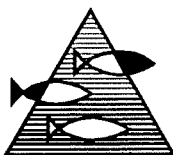


# PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Faks: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 05 90 00

Faks: 37 05 90 01

Austevoll

havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Faks: 56 18 03 98

Matre

havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

Oppdragsgiver(e):

INTERN

Oppdragsgivers referanse:

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR.12 - 1997

Tittel:

MILJØUNDERSØKELSER I NORSKE FJORDER 1975-1996

Sørfjorden - Hardanger (1991-1996)

(ENVIRONMENTAL MONITORING OF NORWEGIAN FJORDS, Sørfjorden - Hardanger, 1991-1996)

Senter:

Marint Miljø

Seksjon:

Kjemi

Forfatter(e):

Jan Aure, Lars Føyn og Reidar Pettersen

Antall sider, vedlegg inkl.:

24

Dato:

28.10.97

Sammendrag:

Havforskningsinstituttet har siden 1975 overvåket miljøforholdene i omlag 27 fjord-regioner langs norskekysten. Undersøkelsene i Sørfjorden- Hardanger viser at de indre deler av fjorden har unormalt lave oksygenkonsentrasjoner og høye nitratkonsentrasjoner høyst sannsynlig forårsaket av utslipp av "dicy"-kalk fra Odda Smelteverk.

Emneord - norsk:

1. Fjord
2. Hydrokjemi
3. Hydrografi

Emneord - engelsk:

1. Fjord
2. Hydro chemi
3. Hydrography

  
Prosjektleder

  
Seksjonsleder

K 5084

## FORORD

Havforskningsinstituttet driver i hovedsak tre typer overvåkning av det marine miljøet i havområdene omkring Norge:

### 1. Kystovervåkning

Denne består av et system av:

- Faste oseanografiske kyststasjoner som tas av lokale observatører .
- Termografitjenesten - observasjoner av temperatur og saltholdighet fra hurtigruten.
- Fjordovervåkning - hydrografiske og kjemiske målinger i utvalgte fjorder .

### 2. Forurensningsovervåkning.

Overvåkingen gjennomføres i fjorder, i kystfarvann og havområder. Hovedinnsatsen er på organiske miljøgifter, tungmetaller og radioaktivitet både i vann, i sediment og organismer.

### 3. Overvåking av klima- og produksjonsforhold i havområdene.

Dette er et system av faste oseanografiske snitt som gjentas med regelmessige mellomrom kombinert med en mindre hyppig regional dekning for overvåking og tilstandsvurdering av :

- Havklima
- Primær- og sekundærproduksjon
- Rekruttering og tilstanden i fiskebestandene

Denne rapport presenterer resultatene fra miljøundersøkelsene i Sørfjorden - Hardanger

Hein Rune Skjoldal

Forskningsdirektør

Senter for Marint Miljø

# INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD

SAMMENDRAG

ABSTRACT

Side

1. INNLEDNING	5
2. OMRÅDEBESKRIVELSE OG OBSERVASJONER	5
3. GENERELT OM FJORDER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	7
6. LITTERATUR	10

## SAMMENDRAG

I indre deler av Sørfjorden-Hardanger i november 1991-1996 var det betydelig reduserte oksygenkonsentrasjoner ( $O_2 < 3.5$  ml/l) fra like under brakkvannslaget ned til ca 150 m dyp. Oksygenkonsentrasjoner på ca 2 ml/l ble observert nær bunnen i ca 50 m dyp ved Odda og mellom 40 og 100 m dyp ved Tyssedal. Ved Ullensvang, ca 30 km ut i Sørfjorden, var det også i enkelte år unormalt lave oksygenkonsentrasjoner (3.5-4.0 ml/l) mellom 75 m og 100 m dyp. Oksygen- konsentrasjoner under 3.5 ml/l ansees å være en "kritisk" grense for effekter på bunnorganismer og fisk. Fisk og andre mobile organismer vil vanligvis prøve å unngå vannmasser med slike lave oksygenkonsentrasjoner. Det var betydelige overkonsentrasjoner av nitrat mellom 0 m og 125 m dyp ved Odda og Tyssedal, sammenlignet med nitratkonsentrasjonene i samme vannlag ved Ullensvang. For fosfat og silikat var det små forskjeller mellom de samme stasjoner. Høyeste nitratkonsentrasjoner, mellom 35 og 40  $\mu$ M, ble observert i vannmasser mellom 20 og 50 m dyp (bunn) ved Odda og i 75 m dyp ved Tyssedal. Overkonsentrasjonene av nitrat medførte også store avvik i næringssalt-sammensetningen i indre Sørfjorden. De økte tilførselene av nitrat har sannsynligvis økt primærproduksjonen i Sørfjorden og det store overskuddet av nitrat relativt fosfat og silikat har trolig fremmet produksjon av flagellatalger. Det er blant denne algetypen vi finner de fleste artene av giftige/skadelige alger (fisk og skjell). Flagellatalger opptrer vanligvis etter vårblostringen som domineres av silikatforbrukende alger. Observasjoner av NIVA etter 1991 har bla vist uvanlig høye konsentrasjoner og lange blomstringsperioder av dinoflagellaten *Dinophysis acuta* som produserer diareframkallende toksiner. De høye konsentrasjoner av *Dinophysis* og den lange varighet av blomstringene medfører at fjorden er lite egnet til blåskjelldyrking og innhøsting av blåskjell til privat konsum. I hvilke grad Sørfjorden evt "eksporterer" *Dinophysis* til utenforliggende fjordområder er ukjent. De unormale oksygen og nitratforholdene i Sørfjorden er høyst sannsynlig forårsaket av utslipp av nitrogenrik og oksygenforbrukende "dicy"- kalk fra Odda Smelteverk.

## ABSTRACT

*Observations in November from 1991 to 1996 in the Sørfjord-Hardanger show critical low oxygen concentrations ( $< 3.5$  ml/l) from below the brackish layer down to about 150 meter depth. The lowest oxygen concentrations, close to 2.0 ml/l, were observed near the bottom at Odda and between 40 and 100 meter depth outside Tyssedal. Station Ullensvang, about 30 km from Odda, also had low oxygen concentrations (3.5-4.0 ml/l) between 75 and 100 meter depth. Nitrate concentrations was considerable higher between surface layer and 150 meter depth at Odda and Tyssedal compared to the Ullensvang station. The difference in phosphate and silicate between the same stations and same water masses was insignificant. Maximum nitrate concentrations of 35-40  $\mu$ M at Odda and Tyssedal appeared between 20 and 75 meter depth. The observed low oxygen concentrations may have effected benthic organism and fish in the inner part of Sørfjord and most likely have increased the flagellate plankton production. Observations after 1991 by the Norwegian Institute of Water Research (NIVA) show unnormal high concentrations and long blooming periods of the toxic dinoflagellate *Dinophysis acuta*. The unnormal nitrate and oxygen conditions in the Sørfjord is most likely caused by the outlet of nitrogen rich and oxygen consuming dicy-lime from the "Odda Smelteverk" in Odda*

## 1. INNLEDNING

Havforskningsinstituttet har siden 1975 drevet miljøovervåkning i omlag 27 fjordområder (127 stasjoner) fra Rogaland til Finnmark i forbindelse med kartlegging av brisling og silderessurser (Fig.1). Undersøkelsene gjennomføres sent på høsten i november/desember i en årstid vanligvis karakterisert med liten planteplanktonproduksjon og stagnerende forhold i fjordenes terskelbasseng.

De tre første rapportene i serien omhandler miljøforholdene i Rogaland, Finnmark og Nord-Troms (Aure, Føyn og Pettersen 1993, 1994 og 1996). Foreliggende rapport er en spesialrapport fra Sørfjorden i Hardanger hvor store utslipp fra industrien påvirker miljøforholdene. I første del av rapporten er observasjonene og undersøkelsesområdet beskrevet. Deretter gis det en kort generell innføring i hydrografiske og kjemisk/biologiske forhold i fjorder. Tilslutt beskrives og vurderes hydrografiske og hydrokjemiske forhold i Sørfjorden i siste del av november for perioden 1991-1996.

## 2. OMRÅDEBESKRIVELSE OG OBSERVASJONER

Undersøkelsen er basert på 3 stasjoner i Sørfjorden: Odda, Tyssedal og Ullensvang (Fig.2).

Tabell 1. Posisjoner og bunndyp for målestasjonene i Sørfjorden - Hardanger (*Positions and bottom depth*).

Stasjon	Posisjon	Bunndyp (m)
Odda	60,08 N 6,542 Ø	55
Tyssedal	60,12 N 6,549 Ø	160
Ullensvang	60,32 N 6,634 Ø	360

Tyssedal og Ullensvangstasjonen ligger henholdsvis ca 5 og 30 km fra Odda innerst i Sørfjorden (Fig.2 og 3). Fra Odda og ca 3.5 km utover i fjorden er det et relativt flatt platå med bunndyp på 40-50 m. Videre utover i fjorden øker bunndypet til ca 160 m utenfor Tyssedal og til ca 360 m ved Ullensvang. Nær utløpet av fjorden er det et terskeldyp på ca 255 m. Posisjoner og bunndyp for stasjonene er gitt i Tabell 1. Undersøkelsene er utført med Havforskningsinstituttets forskningsfartøy i samband med årlige 0-gruppe brisling - og sildeundersøkelser i norske fjorder fra Oslofjorden til Finnmark. Temperatur og saltholdighet er målt *in situ* med CTD-sonde (Neil-Brown). Oksygenprøvene blir analysert ombord etter standard Winkler metode. Vannprøver for næringssalter blir fiksert ombord, for deretter å bli analysert ved Havforskningsinstituttet etter standard metoder ( Føyn et al 1981, Hagebø og Rey 1984).

### 3. GENERELT OM FJORDER

#### 3.1 Fysiske forhold (Fig.4)

Brakkvannet i en fjord er et resultat av ferskvannsavrenningen fra land. Når ferskvann blandes med sjøvann får vi brakkvann som har en saltholdighet lavere enn kystvannet. Med en gitt ferskvannsavrenning er brakkvannets temperatur, saltholdighet, lagtykkelse osv styrt av meteorologiske forhold og fjordens topografi. Brakkvannet strømmer i middel ut fjorden og saltholdigheten øker pga innblandingen med underliggende sjøvann. Sjøvannet som tilføres brakkvannet må kompenseres utenfra og det strømmer saltere vann inn fjorden under brakkvannslaget. Denne ferskvannsdrevne sirkulasjonen kalles "Estuarin sirkulasjon".

Mellomlagsvann, som ligger mellom brakkvannet og terskeldyp (dypeste forbindelsen mellom bassengvannet og områdene utenfor) er ofte preget av vannmassene utenfor fjorden. Variasjoner i trykkforholdene (tetthet og tidevann) utenfor fjorden fører til inn- og utstrømninger i mellomlaget. I Fjorder med grunne terskel og lite munningsareal vil vanligvis tidevannsstrømmene dominere.

Bassengvannet er innestengt bak terskelen og vil i perioder uten innstrømning stort sett beholde sine fysiske egenskaper. Det eneste som kan endre på saltholdiget, temperatur og dermed vannets tetthet er den vertikale turbulente blandingen i fjordbassenget. Tettheten i bassenget vil derfor avta med tiden og øke sannsynligheten for innstrømning av tyngre kystvann. I fjorder med grunne terskler vil innstrømninger til bassengvannet oftest inntreffe på sen vinteren, mens utskiftning av bassengvann i fjorder med dype terskler ofte inntreffer i vår og sommermånedene. Temperatur, saltholdighet, oksygen og næringssalter i bassengvannet vil i stagnasjonsperioder ofte være forskjellige fra forholdene i tilsvarende dyp utenfor fjorden.

#### 3.2 Kjemiske-biologiske forhold (Fig.4)

Primærproduksjonen i fjordene foregår vanligvis i øvre 30 meter (euphotisk sone) og er den viktigste naturlige kilde for tilførsler av organisk materiale til terskelfjordenes bassengvann. For produksjon av planteplankton må det være tilstede tilstrekkelige mengder næringssalter (fosfat, nitrogen og silikat) og lys. På våre breddegrader vil lyset begrense eller utelukke primærproduksjon i vinterhalvåret. Ut på sen vinteren og våren, når lysforholdene igjen er gunstige, er det en kraftig vårblomstring av diatomeer som følge av høye næringssaltkonsentrasjoner som har bygget seg opp i løpet av vinteren. Næringssaltene tilføres de øvre vannlag fra dypere vannlag gjennom vertikal omrøring, gjennom ferskvannstilførslene fra land og nedbør (nitrogen). I tillegg kommer evt tilførsler av menneskeskapte næringssalter.

Når planteplanktonet dør, synker det nedover i vannmassene og brytes ned bakterielt eller beites av dyreplankton. En del av planteplanktonet brytes ned i produksjonslaget og næringsaltene som da frigjøres benyttes igjen til produksjon (resirkulering). Resten av planteplanktonet synker ned under produksjonslaget og brytes ned i vannmassene eller i bunnsedimentet. I fjorder med hydrogensulfid i bassengvannet vil nedbrytningen av organisk materiale gå vesentlig saktere og akkumuleringen i form av bunnsediment øker. Nedbrytningen av organisk materiale forbraker oksygen og frigjør næringsalter. Under oksygenfrie forhold i vann eller i sediment produseres det hydrogensulfid og ammonium, mens nitrat forbrukes i vannmassene like over det oksygenfrie vannlaget (denitrifikasjon).

I fjordbasseng uten innstrømning av nye oksygenrike vannmasser vil derfor oksygenkonsentrasjonene avta og næringssaltkonsentrasjonene øke. Oksygenforbruket i et gitt basseng vil bla være styrt av mengden tilført organisk materiale, nedbrytninghastigheten, tilførselene av oksygen gjennom vertikal blanding og topografiske forhold. Oksygenforbruket og tiden mellom hver innstrømning av oksygenrikt vann er bestemmende for hvor lave oksygenverdiene blir i bassengvannet.

Menneskeskapt organisk belastning, i form av økte næringssaltutslipp og/eller direkte utslipp av oksygenforbrukende materiale øker oksygenforbruket og vil dermed kunne redusere oksygenkonsentrasjonene både i bassengvann og i frie vannmasser over terskelnivå. Endringer i næringssaltenes naturlige sammensetning kan også medføre endringer i artssammensetningen av alger i et fjordsystem.

#### **4. RESULTATER OG DISKUSJON**

Overflatelaget i Sørfjorden er sterkt påvirket av ferskvannstilførselen fra elven Opo med utløp innerst i fjorden ved Odda. Middelvannføringen over året fra Opo er ca 50 m<sup>3</sup>/s med store korttidsvariasjoner. I 1995-1996 varierte feks ferskvannsavrenningen fra Opo fra under 10 m<sup>3</sup>/s til omlag 450 m<sup>3</sup>/s (Molvær og Johnsen, 1997). I november 1991 og 1992 var det ved Odda og Tyssedal et brakkvannslag med tykkelse på ca 5 m med saltholdigheter mindre enn 25.0, mens overflatelaget ved Ullensvang hadde saltholdigheter over 25.0 (Fig.5). I november 1993 og 1994 ble det ikke observert vann med saltholdigheter under 25.0 innenfor Ullensvang, mens det i november 1995 og 1996 igjen var et markert brakkvannslag i hele Sørfjorden med en tykkelse på litt over 5 m. Under det ferskvannspåvirkete overflatelaget endret saltholdighetene seg relativt lite fra år til år med saltholdigheter under 34.5 i de øverste 150 m. Denne vannmassen er hovedsakelig kystvann som opprinnelig har strømmet inn fra kystområdene til indre deler av Hardangerfjorden inkludert Sørfjorden .

Observasjonene ved Odda og Tyssedal viser at det var betydelig reduserte oksygenkonsentrasjoner (O<sub>2</sub> <3.5 ml/l) fra like under brakkvannslaget ned til ca 150 m dyp (Fig.6). Minimumskonsentrasjoner på ca 2-2.5 ml/l, ble observert nær bunnn ved

Oddastasjonen og mellom 40 og 100 m dyp ved Tyssedal (Fig.7). Ullensvangstasjonen, ca 30 km utover i fjorden, hadde også i enkelte år relativt lave oksygenkonsentrasjoner (3.5 - 4 ml/l) i sjiktet mellom ca 90 og 150 m dyp (Fig.6 og 7). Relasjonsplott mellom saltholdighet og oksygen viser at oksygenkonsentrasjoner under 3.5 ml/l ved Odda og Tyssedal var knyttet til vannmasser med saltholdighet over ca 31.5 og laveste oksygenkonsentrasjoner ble observert ved saltholdigheter mellom 34.0 og 34.5 (Fig.8). Ut fra SFTs tilstandsklassifisering er de observerte oksygenforholdene innenfor Tyssedal "mindre gode" eller "dårlige". Oksygenkonsentrasjoner under ca 3.5 ml/l ansees også å være en "kritisk" grense for effekter på stasjonære marine organismer, mens fisk og mobile organismer trolig vil trekke seg unna vannmasser med slike lave oksygenkonsentrasjoner. De betydelige reduserte oksygenkonsentrasjonene over store vannlag i indre del av Sørfjorden, som også kan spores helt ut til Ullensvang ca 30 km utover i fjorden, må skyldes et betydelig økt oksygenforbruk forårsaket av menneskeskapte utslipp. Det er usannsynlig at naturlige næringssalttilførsler gjennom ferskvannsavrenning og kommunale utslipp i og nær overflatelaget kan forklare de store oksygenreduksjonene i de indre deler av Sørfjorden. Den eneste betydelige kilde til økt oksygenforbruk i Sørfjorden er utslippet av oksygenforbrukende "dicy"-kalk fra Odda Smelteverk som slippes ut sammen med oppvarmet ferskvann på ca 20 m dyp ved Odda (Molvær og Johnsen, 1997). En del av kalken synker til bunns lokalt ved Odda mens en ukjent del blandes med sjøvann og spres utover i fjorden. Oksygenminimum på omkring 90 m dyp ved Tyssedal ligger betydelig dypere enn utslippsdypet på ca 20 m. Dette kan forklares ved at den innblandete "dicy"-kalken øker tettheten i sjøvannet som synker og innlagres på et større dyp enn tettheten i det "rene" blandingsvannet skulle tilsi. Molvær og Johnsen (1997) peker også på at "dicy"-kalkens kjemiske oksygenforbruk i betydelig grad bidrar til de dårlige oksygenforholdene i indre deler av Sørfjorden. Hvor langt ut i fjorden oksygenforholdene kan karakteriseres som "mindre gode" eller "dårlige" er usikkert pga manglende data, men Havforskningsinstituttet vil under toktet i november 1997 undersøke dette nærmere ved å ta to ekstra stasjoner mellom Tyssedal og Ullensvang.

Dicy-kalken som sammen med oppvarmet ferskvann slippes ut fra Odda smelteverk på ca 20 m dyp inneholder også store mengder nitrogenforbindelser og utslippet er betydelig større enn fra kommunalt avløpsvann. I tillegg vil det kommunale avløpsvannet sammen med den naturlige tilførsel av nitrogen gjennom ferskvannsavrenningen bli tilført overflatelaget eller like under dette (Molvær og Johnsen, 1997). Utslippet av fosfat fra kommunalt avløp ventes kun å ha virkning lokalt ved Odda i eller like under overflatelaget. Observasjonene viser også at det var ubetydelige forskjeller i fosfatkonsentrasjonene mellom Odda og Ullensvang i november 1991-1996 (Fig.9). Samme fordelingsmønsteret ser vi også for silikat, men i enkelte år var det markert høyere konsentrasjoner i brakkvannet ved Odda og Tyssedal enn ved Ullensvang, forårsaket av periodevis store naturlige tilførsler av silikat fra elvene i indre del av fjorden (Fig.10). Fig.11 viser at det var betydelige overkonsentrasjoner av nitrat i produksjonslaget (0-



30 m ) ved Odda og Tyssedal og mellom 30 m og ca 125 m dyp ved Tyssedal sammenlignet med nitratkonsentrasjonene i samme vannlag ved Ullensvang. Ved Odda ble høyeste nitratkonsentrasjoner, på nærmere 40  $\mu\text{M}$ , observert mellom 20 og 50 m dyp (bunn), mens de høyeste nitratkonsentrasjoner ved Tyssedal, ca 35  $\mu\text{M}$ , ble registrert på ca 75 m dyp (Fig.12). Relasjonsplott mellom saltholdighet og nitrat viser at nitratkonsentrasjoner over 20  $\mu\text{M}$  ved Odda og Tyssedal var knyttet til vann- masser med saltholdigheter mellom ca 31.0 og ca 34.5 dvs vannmassene i fjordens mellomlag, mens nitratkonsentrasjonene i det ferskere overflatelaget var betydelig lavere (Fig.13). Utslippene av nitrogensalter ved Odda førte også til en betydelig økning i nitrat-fosfat forholdet (N/P) og nitrat-silikatforholdet (N/Si) i de øverste 100 m i indre del av Sørfjorden sammenlignet med Ullensvang (Fig.14 og 15). De økte tilførselene av nitrogen har trolig medført økt produksjon av planktonalger og det unaturlig store nitratoverskuddet i forhold til fosfat og silikat har trolig også fremmet produksjon av flagellatalger i indre del av Sørfjorden. Det er blant denne algetypen vi finner de fleste artene av giftige/skadelige alger (fisk og skjell). Flagellater opptrer vanligvis etter vårblostringen som domineres av silikatforbrukende diatomeer. Omkring årsskiftet 1991-1992 og sommeren og høsten 1992 ble det observert uvanlig høye konsentrasjoner av dinoflagellaten *Dinophysis acuta* som produserer diare- framkallende toksiner (Molvær og Johnsen, 1997). Høsten 1992 ble det observert omlag 1.3 mill alger pr liter, mens algene normalt i blomstringsperioder maksimalt kommer opp i 20-30.000 celler pr liter. Til sammenligning er grenseverdien for *Dinophysis* ved innhøsting av blåskjell til konsum ca 1200 celler pr liter. Forekomstene av *Dinophysis* var også betydelige i hele vekstsesongen 1996 og grensen for algekonsentrasjoner mhp blåskjell var overskredet i hele perioden fra april til november i indre del av Sørfjorden. Det er usikkert i hvilken grad de høye konsentrasjoner av *Dinophysis* og andre flagellater påvirker fisk og fiskeadferd, men trolig vil fisk prøve å unngå høye konsentrasjoner av disse algeartene. De høye konsentrasjonene av *Dinophysis* og den lange varighet av blomstringene medfører at Sørfjorden nå er lite egnet både til blåskjell dyrking og innhøsting av blåskjell til privat konsum. I hvilken grad Sørfjorden evt "eksporterer" *Dinophysis* til utenforliggende fjorder er ukjent.

## LITTERATUR

Aure, J.Føyn, L. & Pettersen, R. 1993. Miljøundersøkelser i norske fjorder, 1975-1993. 1. Rogaland: Lysefjorden, Høgsfjorden og Boknfjorden. *Fisken og Havet*, Nr.12- 1993. 35 s

Aure, J.Føyn, L. og Pettersen, R. 1994. Miljøundersøkelser i norske fjorder, 1975-1993. 2. Finnmark: Tanafjord, Laksefjord, Porsangerfjord og Altafjord. *Fisken og Havet* Nr 9 1994: 68 s.

Aure, J., Føyn, L. og Pettersen, R. 1996. Miljøundersøkelser i norske fjorder 1975-1994. 3. Nord-Troms: Tromsøundet, Ullsfjord, Lyngenfjord og Kvænangen. *Fisken og Havet* Nr.28-1996, 69 s

Føyn, L., Hagebø, M. og Seglem, K. 1981. Automatisk analyse av næringsalter med "on line" databehandling. En presentsjon av oppbygging og virkemåte av systemet i bruk på Havforskningsinstituttets båter og i laboratoriet. *Fisken og Havet Ser. B* Nr 4 1981. 40 s

Hagebø, M. 1993. Prøvetakning av næringsalter. Kvalitetsmanual for Havforskningsinstituttet. *Notat HI*, januar 1993: 1-2.

Hagebø, M. og Rey, F., 1984. Lagring av sjøvann til analyse av næringsalter. *Fisken og Havet*, Nr 12, 1984. 12 s

Molvær, J. og Johnsen, T.M. 1997. Indre Sørfjord. Overvåking februar 1995-mars 1997. *NIVA-rapport* 3694-97. 38s

SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veileding ( Ny utgave under utarbeidelse).



Fig.1 Fjordområder inkludert i miljøundersøkelsen. Tallet bak navnet angir antall stasjoner i vedkommende fjordområde. (Location of fjord regions included in the observation program. Number of stations in each fjord region indicated).

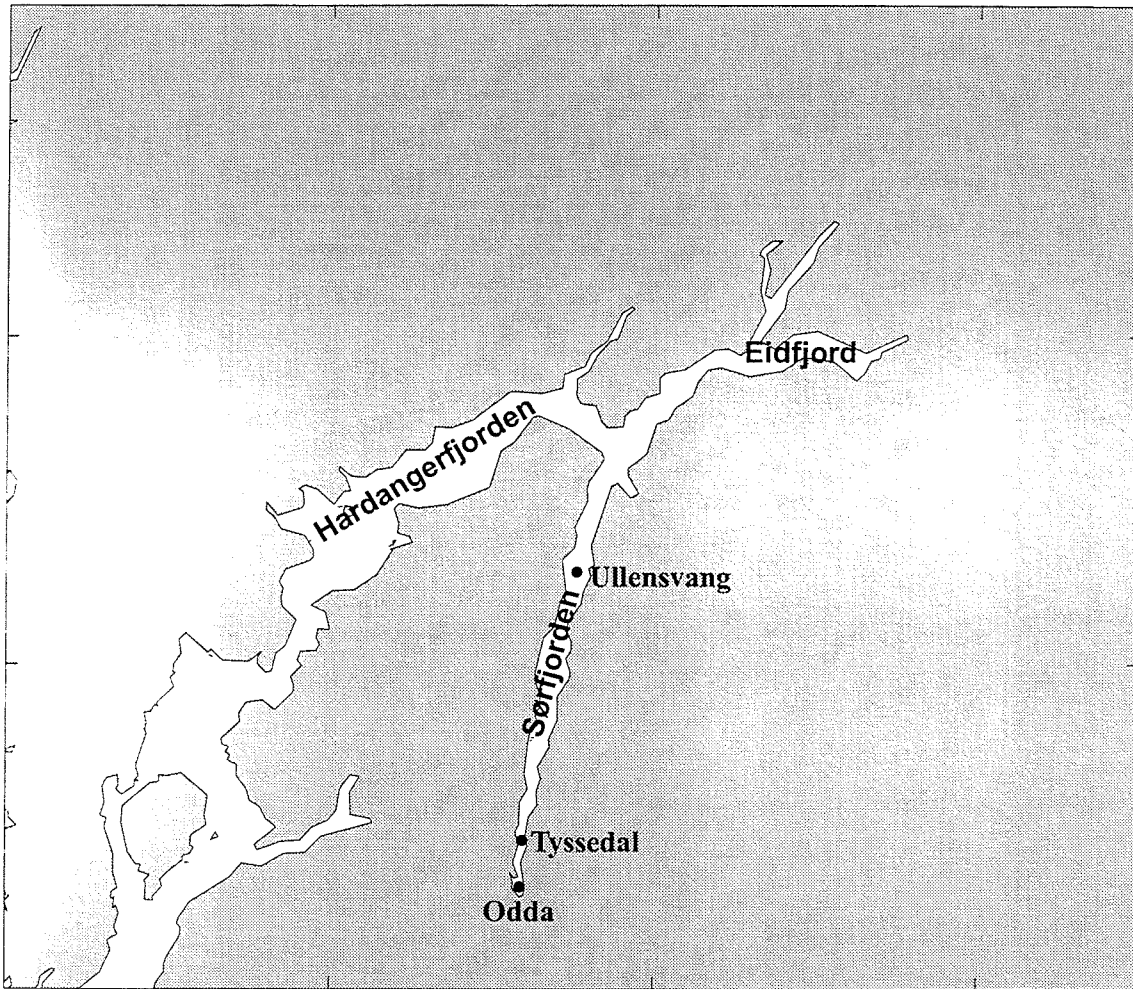


Fig. 2 Oversiktskart og målestasjoner i Sørjorden -Hardanger (*Location of sampling stations, Sørjorden-Hardanger*)

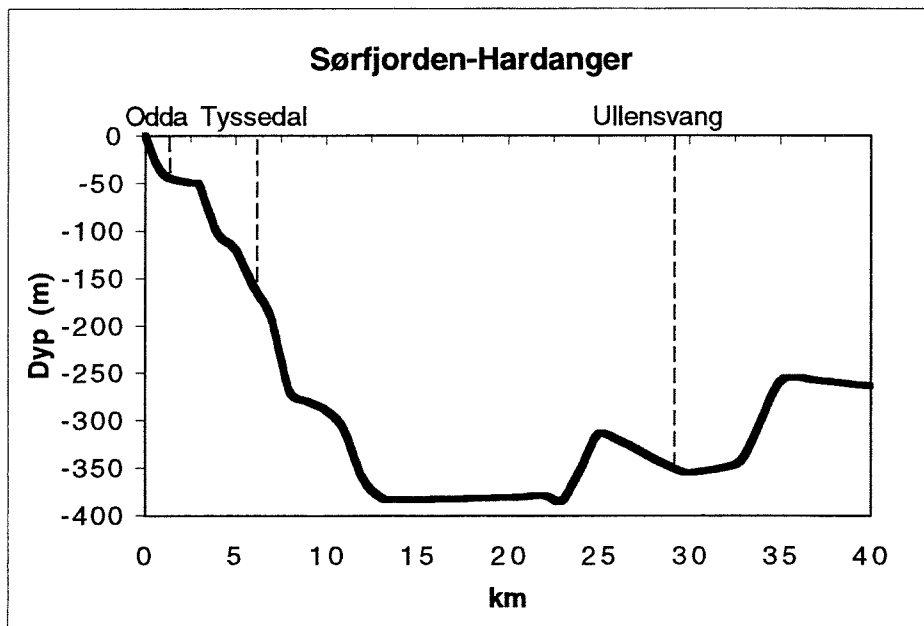


Fig. 3 Dybdeprofil og målestasjoner, Sørjorden-Hardanger. (*Depth profile and sampling stations, Sørjorden-Hardanger*)

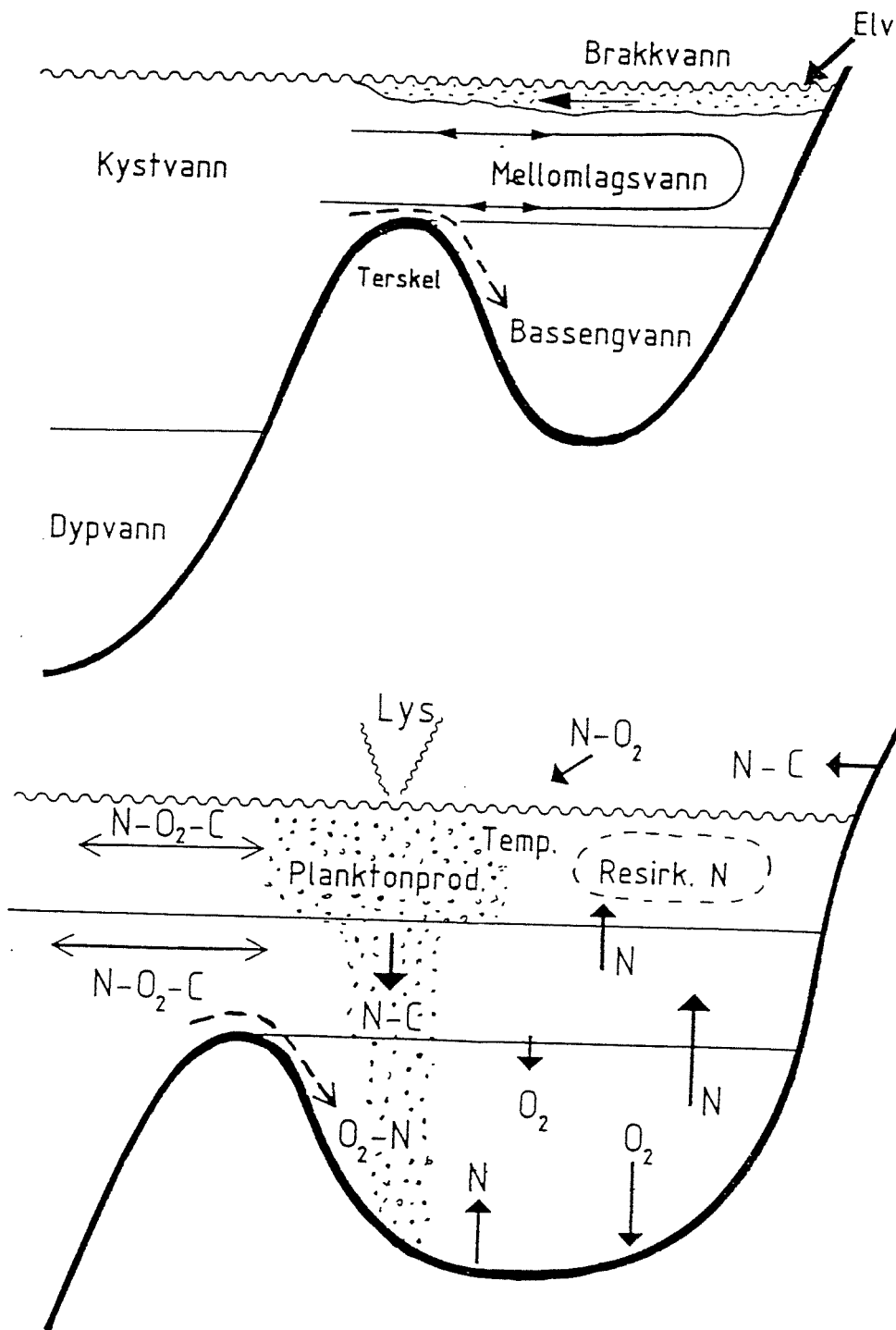
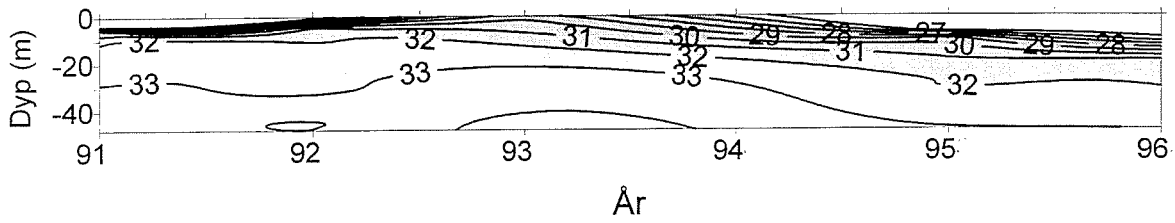
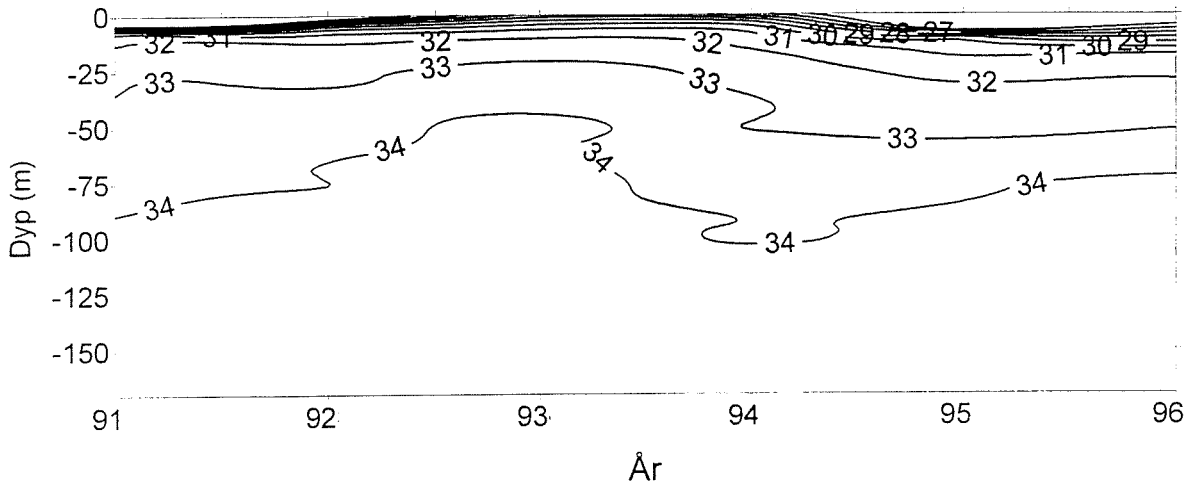


Fig. 4 Prinsippskisse for vannmasser og vanntransport (øverst) og biologiske/kjemiske prosesser (nederst). N = næringssalter, O<sub>2</sub> = oksygen og C = partikulært karbon. (General physical, chemical and biological processes in a fjord.. N = nutrients, O<sub>2</sub> = oxygen and C = part. carbon)

### Odda saltholdighet



### Tyssedal saltholdighet



### Ullensvang saltholdighet

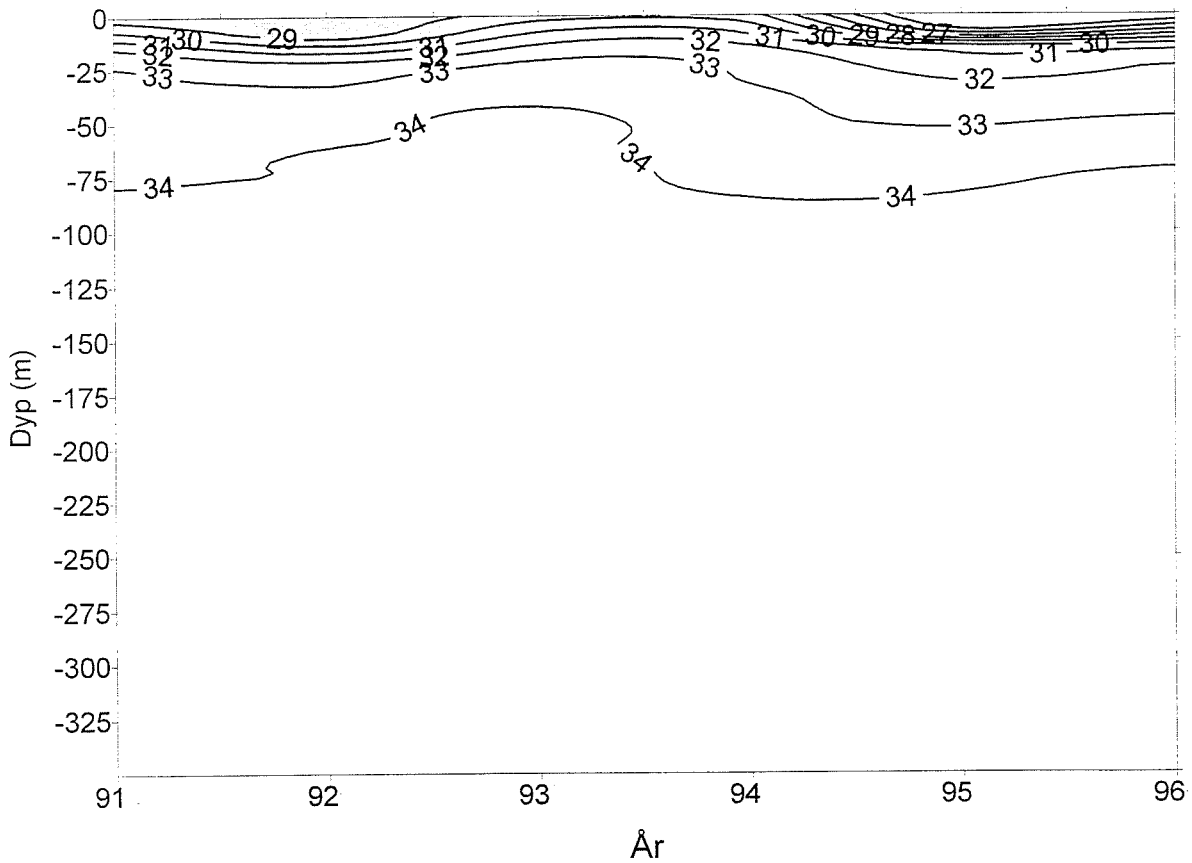
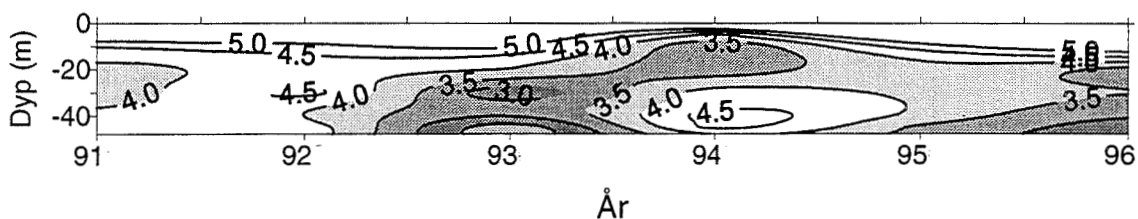
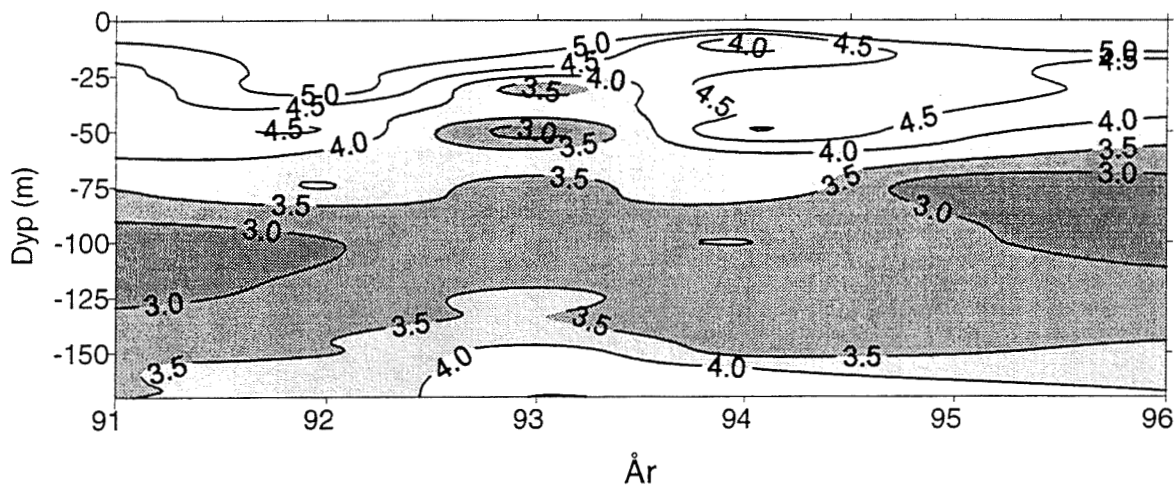


Fig.5 Vertikalfordeling av saltholdighet ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996  
(vertical distribution of salinity at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda oksygen (ml/l)



### Tyssedal oksygen (ml/l)



### Ullensvang oksygen (ml/l)

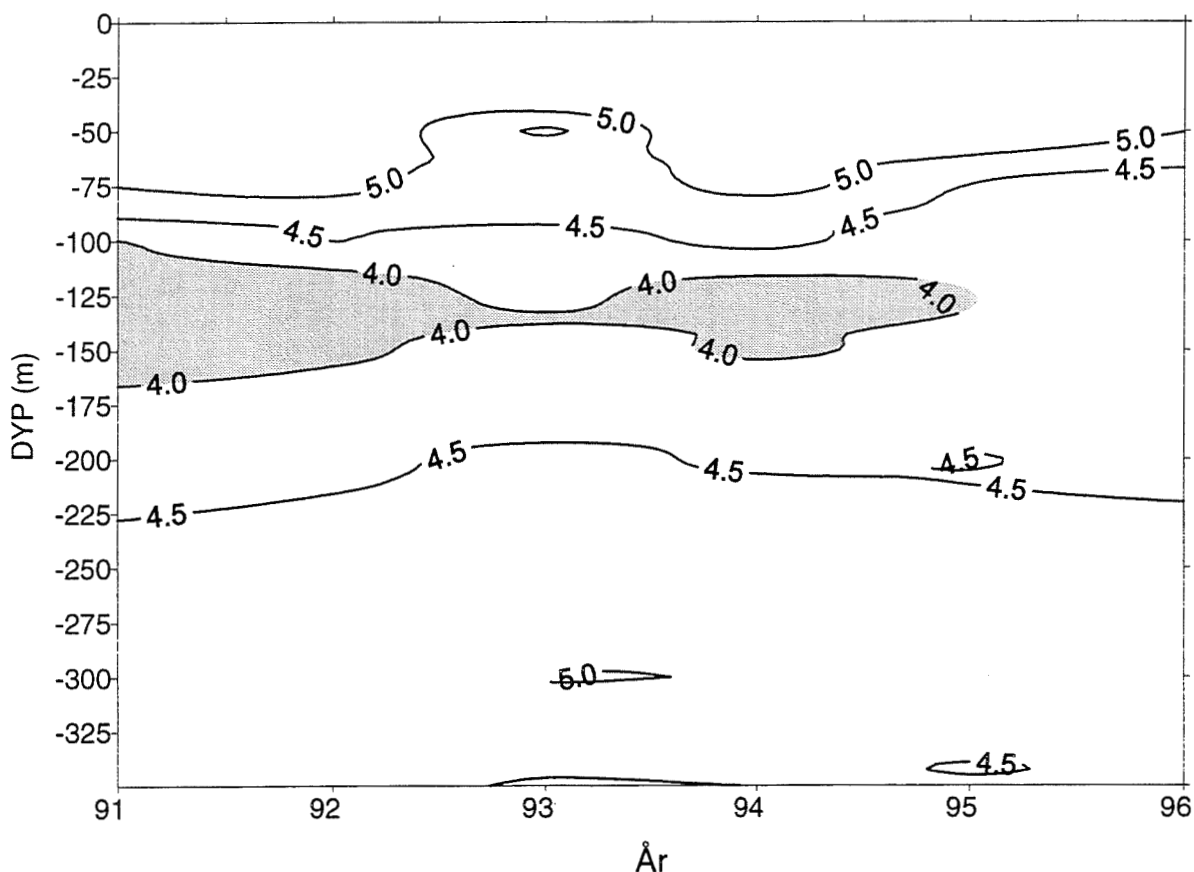


Fig.6 Vertikalfordeling av oksygen ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.  
 (Vertical distributon of oxygen at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

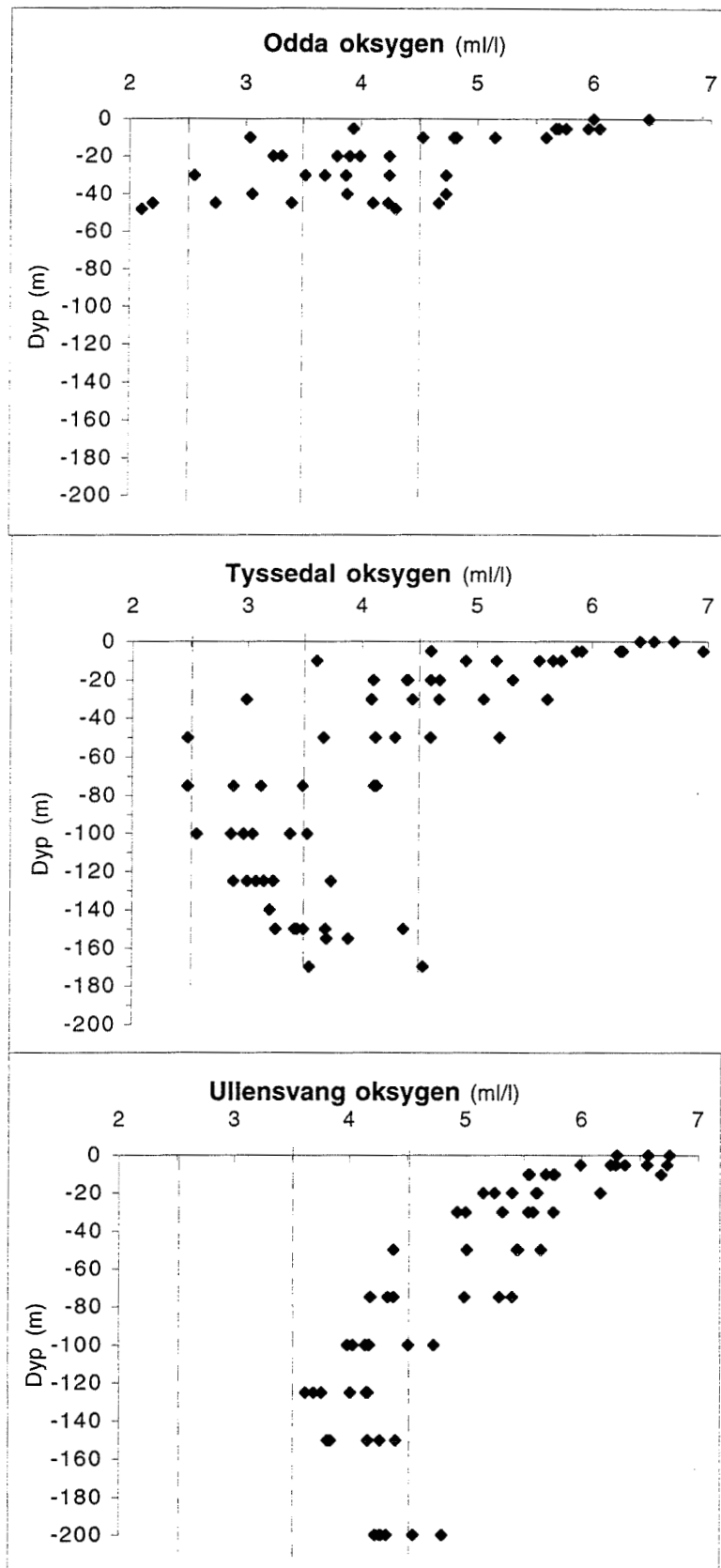


Fig.7 Vertikalplott av oksygen ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996  
*(Observations of oxygen at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)*



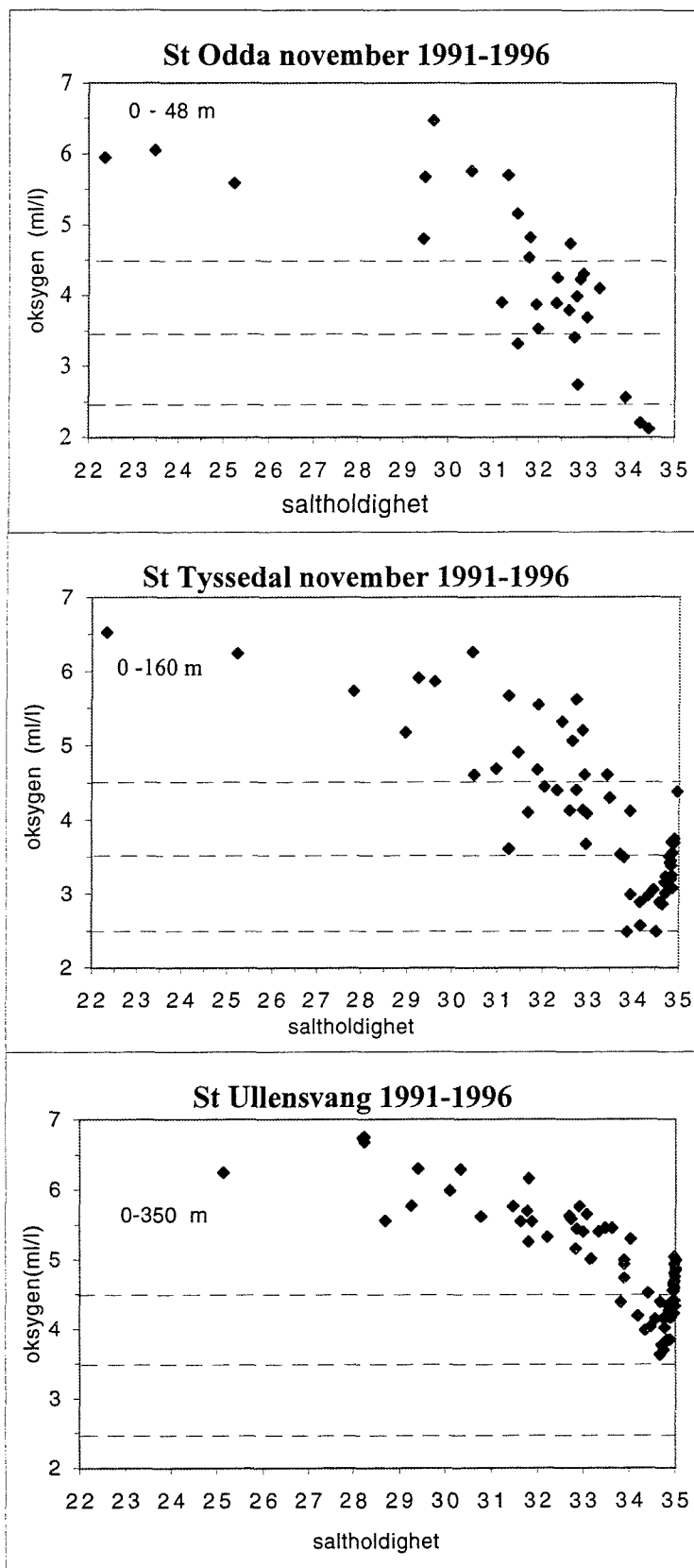
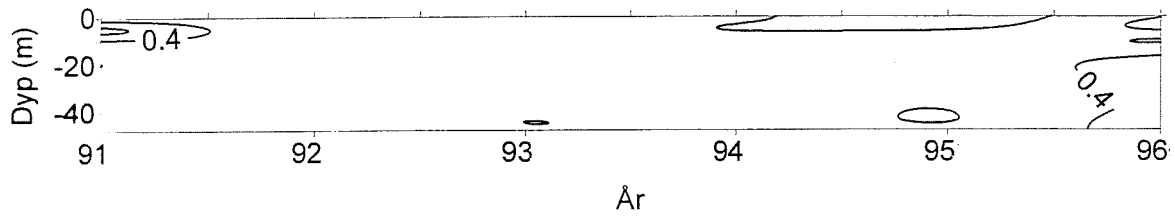
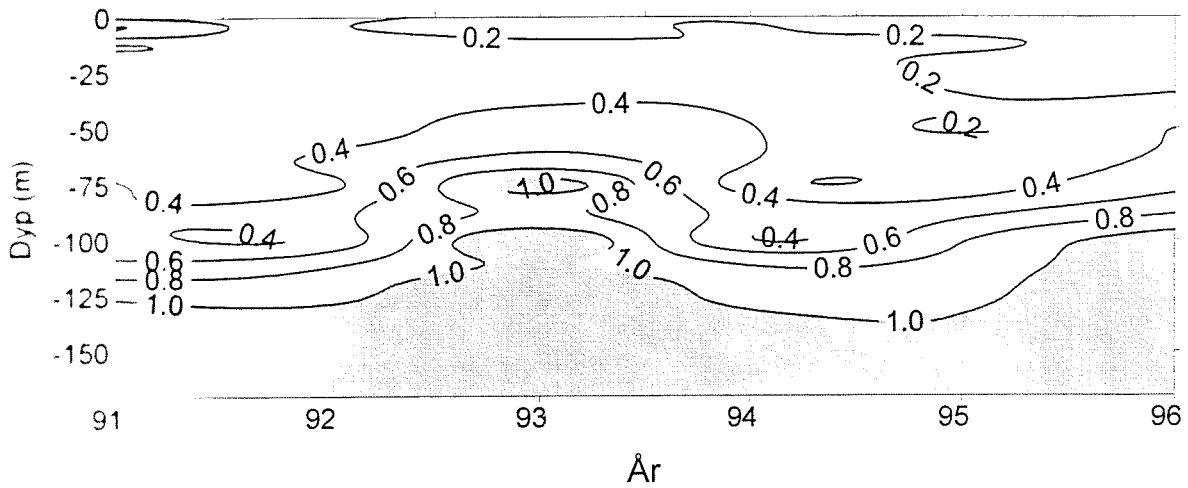


Fig.8 Relasjonsplott saltholdighet - oksygen for Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.  
(Salinity versus oxygen at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda fosfat



### Tyssedal fosfat



### Ullensvang fosfat

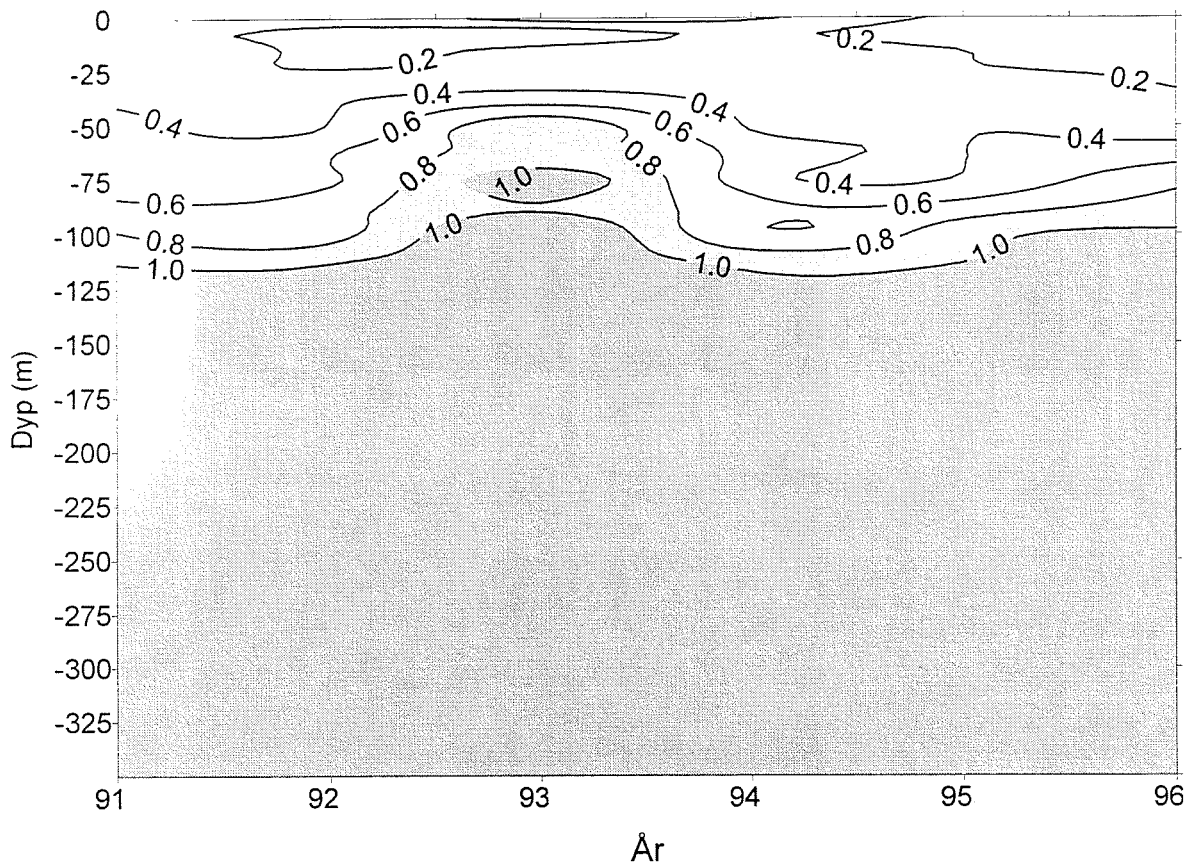
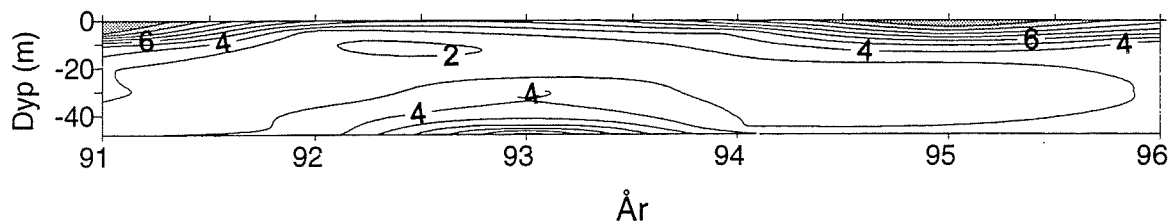
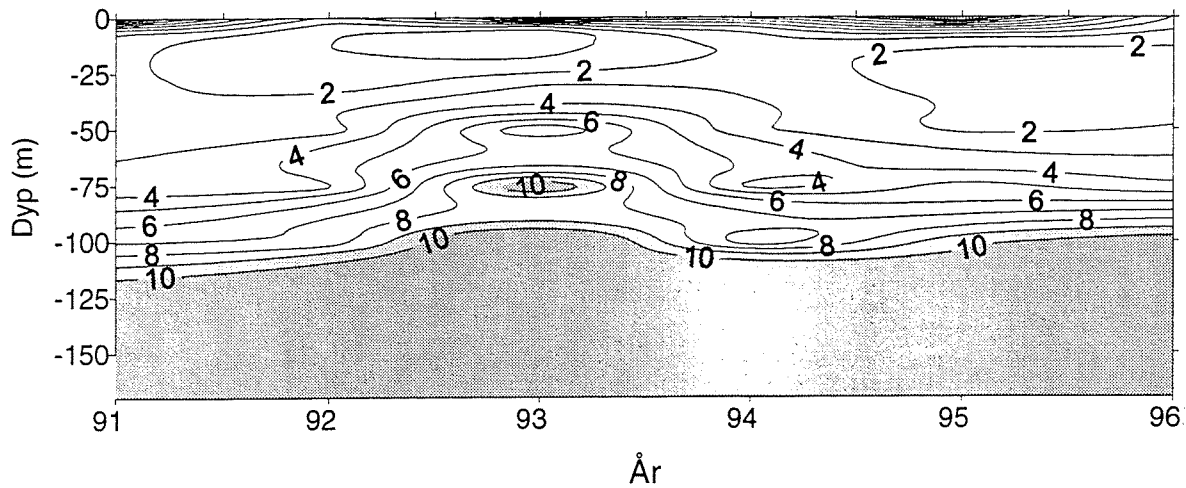


Fig.9 Vertikalfordeling av fosfat ( $\mu\text{M}$ ) ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.  
(Vertical distribution of phosphate at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda silikat



### Tyssedal silikat



### Ullensvang silikat

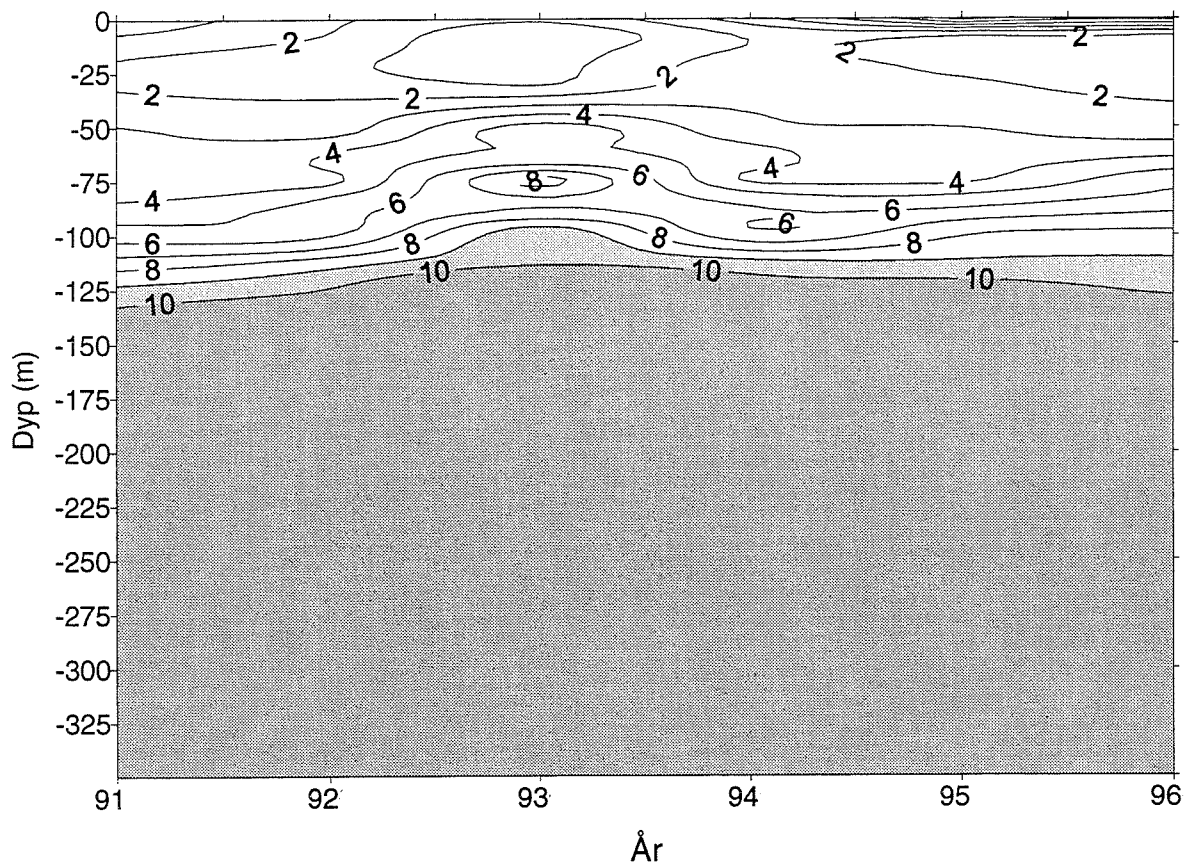
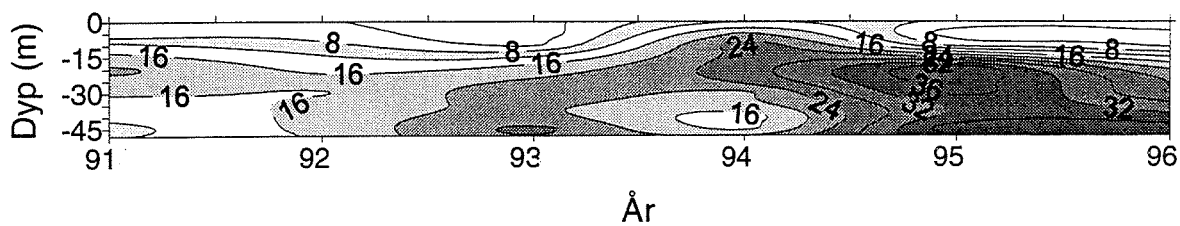
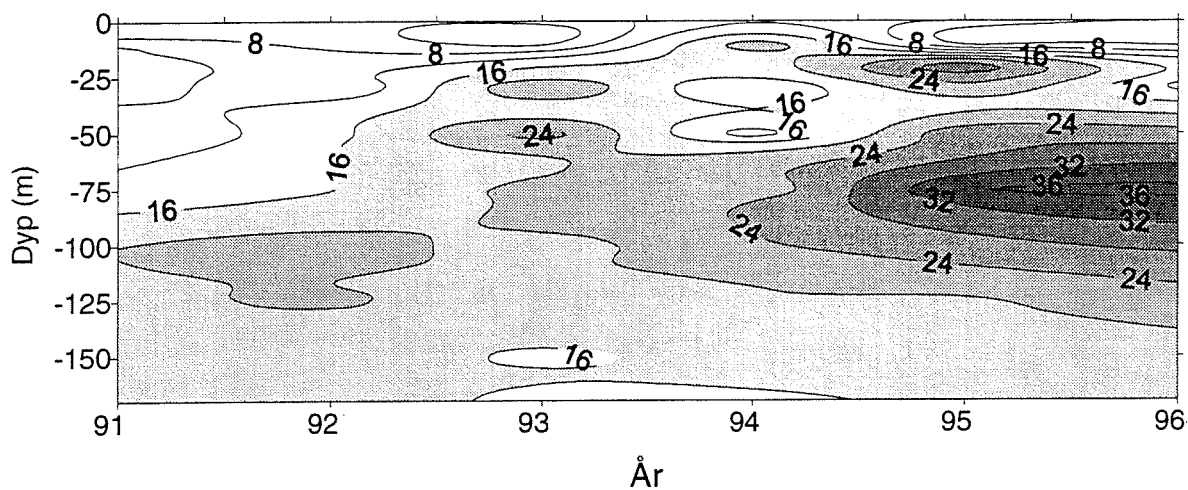


Fig.10 Vertikalfordeling av silikat ( $\mu\text{M}$ ) ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.  
(Vertical distribution of silicate at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda nitrat



### Tyssedal nitrat



### Ullensvang nitrat

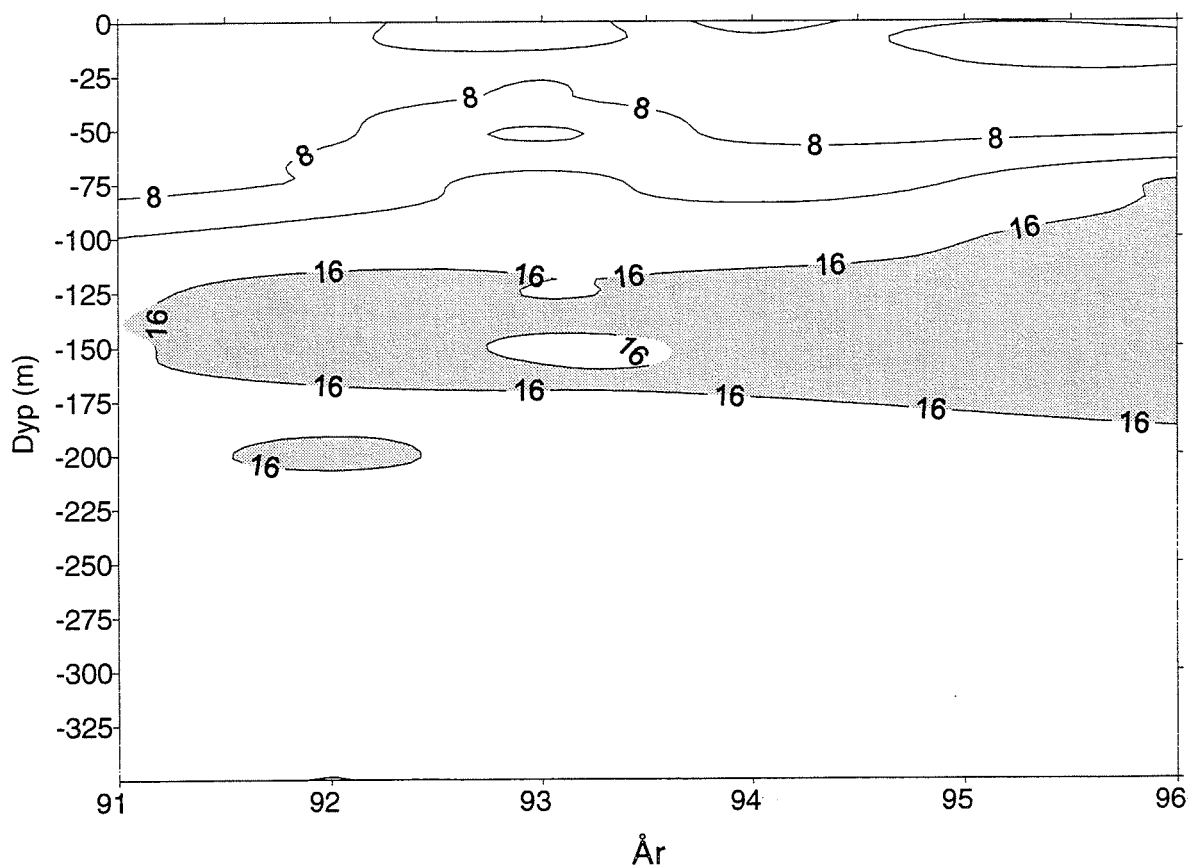


Fig.11 Vertikalfordeling av nitrat ( $\mu\text{M}$ ) ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996  
(Vertical distribution of nitrate at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

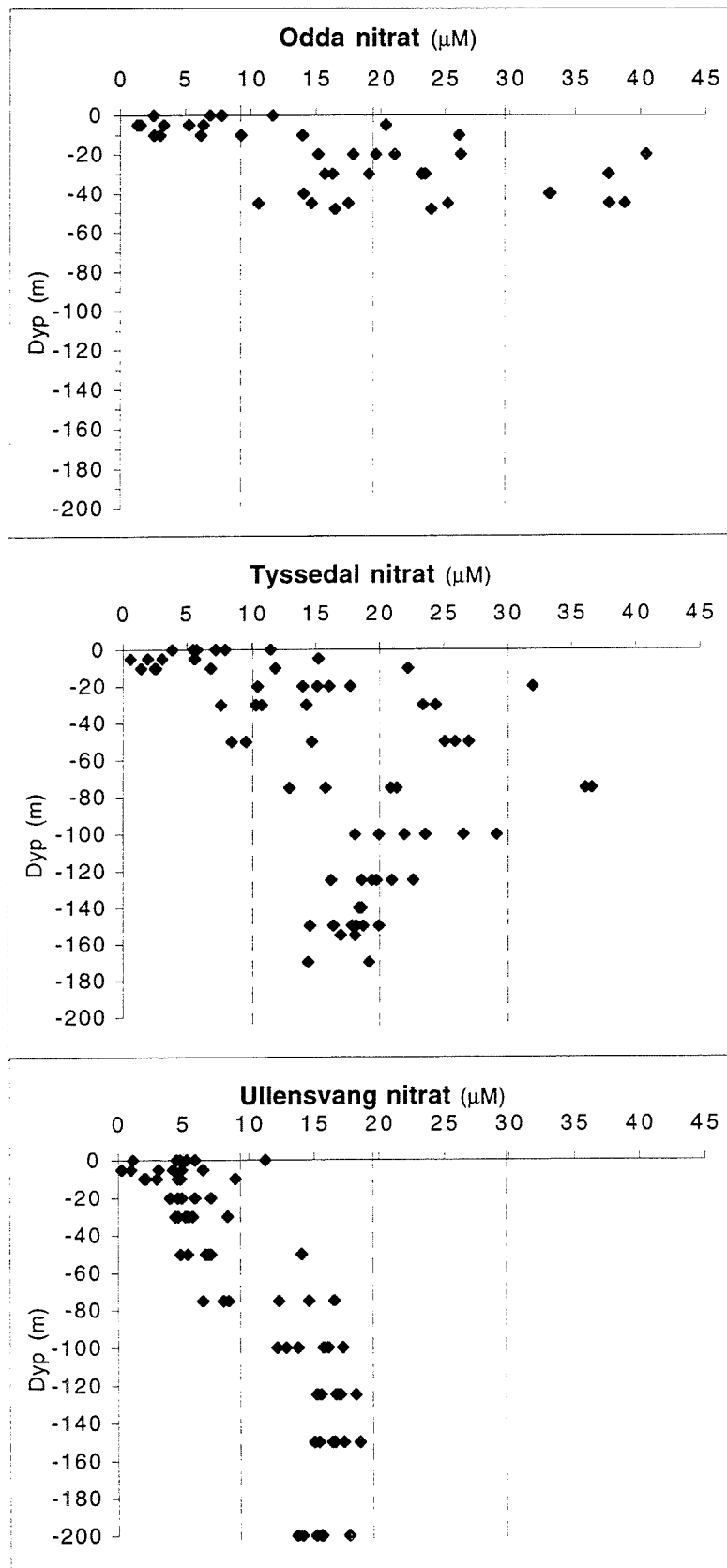


Fig.12 Vertikalplott av nitrat ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996  
*(Observations of nitrate at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)*

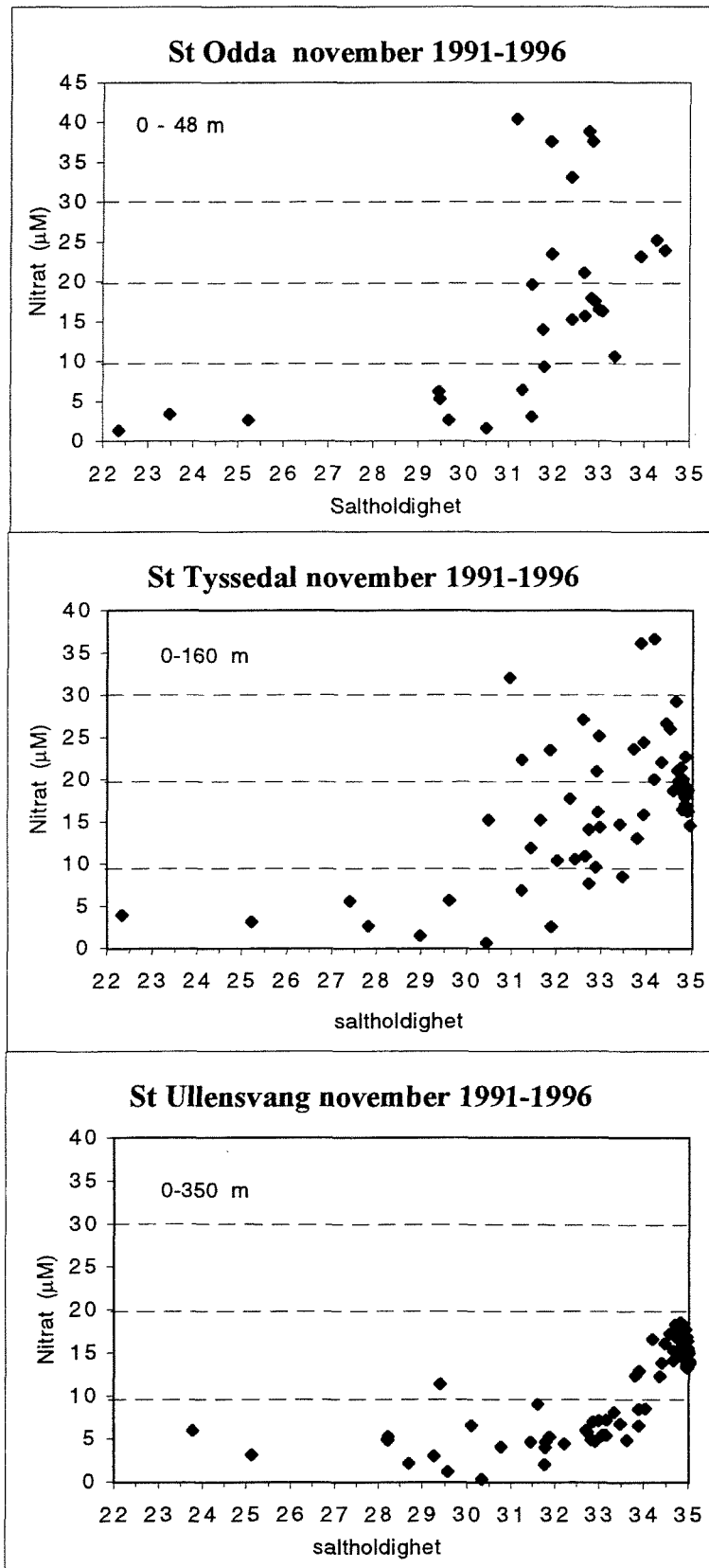
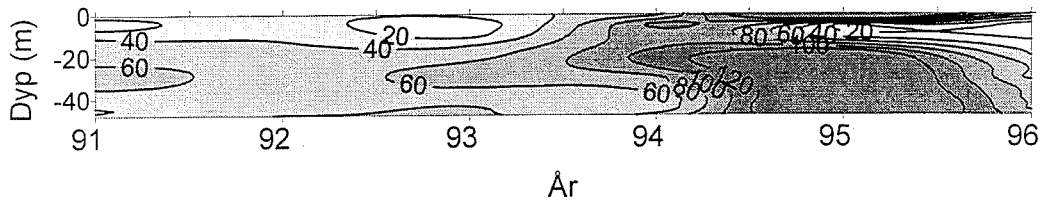
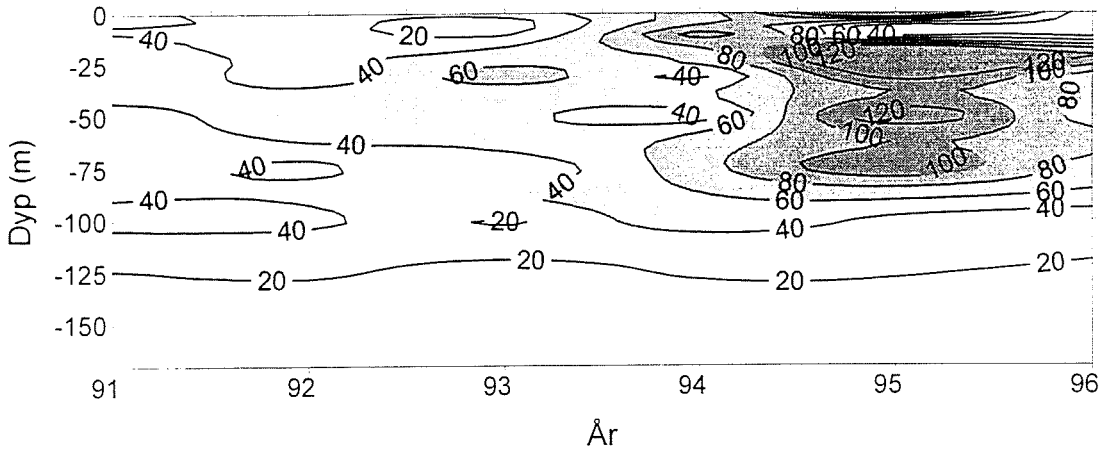


Fig.13 Relasjonsplott saltholdighet- nitrat for Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.  
(Salinity versus oxygen at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda N/P



### Tyssedal N/P



### Ullensvang N/P

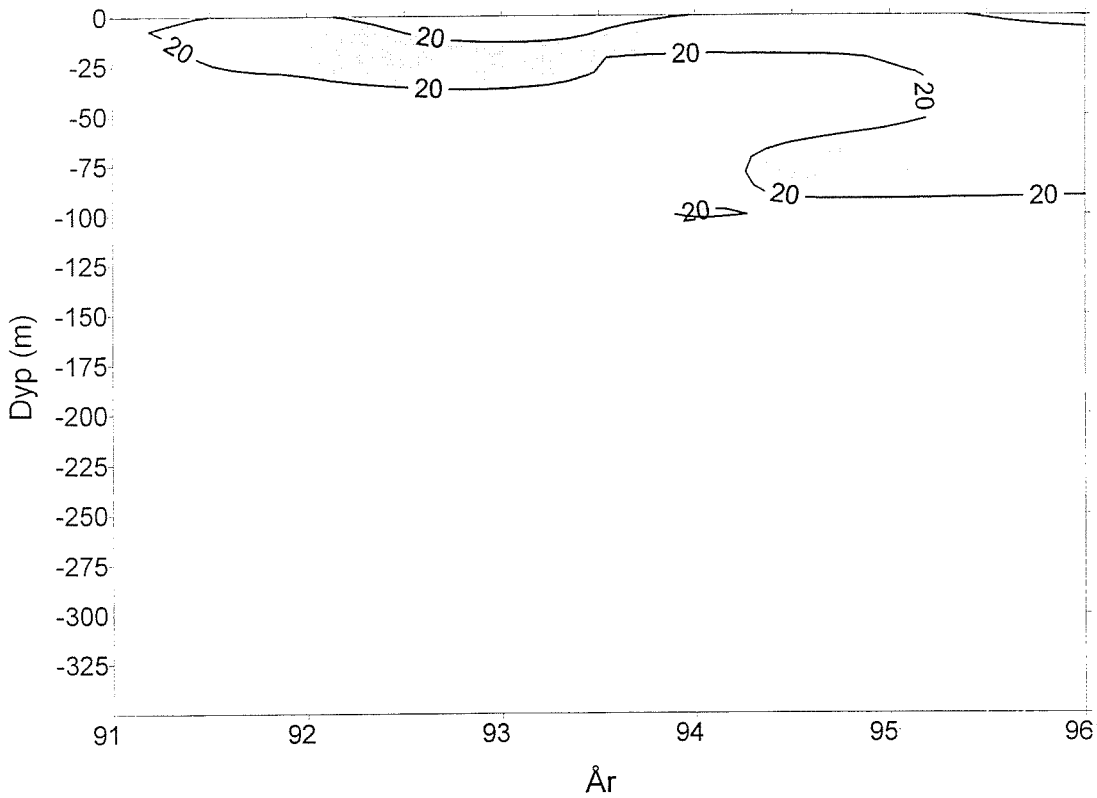
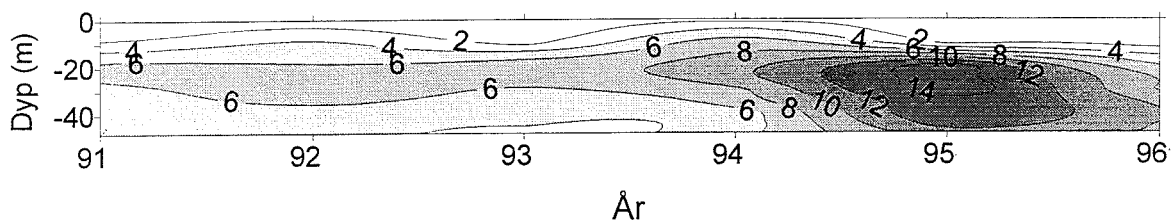


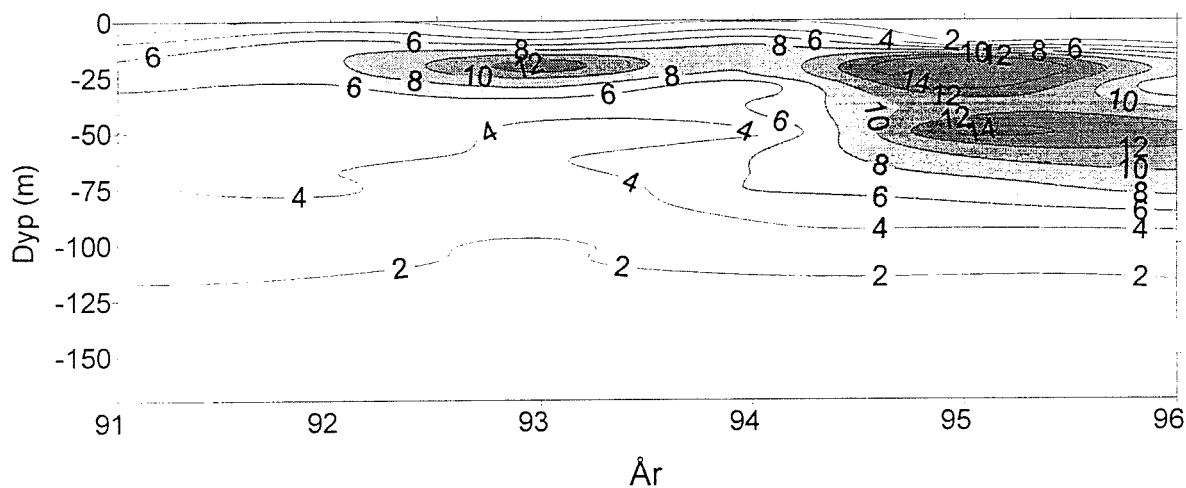
Fig.14 Vertikal fordeling av N/P ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.

( Vertical distribution of N/P at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)

### Odda N/Si



### Tyssedal N/Si



### Ullensvang N/Si

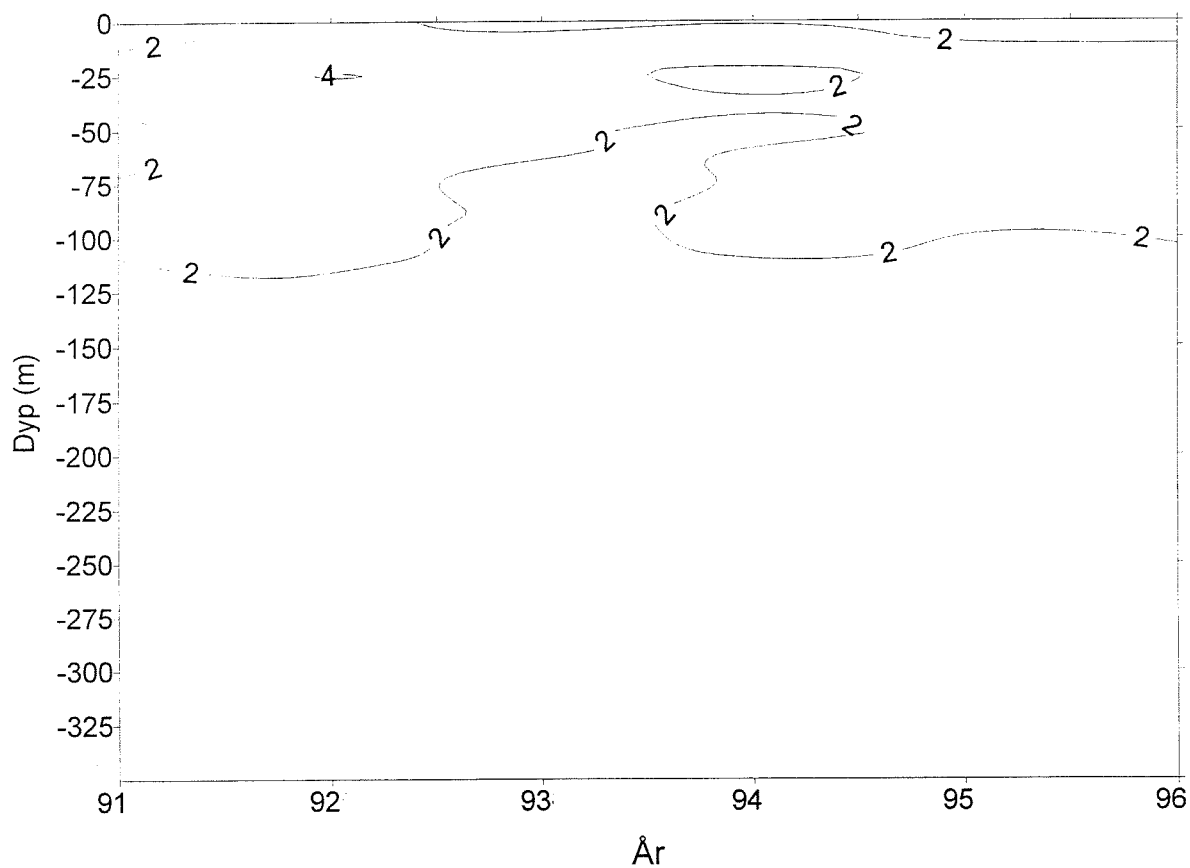


Fig.15 Vertikal fordeling av N/Si ved Odda, Tyssedal og Ullensvang, november 1991-1996.

(vertical distribution of N/Si at Odda, Tyssedal and Ullensvang, November 1991-1996)