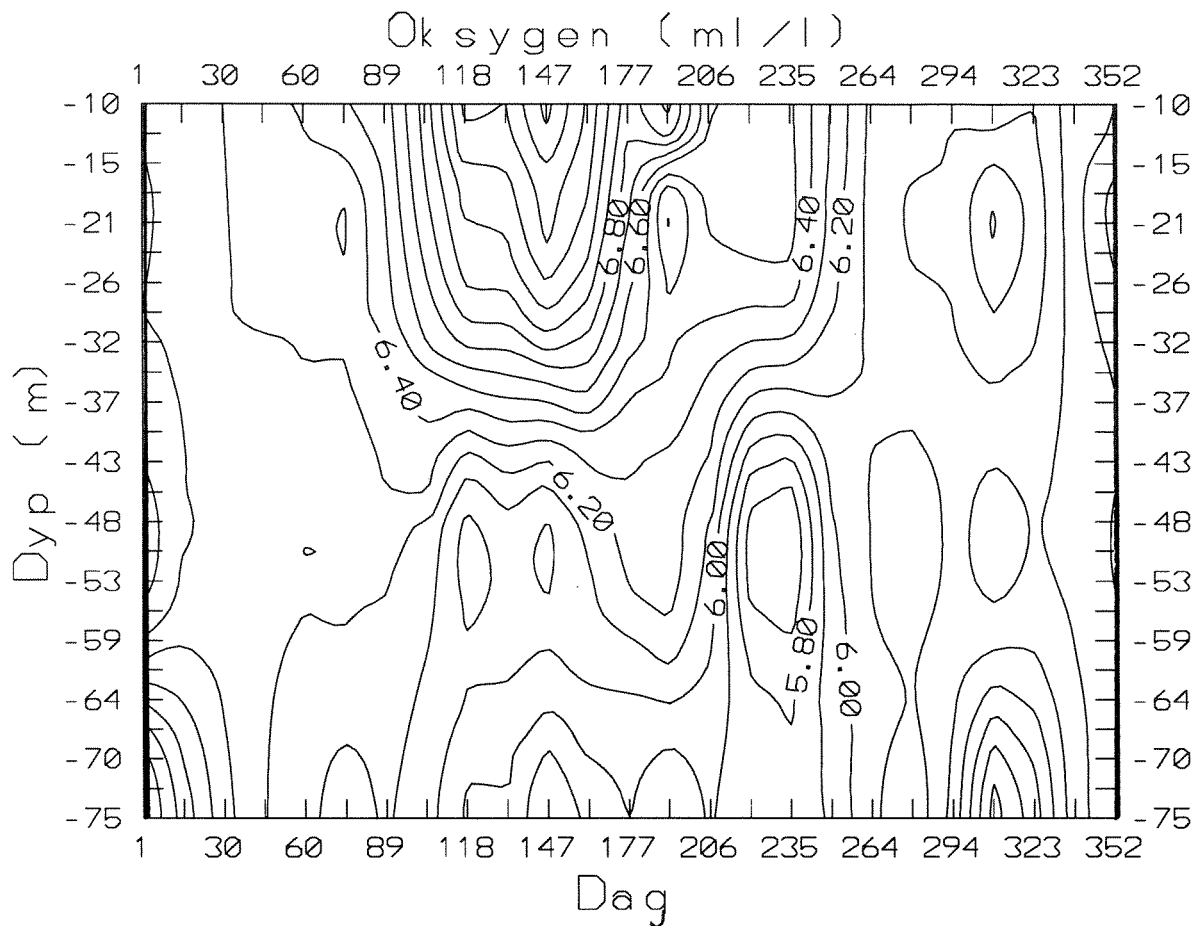
##### Stasjon T2, Gjersvika

Stasjonen låg i indre del av Gjersvika, bak ein terskel med ca 20 m djup. Det blei målt frå overflate til 50 m djup. Lågaste salinitetsverdi var 28.5 (i overflata), og lågaste temperatur 4.4°C, som var 0.2°C kaldare enn samtidig målt temperatur på referansestasjonen.

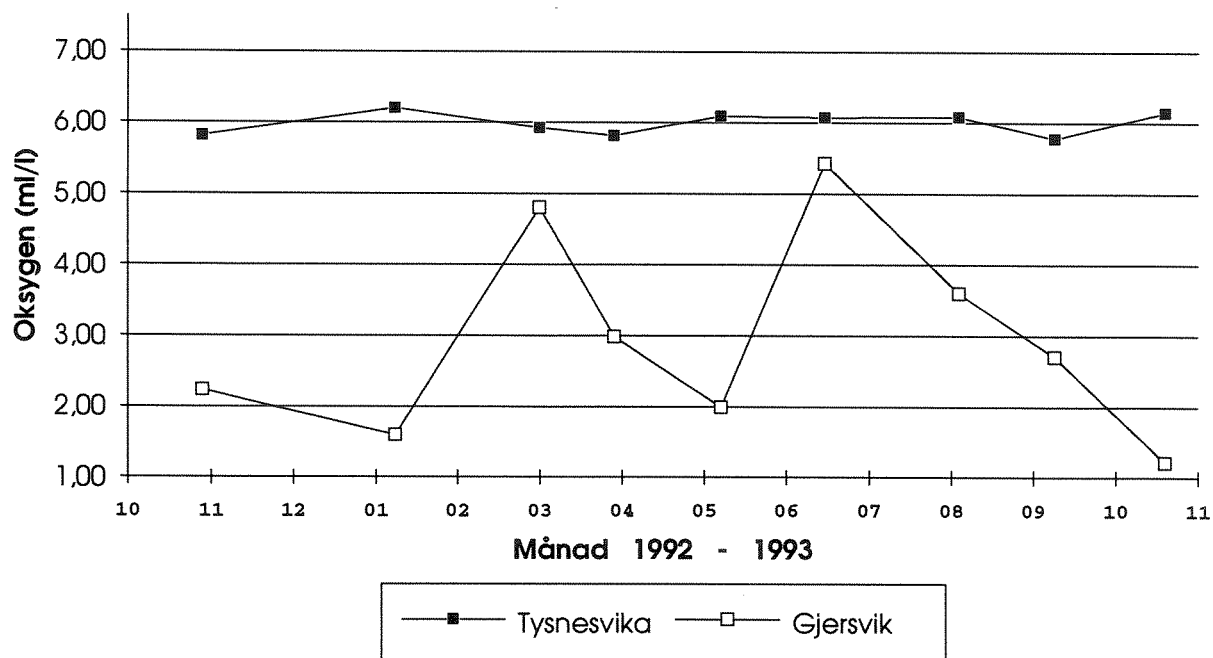




**Figur 3.1.** Tids-isopleter av målt temperatur og salinitet på referansestasjonen (L1) i perioden 27/11 1992 - 4/10 1993.



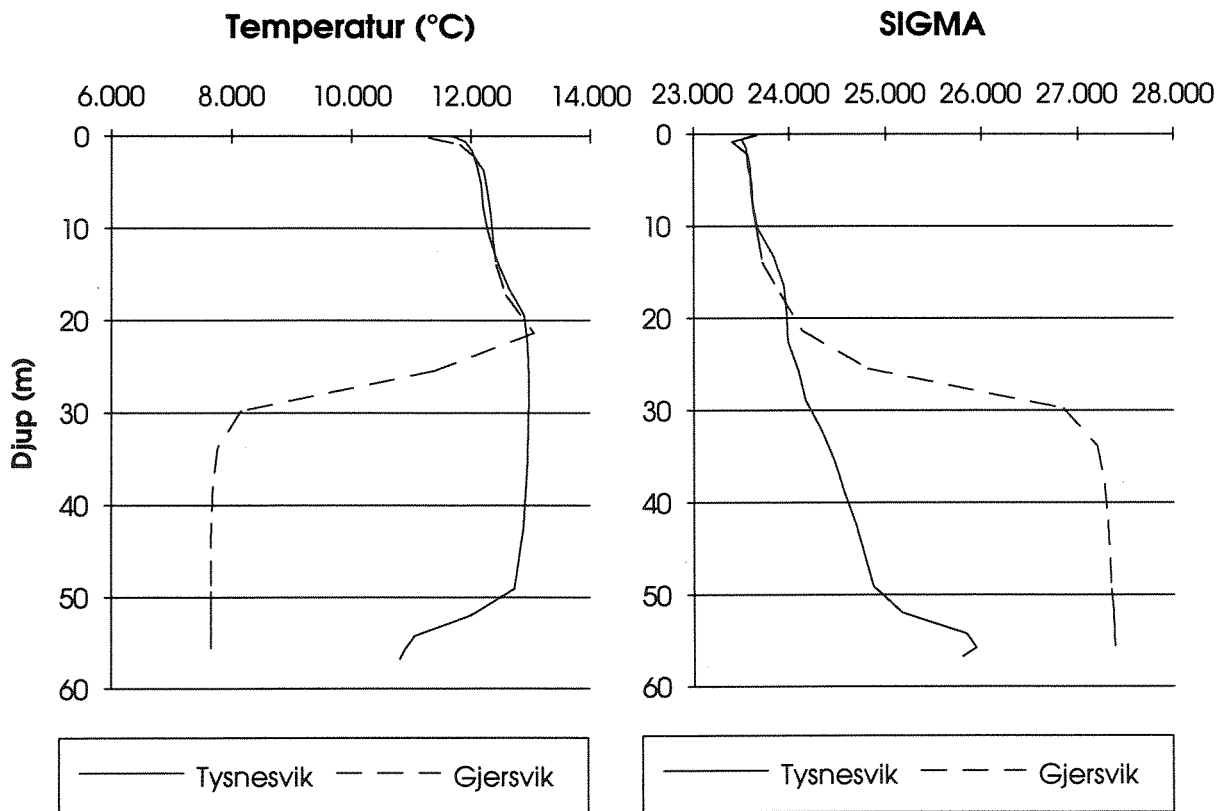
Figur 3.2. Tidsisopleter av oksygen på referansesasjonen (L1) i perioden 27/11 1992 - 13/11 1993.



Figur 3.3. Tidsplott av oksygenverdiane i 50 m djup på stasjon 11 og 12 i perioden oktober 1992-november 1993.

Figur 3.3. syner oksygenutviklinga i 50 m djup (nær botn), saman med tilsvarende kurve for stasjon T2 lenger ute i Tysnesvika. Kontrasten når det gjeld vasskvalitet er tydeleg. Nivået i Gjerdsvika var lågt (1.21 ml/l) ved slutten av måleserien, og lågare enn ved same dato foregåande år. Kurva peika fortsatt bratt nedover då målingane blei avslutta, og faren for absolutt oksygenvinn ( $H_2S$ ) seinare var reell.

Kontrasten mellom djupvatnet i Gjersvik og Tysnesvika framgår også tydeleg av fig. 3.4, der data (temperatur og berekna densitet) i oktober 1993 er presentert. I Gjerdsvika var det eit markert sprangsjikt mellom ca 22 m og 30 m djup, og under dette homogent vatn til botn. Sprangsjiktet er tydeleg ein effekt av terskelen. Djupvatnet var kaldt (rundt 7.6 °C), og må stamme frå ei innstrøyming foregåande vinter/vår. Vatnet i tilsvarende djup ute i Tysnesvika og på referansestasjonen låg rundt 12.8 °C. Sannsynlegvis foregjekk det ei delvis utskifting med innstrøyming av kaldt vatn i mai-juni 1993 (jamfør fig. 3.3).



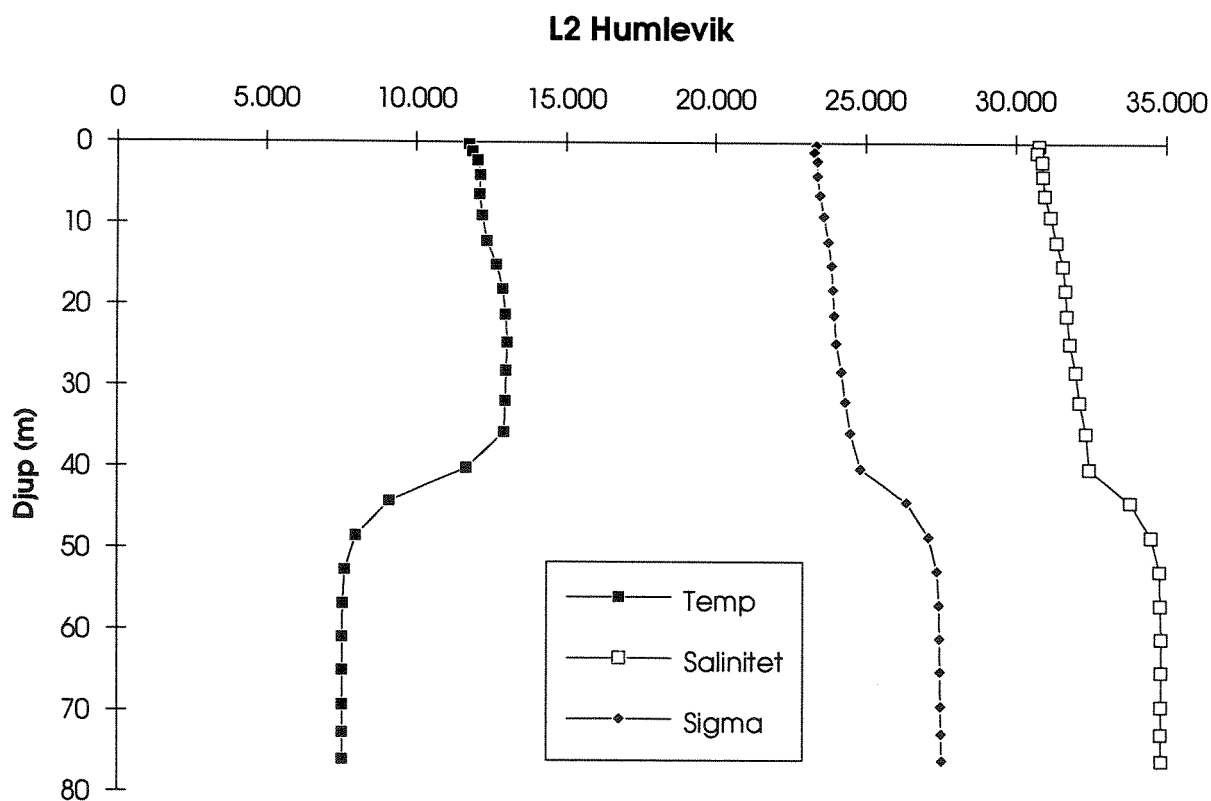
**Figur 3.4.** Vertikalprofilar av målt temperatur og berekna densitet ( $kg/m^3-1000$ ) på stasjon T1 (Tysnesvika) og T2 (Gjerdsvika) 4. oktober 1993. Legg merke til det karakteristiske sprangsjiktet i Gjerdsvika.

### Humlevika og Lundevågen

Målingane her omfatta to stasjonar; Lundevågen (0-18 m djup) og Humlevik, L2 (0-75 m). Desse resipientane står sentralt i foreligande vurderingar omkring kloakkregulering. I tillegg ligg det føre tidsseriar av temperatur og salinitet frå strømmålarane.

Djupvatnet i Humlevika (50 m - 75 m) synte teikn til stagnasjon, med relativt låge oksygenverdiar både hausten 1992 og 1993. Tilhøva hausten 1993 var like - eller litt betre enn - tilhøva i 1992 (appendiks 1). Lågaste verdi var 3.35 ml/l (nov. 1992 i 75 m), tilsvarande 50% metning. Sommaren 1993 var verdiane oppe i ca 5 ml/l (80% metning), tilsynelatande etter ei delvis utskifting i løpet av våren 1993.

I oktober 1992 var det eit sprangsjikt mellom 30 og 40 m djup (temperaturdifferanse på 5 °C, salinitetsdifferanse på ca 3 ppt). Sjå fig. 3.5. Den effektive terskelen vest for Teistøy ligg nok i dette djupneintervallet.



**Figur 3.5.** Vertikalprofilar av salinitet, temperatur og densitet (sigma,  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i Humlevika målt den 4. oktober 1993.

I Lundevågen var det gode oksygentilhøve i måleperioden. Lågaste verdien blei målt i november 1993 (5.76 ml/l, 86% metn.) i 18 m djup. For øvrig låg verdiane (10 og 18 m djup) stort sett over 90% metning.

Ei samanlikning mellom oksygenverdiane i 20 m i Humlevika (L2) og i 18 m djup i Lundevågen syner at Lundevågen gjennomgåande hadde 0.5-1 ml/l høgare verdier første del av måleperioden. I slutten av perioden (sommar og haust 1993) var denne trenden snudd, med like eller litt (0.5 ml/l) lågare verdier i Lundevågen. Lundevågen hadde ikkje noko markert sprangsjikt.

Tidsseriar av temperatur og salinitet målt samtidig med strøm er synt i fig. 3.7, 3.8 og 3.10. Temperaturen i april varierte mellom ca 5 °C og 9 °C i 3m djup, og 5.3 - 6 °C i 12 m djup. Det var ein svakt aukande trend utover i måleperioden. Temperaturkurva for 3 m (fig. 3.7) syner ein tydeleg døgn-modulasjon, mens effekten av tidevatnet (halvdagleg) var liten. Sistnemnte faktor ville kunne manifestere seg som hyppigare variasjon, i takt med adveksjon inn/ut av vågen når det var temperaturforskjeller mellom vågen og Humlevika.

Måleserien (strøm) frå september 1993 synte temperaturvariasjon mellom 13 og 15 °C i 3 m djup (fig. 3.10) og mellom 11 og 13.5 °C i 10 m djup. Saliniteten i 10 m (ikkje målt i 3 m) varierte mellom 31.3 og 33.6 ppt.

### **Gripnesvågen**

Denne resipienten er den mest spesielle topografisk sett av dei som er granska. Målingane omfatta intervallet 0 m til 28 m. I første del av måleperioden var det tilfredsstillande oksygentilhøve (over 4 ml/l i djupvatnet). Frå juni 1993 og utover hausten sank oksygenverdiane gradvis, til nær null i 20 m og 28 m.

I oktober blei det registrert H<sub>2</sub>S i djupvatnet (tydeleg lukt av vassprøvene). Detaljerte målingar med nedsenkbar oksygensonde synte at oksygenvinn inntraff rundt 15 m djup.

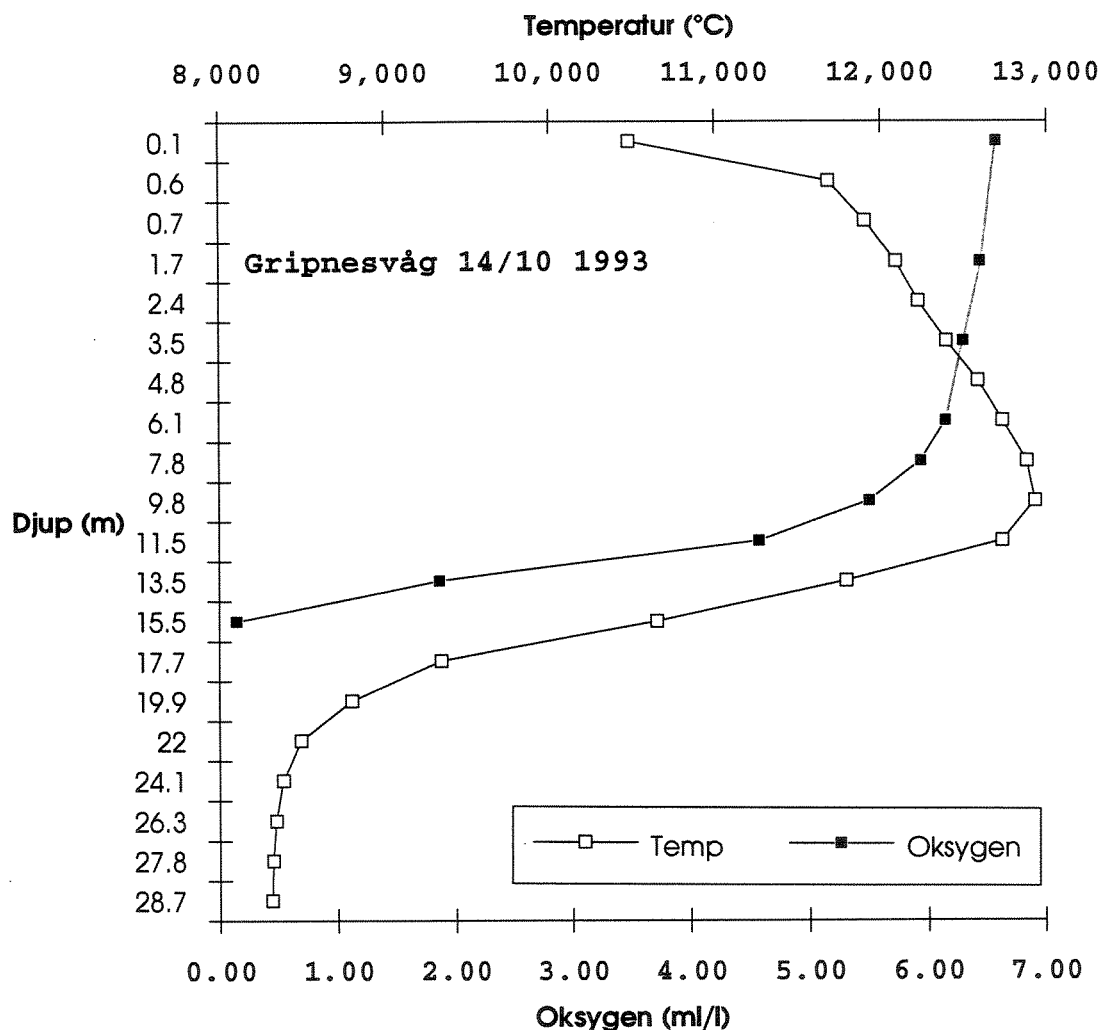
Fig. 3.6 syner profilar av oksygen og temperatur i Gripnevågen, oktober 1993. Sjølv om terskelen ligg på 3-4 m djup, er det tydeleg ut frå profilane at ei viss utskifting foregår ned til 10 - 15 m djup.

## **3.2. Strømmåling**

Posisjonane for strømmålingane er synt i fig. 1.3b. Måleperioden var 30/3 - 26/4 1993 og 30/8 - 4/10 1993 (konf. kapittel 2).

### **Rigg 1, Lundevågen.**

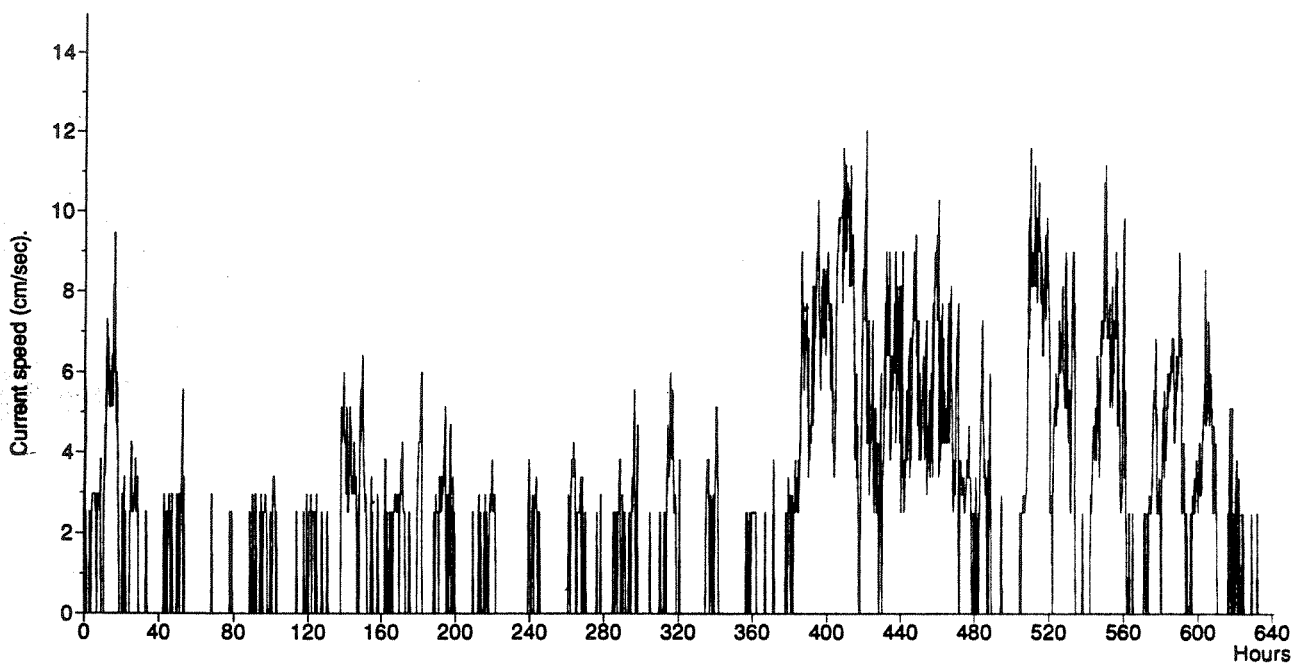
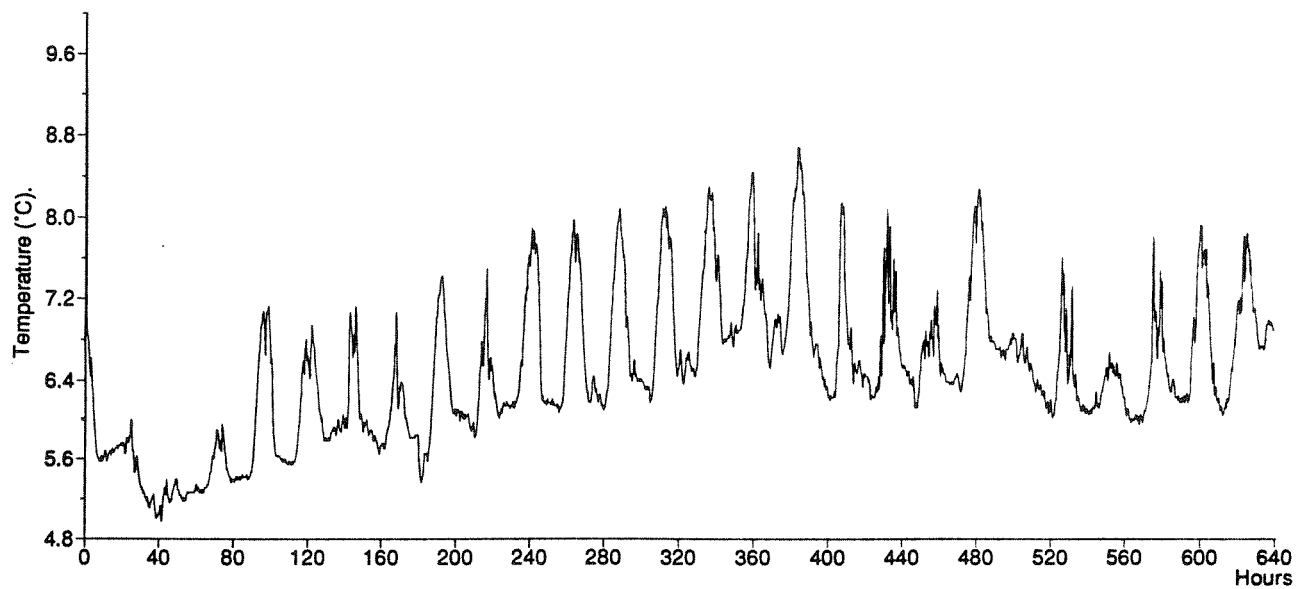
I posisjon R1 i utløpet av Lundevågen blei det målt i april 1993, i 3 og 12 m djup (sjå avsn. 2.2 for detaljar om målingane).



Figur 3.6. Vertikalprofilar av målt temperatur og oksygen (med YSI sonde) den. 4. oktober 1993 i Gnipnesvågen.

### 3m djup

Tidsseriane av målt temperatur og strømfart frå 30/3 til 26/4 er synt i fig. 3.7. Strømmen var moderat. Som figuren syner, var max. styrke ca 12 cm/s. I perioder var det tilnærma stagnasjon (m.a. midtvegs i perioden, ved halv måne, då tidevassforskjellen var minst). Det var nok ikkje tale om fullstendig stagnasjon, men strøm svakare enn deteksjonsgrensa (jamfør avsnitt 2.2.1). Heile måleperioden sett under eitt var strømmen (nettostrømmen) retta mot NV-N, d.v.s. delvis i retning innover i vågen i dette djupet. Middelstrøm (aritmetrisk middel) var 2.3 cm/s, og nettostrøm styrke var 0.3 cm/s.



**Figur 3.7.** Tidsserier av målt temperatur og strømstyrke i posisjon R1 (Lundevågen) 30/3 - 26/4 1993, 3 m djup.

### **12 m djup**

P.g.a. begrensa minnekapasitet slutta instrumentet å logge data etter den 14/4. Måleserien frå dette djupet er dermed ca 2 veker lang. Instrumentet målte salinitet i tillegg til strøm og temperatur. Fig. 3.8 syner tidsseriane av temperatur, salinitet og strømfart. Det var moderat strøm. Middel strømstyrke var 2.2 cm/s. Fig. 3.9 syner plott av strømreretning mot strømstyrke. Dominerande strømreretning var mot 220°, d.v.s. mot S-SV (ut av vågen).

### **R2, Humlevika**

I posisjon R2 (fig. 1.3.) blei det målt i september 1993, i 3m og 10 m djup (sjå avsnitt 2.2 for detaljar om målingane).

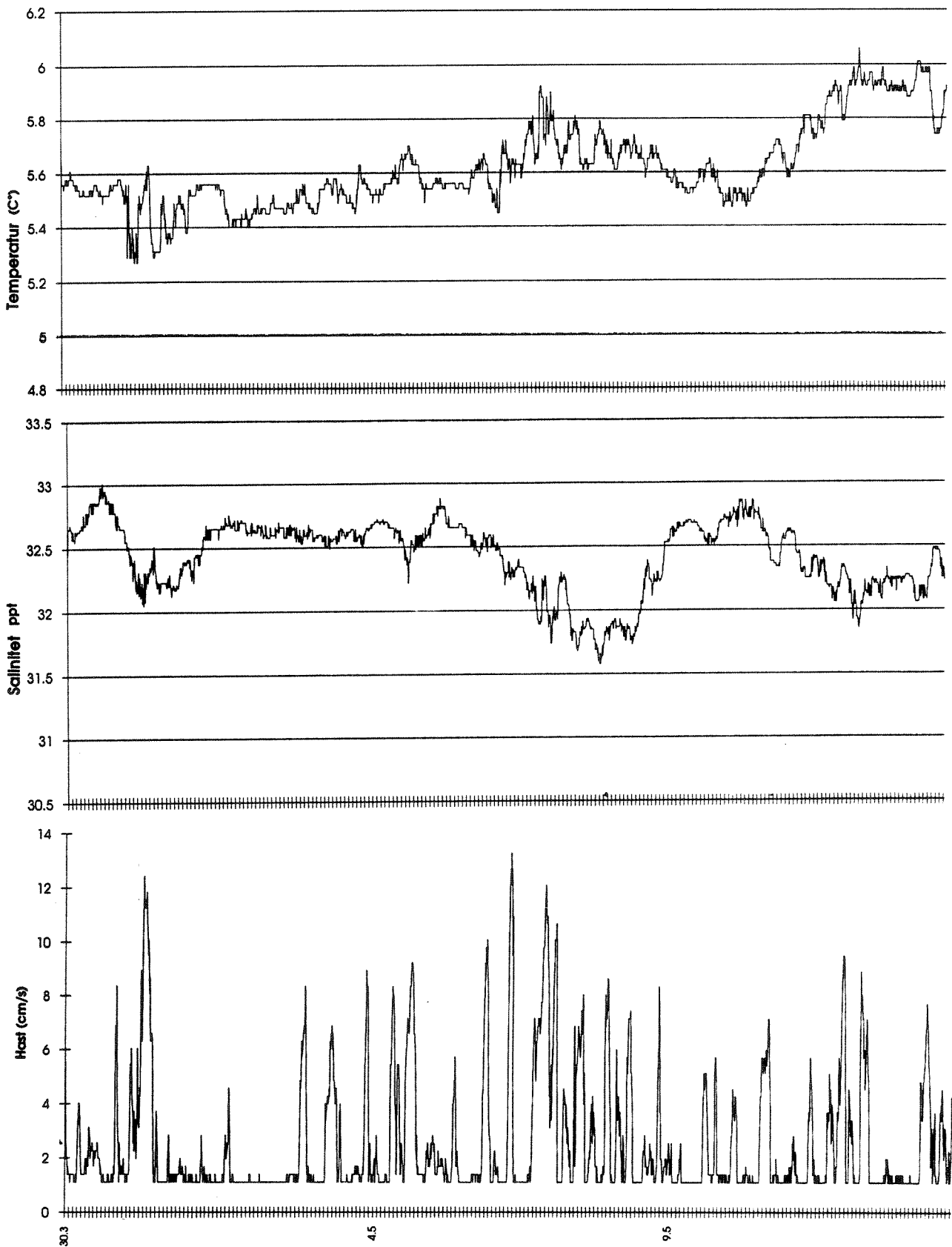
### **3 m djup**

Fig. 3.10 syner måleresultat for temperatur og strømstyrke. Strømmen var svak. Middel strømstyrke var 0.8 cm/s. Maks strøm var 9 cm/s. Der var perioder av inntil 1 døgn varigheit med tilnærma stagnasjon, spesielt midt i måleperioden (halv måne den 9/9). Dominerande strømreretning var mot 160° (mot S-SØ). Nettostrømmens styrke var 0.2 cm/s.

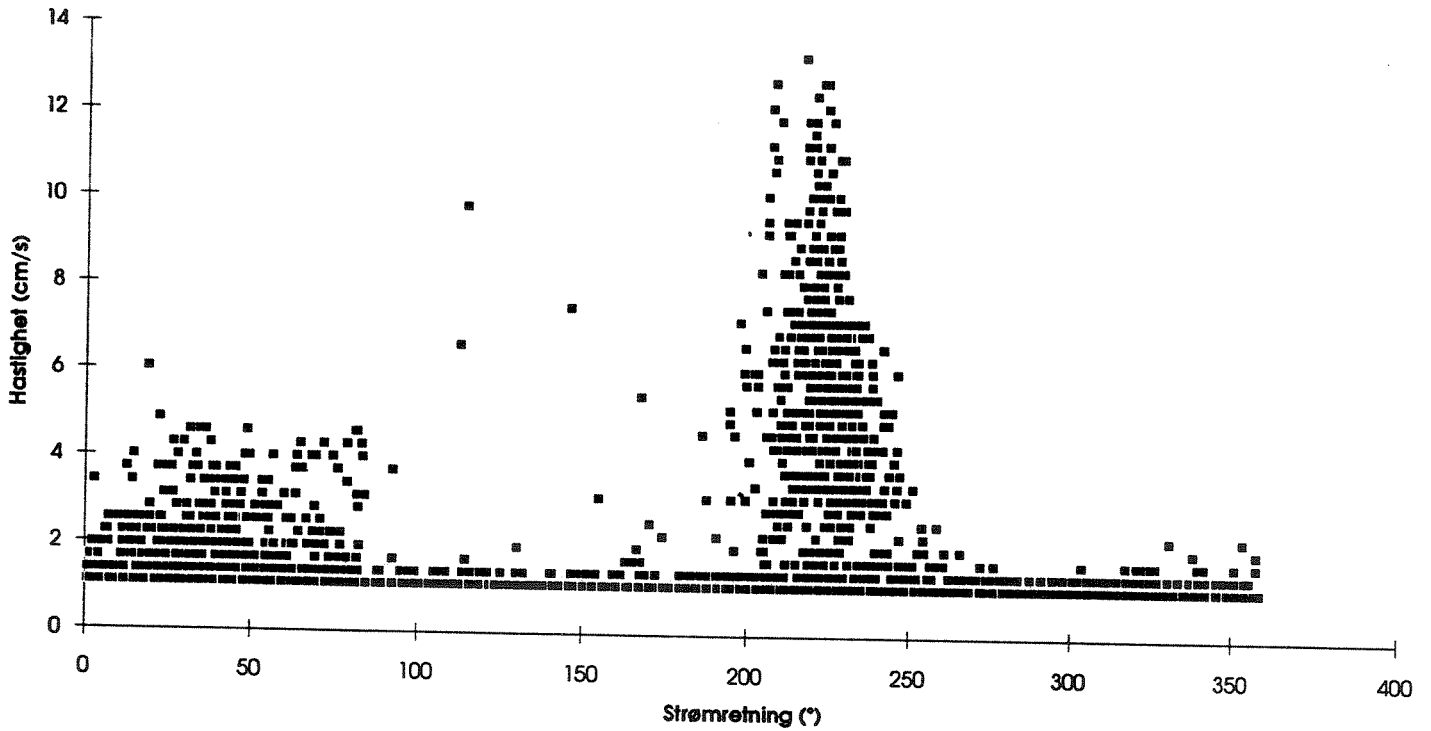
### **12 m djup**

Fig. 3.11 syner tidsseriane av strømstyrke i perioden 30/8 - 4/10 1993. Strømstyrken varierte mellom null og 14 cm/s. Middelverdien var 2.6 cm/s. Nettostrømmen var retta mot S-SØ (fig. 3.12), med styrke omlag 0.5 cm/s. M.a.o. litt sterkare strøm i 10 m enn nær overflata. Dette kan skuldast at målaren i 3 m i lange perioder har stått mellom to sjikt med motsatt retta strøm.

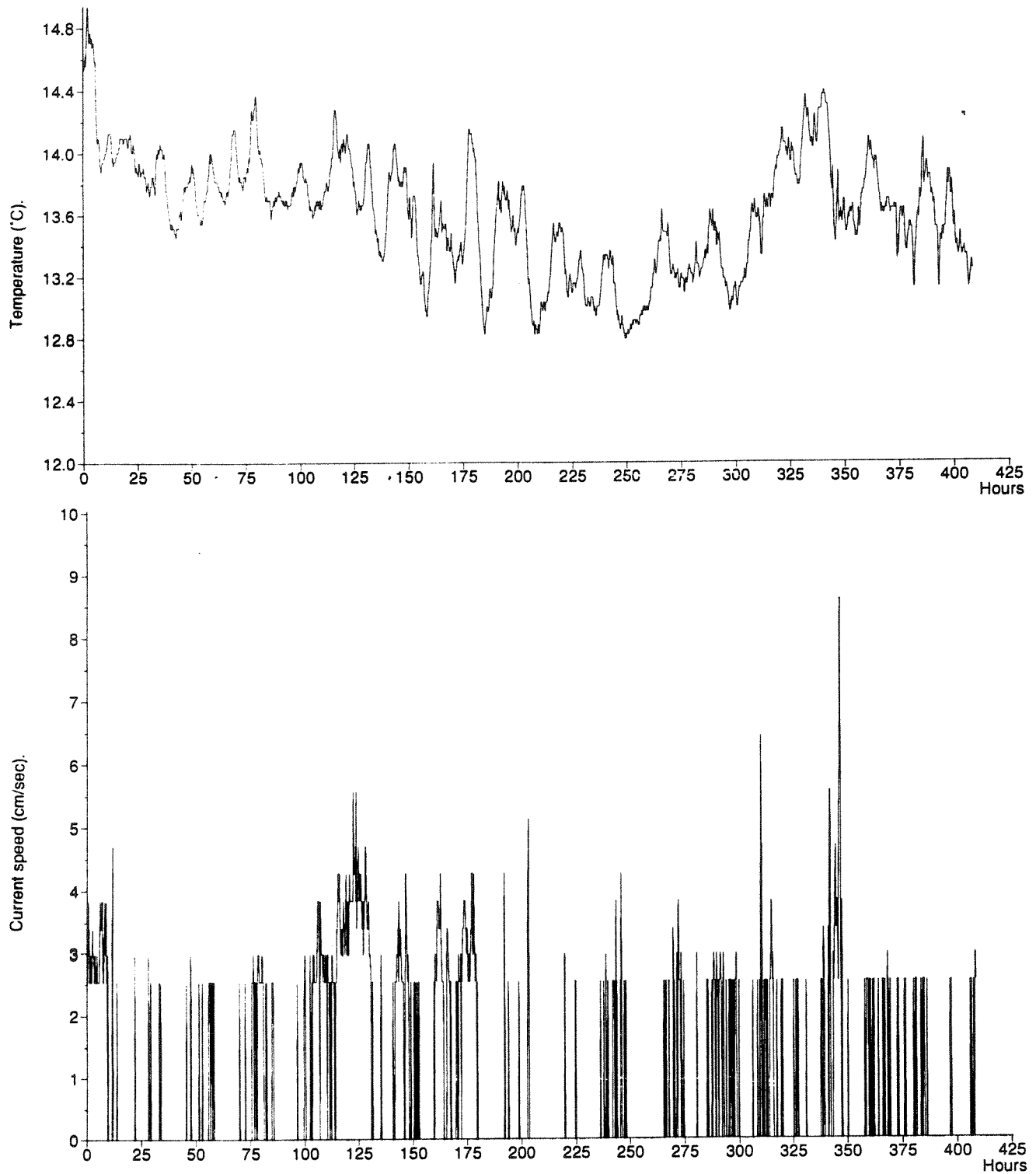




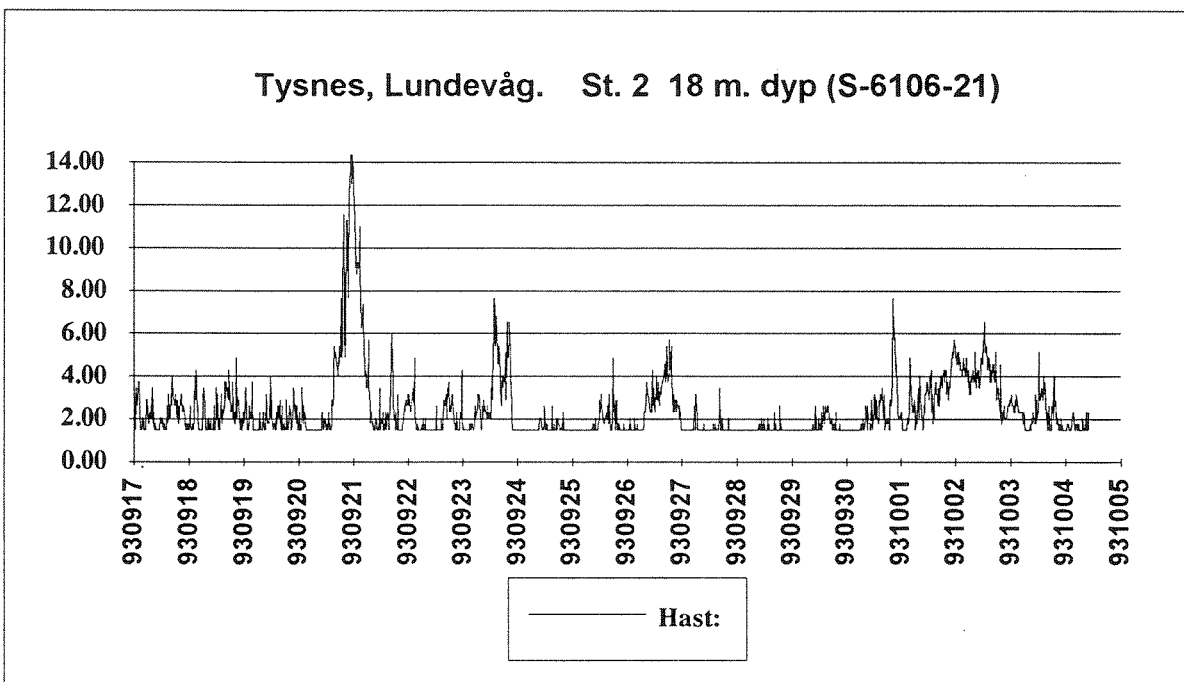
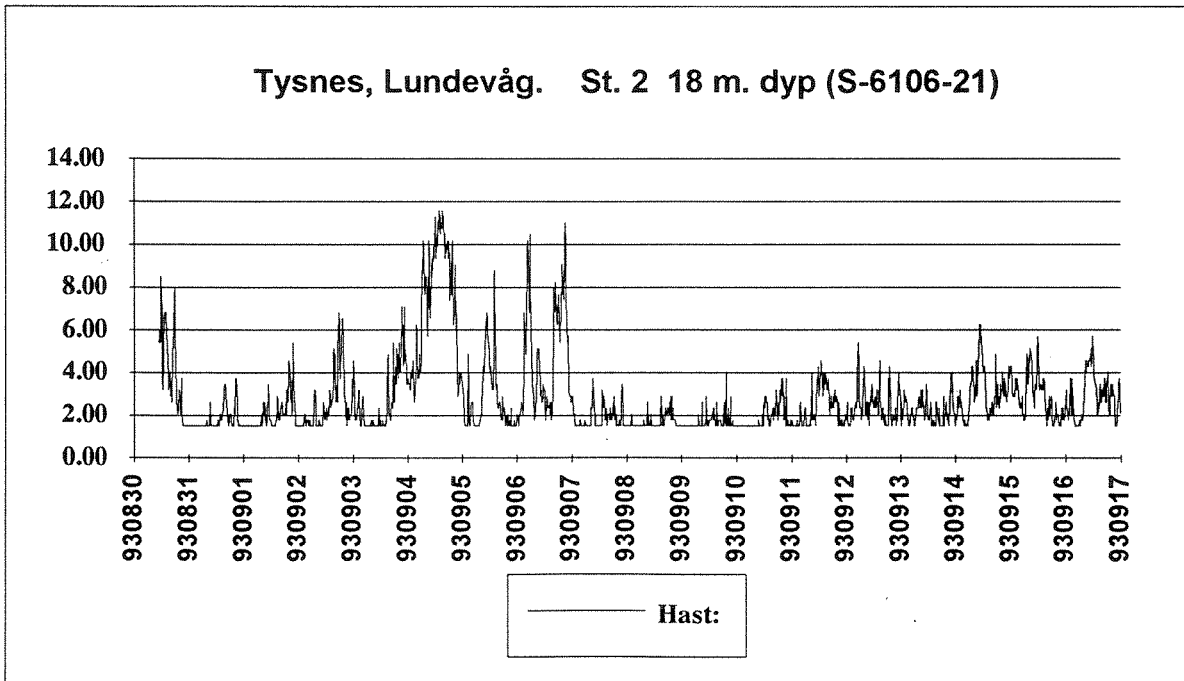
**Figur 3.8.** Tidsserier av målt temperatur, salinitet og strømstyrke i perioden 30/3-14/5 1993, i posisjon R1, 12 m djup.



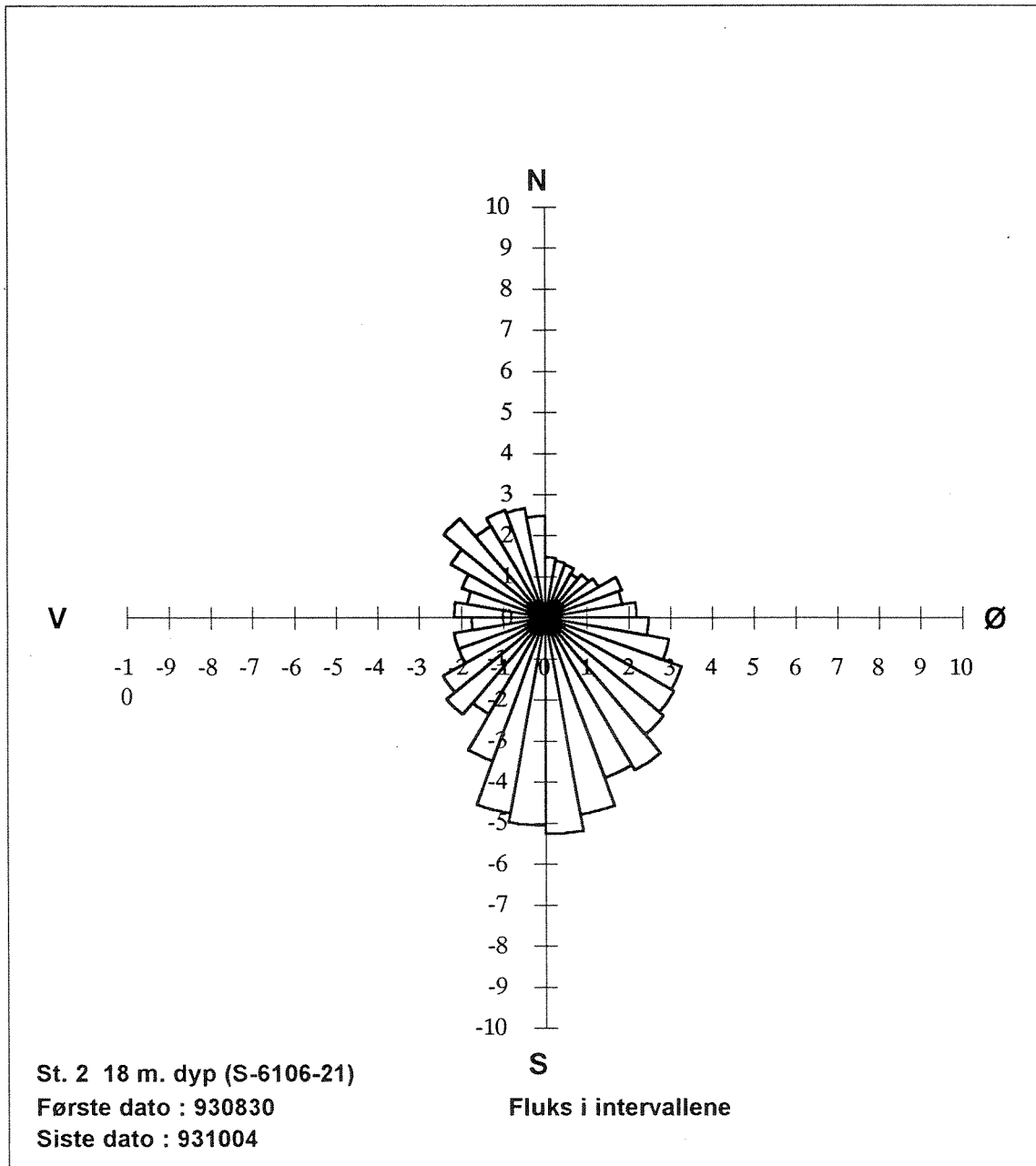
**Figur 3.9.** Fordeling av strømstyrkemålingane relativt til strømretning for målingane i posisjon R1, 12 m djup (fig. 3.8).



**Figur 3.10.** Tidsserier av målt temperatur og strømstyrke i posisjon R2 (Humlevika) 30/8-16/9 1993, 3 m djup.



**Figur 3.11.** Tidsserier av målt strømstyrke i posisjon R2 (Humlevika) 30/8-4/10 1993, 12 m djup.



**Figur 3.12.** Strømmålingane i posisjon R2, 12 m djup fordelt i retningsintervall (fluks-tall). Framstillinga indikerer dominerande strømretning mot S-SØ.

## 4. ANALYSER OG VURDERINGAR

Foreliggende datamateriale og analyser dannar grunnlag for vurderingar og anbefalingar i henhold til målsettinga med rapporten (jamfør kapittel 1). Som underlag for vurderingane har vi nytta to ulike EDB modellar for h.h.v. vassutskifting og innlagring av utsleppsvatn.

### 4.1. Innlagring av utsleppsvatn

Kloakkavløpsvatn består av ferskvatn iblanda visse deler organisk stoff, nærings salt m.m. Sidan ferskvatn er lettare enn sjøvatn, vil utsleppsvatnet stige mot overflata, før det blir spreidd vidare i resipienten. Utsleppsvatnet kan enten stige heilt opp til overflata, eller bli "innlagra" i sjikt under overflata, avhengig av utslepps djup og sjikting i fjorden. Vi syner innleiingsvis i dette kapitlet resultat for berekningar av den sannsynlege strålebanen for avløpsvatnet. Deretter følgjer samla vurderingar.

#### 4.1.1. Teori

Den faktiske banen til utsleppsvatnet vil vere bestemt av fleire faktorar, m.a. dei til ei kvar tid rådande sjiktingstilhøva, utsleppsfluks og djup for utsleppet. Visse sjiktingstilhøve kan favorisere grunn innlagring, og andre djup innlagring. For å verifisere kva innlagringsdjup som er aktuelle, har vi benytta NIVAs EDB modell "JETMIX" (Bjerkeng og Lesjø 1973). Den numeriske formuleringa i modellen baserer seg på eit sett av første ordens differensiallikningar for konservering av masse og momentum (rørslemengde) under oppstiging av utløpsvatnet (primærfortynningsfasen).

Berekningane baserer seg på gjevne data for sjikting (hydrografi), og for utleppskonfigurasjon (djup, rørdiameter, vassfluks m.m.). Sjiktingsdata har vi tilgang til gjennom dei målingane som blei foretatt i 1992-1993 (stasjon Humlevik, L2).

#### 4.1.2. Dimensjonerande vassføring

Det ligg ikkje føre eksakte berekningar for forventa vassføring. Det vil truleg vere tale om relativt små vassmengder i gjennomsnitt, men med store tidsvariasjonar. Ein kan rekne med toppar morgon og kveld, når det gjeld hushaldskloakk. Viss ein reknar med eit vassforbruk på 150 l/døgn pr person, vil dette tilsvare ca 0.7 l/s i døgnmiddel for eit 420 pe utslepp. Med forventa tidsvariasjon for vassforbruk, kan ein sannsynlegvis rekne med variasjonar innafor intervallet 0-10 l/s for utsleppet frå Lunde.

Overvatn er forutsatt å gå ut gjennom separat avgang. Dersom store deler overvatn går inn i avløpssystemet for kloakk, vil ein tidvis få svært stor vassfluks. Vi har i det følgjande ikkje tatt omsyn til denne effekten, som sannsynlegvis er uaktuell.

#### 4.1.3. Verdiar til modellen

Ved modellberekningane krevst opplysning om rørdiameter. Denne har vi satt til 20 cm. Vassfluksen er satt til ca 5 l/s, d.v.s. av storleiksorden 10 gonger døgnmiddelet for vassforbruk. Dette kan vere representativt for morgon/kveld situasjon. Dette gir tilsvarende **strålefart** på ca 0.1 m/s ut av røyropningen. Ein noko mindre eller større vassfluks enn 5 l/s (f.eks. 3 l/s eller 10 l/s) synte seg ikke å påverke resultatane nemneverdig.

**Tabell 4.1.** Resultat av modellberekningar for utsleppsstråle for 9 ulike hydrografiske profilar. Inn-data til venstre, og resultat til høgre. Viktigaste kolonne er "DEPTH" som angir kalkulert innlagingsdjup ved dei aktuelle sjiktingstilhøva.

| PRO- | JET DATA AFTER CONTRACTION |       |       |       |       | RESULTS |       |        |          |        |       |  |
|------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|----------|--------|-------|--|
| FIL  |                            |       |       |       |       | NEUTRAL |       | POINT  | EXTREMAL |        |       |  |
| NR.  | HOLE                       | DEPTH | DIAM. | VEL.  | ANGLE | WIDTH   | ANGLE | CENTER | DEPTH    | DEPTHS |       |  |
|      | NR.                        | (M)   | (M)   | (M/S) | DEG.  | (M)     | DEG.  | DILUT. | (M)      | EQS.   | GRAV. |  |
|      |                            |       |       |       |       |         |       |        |          | (M)    | (M)   |  |
| nov  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 1.8     | 89    | 88     | 11.8     | 11.6   | 11.4  |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 3.9     | 89    | 240    | 13.7     | 11.9   | 11.7  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 1.8     | 89    | 78     | 32.2     | 29.8   | 24.6  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 1.5     | 89    | 50     | 44.1     | 41.5   | 36.9  |  |
| des  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 1.8     | 89    | 64     | 13.0     | 8.1    | 2.1   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 1.9     | 89    | 92     | 21.5     | 18.9   | 15.4  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 3.1     | 89    | 190    | 26.6     | 23.2   | 19.6  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 3.8     | 89    | 300    | 32.4     | 27.8   | 21.8  |  |
| jan  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 1.5     | 89    | 64     | 13.3     | 11.0   | 2.6   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 2.2     | 89    | 107    | 20.5     | 16.3   | 12.3  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 2.6     | 89    | 169    | 27.8     | 24.6   | 19.1  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 3.1     | 89    | 194    | 36.4     | 28.9   | 23.7  |  |
| mars | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 2.1     | 89    | 104    | 10.8     | 7.4    | 2.8   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 2.4     | 89    | 129    | 19.6     | 16.5   | 10.8  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 1.5     | 89    | 66     | 33.2     | 31.3   | 27.9  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 2.9     | 89    | 181    | 37.2     | 34.0   | 31.5  |  |
| apr  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 1.8     | 89    | 84     | 12.0     | 9.9    | 4.5   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 2.2     | 89    | 108    | 20.5     | 18.0   | 13.1  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 2.4     | 89    | 120    | 29.7     | 26.5   | 21.4  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 2.0     | 89    | 84     | 41.8     | 38.9   | 34.3  |  |
| jun  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 1.3     | 89    | 42     | 14.7     | 13.2   | 11.3  |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 1.9     | 89    | 91     | 21.6     | 19.2   | 16.6  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 3.0     | 89    | 180    | 26.8     | 23.4   | 20.0  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 2.6     | 89    | 164    | 37.8     | 34.7   | 27.3  |  |
| jul  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 2.8     | 89    | 154    | 7.8      | 6.2    | 3.8   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 1.8     | 89    | 78     | 22.3     | 19.8   | 14.1  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 1.2     | 89    | 37     | 35.2     | 33.4   | 30.2  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 2.3     | 89    | 130    | 39.7     | 38.0   | 35.6  |  |
| aug  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 2.1     | 89    | 82     | 11.6     | 9.3    | 8.0   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 1.2     | 89    | 36     | 25.2     | 22.7   | 16.6  |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 1.6     | 89    | 70     | 33.0     | 31.1   | 28.1  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 3.3     | 89    | 243    | 34.7     | 32.9   | 30.5  |  |
| okt  | 1                          | 20.0  | .20   | .10   | 5     | 2.2     | 89    | 111    | 10.3     | 6.7    | 1.8   |  |
|      | 2                          | 30.0  | .20   | .10   | 5     | 3.2     | 89    | 170    | 16.6     | 12.9   | 9.1   |  |
|      | 3                          | 40.0  | .20   | .10   | 5     | 2.2     | 89    | 96     | 30.9     | 28.2   | 24.2  |  |
|      | 4                          | 50.0  | .20   | .10   | 5     | 1.2     | 89    | 42     | 44.8     | 43.4   | 41.3  |  |

Vidare krev modellen opplysning om **utsleppsdjup**. Vi har modellert for 20 m, 30 m, 40 m og 50 m, som dekkjer realistiske verdiar i området utanfor Lundevågen. Basisdata er 9 ulike hydrografiske profilar. Desse profilane bør dekkje ein realistisk års-syklus, sjølv om kortvarige ekstremisitasjonar ikkje nødvendigvis er fanga opp av målingane.

#### 4.1.4. Resultat

Tabell 4.1. syner resultatata for modellberekningane. Viktigaste parameter er DEPTH, som angir innlagringsdjupet. Det framgår at dess djupare utsleppsdyb, dess djupare blir innlagringa. I typiske tilfelle stig strålen 10-15 m oppover i vassøyla før den innstiller seg i nøytral likevekt. Tabell 4.2. angir grunnaste berekna innlagringsdjup, og tidspunktet (månad) då dei sjiktingdata som ga dette resultatet blei målt.

Vinterhalvåret har generelt sett størst risiko for grunn innlagring (unntak for 20 m alternativet). Dette fordi sjiktinga då er svakast. Sjølv ikkje utslepp i 20 m djup ga direkte overflatepåverknad, men (nedre del av) overflatelaget kan bli berørt ved dette alternativet i perioder med svært liten sjikting i sjøen. Utsleppet bør derfor leggest djupare enn 20 m. Utslepp i 30 m synes gi sikker klaring til overflatelaget, til liks med dei djupare alternativa.

**Tabell 4.2.** Grunnaste berekna innlagringsdjup i Humlevika, og tilhøyrande tidspunkt på året (månad).

|                    | Grunnaste innlagring | Tidspunkt |
|--------------------|----------------------|-----------|
| Utslepp: 20 m djup | 7.8 m                | juli      |
| Utslepp: 30 m "    | 13.7 m               | november  |
| Utslepp: 40 m "    | 26.6 m               | desember  |
| Utslepp: 50 m "    | 32.4 m               | desember  |

#### 4.2. Vassutskifting i øvre lag

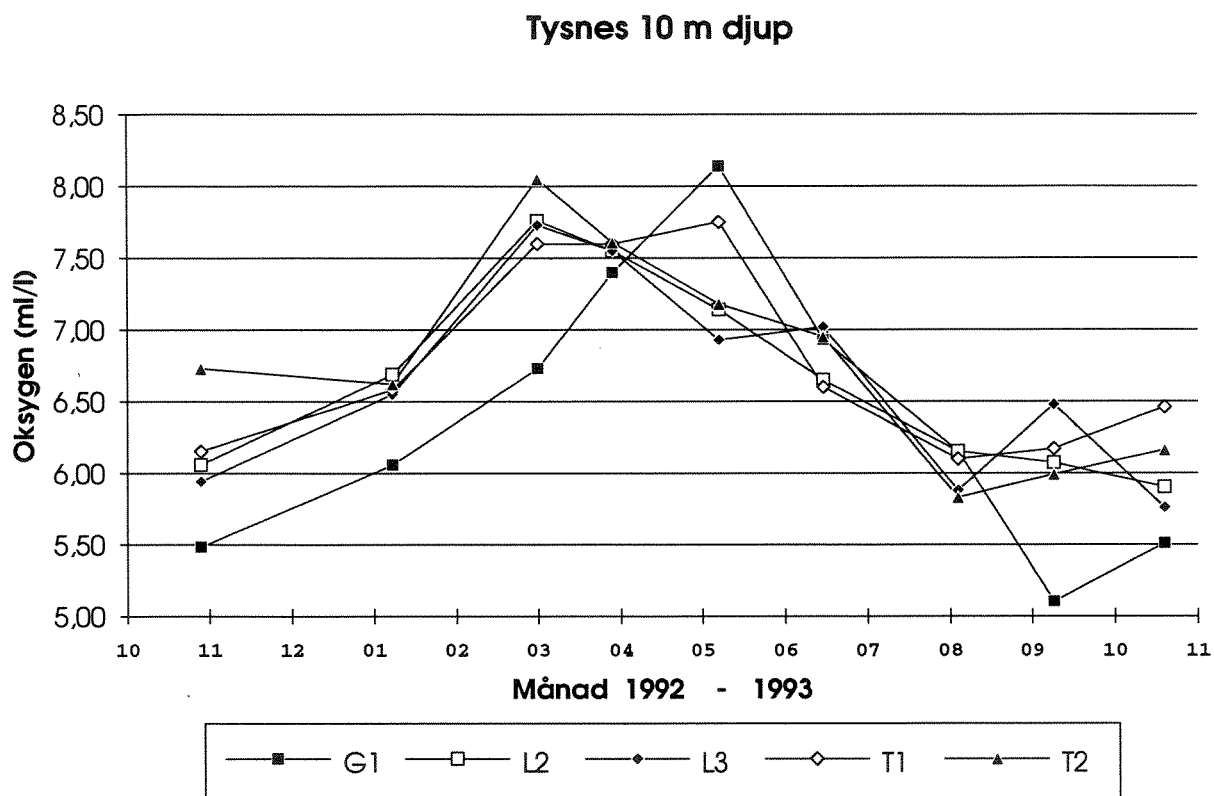
Vasskvaliteten (oksygenforhold) i øvre lag kan vere ein god indikator på evt. lokal overbelastning i form av tilsig frå landareal, grunne kloakutslepp m.m. Fig. 4.1 syner resultat av oksygenmålingane i 10 m for alle stasjonane i Tysnes som dekkjer skjermå område (referansen ikkje med). Kurvene fylgjer same mønsteret. Men i Gripnesvågen synes utviklinga å vere forseinka i høve til dei andre stasjonane. Dette heng nok tildels saman med ulik dynamikk, sidan prøvene i Gripnesvågen blei tatt djupare enn terskeldjupet.

Modellberekningar av vassutskifting i Humlevika (sjå avsnitt 4.4) syner at midlare opphaldstid for vatn i øvre lag er 3-4 døgn. Vidare at tilførsler frå land (humus, næringssalt) som blir blanda inn i dette laget stort sett blir ført ut av vika, og berre i mindre grad bidrar til belastning av djupvatnet.

#### 4.3. Vassutskifting i terskelbasseng

Vassutskiftinga i djupare deler av Humlevika vil vere sterkt bestemt av topografi, samt dei hydrografiske tilhøva i Bjørnafjorden. Gjennom heile året foregår det ei viss kontinuerleg "lufting" av djupvatnet. Denne prosessen kan vere tilstrekkeleg til å halde oksygenforbruket i sjakk.





**Fig. 4.1.** Oksygenmålingane i 10 m djup i ulike resipientar i Tysnes 1992-1993. Dei generelt sett lågare verdiane i Gripnesvågen stadfester samtidig at dette er ein sårbar resipient, og at den allereie er overbelasta ( $H_2S$  i djupvatnet observert). Tilstanden skuldast sannsynlegvis mest naturlege tilførsler, men kan vere påskunda av utslepp frå landbruk og busetnad.

For Humlevika indikerer våre målingar at oksygenforbruket er større enn tilførslene ovanfrå i stagnasjonsperioder. Oksygenmetninga var nede i ca 50% i djupvatnet hausten 1992, og i 64 % hausten 1993. Dette er ikkje urovekkjande lågt, men syner følsemd for auka tilførsler (jamfør med resultat frå dei tidlegare granskingane av UiB og NIVA).

Våre data frå referansestasjonen (L1) i Bjørnafjorden synte at salt, og dermed tungt vatn nådde nærast overflata i mars (fig. 3.1). Dette er den mest gunstige perioden for storstilt utskifting i tilstøytande fjordbasseng med relativt grunn terskel, slik som Lundevågen, Gjerdsvika og Gripnesvågen i Tysnes. Våre måledata frå bassenga innafor tyder også på at det skjedde ei viss utskifting i denne perioden.

Målingane frå 1992-1993 kan samanliknast med Havforskningsinstituttets statistikk for måledata frå kyststasjonane (Aure og Østensen 1993). Utsira er mest aktuell stasjon for desse samanlikningane, og resultatata er synt i fig. 4.2. Det framgår at oppstrøymande tungt djupvatn

når grunnast nivå i juni-juli. Dei deler av sjøen som er grunnare enn ca 25-30 meter blir ikkje direkte påverka av oppstrøymande vatn, men i staden av avkjøling og redusert tilrenning. Det tyngste vatnet nær sjøoverflata opptrer gjerne derfor midtvinters (fig. 4.2.).

Våre målingar frå perioden 1992-1993 (fig. 3.1) synte stort sett same utviklingsmønsteret som i eit "middelår", men med noko tidlegare djupvassoppstrøyming. Når det gjeld djupvassfornyninga i Humlevika (og Gjerdsvika) er tersklane der såpass grunne (20-30 m) at også overflateavkjøling vil bidra til fornyninga. For Gripsnesvågen vil denne faktoren vere mest avgjerande, med forventa utskifting før årsskiftet. Våre målingar indikerte at så var tilfelle der.

#### 4.4. Resipientkapasitet for Humlevika

Humlevika er ein viktig resipient i den foreliggende granskinga, i og med at det blir berørt av utslepp frå Lunde (evt. frå Lundevågen).

Både foreliggende gransking og tidligare granskningar (UiB og NIVA) syner at Humlevika har begrensa resipientkapasitet. Tilhøva i botnvatnet når ein ser på oksygenmålingane i 1992-1993 var imidlertid betre enn tidligare, med lågaste målte verdi lik 3.35 ml/l (50 % metning). I 1986 blei det målt 1.31 ml/l i mars (19.6 % metning), og i 1991 1.4 ml/l i april (ca 22. % metning). Målingane den gong representerte neppe absolutt års-minimum.

Utskiftingsvilkåra har nok vore forskjellige i 1992-1993 samanlikna med 1986 og 1991 (det finns ikkje tidsseriar frå dei foregåande granskningane for samanlikning). Av diskusjonen i avsn. 4.1 kan dei hydrografiske tilhøva i 1992-1993 seiast å representere eit normal-år, som inneber utskifting på vårparten.

##### 4.4.1. Modellberekningar

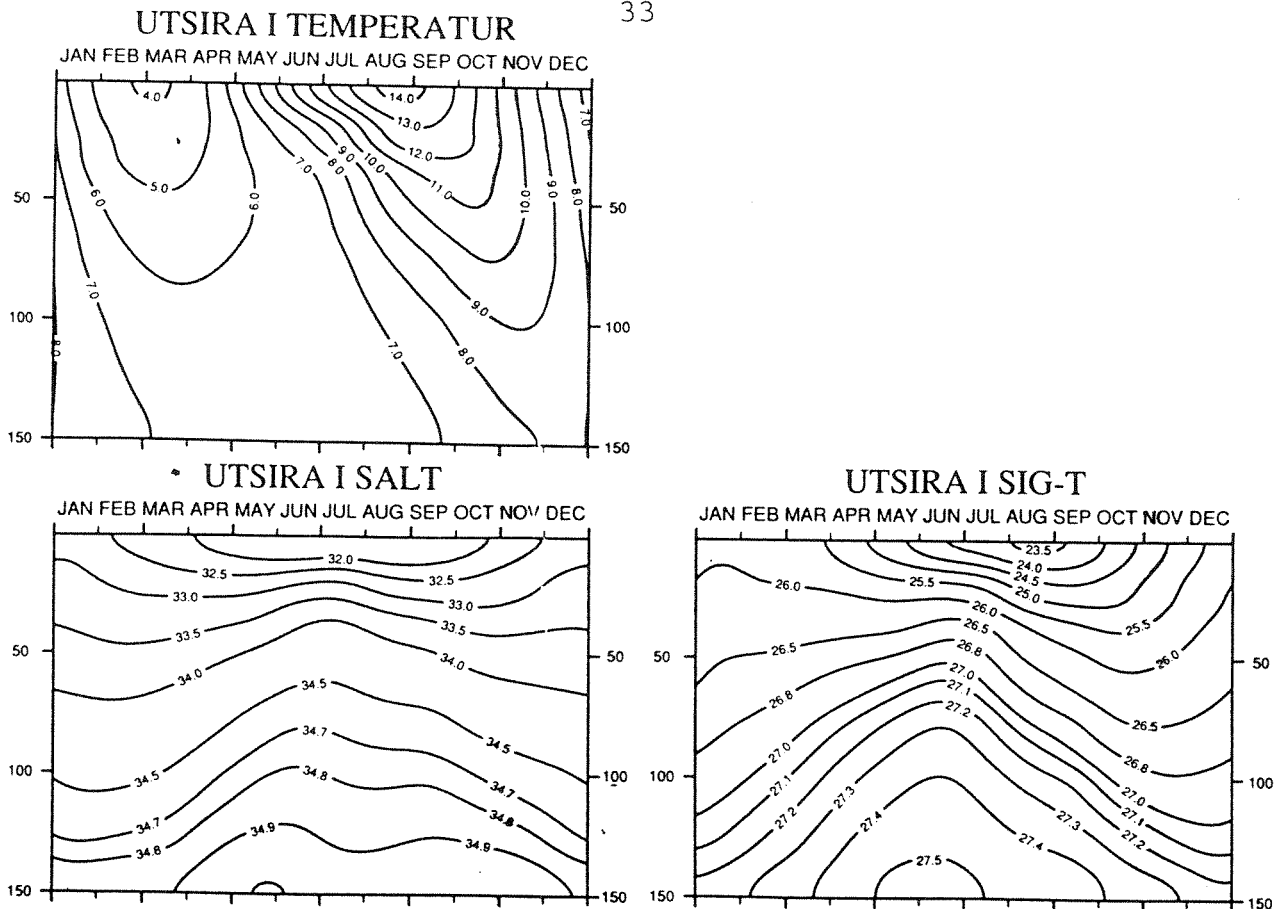
Ein indikasjon på effekt av auka belastning i Humlevika (følsemd) kan ein få ved å nytte ein matematisk "dose-respons" modell. Vi har nytta NIVAs EDB-modell FJORDMILJØ (Stigebrandt 1992) til ein slik test. Modellen er basert på ulike fysiske og kjemiske føresetnader når det gjeld vassutskifting, som vi har antatt også er representative for sjøområda i Tysnes.

Dagens tilførsler av N og P er estimert til 3.1 tonn og 0.35 tonn h.h.v. Dette inkluderer kloakk og naturlige tilførsler frå skog og utmark. Midlare ferskvasstilrenning er satt til 0.6 m<sup>3</sup>/sek.

#### Resultat

Modellen kalkulerte eit midlare oksygenforbruk i djupvatnet på 0.42 ml/l pr måned i stagnasjonsperioder. For Humlevikas vedkomande målte vi forbruk av storleiksorden 0.5 - 1 ml/l pr mnd i stagnasjonsperioder, m.a.o. noko høgare forbruk enn det modellen predikerer.

Stagnasjonsperiodene var imidlertid kortvarige under våre målingar, slik at minimumsverdien ikkje kom ned mot kritisk verdi. Modellen derimot kalkulerer teoretisk minimumsverdi på rundt 0 ml/l O<sub>2</sub>.



**Fig. 4.2.** Typisk mønster for tidsutvikling (års-syklus) av hydrografi i kystvatnet ved Utsira, basert på målinger over mange år. Kjelde: Aure og Østensen (1993).

Ved å kunstig auke tilførslene av N og P til Humlevika i berekningane får vi eit estimat for følsemd for auka belastning. Sjølv med å auke tilførslene med 5-10 gonger av dagens, ga ikkje modellen utslag i auka oksygenforbruk. Dette heng saman med fysiske karakteristika for Humlevika, med kort opphaldstid (3-4 døgn) for vatn over terskeldjup saman med lang synketid (berekna til 23 døgn) for partiklar frå produktive sjikt til djupvatnet. Dermed vil ekstra organisk materiale i øvre lag som måtte bli produsert der, bli ført over terskelen og ut av vika før det sekk ned i djupbassenget.

Resultata av modellberekningane må takast med visse atterhald. Likevel peikar dei i retning av at tilstanden for vasskvaliteten i Humlevika mest er eit resultat av naturtilstanden (topografi), og i liten grad er bestemt av tilførsler frå land.

## 4.5. Samla vurdering

### Humlevika

I følgje SFT sine klassifiseringsnormer for fjordar (SFT 1993) hamnar Humlevika i kategori II ("Mindre god") basert på foreliggende oksygenverdiar for djupvatnet. Dette er nest-beste klasse på ein skala som går frå klasse 1 ("God") til 5 ("Meget dårlig").

Dagens utslepp frå Lunde ligg på ca 18 m djup ved utløpet av Lundevågen. Foreliggende registreringar tyder ikkje på at dette utsleppet har nemneverdige negative effekter på vasskvaliteten verken i Lundevågen eller i Humlevika.

Med tanke på framtidig auka tilførsler frå dette utsleppet bør det på sikt tilstrebast ein betre utsleppsstad. Dette dels som følge av ein viss risiko for oppsamling av organisk avfall/bakteriar inne i Lundevågen (tidvis innoverretta strøms). I følgje våre målingar/berekingar vil framtidig utslepp på 20 m eller djupare ein stad rundt vår posisjon R2 utanfor Lundevågen (fig. 13b) vere gunstig.

Strømmen i øvre del av vassøyla (3 m djup) i riggposisjon 2 synte svak nettostrøm med retning innover i Humlevika både i 3 m og i 12 djup. Ved å legge utsleppet i minst 20 m djup i dette området vil strømmen dermed føre noko av forureininga rundt og ut i sentrale deler av Humlevika. Typisk opphaldstid der er kalkulert til på 3-4 døgn (jamfør forrige avsnitt). Dette er ein så låg verdi at evt. lokalt produsert organisk materiale blir ført ut av vika før det rekk å synke ned i terskelbassenget.

### Tysnesvika/Gjerdsvika

Vi har ikkje handsama denne resipienten i detalj. Målingane synte imidlertid at tilhøva i Tysnesvika nær kommunens nye samleutslepp U5 er gode. Tidligere granskingar har synt ein positiv tendens for indre (søre) deler av vika, som nok skuldast gradvis omlegging til djupare utslepp lenger ute.

Det kan anmerkast at våre målingar blei gjort litt nord for det nye utsleppet U5, mens tidlige målingar blei tatt litt lenger sør i vågen (dåverande Ty4 og Ty11). Direkte samanlikning med eldre djupvassdata er derfor ikkje relevant. Målingane i 1991 indikerte forbetra tilhøve i indre deler av vågen i høve til 1986. Saneringstiltak som er utført i området i de siste bør ha bidratt til ytterlegare forbetring i dette området, i den grad tidlige tilstand skuldast kloakktilførsler.

Gjerdsvika hadde oksygenverdiar ned mot 1 ml/l i djupvatnet. Det er nok fare for at Gjerdsvika vil kunne hamne i kategori III ("Nokså dårlig") i SFTs klassifiseringssystem (oksygenminimum under 1 ml/l). Dette vil i så fall legge større begrensingar på utslepp og tilførsler enn tilfellet er for Humlevika. Kommunen har allereide pålagt reinsing av alle framtidige kjelder.

### Gripnesvågen

Denne resipienten hadde dårlegast djupvasskvalitet av samtlige som blei undersøkt. Det var tidvis H<sub>2</sub>S i djupvatnet (SFT kategori IV; "Dårlig"). Sjølv om det dreier seg om ein liten resipient, bør vassforbetringstiltak vurderast. Tilførslene bør i første omgang studerast

nærmare, for å sjå på om der er vesentlege menneske-skapte kjelder som det kan gjerast noko med. For ein såpass liten resipient kan sjølv små tilførselsreduksjonar ha positiv verknad.

#### **4.6. Vidare granskingar**

Vi anbefaler at dei berørte resipientane blir overvaka med stikkprøver også i tida framover. Særleg gjeld dette Gjerdsvika og Gripnesvågen, som ser ut til å vere dei mest sårbare. For Gripnesvågen kan evt. tekniske tiltak vurderast for å stimulere vassutskiftinga (sjå f.eks. Berge m.fl. 1982). For desse resipientane vil det som nemnt ovanfor også vere mogleg å vurdere tiltak for å begrense tilførsler.

Også Humlevika bør inngå i framtidig overvaking etter at nytt utslepp frå Lunde er etablert.

For Tysnesvika og Våge området er det aktuelt å foreta ny prøvetaking i søre delen når samtlige utslepp der er fjerna. Ein vil då få ein svært nyttig tidsreferanse for framtidig overvaking i dette området. For øvrig vil kommunen måtte gjennomføre den overvaking som måtte bli pålagt av styresmaktene etter gjeldande reglar for utsleppskontroll.

Fagmessig overvaking og kontroll av sjøresipientar bør også gi god PR-effekt for ein turistkommune som Tysnes. Framlegging av resultat i meir komprimert og populær form i forhold til denne rapporten bør vurderast som eit konstruktivt tiltak for å stimulere til auka miljømedvetnad.

## REFERANSAR

Aure, J. og Ø. Østensen 1993: *Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann*. Fisker og Havet, nr 6-1993.

Berge, F.S., J. Molvær, G. Nilsen og A. Thendrup 1982: *Fjordforbedring. Tiltak for å forbedre oksygenforholdene i poller og terskelfjorder*. Rapp. nr. 81046, NIVA, Oslo, 119s.

Johannessen, P. og A. M. Stensvold 1986: *Resipientundersøkelser i Tysnes Kommune*. Rapp. nr. 43/1986, Inst. for Mar. biologi, U. i Bergen.

LENKA 1989: *Landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur. Sjøområda i Hordaland*. Rapp. Planavdelinga, Fylkesrådmannen i Hordaland.

Oug, E., V. Bjerknes og T.M. Johnsen 1991: *Resipientundersøkelser i Tysnes kommune 1991*. NOTAT nr V91/22, NIVA-Vest, Bergen.

SFT 1993: *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. Veiledning nr. 93:02, SFT, Oslo.

Stigebrandt, A. 1992: *Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø*. Rapp. nr 9201, ANCYLUS, Gøteborg.

Weiss, R.F. 1970: *The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater*. Deep Sea Res., Vol. 17, s 721-735.

## APPENDIKS      RESULTAT AV OKSYGENMÅLINGANE.

## Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: L1 Referanse Bjørnafjorden

| #  | STASJ - DJUP | ###  | S     | #     | T     | #    | SIG  | #     | o2(ml/l) | #METN | # | O2(%) | #AOU |
|----|--------------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|----------|-------|---|-------|------|
| L1 | 1127, 10.    | (m): | 31.30 | 8.60  | 24.28 | 6.20 | 6.67 | 92.9  | .47      |       |   |       |      |
| L1 | 1127, 20.    | (m): | 31.40 | 8.60  | 24.36 | 6.19 | 6.67 | 92.8  | .48      |       |   |       |      |
| L1 | 1127, 50.    | (m): | 32.65 | 9.60  | 25.18 | 6.04 | 6.47 | 93.4  | .43      |       |   |       |      |
| L1 | 1127, 75.    | (m): | 33.30 | 10.40 | 25.56 | 6.81 | 6.33 | 107.6 | -.48     |       |   |       |      |
| L1 | 0205, 10.    | (m): | 32.10 | 6.80  | 25.16 | 6.51 | 6.92 | 94.1  | .41      |       |   |       |      |
| L1 | 0205, 20.    | (m): | 33.00 | 7.60  | 25.76 | 6.27 | 6.75 | 92.8  | .48      |       |   |       |      |
| L1 | 0205, 50.    | (m): | 33.90 | 7.90  | 26.42 | 6.20 | 6.67 | 93.0  | .47      |       |   |       |      |
| L1 | 0205, 75.    | (m): | 34.00 | 7.80  | 26.52 | 6.06 | 6.68 | 90.7  | .62      |       |   |       |      |
| L1 | 0330, 10.    | (m): | 32.85 | 5.55  | 25.91 | 7.37 | 7.09 | 103.9 | -.28     |       |   |       |      |
| L1 | 0330, 20.    | (m): | 33.31 | 5.53  | 26.27 | 6.99 | 7.08 | 98.8  | .09      |       |   |       |      |
| L1 | 0330, 50.    | (m): | 34.56 | 7.40  | 27.02 | 5.85 | 6.72 | 87.1  | .87      |       |   |       |      |
| L1 | 0330, 75.    | (m): | 35.09 | 7.47  | 27.42 | 5.85 | 6.68 | 87.5  | .83      |       |   |       |      |
| L1 | 0426, 10.    | (m): | 31.50 | 6.40  | 24.74 | 7.51 | 7.01 | 107.1 | -.50     |       |   |       |      |
| L1 | 0426, 20.    | (m): | 32.30 | 5.60  | 25.47 | 7.26 | 7.11 | 102.1 | -.15     |       |   |       |      |
| L1 | 0426, 50.    | (m): | 34.40 | 7.80  | 26.83 | 5.94 | 6.66 | 89.2  | .72      |       |   |       |      |
| L1 | 0426, 75.    | (m): | 35.00 | 8.00  | 27.27 | 5.66 | 6.61 | 85.7  | .95      |       |   |       |      |
| L1 | 0604, 10.    | (m): | 29.00 | 11.80 | 21.97 | 7.04 | 6.31 | 111.6 | -.73     |       |   |       |      |
| L1 | 0604, 20.    | (m): | 33.00 | 6.80  | 25.87 | 6.28 | 6.88 | 91.3  | .60      |       |   |       |      |
| L1 | 0604, 50.    | (m): | 34.50 | 7.80  | 26.91 | 6.26 | 6.66 | 94.0  | .40      |       |   |       |      |
| L1 | 0604, 75.    | (m): | 34.50 | 8.00  | 26.88 | 5.83 | 6.63 | 88.0  | .80      |       |   |       |      |
| L1 | 0712, 10.    | (m): | 32.00 | 11.00 | 24.44 | 6.55 | 6.30 | 104.0 | -.25     |       |   |       |      |
| L1 | 0712, 20.    | (m): | 31.40 | 10.60 | 24.04 | 6.64 | 6.38 | 104.1 | -.26     |       |   |       |      |
| L1 | 0712, 50.    | (m): | 34.60 | 7.60  | 27.02 | 5.44 | 6.68 | 81.4  | 1.24     |       |   |       |      |
| L1 | 0712, 75.    | (m): | 34.70 | 7.80  | 27.07 | 5.77 | 6.65 | 86.8  | .88      |       |   |       |      |
| L1 | 0830, 10.    | (m): | 32.35 | 13.70 | 24.20 | 6.06 | 5.94 | 102.1 | -.12     |       |   |       |      |
| L1 | 0830, 20.    | (m): | 32.90 | 12.45 | 24.87 | 5.98 | 6.07 | 98.5  | .09      |       |   |       |      |
| L1 | 0830, 50.    | (m): | 33.97 | 9.60  | 26.21 | 6.19 | 6.42 | 96.5  | .23      |       |   |       |      |
| L1 | 0830, 75.    | (m): | 34.60 | 8.10  | 26.94 | 6.18 | 6.61 | 93.5  | .43      |       |   |       |      |
| L1 | 1004, 10.    | (m): | 31.16 | 12.20 | 23.57 | 6.07 | 6.17 | 98.4  | .10      |       |   |       |      |
| L1 | 1004, 20.    | (m): | 31.80 | 12.80 | 23.95 | 5.73 | 6.07 | 94.4  | .34      |       |   |       |      |
| L1 | 1004, 50.    | (m): | 32.60 | 12.70 | 24.59 | 6.17 | 6.05 | 102.0 | -.12     |       |   |       |      |
| L1 | 1004, 75.    | (m): | 33.24 | 12.00 | 25.22 | 5.52 | 6.12 | 90.2  | .60      |       |   |       |      |
| L1 | 1113, 10.    | (m): | 32.00 | 9.00  | 24.77 | 6.20 | 6.58 | 94.2  | .38      |       |   |       |      |
| L1 | 1113, 20.    | (m): | 32.00 | 9.00  | 24.77 | 6.34 | 6.58 | 96.3  | .24      |       |   |       |      |
| L1 | 1113, 50.    | (m): | 33.00 | 8.00  | 25.70 | 6.21 | 6.69 | 92.8  | .48      |       |   |       |      |
| L1 | 1113, 75.    | (m): | 33.50 | 8.00  | 26.10 | 6.17 | 6.67 | 92.5  | .50      |       |   |       |      |

Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: T1 Tysnesvika

| #   | STASJ - DJUP | ### | S    | #     | T     | #     | SIG   | #    | o2(ml/l) | #     | METN | # | O2(%) | # | AOU |
|-----|--------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|----------|-------|------|---|-------|---|-----|
| T1  | 1127,        | 10. | (m): | 31.20 | 8.80  | 24.17 | 6.15  | 6.65 | 92.5     | .50   |      |   |       |   |     |
| T1  | 1127,        | 20. | (m): | 31.60 | 9.30  | 24.41 | 5.98  | 6.56 | 91.2     | .58   |      |   |       |   |     |
| T1  | 1127,        | 50. | (m): | 32.25 | 9.50  | 24.89 | 5.81  | 6.50 | 89.4     | .69   |      |   |       |   |     |
| T1* | 1229,        | 10. | (m): | 31.00 | 6.40  | 24.35 | ***** | 7.04 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| T1* | 1229,        | 20. | (m): | 31.50 | 7.40  | 24.61 | ***** | 6.85 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| T1* | 1229,        | 50. | (m): | 30.70 | 7.90  | 23.91 | ***** | 6.81 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| T1  | 0205,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.40  | 25.13 | 6.58  | 6.99 | 94.1     | .41   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0205,        | 20. | (m): | 32.40 | 6.80  | 25.40 | 6.55  | 6.91 | 94.8     | .36   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0205,        | 50. | (m): | 33.60 | 7.80  | 26.20 | 6.20  | 6.70 | 92.6     | .50   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0330,        | 10. | (m): | 32.94 | 5.46  | 25.99 | 7.60  | 7.11 | 107.0    | -.49  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0330,        | 20. | (m): | 33.24 | 5.52  | 26.22 | 7.02  | 7.08 | 99.1     | .06   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0330,        | 50. | (m): | 34.73 | 7.46  | 27.14 | 5.92  | 6.70 | 88.4     | .78   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0426,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.40  | 25.13 | 7.60  | 6.99 | 108.7    | -.61  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0426,        | 20. | (m): | 32.20 | 5.60  | 25.39 | 7.34  | 7.12 | 103.2    | -.22  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0426,        | 50. | (m): | 34.10 | 7.20  | 26.68 | 5.81  | 6.77 | 85.8     | .96   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0504,        | 10. | (m): | 29.80 | 11.50 | 22.64 | 7.75  | 6.32 | 122.7    | -1.43 |      |   |       |   |     |
| T1  | 0504,        | 20. | (m): | 33.00 | 6.60  | 25.90 | 7.04  | 6.91 | 101.8    | -.13  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0504,        | 50. | (m): | 34.80 | 7.80  | 27.15 | 6.09  | 6.65 | 91.6     | .56   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0712,        | 10. | (m): | 32.00 | 10.80 | 24.48 | 6.60  | 6.33 | 104.3    | -.27  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0712,        | 20. | (m): | 33.70 | 10.00 | 25.94 | 6.75  | 6.37 | 106.0    | -.38  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0712,        | 50. | (m): | 34.70 | 7.60  | 27.10 | 6.07  | 6.68 | 90.9     | .61   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0830,        | 10. | (m): | 32.35 | 14.00 | 24.14 | 6.10  | 5.90 | 103.4    | -.20  |      |   |       |   |     |
| T1  | 0830,        | 20. | (m): | 32.86 | 13.00 | 24.74 | 5.78  | 6.00 | 96.3     | .22   |      |   |       |   |     |
| T1  | 0830,        | 50. | (m): | 34.05 | 9.50  | 26.29 | 6.08  | 6.43 | 94.6     | .35   |      |   |       |   |     |
| T1  | 1004,        | 10. | (m): | 31.36 | 12.30 | 23.71 | 6.17  | 6.15 | 100.3    | -.02  |      |   |       |   |     |
| T1  | 1004,        | 20. | (m): | 31.86 | 12.90 | 23.98 | 5.87  | 6.05 | 97.0     | .18   |      |   |       |   |     |
| T1  | 1004,        | 50. | (m): | 33.00 | 12.70 | 24.90 | 5.78  | 6.04 | 95.8     | .26   |      |   |       |   |     |
| T1* | 1113,        | 10. | (m): | 32.00 | 7.00  | 25.06 | 6.46  | 6.89 | 93.7     | .43   |      |   |       |   |     |
| T1* | 1113,        | 20. | (m): | 32.50 | 8.00  | 25.31 | 7.37  | 6.71 | 109.8    | -.66  |      |   |       |   |     |
| T1* | 1113,        | 50. | (m): | 34.00 | 8.00  | 26.49 | 6.15  | 6.65 | 92.5     | .50   |      |   |       |   |     |



Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: T2 Gjersvik

| #   | STASJ - DJUP | ### | S    | #     | T     | #     | SIG   | #    | o2(ml/l) | #METN | # | O2(%) | #AOU |
|-----|--------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|----------|-------|---|-------|------|
| T2  | 1127,        | 10. | (m): | 31.50 | 9.10  | 24.36 | 6.73  | 6.59 | 102.1    | -.14  |   |       |      |
| T2  | 1127,        | 20. | (m): | 31.60 | 9.90  | 24.31 | 5.89  | 6.47 | 91.0     | .58   |   |       |      |
| T2  | 1127,        | 50. | (m): | 34.00 | 7.80  | 26.52 | 2.23  | 6.68 | 33.4     | 4.45  |   |       |      |
| T2* | 1229,        | 10. | (m): | 31.00 | 6.20  | 24.37 | ***** | 7.07 | *****    | ***** |   |       |      |
| T2* | 1229,        | 20. | (m): | 32.30 | 8.30  | 25.11 | ***** | 6.68 | *****    | ***** |   |       |      |
| T2* | 1229,        | 50. | (m): | 34.00 | 7.00  | 26.63 | ***** | 6.80 | *****    | ***** |   |       |      |
| T2  | 0205,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.40  | 25.13 | 6.62  | 6.99 | 94.7     | .37   |   |       |      |
| T2  | 0205,        | 20. | (m): | 32.40 | 6.80  | 25.40 | 6.51  | 6.91 | 94.2     | .40   |   |       |      |
| T2  | 0205,        | 50. | (m): | 33.60 | 7.80  | 26.20 | 1.59  | 6.70 | 23.7     | 5.11  |   |       |      |
| T2  | 0330,        | 10. | (m): | 32.82 | 5.46  | 25.90 | 8.05  | 7.11 | 113.2    | -.94  |   |       |      |
| T2  | 0330,        | 20. | (m): | 33.33 | 5.70  | 26.27 | 6.83  | 7.05 | 96.9     | .22   |   |       |      |
| T2  | 0330,        | 50. | (m): | 34.30 | 7.64  | 26.78 | 4.80  | 6.69 | 71.7     | 1.89  |   |       |      |
| T2  | 0426,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.40  | 25.13 | 7.61  | 6.99 | 108.9    | -.62  |   |       |      |
| T2  | 0426,        | 20. | (m): | 32.50 | 5.80  | 25.60 | 7.13  | 7.07 | 100.9    | -.06  |   |       |      |
| T2  | 0426,        | 50. | (m): | 34.20 | 7.80  | 26.68 | 2.98  | 6.67 | 44.7     | 3.69  |   |       |      |
| T2  | 0604,        | 10. | (m): | 29.50 | 11.60 | 22.39 | 7.18  | 6.32 | 113.7    | -.86  |   |       |      |
| T2  | 0604,        | 20. | (m): | 32.60 | 7.00  | 25.53 | 7.37  | 6.87 | 107.3    | -.50  |   |       |      |
| T2  | 0604,        | 50. | (m): | 34.50 | 8.00  | 26.88 | 1.99  | 6.63 | 30.0     | 4.64  |   |       |      |
| T2  | 0712,        | 10. | (m): | 32.00 | 11.00 | 24.44 | 6.95  | 6.30 | 110.3    | -.65  |   |       |      |
| T2  | 0712,        | 20. | (m): | 32.50 | 10.00 | 25.00 | 7.19  | 6.42 | 112.0    | -.77  |   |       |      |
| T2  | 0712,        | 50. | (m): | 34.50 | 7.60  | 26.94 | 5.42  | 6.69 | 81.0     | 1.27  |   |       |      |
| T2  | 0830,        | 10. | (m): | 32.26 | 14.00 | 24.07 | 5.83  | 5.90 | 98.8     | .07   |   |       |      |
| T2  | 0830,        | 20. | (m): | 33.14 | 12.10 | 25.13 | 5.44  | 6.11 | 89.1     | .67   |   |       |      |
| T2  | 0830,        | 50. | (m): | 34.90 | 7.60  | 27.25 | 3.59  | 6.67 | 53.8     | 3.08  |   |       |      |
| T2  | 1004,        | 10. | (m): | 31.30 | 12.30 | 23.66 | 5.99  | 6.15 | 97.4     | .16   |   |       |      |
| T2  | 1004,        | 20. | (m): | 32.00 | 13.00 | 24.07 | 5.63  | 6.04 | 93.3     | .41   |   |       |      |
| T2  | 1004,        | 50. | (m): | 34.87 | 7.70  | 27.22 | 2.70  | 6.66 | 40.6     | 3.96  |   |       |      |
| T2* | 1113,        | 10. | (m): | 32.00 | 7.00  | 25.06 | 6.16  | 6.89 | 89.4     | .73   |   |       |      |
| T2* | 1113,        | 20. | (m): | 33.00 | 8.00  | 25.70 | 5.79  | 6.69 | 86.5     | .90   |   |       |      |
| T2* | 1113,        | 50. | (m): | 34.00 | 8.00  | 26.49 | 1.21  | 6.65 | 18.2     | 5.44  |   |       |      |

Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: L2 Humlevika

| #   | STASJ - DJUP | ### | S    | #     | T     | #     | SIG   | #    | O2(ml/l) | #     | METN | # | O2(%) | # | AOU |
|-----|--------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|----------|-------|------|---|-------|---|-----|
| L2  | 1127,        | 10. | (m): | 31.30 | 9.00  | 24.22 | 6.06  | 6.61 | 91.6     | .55   |      |   |       |   |     |
| L2  | 1127,        | 20. | (m): | 31.50 | 9.40  | 24.32 | 5.91  | 6.55 | 90.3     | .64   |      |   |       |   |     |
| L2  | 1127,        | 50. | (m): | 33.65 | 9.00  | 26.06 | 4.26  | 6.51 | 65.4     | 2.25  |      |   |       |   |     |
| L2  | 1127,        | 75. | (m): | 34.35 | 7.80  | 26.79 | 3.35  | 6.66 | 50.3     | 3.31  |      |   |       |   |     |
| L2* | 1229,        | 10. | (m): | 31.50 | 7.40  | 24.61 | ***** | 6.85 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| L2* | 1229,        | 20. | (m): | 32.70 | 9.00  | 25.32 | ***** | 6.55 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| L2* | 1229,        | 50. | (m): | 33.10 | 9.00  | 25.63 | ***** | 6.54 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| L2* | 1229,        | 75. | (m): | 34.30 | 7.80  | 26.75 | ***** | 6.67 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| L2  | 0206,        | 10. | (m): | 32.30 | 6.60  | 25.34 | 6.69  | 6.94 | 96.3     | .25   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0206,        | 20. | (m): | 32.90 | 7.40  | 25.71 | 6.55  | 6.79 | 96.5     | .24   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0206,        | 50. | (m): | 33.70 | 8.00  | 26.25 | 5.85  | 6.66 | 87.8     | .81   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0206,        | 75. | (m): | 32.50 | 8.00  | 25.31 | 6.30  | 6.71 | 93.8     | .41   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0330,        | 10. | (m): | 32.87 | 5.63  | 25.91 | 7.76  | 7.08 | 109.6    | -.68  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0330,        | 20. | (m): | 32.29 | 5.55  | 25.47 | 7.20  | 7.12 | 101.1    | -.08  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0330,        | 50. | (m): | 34.57 | 7.40  | 27.02 | 5.66  | 6.72 | 84.3     | 1.06  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0330,        | 75. | (m): | 34.64 | 7.48  | 27.07 | 5.65  | 6.70 | 84.3     | 1.05  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0426,        | 10. | (m): | 31.50 | 6.40  | 24.74 | 7.55  | 7.01 | 107.6    | -.54  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0426,        | 20. | (m): | 32.20 | 5.80  | 25.36 | 7.27  | 7.08 | 102.7    | -.19  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0426,        | 50. | (m): | 34.10 | 7.40  | 26.65 | 5.21  | 6.74 | 77.3     | 1.53  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0426,        | 75. | (m): | 34.20 | 7.60  | 26.70 | 4.90  | 6.70 | 73.1     | 1.80  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0604,        | 10. | (m): | 30.00 | 11.20 | 22.85 | 7.14  | 6.35 | 112.4    | -.79  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0604,        | 20. | (m): | 33.00 | 6.80  | 25.87 | 6.83  | 6.88 | 99.3     | .05   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0604,        | 50. | (m): | 34.10 | 7.20  | 26.68 | 6.46  | 6.77 | 95.4     | .31   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0604,        | 75. | (m): | 34.30 | 7.60  | 26.78 | 5.45  | 6.70 | 81.4     | 1.25  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0712,        | 10. | (m): | 32.30 | 11.20 | 24.64 | ***** | 6.26 | *****    | ***** |      |   |       |   |     |
| L2  | 0712,        | 20. | (m): | 32.50 | 10.80 | 24.86 | 7.16  | 6.31 | 113.5    | -.85  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0712,        | 50. | (m): | 34.90 | 7.80  | 27.23 | 5.35  | 6.64 | 80.6     | 1.29  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0712,        | 75. | (m): | 34.70 | 7.80  | 27.07 | 5.37  | 6.65 | 80.8     | 1.28  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0830,        | 10. | (m): | 32.00 | 14.00 | 23.87 | 6.15  | 5.91 | 104.0    | -.24  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0830,        | 20. | (m): | 32.50 | 12.00 | 24.65 | 5.89  | 6.15 | 95.8     | .26   |      |   |       |   |     |
| L2  | 0830,        | 50. | (m): | 34.30 | 10.00 | 26.41 | 5.21  | 6.35 | 82.1     | 1.14  |      |   |       |   |     |
| L2  | 0830,        | 75. | (m): | 34.46 | 7.40  | 26.94 | 4.31  | 6.72 | 64.1     | 2.41  |      |   |       |   |     |
| L2  | 1004,        | 10. | (m): | 32.29 | 12.20 | 24.45 | 6.07  | 6.13 | 99.1     | .06   |      |   |       |   |     |
| L2  | 1004,        | 20. | (m): | 31.80 | 12.90 | 23.94 | 5.86  | 6.06 | 96.8     | .20   |      |   |       |   |     |
| L2  | 1004,        | 50. | (m): | 34.66 | 8.00  | 27.01 | 4.34  | 6.62 | 65.6     | 2.28  |      |   |       |   |     |
| L2  | 1004,        | 75. | (m): | 35.00 | 7.50  | 27.35 | 3.94  | 6.68 | 59.0     | 2.74  |      |   |       |   |     |
| L2* | 1113,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.00  | 25.18 | 5.90  | 7.06 | 83.6     | 1.16  |      |   |       |   |     |
| L2* | 1113,        | 20. | (m): | 32.50 | 7.00  | 25.45 | 6.29  | 6.87 | 91.5     | .58   |      |   |       |   |     |
| L2* | 1113,        | 50. | (m): | 33.00 | 7.50  | 25.78 | 3.92  | 6.77 | 57.9     | 2.85  |      |   |       |   |     |
| L2* | 1113,        | 75. | (m): | 34.00 | 8.00  | 26.49 | 5.31  | 6.65 | 79.9     | 1.34  |      |   |       |   |     |

Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: L3 Lundevågen

| #  | STASJ | -   | DJUP | ### | S     | # | T     | # | SIG   | # | o2(ml/l) | # | METN | # | O2(%) | # | AOU   |
|----|-------|-----|------|-----|-------|---|-------|---|-------|---|----------|---|------|---|-------|---|-------|
| L3 | 1127, | 10. | (m): |     | 31.30 |   | 9.20  |   | 24.19 |   | 5.94     |   | 6.58 |   | 90.2  |   | .64   |
| L3 | 1127, | 18. | (m): |     | 31.50 |   | 10.00 |   | 24.22 |   | 7.59     |   | 6.46 |   | 117.5 |   | -1.13 |
| L3 | 1229, | 10. | (m): |     | 31.50 |   | 7.60  |   | 24.58 |   | *****    |   | 6.82 |   | ***** |   | ***** |
| L3 | 1229, | 18. | (m): |     | 32.50 |   | 9.00  |   | 25.16 |   | *****    |   | 6.56 |   | ***** |   | ***** |
| L3 | 0205, | 10. | (m): |     | 32.00 |   | 6.60  |   | 25.11 |   | 6.55     |   | 6.96 |   | 94.1  |   | .41   |
| L3 | 0205, | 18. | (m): |     | 32.00 |   | 7.20  |   | 25.03 |   | 6.94     |   | 6.86 |   | 101.2 |   | -.08  |
| L3 | 0330, | 10. | (m): |     | 32.84 |   | 5.63  |   | 25.89 |   | 7.73     |   | 7.08 |   | 109.2 |   | -.65  |
| L3 | 0330, | 18. | (m): |     | 33.40 |   | 5.75  |   | 26.32 |   | 6.78     |   | 7.03 |   | 96.4  |   | .25   |
| L3 | 0426, | 10. | (m): |     | 31.50 |   | 6.80  |   | 24.69 |   | 7.55     |   | 6.95 |   | 108.7 |   | -.60  |
| L3 | 0426, | 18. | (m): |     | 32.00 |   | 6.20  |   | 25.16 |   | 8.02     |   | 7.02 |   | 114.2 |   | -1.00 |
| L3 | 0604, | 10. | (m): |     | 29.50 |   | 12.00 |   | 22.32 |   | 6.93     |   | 6.26 |   | 110.7 |   | -.67  |
| L3 | 0604, | 18. | (m): |     | 32.50 |   | 7.40  |   | 25.40 |   | 6.59     |   | 6.81 |   | 96.8  |   | .22   |
| L3 | 0712, | 10. | (m): |     | 32.30 |   | 11.20 |   | 24.64 |   | 7.02     |   | 6.26 |   | 112.1 |   | -.76  |
| L3 | 0712, | 18. | (m): |     | 32.60 |   | 10.40 |   | 25.01 |   | 6.16     |   | 6.36 |   | 96.9  |   | .20   |
| L3 | 0830, | 10. | (m): |     | 32.20 |   | 13.80 |   | 24.07 |   | 5.88     |   | 5.93 |   | 99.2  |   | .05   |
| L3 | 0830, | 18. | (m): |     | 33.10 |   | 12.50 |   | 25.02 |   | 5.63     |   | 6.06 |   | 92.9  |   | .43   |
| L3 | 1004, | 10. | (m): |     | 29.41 |   | 12.10 |   | 22.23 |   | 6.48     |   | 6.25 |   | 103.6 |   | -.23  |
| L3 | 1004, | 18. | (m): |     | 30.82 |   | 13.10 |   | 23.14 |   | 5.34     |   | 6.07 |   | 88.0  |   | .73   |
| L3 | 1113, | 10. | (m): |     | 32.00 |   | 10.00 |   | 24.61 |   | 5.76     |   | 6.44 |   | 89.5  |   | .68   |
| L3 | 1113, | 18. | (m): |     | 33.00 |   | 8.00  |   | 25.70 |   | 5.76     |   | 6.69 |   | 86.1  |   | .93   |

Oksygenmåling Tysnes 27/11 1992 - 13/11 1993

Stasjon: G1 Gripnevågen

| #   | STASJ - DJUP | ### | S    | #     | T     | #     | SIG              | #    | o2(ml/l) | #METN | # | O2(%) | #AOU |
|-----|--------------|-----|------|-------|-------|-------|------------------|------|----------|-------|---|-------|------|
| G1  | 1127,        | 10. | (m): | 31.40 | 9.30  | 24.25 | 5.48             | 6.56 | 83.5     | 1.08  |   |       |      |
| G1  | 1127,        | 20. | (m): | 31.60 | 9.60  | 24.36 | 5.78             | 6.51 | 88.8     | .73   |   |       |      |
| G1  | 1127,        | 28. | (m): | 31.50 | 9.60  | 24.29 | 4.58             | 6.52 | 70.3     | 1.94  |   |       |      |
| G1  | 1229,        | 10. | (m): | 31.50 | 8.30  | 24.48 | *****            | 6.71 | *****    | ***** |   |       |      |
| G1  | 1229,        | 20. | (m): | 31.90 | 8.60  | 24.75 | *****            | 6.65 | *****    | ***** |   |       |      |
| G1  | 1229,        | 28. | (m): | 31.90 | 9.40  | 24.63 | *****            | 6.53 | *****    | ***** |   |       |      |
| G1  | 0205,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.90  | 25.07 | 6.06             | 6.91 | 87.7     | .85   |   |       |      |
| G1  | 0205,        | 20. | (m): | 32.20 | 7.20  | 25.19 | 5.99             | 6.85 | 87.4     | .86   |   |       |      |
| G1  | 0205,        | 28. | (m): | 32.20 | 7.20  | 25.19 | 6.16             | 6.85 | 89.9     | .69   |   |       |      |
| G1  | 0426,        | 10. | (m): | 32.00 | 6.60  | 25.11 | 7.40             | 6.96 | 106.4    | -.44  |   |       |      |
| G1  | 0426,        | 20. | (m): | 32.60 | 7.00  | 25.53 | 5.29             | 6.87 | 77.0     | 1.58  |   |       |      |
| G1  | 0426,        | 28. | (m): | 34.50 | 7.40  | 26.97 | 4.38             | 6.72 | 65.2     | 2.34  |   |       |      |
| G1  | 0604,        | 10. | (m): | 31.50 | 9.40  | 24.32 | 8.14             | 6.55 | 124.4    | -1.59 |   |       |      |
| G1  | 0604,        | 20. | (m): | 32.50 | 7.40  | 25.40 | 4.10             | 6.81 | 60.2     | 2.71  |   |       |      |
| G1  | 0604,        | 28. | (m): | 32.50 | 7.80  | 25.34 | 3.48             | 6.74 | 51.6     | 3.26  |   |       |      |
| G1  | 0712,        | 10. | (m): | 32.10 | 9.80  | 24.72 | 6.93             | 6.46 | 107.2    | -.47  |   |       |      |
| G1  | 0712,        | 20. | (m): | 32.60 | 8.60  | 25.30 | 2.68             | 6.62 | 40.5     | 3.94  |   |       |      |
| G1  | 0712,        | 28. | (m): | 33.50 | 8.60  | 26.01 | 2.51             | 6.58 | 38.1     | 4.07  |   |       |      |
| G1  | 0830,        | 10. | (m): | 32.20 | 11.30 | 24.54 | 6.15             | 6.25 | 98.4     | .10   |   |       |      |
| G1  | 0830,        | 18. | (m): | 32.98 | 8.20  | 25.66 | .35              | 6.66 | 5.3      | 6.31  |   |       |      |
| G1  | 0830,        | 28. | (m): | 33.17 | 7.80  | 25.87 | .10              | 6.72 | 1.5      | 6.62  |   |       |      |
| G1  | 0410,        | 10. | (m): | 32.09 | 12.90 | 24.16 | 5.10             | 6.05 | 84.4     | .95   |   |       |      |
| G1  | 0410,        | 20. | (m): | 32.83 | 8.80  | 25.45 | H <sub>2</sub> S | 6.58 | *****    | 7.58  |   |       |      |
| G1  | 0410,        | 28. | (m): | 33.01 | 8.30  | 25.67 | H <sub>2</sub> S | 6.65 | *****    | 7.65  |   |       |      |
| G1* | 1113,        | 10. | (m): | 32.00 | 8.00  | 24.92 | 5.51             | 6.74 | 81.8     | 1.23  |   |       |      |
| G1* | 1113,        | 20. | (m): | 32.50 | 8.00  | 25.31 | 3.67             | 6.71 | 54.7     | 3.04  |   |       |      |
| G1* | 1113,        | 28. | (m): | 33.00 | 7.00  | 25.84 | H <sub>2</sub> S | 6.85 | *****    | 7.85  |   |       |      |

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2414-9