



Statlig program for  
forurensningsovervåking

# Rapport 535/93

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn


Deltakende institusjon

NIVA

## Otra 1992 Tiltaksorientert overvåking og konsekvens- undersøkelse



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800208	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2951	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thornøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Otra 1992. Tiltaksorientert overvåkning og konsekvensundersøkelse.	Dato:	Trykket:
	Sept. 1993	NIVA 1993
Forfatter(e): Atle Hindar, Karl Jan Aanes, Torleif Bækken og Eli-Anne Lindstrøm	Faggruppe:	
	Industriforensninger	
	Geografisk område:	
	Agder	
	Antall sider:	Opplag:
	43	100

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref.: SFT-kontrakt 93067
---	--

## Ekstrakt:

Innholdet av organisk stoff på stasjonene nedstrøms Hunsfos fabrikker var i 1992 det laveste som er målt i perioden 1984-92. Verdiene er likevel dobbelt så høye som bakgrunnsverdiene i vassdraget og gir fortsatt grunnlag for soppbegrøing langs elvebunnen. Det ble ikke registrert noen reduksjon i veksten av soppen Fusarium aquaeductum i 1992. Syreutslipp fra Hunsfos fabrikker bidrar til å redusere pH i vassdraget med 0,3 enheter i middel (fra pH 5,5-5,6). Dette er en betydelig syrepåvirkning når en tar den store vannføringen i betraktning. Otra er fra før sterkt belastet med forsuring fra langtransporterte forurensninger. Fosforverdiene i 1992 var de laveste som er registrert i perioden 1984-92. Verdiene ligger likevel fortsatt 60-70% over bakgrunnsnivået i elva. Nitrogenkonsentrasjonene har vært stabile i perioden 1990-92.

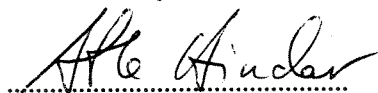
4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåkning
2. Treforedlingsindustri
3. Vannkraftutbygging
4. Sur nedbør

4 emneord, engelske

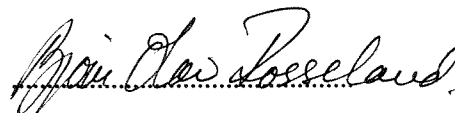
1. Pollution monitoring
2. Pulp and paper industry
3. Hydroelectric power
4. Acid precipitation

Prosjektleder



Atle Hindar

For administrasjonen



ISBN 82-577-2374-6

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
SØRLANDSAVDELINGEN  
GRIMSTAD**

**O-900208**

**Otra 1992**

**Tiltaksorientert overvåking  
og konsekvensundersøkelse**

**Grimstad, september 1993**

**Prosjektleder: Atle Hindar  
Medarbeidere: Karl Jan Aanes  
Torleif Bækken  
Eli-Anne Lindstrøm  
Rolf Høgberget**

## FORORD

Hunfos Fabrikker A/S er pålagt av Statens forurensningstilsyn (SFT) å foreta konsekvensundersøkelser av utslipp fra fabrikk. Undersøkelsen skal gjennomføres i perioden 1992-1995 i forbindelse med en nedtrapping av de organiske utslippene. Den rutinemessige overvåkingen av Otra, som administreres av Statens forurensningstilsyn, gjennomføres samtidig. Denne undersøkelsen er en del av Statlig program for forurensningsovervåking. Konsekvensundersøkelsen og overvåkingsundersøkelsen er i perioden samkjørt og finansieres med midler fra Hunfos Fabrikker A/S, Norsk Wallboard A/S, SFT og Vassdragsrådet for Nedre Otra.

Den foreliggende rapporten omhandler i første rekke resultater fra 1992. Programmet er konsentrert om den nedre delen av Otra og er rettet direkte mot effekter av industriutslipp og kloakktilførsler. Undersøkelser i Otrav øvre del er bare i begrenset grad omtalt.

Kjemilaboratoriet ved Agderforskning - avd. Teknikk har hatt ansvar for prøvetaking og analyse av vannprøver fra Øvre Otra (Evje og oppover). I august 1992 overtok NIVA ansvaret for prøvetakingen i denne delen av vassdraget, men vannprøvene analyseres fortsatt ved Agderforskning. Teknisk etat i Evje og Hornnes kommune og Gunnar Ose samler inn vannprøvene.

Kjemilaboratoriet ved NIVA i Oslo har analysert vannprøvene fra nedre del av Otra. Disse prøvene er samlet inn av Magne Aadnevik, Kristiansand Ingeniørvesen.

Karl Jan Aanes og Torleif Bækken ved NIVA i Oslo har gjennomført bunndyrundersøkelsene. Eli-Anne Lindstrøm har hatt ansvar for innsamling og analyser av begroing og vannvegetasjon i nedre del av Otra.

Grimstad, september 1993

Atle Hindar

# INNHALDSFORTEGNELSE

	SIDE:
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	4
1.1. Undersøkelsens formål i 1992	4
1.2. Konklusjoner	4
1.3. Tilrådninger	5
2. INNLEDNING	7
2.1. Områdebeskrivelse	7
2.2. Vannbruk og forurensninger	10
2.2.1. Kraftreguleringer	10
2.2.2. Resipient for industriutslipp	10
2.2.3. Forurenset nedbør	12
2.2.4. Resipient for kloakk og landbruksavrenning	12
2.2.5. Fiske	13
2.2.6. Vannforsyning	13
2.3. Målsetting og program	13
3. RESULTATER OG DISKUSJON	15
3.1. Fysisk/kjemiske forhold	15
3.1.1. Forsuring pga forurenset nedbør og industriutslipp	15
3.1.2. Organisk stoff fra industri	20
3.1.3. Boligkloakk og landbruksavrenning	20
3.2. Biologiske undersøkelser	24
3.2.1. Begroing	24
3.2.2. Bunndyr	28
4. REFERANSER	33
5. VEDLEGG	34
5.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1992	34
5.2. Primærdata 1991-1992	35
5.3. Middelkonsentrasjoner 1984-1992	43

# 1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER

## 1.1. Undersøkelsens formål i 1992

Hovedformålet med overvåkings- og konsekvensundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen i elva. Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene fra de forskjellige forurensningskildene, spesielt fra industriutslipp, kan identifiseres og kvantifiseres. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst rekreasjonsverdien av vassdraget og forholdene for laks og aure i nedre del av Otra det tas sikte på å bedre.

Konsekvensundersøkelsen som ble pålagt Hunsfos Fabrikker A/S av Statens forurensningstilsyn for perioden 1992-1995 skal dokumentere evt. endringer i Otra som resultat av den nedtrappingsplan for utslipp bedriften har fått pålegg om.

I perioden 1991-1992 har overvåkingen vært konsentrert om forurensningsforholdene fra Vennesla og til utløpet i Kristiansand slik som i de foregående årene.

## 1.2. Konklusjoner

Vannet i Otra er fra naturens side saltfattig, svakt surt og inneholder lite organisk stoff. Vegetasjon og fauna er i øvre deler av Otra preget av arter som er tilpasset denne vanntypen. I midtre deler er vassdraget forsuret av forurenset nedbør. Dette forsterkes ved reguleringsinngrep fordi sure sidevassdrag kan dominere elvas vannkvalitet. Reguleringene har endret de hydrologiske forholdene i vassdraget.

I nedre deler er Otra ytterligere forsuret av direkte utslipp fra treforedlingsindustri (Hunsfos Fabrikker A/S). Til tross for den store vannføringen i dette vassdraget ble pH i 1991 og 1992 redusert med 0.3 enheter i middel (fra pH 5.5-5.6) pga industriutslippene. Fra 1988 har det imidlertid vært en positiv utvikling på stasjonene nedstrøms Hunsfoss. Middel- pH har økt fra et stabilt nivå på 5.0-5.2 i perioden 1984-1988 til 5.2-5.3 i 1989-1992.

Episoder med svært lav pH (pH<4.8) i nedre Otra inntreffer særlig ved lav vannføring om sommeren pga industriutslipp. Slike ekstremverdier ble i 1992 registrert vha kontinuerlig pH-registrering nedstrøms Hunsfos Fabrikker. Disse målingene viste at pH endres svært raskt (timer) og kan variere innenfor et relativt stort pH-område i løpet av få døgn. Industriutslippene endrer ikke aluminiumskonsentrasjonen i Otra.

Hunsfos Fabrikker produserer cellulose og papir, mens Norsk Wallboard produserer trefiberplater. Hunsfos Fabrikker har de desidert største utslippene av syre og organisk stoff. I perioden 1984-1986 var årlig middelkonsentrasjon av kjemisk oksygenforbruk på stasjonene nedstrøms Hunsfos Fabrikker omkring 5 mg/L O, men økte i 1987 og 1988 til 6

mg/L O. I perioden 1988-1992 har det vært en klar bedring og i 1992 ble de laveste verdiene for hele perioden registrert, med middelkonsentrasjonen 4 mg/L O. Dette representerer imidlertid det dobbelte av bakgrunnsnivået og gir fortsatt soppbegroing i vassdraget.

Også middelkonsentrasjonen av total fosfor ble redusert betydelig i nedre Otra i den samme perioden og var i 1992 5 µg/L P, den lavest registrerte middelkonsentrasjonen i perioden 1984-1992. Dette er imidlertid fortsatt 2 µg/L høyere enn bakgrunnsnivået i elva.

Årlige middelkonsentrasjoner av total nitrogen avtok med nær en tredel i perioden 1984-1990 på alle stasjoner nedstrøms Byglandsfjorden til tross for økt deponisjon via nedbør. Nitrogennivået i perioden 1990-1992 har imidlertid vært stabilt. Årsaken til reduksjonen og påfølgende stabilisering er ukjent.

Begroingssamfunnet oppstrøms Vigeland består av arter som trives i næringsfattig og surt miljø. Nedstrøms Vigeland skjer en betydelig endring i artssammensetning og arter som trives i forurensningsbelastet og surt vann preger begroingen her. Soppen *Fusarium aquaeductum* trives særlig godt i surt vann med høyt innhold av lett nedbrytbart organisk materiale og dominerer i dette området. Det har trolig ikke skjedd noen vesentlig reduksjon i forekomsten av *Fusarium* siden 1981-82. Mengden av *Fusarium* reduseres nedover vassdraget, men er fremdeles til stede ved Skråstad.

Stor forekomst av begroing og annen vegetasjon, særlig krypsiv, er vesentlig et resultat av regulering med stabile fysiske forhold (utjevnet vannføring, fravær av spyleflommer o.l.). Lav omsetning av plantemateriale som følge av forsuring bidrar også til at det akkumuleres mye plantemateriale. Effektene av regulering og forsuring er felles for hele det undersøkte vassdragsavsnittet.

Den organiske belastningen på vannet og det spesielle organiske substratet i elva på strekningen nedstrøms Hunsfoss gir grobunn for et annet bunndyrsamfunn enn oppstrøms industriutslippene. Ved stasjonen ved Vigeland var bunndyrsamfunnet dominert av børstemark, mens verken døgnfluer eller vårfluer ble registrert. Steinfluer ble bare funnet sporadisk. Den totale bunndyrmengden var imidlertid omlag den samme både ovenfor og nedenfor utslippene.

### 1.3. Tiltak

Målet med tiltak i Otra er først og fremst å øke vassdragets rekreasjonsverdi og å gjøre elva levelig for laks og aure. Fisken skal også ha en tilfredsstillende kvalitet. Samtidig er det nødvendig å få etablert en variert bunndyrfauna som kan danne næringsgrunnlaget for disse fiskebestandene.

Rekreasjonsverdien av vassdraget kan økes ved å redusere den organiske belastningen slik at begroing med sopp reduseres. I tillegg må skadelige syreutslipp elimineres. For å oppnå dette er det av avgjørende betydning at syretilførselen fra Hunsfos Fabrikker reduseres, spesielt i perioder med lavvannføring, og at utslippene av organisk stoff reduseres til akseptable nivåer. For å sikre naturlig reproduksjon av laks kreves imidlertid at vannkvaliteten i tillegg bedres ved kalkingstiltak.

Utslippene fra fabrikk skal nå reduseres i henhold til pålagt nedtrappingsplan: I 1993 skal syreutslippene elimineres/avsyres og klor utfases. Høsten 1994 skal en avskjærende industri-avløpsledning settes i drift. Elva vil imidlertid fortsatt være sur og neppe egne seg for reproduksjon av laks på grunn av forurensning fra forurenset nedbør. Den fisken som likevel går opp i elva vil sannsynligvis ha en akseptabel kvalitet etter at disse tiltakene er gjennomført.

Data fra den kontinuerlige målingen av pH bør benyttes av bedriften til å identifisere forhold ved prosessene som gir rask reduksjon i pH.

I midtre del av vassdraget skyldes forurensning tilførsel av forurenset nedbør. Svovelbelastningen har avtatt i hele perioden fra midt på 1970-tallet og fram til idag, men nitrogenbelastningen har økt. Det er ikke grunn til å tro at den totale belastningen av sterke syrer blir redusert så mye de nærmeste årene at fisk får vesentlig bedre levevilkår i Otra.

Fosfortilførselen fra Hunsfos Fabrikker bør sannsynligvis reduseres for å få en ytterligere forbedring av vannkvaliteten nedstrøms Hunsfoss. Det er allerede lagt ned et betydelig arbeid for å redusere tilførselen av husholdningskloakk fra Vennesla, Mosby og Stray.



## 2. INNLEDNING

### 2.1. Områdebeskrivelse

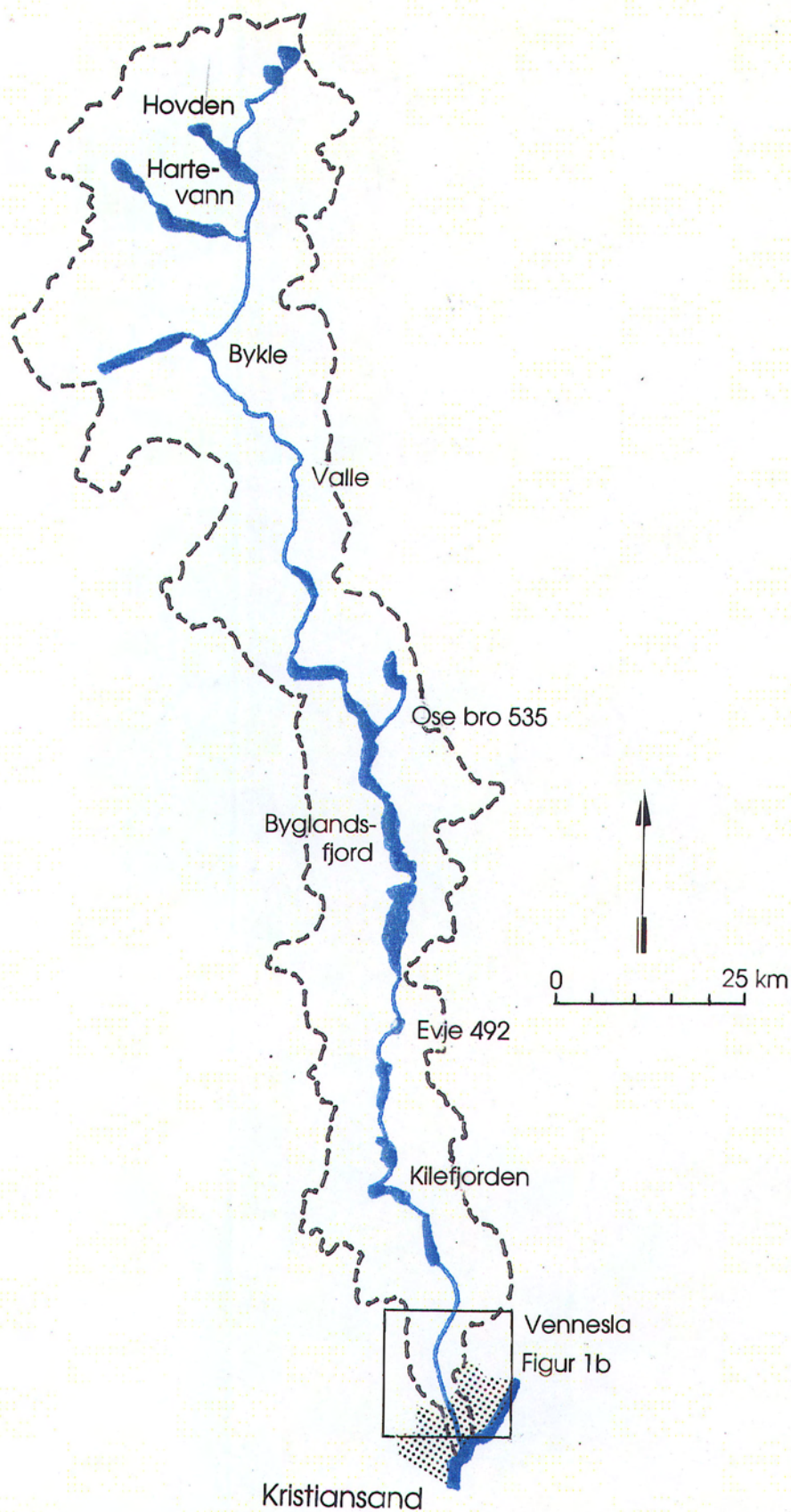
Otravassdraget har et nedbørfelt på 3 730 km<sup>2</sup> og er Sørlandets vannrikeste vassdrag. Fra kildeområdet nord for Hovden i Setesdalen og til utløpet i Kristiansandsfjorden er det en strekning på 240 km. Byglandsfjord er største innsjø i hovedvassdraget. Den er ca. 35 km lang. Middelvannføringen er 117 m<sup>3</sup>/s ved utløpet av Byglandsfjorden og 155 m<sup>3</sup>/s ved utløpet i Kristiansandsfjorden. Figur 1, a og b viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i perioden 1991-1992.

Det går en geologisk grense gjennom Vatnedalen mellom Bykle og Hovden. Bergartene i nedbørfeltet sør for Vatnedalen består vesentlig av gneis og granitt, som gir saltfattig avrenningsvann og lav motstandsevne mot forsurening. Nord for Vatnedalen finnes metamorfe og sedimentære bergarter. Videre finnes det metamorfe bergarter øst for Valle. Disse bergartene er noe mer kalkholdige. I tillegg kommer at øvre deler av nedbørfeltet mottar vesentlig mindre forurenset luft og nedbør enn nedre deler. Avrenningsvannet fra dette området er derfor mindre surt enn i resten av vassdraget.

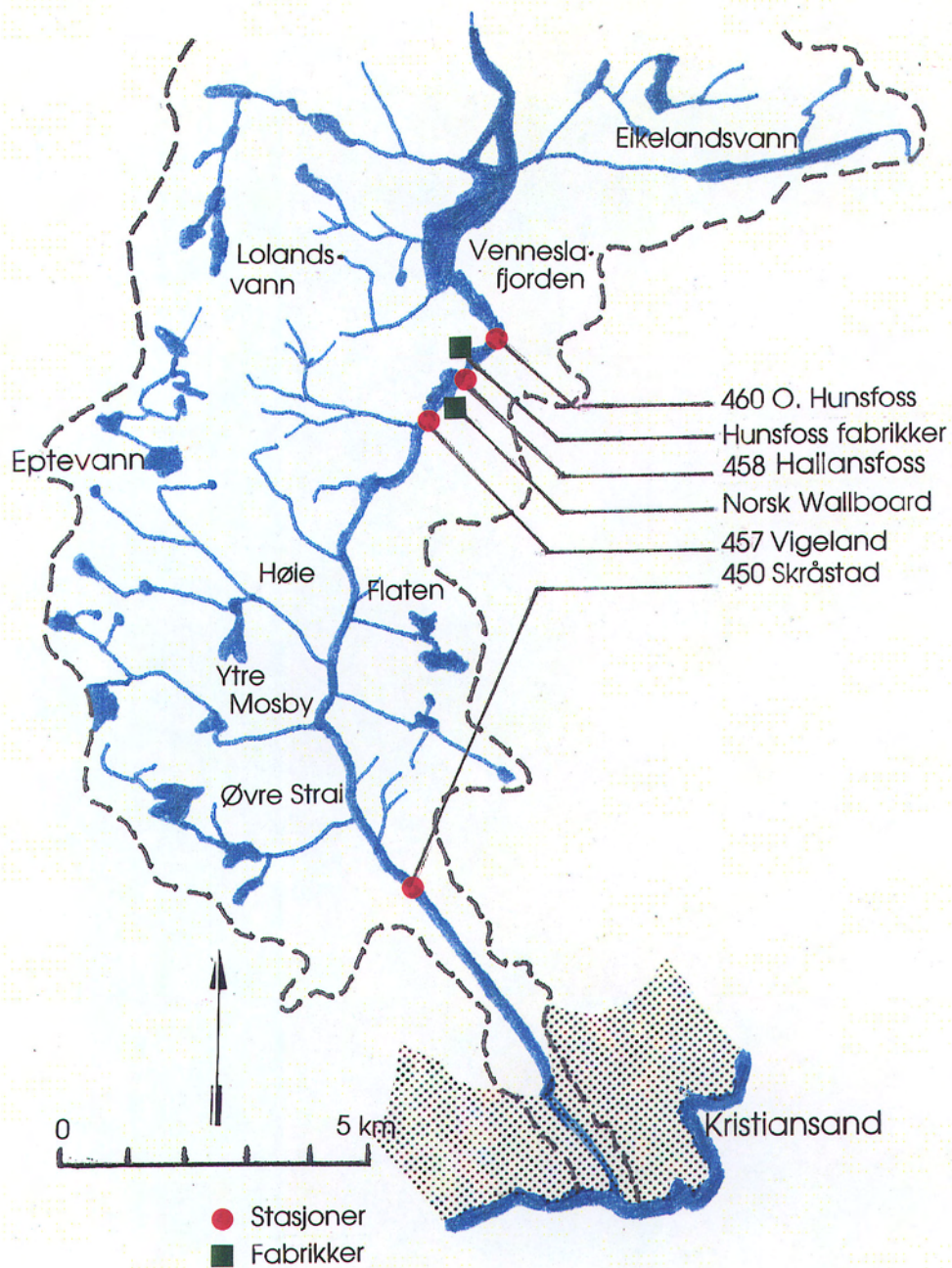
Otravassdraget ligger i grensesonen mellom stor nedbør på grunn av fjellene i vest og regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til nær 700 mm i øst. Det er store forskjeller i gjennomsnittstemperatur fra nord til sør i nedbørfeltet. Mens Kristiansand bare har to måneder i året med gjennomsnittstemperatur under 0 °C, har Bjåen ved Hovden seks.

De høyereliggende delene av vassdragets nedbørfelt er delvis dominert av bjørkeskog. Tregrensa ligger på ca. 1000 moh, men også store deler av de lavereliggende heiområdene ned til 4-500 moh er skogfattige. I de nedre deler dominerer lauv- og barskog.

De mektigste løsavsetningene finnes langs hovedvassdraget, spesielt i forbindelse med innsjøbassengene. Store deler av heiområdene i nedbørfeltet er karakterisert av fjell i dagen og tynt morenedekke. De sørligste delene av Otra, fra Mosby og sørover, ligger under den marine grense, mens resten av nedbørfeltet ligger i sin helhet over den marine grense, dvs. over ca. 40 moh. Påvirkninger av marine avsetninger betyr derfor minimalt for vannkvaliteten i Otra. Vassdraget skjærer gjennom raet ved utløpet av Venneslafjorden.



Figur 1, a. Otra med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking er inntegnet. Tallene er valgt etter stasjonenes plassering i nord-sør-retning i UTM-nettet.



Figur 1, b. Nedre Otra med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking er inntegnet. Tallene er valgt etter stasjonenes plassering i nord-sør-retning i UTM-nettet.

## 2.2. Vannbruk og forurensninger

Brukerinteressene i Otravassdraget er mange. Utnyttelse av elva til fiske og rekreasjon er sterkt redusert som følge av reguleringsinngrep og industriutslipp.

### 2.2.1. Kraftreguleringer

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden ca. 1900. Hindar og Grande (1987) og Hindar m.fl. (1991) gir en oversikt over reguleringsinngrep, krav til minstevannføringer i hele Otra og en oversikt over utbygde kraftverk i nedre del av Otra.

Vigeland Metal Refinery A/S eier Vigeland kraftverk. Vest-Agder Elektrisitetsverk eier Hunsfos kraftverk, mens Kristiansand Elektrisitetsverk eier de øvrige kraftverkene. Flere av kraftverkene har gjennomgått betydelige utvidelser etter etableringen.

Manøvreringen av reguleringsmagasin og kraftverk fører til endret vannføring i hele Otra. Vintervannføringen er økt, flommene er dempet og sommervannføringen er lav på flere elveavsnitt. Minstevannføringen på enkelte strekninger oppstrøms Venneslafjorden er 0 m<sup>3</sup>/s. Det vil si at elva i perioder er helt tørrlagt på disse strekningene. Det gjelder spesielt oppstrøms Steinsfoss og Iveland kraftverk. Minstevannføringen ved Vigeland i nedre del er 50 m<sup>3</sup>/s både sommer og vinter. Hvis Otra var uregulert ville midlere lavvannføring ved utløpet være omkring 13 m<sup>3</sup>/s (Hindar m.fl. 1991).

### 2.2.2. Resipient for industriutslipp

Allerede i 1955 ble høye partikkelkonsentrasjoner og kraftig fall i pH som følge av forurensningsutslipp fra fabrikkene i Vennesla påvist. Hunsfos Fabrikker A/S har det helt dominerende bidraget, både av syreutslipp og utslipp av organisk materiale. Fra Norsk Wallboard A/S og Vigeland Metal Refinery A/S i Vennesla og Høie tekstilfabrikk i Mosby er det også utslipp til Otra. I øvre Otra er det ingen slike utslipp av betydning.

Hunsfos Fabrikker ble etablert allerede i 1873 som Otterelvans Papirfabrikk. I dag er fabrikkene en av landets store treforedlingsbedrifter og produserer cellulose og papir. Norsk Wallboard (anlagt i 1948) produserer trefiberplater.

Betydelige syreutslipp, spesielt fra Hunsfos Fabrikker, gir en betydelig økning i surhetsgraden i nedre deler av Otra. Enkelte episoder med ekstremt lav pH er registrert pga disse utslippene. Utslipp fra treforedlingsbedrifter er karakterisert ved et stort innhold av oppløst og suspendert materiale om det ikke blir rensert. Industriutslippene til Otra er nå forholdsvis godt kartlagt. Tabell 1 viser årlig produksjon og utslipp av organisk stoff basert på reelle utslipp fra de tre største bedriftene.

Tabell 1. Produksjon og utslipp fra de tre største industribedriftene i nedre Otra. Tall basert på egenrapporter for 1992.

Bedrift	Type	Maks. tillatt prod.		Utslipp fra konsesjon	
		Mengde tonn/år	KOF tonn O/år	Susp. mat. tonn/år	
Hunfos Fabrikker	Cellulose	70000	17600	420	
	Tremasse	48000			
	Papir	150000			
Norsk Wall- board	Trefiber- plater	50000	1220	44	
Høie Fabrikker	Sengetøy og bekl.stoffer	1500	ikke data	ikke data	

Tryland (1983) har undersøkt industriutslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff i 1982. Hindar og Grande (1987) gir en oversikt over type og kvalitet i hovedavløpene fra Hunfos Fabrikker og Norsk Wallboard. Blekeriets oksygentrinn ved Hunfos Fabrikker bidrar med størst utslipp av fargede forbindelser til Otra. De største kildene til suspendert stoff (partikler) er flotasjonsanlegget og sedimenteringsanlegget ved samme fabrikk. Partiklene er trefibre og uorganiske fyllstoffer m.m. Omtrent halvparten av utslippet fra blekeriets oksygentrinn består av uorganiske partikler.

Etter at Otra har passert Hunfos Fabrikker og Norsk Wallboard er vannet tydelig blakket (Hindar og Grande 1987). Blakkingen (breggrønt utseende) holder seg helt til Otravutløp i Kristiansandsfjorden. Konsentrasjonen av magnesium øker som følge av at det brukes magnesium-sulfitt i prosessen.

I 1974 tok Hunfos Fabrikker i bruk et sedimenteringsanlegg for trefiber og bark. Det er også tatt i bruk et anlegg for sulfittlutindamping og kjemikaliegjenvinning (juni 1977). Klorbehandling som blekeprosess er nå faset helt ut. Det er vedtatt å bygge avskjærende ledning som skal ta imot industriutslippene fra Hunfos. Utslippene fra Hunfos vil etter at dette tiltaket er gjennomført bare få betydning for Kristiansandsfjorden.

### 2.2.3. Forurenset nedbør

Gunstige geologiske forhold og relativt liten belastning av forsurende forbindelser med nedbør har ikke ført til alvorlig forsurening øverst i vassdraget (Hindar og Grande 1987). Midtre og nedre deler av nedbørfeltet til Otra ligger i sonen for maksimal belastning av forurenset luft og nedbør. Våtdeposisjonen av sulfat og nitrat er flere ganger større ved Birkenes enn ved Vatnedalen øverst i Setesdal.

Deposisjonen av sulfat har avtatt i løpet av åtti-årene, mens nedfallet av nitrogenforbindelser har økt. Nitrogenforbindelser betyr stadig mer for forurensingssituasjonen i Sør- Norge.

I midtre og nedre deler er berggrunnen tungt nedbrytbar og har liten evne til å nøytralisere sur nedbør. Vassdraget er derfor markert forsuret fra Valle og nedover. Terskelområdene har sterkt redusert vannføring pga regulering og er spesielt utsatt for forurensing under nedbørepisoder.

### 2.2.4. Resipient for kloakk og landbruksavrenning

Otra brukes fortsatt som resipient for kommunalt avløpsvann, selv om dette er kraftig redusert i perioden 1988-1990. Bosettingen i den øvre delen av nedbørfeltet utgjør ca. 7 500 personer, vesentlig konsentrert til tettstedene Hovden, Bykle, Valle, Rysstad, Bygland, Byglandsfjord og Evje. Bortsett fra Bygland har disse tettstedene kommunale renseanlegg. I nedre del av Otra bor det 11 500 personer. Her er det tre større befolkningskonsentrasjoner; Vennesla, Mosby og Strai. De fleste boliger her er tilknyttet offentlig ledningsnett. Hindar m. fl. (1991) gir en oversikt over kommunale kloakkrenseanlegg i OTRAS midtre og nedre nedbørfelt.

Den totale forureningsproduksjonen fra befolkningen i nedre del av Otra (Venneslafjorden-Stray) ble i 1982 beregnet til 5 tonn fosfor og 25 tonn nitrogen (Grande et al. 1982). Fram til 1993 er en stadig økende andel av dette tatt hånd om. I løpet av 1993-1994 vil det alt vesentligste av kloakkutslippene fra Vennesla-Mosbyområdet være lagt inn på den kommunale ledningen til Tangen i Kristiansand.

Sanitæranlegget ved Vigeland Metal Refinery A/S og prosessavløpet fra Høie Fabrikker er koplet inn på det kommunale kloakknettet. Avløpet herfra gikk tidligere til Otra via slamavskiller. I løpet av 1993 tas det trolig stilling til om sanitæranlegget ved Hunsfos Fabrikker skal koples inn på den avskjærende kloakkledningen.

Nedenfor Steinsfoss er noe over halvparten av OTRAS nedbørfeltareal skogdekket. Bare ca. to prosent er dyrket. Jordbruksavrenning fra dette lokalfeltet er en relativt liten kilde til næringssalttilførsler til Otra.

### 2.2.5. Fiske

Nedre Otra var tidligere en god lakseelv. Laksestatistikk fra 1876 til 1979 viser at rapporterte fangster har vært oppe i over 5 tonn pr. år. Fra 1955 har fangstene vært ubetydelige og den gamle laksebestanden er nå utryddet på grunn av forurensninger. Tilfeldig laks som går opp i Otra er vill laks fra andre elver, laks som er satt ut i Otra som smolt eller rømt oppdrettslaks (Brabrand 1989).

I 1939 ble det påvist stor tetthet av lakseunger og aure nedstrøms Hunsfoss. Ved diverse undersøkelser i perioden 1957-1988 er det ikke blitt påvist laks- eller aureunger (Brabrand 1989).

I hele vassdraget ovenfor Vennesla foregår det fritidsfiske etter aure. Brabrand (1989) fant tette bestander av aure og abbor på strekningen Vennesla-Kilefjorden. Bekkerøye etter tidligere utsetninger ble også påvist.

Bleka ("dverglaksen") i Byglandsfjorden har også vært populær som sportsfisk og er bevaringsverdig i nasjonal og internasjonal sammenheng. I de seinere år er bestanden redusert. Eksistensen er avhengig av regelmessige utsetninger fra fiskeanlegget til I/S Øvre Otra. Første utsetting skjedde høsten 1979. Resultater fra utsetninger og prøvefiske finnes i årsrapporter og årsmeldinger fra Bygland Fiskeanlegg.

Interessen for tiltak mot forurensning er økende, men det antas at kalkingsaktiviteten i OTRAS nedbørfelt foreløpig ikke har hatt noen betydning for vannkvaliteten i Nedre Otra.

Nederst i vassdraget forekommer også ål, trepigget stingsild, og elve- og havniøye.

### 2.2.6. Vannforsyning

I Byglandsfjorden er det drikkevannsutttak for ca. 400 personer. En del boliger i spredt bebyggelse har også direkte vannuttak i hovedvassdraget.

Forurensning har gjort vannet i OTRAS nedre deler uegnet til drikkevann. Vennesla kommune har drikkevannsforsyning fra grunnvannsbrønn på Drivenesøya nord i Venneslafjorden. Elva nyttes i noen grad til jordbruksvanning.

## 2.3. Målsetting og program

Hovedformålet med overvåkings- og konsekvensundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen i elva, spesielt som følge av tiltak i Hunsfos Fabrikker A/S. Bedriften er pålagt en nedtrappingsplan for organisk utslipp i perioden 1992-1995 og programmet er delvis utformet som en konsekvensanalyse av de planlagte tiltakene. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det

er først og fremst rekreasjonsverdien og forholdene for laks og aure det tas sikte på å bedre.

I 1992 har undersøkelsene i Otra vært konsentrert om forurensningsforholdene fra Vennesla og til utløpet i sjøen. Fra og med 1992 er undersøkelser av begroing og vannvegetasjon i nedre del tatt med i programmet. I 1992 ble det også etablert en stasjon for kontinuerlig overvåking av pH nedstrøms Hunsfos Fabrikker for å dokumentere korttidsvariasjoner i pH.

Programmet omfattet i 1992 tre deler:

- rutineovervåking av vannkjemi, hovedsakelig i Nedre Otra
- rutineovervåking av bunndyr oppstrøms og nedstrøms industriutslippene
- undersøkelser av begroing nedstrøms Hunsfos Fabrikker

I tabell 2 finnes en oversikt over de overvåkingsstasjonene som har vært benyttet i perioden 1987-1992. I 1992 gjennomførte NIVA også undersøkelser i Otra for Aust-Agder Kraftverk i forbindelse med anleggsvirksomheten ved Hekni kraftverk. Stasjoner er etablert ved Straume oppstrøms anlegget og ved Langeid mellom Straume og Ose (stasjon i denne undersøkelsen). På Straume måles de samme parametre som ved Ose for å dokumentere evt. påvirkning av sprengstøvpartikler og sanitærutslipp på denne strekningen av Otra.

I vedlegg bak i denne rapporten er det en oversikt over overvåkingsundersøkelser i perioden 1980-1992.

Tabell 2. Stasjoner som har inngått i det kjemiske prøvetakingsprogrammet i Otra i perioden 1987-1992. Lokalitetsnummer refererer seg til kilometer nord-sør på UTM- nettet i kartserien M 711.

Stasj.nr.	Stasjonsnavn	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1592	Løyningsåni	*	*				
600	Hartevatn, utløp	*					
564	Valle	*					
548	Straume <sup>1)</sup>						*
539	Langeid <sup>1)</sup>						*
535	Ose bru	*	*	*	*	*	*
492	Evje	*	*	*	*	*	*
463	Steinsfoss	*					
460	Oppstr. Hunsf.	*	*	*	*	*	*
458	Hallandsfoss	*	*	*	*	*	*
457	Vigeland	*	*	*	*	*	*
453	Hagen	*					
450	Skråstad	*	*	*	*	*	*

<sup>1)</sup> Fra august 1992 for Aust-Agder Kraftverk.



## 3. RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1. Fysisk/kjemiske forhold

Alle data fra overvåkingsundersøkelsene i perioden 1991-1992 finnes i vedlegg bak i rapporten. Beregninger av middelkonsentrasjon for perioden 1984-1992 finnes også der. I presentasjonen legges hovedvekten på 1992, men data fra dette året er sammenliknet med perioden 1984-1991.

#### 3.1.1. Forsuring pga forurenset nedbør og industriutslipp

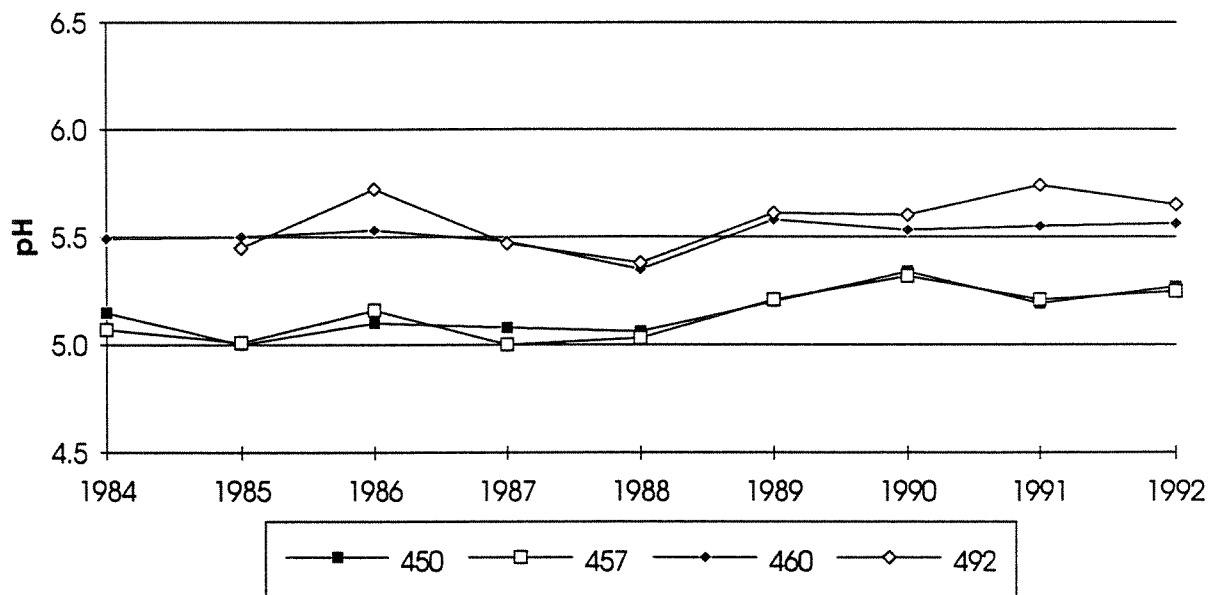
Middelkonsentrasjonen av sulfat var 2.2 mg/L  $\text{SO}_4$  ved Ose bro i 1992. Den økte i 1992 til 2.3 ved Evje og til 2.5 mg/L på stasjonen oppstrøms Hunsfoss. Økningen skyldes sulfatdeposisjon i midtre og nedre deler av vassdraget. På stasjonen nedstrøms Vigeland og på Skråstad var middelkonsentrasjonene økt til hhv. 3.4 og 3.6 mg/L pga industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker. Konsentrasjonen på Skråstad er den laveste som er registrert i perioden 1984-1992. Variasjonen var relativt liten (st.avvik på 0.5 mg/L og maksimumskonsentrasjon på 4.6 mg/L).

Middelverdier for pH fra Ose og ned til Skråstad viser at vannkvaliteten var best ved Ose (pH 5.8). pH ved Ose varierte mellom 6.3 og 5.3 i 1992. Det henger sammen med at vannkvaliteten i noen perioder er dominert av vann fra reguleringsbassengene øverst i vassdraget, i andre perioder av vann fra sure sidevassdrag lengere nede.

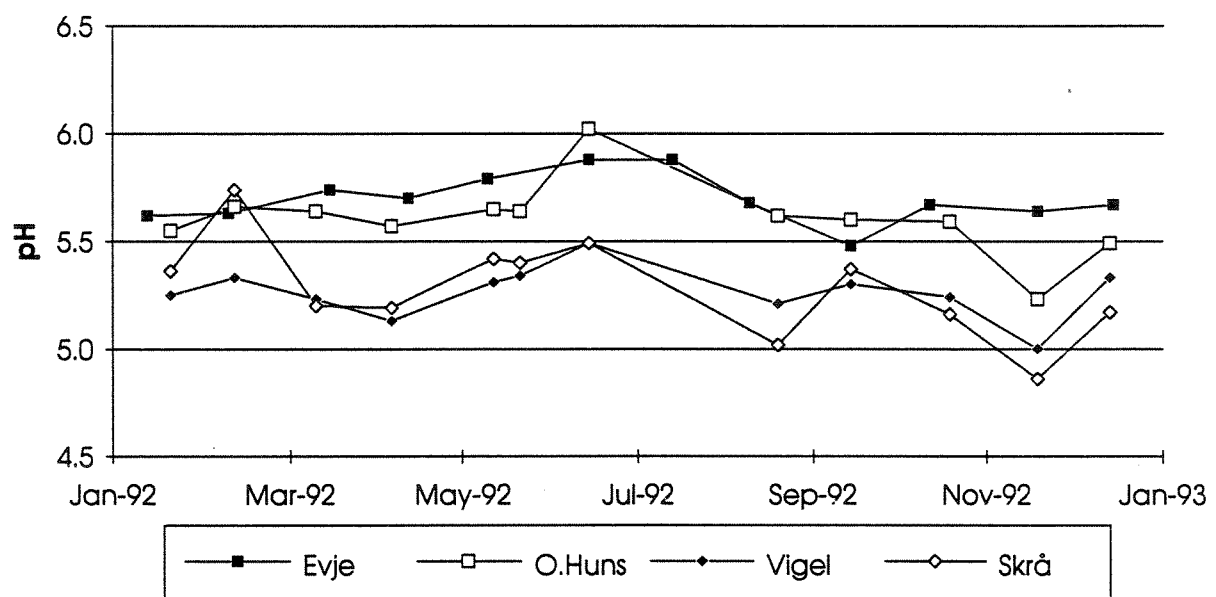
Ved Evje og oppstrøms Hunsfoss var middel-pH hhv. 5.65 og 5.56 (figur 2). Minimumsverdien var 5.0 begge steder. Ved Skråstad varierte pH ved de månedlige prøvetakingene mindre i 1992 enn tidligere år; fra et maksimum på 5.7 i februar og til et minimum på 4.86 i november (figur 3).

pH-verdiene for 1991 og 1992 stadfester tendensen til høyere middel-pH som ble registrert i 1989 og 1990. I 1992 var middel- pH med standardavvik  $5.27 \pm 0.23$  ved Skråstad, omlag samme middel-pH som året før. Middel-pH oppstrøms Hunsfoss var  $5.56 \pm 0.22$ . Differansen mellom pH oppstrøms og pH nedstrøms Hunsfos Fabrikker var dermed 0.3 pH- enheter i 1992. Fra 1988 har denne differansen vært omkring 0.3, mens den var omkring 0.5 pH-enheter tidligere. I tillegg har pH-nivået økt. Det vil si at det har vært en relativt stor bedring i middel-pH i nedre Otra de siste 5 årene.

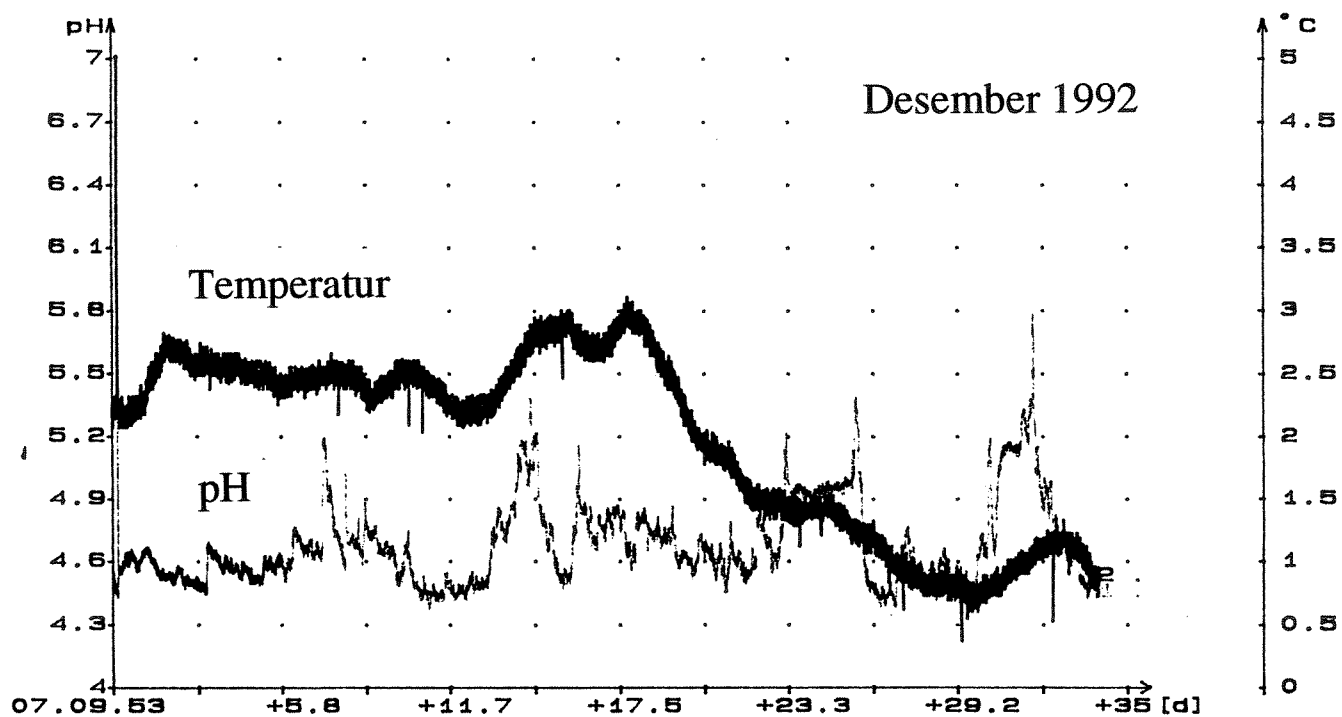
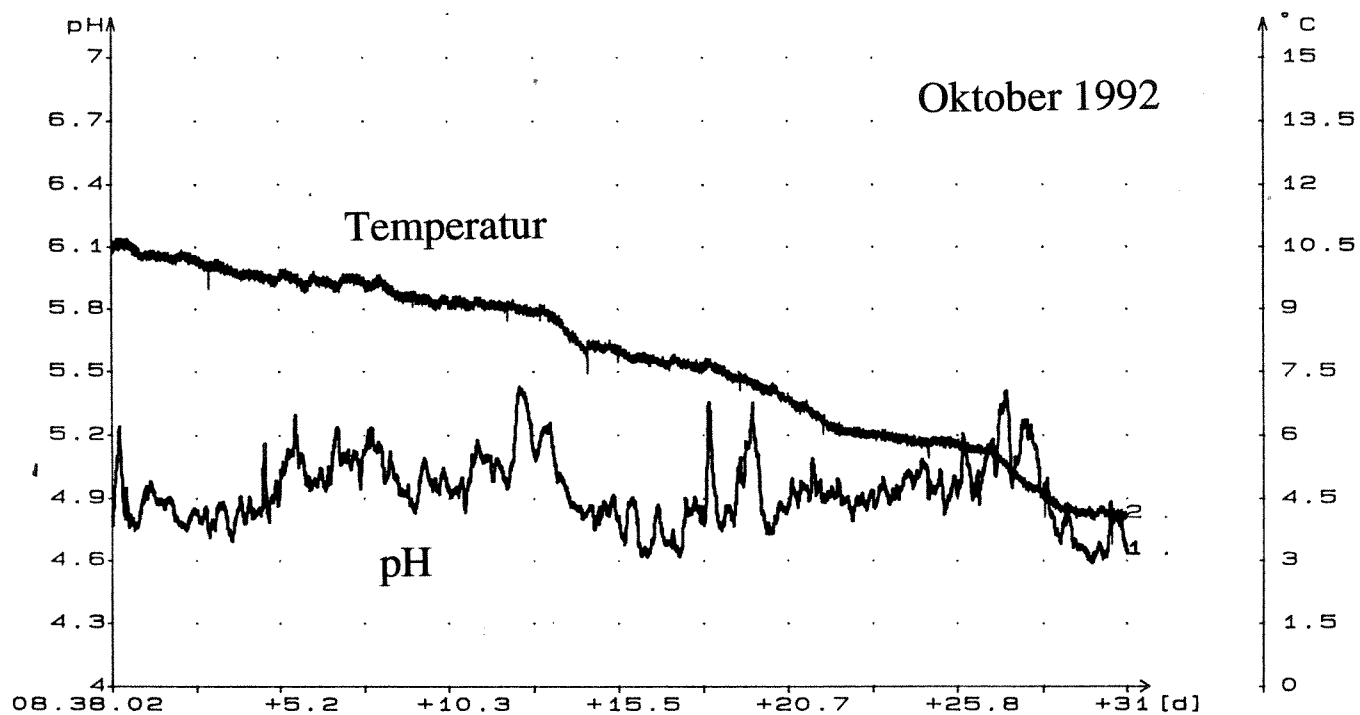
Perioder med lavvannføring er de mest kritiske for fisk i Otra nedstrøms Vennesla. pH-endringene pga industriutslipp i slike perioder har vært oppe i omkring en hel pH-enhet, mens de i 1992 kom opp i 0.6 pH-enheter (fra 5.62 til 5.02 i august) basert på den manuelle prøvetakingen, se figur 3.



Figur 2. Middelerverdier av pH for stasjonene Evje (492), oppstrøms Hunsfoss (460), Vigeland (457) og Skråstad (450) i 1992.



Figur 3. pH ved stasjonene Evje, oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1992.



Figur 4. pH i oktober og desember 1992 målt ved overvåkingsstasjonen ved Vigeland dam nedstrøms Hunsfos Fabrikker.

Kontinuerlig registrering av pH i 1992 har imidlertid avslørt både korte og lange episoder med svært lav pH. Eksempler på dette er fra oktober og desember 1992, figur 4. Største registrerte variasjon i pH var mellom 4.6 og 5.35 på under ett døgn. Den manuelle prøvetakingen i oktober skjedde kl. 10.00 den 19.10. pH ble målt til 5.2. To timer før var den automatisk registrerte pH 5.35 og noen få timer etter var pH redusert til 4.75. I desember var pH i lange perioder under 4.6. Den manuelle prøvetakingen i desember skjedde kl. 10.25 ved Skråstad den 14.12. pH ble målt til 5.17. Få timer før var den automatisk registrerte pH 5.4 og noen få timer etter var pH redusert til 4.55. Den månedlige prøvetakingen fanger ikke opp denne store variasjonen i surhet som finner sted i vassdraget. Variasjonen kan brukes av bedriften til å identifisere forhold i prosess og drift som gir utslipp med slike effekter i vassdraget.

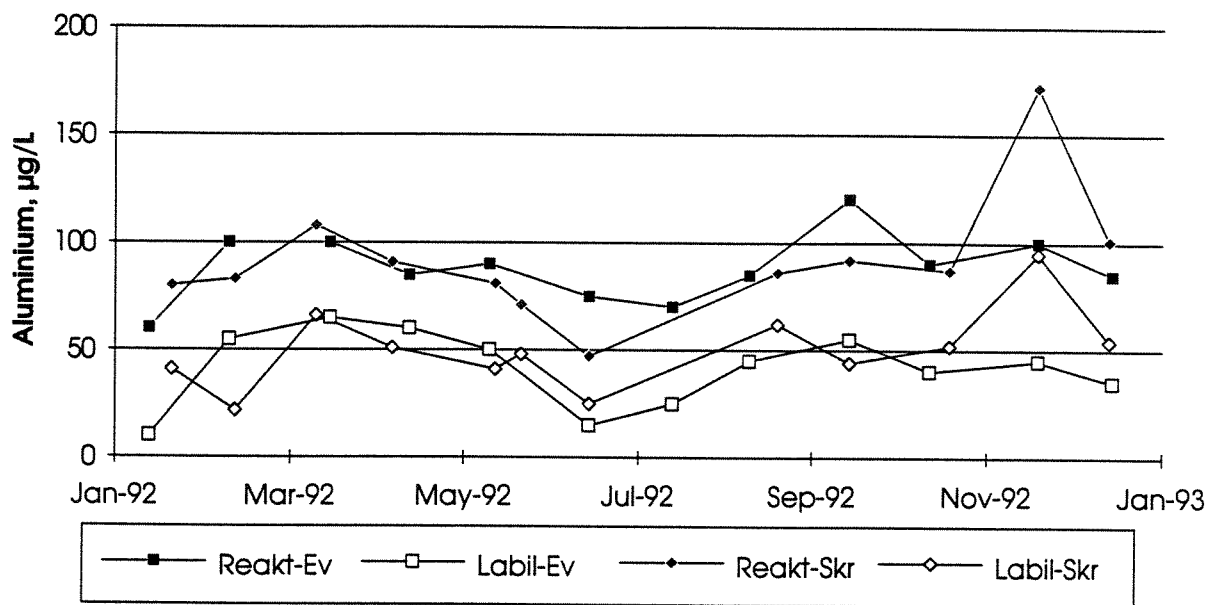
Industriutslippene bidro omtrent like mye til forsureningen som forurenset nedbør i 1980 (Wright og Grande 1981). Avløpsvannet fra blekeriets klortrinn og inndampings-kondensatene fra Hunsfos Fabrikker inneholder de største syremengdene. De dominerende syrene i de respektive avløpene er saltsyre i blekeriets klortrinn og eddiksyre og sure svovelforbindelser i kondensatene. Utslipp fra Norsk Wallboard til Otra utgjør bare 3 % av de samlede syreutslipp fra de to fabrikkene.

Figur 5 viser variasjonen i reaktivt og labilt aluminium for stasjonene Evje og Skråstad. Figuren viser at konsentrasjonen av reaktivt aluminium avtar noe eller er uforandret fra Evje til Skråstad. I november 1992 var det imidlertid en betydelig økning fra Evje og nedover i vassdraget. Det skyldes sannsynligvis en lokal flom som førte surt og aluminiumsholdig vann til Otra fra områdene nedstrøms Byglandsfjord. Dette ses også på pH, som var 5.64 ved Evje og avtok til 5.23 oppstrøms Hunsfoss.

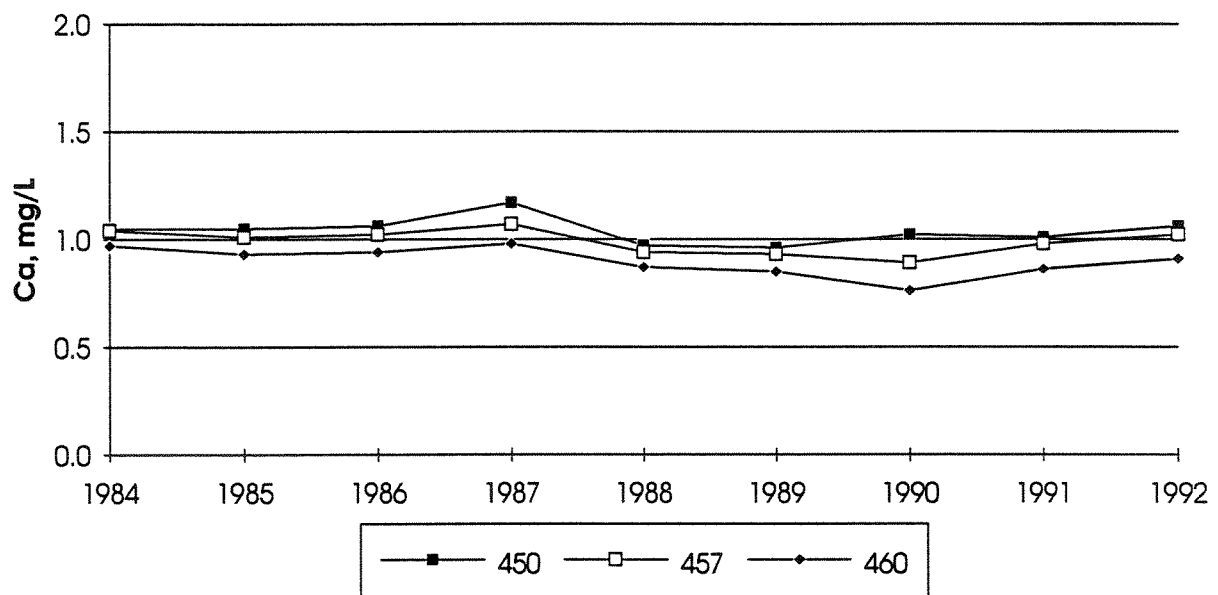
Selv om pH-nivået er vesentlig lavere nedstrøms Hunsfoss, er aluminiumsnivået altså i hovedsak omtrent det samme som ved Evje. Det skyldes at de sure tilførselene fra industriutslipp ikke inneholder aluminium på samme måte som avrenning fra forsurede nedbørfelt.

Konsentrasjonen av labilt aluminium (den giftige fraksjonen for fisk) ligger i området 50 µg/L Al med unntak av sommeren, da verdiene kan være lavere. Det antas at dette konsentrasjonsnivået og fare for dobling under lokale flommer, spesielt i terskelområdene oppstrøms Steinsfoss, gjør Otravannet oppstrøms Vennesla giftig for fisk. At det likevel finnes bestander av aure og abbor kan skyldes lokal tilpasning og at det finnes områder med bedre vannkvalitet som fisken kan oppsøke i kritiske perioder.

Forsuring kan gi en viss økning i kalsiumkonsentrasjonen i avrenningsvannet. Det motsatte vil være tilfellet ved avtakende surhet. Middelkonsentrasjonen av kalsium avtok i perioden 1987-1990 både på stasjonen oppstrøms Hunsfoss og på Vigeland. Standardavviket var lavt og avtaket signifikant. Årsaken til avtaket kan ha vært redusert belastning med sur nedbør i midtre og nedre deler av Otravassdraget, men i 1991 og 1992 har konsentrasjonen økt igjen og var i 1992 tilbake på 1985-nivået. Forholdet er ikke undersøkt nærmere.



Figur 5. Variasjoner i reaktivt (RAI) og labilt (LAI) aluminium ved stasjonene Evje og Skråstad i 1992.



Figur 6. Middelskonsentrasjoner av kalsium på stasjonene oppstrøms Hunsfoss (460), Vigeland (457) og Skråstad (450) i perioden 1984-1992.

### 3.1.2. Organisk stoff fra industri

Belastningen av organisk stoff til Otra er beskjedent fra naturens side. På stasjonene ved Evje og oppstrøms Hunsfoss lå middelkonsentrasjonene av organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk i perioden 1984-1992 på omkring 2.0 mg/L O (figur 7). Den organiske belastningen øker dramatisk nedenfor industriområdene i Vennesla. I 1992 var imidlertid middelkonsentrasjon av KOF i dette området redusert til 4 mg/L O. Fra et maksimalnivå i 1987-1988 på omkring 6 mg/L O har forurensningsbidraget dermed avtatt med 50 %, dersom en antar et bakgrunnsnivå på 2 mg/L O. Middelkonsentrasjonen var omlag 4 mg/L O ved både Vigeland og Skråstad i 1990. Maksimalkonsentrasjoner på "bare" 5.2-5.6 mg/L O ble målt i 1992 (figur 8). Dette er fortsatt høyt, men likevel en klar bedring fra årene før.

I flommen i november økte konsentrasjonen av KOF oppstrøms Hunsfoss til det doble. Dette skyldtes trolig naturlig forekommende humusstoffer som ble vasket ut fra lokale nedbørfelt under flommen.

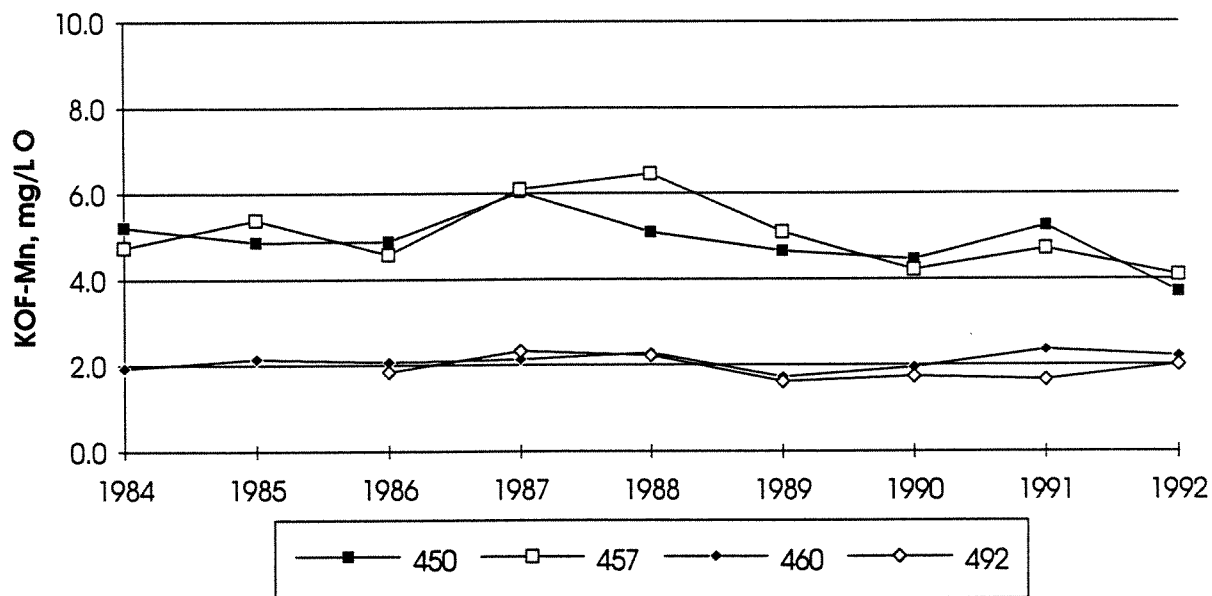
### 3.1.3. Boligkloakk og landbruksavrenning

Belastning med næringsstoffer kan føre til uønsket vekst av vannlevende planter. Dette kan i seg selv være generende eller forstyrre livsgrunnlaget for fisk og fiskens næringsdyr. Nedbrytingen av en stor plantebiomasse kan i sin tur føre til oksygensvikt og dermed dårlig vannkvalitet. I ferskvann er det oftest fosfor som er begrensende stoff for plantevekst. Overvåkingen av fosforbelastningen er derfor av stor interesse.

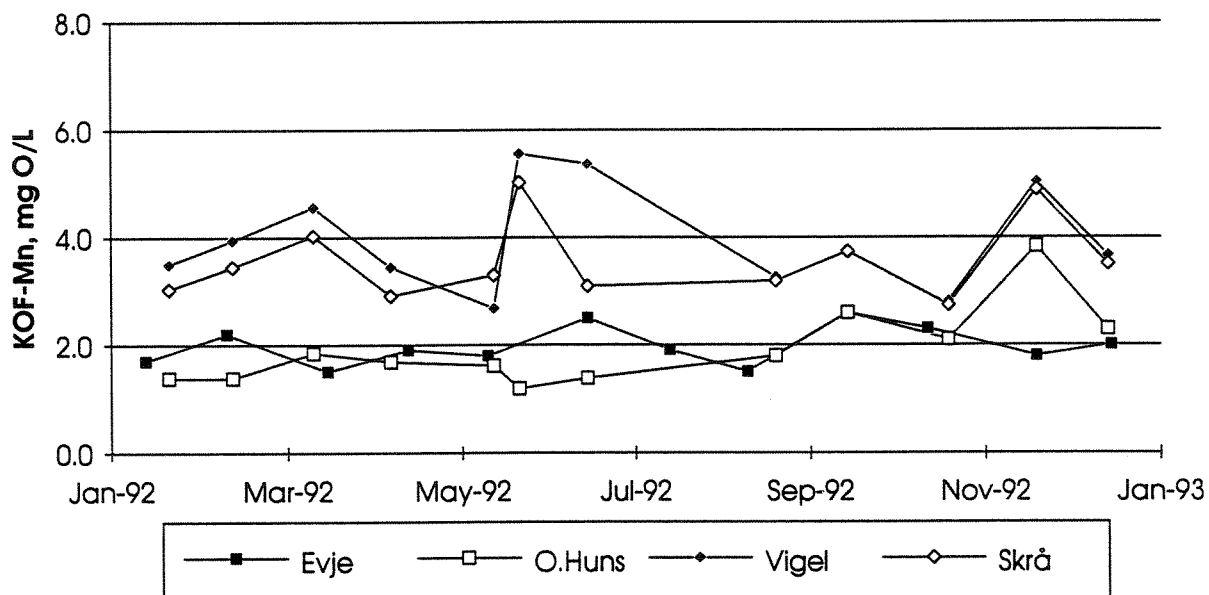
Middelkonsentrasjonen av total-fosfor ved Ose har avtatt betydelig siden 1988-1989 og fram til 1992, da den laveste middelkonsentrasjonen siden 1985 ble registrert. I juli og august 1992 var konsentrasjonene oppe i 10-11 µg/L P. Etter at stasjonen ble flyttet i september 1992 har konsentrasjonene vært lave, omkring 2 µg/L.

Middelkonsentrasjonen av total fosfor har vist en avtakende tendens for stasjonen ved Evje i perioden 1986-1990 og denne tendensen ser ut til å fortsette (figur 9). Middelkonsentrasjonen ved Evje i 1992 var 2.8 µg/L P, som kan oppfattes som karakteristisk for en upåvirket vannkvalitet. Middelkonsentrasjonen var den samme oppstrøms Hunsfoss. Eventuelle tilførsler av kloakk og landbruksavrenning på denne strekningen er derfor av liten betydning for forurensningsstuasjonen i Otra.

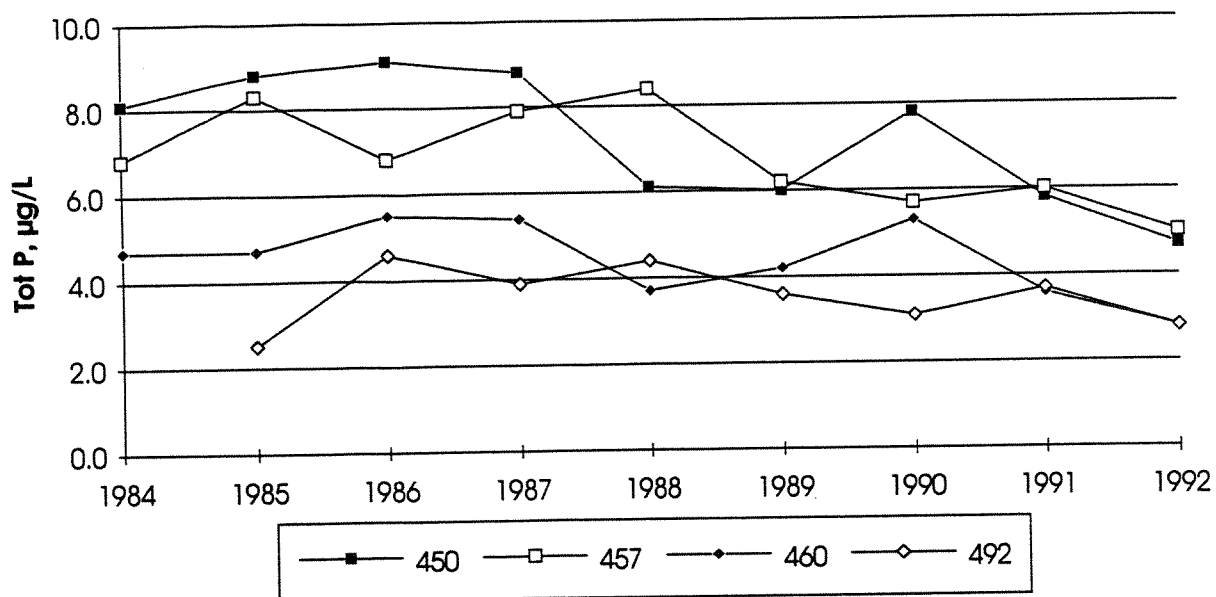
I perioden 1987-1992 har det skjedd et betydelig avtak i midlere konsentrasjon av total fosfor nedstrøms Vennesla (figur 9). I 1992 ble de laveste middelkonsentrasjonene i perioden 1984-1992 registrert, hhv. 5.0 og 4.7 µg/L P på Vigeland og Skråstad (figur 10). Forskjellen fra konsentrasjoner oppstrøms industribedriftene var 3 µg/L i hele perioden 1989-1992. Årsaken til denne reduksjonen i fosfor er betydelige rensiltak for husholdningskloakk. Høyere totalfosfor-konsentrasjon ved Skråstad enn oppstrøms Hunsfoss skyldes sannsynligvis først og fremst industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker.



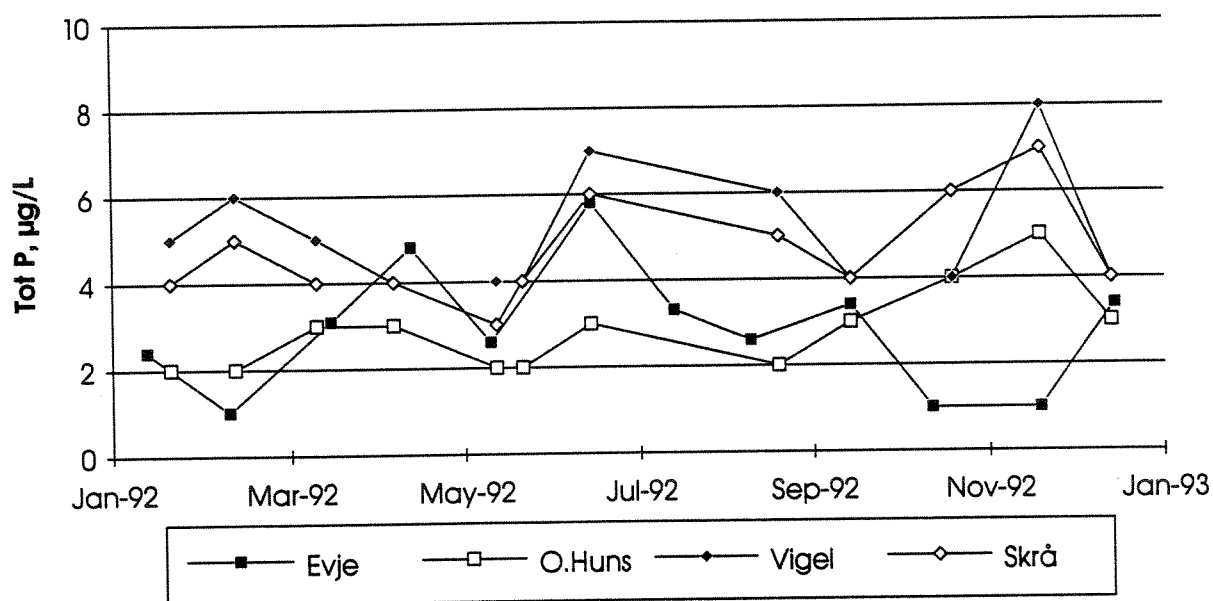
Figur 7. Middelskonsentrasjon av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk vha. kaliumpermanganat (KOF-Mn) på stasjonene Evje (492), oppstrøms Hunsfoss (460), Vigeland (457) og Skråstad (450) i perioden 1984-1992.



Figur 8. Konsentrasjonen av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk ved Evje, oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1992.

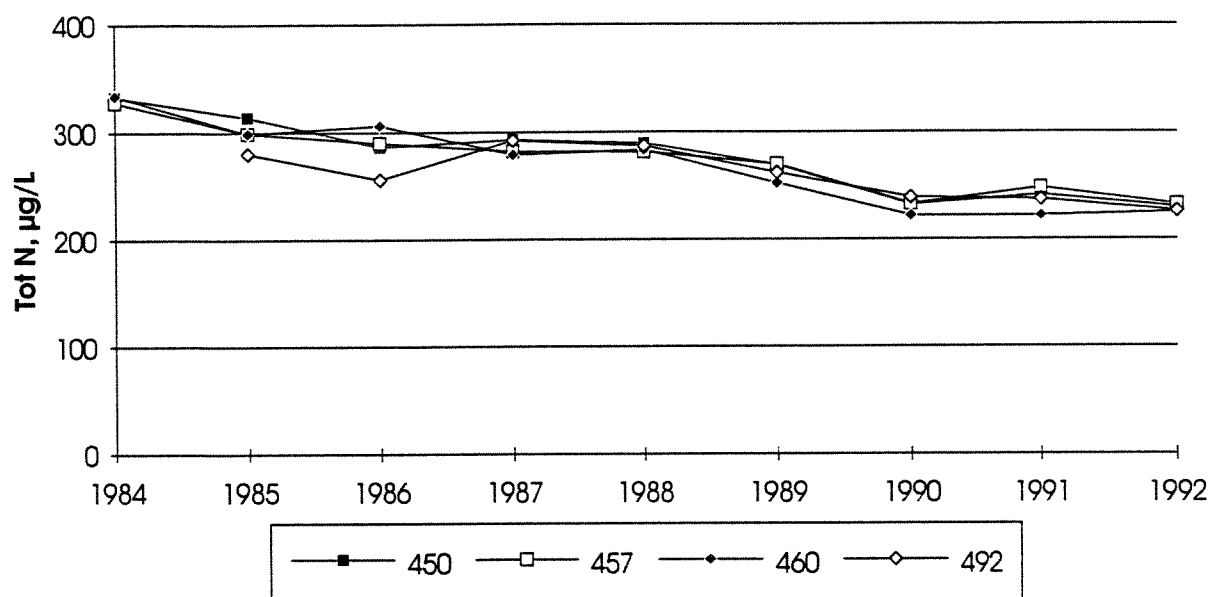


Figur 9. Årsmiddel-konsentrasjoner av total fosfor på stasjonene Evje (492), oppstrøms Hunsfoss (460), Vigeland (457) og Skråstad (450) i perioden 1984-1992.



Figur 10. Konsentrasjoner av total fosfor ved Evje, oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1992.





Figur 11. Middelkonsentrasjon av total nitrogen på stasjonene Evje (492), oppstrøms Hunsfoss (460), Vigeland (457) og Skråstad (450) i perioden 1984-1992.

Figur 11 viser at det har vært en markert og jevn reduksjon i middelkonsentrasjonen av total nitrogen på alle stasjoner nedstrøms Byglandsfjord i perioden 1984-1990. Middelkonsentrasjonen ser nå ut til å ha stabilisert seg på noe under 250 µg/L N. Årsaken til reduksjonen i total nitrogen tidlig i denne perioden kan delvis skyldes avtakende avrenning av nitrogen fra sprengstein (Hindar og Grande 1987) eller at økt fosfortilførsel har ført til økt nitrogenretensjon i Byglandsfjorden. Avtaket på samtlige stasjoner har skjedd til tross for en økende nitrogenavsetning med forurenset nedbør. Konsentrasjonen av nitrat på Skråstad har ikke avtatt i perioden. Middelkonsentrasjonen i 1992 var nær identisk med middelveiden av årsmidlene for hele perioden 1984-1992.

Nitrogenbelastningen til Otra fra boligkloakk og landbruk er tilsynelatende lav fordi det ikke skjer noen vesentlig økning i konsentrasjonen av total nitrogen fra Evje til Skråstad (figur 11). Bakgrunnsavrenning og bidrag fra forurenset nedbør er langt viktigere for konsentrasjonen av total nitrogen i Otra enn disse kildene.

## 3.2. Biologiske undersøkelser

### 3.2.1. Begroing

Det ble samlet begroingsprøver ved befaringer i vassdraget 7. juli og 8. september 1992. Ved prøvetakingen i juli var vannstanden svært lav og det var lett å få inntrykk av begroingsforholdene på alle lokaliteter. Prøvetakingsforholdene var tilfredstillende også i september. På den nederste stasjonen ved Skråstad ble prøvene i september samlet på et litt annet sted enn i juli, men dette har ikke i nevneverdig grad innvirket på resultatene av begroingsobservasjonene.

Analysen av de innsamlede begroingsprøver bekrefter det generelle inntrykk man får ved befaring i vassdraget. Det er store forskjeller mellom stasjonene i begroingens artsammensetning og artenes mengdemessige betydning.

#### Artsmangfold og dekningsgrad av primærprodusenter og nedbrytere

Begroingen oppstrøms Hunsfos Fabrikker (stasjon 1) besto vesentlig av primærprodusenter (alger og moser), mens den var preget av nedbrytere (sopp, bakterier og enkle dyr) nedstrøms Vigeland (stasjon 2-4). Figur 12 viser artsantall av primærprodusenter og nedbrytere. Nesten alle arter av nedbrytere kommer inn i begroingsamfunnet nedstrøms industribedriftene. Antall primærprodusenter reduseres, men endringen er ikke like påfallende. Det skjer forøvrig en viss økning igjen i antall primærprodusenter ned mot Skråstad (st. 4).

Begroingssamfunnet nederst i Otra kan etter dette grovt sett deles i to; ett oppstrøms industribedriftene og ett nedstrøms. Det var stor forekomst av begroing både oppstrøms og nedstrøms Vigeland. Her følger en beskrivelse av enkeltarter på stasjonene.

#### St.1. Utløp Venneslafjord

Begroingssamfunnet var preget av blågrønnalger, trådformede grønnalger og moser. Arter som trives i surt og næringsfattig vann hadde størst forekomst. Organismer som trives i denne type vannkvalitet ser ut til å forsvinne fra vassdraget nedstrøms Vigeland. Som eksempler på deres forekomst i vassdraget er vist forekomsten av blågrønnalgene *Stigonema mamillosum* og *Scytonema mirabile*, og den trådformede, forsuringbegunstigede grønnalgen *Zygonium* sp3 (17-19 µm), se figur 13. Figuren viser at *Stigonema* dekket store deler av elveleiet ved utløp av Venneslafjorden. *Zygonium* dannet her et grønnlig til rødlig "slør" over andre begroingsorganismer.

#### St.2 Vigeland, st.3 Hagen og st.4 Skråstad.

Nedbrytere hadde stor forekomst på stasjonene nedstrøms industribedriftene. Soppen *Fusarium aquaeductum* har hatt stor forekomst i denne delen av vassdraget i mange år (Wright et al. 1983). Ifølge observasjoner i 1992 har forekomsten ikke avtatt de seinere år. Rett nedstrøms Vigeland dekket soppen 50-70 % av elveleiet, se figur 14 og dannet et

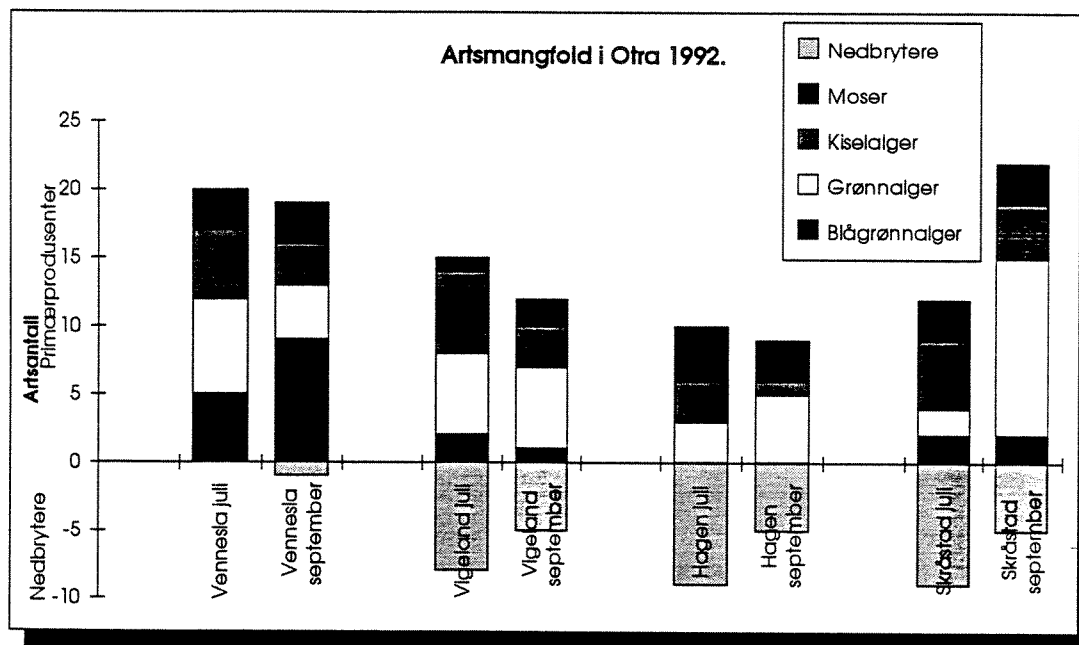
gråhvitt belegg. Mengden avtok raskt nedover i vassdraget. Ved Hagen (st.3) vokste den fortrinnsvis i hurtigstrømmende områder som hvite dusker på mose og annen vegetasjon. Her dekket den 15-20 % av elveleiet. Ved Skråstad (st.4) var den ikke lenger synlig, men utgjorde likevel et markert innslag i begroingen.

Blant primærprodusentene var begroingsamfunnet preget av noen få arter av grønnalger, kiselalger og moser. Blågrønnalgene så nesten ut til å være forsvunnet fra vassdraget. Deres forekomst er framstilt i figur 15. Verken *Eunotia* eller *Hormodiopsis* hører med til gruppen av organismer som vanligvis får økt forekomst når nøytrale til svakt sure vassdrag tilføres forurensninger fra landbruk og vanlig kloakk. De spesielle forhold som råder i Otra, med stor tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale i utpreget surt miljø, er trolig årsak til at disse noe uvanlig forekommende algene får stor forekomst nedstrøms Vigeland.

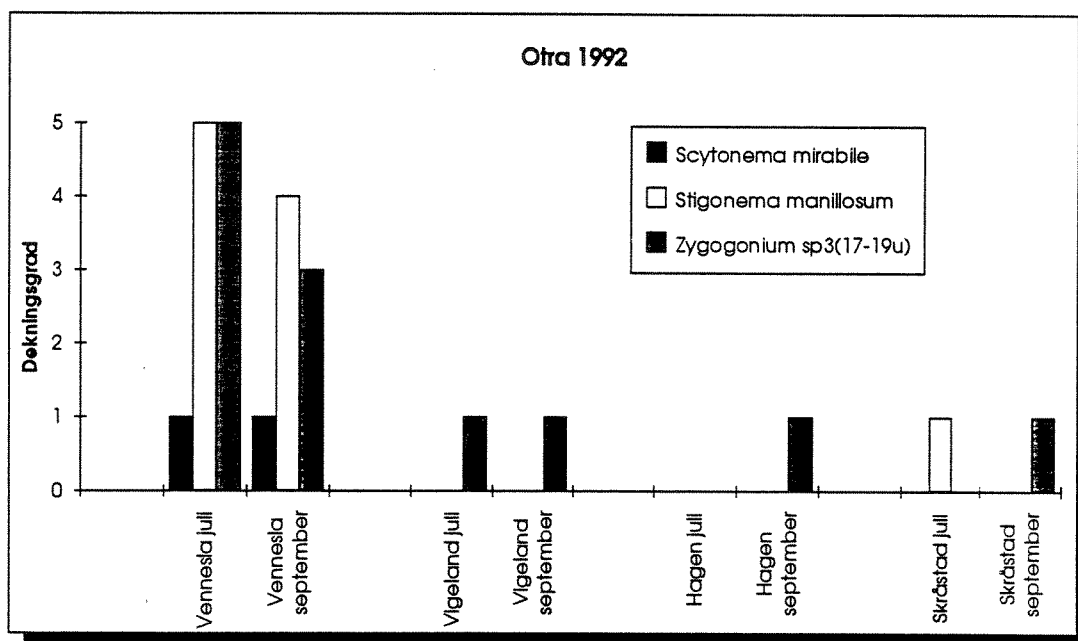
Et viktig innslag i vegetasjonen var krypsiv (*Juncus bulbosus*). Denne arten hører ikke tradisjonelt med til begroing. Det er foretatt en omfattende kartlegging av denne veksten (Rørslett 1986). Hovedkonklusjonen var at: "Vannvegetasjon dekker 48% av Venneslafjord. Krypsiv utgjør hoveddel av denne vegetasjonen. Vegetasjonen hindrer bruk av innsjøen. Det har blitt mer vegetasjon de siste 10 åra. Forsuring alene kan ikke forklare den observerte utviklingen. De endrete hydrologiske forholdene er også gunstige for utvikling av krypsiv."

For annen begroingen danner krypsiv et stabiliserende element og er et velegnet substrat for vekst av alger, for soppen *Fusarium* og andre nedbrytere. Krypsiv var til stede i områder med moderat til langsom vannhastighet både oppstrøms og nedstrøms Vigeland.

Til tross for ubetydelige forurensningstilførsler oppstrøms Vennesla bidrar reguleringen av elva til fysisk stabilisering av vassdraget. Derved legges forholdene til rette for etablering av langsomtvoksende og flerårige organismer. Den sure vannkvaliteten bidrar dessuten til at omsetningen av biologisk materiale går langsomt. Totalt foregår det en akkumulering av krypsiv, moser og alger som gjør elva overgrodd og lite tiltalende å se på.

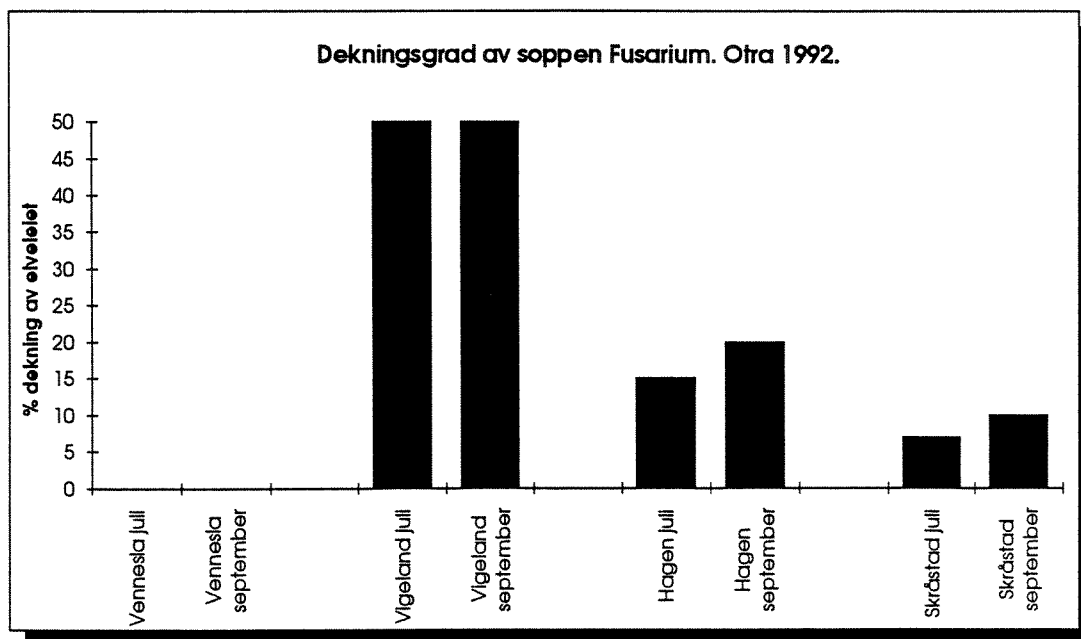


Figur 12. Artsmangfold av primærprodusenter (alger og moser) og nedbrytere (sopp, bakterier og enkle dyr) i Otra den 7. juli og 8. september 1992.

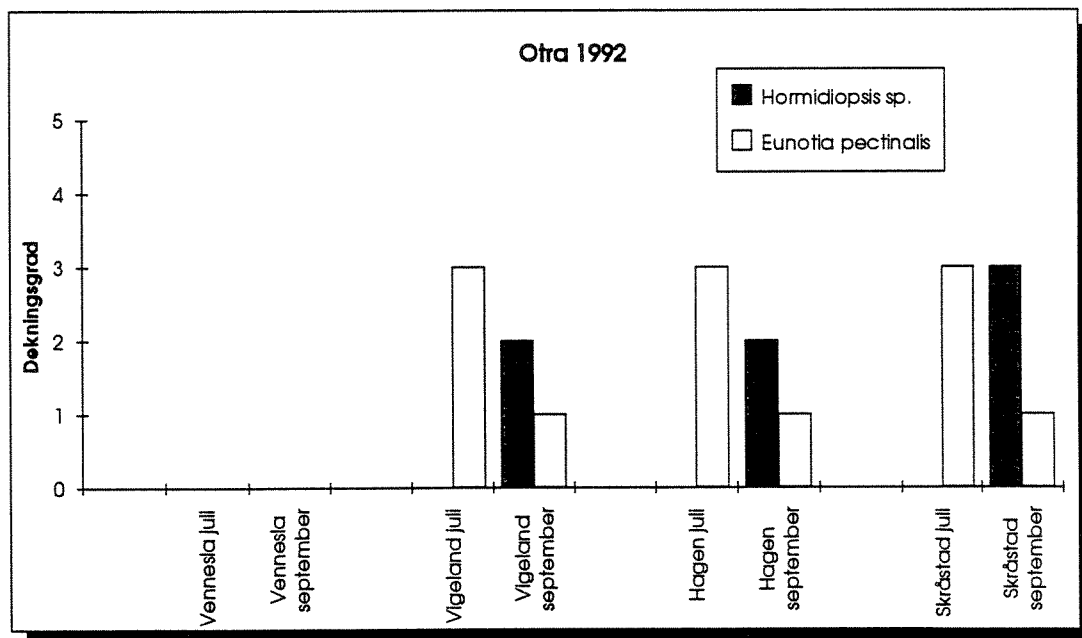


St.2

Figur 13. Mengdemessig forekomst av tre alger som har stor forekomst i Otra oppstrøms Vigeland i 1992.



Figur 14. Elveleiets prosentvise dekning av soppen *Fusarium aquaeductum* i Otra i 1992.



Figur 15. Dekningsgrad av to blågrønnalger med stor forekomst nedstrøms Vigeland i Otra i 1992.

### 3.2.2 Bunndyr

Bunndyr er en gruppe organismer som omfatter arter med svært forskjellige egenskaper. Det finnes ekstreme rentvannsarter og det er arter som er meget tolerante overfor forurensninger. Dette er en nødvendig forutsetning for å kunne bruke dem i overvåkning og klassifisering av forurensede resipienter. Bunndyrsamfunnene er viktige for omsetningen av organisk materiale i vassdragene og derved for vassdragenes selvrensningsevne. Bunndyrene har også en viktig funksjon som næring for fisken i vassdragene.

Sammensetningen av et dyresamfunn på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange populasjonene i et samfunn har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil også bunndyrsamfunnet endres. Ved å analysere bunndyrsamfunnets sammensetning vil det derfor være mulig å få fram informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten (Aanes og Bækken 1989). Bunndyrene gir gjennom sitt livsløp et integrert bilde av forholdene i vassdraget over lengre tid.

Bunndyrene ble tatt på to stasjoner i Otra. En stasjon (UTM 593 396) var plassert oppstrøms Hunsfoss, langs vestre elvebredd nedenfor utløpet av Venneslafjorden. Dette stedet har vært prøvetakingssted for bunndyr siden 1983. Elva går her over et bunnsubstrat av stein, grus og sand, med endel innslag av krypsiv og mose. Den andre stasjonen (UTM 573 386) var plassert nedstrøms Vigeland, langs østre elvebredd. Denne stasjonen har også tidligere vært brukt til prøvetaking av bunndyr. Bunnsubstratet består hovedsakelig av stein, grus og noe sand, samt en del mose. Stedet har en del fiberrester og en betydelig begroing av soppen *Fusarium* sp.

Bunndyrprøvene som er bearbeidet og vurdert i denne rapporten ble samlet inn den 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91 og 06.07.92. Prøvene ble samlet inn ved hjelp av en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det ble brukt en elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt. Prøvene ble konservert i 70% etanol.

#### Oppstrøms Hunsfoss

Oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende bunndyrgruppen i materialet i undersøkelsesperioden (figur 16, tabell 3). Andre vanlige grupper var vannmidd, børstemark, døgnfluer, vårfluer og rundmarker. I materialet fra 1992 manglet larver av døgn- og steinfluer. Disse gruppene er tidligere registrert ved sommerprøvetakingen, men bare i små mengder. Antall individer i de enkelte bunndyrgruppene varierte noe fra år til år, men variasjonene lå innenfor naturlige populasjonssvingninger. Mengdene og fordelingen av gruppene i bunnfaunaen var stort sett i samme størrelsesområde som tidligere år (1983-86).

Døgnfluefaunaen besto i perioden 1987-1991 utelukkende av arten *Leptophlebia vespertina* (tabell 4). At denne arten var borte fra materialet 1992 kan være knyttet til tilfeldigheter under prøvetakingen (bl.a. høy vannstand). Dette er først og fremst en innsjøart, men vil ofte være å finne i elver nedstrøms innsjøer. Den er også en av de få døgnflueartene som er

meget tolerant overfor surt vann (Bækken og Aanes, 1990). I forsurede elver ser en ofte at mengden av *Leptophlebia vespertina* øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner.

Blant steinflueartene var *Leuctra fusca* den vanligste (tabell 4). Arten var til stede i bunndyrmaterialet fra 1991, men ikke i 1992. Denne arten er tolerant overfor forsurening. Den andre registrerte steinfluearten var *Siponoperla burmeisteri*. Den ble bare funnet i 1990. Arten er forholdsvis forsureningstolerant.

Vårfluefaunaen besto av arter som alle har toleranse overfor surt vann (tabell 4). Med unntak av *Oxyethira* sp. var alle nettspinnende arter. De lager nett som filtrerer næringspartikler ut av vannmassene. Artene er spesielt vanlige ved utløp av innsjøer der de filtrerer partikler som driver ut av sjøen. I 1991 ble det registrert en ny vårflueart i materialet, nemlig *Neuroclipsis bimaculata*.

Samlet sett er bunndyrsamfunnet ved denne stasjonen en typisk utløpspåvirket fauna som også viser at vassdraget er forsureningsskadet.

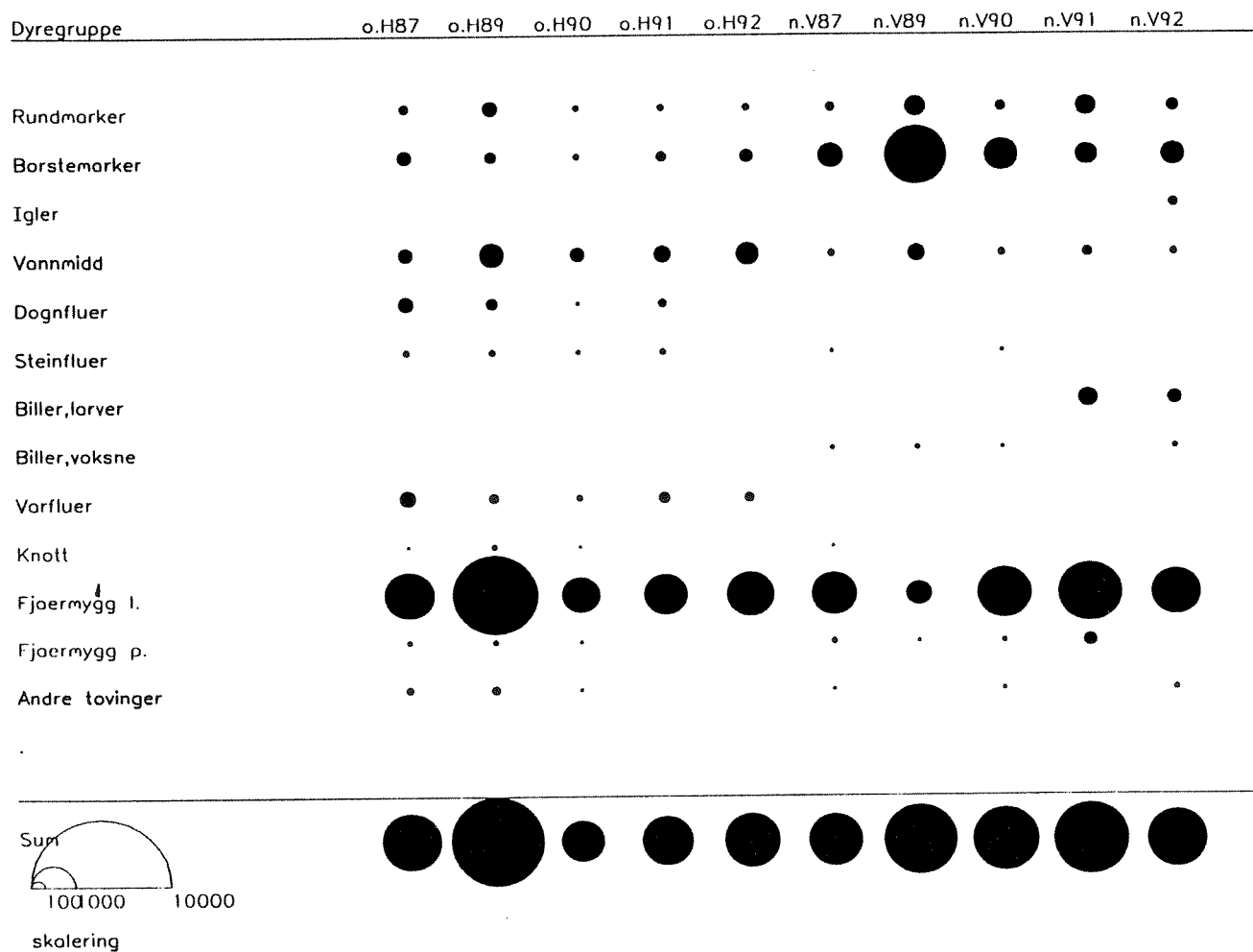
### **Nedstrøms Vigeland**

Ved undersøkelsen i 1975 (Laake 1976) fant vi at det fra perioden 1960-1961 hadde skjedd en forandring i bunndyrsamfunnet nedstrøms Hunsfoss i retning av økt dominans av børstemark (Oligochaeter). Tidligere var fjærmygglarver (Chironomider) det mest typiske faunaelement. Døgnfluer var også til stede tidligere, men ble overhodet ikke påvist i perioden 1983-1986, eller i perioden 1987-1992.

Nedstrøms Vigeland var den totale mengden bunndyr i perioden 1987-92 stort sett den samme som oppstrøms Hunsfoss. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet var imidlertid forskjellig. Børstemark utgjorde en betydelig andel av faunaen nedstrøms Vigeland (figur 16, tabell 3). I 1989 var børstemark den klart dominerende bunndyrgruppen. Dette er en sterk indikasjon på tilførsler av organiske forurensninger. Tilsvarende forhold ble også registrert i perioden 1983-86 (Hindar og Grande 1987). I perioden 1987-1992 har den andre store gruppen, nemlig fjærmygglarver, stor tetthet og ser ut til å ha økt de tre siste årene. I 1991 utgjorde denne dyregruppen 72% av hele bunndyrsamfunnet på denne stasjonen.

Verken døgnfluer eller vårfluer ble registrert nedstrøms Vigeland. Steinfluer ble bare sporadisk funnet (tabell 4). Liknende forhold ble også registrert i 1983-86 og er samlet sett et resultat av den organiske belastningen i elva fra Hunsfos Fabrikker. Lav pH har også en begrensende effekt på bunnfaunaen i denne delen av vassdraget. I året 1992 er to andre dyregrupper kommet til, nemlig igler og larver av biller. Økende dominans av fjærmygglarver og disse nye innslagene kan tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i den siste delen undersøkelsesperioden.

Otravassdraget. Bunndyr oppstr. Hunsfos fabrikker og nedstr. Vigeland 12.08.87,  
30.07.89, 30.07.90, 07.07.91 og 06.07.92. Antall pr 3\*1min sparkeprobe.



Figur 16. Bunndyr oppstrøms Hunsfos Fabrikker (o.H) og nedstrøms Vigeland (n.V) i årene 1987 og 1989-1992.



Tabell 3. Bunndyr oppstrøms Hunsfos fabrikker og nedstrøms Vigeland i Otra 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91 og 06.07.92. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

	O. Hunsfoss					N. Vigeland				
	87	89	90	91	92	87	89	90	91	92
Rundmarker	44	120	20	32	32	44	232	56	208	80
Børstemarker	108	72	24	56	96	352	1920	568	256	288
Igler										48
Vannmidd	104	304	108	152	272	32	152	28	48	32
Døgnfluer	120	72	8	40						
Steinfluer	20	24	12	22		8		8		
Biller, larver									192	112
Biller, voksne						12	16	8		16
Vårfluer	128	48	24	64	48					
Knott	4	16	4			4				
Fjærmygglarver	1248	3664	740	984	1152	1056	344	1520	2048	1248
Fjærmyggpupper	16	16	8			20	8	16	96	
Andre tovinger	28	40	4			4		8		16
<b>Sum</b>	<b>1820</b>	<b>4376</b>	<b>952</b>	<b>1350</b>	<b>1600</b>	<b>1532</b>	<b>2680</b>	<b>2212</b>	<b>2848</b>	<b>1840</b>

Tabell 4. Døgn-, stein- og vårfluearter oppstrøms Hunsfoss og nedstrøms Vigeland i Otra 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91 og 06.07.92. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

	O. Hunsfoss					N. Vigeland				
	87	89	90	91	92	87	89	90	91	92
<b>Døgnfluer</b>										
Leptohplebia vespertina	120	72	8	40						
<b>Steinfluer</b>										
Siphonoperla burmeisteri				4						
Leuctra fusca	20	24	8	22		8		8		
<b>Vårfluer</b>										
Oxyethira sp.	48	8								
Plectrocnemia conspersa	48	16	16							
Polycentropus flavomaculatus	32	16		40	48					
Neureclipsis bimaculata				24						
Hydropsyche sp.			8							

Ved tilførsler av organisk stoff til en resipient vil bunndyrsamfunnets respons være avhengig av den mengden som tilføres, typen av stoff og hvilke egenskaper det har. Lett nedbrytbare stoffer vil føre til rask vekst av mikroorganismer med stort forbruk av oksygen. Særlig i sakteflytende elver vil dette medføre oksygenmangel og totalt endre faunaen. Tungt nedbrytbare stoffer vil også gi grobunn for mikroorganismer, men i mye mindre grad. I det fiberrike bunnssubstratet nedstrøms Vigeland vises dette ved en tett bestand av soppen *Fusarium* sp. Tilførsler av organiske stoffer vil også medføre økt partikkelinnhold og en tilslamming av bunnssubstratet. Tilslammingen medfører at små hulrom mellom steiner, grus og sand tettes til. Dette er viktige tilholdssteder for den vanlige bunnfaunaen i elvene. Også den delen av faunaen som lever dypere nede i bunnssubstratet vil bli vesentlig redusert.

De endrede forholdene som følger forurensningene reduserer den normale bunnfaunaen, men kan favorisere enkelte andre arter/grupper. Dette vil i særlig grad være arter/grupper som kan nyttiggjøre seg det organiske slammet med mikroorganismer som næring og skjul og samtidig tåle redusert oksygeninnhold i vannet. Børstemarker er en gruppe som kan blomstre opp under slike forhold, men også enkelte arter av fjærmygg vil favoriseres. Noen arter av steinfluer, døgnfluer og vårfluer kan også tolerere en viss grad av organisk forurensning, men de fleste forsvinner. Ved stasjonen nedstrøms Vigeland, synes bunndyrsamfunnets sammensetning først og fremst å være et resultat av organisk forurensning. Bunndyrsamfunnet er imidlertid i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forsureningen i vassdraget.

Ved undersøkelser i 1988 (Brabrand 1989) ble det ikke påvist laks- eller aureunger på denne strekningen i Otra. Det er derfor ubetydelig beitetrykk på bunndyrene her. Den relativt rike forkomsten av bl.a. fjærmyggglarver nedenfor industribedriftene i Vennesla representerer sannsynligvis tilstrekkelig næring for produksjon av noe laksefisk, iallfall deler av året. Den raske veksten som ble registrert av utsatt bekkerøye tidlig på 1980-tallet (Boman og Grande 1985) tyder på det.

## 4. REFERANSER

- Aanes, K.J. og Bækken, T. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 1. Generell del. SFT/NIVA-rapport 2278.
- Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Brabrand, Å. 1989. Fiskeribiologiske undersøkelser i nedre Otra med Kilefjorden, Gåseflåfjorden og Venneslafjorden. Rapport 114/89, LFI, Oslo. 24 s.
- Bækken, T. og Aanes, K.J. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 2A. Forsuring. SFT/NIVA-rapport 2491.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.
- Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. 1991. Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 472/91. 68 s.
- Laake, M. 1976. Undersøkelser av forurensningsvirkninger i Nedre Otra. Utført for Vassdragsrådet for Nedre Otra 1973-75. O-12/73, NIVA, Oslo. 155 s.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. O-86094, NIVA. 25 sider.
- Tryland, Ø. 1983. Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard, juli-oktober 1982. O-82067, NIVA, Oslo. 24 s.
- Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/81. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 55 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.

## 5. VEDLEGG

### 5.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1992.

- Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 46 s.
- Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 45 s.
- Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.
- Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. 1991. Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 472/91. 68 s.
- Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking. Overvåkingsrapport 249/86. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 40 s.
- Traaen, T.S. og Johannessen, M. 1988. Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 301/88. NIVA O-800208- 08.
- Tryland, Ø. 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/81. O-80002085, SFT/NIVA, Oslo. 27 s.
- Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/81. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 55 s.
- Wright, R. F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 23 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.

## 5.2. Primærdata 1991-1992.

Forklaring til tabellene:

<u>Tabellforkortelse:</u>		<u>Enhet:</u>
pH		- log [H <sup>+</sup> ]
ALK-E	alkalitet	µekv/L, titr. til pH 4.5 og korrigert til ekv.pkt.
K25	konduktivitet	mS/m, ved 25°C
Ca	kalsium	mg/L Ca
Mg	magnesium	mg/L Mg
Na	natrium	mg/L Na
K	kalium	mg/L K
SO <sub>4</sub>	sulfat	mg/L SO <sub>4</sub>
Cl	klorid	mg/L Cl
TOTN	tot. nitrogen	µg/L N
NO <sub>3</sub> N	nitrat	µg/L N
TOTP	tot. fosfor	µg/L P
PERM	org. stoff (KOF-Mn)	mg/L O
RAL	reaktivt aluminium	µg/L Al
ILAL	ikke-labilt Al	µg/L Al
LAL	labilt Al	µg/L Al
Turb	turbiditet	FTU
TOC	tot. organisk karbon	mg/L C

### Stasjoner i Otra 1992:

535	Ose
492	Evje
460	Oppstrøms Hunsfoss
458	Hallandsfoss
457	Vigeland
450	Skråstad

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOTP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	Turb FTU
535	17.1.91	5.75	17	2.20	1.11	0.24	1.36	0.88	2.50	2.3	550	205	3	2.40	65	50	0.36
535	11.2.91	6.11	16	1.40	0.95	0.19	0.99	0.17	1.80	1.8	195	165	3	<1	30	<20	0.26
535	23.3.91	5.88	13	2.10	1.18	0.31	1.16	0.21	2.90	1.8	280	205	4	2.20	100	70	0.25
535	17.4.91	5.54	0	1.60	0.82	0.23	1.13	0.22	2.50	1.8	430	140	6	3.20	150	95	0.30
535	13.5.91																
535	17.6.91	5.58	6	1.30	0.60	0.16	0.89	0.14	2.20	1.2	330	135	4	2.50	125	50	0.29
535	17.7.91	5.57	4	1.10	0.54	0.13	0.66	0.15	2.20	1.0	265	85	4	2.90	100	50	0.39
535	22.8.91	6.17	26	1.90	0.78	0.19	1.36	1.40	2.20	3.6	610	140	8	1.40	30	20	0.64
535	13.9.91	5.95	15	1.50	0.96	0.27	0.95	0.43	2.40	1.8	590	520	6	<1	25	20	0.54
535	18.10.91	5.66	10	1.70	1.04	0.24	1.16	0.28	2.80	1.6	260	130	6	3.50	140	90	0.25
535	25.11.91	6.00	14	1.30	0.76	0.14	0.86	0.10	1.90	1.5	220	150	6	1.00	60	55	0.30
535	18.12.91	5.43	10	2.20	1.21	0.34	1.35	0.46		2.1	325	260	4	4.00	215	120	0.28
Middel		5.79	12	1.66	0.90	0.22	1.08	0.40	2.34	1.9	369	194	5	2.57	95	62	0.35
St.awik		0.25	7	0.39	0.22	0.07	0.23	0.40	0.35	0.7	152	118	2	0.96	60	32	0.13
Maks		6.17	26	2.20	1.21	0.34	1.36	1.40	2.90	3.6	610	520	8	4.00	215	120	0.64
Min		5.43	0	1.10	0.54	0.13	0.66	0.10	1.80	1.0	195	85	3	1.00	25	20	0.25

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOTP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	Turb FTU
492	14.1.91	5.67		1.70							240		3	1.90	85	45	0.22
492	11.2.91	5.80		1.50							265		2	1.40	65	45	0.23
492	10.3.91	5.86		1.50							200		3	1.30	70	45	0.29
492	17.4.91	5.85		1.50							250		5	1.50	90	35	0.22
492	13.5.91	5.72		1.50							240		3	2.10	85	30	0.56
492	11.6.91	5.74		1.40							200		4	1.60	95	40	0.26
492	17.7.91	5.56		1.50							300		4	2.30	80	55	0.38
492	12.8.91	5.72		1.30							235		7	1.20	75	30	0.20
492	16.9.91	5.79		1.40							220		2	1.10	70	40	0.19
492	14.10.91	5.74		1.50							190		<2	<1	75	50	0.20
492	11.11.91	5.63		1.50							310		<2	2.10	90	60	0.28
492	9.12.91	5.75		1.40							195		<2	<1	75	30	0.28
Middel		5.74		1.48							237		4	1.65	80	42	0.28
St.awik		0.09		0.10							40		2	0.42	9	10	0.10
Maks		5.86		1.70							310		7	2.30	95	60	0.56
Min		5.56		1.30							190		2	1.10	65	30	0.19



LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOTP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	Turb FTU
457	17.1.91	5.20		2.33	0.96	0.37					233		3	2.57			
457	13.2.91	5.24		2.11	0.95	0.35					212		3	2.83			
457	13.3.91	5.19		2.23	0.96	0.39					258		4	2.49			
457	17.4.91	5.21		2.08	0.89	0.32					239		4	3.62			
457	22.5.91	5.34		2.46	1.02	0.54					222		4	5.55			
457	12.6.91	5.34		2.24	0.94	0.51					204		5	3.10			
457	17.7.91	4.92		3.17	1.03	0.62					224		9	11.80			
457	22.8.91	5.51		2.21	0.95	0.47					380		11	5.29			
457	16.9.91	4.97		2.59	0.84	0.60					197		4				
457	15.10.91	5.36		2.44	1.02	0.47					233		4	4.33			
457	12.11.91	5.00		3.04	1.12	0.48					308		13	5.21			
457	10.12.91	5.19		2.53	1.03	0.58					269		8	4.98			
Middel		5.21		2.45	0.98	0.48					248		6	4.71			
St.avvik		0.17		0.35	0.07	0.10					52		3	2.62			
Maks		5.51		3.17	1.12	0.62					380		13	11.80			
Min		4.92		2.08	0.84	0.32					197		3	2.49			

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOTP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	Turb FTU
450	17.1.91	5.20	-17	2.50	1.01	0.42	1.71	0.22	3.30	2.8	233	129	10	3.52	93	25	
450	13.2.91	5.25	-4	2.33	0.99	0.44	1.50	0.21	3.90	2.5	230	135	3	3.72	68	20	
450	13.3.91	5.22	-8	2.33	1.02	0.41	1.51	0.19	3.60	2.6	258	155	4	3.18	75	18	
450	17.4.91	5.11	-4	2.25	0.90	0.25	1.45	0.18	3.30	2.4	239	134	4	2.94	82	25	
450	22.5.91	5.40	0	2.43	1.01	0.56	1.56	0.22	3.60	2.5	234	107	4	5.02	71	23	
450	12.6.91	5.27	1	2.58	1.00	0.61	1.59	0.21	4.30	2.3	210	105	6	4.33	65	21	
450	17.7.91	4.87	-15	3.51	1.13	0.75	2.08	0.22	5.50	3.1	218	67	9	11.70	98	24	
450	22.8.91	5.31	3	2.63	0.98	0.66	1.66	0.18	5.70	1.7	228	65	8	4.60	66	34	
450	16.9.91	5.26	-6	2.05	0.82	0.38	1.26	0.15	3.40	2.3	237	74	5	6.59	61	15	
450	15.10.91	5.24	1	2.56	1.02	0.57	1.71	0.24	4.60	2.4	233	111	5	4.83	86	32	
450	12.11.91	4.88	-10	3.54	1.18	0.70	2.24	0.33	5.70	3.5	314	150	7	6.74	178	83	
450	10.12.91	5.29	0	2.55	1.04	0.76	1.73	0.24	5.00	2.8	257	147	5	5.71	105	51	
Middel		5.19	-5	2.61	1.01	0.54	1.67	0.22	4.33	2.6	241	115	6	5.24	87	31	
St.avvik		0.16	7	0.46	0.09	0.16	0.27	0.04	0.95	0.4	27	32	2	2.38	32	19	
Maks		5.40	3	3.54	1.18	0.76	2.24	0.33	5.70	3.5	314	155	10	11.70	178	83	
Min		4.87	-17	2.05	0.82	0.25	1.26	0.15	3.30	1.7	210	65	3	2.94	61	15	



OT92-93.XLS

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOIN µg/L N	NO3N µg/L N	TOIP µg/L P	PERM mg/L C	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L Al	TOC mg/L C
450	21/01/92	5.36	2	2.20	0.98	0.37	1.47	0.21	3.4	2.4	243	139	4	3.03	80	39	41	
450	12/02/92	5.74	6	2.67	1.40	0.57	1.64	0.23	4.6	2.8	242	148	5	3.45	83	61	22	
450	11/03/92	5.20	-5	2.77	1.04	0.67	1.64	0.25	3.4	3.3	281	185	4	4.02	108	42	66	
450	07/04/92	5.19	-5	2.38	1.00	0.36	1.65	0.27	3.4	3.0	233	141	4	2.91	91	40	51	
450	13/05/92	5.42	-5	2.16	0.91	0.40	1.42	0.20	3.7	2.3	218	137	3	3.30	81	40	41	2.7
450	22/05/92	5.40	0	2.43	1.01	0.56	1.56	0.22	3.6	2.5	234	107	4	5.02	71	23	48	
450	15/06/92	5.49	11	2.15	1.00	0.38	1.33	0.15	3.7	2.1	192	79	6	3.10	47	22	25	2.2
450	07/07/92	6.35	31	2.50	1.01	0.82	1.55	0.44	3.3	3.3	485	73	10	2.37	25	20	5	3.1
450	08/07/92	6.11	10	2.01	0.94	0.42	1.23	0.26	2.7	2.5	270	76	6	1.57	31	20	11	2.1
450	09/07/92	6.05	30	2.32	1.29	0.59	1.77	0.34	3.3	3.0	311	80	9	1.80	29	19	10	2.3
450	10/07/92	6.03	24	2.28	1.39	0.50	1.62	0.24	2.9	3.0	210	78	13	1.53	29	19	10	1.7
450	11/07/92	6.03	36	5.57	1.53	0.95	5.59	0.57	4.2	10.9	458	82	12	1.76	26	15	11	
450	12/07/92	6.09	35	9.96	1.66	1.61	11.50	0.92	5.5	24.0	468	77	9	1.88	23	19	4	
450	13/07/92	6.11	31	44.18	3.56	7.24	58.00	2.37	18.0	106.0	203	75	7	1.49	23	22	1	
450	14/07/92	6.12	27	34.20	2.98	5.59	46.50	1.86	14.0	88.0	200	83	6	1.34	26	22	4	1.5
450	15/07/92	6.13	39	66.20	4.83	11.96	89.00	3.57	23.0	160.0	201	88	6	1.65	23	19	4	2.1
450	16/07/92	6.54	87	236.00	14.70	41.00	335.00	13.00	90.0	640.0	209	82	5	2.18	27	26	1	8.0
450	17/07/92	6.41	50	105.00	6.88	16.90	148.00	5.50	39.0	260.0	299	84	5	1.80	24	15	9	4.0
450	20/08/92	5.02	-12	2.79	1.07	0.42	1.71	0.22	4.1	3.4	185	85	5	3.19	86	24	62	2.4
450	14/09/92	5.37	-5	2.25	1.01	0.29	1.61	0.20	2.9	3.1	228	107	4	3.73	92	48	44	2.6
450	19/10/92	5.16	-4	2.23	1.00	0.36	1.45	0.20	3.5	2.3	209	102	6	2.74	87	35	52	2.4
450	19/11/92	4.86	-14	2.96	1.19	0.42	2.14	0.26	4.0	3.4		136	7	4.88	172	77	95	4.4
450	14/12/92	5.17	-9	2.28	1.03	0.33	1.59	0.21	3.0	2.6	230	135	4	3.51	101	47	54	2.9

OT92-93.XLS

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOIN µg/L N	NO3N µg/L N	TOIP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L A	Turb FTU	TOC mg/L C
535	23/01/92	5.97	15	1.70	0.98	0.21	1.11	0.16	2.0	3.7	280	135	1.0	1.5	55	40	15	0.30	
535	26/02/92	5.91	20	1.51	0.89	0.21	1.24	0.32	3.0	2.3	185	130	2.1	2.3	70	65	5	0.35	
535	01/04/92	6.25	17	1.40	0.92	0.19	1.00	0.16	1.2	1.9	170	125	2.6	1.0	40	25	15	0.15	
535	24/04/92	6.08	15	1.60	1.24	0.21	0.96	0.17	2.0	2.1	180	140	2.4	1.5	55	25	30		1.26
535	27/05/92	5.54	11	1.38	0.59	0.16	1.20	0.43	1.6	1.9	500	70	4.6	2.6	115	60	55		3.20
535	19/06/92	5.8	7	1.40	0.55	0.15	1.06	0.13	1.0	2.0	170	85	3.3	1.4	60	35	25		2.55
535	24/07/92	5.75	8	1.39	0.64	0.17	1.00	0.17	2.3	1.7	260	90	11.0	2.0	75	35	40		3.05
535	17/08/92	5.28	4	1.84	0.85	0.20	1.21	0.25	3.2	1.9	270	80	10.0	5.5	175	105	70		4.21
535	16/09/92	5.53		1.58	0.68	0.14	1.03	0.10	2.0	1.6	180	75	3.4	3.5	125	75	50		2.90
535	12/10/92	6.12	11	1.34	0.77	0.16	0.99	0.12	2.7	1.8	130	105	1.0	1.3	40	30	10		1.49
535	09/11/92	5.7	5	1.47	0.81	0.18	0.95	0.14	2.6	1.5	210	120	2.4	3.2	120	80	40		2.89
535	15/12/92	6.01	14	1.37	0.83	0.18	0.98	0.13	2.4	1.5	175	110	1.0	1.5	55	50	5		1.57
Average		5.83	12	1.50	0.81	0.18	1.06	0.19	2.2	2.0	226	105	3.7	2.3	82	52	30	0.27	2.57
Max		6.25	20	1.84	1.24	0.21	1.24	0.43	3.2	3.7	500	140	11.0	5.5	175	105	70	0.35	4.21
Min		5.28	4	1.34	0.55	0.14	0.95	0.10	1.0	1.5	130	70	1.0	1.0	40	25	5	0.15	1.26
St.dev.		0.28	5	0.15	0.19	0.02	0.10	0.10	0.7	0.6	98	25	3.3	1.3	42	25	21	0.10	0.96

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOIN µg/L N	NO3N µg/L N	TOIP µg/L P	PERM mg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L A	TOC mg/L C
492	13/01/92	5.62		1.50							175	145	2	1.70	60	50	10	
492	10/02/92	5.63		1.80							210	160	1	2.20	100	45	55	
492	16/03/92	5.74		1.60							250	135	3	1.50	100	35	65	
492	13/04/92	5.70	6	1.60	0.82	0.20	1.03	0.17	2.3	2.5	205	180	5	1.90	85	25	60	1.5
492	11/05/92	5.79	4	1.60	0.84	0.19	1.12	0.14	2.6	1.9	225	145	3	1.80	90	40	50	1.7
492	15/06/92	5.88	8	1.61	0.81	0.20	1.15	0.16	1.6	2.0	240	100	6	2.50	75	60	15	
492	14/07/92	5.88	7	1.60	0.78	0.19	1.24	0.18	2.7	2.1	230	90	3	1.90	70	45	25	2.0
492	10/08/92	5.68	1	1.60	0.70	0.18	1.17	0.16	2.1	2.0	175	105	3	1.50	85	40	45	1.7
492	14/09/92	5.48		1.68	0.83	0.19	1.25	0.14	2.2	2.2	250	120	3	2.60	120	65	55	2.7
492	12/10/92	5.67	2	1.51	0.74	0.17	1.10	0.17	2.8	1.9	215	115	1	2.30	90	50	40	2.3
492	19/11/92	5.64	4	1.58	0.79	0.20	1.13	0.15	2.6	1.8	210	135	1	1.80	100	55	45	1.8
492	15/12/92	5.67	5	1.58	0.82	0.20	1.08	0.14	2.8	1.8	215	125	3	2.00	85	50	35	2.1
Average		5.70	5	1.61	0.79	0.19	1.14	0.16	2.4	2.0	217	130	3	1.98	88	47	42	2.0
Max		5.88	8	1.80	0.84	0.20	1.25	0.18	2.8	2.5	250	180	6	2.60	120	65	65	2.7
Min		5.48	1	1.50	0.70	0.17	1.03	0.14	1.6	1.8	175	90	1	1.50	60	25	10	1.5
St.dev.		0.11	2	0.08	0.05	0.01	0.07	0.02	0.4	0.2	25	26	1	0.36	16	11	17	0.4

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/L	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TO1N µg/L N	NO3N µg/L N	TO1P µg/L P	PERM mg/L C	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L Al	TOC Al/mg/L C
460	21/01/92	5.55		1.75	0.85	0.23					272		2	1.38				
460	12/02/92	5.66		1.77	0.91	0.23					225		2	1.38				
460	11/03/92	5.64		2.24	0.97	0.29					287		3	1.84				
460	07/04/92	5.57		1.78	0.91	0.24					210		3	1.69				1.4
460	13/05/92	5.65		1.75	0.84	0.22					218		2	1.61				
460	22/05/92	5.64		1.71	0.83	0.21					210		2	1.19				
460	15/06/92	6.02		1.54	0.83	0.20					183		3	1.38				1.3
460	20/08/92	5.62	-2	1.90	0.88	0.22	1.24	0.19	2.3	2.4	192	101	2	1.80	67	29	38	1.9
460	14/09/92	5.60	-5	1.77	0.91	0.24	1.44	0.19	2.2	2.7	212	103	3	2.60	92	52	40	2.2
460	19/10/92	5.59	4	1.66	0.88	0.21	1.21	0.17	1.9	2.0	194	101	4	2.10	71	39	32	1.6
460	19/11/92	5.23	-2	2.19	1.02	0.27	1.72	0.20	3.0	2.8		127	5	3.83	150	77	73	3.1
460	14/12/92	5.49	-2	1.77	0.94	0.22	1.30	0.19	2.4	2.2	225	126	3	2.29	92	51	41	1.9
Average		5.61	-1	1.82	0.90	0.23	1.38	0.19	2.4	2.4	221	112	3	1.92	94	50	45	1.9
Max		6.02	4	2.24	1.02	0.29	1.72	0.20	3.0	2.8	287	127	5	3.83	150	77	73	3.1
Min		5.23	-5	1.54	0.83	0.20	1.21	0.17	1.9	2.0	183	101	2	1.19	67	29	32	1.3
St.dev.		0.18	3	0.20	0.06	0.03	0.21	0.01	0.4	0.3	32	14	1	0.73	33	18	16	0.6

LOK	Dato	pH
458	21/01/92	5.12
458	12/02/92	5.41
458	11/03/92	5.14
458	07/04/92	5.11
458	13/05/92	5.40
458	22/05/92	4.67
458	15/06/92	6.04
458	15/07/92	5.87
458	20/08/92	5.26
458	14/09/92	5.45
458	19/10/92	5.17
458	19/11/92	5.15
458	14/12/92	5.29
Average		5.31
Max		6.04
Min		4.67
St.dev.		0.35

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/l	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOIP µg/L P	PERM µg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L Al	TOC mg/L C
457	21/01/92	5.25		2.29	0.96	0.42					233		5	3.49				
457	12/02/92	5.33		2.34	1.06	0.42					242		6	3.94				
457	11/03/92	5.23		2.74	0.99	0.41					281		5	4.56				
457	07/04/92	5.13		2.39	0.96	0.39					221		4	3.45				
457	13/05/92	5.31		2.06	0.87	0.33					227		4	2.68				2.3
457	22/05/92	5.34		2.46	1.02	0.54					222		4	5.55				
457	15/06/92	5.49		2.45	1.09	0.71					191		7	5.36				3.8
457	20/08/92	5.21	-7	2.44	1.00	0.35	1.64	0.21	3.4	3.1	186	78	6	3.26	78	33	45	2.3
457	14/09/92	5.30	-8	2.28	1.02	0.33	1.58	0.19	3.1	2.8	228	107	4		98	48	50	2.9
457	19/10/92	5.24	-4	2.16	0.97	0.43	1.36	0.19	3.4	2.1	210	101	4	2.81	87	39	48	2.8
457	19/11/92	5.00	-8	2.67	1.15	0.40	2.00	0.23	4.3	2.9		130	8	5.03	164	79	85	4.4
457	14/12/92	5.33	-6	2.05	1.02	0.33	1.42	0.22	2.9	2.2	255	129	4	3.66	101	51	50	2.6
Average		5.26	-7	2.36	1.01	0.42	1.60	0.21	3.4	2.6	227	109	5	3.98	106	50	56	3.0
Max		5.49	-4	2.74	1.15	0.71	2.00	0.23	4.3	3.1	281	130	8	5.55	164	79	85	4.4
Min		5.00	-8	2.05	0.87	0.33	1.36	0.19	2.9	2.1	186	78	4	2.68	78	33	45	2.3
St.dev.		0.12	2	0.21	0.07	0.11	0.25	0.02	0.5	0.4	27	22	1	1.00	34	18	17	0.8

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/l	K25 mS/m	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	TOTN µg/L N	NO3N µg/L N	TOIP µg/L P	PERM µg/L O	RAL µg/L Al	ILAL µg/L Al	LAL µg/L Al	TOC mg/L C
450	21/01/92	5.36	2	2.20	0.98	0.37	1.47	0.21	3.4	2.4	243	139	4	3.03	80	39	41	
450	12/02/92	5.74	6	2.67	1.40	0.57	1.64	0.23	4.6	2.8	242	148	5	3.45	83	61	22	
450	11/03/92	5.20	-5	2.77	1.04	0.67	1.64	0.25	3.4	3.3	281	185	4	4.02	108	42	66	
450	07/04/92	5.19	-5	2.38	1.00	0.36	1.65	0.27	3.4	3.0	233	141	4	2.91	91	40	51	
450	13/05/92	5.42	-5	2.16	0.91	0.40	1.42	0.20	3.7	2.3	218	137	3	3.30	81	40	41	2.7
450	22/05/92	5.40	0	2.43	1.01	0.56	1.56	0.22	3.6	2.5	234	107	4	5.02	71	23	48	
450	15/06/92	5.49	11	2.15	1.00	0.38	1.33	0.15	3.7	2.1	192	79	6	3.10	47	22	25	2.2
450	20/08/92	5.02	-12	2.79	1.07	0.42	1.71	0.22	4.1	3.4	185	85	5	3.19	86	24	62	2.4
450	14/09/92	5.37	-5	2.25	1.01	0.29	1.61	0.20	2.9	3.1	228	107	4	3.73	92	48	44	2.6
450	19/10/92	5.16	-4	2.23	1.00	0.36	1.45	0.20	3.5	2.3	209	102	6	2.74	87	35	52	2.4
450	19/11/92	4.86	-14	2.96	1.19	0.42	2.14	0.26	4.0	3.4		136	7	4.88	172	77	95	4.4
450	14/12/92	5.17	-9	2.28	1.03	0.33	1.59	0.21	3.0	2.6	230	135	4	3.51	101	47	54	2.9
Average		5.28	-3	2.44	1.05	0.43	1.60	0.22	3.6	2.8	227	125	5	3.57	92	42	50	2.8
Max		5.74	11	2.96	1.40	0.67	2.14	0.27	4.6	3.4	281	185	7	5.02	172	77	95	4.4
Min		4.86	-14	2.15	0.91	0.29	1.33	0.15	2.9	2.1	185	79	3	2.74	47	22	22	2.2
St.dev.		0.23	7	0.28	0.13	0.11	0.20	0.03	0.5	0.5	26	30	1	0.73	30	16	19	0.7

### 5.3. Middelkonsentrasjoner 1984-1992.

Middelkonsentrasjoner for enkelte parametre i perioden 1984-1992.

Middelkonsentrasjoner for stasjoner i Otra: 450 Skråstad, 457 Vigeland, 460 Oppstr. Hunsfoss, 492 Evje og 535 Ose										
	pH					KOF-Mn, mg/L O				
	450	457	460	492	535	450	457	460	492	535
1984	5.15	5.07	5.49		5.63	5.21	4.75	1.92		1.56
1985	5.00	5.01	5.50	5.45	5.78	4.87	5.38	2.14		2.28
1986	5.10	5.16	5.53	5.72	5.84	4.88	4.57	2.07	1.84	1.79
1987	5.08	5.00	5.48	5.47	5.58	6.02	6.09	2.12	2.32	2.29
1988	5.06	5.03	5.35	5.38	5.72	5.09	6.45	2.27	2.21	2.26
1989	5.20	5.21	5.58	5.61	5.62	4.66	5.09	1.71	1.61	2.89
1990	5.34	5.32	5.53	5.60	5.74	4.45	4.21	1.94	1.73	2.61
1991	5.19	5.21	5.55	5.74	5.79	5.24	4.71	2.36	1.65	2.57
1992	5.28	5.26	5.61	5.70	5.83	3.57	3.98	1.92	1.98	2.30
	NO3-N, µg/L					Ca, mg/L				
	450	457	460	492	535	450	457	460	492	535
1984	106	126	137		115	1.05	1.04	0.97		0.87
1985	120				108	1.05	1.01	0.93		0.88
1986	142	114	153		135	1.06	1.02	0.94		0.87
1987	124	83	137		115	1.17	1.07	0.98		0.79
1988	137	154	152		158	0.97	0.94	0.87		0.91
1989	130				157	0.96	0.93	0.85		0.92
1990	115				140	1.02	0.89	0.76		0.79
1991	115				194	1.01	0.98	0.86		0.90
1992	125	109	112	130	105	1.05	1.01	0.90	0.79	0.81
	Tot N, µg/L					SO4, mg/L				
	450	457	460	492	535	450	457	460	492	535
1984	333	328	334		291	4.19		3.20		1.21
1985	314	299	299	280	227	5.05				1.64
1986	286	290	306	256	226	4.45		2.30		1.98
1987	293	282	279	292	255	9.43		2.80		2.82
1988	289	281	283	287	362	4.16		2.80		2.43
1989	269	270	252	262	391	4.10				2.25
1990	232	233	222	239	417	3.78				2.11
1991	241	248	222	237	369	4.33				2.34
1992	227	227	221	217	226	3.60	3.40	2.40	2.40	2.17
	Tot P, µg/L									
	450	457	460	492	535					
1984	8	7	5		4					
1985	9	8	5	3	3					
1986	9	7	6	5	4					
1987	9	8	5	4	6					
1988	6	8	4	4	9					
1989	6	6	4	4	8					
1990	8	6	5	3	5					
1991	6	6	4	4	5					
1992	5	5	3	3	4					

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2374-6