



O-93084

Overvåking av oksygen - 1994

Glykolutslipp til Lysakerfjorden
Oslo Lufthavn, Fornebu

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-93084	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3169	

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

Rapportens tittel: Overvåking av oksygen - 1994. Glykolutslipp til Lysakerfjorden- Oslo Lufthavn, Fornebu	Dato: Trykket: NIVA 1994
Forfatter(e): Kjersti Dagestad	Faggruppe: Marine undersøkelser
	Geografisk område: Norge
	Antall sider: Opplag: 30

Oppdragsgiver: Luftfartsverket, Region Fornebu	Oppdragsg. ref.: Fax/BS 22.03.94
--	-------------------------------------

<p>Ekstrakt:</p> <p>Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har, på oppdrag for Luftfartsverket Region Fornebu, overvåket oksygen i området ved utslippsledning for flyavisingsvæske (glykol) i Lysakerfjorden. Overvåkingen har pågått i perioden 15.04.1994-20.06.1994. Det er målt oksygen, saltholdighet og temperatur på forskjellige dyp ved 5 stasjoner rundt utslippet. Det er i tillegg foretatt målinger ved en referansestasjon. Overvåkingsresultatene fra 1994 viser at oksygenbalansen ikke er påvirket. Det er ingen vesentlige variasjoner i oksygeninnholdet i perioder med og uten utslipp av glykol. Det er heller ingen signifikant forskjell ved stasjonene i området rundt utslippet sammenlignet med referansestasjonen. Oksygenmetningen var i måleperioden over 100%.</p> <p>Med bakgrunn i resultater fra overvåking i 1991/1992, 1993 og 1994, synes det ikke å være behov for kontinuerlig overvåking av oksygen i utslippsområdet for glykol. Lufthavnen anbefales imidlertid til å ta kontrollmålinger i 2 uavhengig perioder med høye utslipp, f.eks i november måned. Målingene bør fortrinnsvis utføres ved islagt fjord. I tillegg til å måle oksygen, saltholdighet og temperatur, kan det tilsettes sporstoff for å bestemme fortynningen i utslippsområdet. Ved tilsetning av sporstoff kan en få bekreftet om difussoren virker etter hensikten, og at forutsetninger lagt til grunn i tidligere beregninger gjelder.</p>

4 emneord, norske

1. Oksygen
2. Overvåking
3. Glykol utslipp
4. Fornebu Lufthavn

4 emneord, engelske

1. Oxygen
2. Monitoring
3. Glycol discharge
4. Fornebu Airport

Prosjektleder

Kjersti Dagestad

Kjersti Dagestad

For administrasjonen

Dag Berge

Dag Berge

ISBN-82-577-2574-9

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har i 1994, på oppdrag for Luftfartsverket Region Fornebu, overvåket oksygen i området ved utslippsledning for flyavisingsvæske (glykol).

Prosjektet har vært utført av følgende prosjektgruppe ved NIVA:

- Forsker Kjersti Dagestad; prosjektleder, databearbeiding, vurdering og rapportering*
- Leder for instrumentsentral Arne Veidel; prøvetaking*
- Instrumentingeniør Johan Ahlfors; prøvetaking*
- Instrumentingeniør Morten Willbergh; prøvetaking*
- Leder for grafisk kontor Petter Wang; grafisk fremstilling*
- Forskningsjef Dag Berge; kvalitetssikring*

NIVA vil rette en takk til kontaktperson Bengt Svensson ved Region Fornebu for et godt samarbeid.

Oslo, 06 juli 1994

Kjersti Dagestad

Innhold

Innhold.....	2
Sammendrag , konklusjoner og anbefalinger	3
1. Innledning.....	4
2. Prøvetaking.....	4
3. Resultater.....	5
3.1 Hydrografiske vurderinger og tidligere undersøkelser	5
3.1.1 Beregning av oksygenbalanse	5
3.1.2 Overvåking 1991/92.....	6
3.1.3 Overvåking 1993	6
3.2 Utslipp av flyavisingsvæske 1993/94	6
3.3 Teoretisk oksygenforbruk - tilgjengelig oksygen, 1993/94	7
3.4 Resultater fra overvåking 1994.....	9
4. Referanser.....	19
Vedlegg.....	20
Vedlegg 1, Resultater fra overvåking	20
Vedlegg 2, Oksygenmetning i sjøvann	30

Sammendrag , konklusjoner og anbefalinger

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har, på oppdrag for Luftfartsverket Region Fornebu, overvåket oksygen i området ved utslippsledning for flyavisingsvæske (glykol) i Lysakerfjorden. Overvåkingen har pågått i perioden 15.04.1994-20.06.1994. Det er målt oksygen, saltholdighet og temperatur på forskjellige dyp ved 5 stasjoner rundt utslippet. Det er i tillegg foretatt målinger ved en referansestasjon.

Resultater fra tilsvarende overvåking i 1991/92 og 1993, viser at oksygenbalansen i utslippsområdet ikke blir påvirket i vesentlig grad. Det ble også foretatt fortynningsberegninger og beregninger av oksygenopptak ved planlegging av utslippet. Selv med laveste anslag for fortykning og utveksling mellom atmosfære og vann, ble utslippet antatt å ha liten innvirkning på oksygenbalansen.

Overvåkingsresultatene fra 1994 viser også at oksygenbalansen ikke er påvirket. Det er ingen vesentlige forskjeller i oksygeninnholdet i perioder med og uten utslipp. Det er heller ingen signifikant forskjell ved stasjonene i området rundt utslippet sammenlignet med referansestasjonen. Oksygenmetningen var i måleperioden over 100%.

Med bakgrunn i resultater fra overvåking i 1991/1992, 1993 og 1994, synes det ikke å være behov for fortsatt kontinuerlig overvåking av oksygen i utslippsområdet for glykol.

Lufthavnen anbefales imidlertid til å ta kontrollmålinger i 2 uavhengig perioder med høye utslipp, f.eks i november måned. Målingene bør fortrinnsvis utføres ved islagt fjord. I tillegg til å måle oksygen, saltholdighet og temperatur, kan det tilsettes sporstoff (Rotamin) for å bestemme fortykningen i utslippsområdet. Ved tilsetning av sporstoff kan en få bekreftet om difussoren virker etter hensikten, og at forutsetninger lagt til grunn i tidligere beregninger gjelder. Dersom det ikke kan registreres noen påvirkning i disse to perioder, og fortykningen er som antatt, er det ikke nødvendig med videre undersøkelser.

1. Innledning

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har, på oppdrag for Luftfartsverket Region Fornebu, overvåket oksygen i området ved utslippsledning for flyavisingsvæske (glykol) i Lysakerfjorden. Det er gjennomført 9 tokt i perioden 15.04.1994-20.06.1994, og det er målt oksygen, saltholdighet og temperatur på forskjellige dyp ved 5 stasjoner rundt utslippet. Det er i tillegg foretatt målinger ved en referansestasjon, for å vurdere eventuelle virkninger av utslippet.

NIVA har tidligere overvåket oksygenbalansen i samme område (Stene-Johansen og Holtan 1992 og 1993). Ved planlegging av utslippet ble det også foretatt fortynningsberegninger, beregninger av oksygenopptak og hydraulisk dimensjonering av diffusor til utslippsledning (Stene-Johansen, Holtan, 1991). NIVA foreslo med bakgrunn i beregningene, et utslipp på 8 meters dyp.

I denne rapporten er resultater fra tidligere målinger kommentert og sammenholdt med resultater fra overvåkingen i 1994. I tillegg er teoretisk oksygenforbruk beregnet, og disse verdiene er sammenholdt med tilgjengelig oksygen i sjøvannet.

2. Prøvetaking

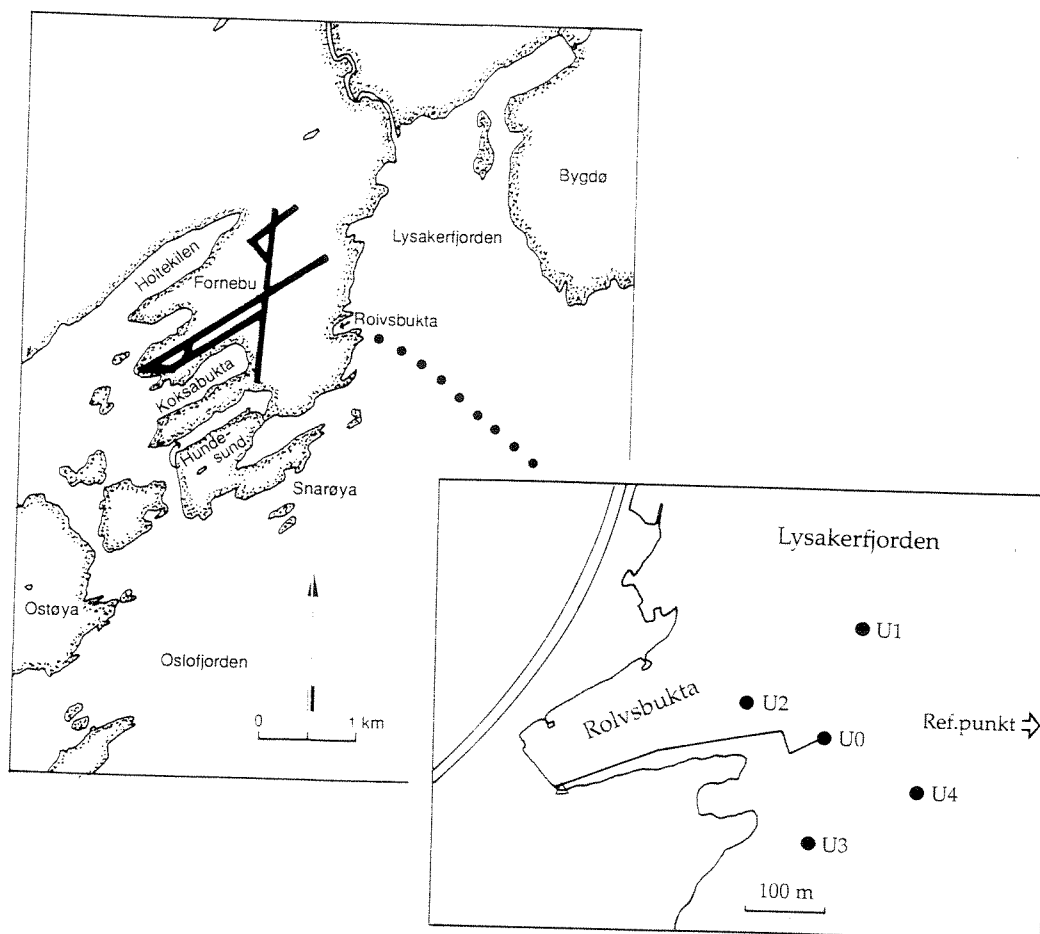
Oppsamlet flyavisingsvæske(glykol) fra avisingsplattform og avløpsvann fra gjenvinningsanlegg for glykol, blir ledet via en pumpeledning til Lysakerfjorden. Avløpsvannet slippes ut på ca. 8 meters dyp, ca 350 m fra land (ca. 100 meter fra Rolvstangen). For å registrere eventuelle effekter på oksygeninnholdet i fjorden, er det gjennomført målinger ved 5 stasjoner. Stasjonene er plassert i et rutenett med sentrum over diffusor (U0). I tillegg er det gjort målinger ved en referansestasjon som ligger ca 1.2 km fra utslippet ute Lysakerfjorden (mellom Huk på Bygdøy og Rolvstangen på Fornebulandet). En oversikt over utslippsområdet og stasjonsplasseringen er vist på figur 1.

Ved alle stasjonene er det målt oksygen, temperatur og saltholdighet på forskjellige dyp.

Oksygen er målt insitu ved type YSI Mod. 58 med innebygget korrektur for temperatur. Saltholdighet og temperatur er målt med salinimeter, CTD 202.

Nøyaktigheten til oksygenmåleren er anslått til +/- 0.5 mg/l (0.35 ml/l).

Det var opprinnelig planlagt 8 tokt, men ved 1. prøvetakingsrunde oppsto det tekniske problemer med måleutstyret. Det er derfor gjennomført 9 tokt, men resultater fra 15.04.1994 omfatter kun tre stasjoner.



Figur 1 Utslippsområde og stasjonsplassering

3. Resultater

3.1 Hydrografiske vurderinger og tidligere undersøkelser

3.1.1 Beregning av oksygenbalanse

NIVA har gjennom mange år, hatt en løpende overvåking av vannkvaliteten i Oslofjorden. Ved planlegging av nåværende utslipp i Lysakerfjorden, ble ugunstigste hydrografiske vintersituasjon lagt til grunn (Stene-Johansen, Holtan, 1991). To utslippsalternativer ble simulert, hvor max utslipp ble antatt å være 49 tonn glykol/år. Virkningen av glykolutslippet på oksygenforholdene, ble beregnet ut fra to forhold:

- 1) Overflatelaget i Lysakerfjorden skiftes ut p.g.a vindrevne bevegelser, tidevannsstrøm og på grunn av gjennomstrømning som skyldes ferskvanntilførsler fra Lysakerelva.
- 2) Det skjer en oksygenutveksling mellom vann og luft.

Selv med de laveste anslag for sekundærfortynning og utveksling mellom atmosfære og vann, ble begge alternativene beregnet til å gi små utslag på oksygenbalansen (0.05 ml/l og 1 ml/l). Oksygenens følsomhet er som nevnt 0.35 ml/s, og dette betyr at utslippet i følge beregninger knapt nok skal være målbart. I kapittel 3.3 er det gjennomført beregninger med utgangspunkt i utslippstall for 1993/94 sesongen.

3.1.2 Overvåking 1991/92

Det første året etter at utslippet kom i drift, ble oksygensituasjonen overvåket i utslippspunktet fra november 1991 til juli 1992. Utslipp av glykol var noe høyere enn det som var lagt til grunn i beregningen (ca 55 tonn). Resultatene fra overvåkingen i 1991/92, viste at utslippet var av liten betydning for oksygenbalansen i fjorden. Det var meget små variasjoner i oksygen ned til 8 meters dyp. Sirkulasjonen var god, og det var ingen oppkonsentrering av glykol i overflatelaget (Stene-Johansen og Holtan, 1992).

3.1.3 Overvåking 1993

Det er også gjennomført målinger for overvåking av oksygenbalansen i 1993 (Stene-Johansen og Holtan, april og mai 1993). Målingene i 1993 pågikk ikke over hele sesongen, men ble gjennomført i april og mai over to perioder.

Periode 1: 26.03.1993- 19.04.1993

Periode 2: 26.04.1993 - 24.05.1993

Utslippet var størst i periode 2, og ca 10% av det totale utslippet denne sesongen. Det totale utslippet var 33 tonn (Damhaug og Trandem, 1993). Utslippet i mai måned utgjorde et gjennomsnittlig månedsutslipp. Den mest kritiske måneden var november hvor utslippet utgjorde ca 36% av det totale utslippet. Utslippet i periode 1 utgjorde ca 3-4% av det totale utslippet. Målingene i denne perioden, vil derfor ikke være representative.

Resultatene fra målingene i 1993, indikerte at det i en "gjennomsnittsmåned" ikke kunne påvises effekter av glykolutslippet på oksygeninnholdet ved utslippspunktet. Det var ingen vesentlige forskjeller mellom stasjonene i utslippområdet og referansestasjonen. Variasjoner i oksygeninnholdet som ble funnet ved de ulike datoene, var uavhengig av utslippet og betinget av klimatiske og hydrografiske forhold (Stene-Johansen og Holtan, 1993).

3.2 Utslipp av flyavisingsvæske 1993/94

Det totale utslippet av flyavisingsvæske sesongen 1993/94, er angitt som 100% glykol og vist i tabell 1. Gjennomsnittlig utslipp pr dag er basert på totalutslippet i den aktuelle måneden (alle måneder er satt til 30 dager utenom mai måned). Det er også angitt det maksimale døgnutslippet som har vært de aktuelle månedene. Målinger av oksygen i utslippspunktet har som nevnt, pågått i perioden 15.04.1994-20.06.1994. Det har ikke vært utslipp til fjorden i perioden etter den 15.05.1994.

I tabellen er utslippstall for måleperioden t.o.m 15.05.1994 angitt. Utslippet i denne perioden ligger for max dag (30.04.94) høyere enn max dag i de fleste månedene, men utgjør kun 25% av utslippet på max dag i november.

Det gjennomsnittlige utslippet i måleperioden er også høyt sammenlignet med resten av perioden, og utgjør ca 50% av max måned (resultater fra målingene som er presentert i kapittel 3.4 vil derfor være representative m.h.t utslippsmengde).

Det totale utslippet som tilsvarer et oksygenforbruk på 49 300 kg, utgjorde i gjennomsnitt 4800 personekvivalenter i perioden utslippet pågikk (ca 225 d).

Tabell 1: Utslipp av flyavisingsvæske (100 % monopropylenglykol)

Periode	Gj.snitt pr dag		Max. pr dag	
	[kg/d]	[kg/s]	[kg/d]	[kg/s]
September , 1993	0	0	0	0
Oktober. 1993	97	0.001	609	0.007
November, 1993	293	0.003	1848	0.02
Desember, 1993	100	0.001	299	0.003
Januar, 1994	34	-	113	0.001
Februar. 1994	104	0.001	168	0.002
Mars, 1994	115	0.001	388	0.005
April, 1994	166	0.002	455	0.005
Mai, 1994 (15 d) ¹⁾	116	0.001	310	0.004
15.04-15.05.1994	157	0.002	455	0.005
Gjennomsnitt (225 d) ²⁾	129	0.002	-	-

(Kilde:Swendgaard, 1994)

1) Siste utslippsdato var 15.05.94, Gjennomsnittet er beregnet over 15 dager

2) Første utslippsdato i begynnelsen på oktober og siste utslippsdato 15.05 gir ca 225 døgn

3.3 Teoretisk oksygenforbruk - tilgjengelig oksygen, 1993/94

Oksygenforbruk som utslippene presentert i tabell 1 vil kunne medføre, er vist i tabell 2. Tallene representerer teoretisk oksygenforbruk forutsatt 100% nedbrytning (KOF = 1.7 kg O₂/kg glykol).

Tabell 2: Utslipp av flyavisingsvæske, forbruk av oksygen

Måned	Gj.snitt pr dag		Max. pr dag	
	[kg O ₂ /d]	[kgO ₂ /s]	[kgO ₂ /d]	[kgO ₂ /s]
September , 1993	0	0	0	0
Oktober. 1993	165	0.002	1035	0.01
November, 1993	498.1	0.005	3142	0.03
Desember, 1993	170	0.002	508	0.005
Januar, 1994	58	-	192	0.002
Februar. 1994	177	0.002	286	0.003
Mars, 1994	196	0.002	660	0.009
April, 1994	282	0.003	774	0.009
Mai, 1994 (15 d) ¹⁾	197	0.002	527	0.007
15.04-15.05.1994	267	0.003	774	0.009
Gjennomsnitt (225 d) ²⁾	219	0.003	-	-

Utslippet oksygenforbrukende evne kan sammenlignes med tilgjengelig oksygen i utslippsområdet. I beregningen er det tatt hensyn til fortynning av glykol før utslipp og primærfortynningen i resipienten. Det er sett bort fra fortynning p.g.a utslipp av kjølevann fra gjenvinningsanlegg. Effekten av sekundærfortynningen er også beregnet.

Oksygenbehovet er beregnet ut fra max måned (november). Nedbrytningen av glykol vil ikke skje momentant, men foregår over noen dager. Det er av den grunn benyttet gjennomsnittlig døgnutslipp og ikke max døgnutslipp.

Gjennomsnittlig glykolkonsentrasjon for utslippet i november er beregnet til ca 1.5% (det er antatt gjennomsnittlig glykolkonsentrasjon på 3% for glykol som går i overløp, 0.7% glykol i kondensatvannet fra gjenvinningsprosessen og 0.2% glykol i vannet fra filtervask)

Utslippet i max måned var 293 l glykol/døgn, dvs utslippet utgjorde 19533 l fortynnet glykol/døgn. Av dette var 19240 l/døgn rent vann .

I tillegg må det tas hensyn til primærfortynningen i resipienten Avløpet er lettere enn sjøvann og vil stige mot overflaten til et nivå hvor tettheten mellom avløpsvannet og sjøvann er den samme. Primærfortynningen vil normalt være 15 -20 ganger (Stene-Johansen og Holtan, 1991).

Utslippet av glykol vil bli fortynnet med $19240 \text{ l/døgn} \times 20 = 384\,807 \text{ l sjøvann/døgn}$.

Det antas at ferskvannet inneholder ca 14 mg oksygen/liter. Sjøvannet (v/referansestasjonen) inneholder ca 11.5 mg oksygen /liter.

Tilgjengelig oksygen i fortynningsvannet blir dermed:

$$(19240 \times 14 + 384\,807 \times 11.5)/1000 \text{ g oksygen/døgn} = 4695 \text{ g oksygen/døgn}, 0.054 \text{ g oksygen/s}$$

Til sammenligning er oksygenbehovet til utslippet;

$$293 \text{ kg glykol/døgn} \times 1,7 \text{ kg oksygen/kg glykol} = 498100 \text{ g /døgn}, 5.8 \text{ g oksygen/s}$$

Tilgjengelig oksygen i forhold til behov for oksygen er 1%. Det er derfor teoretisk ikke nok oksygen for nedbrytning av utslippet dersom det bare tas hensyn til primærfortynningen.

De vesentligste faktorene som påvirker virkningen av utslippet, er imidlertid virkningen av sekundærfortynning, utveksling mellom atmosfære vann og primærproduksjon i de øvrige vannmasser. Effekten av primærproduksjon er liten sammenlignet med sekundærfortynning og utveksling mellom atmosfære og vann.

Dersom det igjen tas utgangspunkt i november måned, og at det i tillegg antas at fjorden var islagt og at primærproduksjonen var lav, kan virkningen av oksygenutveksling mellom atmosfære og vann og primærproduksjon settes lik null. Dette vil være den ugunstigste situasjonen, hvor det kun tas hensyn til sekundærfortynningen.

I henhold til tidligere beregninger (Stene-Johansen og Holtan, 1991), er den nedre grensen for vannutskiftning av overflatelaget satt til 5-10 m³/s. Med den aktuelle vannutskiftningen, tilføres utslippet 57.5-115 g oksygen/s. Oksygenforbruket til utslippet i november blir henholdsvis 10 og 5% av tilgjengelig oksygen, og kan redusere oksygeninnholdet i utslippspunktet med 0.58 mg/l-1.2 mg/l, eller ca 0.41-0.84 ml/l.

Selv i perioder med høye utslipp og islagt fjor vil effekten av et utslipp, som er i størrelsesorden som i 1993/94, være moderat til liten.

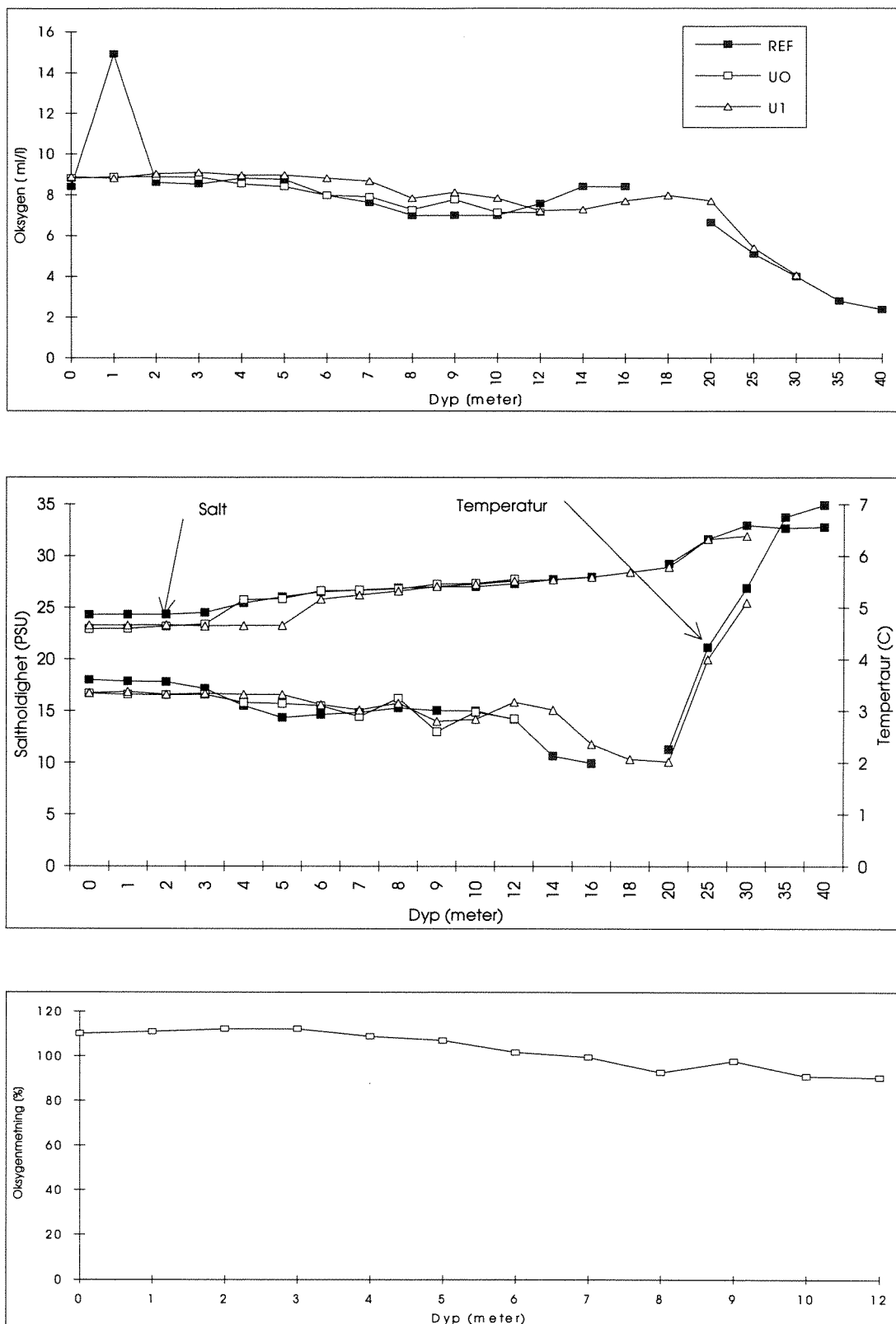
Det må også tas hensyn til at nedbrytningen skjer over flere dager. Det er gjennomført nedbrytningsforsøk for glykol (Stene-Johansen og Holtan, 1991). Basert på disse resultatene vil 100 % nedbrytning av glykol ved lave temperaturer skje over minimum 20 døgn. Dette betyr at utslippet i praksis vil bli fortynnet ytterligere før nedbrytningen kommer igang. Nedbrytningen vil teoretisk skje langt fra utslippet og ved svært lave konsentrasjoner.

3.4 Resultater fra overvåking 1994

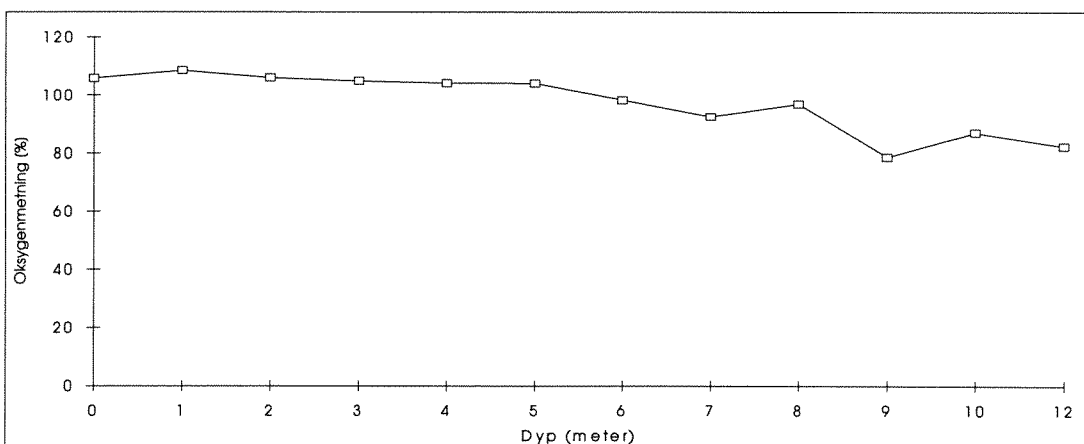
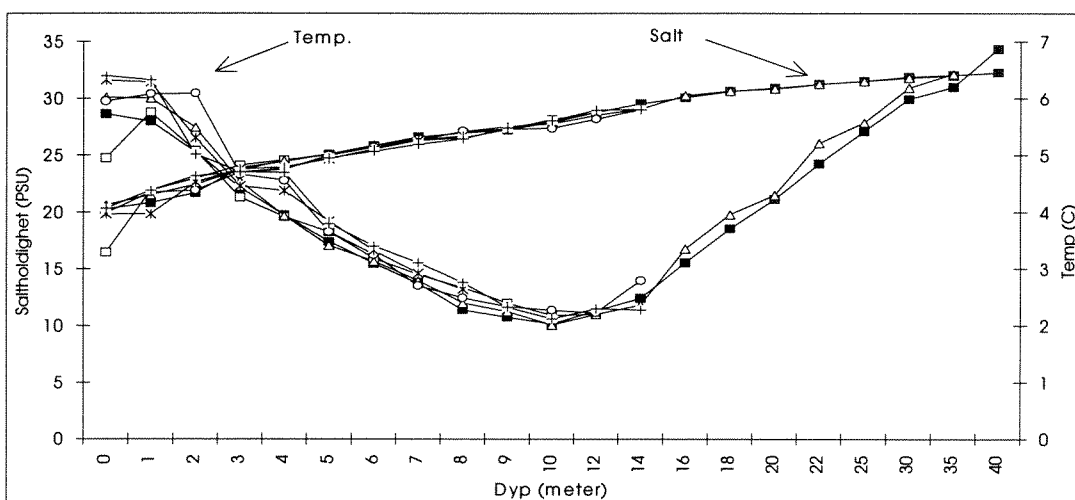
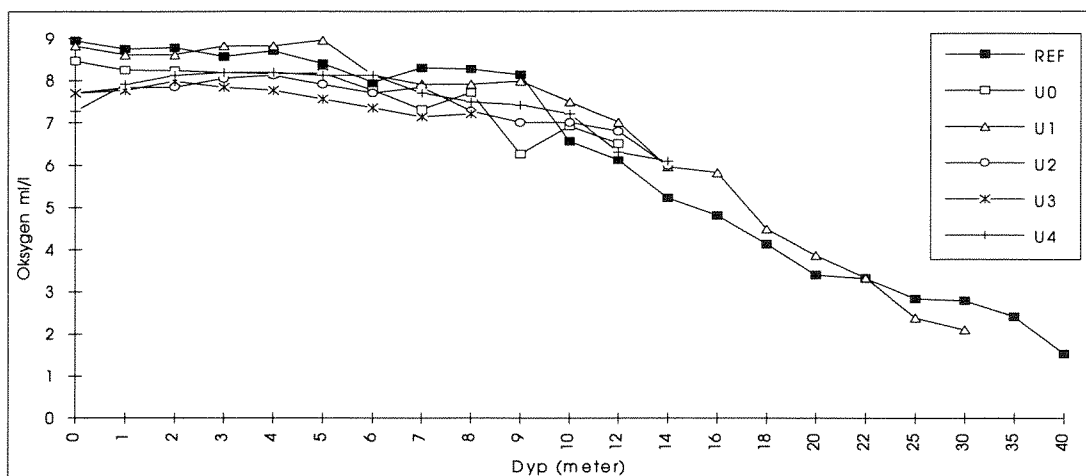
Resultatene for overvåking av oksygenbalansen i 1994 er vist for alle stasjoner og alle datoer i figur 2-10. Figurene viser oksygeninnhold (ml/liter), saltholdighet(PSU) og temperatur (°C). Verdiene fremgår også i tabell 3-11 i vedlegg 1. I tillegg er det beregnet oksygenmetning (%) ved stasjonen som er plassert i sentrum av diffusor (Uo), og som teoretisk skal være mest belastet. Beregning av metning er gjort ved å sammenholde målinger av oksygen med teoretisk oksygeninnhold i sjøvann forutsatt 100 % metning. Målte verdier for saltholdighet og temperatur er benyttet for å bestemme oksygeninnholdet ved 100% metning (se tabell 12 i vedlegg 2).

Figur 2-10 viser at oksygeninnholdet ved utslippspunktet ikke blir påvirket. Det er ingen vesentlige forskjeller i perioden med utslipp (t.o.m 15.15.1994), og perioden etter at utslippet opphørte. Det er heller ingen vesentlige variasjoner mellom referansestasjonen og de øvrige stasjoner. Vannet var stort sett overmettet med oksygen ved 8 meters dyp.

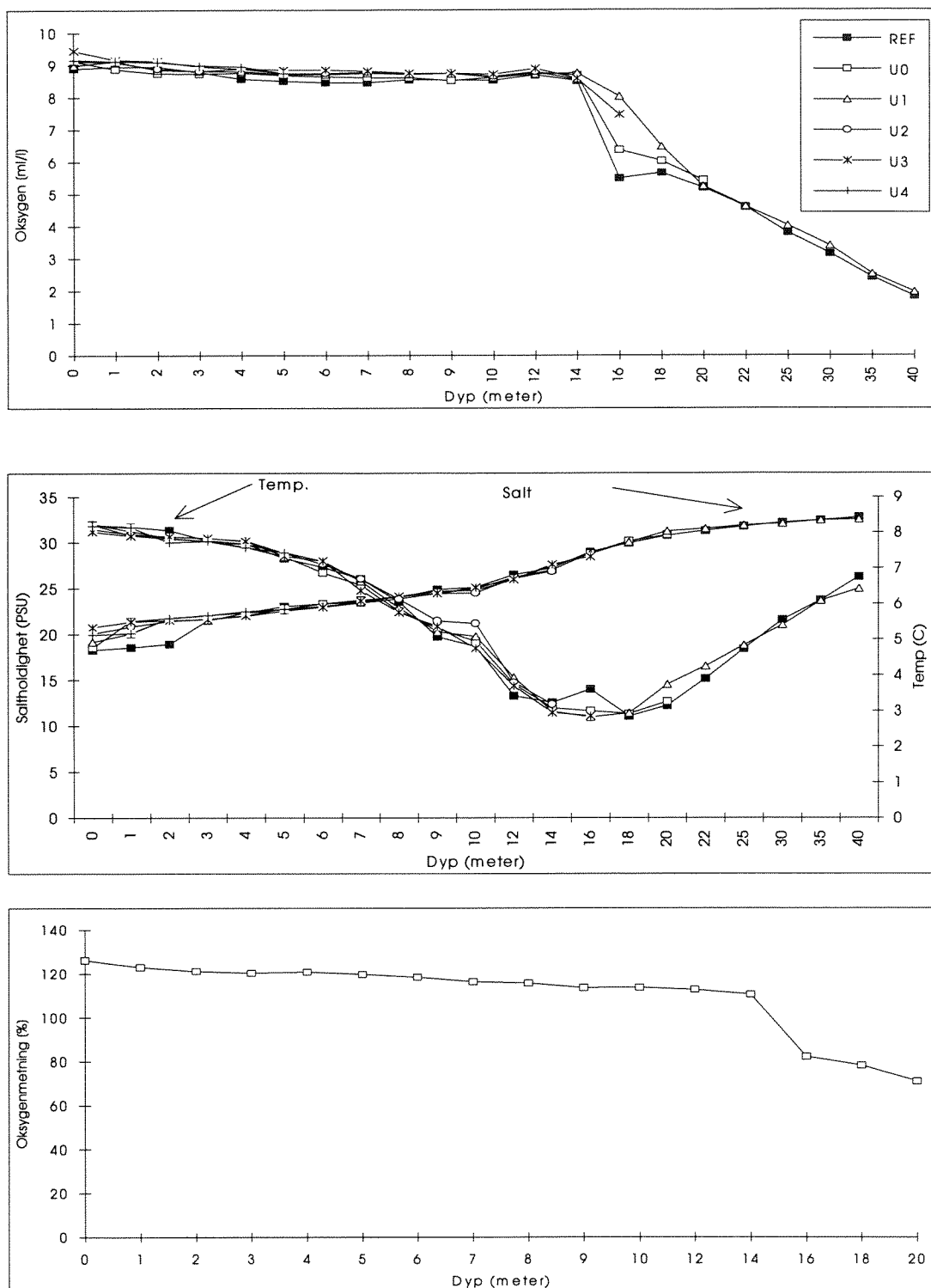
Utslippet i måleperioden har vært representativt sammenlignet med utslippet i de øvrige månedene med unntak av november hvor utslippet normalt er høyest.



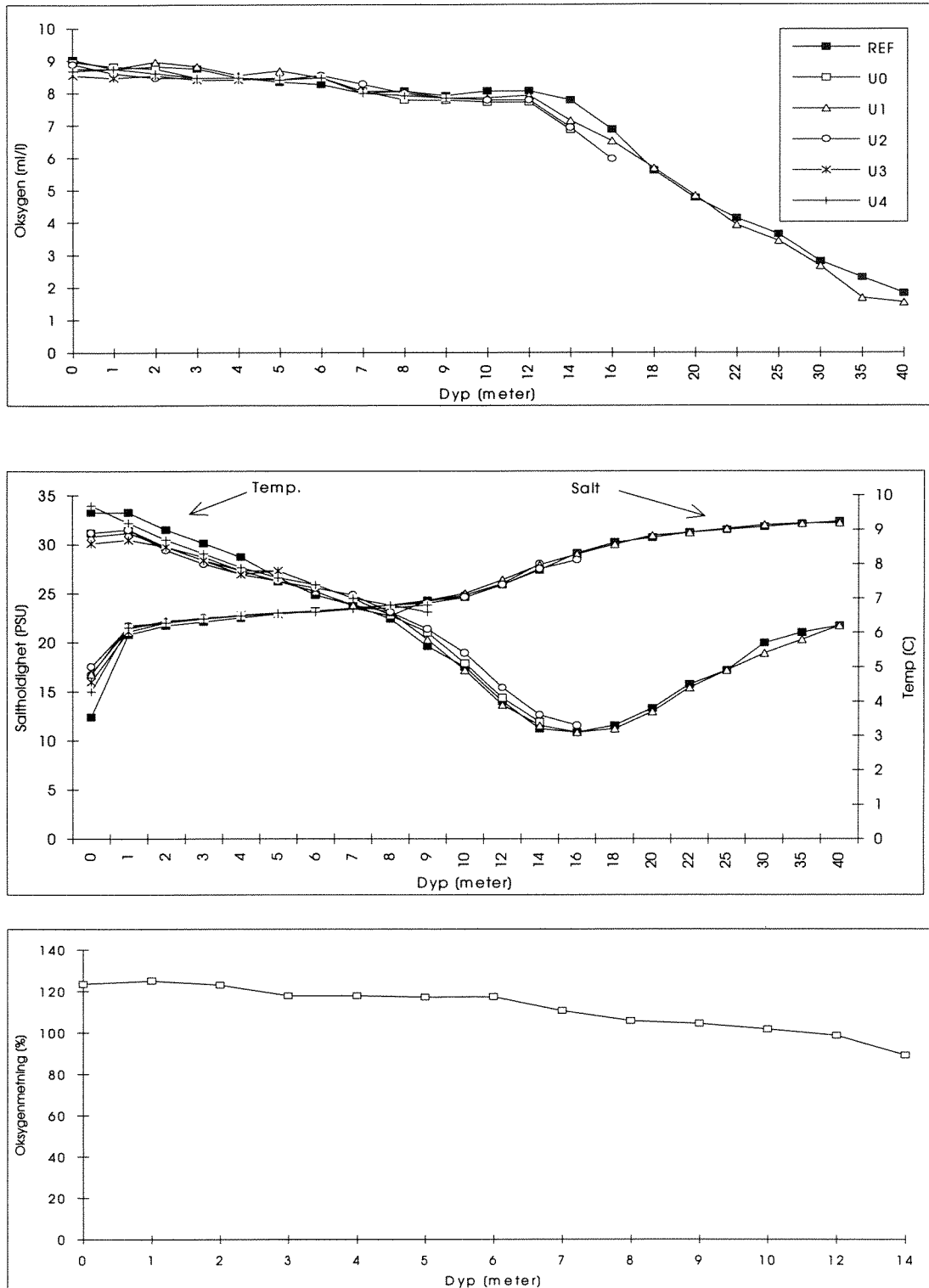
Figur 2: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 15.04.1994.
 Oksygenmetning i stasjon Uo



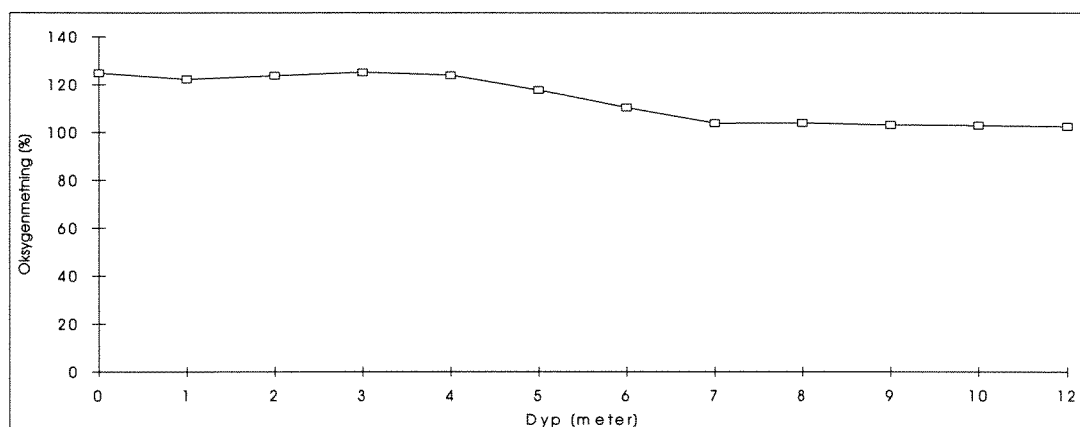
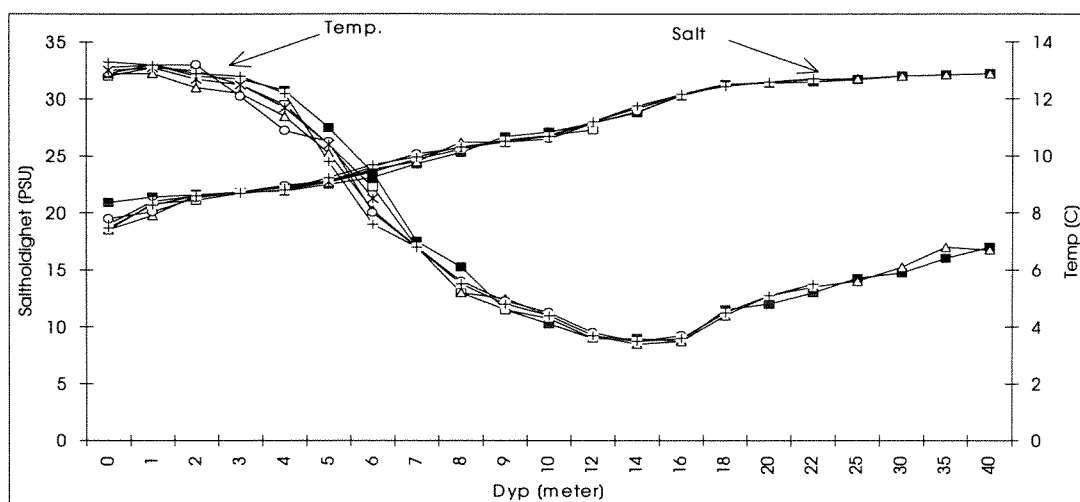
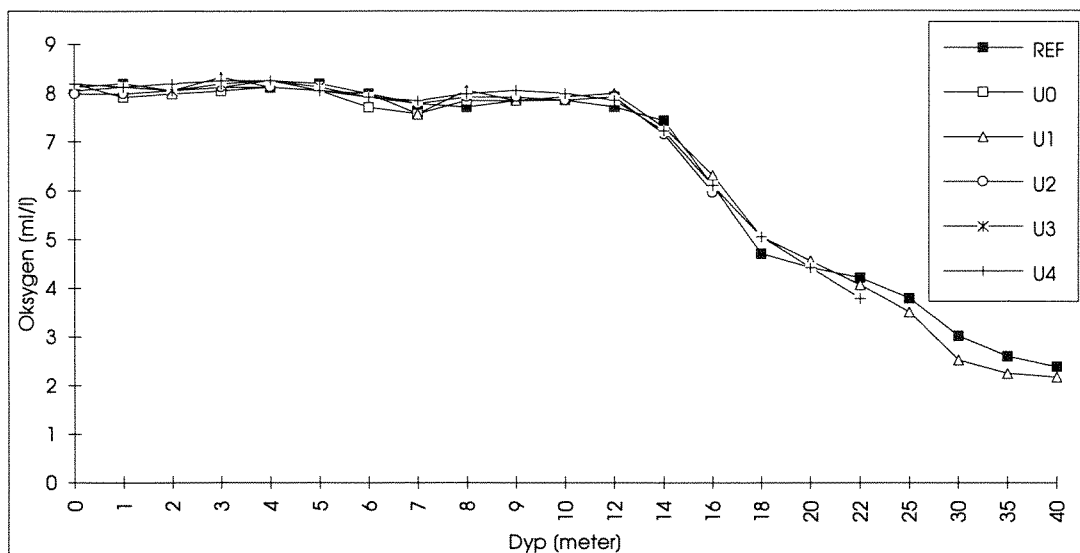
Figur 3: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 20.04.1994.
Oksygenmetning i stasjon Uo.



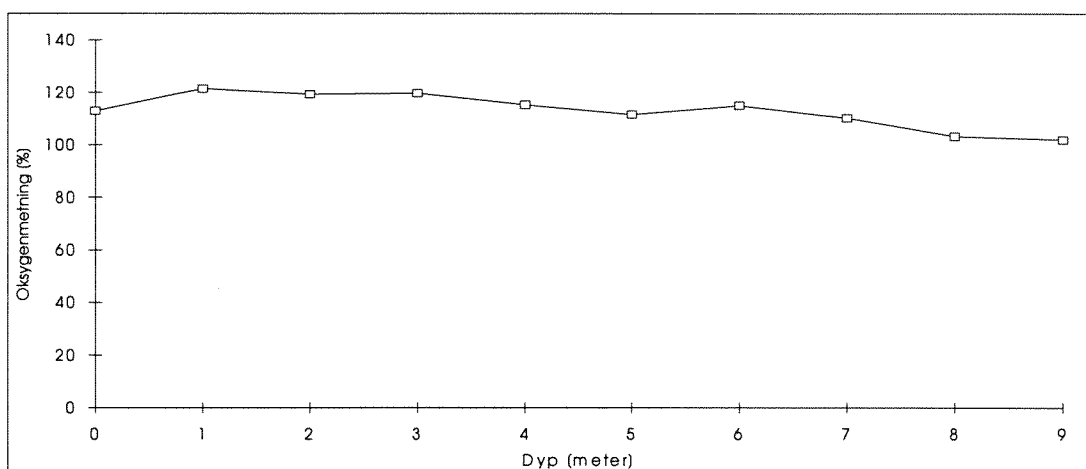
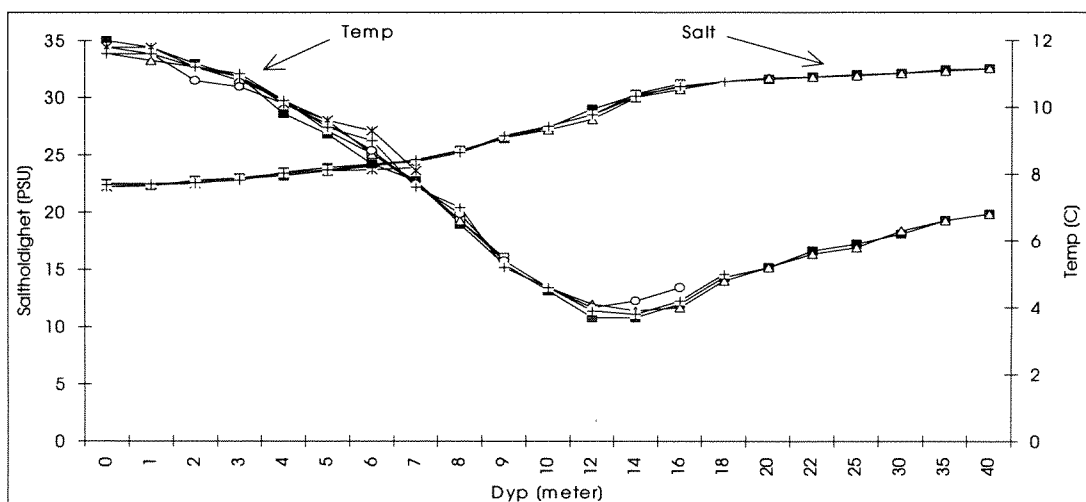
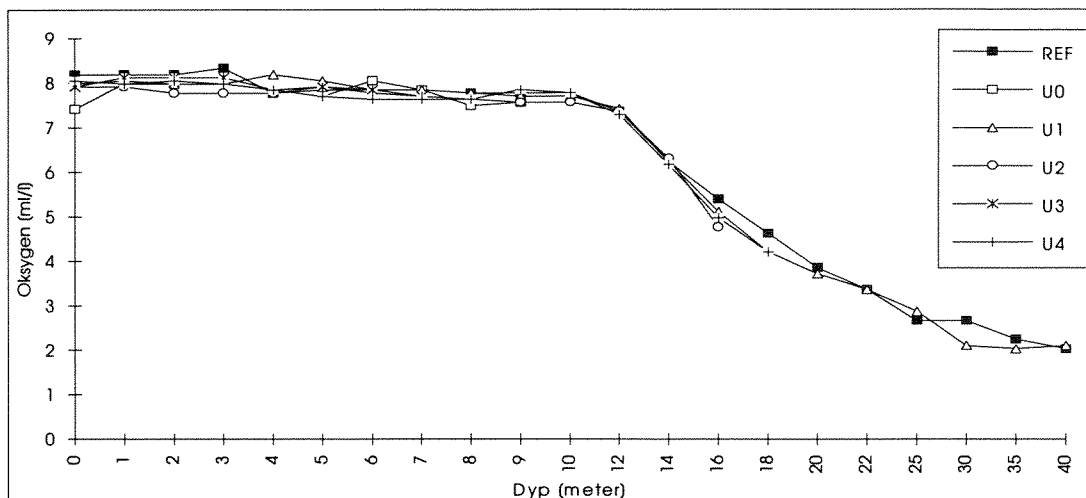
Figur 4: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 29.04.1994.
Oksygenmetning i stasjon Uo.



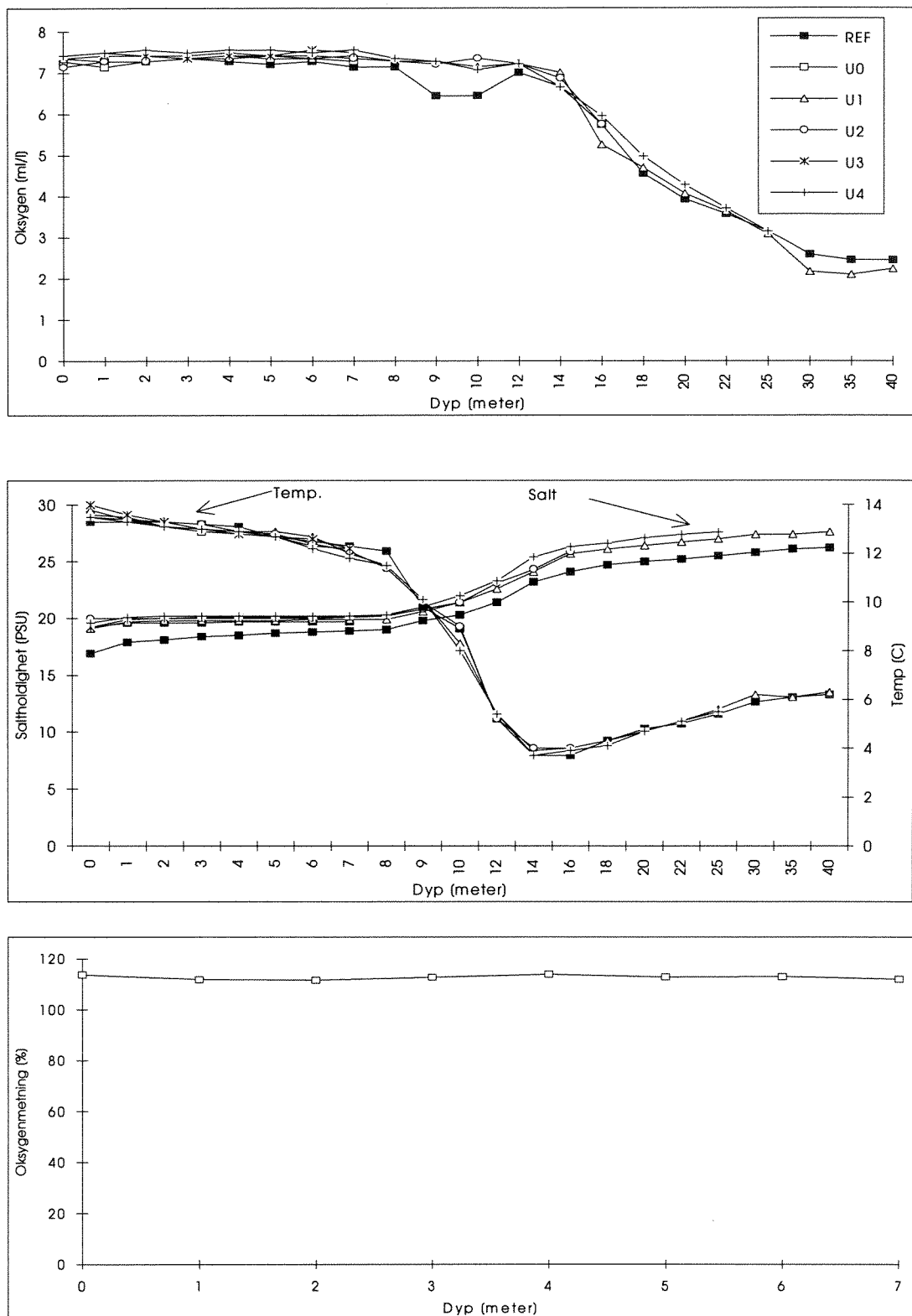
Figur 5: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 06.05.1994.
 Oksygenmetning i stasjon Uo.



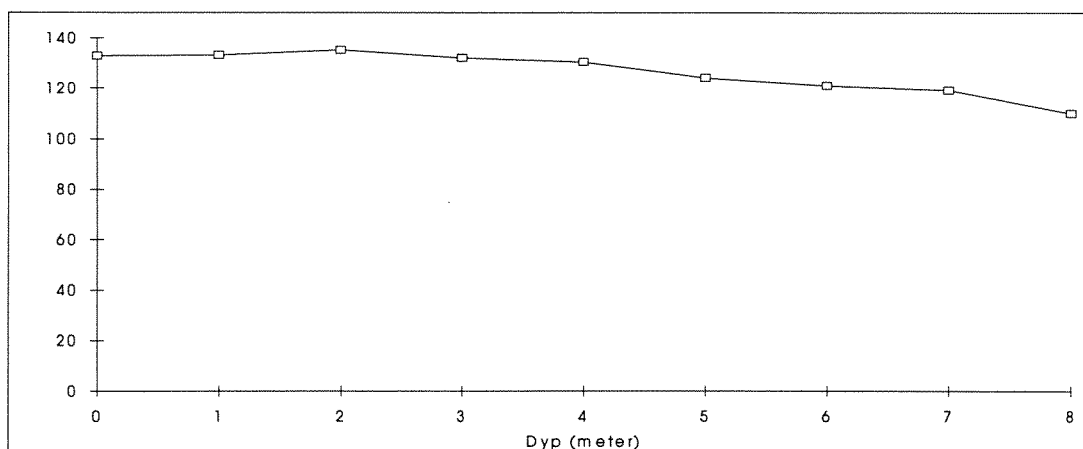
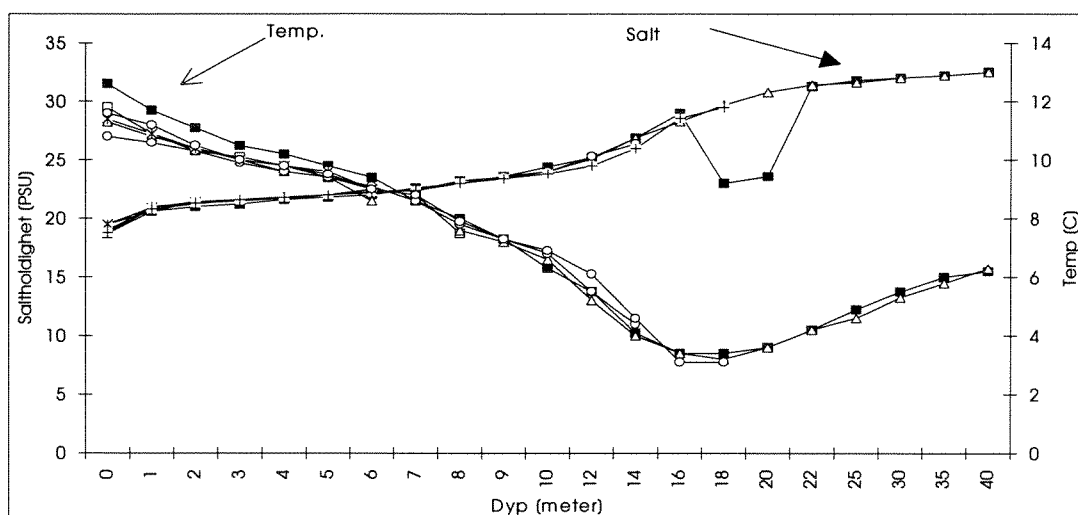
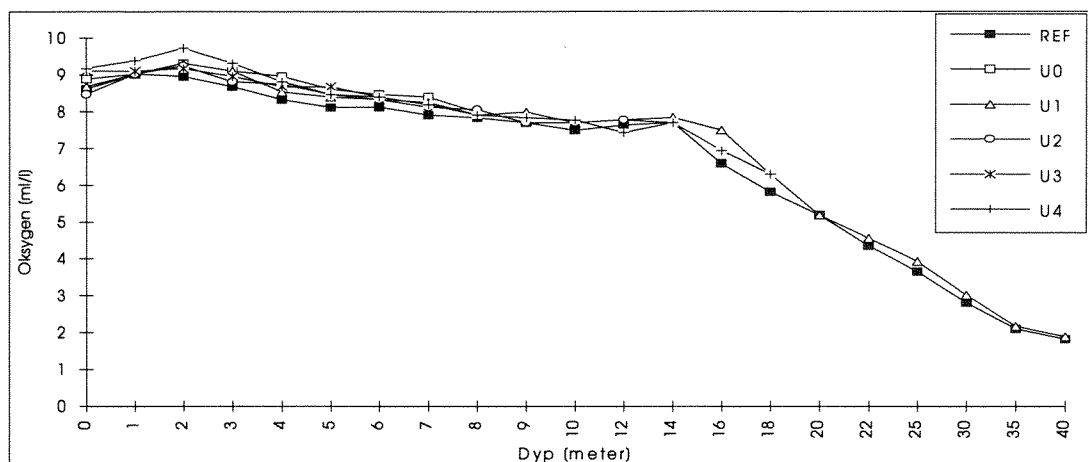
Figur 6: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 24.05.1994.
Oksygenmetning i stasjon Uo.



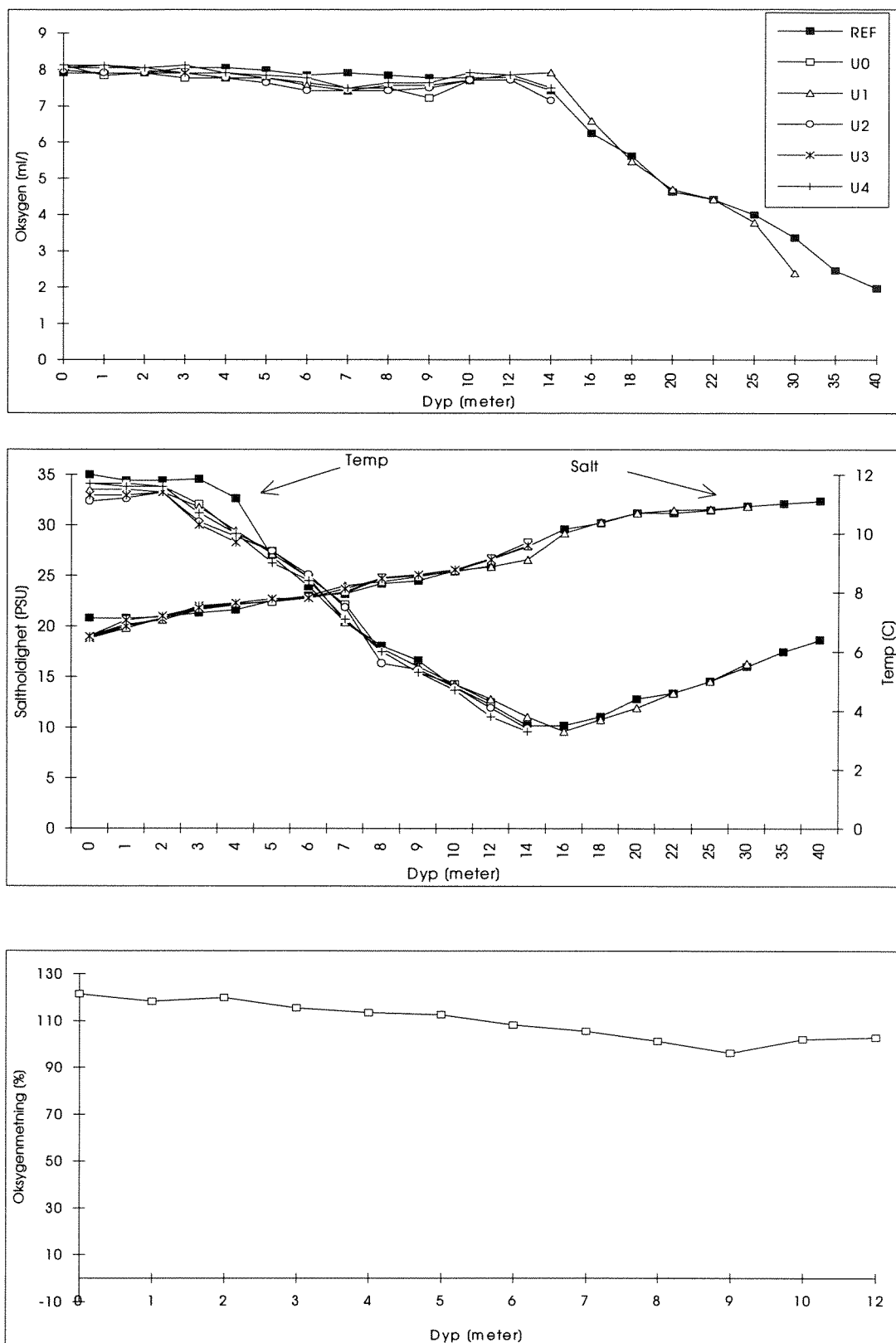
Figur 7: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 30.05.1994.
Oksygenmetning i stasjon U0.



Figur 8: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 06.06.1994.
 Oksygenmetning i stasjon U0.



Figur 9: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 11.06.1994.
Oksygenmetning i stasjon U0.



Figur 10: Oksygeninnhold, saltholdighet og temperatur den 20.06.1994.
Oksygenmetning i stasjon Uo.

4. Referanser

- Damhaug H., Trandem, J. (1993): Oslo Lufthavn Fornebu; Oppsamling og behandling av flyavisingsvæske, målerapport for 1992-1993, Taugbøl & Øverland, Luftfartsverket Oslo Lufthavn Fornebu.
- Swendgaard, S.,L., (1994): Oppsamling og behandling av flyavisingsvæske, Målerapport 1993-1994, Luftfartsverket Region Fornebu.
- Stene-Johansen, S., og Holtan, H., (1991): GLykolavrenning ved lufthavnene - vurdering av resipienter og behov for reparerende-forebyggende tiltak-Fase 1, NIVA O-91047, Luftfartsverket - Hovedadminstrasjonen
- Stene-Johansen, S., Holtan, H.,(1992): Notat, Overvåkning av oksygenbalansen i Lysakerfjorden, 1991/92, 13.10.92
- Stene-Johansen, S., Holtan, H.,(1993): Notat, Overvåkning av oksygenbalansen i Lysakerfjorden, 26.03.93-19.04.93, 22.04.1993
- Stene-Johansen, S., Holtan, H.,(1993): Notat, Overvåkning av oksygenbalansen i Lysakerfjorden, 26.04.93-24.05.93, 26.05.93
- Weiss,(1970): Deap-sea Res. 17:721, 1971

Vedlegg

Vedlegg 1, Resultater fra overvåking

Tabell 3: Resultater fra overvåking, 15.04.94

Tabell 4: Resultater fra overvåking, 20.04.94

Tabell 5: Resultater fra overvåking, 29.04.94

Tabell 6: Resultater fra overvåking, 06.05.94

Tabell 7: Resultater fra overvåking, 24.05.94

Tabell 8: Resultater fra overvåking, 30.05.94

Tabell 9: Resultater fra overvåking, 06.06.94

Tabell 10: Resultater fra overvåking, 11.06.94

Tabell 11: Resultater fra overvåking, 20.06.94

Tabell 4: Resultater fra overvåking 20.04.1994.

DYP	Ref	U0			U1			U2			U3			U4					
		Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)			
0		8.95	20.30	5.73	8.46	16.46	4.95	8.82	20.62	6.02	7.70	19.93	5.95	7.70	19.84	6.32	7.28	20.36	6.40
1		8.75	20.84	5.60	8.25	21.94	5.76	8.61	21.53	6.01	7.84	21.75	6.08	7.77	19.87	6.29	7.91	21.93	6.33
2		8.78	21.70	5.06	8.23	22.99	5.08	8.61	22.44	5.49	7.84	21.93	6.09	7.98	22.65	5.31	8.12	23.21	5.02
3		8.57	23.92	4.43	8.19	24.12	4.26	8.82	23.70	4.54	8.05	23.52	4.66	7.84	23.80	4.46	8.19	23.51	4.71
4		8.69	24.44	3.95	8.16	24.58	3.92	8.82	24.52	3.94	8.12	23.77	4.56	7.77	23.96	4.38	8.19	23.85	4.70
5		8.40	25.08	3.48	8.18	25.01	3.65	8.96	25.10	3.41	7.91	24.98	3.65	7.56	24.68	3.84	8.12	24.77	3.80
6		7.95	25.85	3.09	7.76	25.81	3.18	8.12	25.88	3.13	7.70	25.72	3.25	7.35	25.54	3.32	8.12	25.34	3.40
7		8.30	26.63	2.74	7.32	26.32	2.90	7.91	26.42	2.79	7.84	26.33	2.70	7.14	26.34	2.92	7.70	25.96	3.11
8		8.27	26.96	2.28	7.71	26.54	2.67	7.91	27.07	2.40	7.28	27.11	2.49	7.21	26.71	2.64	7.49	26.46	2.76
9		8.13	27.25	2.15	6.26	27.28	2.40	7.98	27.52	2.25	7.00	27.29	2.34				7.42	27.41	2.33
10		6.56	27.93	2.03	6.92	28.17	2.18	7.49	27.77	2.01	7.00	27.37	2.27				7.21	28.06	2.12
12		6.12	28.80	2.26	6.50	28.75	2.20	7.00	28.55	2.20	6.79	28.21	2.23				6.30	28.99	2.30
14		5.22	29.52	2.48				5.95	29.07	2.36	5.99	29.02	2.79				6.09	29.04	2.28
16		4.80	30.09	3.11				5.81	30.26	3.35	0.00	0.00	0.00						
18		4.12	30.63	3.71				4.48	30.66	3.96	0.00	0.00	0.00						
20		3.39	30.92	4.23				3.85	30.87	4.30	0.00	0.00	0.00						
22		3.31	31.25	4.85				3.33	31.27	5.21	0.00	0.00	0.00						
25		2.84	31.52	5.42				2.38	31.51	5.57	0.00	0.00	0.00						
30		2.79	31.89	5.99				2.10	31.82	6.19	0.00	0.00	0.00						
35		2.41	32.05	6.20					32.02	6.43	0.00	0.00	0.00						
40		1.53	32.28	6.87							0.00	0.00	0.00						

Tabell 7 : Resultater fra overvåking 24.05.1994.

Dyp	Ref	U0			U1			U2			U3			U4					
		Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)			
0		8.12	20.90	13.10	8.19	18.50	12.80	8.05	18.50	12.90	7.98	19.50	12.90	8.19	19.00	13.00	8.19	18.70	13.30
1		8.19	21.40	13.20	7.91	20.80	13.10	8.12	19.80	12.90	7.98	20.10	13.20	8.12	21.00	13.10	8.12	20.70	13.20
2		8.05	21.60	12.80	7.98	21.10	13.00	8.05	21.50	12.40	8.05	21.30	13.20	8.05	21.50	12.70	8.19	21.50	12.90
3		8.12	21.80	12.70	8.05	21.70	12.50	8.33	21.80	12.20	8.12	21.80	12.10	8.19	21.80	12.50	8.26	21.70	12.80
4		8.26	21.90	12.30	8.12	22.00	11.80	8.12	22.30	11.40	8.12	22.40	10.90	8.26	22.20	11.70	8.26	22.00	12.20
5		8.19	22.50	11.00	8.05	22.70	10.40	8.05	22.70	10.10	8.05	22.80	10.50	8.12	22.70	10.40	8.05	23.10	9.80
6		7.98	23.10	9.40	7.70	23.60	8.90	7.98	23.80	8.10	7.91	24.00	8.00	7.91	23.70	8.50	7.91	24.20	7.60
7		7.77	24.30	7.00	7.56	24.70	6.80	7.56	24.50	6.80	7.77	25.20	6.80	7.77	25.20	6.80	7.84	24.90	6.80
8		7.70	25.30	6.10	7.84	25.60	5.20	8.05	26.20	5.20	7.91	25.70	5.60	7.91	25.70	5.60	7.98	25.80	5.50
9		7.84	26.70	4.60	7.84	26.40	4.60	7.84	26.20	5.00	7.91	26.20	4.90	7.91	26.20	4.90	8.05	26.30	4.80
10		7.84	27.10	4.10	7.84	26.80	4.30	7.91	26.80	4.40	7.84	26.50	4.50	7.84	26.50	4.50	7.98	26.70	4.40
12		7.70	27.90	3.60	7.91	27.30	3.60	7.98	28.00	3.70	7.91	27.90	3.80	7.91	27.90	3.80	7.84	28.00	3.70
14		7.42	28.80	3.60				7.28	29.20	3.40	7.14	28.90	3.50	7.14	28.90	3.50	7.21	29.40	3.50
16		6.09	30.40	3.50				6.30	30.30	3.50	5.95	30.30	3.70	5.95	30.30	3.70	6.09	30.40	3.60
18		4.69	31.30	4.60				5.04	31.20	4.40				5.04	31.10	4.50	5.04	31.10	4.50
20		4.41	31.40	4.80				4.55	31.50	5.10				4.55	31.50	5.10	4.41	31.50	5.10
22		4.20	31.50	5.20				4.06	31.70	5.40				4.06	31.70	5.40	3.78	31.80	5.50
25		3.78	31.70	5.70				3.50	31.80	5.60				3.50	31.80	5.60			
30		3.01	32.00	5.90				2.52	32.00	6.10				2.52	32.00	6.10			
35		2.59	32.10	6.40				2.24	32.10	6.80				2.24	32.10	6.80			
40		2.38	32.20	6.80				2.17	32.20	6.70				2.17	32.20	6.70			

Tabell 8: Resultater fra overvåking 30.05.1994.

Dyp	Ref	U0			U1			U2			U3			U4		
		Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)
0		8.19	22.50	12.00	7.42	22.40	11.80	7.98	22.40	11.60	7.91	22.20	11.60	8.05	22.40	11.60
1		8.19	22.50	11.80	7.98	22.50	11.60	8.05	22.50	11.40	7.91	22.30	11.60	8.12	22.40	11.80
2		8.19	22.60	11.30	7.98	22.60	11.20	7.98	22.60	11.20	7.77	22.80	10.80	8.12	22.50	11.20
3		8.33	22.80	10.90	7.98	23.00	10.80	7.98	22.90	10.90	7.77	23.00	10.60	8.12	22.90	10.90
4		7.77	23.50	9.80	7.84	23.40	10.20	8.19	23.20	10.20	7.77	23.30	10.10	7.84	23.40	10.20
5		7.84	23.90	9.20	7.70	23.70	9.30	8.05	23.60	9.60	7.91	23.60	9.50	7.91	23.60	9.60
6		7.84	24.20	8.30	8.05	24.10	8.60	7.84	24.20	8.60	7.77	24.00	8.70	7.84	23.70	9.30
7		7.84	24.40	7.80	7.84	24.50	7.70	7.84	24.50	7.80	7.70	24.60	7.70	7.70	23.90	8.10
8		7.77	25.20	6.50	7.49	25.40	6.60	7.77	25.40	6.60	7.63	25.40	6.80	7.63	25.20	7.00
9		7.77	26.50	5.30	7.56	26.40	5.50	7.70	26.50	5.40	7.56	26.50	5.40	7.84	26.70	5.20
10		7.77	27.40	4.50				7.70	27.20	4.60	7.56	27.50	4.60	7.77	27.50	4.60
12		7.35	29.00	3.70				7.42	28.10	4.10	7.35	28.50	4.00	7.28	28.50	3.90
14		6.23	30.20	3.70				6.23	30.00	3.90	6.30	30.30	4.20	6.16	30.10	3.80
16		5.39	30.90	4.10				5.11	30.70	4.00	4.76	31.20	4.60	4.97	31.00	4.20
18		4.62	31.40	4.90				4.20	31.40	4.80				4.20	31.40	5.00
20		3.85	31.60	5.20				3.71	31.70	5.20						
22		3.36	31.80	5.70				3.36	31.80	5.60						
25		2.66	32.00	5.90				2.87	31.90	5.80						
30		2.66	32.10	6.20				2.10	32.10	6.30						
35		2.24	32.40	6.60				2.03	32.30	6.60						
40		2.03	32.50	6.80				2.10	32.50	6.80						

Tabell 9: Resultater fra overvåking 06.06.1994.

DYP	Ref	U0			U1			U2			U3			U4		
		Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)	Oksygen (ml/l)	Salt (PSU)	T (°C)
0		7.35	16.90	13.30	7.28	19.20	13.60	7.35	19.10	13.80	7.14	20.00	13.50	7.42	19.20	14.00
1		7.28	17.90	13.30	7.14	19.60	13.50	7.42	19.70	13.40	7.28	20.00	13.40	7.49	19.90	13.60
2		7.28	18.10	13.30	7.28	19.60	13.10	7.42	19.80	13.10	7.28	20.00	13.30	7.42	20.00	13.30
3		7.35	18.40	13.20	7.35	19.60	12.90	7.42	19.80	13.00	7.35	20.00	13.20	7.35	20.10	13.00
4		7.28	18.50	13.10	7.42	19.70	12.80	7.49	19.80	12.90	7.35	20.00	12.90	7.42	20.10	12.80
5		7.21	18.70	12.70	7.35	19.70	12.70	7.42	19.80	12.90	7.42	20.00	12.80	7.42	20.10	12.70
6		7.28	18.80	12.50	7.35	19.70	12.30	7.35	19.90	12.70	7.42	20.00	12.40	7.56	20.10	12.60
7		7.14	18.90	12.30	7.28	19.70	12.20	7.42	19.90	12.00	7.35	20.10	12.10	7.49	20.20	12.20
8		7.14	19.00	12.10				7.28	19.90	11.50	7.28	20.20	11.40			
9		6.44	19.80	9.80				7.28	20.60	10.10	7.21	20.80	10.00			
10		6.44	20.30	8.90				7.14	21.40	8.30	7.35	21.40	9.00			
12		7.00	21.40	5.20				7.21	22.60	5.40	7.21	23.10	5.20			
14		6.65	23.20	3.70				7.00	24.10	3.90	6.86	24.30	4.00			
16		5.74	24.10	3.70				5.25	25.70	4.00	5.74	25.90	4.00			
18		4.55	24.70	4.30				4.69	26.10	4.30						
20		3.92	25.00	4.80				4.06	26.40	4.70						
22		3.57	25.20	5.00				3.64	26.70	5.10						
25		3.15	25.50	5.40				3.08	27.00	5.60						
30		2.59	25.80	5.90				2.17	27.40	6.20						
35		2.45	26.10	6.10				2.10	27.40	6.10						
40		2.45	26.20	6.20				2.24	27.60	6.30						

Vedlegg 2, Oksygenmetning i sjøvann

Tabell 12: Løsligheten av oksygen cm^3/dm^3 (= ml/l) for luft i sjøvann ved atmosfærisk trykk på 760 mm Hg (Weiss, 1970)

T (°C)	S (‰)																	
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
0	10.22	10.08	9.94	9.81	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79	8.67	8.56	8.44	8.32	8.21	8.10
1	9.94	9.80	9.67	9.54	9.41	9.28	9.16	9.04	8.91	8.79	8.68	8.56	8.44	8.33	8.22	8.11	8.00	7.89
2	9.67	9.54	9.41	9.28	9.16	9.04	8.92	8.80	8.68	8.56	8.45	8.34	8.22	8.11	8.01	7.90	7.79	7.69
3	9.41	9.28	9.16	9.04	8.92	8.80	8.68	8.57	8.45	8.34	8.23	8.12	8.01	7.91	7.80	7.70	7.60	7.50
4	9.16	9.04	8.92	8.81	8.69	8.57	8.46	8.35	8.24	8.13	8.02	7.92	7.81	7.71	7.61	7.51	7.41	7.31
5	8.93	8.81	8.70	8.58	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.93	7.83	7.72	7.62	7.52	7.42	7.33	7.23	7.14
6	8.70	8.59	8.48	8.37	8.26	8.15	8.05	7.94	7.84	7.74	7.64	7.54	7.44	7.34	7.25	7.15	7.06	6.97
7	8.49	8.38	8.27	8.16	8.06	7.95	7.85	7.75	7.65	7.55	7.45	7.36	7.26	7.17	7.08	6.98	6.89	6.81
8	8.28	8.17	8.07	7.97	7.86	7.76	7.66	7.57	7.47	7.37	7.28	7.19	7.09	7.00	6.91	6.82	6.74	6.65
9	8.08	7.98	7.88	7.78	7.68	7.58	7.48	7.39	7.30	7.20	7.11	7.02	6.93	6.84	6.76	6.67	6.59	6.50
10	7.89	7.79	7.69	7.60	7.50	7.41	7.31	7.22	7.13	7.04	6.95	6.86	6.78	6.69	6.61	6.52	6.44	6.36
11	7.71	7.61	7.52	7.42	7.33	7.24	7.15	7.06	6.97	6.88	6.80	6.71	6.63	6.54	6.46	6.38	6.30	6.22
12	7.53	7.44	7.35	7.26	7.17	7.08	6.99	6.90	6.82	6.73	6.65	6.56	6.48	6.40	6.32	6.24	6.17	6.09
13	7.37	7.27	7.18	7.10	7.01	6.92	6.84	6.75	6.67	6.59	6.50	6.42	6.34	6.27	6.19	6.11	6.04	5.96
14	7.20	7.12	7.03	6.94	6.86	6.77	6.69	6.61	6.53	6.45	6.37	6.29	6.21	6.14	6.06	5.99	5.91	5.84
15	7.05	6.96	6.88	6.79	6.71	6.63	6.55	6.47	6.39	6.31	6.24	6.16	6.08	6.01	5.94	5.87	5.79	5.72
16	6.90	6.81	6.73	6.65	6.57	6.49	6.41	6.34	6.26	6.18	6.11	6.03	5.96	5.89	5.82	5.75	5.68	5.61
17	6.75	6.67	6.59	6.51	6.44	6.36	6.28	6.21	6.13	6.06	5.99	5.91	5.84	5.77	5.70	5.64	5.57	5.50
18	6.61	6.54	6.46	6.38	6.31	6.23	6.16	6.08	6.01	5.94	5.87	5.80	5.73	5.66	5.59	5.53	5.46	5.40
19	6.48	6.40	6.33	6.25	6.18	6.11	6.03	5.96	5.89	5.82	5.75	5.69	5.62	5.55	5.49	5.42	5.36	5.29
20	6.35	6.28	6.20	6.13	6.06	5.99	5.92	5.85	5.78	5.71	5.64	5.58	5.51	5.45	5.38	5.32	5.26	5.20
21	6.23	6.15	6.08	6.01	5.94	5.87	5.80	5.74	5.67	5.60	5.54	5.47	5.41	5.35	5.28	5.22	5.16	5.10
22	6.11	6.04	5.97	5.90	5.83	5.76	5.69	5.63	5.56	5.50	5.44	5.37	5.31	5.25	5.19	5.13	5.07	5.01
23	5.99	5.92	5.85	5.79	5.72	5.65	5.59	5.52	5.46	5.40	5.34	5.28	5.21	5.15	5.10	5.04	4.98	4.92
24	5.88	5.81	5.74	5.68	5.61	5.55	5.49	5.42	5.36	5.30	5.24	5.18	5.12	5.06	5.01	4.95	4.89	4.84
25	5.77	5.70	5.64	5.58	5.51	5.45	5.39	5.33	5.27	5.21	5.15	5.09	5.03	4.98	4.92	4.86	4.81	4.75
26	5.66	5.60	5.54	5.48	5.41	5.35	5.29	5.23	5.17	5.12	5.06	5.00	4.95	4.89	4.83	4.78	4.73	4.67
27	5.56	5.50	5.44	5.38	5.32	5.26	5.20	5.14	5.08	5.03	4.97	4.92	4.86	4.81	4.75	4.70	4.65	4.60
28	5.46	5.40	5.34	5.28	5.23	5.17	5.11	5.05	5.00	4.94	4.89	4.83	4.78	4.73	4.67	4.62	4.57	4.52
29	5.37	5.31	5.25	5.19	5.14	5.08	5.02	4.97	4.91	4.86	4.81	4.75	4.70	4.65	4.60	4.55	4.50	4.45
30	5.28	5.22	5.16	5.10	5.05	4.99	4.94	4.89	4.83	4.78	4.73	4.68	4.62	4.57	4.52	4.47	4.43	4.38



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2574-9