



Statlig program for
forurensningsovervåkning

Rapport 472|91

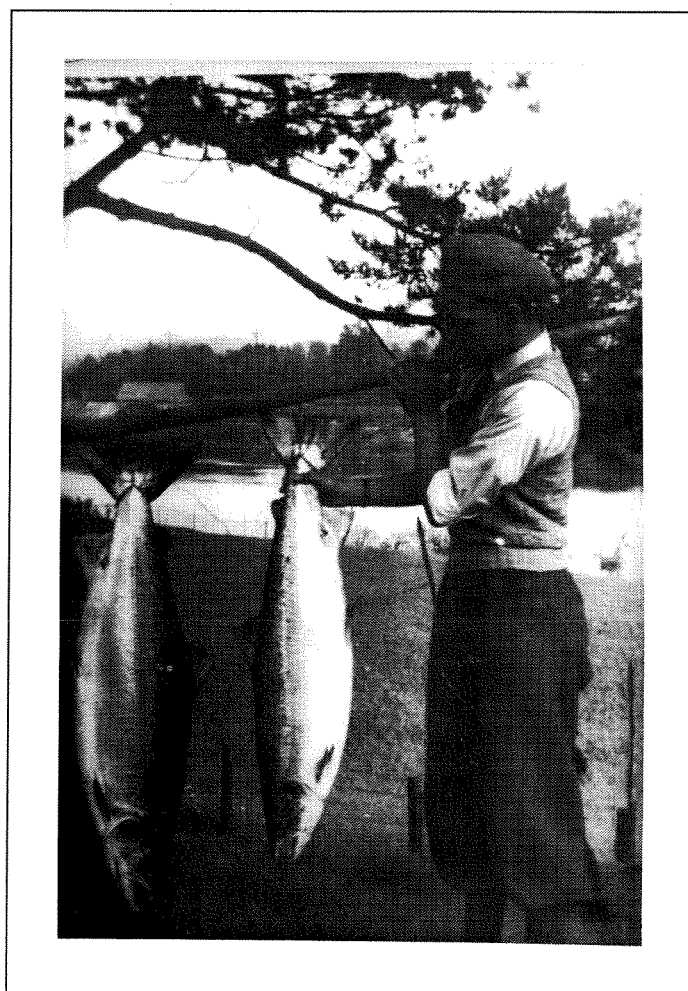
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

NIVA

Otra 1987-90 Tiltaksorientert overvåking



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:

O-900208

Undernummer:

Løpenummer:

2657

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Otra 1987-1990. Tiltaksorientert overvåking Overvåkingsrapport	Dato: 24.10.91 Faggruppe: Industriforensninger
Forfatter (e): Atle Hindar Karl Jan Aanes Torleif Bækken	Geografisk område: Agder Antall sider: 68 Opplag: 100

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	
--	--

Ekstrakt: Vannkvaliteten i nedre Otra er preget av utslipp fra Hunsfos Fabrikker A/S. Syreutslipp fører til lavere pH, spesielt i perioder med lav vannføring. Utslipp av organisk stoff øker oksygenforbruket i elvevannet og gir betydelig vekst av soppen Fusarium aquaeductuum. Kraftregulering gir sterkt endret vannføring i vassdraget. I nedre Otra gir minstevannføringen på 50 m³/s økt lavvannføring. Dette demper effektene av industriforensningene. Økt lavvannføring vil ikke løse forensningsproblemene i Otra. Tilførselen av kommunal kloakk til vassdraget er sterkt redusert i perioden 1987-1990. Full effekt av saneringstiltakene vil bli oppnådd innen 1992. Det foreslås tiltak for å redusere industriforensningene til Otra. Det er nå først og fremst utslippene fra Hunsfos Fabrikker A/S som gjør leveforholdene for fisk uakseptable og som reduserer rekreasjonsverdien av vassdraget i nedre del.

4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåking
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 82-577-1999-4

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
SØRLANDSAVDELINGEN
GRIMSTAD**

O-800208

Otra 1987-1990

Tiltaksorientert overvåking

Grimstad, oktober 1991

**Prosjektleder: Atle Hindar
Medarbeidere: Karl Jan Aanes
Torleif Bækken**

FORORD

Overvåkingen av Otra administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). Undersøkelsen er en del av Statlig program for forurensingsovervåking. Den finansieres med midler fra SFT, Vassdragsrådet for nedre Otra, Hunsfos Fabrikker A/S og Norsk Wallboard A/S, i 1987 også fra Otteraaens Brugseierforening.

Resultatene fra overvåkingen i perioden 1987-1990 er kun rapportert i SFT's årsrapporter. Den foreliggende rapporten behandler hele denne perioden. Programmet er konsentrert om den nedre delen av Otra og rettet direkte mot effekter av industriutslipp og kloakktilførsler. Undersøkelser i OTRAS øvre del er derfor ikke trukket inn her.

Teknisk rådmann Peter Rosendahl (Vennesla) har gitt opplysninger om kloakkanlegg i Vennesla kommune. Leder for vann- og avløpsavdelingen Øystein Jørgensen (Kristiansand) har gitt opplysninger om kloakkanlegg i Kristiansand kommune.

Kjemilaboratoriet ved Agderforskning - avd. Teknisk har hatt ansvar for prøvetaking fra Øvre Otra og gjennomføringen av analyseprogrammet for den delen av vassdraget.

Kjemilaboratoriet ved NIVA i Oslo har analysert øvrige prøver. Disse prøvene er samlet inn av Magne Aadnevik, Kristiansand Ingeniørvesen.

Karl Jan Aanes og Torleif Bækken ved NIVA i Oslo har gjennomført bunndyrundersøkelsene.

Grimstad, oktober 1991

Atle Hindar

INNHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE:
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	4
1.1. Overvåkingsundersøkelsens formål 1987-1990	4
1.2. Konklusjoner	4
1.3. Tilrådninger	8
2. INNLEDNING	9
2.1. Områdebeskrivelse	9
2.2. Vannbruk og forurensninger	9
2.2.1. Kraftreguleringer	12
2.2.2. Resipient for industriutslipp	13
2.2.3. Forurenset nedbør	14
2.2.4. Resipient for kloakk og landbruksavrenning	16
2.2.5. Fiske	18
2.2.6. Vannforsyning	18
2.3. Målsetting og program	18
3. RESULTATER OG DISKUSJON	20
3.1. Fysisk/kjemiske forhold	20
3.1.1. Forsuring pga forurenset nedbør og industriutslipp	20
3.1.2. Organisk stoff fra industri	30
3.1.3. Boligkloakk og landbruksavrenning	32
3.1.4. Tiltak mot forurensninger	37
3.2. Biologiske undersøkelser	38
3.2.1. Begroing	38
3.2.2. Bunndyr	38
4. REFERANSER	43
5. VEDLEGG	45
5.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1990	45
5.2. Litteraturoversikt for Otra	46
5.3. Primærdata 1987-1990	52
5.4. Middelkonsentrasjoner og standardavvik	65
5.5. Utslippstillatelse for Hunsfos Fabrikker	67

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER

1.1. Overvåkingsundersøkelsens formål 1987-1990

Hovedformålet med overvåkingsundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen i elva. Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene fra de forskjellige forurensningskildene kan identifiseres og kvantifiseres. Spesielle undersøkelser innenfor programmet gjennomføres for helt konkrete problemstillinger. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst forholdene for laks og aure i nedre del av Otra det tas sikte på å bedre.

Rekreasjonsverdien av Otra er betydelig. Overvåkingen har også som siktemål og øke denne verdien gjennom tilrådninger om tiltak, spesielt i de nedre deler av elva der det er størst befolkningstetthet.

I perioden 1987-1990 har overvåkingen vært konsentrert om forurensningsforholdene fra Vennesla og til utløpet i Kristiansand.

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 (Hunfos Fabrikker A/S). Til tross for den store vannføringen i dette vassdraget reduseres pH med 0.2-0.4 enheter i middel (fra pH 5.5) pga industriutslippene. Fra 1988 har det imidlertid vært en positiv utvikling på stasjonene nedstrøms Hunsfoss. Middel- pH har økt fra et stabilt nivå omkring 5.1 i perioden 1984-1988 til 5.3 i 1990.

I perioden 1980-1986 var laveste pH-verdi i nedre Otra 4.19. I 1987 var laveste pH-verdi 4.48. Episoder med ekstremt lav pH i nedre Otra inntreffer ved lav vannføring om sommeren pga industriutslipp. Slike ekstremverdier er ikke registrert i perioden 1988- 1990, men det kan skyldes at prøvetaking skjer kun en gang pr. måned. Industriutslippene endrer ikke aluminiumskonsentrasjonen i Otra.

Hunfos Fabrikker produserer cellulose og papir, mens Norsk Wallboard produserer trefiberplater. Hunfos Fabrikker har de desidert største utslippene av syre og organisk stoff. I perioden 1981-1986 var årlig middelkonsentrasjon av kjemisk oksygenforbruk på stasjonene nedstrøms Hunsfos Fabrikker omkring 4.5-5.0 mg O/L og svakt økende. I 1987 ble det registrert 6.0 mg O/L på begge stasjonene. I perioden 1988-1990 har det vært en bedring og i 1990 var middelkonsentrasjonen tilbake på 4.5 mg O/L.

Otra var tidligere en meget god lakseelv, med storvokst fisk. Fra midten av 1950-årene gikk lakseutbyttet sterkt ned som følge av utslipp fra industribedriftene i Vennesla. Fisket i denne delen av Otra er nå helt ubetydelig.

Utslippene av organisk stoff fra Hunsfos Fabrikker skaper uønsket vekst av soppen Fusarium aquaeductuum nedenfor bedriftene. Soppen ses som et lyst, slimete belegg på overflater, også i relativt strømsterke partier av elva. Fisk i dette området får sterk smak. Fisk som har stått i elva mer enn noen få dager er uspiselig.

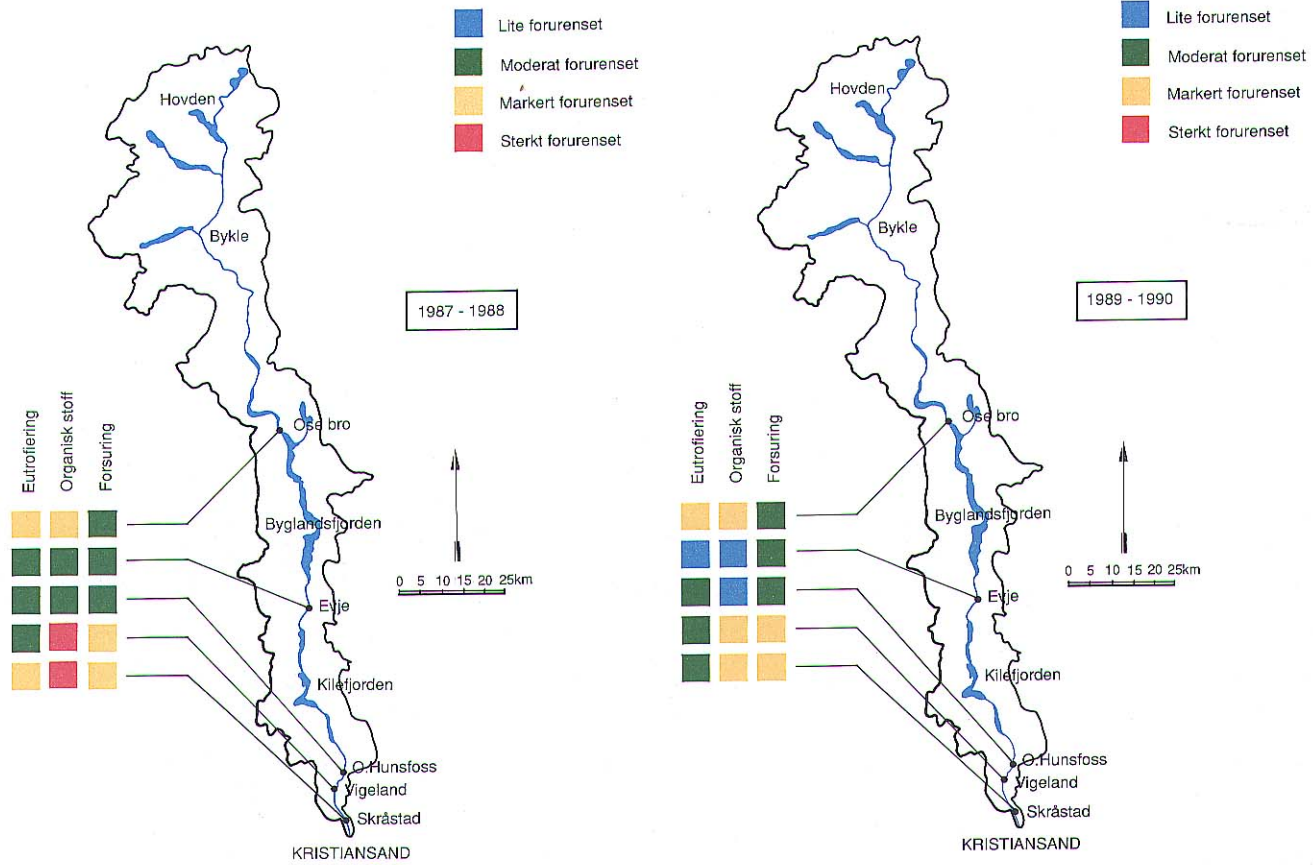
Den organiske belastningen på vannet og det spesielle organiske substratet i elva på strekningen nedstrøms Hunsfoss gir grobunn for et annet bunndyrsamfunn enn oppstrøms industriutslippene. Ved stasjonen ved Vigeland var bunndyrsamfunnet dominert av børstemark, mens verken døgnfluer eller vårfluer ble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

Tilførsler av næringssalter fra kloakk og landbruk er små i forhold til normal vannføring i Otra, spesielt i den øvre delen. På stasjonen ved Ose nord for Byglandsfjorden har imidlertid konsentrasjonene av fosfor vært høye i perioden 1987-1990. Utvasking av nitrogenforbindelser fra sprengstein har tidligere gitt uvanlig høye konsentrasjoner av nitrat både lokalt og i øvre del av Otra. I perioden 1981-1986 ble det påvist et avtak i total nitrogenkonsentrasjon ved Ose. Denne tendensen er nå snudd og konsentrasjonene av total nitrogen i årene 1988-1990 var høyere enn i 1981.

Årlige middelkonsentrasjoner av total nitrogen har avtatt med en tredel i perioden 1984-1990 på alle stasjoner nedstrøms Byglandsfjorden til tross for økningen ved Ose. Nitratkonsentrasjonen har imidlertid vært konstant. Det kan skyldes økt mineralisering og tilbakeholdelse av organisk bundet nitrogen i Byglandsfjorden. Nitrogenavsetning med nedbør har vist en økning gjennom hele 1980-tallet.

Middelkonsentrasjonen av fosfor på strekningen nedstrøms Vennesla er markert redusert i perioden 1987-1990. Reduksjonen i fosfor skyldes betydelig sanering av kloakkutslipp og tilknytning til en avskjærende kloakkledning fra Mosby til Tangen i Kristiansand. I løpet av 1991-1992 vil også utslippene fra Vennesla tettsted og sanitæranleggene på Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard være koplet inn på den avskjærende kloakkledningen.

Figuren på neste side viser en sammenfattende vurdering av forurensningsgrad ved prøvetakingsstasjoner i Otra. Forsuring - og eutrofieringsgrad er basert på årsmidler for vannkjemiske data. Forurensningsgrad for organisk stoff er basert på målte maksimaltall. Hovedtendensen er at nedre del av Otra var mindre forurenset i 1989-90 enn i 1987-88.



Forurensningsgrad i Otra i periodene 1987-1988 og 1989-1990. Forsuring- og eutrofieringsgrad er basert på årsmidler, mens forurensningsgrad for organisk stoff er basert på maksimale konsentrasjoner.

1.3. Tilrådninger

Målet med tiltak i Otra er først og fremst å gjøre elva levelig for fisk og at denne har en tilfredsstillende kvalitet. Samtidig er det nødvendig å få etablert en variert bunndyrfauna som kan danne næringsgrunnlaget for denne fiskepopulasjonen. Videre er det viktig å sikre de ulike rekreasjonsinteressene som er knyttet til nedre deler av Otra.

For å bedre forholdene for fisken i nedre Otra er det avgjørende at syretilførselen fra Hunsfos Fabrikker reduseres, spesielt i perioder med lavvannføring, og at utslippene av organisk stoff reduseres til akseptable nivåer. Dette vil samtidig øke rekreasjonsverdien av vassdraget på strekningen Kristiansand-Vennesla.

En høyere sommervannføring kan i prinsippet redusere skadevirkningene av syreutslipp, men bufferevnen er ubetydelig i Otra. Det fører til at den positive effekten av noe høyere vannføring blir beskjeden. Kalking av industriutslipp bør derfor vurderes hvis surheten i utslippene ikke kan stabiliseres på et tilfredsstillende nivå.

Utslipp av løste organiske stoffer og fiber fra Hunsfos Fabrikker må trolig reduseres med 30 % ved middelvannføring og 90 % ved minstevannføring for at belastningen av oksygenforbrukende stoffer til Otra skal bli akseptabel.

For å bedre laksens muligheter for å leve i elva bør det også vurderes om industriavløpet, inntil det blir tilstrekkelig rensert, kan ledes vekk i ledning. Dette vil sikre elva mot uhell i bedriften, også ved tekniske problemer med eventuelle renseanlegg.

Fosfortilførselen fra Hunsfos Fabrikker må 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.

Med de nåværende store utslipp fra Hunsfos Fabrikker vil økt sommervannføring ikke løse forurensningsproblemene i nedre Otra.

For å øke oppgangen av laks under ellers akseptable forhold bør det sees på mulighetene for å lage lokkeflommer.

I midtre del av vassdraget skyldes forsuring 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. Kalking er et midlertidig tiltak for å redusere surheten i denne delen av vassdraget. Byglandsfjord og tilløp bør kalkes. I tillegg bør sure tilløp videre nedover i vassdraget kalkes.

For å registrere alle episoder med ekstremt lav pH i nedre Otra bør det innstalleres utstyr for kontinuerlig måling.

2. INNLEDNING

2.1. Områdebeskrivelse

Otravassdraget har et nedbørfelt på 3 730 km² 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 m³/s ved utløpet av Byglandsfjorden og 155 m³/s ved utløpet i Kristiansandsfjorden. Figur 1, a og b viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i perioden 1987-1990.

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 (avsnitt 2.2.3.). Avrenningsvannet fra dette området er derfor mindre surt enn i resten av vassdraget.

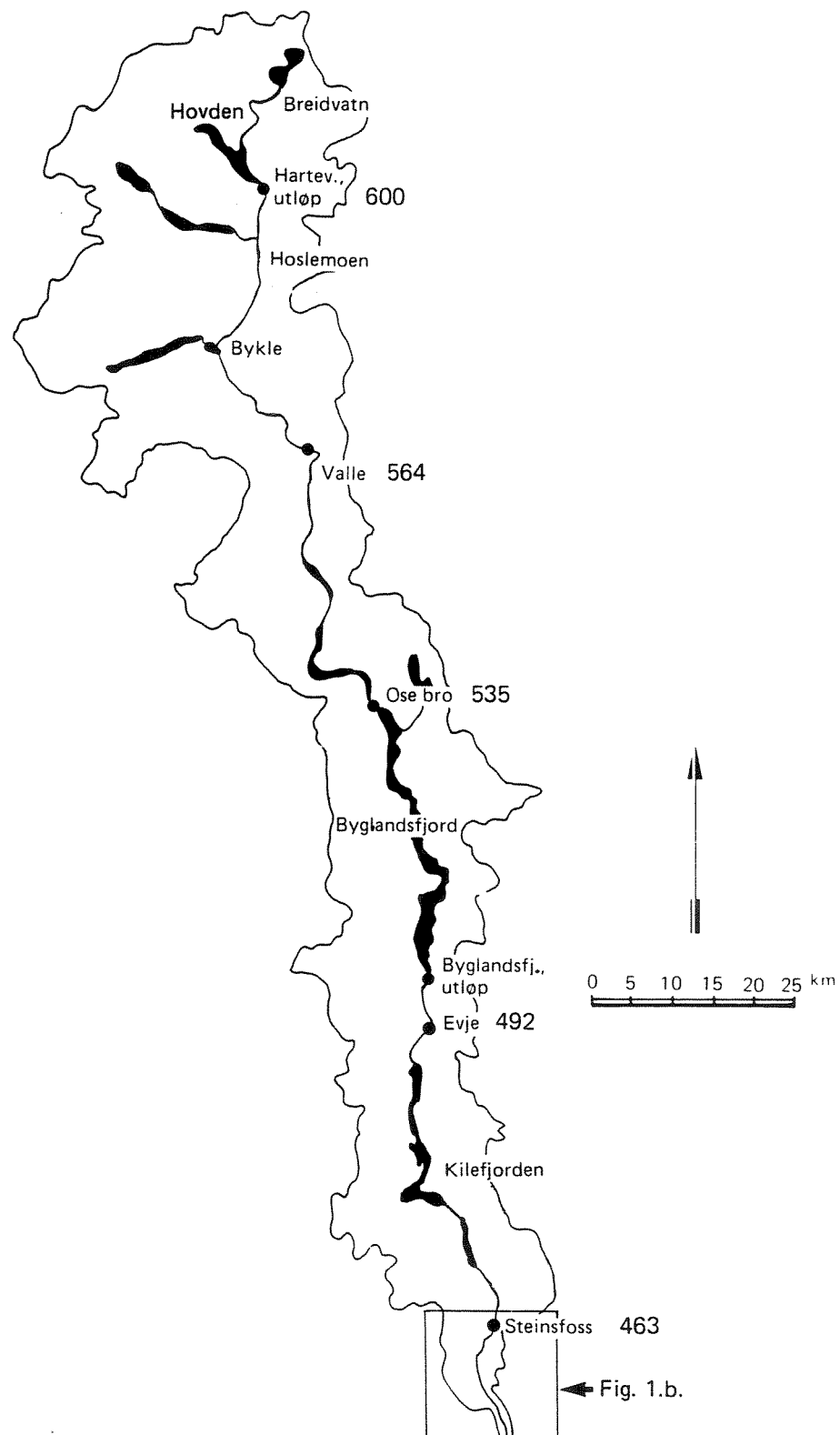
De høyereliggende delene av vassdragets nedbørfelt er delvis dominert av bjørkeskog. Tregrensa ligger på ca. 1000 moh, men også store deler av de lavereliggende heiområdene ned til 4-500 moh er skogfattige. I de nedre deler dominerer lauv- og barskog.

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 (Ivar Jansen, pers. medd. 1987) ligger under den marine grense, men 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.

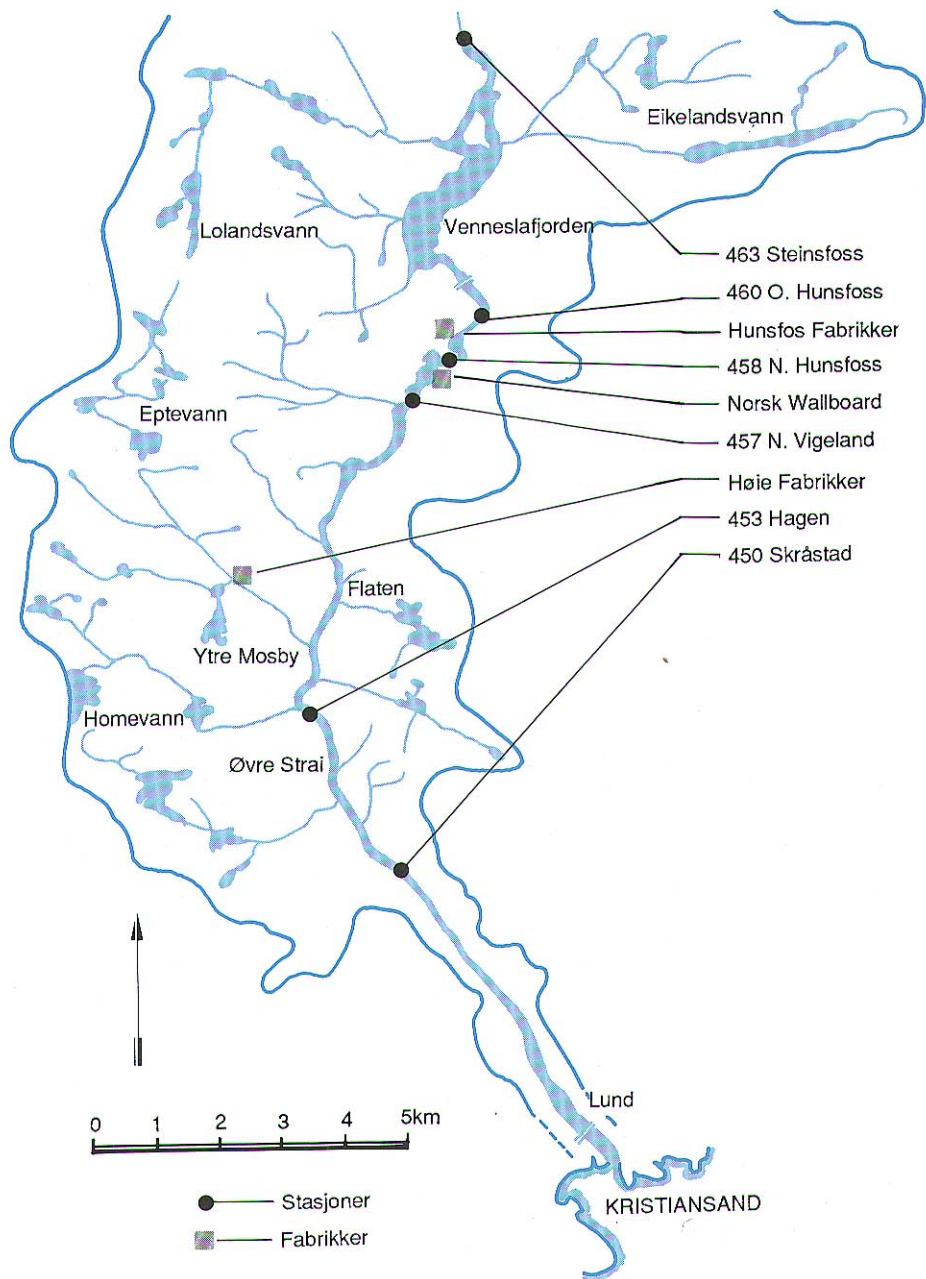
Otravassdraget ligger i grensesonen mellom stor nedbør på grunn av fjellene i vest og regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til nær 700 mm i øst. Det er store forskjeller i gjennomsnittstemperatur fra nord til sør i nedbørfeltet. Mens Kristiansand bare har to måneder i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

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.



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.

2.2.1. Reguleringer

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden ca. 1900. Hindar og Grande (1987) gir en oversikt over reguleringsinngrep og krav til minstevannføringer i hele Otra. I denne rapporten oppsummeres inngrep og planer for området ved Ose og nedover.

De første reguleringene i Otravassdraget ble foretatt mellom Kristiansand og Byglandsfjord. Byglandsfjord ble første gang regulert i 1905. Kraftverk i Otras nedre del er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over utbygde kraftverk i nedre del av Otra.

Kraftverkets navn	Fall, meter	Etableringsår
Vigeland	19.9	1898
Hunsfoss	13.5	1899
Steinsfoss	57.4	1957
Nomeland	20.4	1920
Iveland	50.5	1949
Hovatn	487.8	1971

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

Aust-Agder Kraftverk (AAK), Kristiansand Elektrisitetsverk og Vestfold Kraftselskap har fått konsesjon på utbygging av Hekni elvekraftverk ved Kgl. res. av 13. oktober 1989. Byggestart er satt til mai 1992 og produksjonen skal komme igang på nyåret 1996 (Juell Larsen, AAK, pers. oppl.) Utbyggingen omfatter etablering av en ca. 12 meter høy dam i Otra ved Bergheim sør for Straume og vil gi en årsproduksjon på ca. 230 mill. kWh. Vannføringen mellom inntaksdammen og avløpet ved Langeid vil bli sterkt redusert; til 3 m³/s om sommeren og 1 m³/s om vinteren. Grande og Wright (1982) har vurdert muligheter for økt forsuring på den berørte elvestrekningen.

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 m³/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 m³/s både sommer og vinter.

Hvis Otra var uregulert ville midlere lavvannføring ved utløpet være omkring 13 m³/s, altså lavere enn ved nåværene minstevannføring. Det er beregnet med bakgrunn i data fra Tovdalsvassdraget. Tovdalsvassdraget øst for Otra er omkring halve størrelsen av Otras nedbørfelt. Spesifikk avrenning er 34.5 L/s·km². I Otra er spesifikk avrenning 41.5 L/s·km². Midlere lavvannføring (middel av minimum døgnmiddelvannføring pr. år for perioden 1900-

1989) i Tovdalselva er 5.5 m³/s.

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 Otterelvens Papirfabrikk. I dag er fabrikk 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. Enkeltepisoder 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 rensset. Industriutslippene til Otra er nå forholdsvis godt kartlagt. Tabell 2, a og b viser årlig produksjon og utslipp av organisk stoff basert på konsesjon og reelle utslipp fra de tre største bedriftene. Konsesjonen for Høie Fabrikker revideres i 1991.

Tabell 2,a. Produksjon og utslipp fra de tre største industribedriftene i nedre Otra. Tall basert på konsesjonskrav om maksimalt tillatte utslipp.

Bedrift	Maks. tillatt prod.		Utslipp fra konsesjon	
	Type	Mengde tonn/år	KOF tonn O/år	Susp. mat. tonn/år
Hunsfos Fabrikker	Cellulose	70000	21000	420
	Tremasse	48000		
	Papir	150000		
Norsk Wall- board *	Trefiber- plater	50000	2200	250
Høie Fabrikker	Sengetøy og bekl.stoffer	1500	220	30

* Ny konsesjon/utslippstillatelse i løpet av 1991.

Tabell 2,b. Produksjon og utslipp fra de tre største industribedriftene i nedre Otra. Reelle tall for 1990 slik de er rapportert til SFT.

Bedrift	Type	Produksjon		Utslipp	
		Mengde tonn/år	KOF tonn O/år	Susp. mat. tonn/år	
Hunfos Fabrikker	Cellulose Tremasse Papir		21700	395	
Norsk Wall- board	Trefiber- plater	40000	1760	200	
Høie Fabrikker	Sengetøy og bekl.stoffer				

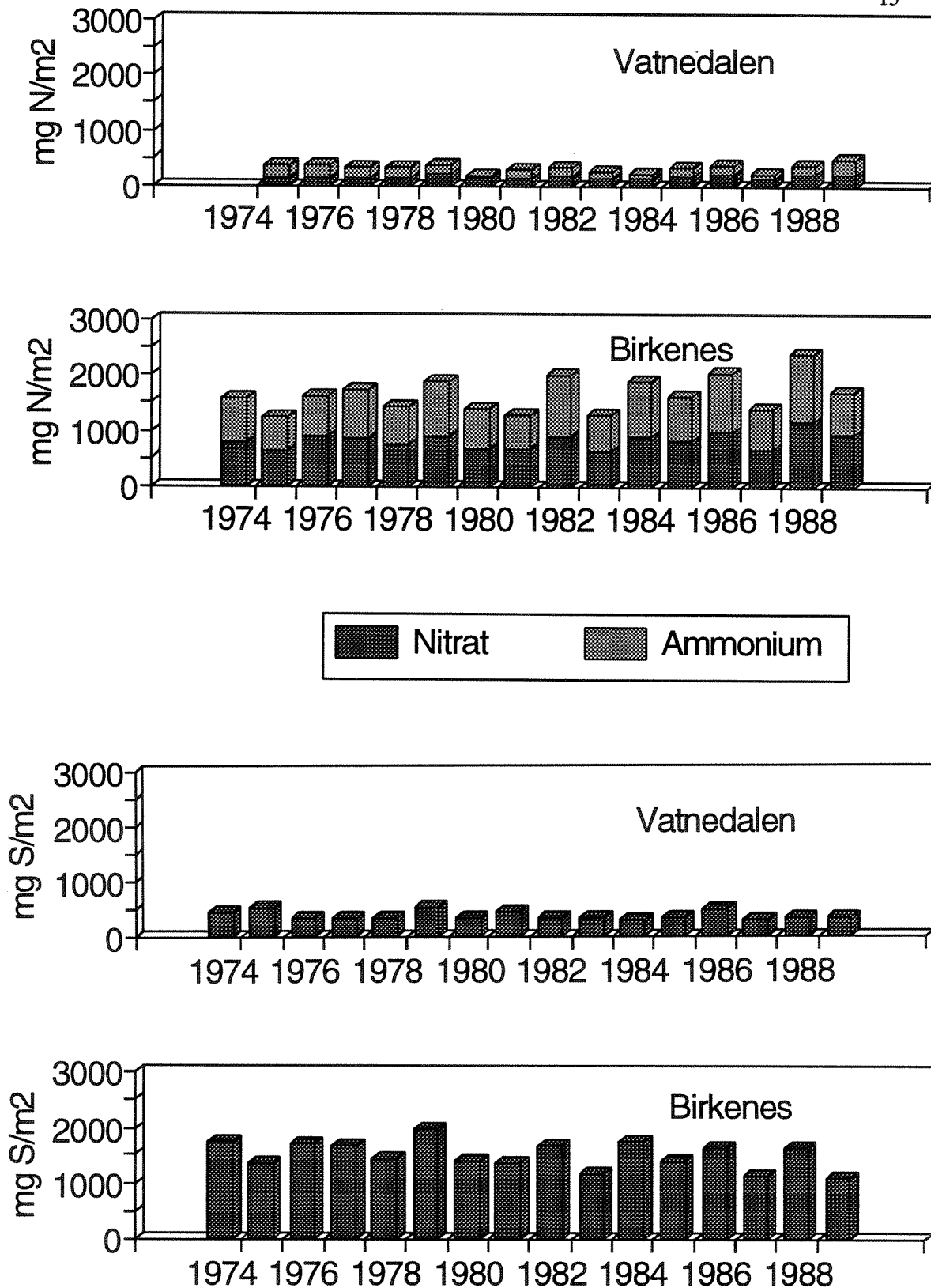
Tryland (1983) har undersøkt industriutslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff i 1982. Hindar og Grande (1987) gir en oversikt over type og kvalitet i hovedavløpene fra Hunfos Fabrikker og Norsk Wallboard. Blekeriets oksygentrinn ved Hunfos Fabrikker bidrar med størst utslipp av fargede 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 (begrønt utseende) holder seg helt til Otras utløp 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 delvis erstattet med oksygenbleking (fra august 1980).

2.2.3. Forurenset nedbør

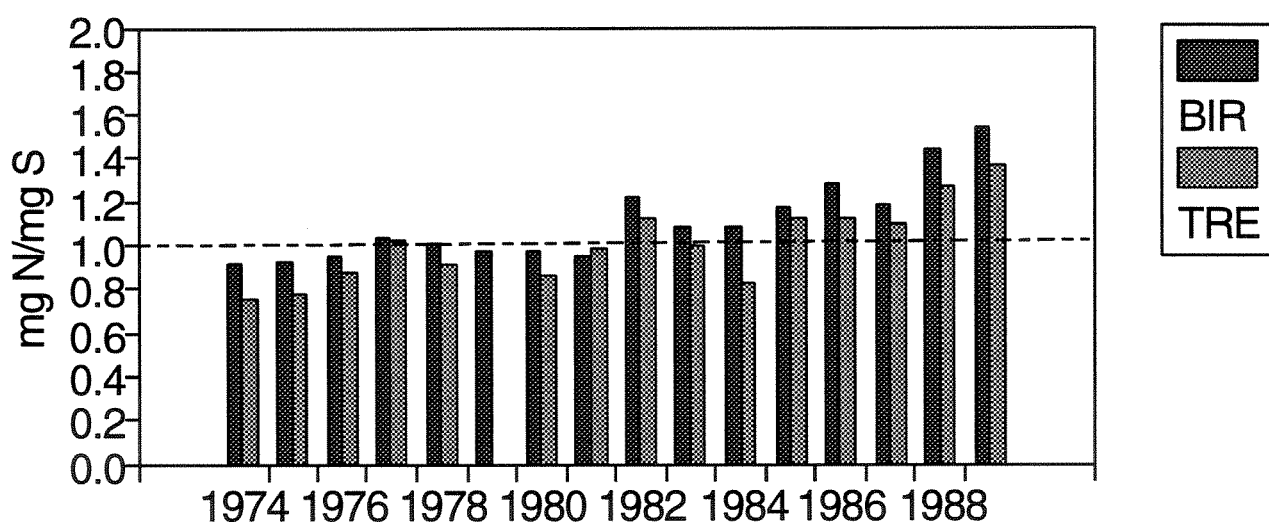
Gunstige geologiske forhold og relativt liten belastning av forsurende forbindelser med nedbør har ikke ført til alvorlig forsuring øverst i vassdraget (Hindar og Grande 1987, Hindar 1990). Midtre og nedre deler av nedbørfeltet til Otra ligger i sonen for maksimal belastning av forurenset luft og nedbør. Figur 2 viser at våtdeposisjonen av sulfat og nitrat er flere ganger større ved Birkenes enn ved Vatnedalen øverst i Setesdal.



Figur 2. Våtdeposisjon av svovel og nitrogenforbindelser på overvåkingsstasjonene Birkenes og Vatnedalen (NILU/SFT) i perioden 1974-1989. Stasjonene representerer hhv. nedre og øvre del av Otravassdraget. Data er hentet fra SFT (1991).

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. Dette kommer klart fram ved å beregne forholdet mellom disse komponentene i våtavsetningen (figur 3).

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.



Figur 3. Forholdet mellom våtavsetning av nitrogen og svovel ved Birkenes og Treungen i perioden 1974-1989. Data er hentet fra SFT (1991).

2.2.4. Resipient for kloakk og landbruksavrenning

Eldre spredt bebyggelse har ofte kloakkavløp direkte til grunnen ved infiltrasjon eller til vassdrag. Det kan være installert slamavskiller i slike anlegg. I nye boligfelt er det tilknytning til kommunale anlegg.

Otra brukes fortsatt som resipient for kommunalt avløpsvann, selv om dette er kraftig redusert i perioden 1988-1990. Den totale forurensningsproduksjonen 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 1991 er en stadig økende andel av dette tatt hånd om.

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. I tabell 3 er det gitt en oversikt over kommunale kloakkrenseanlegg i midtre og nedre del av OTRAS nedbørfelt.

Tabell 3. Kommunale kloakkrenseanlegg i OTRAS midtre og nedre nedbørfelt.

Kommune	Anlegg	Metode
Bygland	Byglandsfj.	Biorotor/felling med Al
Evje og Hornnes	Fennefoss	Sekundær felling med Al
Vennesla	Skarpengland	Biofilter/felling med PAX*
Vennesla	Hægeland	Biorotor/felling med PAX*

* Den aktive bestanddelen i fellingskjemikaliet PAX-60 P er 8 % Al, 15 % Al_2O_3 , 20 % Cl og 0.5 % SO_4 .

Til anleggene i Vennesla var det i 1991 tilknyttet 850 p.e. (personequivallenter), hvorav 600 p.e. til Skarpengland renseanlegg. I anlegget på Hægeland ble det fram til 1989 benyttet jernklorid. I perioden 1987-1990 ble det gjennomført betydelig sanering av kloakkutslipp i Vennesla kommune. Boliger som tidligere hadde avløp til Hægelandsvannet ble i 1988 koplet inn på Hægeland kloakkrenseanlegg. I saneringsplanen for nedre Vennesla inngår tiltak mot overvann i kombinerte avløpsanlegg.

En avskjærende kloakkledning fra Mosby til Kristiansand ble satt i drift i 1988-1989. Ledningen fanger opp alle tidligere utslipp til Otra på strekningen fra Mosby og ned til sjøen. Prosessavløpet fra Høie Fabrikker er også lagt inn på anlegget. Avløpet fra denne ledningen ledes nå ut på 50 meters dyp ved Tangen, men skal pumpes til Odderøya renseanlegg fra 1993. I løpet av utgangen av 1991 skal utslipp fra Vennesla tettsted øst for Otra knyttes til denne ledningen. I løpet av 1992 skal utslipp fra vestre del av Vennesla tettsted koples til anlegget.

Sanitæranlegget ved Vigeland Metal Refinery A/S er koplet inn på det kommunale kloakknettet. Avløpet herfra gikk tidligere til Otra via slamavskiller. Sanitæranleggene ved bedriftene Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard skal koples inn på den avskjærende kloakkledningen i 1991-1992.

Nedenfor Steinsfoss er noe over halvparten av OTRAS nedbørfeltareal skogdekket. Bare ca. to prosent er dyrket. Avrenning fra jordbruksarealer i lokalfeltet i 1981 ble beregnet til 0.8 tonn fosfor og 10 tonn nitrogen. Avrenningen fra skogarealer var 0.9 tonn fosfor og 19 tonn nitrogen (Grande et al. 1982). Jordbruksavrenning fra dette lokalfeltet var en relativt liten kilde til næringsstofftilførsler 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 på Bygland. 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 i vassdraget. Det antas at kalkingsaktiviteten i OTRAS nedbørfelt foreløpig ikke har hatt noen betydning for vannkvaliteten i selve Otra.

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

2.2.6. Vannforsyning

I Byglandsfjorden er det drikkevannsuttak 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 overvåkingsundersøkelsen i OTRAVASSDRAGET er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen i elva. Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene fra de forskjellige forurensningskildene kan identifiseres og kvantifiseres. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst forholdene for laks og aure det tas sikte på å bedre.

Rekreasjonsverdien av Otra er betydelig. Overvåkingen har også som siktemål og øke denne verdien gjennom tilrådinger om tiltak, spesielt i de nedre deler av elva, der det er størst befolkningstetthet.

I perioden 1987-1990 har overvåkingen vært konsentrert om forurensningsforholdene fra Vennesla og til utløpet.

Overvåking av Otra representerer en tiltaksorientert videreføring av tidligere undersøkelser i vassdraget. Fiskeundersøkelser har vært gjennomført systematisk allerede fra 1938, mens vannkjemiske prøver ble gjennomført i 1955. Overvåking i nedre Otra har pågått siden 1975.

Fra og med 1980 har undersøkelsene skjedd etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT).

Programmet omfattet i perioden 1987-1990 tre deler:

- rutineovervåking av vannkjemi
- rutineovervåking av biologi (bunndyr)
- spesielle undersøkelser i nedre Otra (tiltaksanalyser)

Innsamling av bunndyr ble tatt ut av programmet i 1988, men kan inn igjen fra og med året etter.

I tabell 4 finnes en oversikt over de overvåkingsstasjonene som har vært benyttet i perioden 1987-1990.

I vedlegg bak i denne rapporten er det en oversikt over overvåkingsundersøkelser og annen litteratur fra undersøkelser i Otravassdraget. Lista bygger på en oversikt presentert av Hindar og Grande (1987), og er ajourført pr. mai 1991.

Tabell 4. Stasjoner som har inngått i det kjemiske prøvetakingsprogrammet i Otra i perioden 1987-1990. Lokalitetsnummer refererer seg til kilometer nord-sør på UTM- nettet i kartserien M 711.

Stasj.nr.	Stasjonsnavn	1987	1988	1989	1990
1592	Løyningsåni	*	*		
600	Hartevatn, utløp	*			
564	Valle	*			
535	Ose bru	*	*	*	*
492	Evje	*	*	*	*
463	Steinsfoss	*			
460	Oppstr. Hunsf.	*	*	*	*
458	Hallandsfoss	*	*	*	*
457	Vigeland	*	*	*	*
453	Hagen	*			
450	Skråstad	*	*	*	*

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. Fysisk/kjemiske forhold

Alle data fra overvåkingsundersøkelsene i perioden 1987-1990 finnes i vedlegg bak i rapporten. Beregninger av middelkonsentrasjon og standardavvik finnes også der. Bare data fra de stasjonene som har vært i drift i perioden 1988-1990 gjennomgås her. Resultatene for perioden 1987-1990 er sammenliknet med data fra tidligere på 1980-tallet, spesielt i perioden 1984-1986. Det er gjort for å spore eventuelle tendenser i forurensningsutviklingen. Primærdata fra 1980-1986 finnes i følgende overvåkingsrapporter: Wright og Grande (1981), Grande et al. (1982), Wright et al. (1983), Grande og Wright (1984), Boman og Grande (1985), Lande og Grande (1986) og Hindar og Grande (1987).

Resultatene blir gjennomgått etter tema. Under avsnittet om forsurening er både forsurening forårsaket av industriutslipp og forurenset nedbør tatt med.

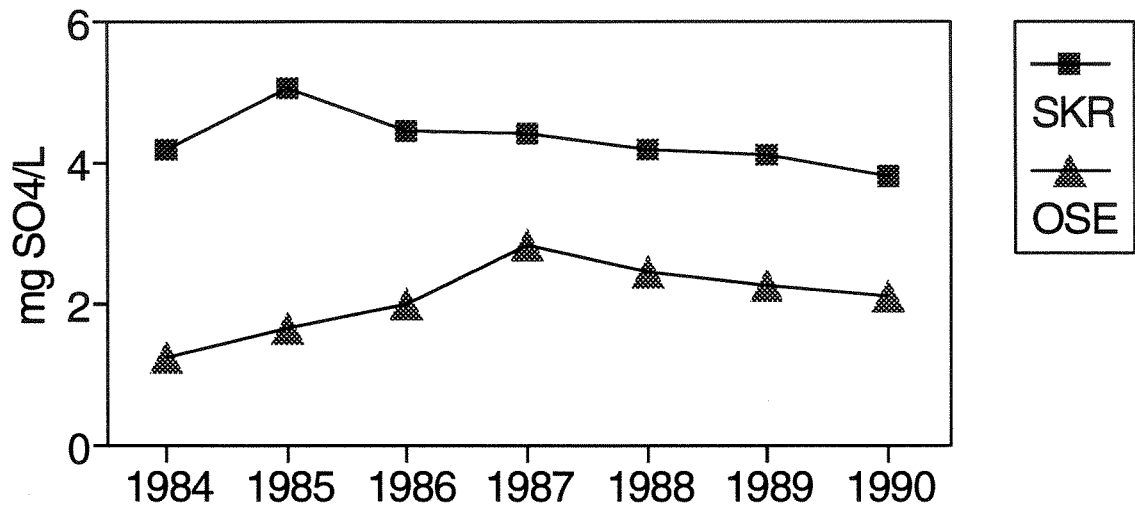
3.1.1. Forsuring pga forurenset nedbør og industriutslipp

De midtre og nedre deler av Otra nedbørfelt mottar betydelige tilførsler av sure komponenter gjennom forurenset nedbør og tørravsetninger. Dette registreres gjennom den overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør som drives i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT), se avsnitt 2.2.3. Økningen i våtavsetning av svovel og nitrogen fra fjell til fjord gjenspeiles i vannkvaliteten i Otra ned til Vennesla (Hindar og Grande 1987). I nedre del av Otra forsures elva ytterligere pga industriutslipp, først og fremst fra Hunsfos Fabrikker A/S i Vennesla.

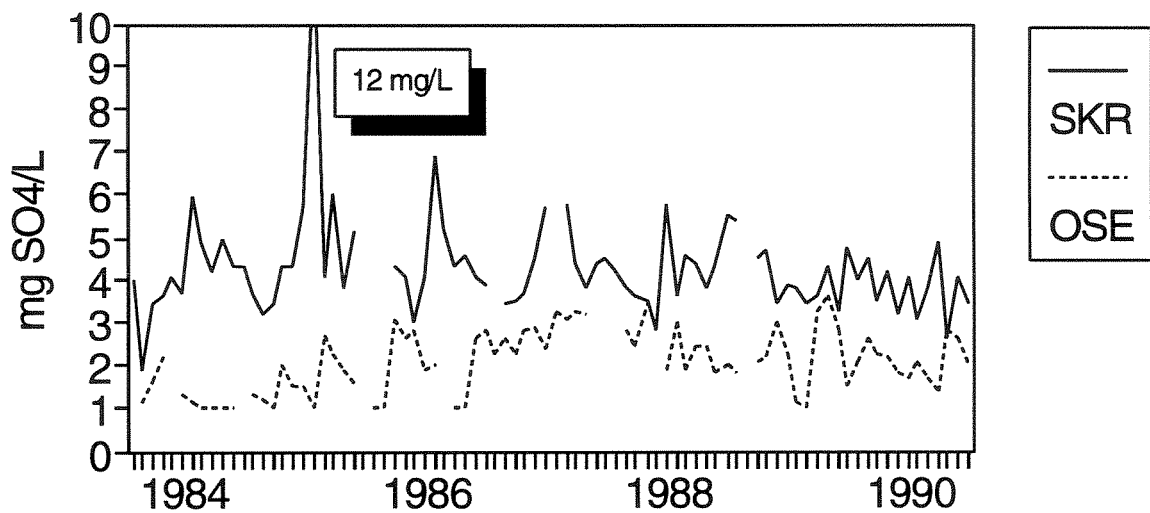
Middelkonsentrasjonen av sulfat var 1.5-2.5 mg SO₄/L ved Ose bro i perioden 1981-1986 og 2.5-3.5 mg/L ved Steinsfoss. I perioden 1987-1990 var middelkonsentrasjonene av sulfat ved Ose avtakende fra 2.8 til 2.1 mg/L (figur 4). Enkeltkonsentrasjoner for perioden 1984-1990 er vist i figur 5.

Industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker fører til en økning i sulfatkonsentrasjonen i nedre del av Otra. I figur 4 er vist midlere sulfatkonsentrasjoner ved Skråstad nederst i vassdraget. Det er registrert enkeltkonsentrasjoner på opp til 12 mg SO₄/L på denne stasjonen. Middelkonsentrasjonen av sulfat ved Skråstad var omkring 4.0 mg/L i perioden 1986-1990 og svakt avtakende.

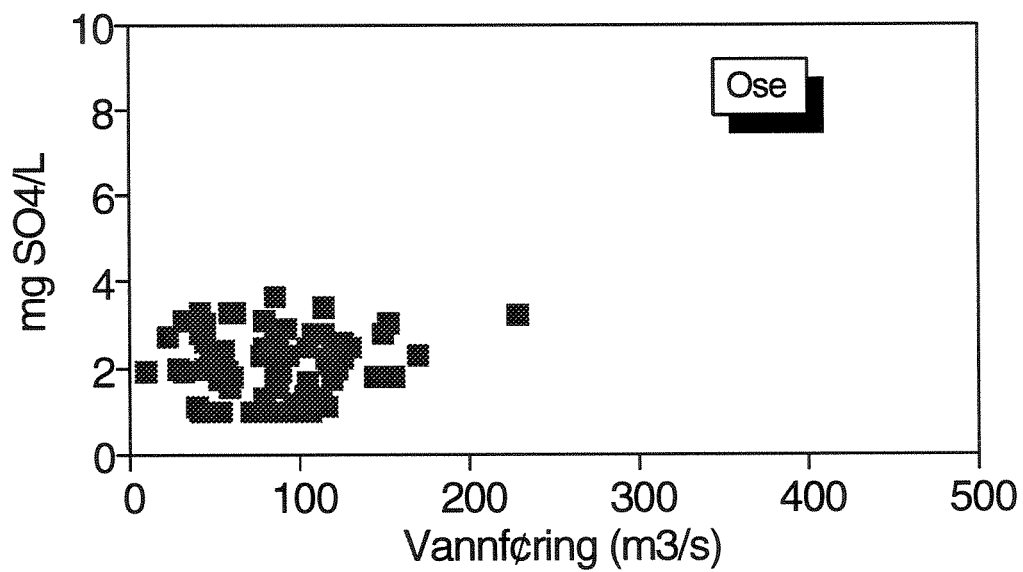
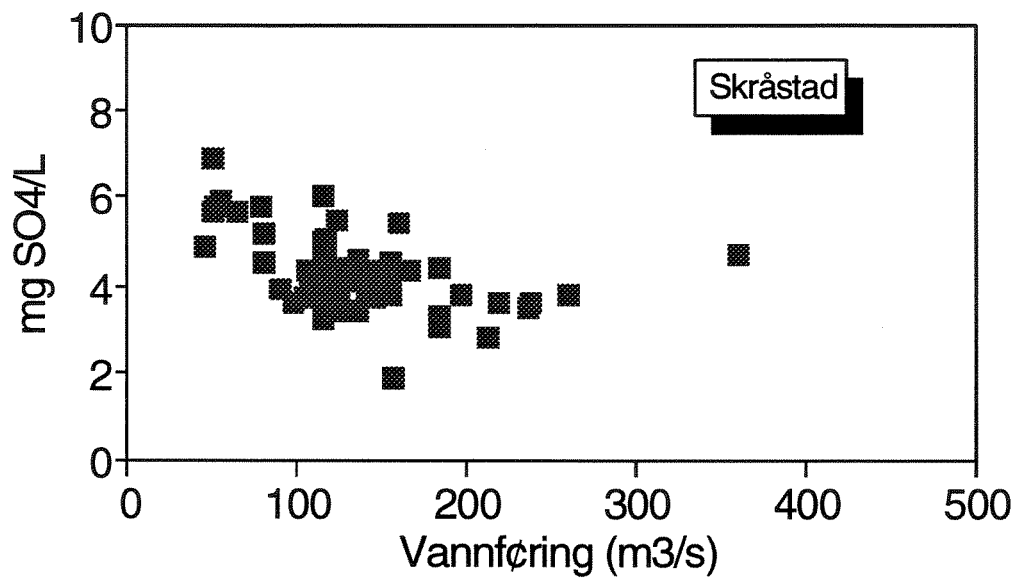
Vannføringen har en vesentlig betydning for sulfatkonsentrasjonen nedstrøms industribedriftene (figur 6), men ikke ved Ose. Nedenfor Steinsfoss er det lokale nedbørfeltet så lite at ytterligere sur tilførsel i stor grad skyldes industriutslipp direkte til elva og ikke forurenset nedbør. Ved lav vannføring er industriutslipp en viktig kilde for økt sulfatkonsentrasjon i Otra. Resultatet blir at pH avtar ved avtakende vannføring i elva, ikke øker, slik som er normalt og som er tilfellet oppstrøms industribedriftene (figur 7). Det er altså periodene med lavvannføring i Otra som er de mest kritiske for fisk. pH-differansene pga industriutslipp i slike perioder har vært omkring en hel pH-enhet.



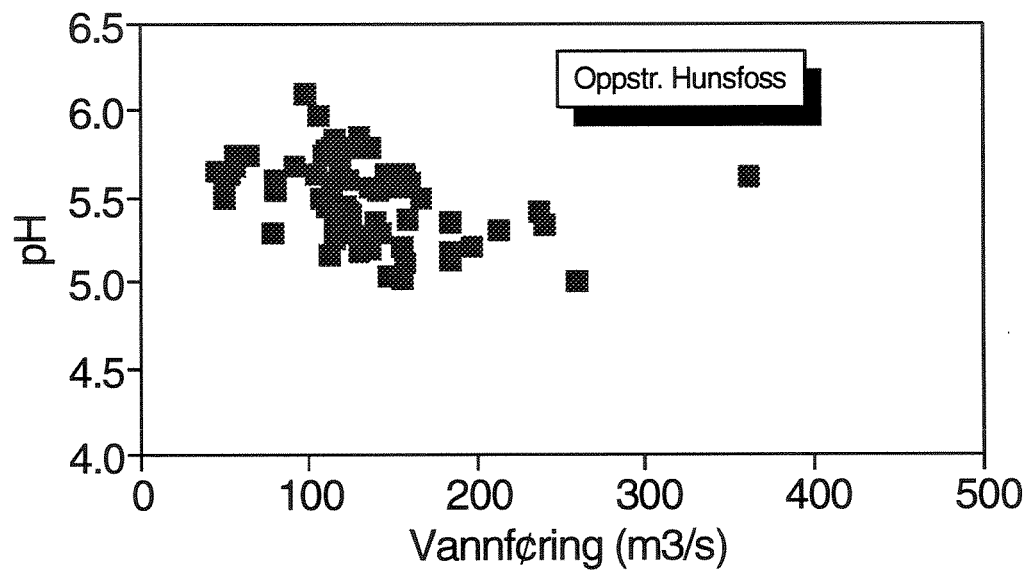
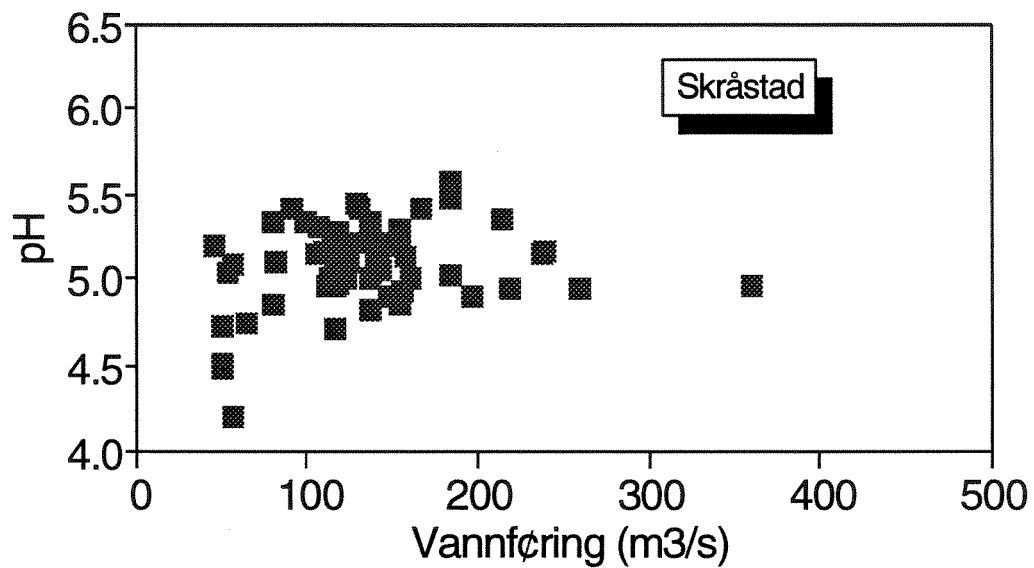
Figur 4. Middelskonsentrasjon av sulfat for stasjonene Ose og Skråstad i Otra i perioden 1984-1990.



Figur 5. Konsentrasjon av sulfat ved stasjonene Ose og Skråstad i perioden 1984-1990.

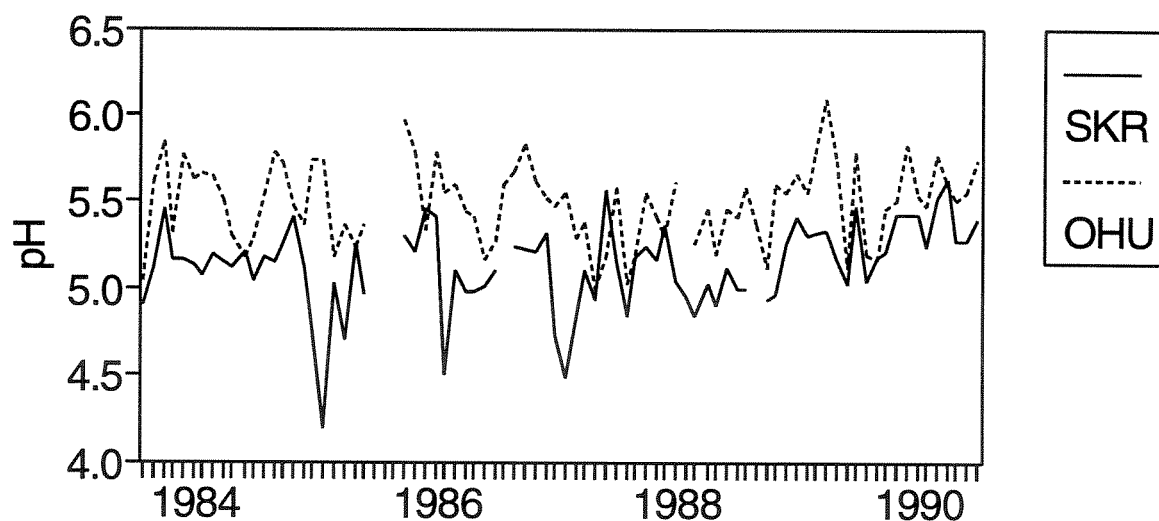


Figur 6. Sammenhengen mellom konsentrasjonen av sulfat og vannføring ved Skråstad og Ose. Vannføringsdata er hentet fra NVE-stasjonene 1508 Brokke og 1007-12 Vigeland.



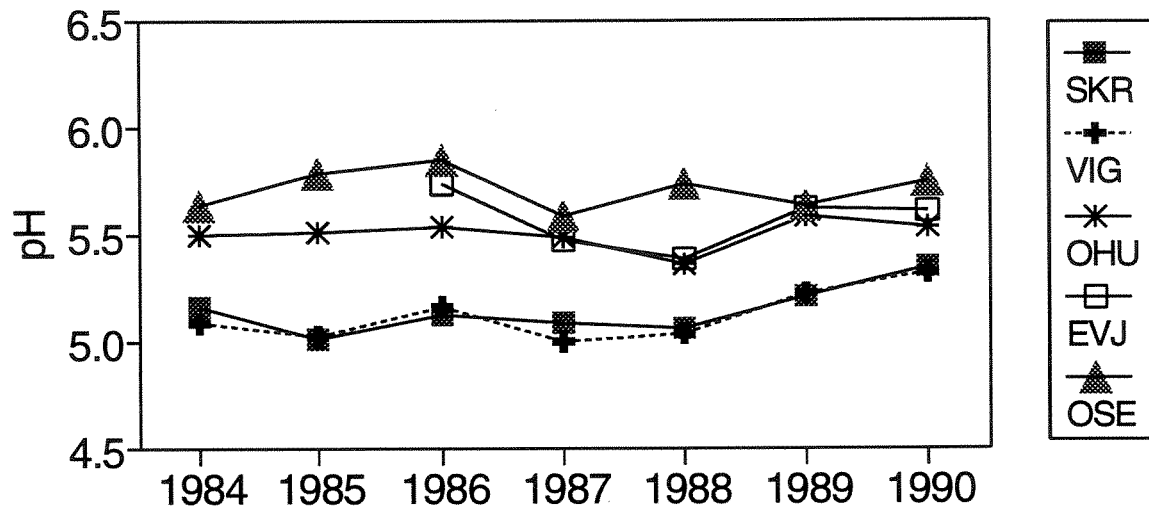
Figur 7. Sammenhengen mellom pH og vannføring ved Skråstad og oppstrøms Hunsfoss. Vannføringsdata er hentet fra NVE-stasjonen 1007-12 Vigeland.

Ved Skråstad varierer pH sterkt (figur 8), fra 5.6-5.7 og ned til 4.48 i 1987. I 1985 var pH 4.19 ved Skråstad. Forskjellen i pH mellom Skråstad og Vigeland (begge stasjoner nedstrøms Hunsfoss) er svært liten. Årsaken til de store variasjonene er ekstremverdiene pga industriutslipp. Ekstremverdier ble ikke registrert i perioden 1988-1990. Med kun månedlig prøvetaking kan slike episoder likevel ha inntruffet. Bare kontinuerlig registrering av pH kan avsløre alle episoder med særlig skadelige syreutslipp i Otra.



Figur 8. pH ved stasjonene Skråstad og Oppstrøms Hunsfoss i Otra i perioden 1984-1990.

Middelverdier for pH fra Ose og ned til Skråstad viser at vannkvaliteten var best ved Ose (figur 9). Oppstrøms Hunsfoss var middel-pH omkring 5.5. Industriens betydning for pH kommer klart fram i figuren. Middel-pH i perioden 1984-1987 lå omkring 0.4 pH- enheter lavere ved Skråstad/Vigeland enn ved stasjonen oppstrøms Hunsfoss. Mens middel-pH var relativt konstant oppstrøms Hunsfoss også i perioden 1981-1984, avtok den på alle stasjonene nedenfor i årene 1981-1985 (Hindar og Grande 1987). pH-verdiene nedstrøms Hunsfoss i perioden 1985-1988 var de laveste i tiåret 1981-1990. I 1989 og 1990 var det imidlertid en markert økning i pH nedstrøms Hunsfoss. I 1990 var middel- pH med standardavvik 5.34 ± 0.16 ved Skråstad, omlag samme middel-pH som i 1981. Middel-pH oppstrøms Hunsfoss var 5.53 ± 0.19 . Differansen var dermed bare 0.2 pH- enheter i 1990.



Figur 9. Middeler av pH for stasjoner i Otra i perioden 1984-1990.

pH ved Ose varierte sterkt, mellom 6.25 og 5.0 i perioden 1987-1990. 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 lenger nede. Denne forskjellen gjenspeiles også på stasjonen ved Evje og dermed stasjonen oppstrøms Hunsfoss, siden vannkvaliteten på de to stasjonene er svært lik. Det var ingen sammenheng mellom pH ved Ose og vannføring på den hydrologiske stasjonen ved Brokke.

Grande et al. (1982) viste at forurensningen pga forurenset luft og nedbør er omfattende i Otra. Nedover i vassdraget økte forurensningen, uttrykt som tap av alkalitet, fra 25-30 $\mu\text{ekv/l}$ ved utløpet av Hartevatn, til 40-45 $\mu\text{ekv/l}$ ved Steinsfoss, dvs. en økning på ca. 15 $\mu\text{ekv/l}$. Økningen skyldes at syrebelastningen øker nærmere kysten slik som beskrevet tidligere.

Grande og Wright (1982) har vurdert konsekvensene av etableringen av Hekni kraftverk. Ved en sterk reduksjon i vannføringen fra Straume til Langeid vil de sure sidevassdragene dominere og pH kan avta ytterligere oppstrøms Byglandsfjord.

Industriutslippene bidro omtrent like mye til forurensningen som forurenset nedbør i 1980 (Wright og Grande 1981). Avløpsvannet fra blekeriets klortrinn og inndampings-kondensatene fra Hunsfos Fabrikker inneholder de største syremengdene. Hoel (1987) foretok målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker i 1986. Høy produksjon og høyere grad av overklorering kan forklare uvanlig høyt syreinnhold i avløpet fra blekeriets klortrinn i 1986. Syreutslippene fra inndampingskondensatet var klart høyere (nesten en dobling) i 1986 enn i 1982. 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.

Forsuring pga forurenset luft og nedbør fører til utløsning av aluminium i nedbørfeltet. Reaktivt og ikke-labilt aluminium ble tatt med i overvåkingsundersøkelsene i 1986. Lav pH gir en dominans av den labile fraksjonen av aluminium, som er differensen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium. Den labile fraksjonen er giftig for fisk.

Konsentrasjonen av labilt aluminium er som regel høy i surt vann. Den ikke-labile fraksjonen inneholder aluminium som er bundet organisk og kan være dominerende i farget, dvs. humuspåvirket vann, selv om dette er surt. Både pH og løst organisk stoff kan derfor påvirke forholdet mellom aluminiumsfraksjonene.

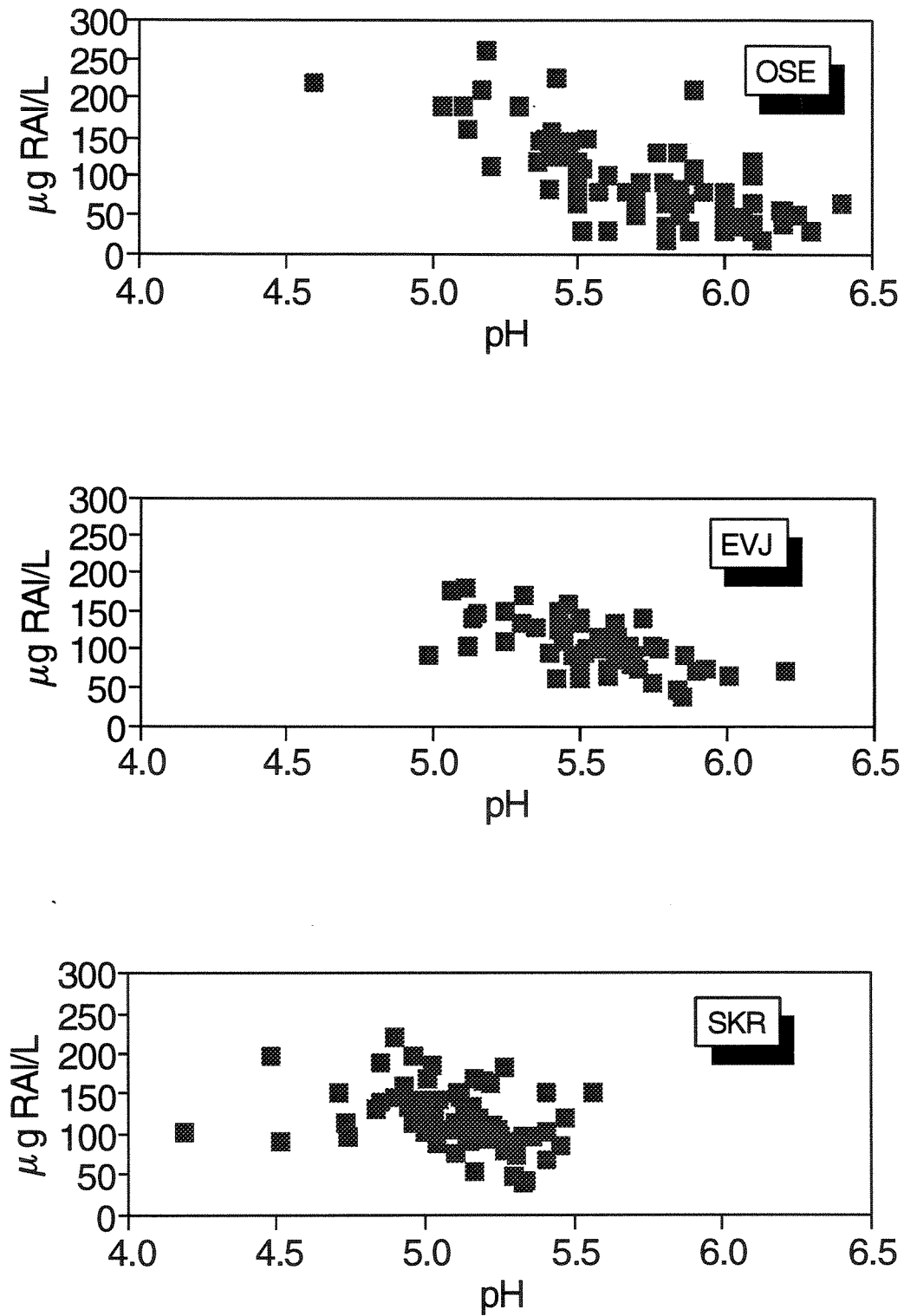
Figur 10 viser variasjonen i reaktivt aluminium i forhold til pH for stasjonene Ose, Evje og Skråstad. Figuren viser at konsentrasjonen av reaktivt aluminium øker ved avtakende pH. Selv om pH er høyest ved Ose, finner vi de høyeste aluminiumskonsentrasjonene her. Det skyldes at avrenning fra sure sidevassdrag dominerer ved lav pH. Aluminiumskonsentrasjonene i disse vassdragene er høyere enn i Otra. I Byglandsfjord skjer det en viss grad av utfelling av aluminium. Reaktivt aluminium over 200 µg Al/L er ikke påvist umiddelbart nedstrøms denne innsjøen.

Selv om pH-nivået er vesentlig lavere ved Skråstad nedstrøms Hunsfoss, er aluminiumsnivået omtrent det samme som ved Evje (figur 10). Selv ved pH mellom 4.2 og 5.0 skjer det ingen økning. Det skyldes at de sure tilførselene ikke kommer fra nedbørfeltet, men fra industriutslipp. Elvebunnen er åpenbart ingen vesentlig kilde til aluminium i dette vassdraget. Det er snarere slik at ekstremt lav pH sammenfaller med lav konsentrasjon av aluminium. Årsaken til det er at de lave pH-verdiene inntreffer i perioder midt på sommeren. pH er da relativt høy oppstrøms industribedriftene og aluminiumskonsentrasjonen tilsvarende lav i Otra, se figur 10 for Evje.

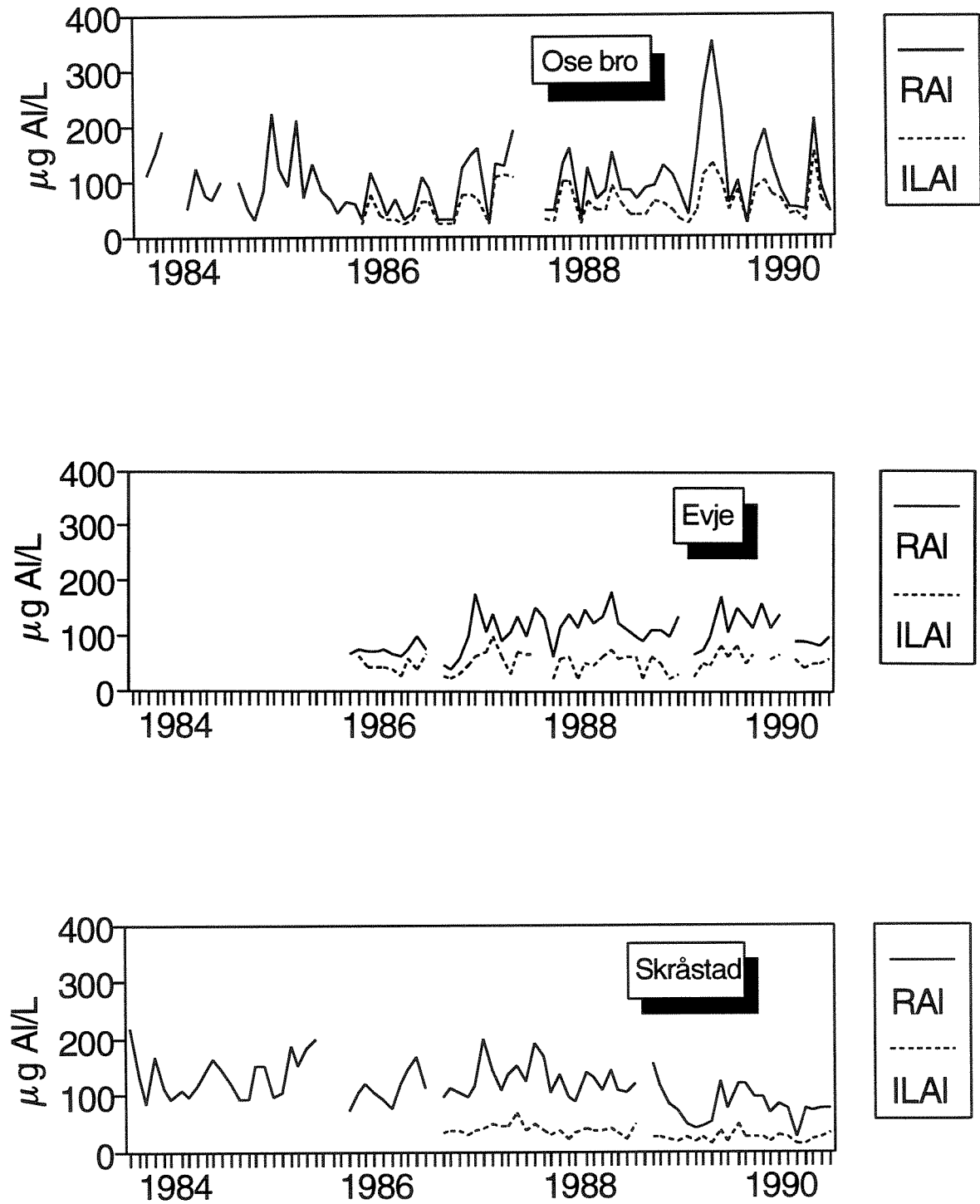
Regresjonsanalyser viser at det ikke er noen systematisk endring i aluminiumskonsentrasjonen fra stasjonen ved Evje og ned til Skråstad. Syreutslippene fra industrien endrer ikke aluminiumskonsentrasjonen i vassdraget.

Konsentrasjonen av labilt aluminium (den giftige fraksjonen for fisk) varierer sterkt på alle stasjoner (figur 11). Når pH er lav kan denne fraksjonen bli dominerende. Det gjelder særlig for Skråstad, der pH-nivået er lavest. Konsentrasjonen av labilt aluminium ligger ofte i området 50-100 µg Al/L. Det gjelder alle stasjoner. Vannet kan da være giftig for fisk. I Otra er konsentrasjonen av kalsium også så lav (omkring 1.0 mg Ca/L) at den beskyttende virkningen kalsium kan gi sannsynligvis ikke vil være til stede.

I årene 1989 og 1990 var det en markert endring i konsentrasjonen av reaktivt aluminium og forholdet mellom fraksjonene (figur 11) ved Skråstad. Sommer/høst 1989 (juli-oktober) og august 1990 var reaktivt aluminium omkring 50 µg Al/L eller lavere. Både den ikke-labile og den labile fraksjonen var også redusert. Årsaken til dette er ikke kjent. Det kunne henge sammen med en økning i pH, men pH var 5.2-5.3 i perioden juli-oktober 1989, slik at dette ikke er sannsynlig.

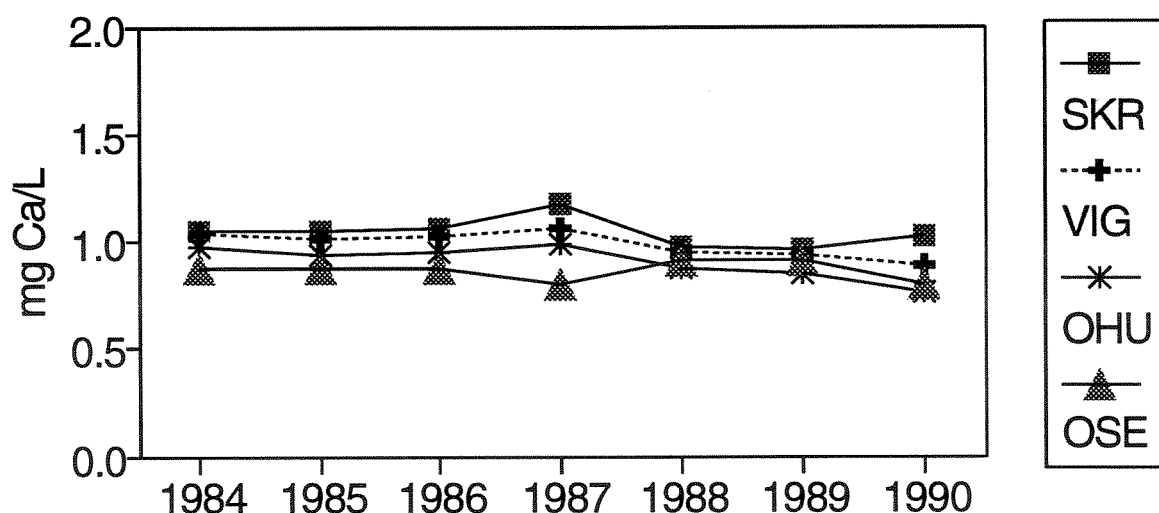


Figur 10. Forholdet mellom reaktivt aluminium og pH ved stasjonene Ose, Evje og Skråstad i Otra i perioden 1984-1990 (1986-1990 for Evje).



Figur 11. Variasjoner i reaktivt (RAI) og ikke-labilt (ILAI) aluminium ved stasjonene Ose, Evje og Skråstad i perioden 1984-1990. Den giftige fraksjonen labilt aluminium (LAI) er differansen mellom de to fraksjonene.

Forsuring påvirker konsentrasjonen av basekationer, f.eks. kalsium. Økt forsurening kan gi en vesentlig økning i kalsiumkonsentrasjonen. Det motsatte vil være tilfellet ved avtakende surhet. Figur 12 viser middelkonsentrasjoner av kalsium ved stasjonene Ose, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad. Ved Ose ser det ikke ut til å ha vært en entydig endring i konsentrasjonen av kalsium i perioden 1984-1990. Middelkonsentrasjonen har imidlertid avtatt i perioden 1987-1990 både på stasjonen oppstrøms Hunsfoss og på Vigeland. Standardavviket er lavt og avtaket er signifikant. Årsaken til avtaket kan være redusert belastning med sur nedbør i midtre og nedre deler av Otravassdraget. Dette har vært tilfellet for sulfat (avsnitt 2.2.3.), men ikke for nitrogenforbindelser.

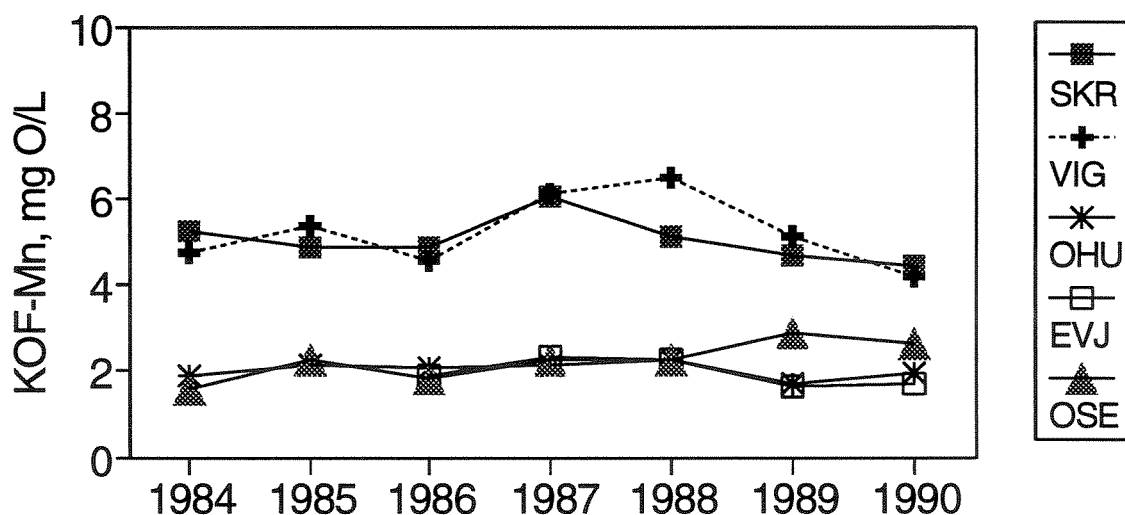


Figur 12. Middelkonsentrasjoner av kalsium på stasjoner i Otra i perioden 1984-1990.

På stasjonen Skråstad skyldes økningen i middelkonsentrasjonen for kalsium i 1990 en enkelt verdi (2.2 mg/L). Denne verdien kan skyldes analysefeil. På Vigeland var konsentrasjonen 0.93 mg/L. Hvis verdien tas vekk, er det et signifikant avtak i middelkonsentrasjonen av kalsium også på Skråstad i perioden 1987-1990.

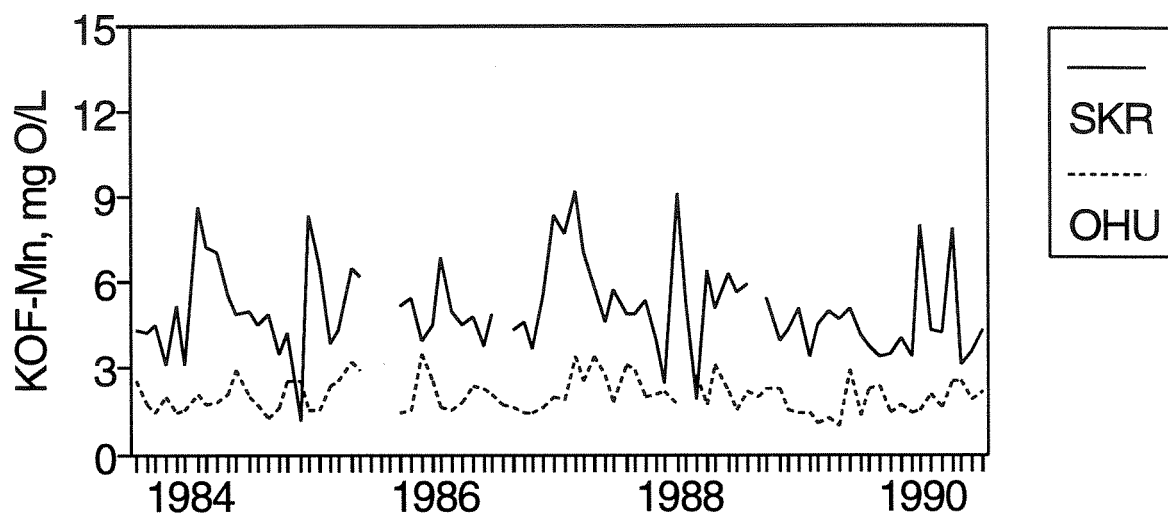
3.1.2. Organisk stoff fra industri

Belastningen av organisk stoff til Otra er beskjedden fra naturens side. På stasjonene ved Ose, Evje og oppstrøms Hunsfoss lå middelkonsentrasjonene av kjemisk oksygenforbruk i perioden 1984-1990 (1984-1988 for Ose) på omkring 2.0 mg O/L (figur 13). I 1989 og 1990 var dette nivået økt ved Ose. Denne økningen har skjedd parallelt med økningen i konsentrasjonen av fosfor og nitrogen. Ved Ose ble det målt opp til 6-7 mg O/L i 1989-1990.



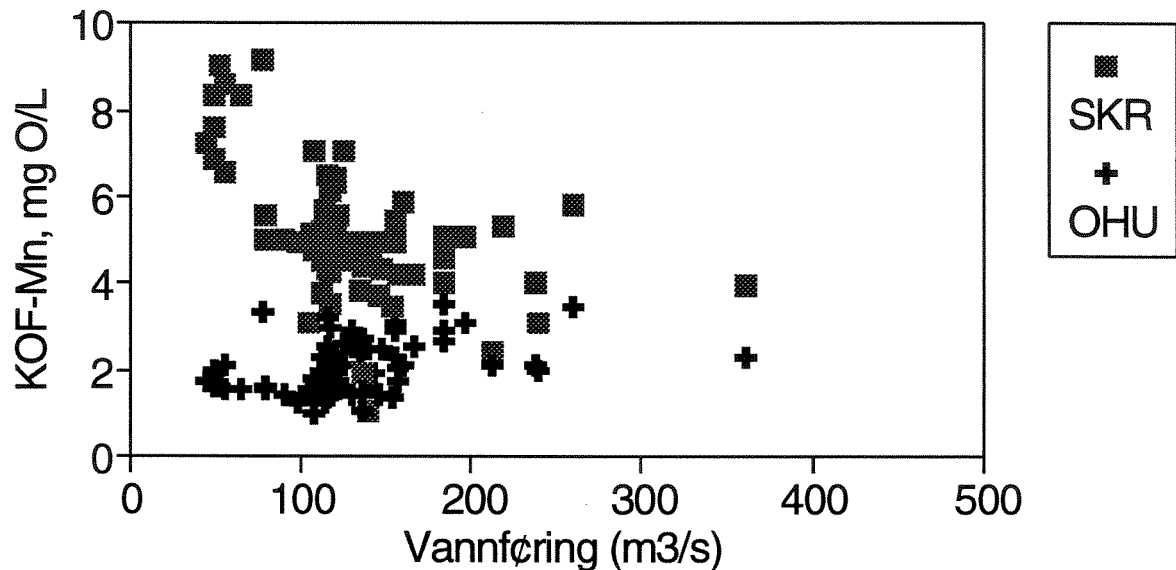
Figur 13. Middelkonsentrasjon av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk vha. kaliumpermanganat (KOF-Mn) på stasjoner i Otra i perioden 1984-1990.

Figur 13 viser at den organiske belastningen øker dramatisk nedenfor industriområdene i Vennesla. Middelkonsentrasjonen av kjemisk oksygenforbruk var omkring 5 mg O/L ved Vigeland og Skråstad i perioden 1984-1986. Det var en svak økning fra årene før. Fra et maksimalnivå i 1987-1988 på omkring 6 mg O/L har middelkonsentrasjonen avtatt noe igjen de to siste årene. Middelkonsentrasjonen var 4-5 mg O/L ved Vigeland og Skråstad i 1990. Enkeltkonsentrasjoner på opp til 8-9 mg O/L ble målt i perioden 1987-1990 (figur 14).



Figur 14. Konsentrasjonen av kjemisk oksygenforbruk ved Skråstad og oppstrøms Hunsfoss i perioden 1984-1990.

Det var en klar økning i kjemisk oksygenforbruk ved avtakende vannføring ved Skråstad (figur 15). De høyeste konsentrasjonene ble nesten utelukkende målt omkring minstevannføring (50 m³/s). Oppstrøms Hunsfoss ble det bare målt lave konsentrasjoner ved minstevannføring. Dette viser igjen, som for syreutslipp, at industriutslippene har størst betydning for vannkvaliteten ved de laveste vannføringene.



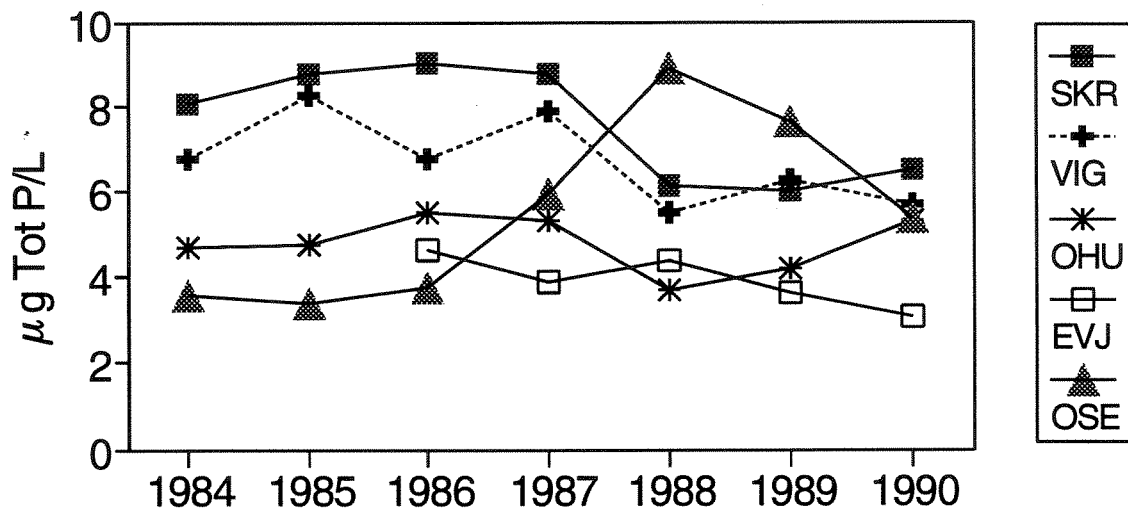
Figur 15. Forholdet mellom kjemisk oksygenforbruk ved Skråstad og oppstrøms Hunsfoss og vannføring ved stasjon 1007-12 Vigeland (NVE).

3.1.3. Boligkloakk og landbruksforurensninger

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 økte markert på stasjonen ved Ose i perioden 1986-1990 (figur 16). Fra 1981 og fram til 1986 var middelkonsentrasjonen av fosfor aldri over 5 µg P/L. I hele perioden 1987-1990 har den ligget over 5.0 µg P/L. 1988 var det dårligste året, med middelkonsentrasjon på 8.9 µg P/L. Høyeste konsentrasjon ble målt i mai 1989 med 24 µg P/L.

Middelkonsentrasjonen av total fosfor har vist en svakt avtakende tendens for stasjonen ved Evje i perioden 1986-1990 (figur 16). Middelkonsentrasjonen ved Evje i 1990 var 3.0 µg P/L, som kan oppfattes som karakteristisk for en upåvirket vannkvalitet. Middelkonsentrasjonen øker noe ned til Vennesla.

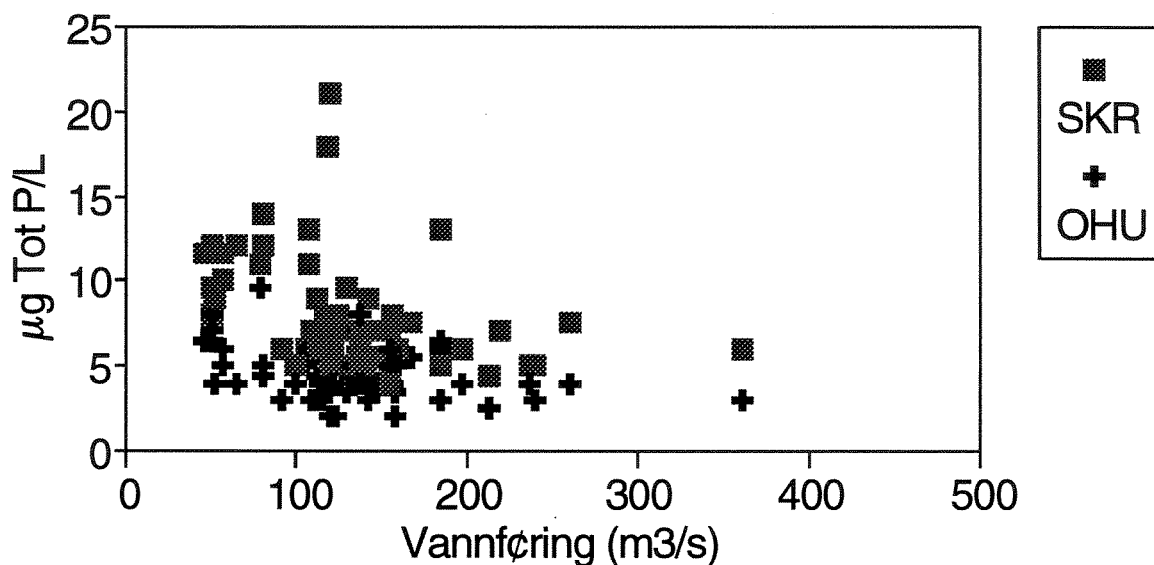


Figur 16. Årsmiddel-konsentrasjoner av total fosfor på stasjoner i Otra i perioden 1984- 1990.

I perioden 1987-1990 har det skjedd et betydelig avtak i midlere fosforkonsentrasjon nedstrøms Vennesla (figur 16). Om en ser bort fra en enkeltverdi på 22 µg P/L på Skråstad i mai 1990 og en verdi på 40 µg P/L på Vigeland i juli 1988, har middelkonsentrasjonen på både Vigeland og Skråstad vært i området 5.5-6.5 µg P/L både i 1988, 1989 og 1990. Årsaken til denne kraftige reduksjonen i fosfor er betydelige rensetiltak for husholdningskloakk. Både i 1989 og 1990 har kloakken fra hele Mosby og Stray-området blitt ledet til avskjærende kloakkledning.

Det var en klar sammenheng mellom konsentrasjonen av total fosfor og vannføring på stasjonen ved Skråstad nederst i Otra (figur 17), mens dette ikke var tilfellet oppstrøms Hunsfoss. Sannsynligheten for relativt høye konsentrasjoner ved Skråstad stiger markert når vannføringen avtar til under 150 m³/s.

De beregnede tilførsler av fosfor fra Venneslafjorden og til utløpet var i 1981 ca. 8 tonn/år fra kloakk, jordbruk og diverse arealer og 8 tonn/år fra industri (Grande et al. 1982), tilsammen 16 tonn P/år. Det var god overensstemmelse mellom målte og beregnede fosformengder. Når nå kloakktilførslene er sterkt redusert, skyldes derfor høyere totalfosfor-konsentrasjon ved Skråstad enn oppstrøms Hunsfoss i det alt vesentlige industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker.

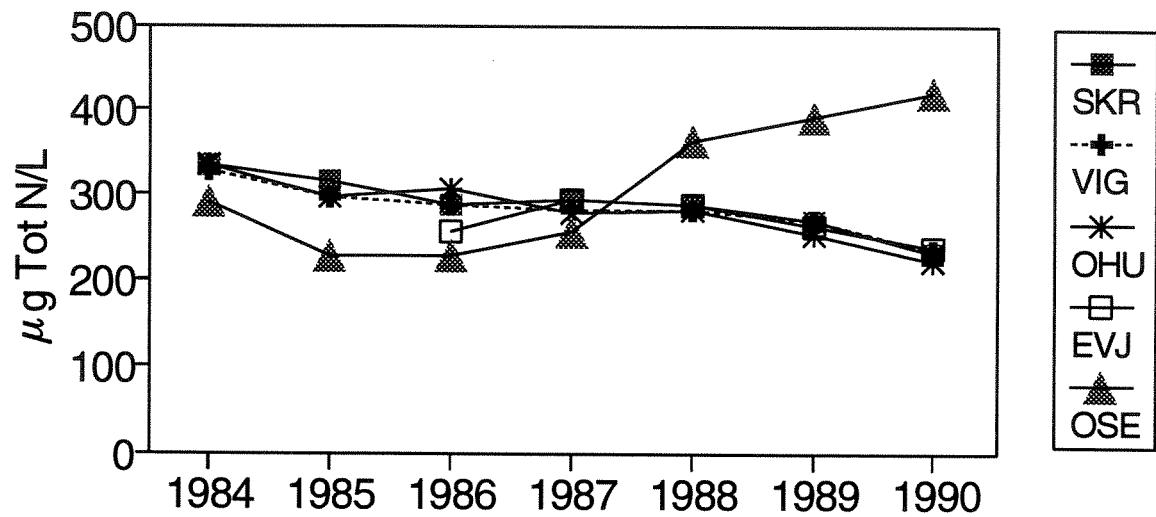


Figur 17. Forholdet mellom konsentrasjonen av total fosfor ved Skråstad og oppstrøms Hunsfoss og vannføring ved stasjon 1007-12 Vigeland (NVE).

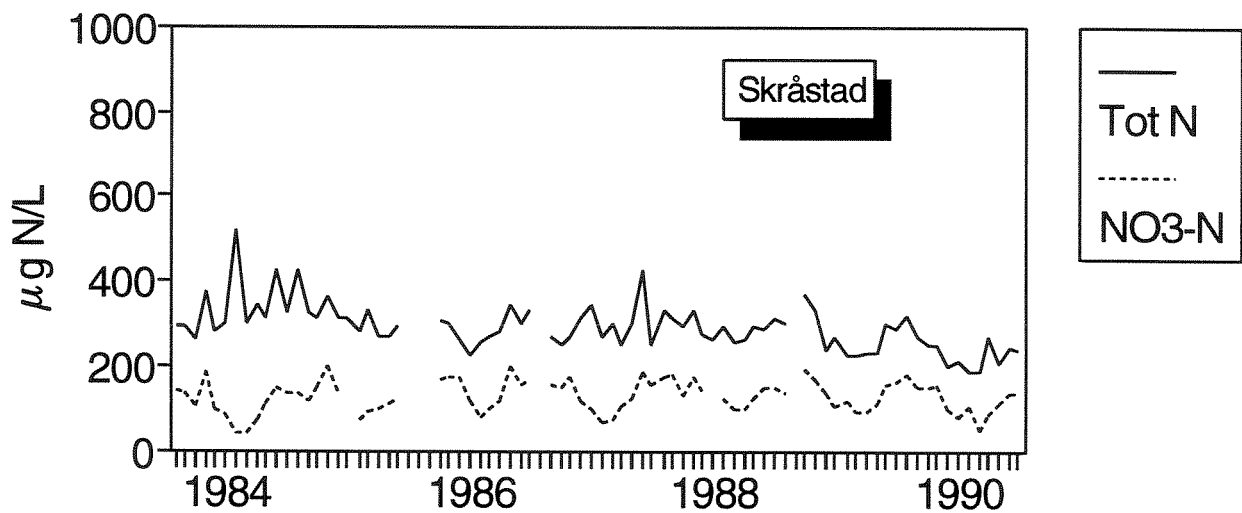
Økningen i fosforkonsentrasjon ved Ose har betydd en vesentlig økt fosforbelastning på Byglandsfjorden. Det kan ha gitt en økt nitrogenomsetning i Byglandsfjorden og dermed en økt retensjon av nitrogen i innsjøen. Figur 18 viser at det har vært en markert og jevn reduksjon i konsentrasjonen av total nitrogen på alle stasjoner nedstrøms Byglandsfjord i perioden 1984-1990 til tross for en økning ved Ose. Tilsvarende reduksjon i nitrat har ikke funnet sted på Skråstad (figur 19). Årsaken til reduksjonen i total nitrogen tidlig i denne perioden kan delvis skyldes avtakende avrenning av nitrogen fra sprengstein (Hindar og Grande 1987).

Hindar et al. (1991) beregnet at nitrogendeposisjonen direkte på innsjøoverflater i Otrås nedbørfelt utgjorde 15-20 % av nitrogentransporten med vassdraget. N-avrenning fra landarealer som skyldes økt N-deposisjon kan også utgjøre en betydelig del av denne transporten. Variasjoner i disse forholdene kan derfor ha stor betydning for endringer i nitrogenkonsentrasjonen i vassdraget. Avtaket på samtlige stasjoner har imidlertid skjedd til tross for en økende nitrogenavsetning med forurenset nedbør.

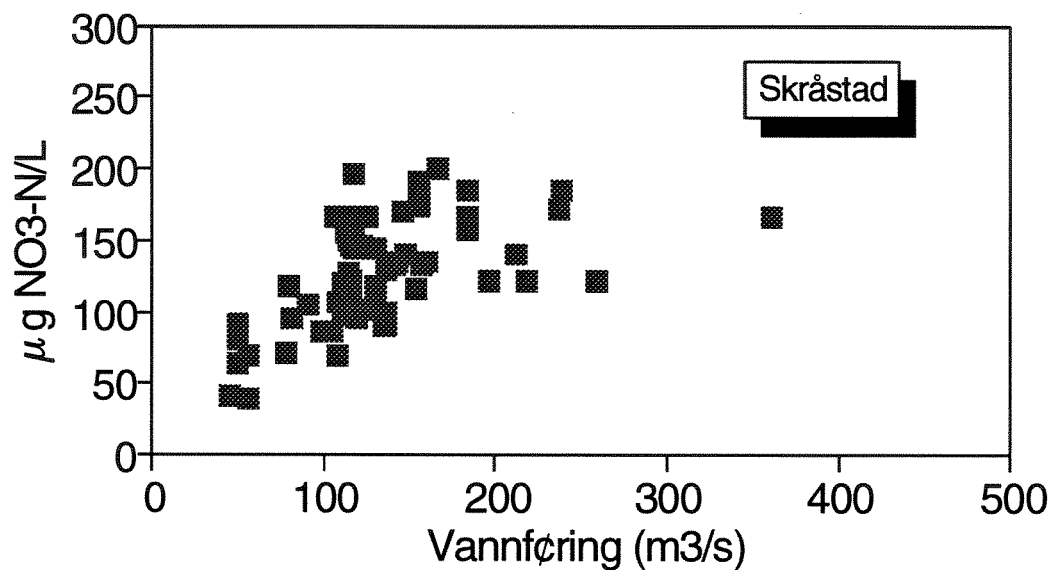
Nitratkonsentrasjonen ved Skråstad er lavest ved de laveste vannføringene (figur 20). Ved vannføringer omkring nåværende minstevannføring (50 m³/s) er det ikke registrert nitratkonsentrasjoner over 100 µg N/L. Det skyldes sannsynligvis at nitrat tas opp av mikroorganismer under omsetningen av det organiske materialet i nedre del. Som vist i figur 17 er fosforkonsentrasjonene høye ved tilsvarende lave vannføringer. Nitratopptaket kan derfor i større grad foregå uten fosforbegrensning.



Figur 18. Middelskonsentrasjon av total nitrogen på stasjoner i Otra i perioden 1984-1990.



Figur 19. Konsentrasjonen av total nitrogen og nitrat ved Skråstad nederst i Otra i perioden 1984-1990.



Figur 20. Forholdet mellom nitrat ved Skråstad og vannføring ved stasjon 1007-12 Vigeland (NVE).

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 18). Hindar et al. (1991) fant at nitrogen fra disse kildene samt tilførsler fra industri bidro med 15-20 % av nitrogentransporten ved utløpet av Otra. I 1989 og 1990 er dette tallet sannsynligvis langt lavere pga sanering av kloakktilførsler.

3.1.4. Tiltak mot forurensninger

Målet for tiltakene er i første rekke å bedre livsbetingelsene for fisk og dens næringsdyr i nedre del av Otra og å øke rekreasjonsverdien av elva. Tiltak mot forurensninger i nedre del av Otra må rettes mot fire hovedkilder. Disse er:

- **surt nedfall fra forurenset luft og nedbør**
- **syreutslipp fra Hunsfos Fabrikker**
- **utslipp av organiske stoffer fra Hunsfos Fabrikker**
- **utslipp av fosfor fra Hunsfos Fabrikker**

Problemene med den generelle forsureningen av vassdraget kan ikke løses lokalt fordi det vesentligste bidraget kommer fra andre land enn Norge. Kalking vil imidlertid gi en bedring i vannkvaliteten som kan sikre fisk og viktige næringsdyr akseptable reproduksjons- og leveforhold. Det er idag ingen tekniske hindringer som utelukker slike løsninger.

Syreutslippene fra Hunsfos Fabrikker kan enten reduseres ved prosessstekniske tiltak, ledes vekk fra Otra i ledning til sjøresipient (Kristiansandsfjorden) eller avsyres ved kalking. Traaen og Johannessen (1988) beregnet et kalkbehov på 15 tonn pr. døgn for å avsyre en syremengde tilsvarende 200 kekv pr. døgn fra Hunsfos Fabrikker. Med en kalkpris på kr. 500.-/tonn og 250 driftsdøgn pr. år, skulle det tilsvare årlige kostnader til kalk på 1.9 mill. kr. I tillegg kommer kapitalkostnader og utgifter til drift av doseringsanlegg.

Økning i minstevannføring fra 50 til 70 eller 80 m³/s vil tilsvare utslippsreduksjoner fra Hunsfos Fabrikker på hhv. 28 og 48 %. En tredels reduksjon i syreutslippene ved nåværende minstevannføring (50 m³/s) vil øke pH fra f.eks. 4.5 til 4.75 i Otra. Økning i minstevannføring til 70 m³/s ville tilsvare et årlig tap fra salg av el.kraft i tørrår (hvert 15. år) på 28 mill. kr. (Traaen og Johannessen 1988).

Hvis vassdraget hadde vært uregulert, ville nåværende utslipp av syre fra Hunsfos Fabrikker kunne gi pH i Otra på mellom 3.7 og 3.9 (vannføring 10-15 m³/s).

Utslippene av organiske stoffer fra Hunsfos Fabrikker må reduseres fra et kjemiske oksygenforbruk på 15.000 tonn O/år til 5000 tonn O/år ved middelvannføring og ned til 1.500 tonn O/år ved minstevannføring (Traaen og Johannessen 1988). Det vil sannsynligvis gi akseptable forhold for reproduksjon av laks og oppvekst av smolt. Nødvendig reduksjon av de stoffer som setter vond smak på fisken kan ikke fastslås.

Hvis rensing i denne størrelsesorden ikke kan gjennomføres, anbefaler Traaen og Johannessen at avløp direkte til fjorden vurderes. Avløpsmengden fra Hunsfos Fabrikker er 0.8-0.9 m³/s. Kostnader for 16000 meter ledning (900 mm) og utleggingskostnader ble beregnet til omkring 30 mill. kr. En slik løsning vil uansett gi en større sikkerhet mot prosessstekniske eller rensetekniske uhell i bedriften.

For kalking av Byglandsfjorden ble det beregnet et årlig kalkbehov på 10.400 tonn til en kostnad på 5.2 mill. kr./år. I perioden tidlig vår og høst/forvinter kan en relativt stor andel (> 60

%) av de sure tilførselene fra nedbørfeltet nedstrøms Byglandsfjorden presse pH under 5.7 i Otra selv om Byglandsfjorden kalkes. Tilleggskalking i disse periodene vil koste kr. 0.3 mill./år (bare kalk). Rekalking av Byglandsfjorden kan helt eller delvis erstattes med kalking av tilløp.

Utslippene av fosfor fra industrien er ikke redusert. For å redusere fosforkonsentrasjonen i elva er det først og fremst disse utslippene som må stoppes. Ytterligere sanering og tilknytning til avskjærende ledning for kloakk til Tangen vil også bedre situasjonen.

3.2. Biologiske undersøkelser

3.2.1. Begroing

Begroingen nedstrøms Vigeland bruk skiller seg markert fra stasjoner oppstrøms Hunsfoss. Begroingssamfunnet er fortsatt preget av soppen Fusarium aquaeductuum. Soppen danner et slimete belegg på overflater i elva, også i relativt strømsterke partier. Soppens utbredelse er ikke undersøkt systematisk i perioden 1980-1990, bare iaktatt ved bunndyrundersøkelsene.

Fusarium aquaeductuum ble påvist i nedre del av Otra allerede i 1960/1961 (Bergmann- Paulsen (1962)). Ifølge Laake (1974) finnes denne soppen bare dominant i elver med tilførsel av sulfittavlut. Selv om næringsalter har betydning for begroingsintensiteten, så er det opplagt den store organiske belastningen som er den egentlige årsak til soppens forekomst i Otra.

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.

Bunndyrprøver 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 bunnsstrat av stein, grus og

sand. Den andre stasjonen (UTM 573 386) var plassert nedstrøms Vigeland, langs østre elvebredd. Denne stasjonen har også tidligere vært brukt til prøvetaking av bunndyr. Bunnsbstratet består hovedsakelig av stein, grus og noe sand. Stedet har endel 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 og 30.07.90. Prøvene ble samlet inn ved en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det ble brukt en håv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger 1 minutt. Prøvene ble konservert i 70 % etanol. Opptelling og bestemmelse av arter og grupper ble utført ved NIVA's laboratorium i Oslo.

Oppstrøms Hunsfoss

Oppstrøms Hunsfoss var fjærmygglarver den dominerende bunndyrgruppen (figur 21, tabell 5). Andre vanlige grupper var vannmidd, børstemark, døgnfluer, vårfluer og rundmarker. Grupper som knott og steinfluer ble også registrert de tre årene, men bare i små mengder. Antall individer i de enkelte bunndyrgruppene varierte noe fra år til år, men variasjonene lå innenfor naturlige populasjonssvingninger. Sett i forhold til tidligere år (1983-86) var mengdene og fordelingen av gruppene stort sett i samme størrelsesområde (Hindar og Grande 1987).

Døgnfluefaunaen bestod i perioden 1987-1990 utelukkende av arten Leptophlebia vespertina (tabell 6). 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 (Raddum og Fjellheim 1984, Bækken og Aanes 1990). I forsurrede elver ser en ofte at mengden av Leptophlebia vespertina øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner.

Blant steinflueartene var Leuctra fusca den vanligste. Denne arten er tolerant overfor forsuring. Den andre registrerte steinfluearten var Siphonoperla burmeisteri. Den ble bare funnet i 1990. Arten er forholdsvis forsuringstolerant.

Vårfluefaunaen bestod av arter som alle har stor toleranse overfor surt vann. 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.

Samlet sett er bunndyrsamfunnet ved denne stasjonen en typisk utløpspåvirket fauna og samtidig et samfunn som viser at vassdraget er forsuringsskadet.

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.

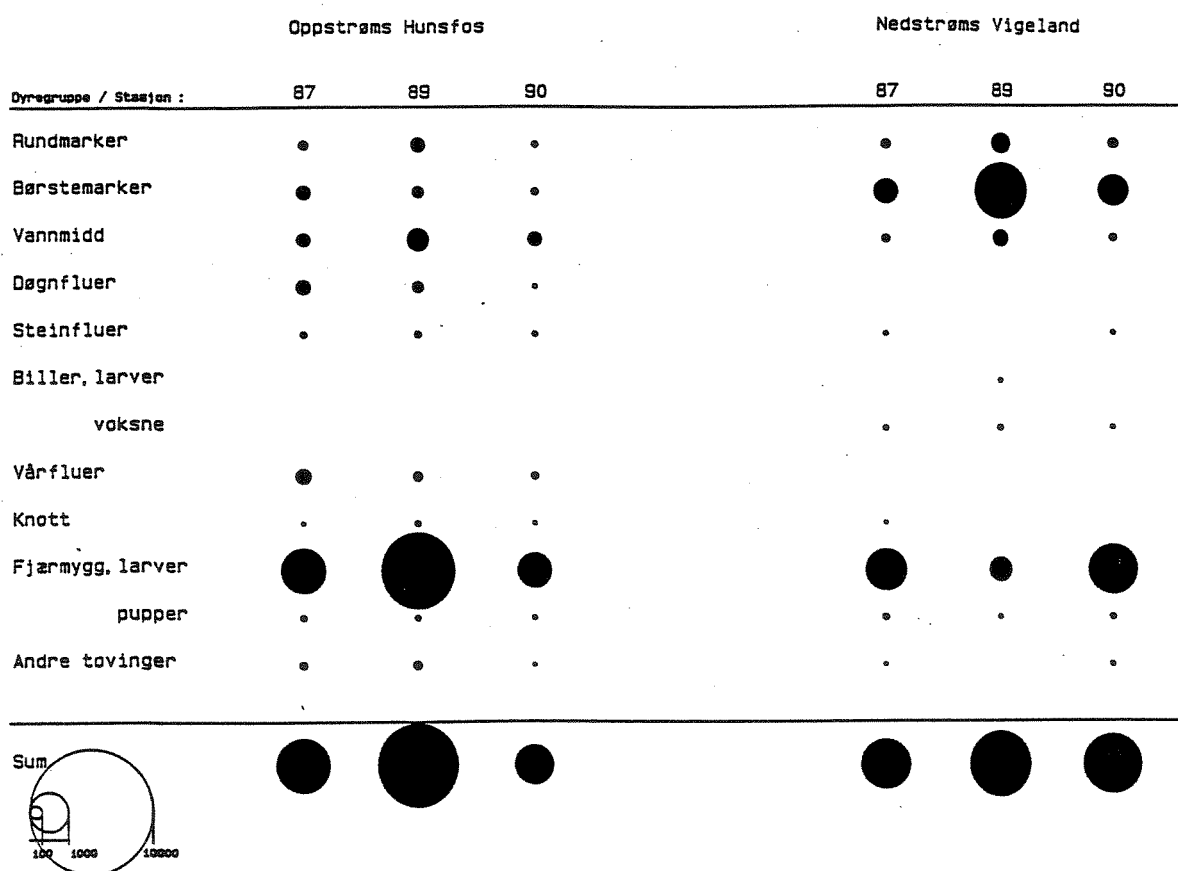
Nedstrøms Vigeland var den totale mengden bunndyr i perioden 1987-1990 stort sett den samme som oppstrøms Hunsfoss. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet var imidlertid forskjellig. Børstemark utgjorde en betydelig andel av faunaen nedstrøms Vigeland (figur 21, tabell 5). I 1989 var børstemark den klart dominerende bunndyrgruppen. Dette er en sterk indikasjon på organiske forurensninger i resipienten. Tilsvarende forhold ble også registrert i perioden 1983-86 (Hindar og Grande 1987).

Verken døgnfluer eller vårfluer ble registrert på denne stasjonen. Steinfluer ble bare sporadisk funnet. Liknende forhold ble også registrert i 1983-86 og er samlet sett et resultat av den organiske belastningen i elva nedstrøms Vigeland. Lav pH har også en begrensende effekt på bunnfaunaen i denne delen av vassdraget.

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. Børstemark 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 forsuringen 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 forekomsten av bl.a. fjærmygglarver nedenfor industribedriftene i Vennesla tyder på at det burde være tilstrekkelig næring for produksjon av noe laksefisk i området. Det gjelder iallefall deler av året. Den raske veksten vi registrerte av utsatt bekkerøye tidlig på 1980-tallet (Boman og Grande 1985) tyder på det.



Figur 21. Bunndyr i Otra oppstrøms Hunsfos Fabrikker og nedstrøms Vigeland den 12.08.87, 30.07.89 og 30.07.90. Antall individer pr. 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

Tabell 5. Bunndyr oppstrøms Hunsfoss og nedstrøms Vigeland i Otra 12.08.87, 30.07.89 og 30.07.90. Antall dyr pr. 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

Stasjon	O. Hunsfoss			N. Vigeland		
	1987	1989	1990	1987	1989	1990
År						
Rundmarker	44	120	20	44	232	56
Børstemarkar	108	72	24	352	1920	568
Vannmidd	104	304	108	32	152	28
Døgnfluer	120	72	8	0	0	0
Steinfluer	20	24	12	8	0	8
Biller, larver	0	0	0	0	8	0
" voksne	0	0	0	12	16	8
Vårfluer	128	48	24	0	0	0
Knott	4	16	4	4	0	0
Fjærmygg, larver	1248	3664	740	1056	344	1520
" pupper	16	16	8	20	8	16
Andre tovinger	28	40	4	4	0	8
Sum	1820	4376	952	1532	2680	2212

Tabell 6. Døgn-, stein- og vårfluearter oppstrøms Hunsfoss og nedstrøms Vigeland i Otra den 12.08.87, 30.07.89 og 30.07.90. Antall dyr pr. 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

Stasjon	O. Hunsfoss			N. Vigeland		
	1987	1989	1990	1987	1989	1990
År						
Døgnfluer						
Leptophlebia vespertina	120	72	8			
Steinfluer						
Siphonoperla burmeisteri			4			
Leutra fusca	20	24	8	8		8
Vårfluer						
Oxyethira sp.	48	8				
Plectrocnemia conspersa	48	16	16			
Polycentropus flavomaculatus	32	16				
Neureclipsis bimaculata		8				
Hydropsyche sp.			8			

4. REFERANSER

- Aanes, K.J. og Bækken, T. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Nr. 1. Generell del. SFT/NIVA-rapport 2278.
- Bergmann-Paulsen, B. 1962. Undersøkelse av forurensingen i Otras nedre løp 1960-1961. O-209, NIVA, Oslo, 148 s.
- 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 vannkvalitetsklassifisering. Nr. 2A. Forsuring. SFT/NIVA-rapport 2491.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1982. Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold. O- 81096, NIVA, Oslo. 27 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, Kroglund, F. og Brettum, P. 1990. Nåværende og akseptabel belastning av Hartevatn ved Hovden i Setesdal. O-90010, NIVA, Grimstad. 37 s. + vedlegg.
- Hindar, A., Næs, K., Molvær, J. og Wright, R.F. 1991. Acid deposition as nitrogen source to coastal waters in southernmost Norway. (Submitted Ambio).
- Hoel, H. 1987. Nye målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker til Otra. Målinger i perioden 21.10-31.10. 1986. Papirindustriens Forskningsinstitutt, oppdrag 21141. 17 s. + bilag.
- Jansen, Ivar, pers. medd. 1987. Avdelingsingeniør, Statens Kartverk, Fylkeshuset, 4800 Arendal.
- Laake, M. 1974. Heterotrof begroing. Kvantitativ beskrivelse av relasjoner mellom tilgjengelige næringsstoffer og biomasseproduksjon, delrapport III (A2-08). Vekstforsøk i forbindelse med forurensingsundersøkelser i Nedre Otra (O-12/73), NIVA, Oslo. 61 s.

Laake, M. 1976. Undersøkelser av forurensingsvirkninger i Nedre Otra. Utført for Vassdragsrådet for Nedre Otra 1973-75. O-12/73, NIVA, Oslo. 155 s.

Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1985. Overvåkingsrapport 249/86, O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 40 s.

Raddum, G. og Fjellheim, A. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 1973-1980.

Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J.E., Lydersen, E., Mjelde, M., Grande, M. 1981. Undersøkelse av Øvre Otra. O-72198, NIVA, Oslo, 180 s.

SFT 1991. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1989. Rapport 437/91. 306 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. 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 1980-1990.

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.

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. Litteraturoversikt for Otra

Andersen, T., 1952. Makrovegetasjonen i vann på kysten av Vest-Agder samt i høyereliggende strøk av Agder og Telemark. Hovedoppgave i botanikk. Univ. i Oslo. 100 s.

Andersen, Ø.B. og O.E. Sjulsen 1986. Beskrivelse og vurdering av geofaglige forhold i Øvre Otra, Aust-Agder. Vassdragsforsk, Univ. Oslo, Rapp. 94.

Aune, H. og A. Tveitnes 1980. Skjønn Øvre Otra. Strekningen Veiåni-Nomedalsmo. Uttalelse fra de oppnevnte jordbrukssakkyndige. Asker/Fyrisdal.

Bekken, J. 1986. Brokke, Aust-Agder. Ornitologi og viltundersøkelser. Vassdragsforsk, Univ. Oslo. Rapp. 93.

Bergmann-Paulsen, B. 1962. Undersøkelse av forurensingen i OTRAS nedre løp 1960-1961. O-209, NIVA, Oslo, 148 s.

Bergmann-Paulsen, B., 1962. Forurensningen i OTRAS nedre løp. Vattenhygien nr. 4, 13 s.

Boman, E. og M. Grande, 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, NIVA, Grimstad. 49 s.

Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R. og Sahlqvist, E-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. O-8000208, NIVA, Grimstad. 46 s.

Borgstrøm, G. 1973. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens virkninger på fisket. Rapport 14, Zool. Museum, LFI, Univ. i Oslo.

Borgstrøm, R. 1974. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Virkninger på fisket ved nåværende og kommende reguleringer. Notat, Zool. Museum, LFI, Univ. i Oslo.

Borgstrøm, R. 1975. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens innvirkning på kjemiske forhold i vassdraget. Notat 2, Zool. Museum, LFI, Univ. i Oslo.

Borgstrøm, R. og T. Løkensgard, 1978. Skjønn Øvre Otra. Utbyggingens virkninger på fisket i magasinene. Rapp. 35, LFI, Oslo, 50 s.

Borgstrøm, R. og T. Løkensgard 1980. Skjønn Øvre Otra. Virkningen på fisket i Otra på strekningen Sarvsfossen-Nomedalsmo. Oslo.

Borgstrøm, R., T. Løkensgard, E. Ræstad, O. Skulberg og A. Tveitnes, 1980. Utredning for Setesdal Herredsrett. Stell og skjøtsel av terskelbassenger i Otra. NIVA, 05.11.1980.

- Brabrand, Å. 1989. Fiskeribiologiske undersøkelser i nedre Otra med Kilefjorden, Gåseflåfjorden og Venneslafjorden. Rapport 114/89, LFI, Oslo. 24 s.
- Brittain, J.E. og G. Halvorsen, 1986. Bygging av Skarg kraftverk og ytterligere overføringer til Brokke kraftverk, Aust-Agder. Hydrografi og bunndyr i sidevassdragene til Otra. Rapp. 83/86, LFI, 39 s.
- Carlberg, G.E., G. Tveten og M. Møller, 1979. Effekter av blekeriutslipp i det ytre miljø. Analyse av fisk fra Otra og Tofte og mutagentesting av blåskjell fra Tofte. Rapp. 780910-1, Senter for industriforskning. 25 s.
- Dahl, K. 1927. Byglandsfjordens "Blege" eller Dverglaksen. Fiskeri-inspektørens innberetning om ferskvannsfiskeriene for året 1926. Tillegg 3.
- Dannevig, G. 1963. Brokke-skjønnet. Reguleringens innvirkning på fisket. Betenkning, 12/11 1963, Reguleringsskjønn Byglandsfjorden.
- Dannevig, G. 1964. Brokke-skjønnet. Reguleringens innvirkning på fisket. Rapport nr. 2. Betenkning, 19/10 1964, Reguleringsskjønn Byglandsfjorden.
- Egerhei, T., 1984. Samlet plan for vassdrag, Aust-Agder fylke. Valle og Bykle kommune. Vassdragsrapport Brokke 115 Otra. Brokke.
- Faugli, P.E., 1977. Geofaglig befarung i Hovdenområdet, Setesdal. Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer, Universitetet i Oslo, rapport 77/01.
- Grande, M., 1963. Water pollution studies in the river Otra, Norway. Effects of pulp and paper mill wastes on fish. Int. J. Air. Wat. Poll. Pergamon Press 1964. Vol. 8, pp. 77-88.
- Grande, M., M. Laake og S. Andersen 1980. Overvåkingsundersøkelser i nedre Otra. Fremdriftsrapport for 1979. O-73012, NIVA, Oslo. 32 s.
- Grande, M. og R.F. Wright 1982. Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold. NIVA O-81096. 27 s.
- Grande, M og R.F. Wright 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. O-8000208, NIVA, Oslo. 45 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, NIVA, Oslo, 74 s.
- Gunnerød, T.B. og O. Kjos-Hanssen 1977. Fiskeri- og viltbiologiske forhold vedrørende søknad av 1977 om planendring i utbyggingen av Otra-vassdraget.
- Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.

- Hindar, A, Kroglund, F. og Brettum, P. 1990. Nåværende og akseptabel belastning av Hartevatn ved Hovden i Setesdal. O-90010, NIVA, Grimstad. 37 s. + vedlegg.
- Hindar, A., Næs, K., Molvær, J. og Wright, R.F. 1991. Acid deposition as nitrogen source to coastal waters in southernmost Norway. (Submitted Ambio).
- Hoel, H. 1987, a. Utslipp av syre og base til Otra fra Hunsfos Fabrikker i perioden 30.6 - 4.7 - 1986. Papirindustriens Forskningsinstitutt, oppdrag 21141. 5 s. + bilag.
- Hoel, H. 1987, b. Nye målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker til Otra. Målinger i perioden 21.10-31.10. 1986. Papirindustriens Forskningsinstitutt, oppdrag 21141. 17 s. + bilag.
- Holtan, H. og O. Skulberg 1972. Notat til I/S Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget. NIVA, O-198/72.
- Holtan, H. og L. Lingsten 1986. Overføring av Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m. fl. til Brokke kraftverk. Vurdering av eventuelle forurensningseffekter. O-85166, NIVA, Oslo. 52 s.
- Hunsfos Fabrikker, 1982. Utslippsrapport for 1. og 2. kvartal 1982. Siv. ing. T. Kittelsen, 4.8.82.
- I/S Øvre Otra og Otteraaens Brugseierforening 1977: Otravassdraget. Søknad om planendring for overføring av Otra til Vatnedalsvatn. Nov. 1977.
- Jørgensen, G. og Skuberg, O., 1973. Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. Norsk institutt for vannforskning O-198/72.
- Kgl. res.: av 16.03.1979. Olje- og energidep. Tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å endre planen for regulering av Øvre Otra.
- Kittelsen, T. og O. Honnemyr, 1971. Forurning av Otravann ovenfor Hunsfos Fabrikker. Surhetsmålinger i nedbør i Iveland. Notat fra Hunsfos Fabrikker.
- Kotai, J. og O. Skulberg, 1974. Vassdragsundersøkelser i Nedre Otra 1973-74. Sammenstilling av viktige resultater og erfaringer. NIVA-notat, O-12/73.
- Laake, M. 1974. Heterotrof begroing. Kvantitativ beskrivelse av relasjoner mellom tilgjengelige næringsstoffer og biomasseproduksjon, delrapport III (A2-08). Vekstforsøk i forbindelse med forurensningsundersøkelser i Nedre Otra (O-12/73), NIVA, Oslo. 61 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.
- Laake, M. 1977. Sigevannsproblemer ved fyllplass for bark og trefiber i Påldalen, Vennesla, Vest-Agder. O-12/73, A2-08, NIVA, Oslo. 66 s.

- Laake, M. 1978. Fremdriftsrapport for 1976-77. Overvåkingsundersøkelser i nedre Otra. NIVA O-12/73.
- Laake, M. og M. Grande, 1976. Effekter av noen celluloseindustrielle avløpsvann på lakseyngel og grønnalger. Miljøvårdssekretariatet publ. 1976:2. pp. 151-163.
- Lande, A., 1972. Byglandsfjorden. Primary production and other limnological features in an oligotrophic Norwegian lake. *Hydrobiologia* vol. 42, 2-3 pag. 335-344, 1973.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurderinger av vannkvalitetsendringer 1981-85 i forbindelse med anleggsvirksomhet. O-83143, NIVA, Grimstad, 39 s.
- Lande, A. og M. Grande, 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1985. Overvåkingsrapport 249/86. O-8000208, NIVA, Oslo. 40 s.
- Løkensgard, T. 1963. Reguleringskjønn Byglandsfjorden. Fiskerisakkyndig erklæring, 1963.
- Løkensgard, T. 1975. Nuværende og fremtidig planlagte regulerings innvirkning på fisket. Kontinuasjonskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Fiskerisakkyndig erklæring 1975.
- Maroni, K., 1985. Settefiskanlegg og matfiskanlegg i Valle. Notat O-85210, 1985, NIVA, 34 s.
- Matzow, D., Rosseland, B.O. og Skogheim, O.K. 1985. Effekter av kalking på fisk. I: Baalsrud, K. (red.): Kalking av surt vann. Sluttrapport, Kalkingsprosjektet. 145 s.
- Mellquist, P. 1976. Informasjon om terskelprosjektet. Tersklens innvirkning på biologiske forhold i regulerte vassdrag. NVE-Vassdragsdirektoratet.
- Miljøvern avdelingen i Aust-Agder 1987. Årsrapport. Kloakkrenseanlegg i Aust-Agder 1986. Rapport 12-1987, Miljøvern avdelingen i Aust-Agder.
- Nicholls, M., 1980. Vurdering av pH observasjoner fra Øvre Otra. NIVA, 2.10.1980. 23 s.
- Norsk Wallboard, 1982. Utslippstall oversendt NIVA. Siv. ing. G. Rødland, 12.8.82.
- PFI, 1979. Utslippskontroll av sulfittavlut og kondensat ved Hunsfos Fabrikker (målinger 11. - 19.1.79). Papirindustriens Forskningsinstitutt, O. Graff, 20.2.79.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1978. Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 1. Utbyggingsvirkninger i magasinene.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1978. Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 3. Utbyggingsvirkninger på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1980. Skjønn Øvre Otra. Vurdering av nye terskler på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo.

- Rørslett, B. 1978. Hartevatn og regulering av øvre Otra. En uttalelse om I/S Øvre OTRAS planendringsforslag av november 1977. O-133/77, NIVA, Oslo,
- Rørslett, B. 1983. Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. OF-81620-01. NIVA, Oslo.
- Rørslett, B. 1985. Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22: 2927-2936.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. O-86094, NIVA, Oslo. 25 s.
- Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. O-86130, NIVA, Oslo, 40 s.
- Rørslett, B. 1987. Aquatic weed problems of Otra, a norwegian hydro-electric river. Reg. Rivers (submitted).
- Rørslett, B., N.W. Green og K. Kvalvågnes 1978. Stereophotography as a tool in aquatic biology. Aquat. Bot. 4: 73-81.
- Rørslett, B., T. Tjomsland, J.E. Løvik, E. Lydersen, M. Mjelde, M. Grande, 1981. Undersøkelse av Øvre Otra. NIVA O-72198. 180 s.
- Raastad, J.E. 1979. Bunndyrundersøkelser i regulerede elver - med hovedvekt på insektgruppen knott (Diptera, Simuliidae). Informasjon nr. 8 fra Terskelprosjektet. NVE- Vassdragsdirektoratet. 62 s.
- Saltveit, S.J. 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med planer om bygging av Hekni kraftverk. Del 1. Fisk. Rapp. 56, LFI, Oslo. 39 s.
- Samlet Plan 1984. Brokke, 115 Otra, 31 Brokke. Vassdragsrapport.
- SFT 1986. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985. Rapport 256/86. 199 s.
- Skov, A., 1987. Forprosjekt for kalkingsplan for Aust-Agder fylke. Miljøvern avdelingen i Aust-Agder, rapport 10-1987, 80 s.
- Skov, A., Vikse, P. og Matzow, D. 1990. Kalkingsplan for Aust-Agder 1990-1993. Miljøvern avdelingen i Aust-Agder, rapport 11-1990, 242 s.
- Skulberg, O., 1979. Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet, begroing og resipientforhold. Vassdragsstrekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo. O-79057. 20.08.1979. NIVA.
- Skulberg, O., 1979. Notat. Sak nr. B 20/75- Skjønn Øvre Otra, vassdragsstrekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo. NIVA, O-133/77.

- Skulberg, O., 1980. Notat til Setesdal Herredsrett. Vurdering av nye terskelbassenger i Øvre Otra. NIVA, O-79057, 14.10.1980.
- Skulberg, O., 1980. Notat til Setesdal Herredsrett. Vassdragsreguleringens innvirkning på vannmassenes surhetsgrad i Otra. NIVA, O-79057, 22.10.80.
- Skulberg, O., 1982. Notat til Setesdal Herredsrett. Reguleringsvirkninger på vannkvalitet og begroingsforhold - området oppstrøms Sarvsfossen. NIVA, O-79057, 15.01.82.
- Steinnes, A. 1985. Flora og vegetasjon i Øvre Otra, Aust-Agder. Kontaktutv. Vassdragsreg., Univ. Oslo. Rapp. 83, 71 s.
- St.prp. 140 (1973-74). Om tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å foreta ytterligere regulering og overføringer i Otravassdraget, og tillatelse for I/S Øvre Otra til erverv av fallrettigheter.
- Stubsjøen, J. 1986. Fiskeribiologisk undersøkelse i forbindelse med planer om utbygging av Hekni kraftverk i øvre Otra, Aust-Agder. Aust-Agder kraftverk, Otra Fiskelag, Bygland. 69 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 13/82. O-8000208, NIVA, Oslo. 27 s.
- Tryland, Ø., 1982. Utslipp fra treforedlingsindustri. Spesifikke avløpstall og utslippsmengder fra norske bedrifter. NIVA, rapp. F-81434 - 1982. 26 s.
- Tryland, Ø., 1983. Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard, juli-oktober 1982. VA-rapport 7/83. O-82067, NIVA, Oslo.
- Vold, K., 1974. Bleka, en relikte laks (*Salmo salar* L) i Byglandsfjorden. Ernæring, alder, vekst og kjønnsmodning sammenholdt med enkelte miljøfaktorer. Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi. Univ. i Oslo. 59 s.
- Wegge, B., 1976. Fiskevannsundersøkelser i Breidvatn og Sæsvatn 1976. Rapport til Drammens Sportsfiskere, november 1976.
- Wesén, C., 1981. Miljøeffekter av skogindustriella utsläpp. Forskningsutredning. Rapp. Naturvårdsverket SNV PM 1496. 55 s.
- Wright, R.F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring - regulering på strekningen Hartevatn - Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. O-8000208, NIVA, Oslo. 23 s.
- Wright, R.F. 1985. Water chemistry: Interaction of stream regulation and acid precipitation. In: Regulated rivers. Eds.: A. Lillehammer and S.J. Saltveit. Universitetsforlaget pp. 71-80.

Wright, R.F. og M. Grande, 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/82. O-800208, NIVA, Oslo. 55 s.

Wright, R.F., M. Grande, P. Brettum, J.E. Løvik, R. Romstad og K. Martinsen, 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, NIVA, Oslo. 66 s.

5.3. Primærdata 1987-1990.

Forklaring til tabellene:

<u>Tabellforkortelse:</u>		<u>Enhet:</u>
Turb	turbiditet	FTU
pH		- log [H ⁺]
ALK	alkalitet	mekv/L, titr. til pH 4.5
K25	konduktivitet	mS/m, ved 25°C
Ca	kalsium	mg Ca/L
Mg	magnesium	mg Mg/L
Na	natrium	mg Na/L
K	kalium	mg K/L
Cl	klorid	mg Cl/L
SO4	sulfat	mg SO ₄ /L
NO3-N	nitrat	µg N/L
TOT-N	tot. nitrogen	µg N/L
TOT-P	tot. fosfor	µg P/L
PERM	org. stoff (KOF-Mn)	mg O/L
RAL	reaktivt aluminium	µg Al/L
ILAL	ikke-løst Al	µg Al/L
Fe	jern	µg Fe/L
NH4-N	ammonium	µg N/L

LOK	Dato	Turb	pH	ALK	K25	Ca	LOK	Dato	Mg	Na	K	Cl	SO4
450	21/01/87		5.25	0.026	2.30	1.07	450	21/01/87	0.38	1.41	0.25	2.1	3.4
450	24/02/87		5.23	0.029	2.12	1.04	450	24/02/87	0.36	1.31	0.21	2.0	3.5
450	17/03/87		5.21	0.037	2.39	1.16	450	17/03/87	0.41	1.41	0.25	2.0	3.7
450	13/04/87		5.33	0.035	2.37	1.16	450	13/04/87	0.48	1.38	0.25	2.0	4.5
450	19/05/87		4.73	0.010	3.55	1.17	450	19/05/87	0.67	2.12	0.26	3.1	5.7
450	16/06/87		4.48		5.48	1.27	450	16/06/87	1.62	2.14	0.40	3.1	
450	27/07/87		4.85	0.110	3.19	1.13	450	27/07/87	0.73	1.85	0.30	2.7	5.8
450	17/08/87		5.10	0.023	2.61	1.08	450	17/08/87	0.65	1.49	0.23	2.0	4.4
450	14/10/87		4.94	0.018	2.42	0.95	450	14/10/87	0.40	1.34	0.29	2.1	3.8
450	16/11/87		5.57	0.039	3.27	1.83	450	16/11/87	0.54	2.31	0.35	4.3	4.4
450	14/12/87		5.15	0.020	2.58	0.97	450	14/12/87	0.56	1.42	0.23	2.1	4.5
450	19/01/88		4.85	0.023	2.94	1.02	450	19/01/88	0.39	1.92	0.26	3.2	4.2
450	16/02/88		5.19	0.026	2.64	1.01	450	16/02/88	0.39	1.91	0.24	2.8	3.8
450	16/03/88		5.24	0.025	2.32	1.03	450	16/03/88	0.41	1.45	0.23	2.1	3.6
450	20/04/88		5.16	0.019	2.28	0.96	450	20/04/88	0.36	1.44	0.26	2.2	3.5
450	18/05/88		5.36	0.035	1.68	0.81	450	18/05/88	0.26	0.98	0.21	1.5	2.8
450	19/06/88		5.04	0.027	3.33	1.19	450	19/06/88	0.94	1.91	0.26	2.7	5.8
450	13/07/88		4.95	0.028	2.29	0.91	450	13/07/88	0.37	1.18	0.24	1.7	3.6
450	22/08/88		4.83	0.021	2.94	0.86	450	22/08/88	0.53	1.29	0.21	2.0	4.6
450	20/09/88		5.03	0.030	2.37	0.90	450	20/09/88	0.54	1.24	0.20	1.6	4.4
450	17/10/88		4.90		2.49	0.94	450	17/10/88	0.41	1.36	0.21	2.0	3.8
450	21/11/88		5.12		2.46	0.99	450	21/11/88	0.50	1.39	0.17	2.1	4.3
450	19/12/88		5.00	0.022	2.78	1.01	450	19/12/88	0.66	1.29	0.23	1.9	5.5
450	18/01/89		5.00	0.021	2.95	1.04	450	18/01/89	0.68	1.54	0.26	2.6	5.4
450	13/02/89						450	13/02/89					
450	15/03/89		4.93	0.019	3.15	1.17	450	15/03/89	0.55	1.93	0.28	3.5	4.5
450	18/04/89		4.96	0.020	2.31	0.83	450	18/04/89	0.35	1.20	0.23	2.1	4.7
450	22/05/89		5.27	0.032	2.14	0.93	450	22/05/89	0.41	1.23	0.21	2.1	3.4
450	13/06/89		5.41	0.033	2.40	1.03	450	13/06/89	0.51	1.33	0.22	2.2	3.9
450	12/07/89		5.30	0.030	2.15	0.80	450	12/07/89	0.56	1.26	0.20	2.1	3.8
450	16/08/89		5.33	0.029	2.25	0.89	450	16/08/89	0.47	1.36	0.21	2.1	3.4
450	18/09/89		5.34	0.024	2.34	0.86	450	18/09/89	0.50	1.50	0.21	2.1	3.6
450	16/10/89		5.17	0.089	2.52	1.00	450	16/10/89	0.54	1.47	0.24	2.2	4.3
450	15/11/89		5.03	0.023	2.60	0.97	450	15/11/89	0.37	1.61	0.26	2.6	3.3
450	18/12/89		5.48	0.039	2.55	1.00	450	18/12/89	0.44	1.55	0.26	2.6	4.8
450	16/01/90		5.04	0.018	2.72	1.01	450	16/01/90	0.41	1.64	0.26	3.1	4.0
450	14/02/90		5.18	0.030	2.53	0.92	450	14/02/90	0.39	1.69	0.26	3.1	4.5
450	14/03/90		5.21	0.027	2.26	0.93	450	14/03/90	0.35	1.32	0.24	2.9	3.5
450	18/04/90		5.43	0.026	2.51	1.07	450	18/04/90	0.55	1.53	0.24	2.8	4.2
450	23/05/90		5.43	0.030	2.20	0.91	450	23/05/90	0.45	1.36	0.18	2.5	3.2
450	12/06/90		5.43	0.026	2.91	0.94	450	12/06/90	0.84	1.68	0.22	3.0	4.1
450	16/07/90		5.24	0.024	2.16	0.73	450	16/07/90	0.36	1.47	0.20	2.4	3.1
450	15/08/90		5.53	0.037	2.35	0.87	450	15/08/90	0.50	1.53	0.21	1.8	3.8
450	12/09/90		5.63	0.037	3.32	2.20	450	12/09/90	0.68	1.96	0.25	2.7	4.9
450	15/10/90		5.28	0.016	2.02	0.76	450	15/10/90	0.30	1.25	0.17	2.1	2.6
450	14/11/90		5.28	0.022	2.39	0.96	450	14/11/90	0.51	1.61	0.21	2.2	4.1
450	12/12/90		5.40	0.020	2.29	0.98	450	12/12/90	0.45	1.65	0.23	2.2	3.4
453	21/01/87		7.60				453	21/01/87					
453	24/02/87		5.40				453	24/02/87					
453	17/03/87		5.23				453	17/03/87					
453	13/04/87		4.99				453	13/04/87					
453	19/05/87		4.97	0.016	3.24	1.14	453	19/05/87	0.61	2.05	0.25	2.9	5.3
453	16/06/87		4.84				453	16/06/87					
453	27/07/87		4.42				453	27/07/87					
453	17/08/87		4.71				453	17/08/87					
453	14/10/87		5.14				453	14/10/87					
453	17/09/87		4.97				453	17/09/87					
453	14/10/87		5.01				453	14/10/87					
453	16/11/87		5.50				453	16/11/87					
453	14/12/87		5.50				453	14/12/87					
453	19/01/88		4.81				453	19/01/88					
453	16/02/88		5.04				453	16/02/88					

LOK	Dato	Turb	pH	ALK	K25	Ca	LOK	Dato	Mg	Na	K	Cl	SO4
458	20/04/88	5.06	0.017	2.40	0.94	458	20/04/88	0.41	1.42	0.25	2.1	3.6	
458	18/05/88	5.38				458	18/05/88						
458	19/06/88	5.05				458	19/06/88						
458	13/07/88	4.98				458	13/07/88						
458	22/08/88	4.83				458	22/08/88						
458	20/09/88	5.01				458	20/09/88						
458	17/10/88	4.85				458	17/10/88						
458	21/11/88	5.11			2.33	1.00	458	21/11/88	0.44	1.24	0.16	1.9	3.7
458	19/12/88	5.20					458	19/12/88					
458	18/01/89	5.18					458	18/01/89					
458	13/02/89	5.10					458	13/02/89					
458	15/03/89	4.87					458	15/03/89					
458	18/04/89	5.17					458	18/04/89					
458	22/05/89	5.17					458	22/05/89					
458	13/06/89	5.18					458	13/06/89					
458	12/07/89	5.59					458	12/07/89					
458	16/08/89	5.48					458	16/08/89					
458	18/09/89	6.27					458	18/09/89					
458	16/10/89	5.56					458	16/10/89					
458	15/11/89	5.01					458	15/11/89					
458	18/12/89	5.10					458	18/12/89					
458	17/01/90	5.05					458	17/01/90					
458	14/02/90	5.11					458	14/02/90					
458	14/03/90	5.52					458	14/03/90					
458	18/04/90	5.11					458	18/04/90					
458	23/05/90	5.55					458	23/05/90					
458	12/06/90	5.47					458	12/06/90					
458	16/07/90	5.24					458	16/07/90					
458	15/08/90	5.39					458	15/08/90					
458	12/09/90	5.63					458	12/09/90					
458	15/10/90	6.79					458	15/10/90					
458	14/11/90	5.31					458	14/11/90					
458	12/12/90	5.28					458	12/12/90					
460	21/01/87	5.60			1.63	0.94	460	21/01/87	0.23	1.11	0.21	1.8	2.8
460	24/02/87	5.68			1.67	0.99	460	24/02/87	0.23				
460	17/03/87	5.84			1.52	1.02	460	17/03/87	0.21				
460	13/04/87	5.62			1.78	1.10	460	13/04/87	0.26				
460	19/05/87	5.53			1.64	0.92	460	19/05/87	0.21				
460	16/06/87	5.48	0.032		1.82	1.01	460	16/06/87	0.25				
460	27/07/87	5.55			1.72	1.01	460	27/07/87	0.26				
460	17/08/87	5.29			1.93	1.01	460	17/08/87	0.27				
460	17/09/87	5.39			1.73	0.90	460	17/09/87	0.23				
460	14/10/87	5.00			2.00	0.86	460	14/10/87	0.23				
460	16/11/87	5.18			2.42	1.11	460	16/11/87	0.33				
460	14/12/87	5.58			1.78	0.85	460	14/12/87	0.21				
460	19/01/88	5.03			2.46	0.92	460	19/01/88	0.29				
460	16/02/88	5.20			2.19	0.92	460	16/02/88	0.27				
460	16/03/88	5.55			1.65	0.89	460	16/03/88	0.21				
460	20/04/88	5.41	0.024		1.91	0.95	460	20/04/88	0.25				
460	18/05/88	5.30			1.59	0.77	460	18/05/88	0.20				
460	19/06/88	5.62			1.58	0.91	460	19/06/88	0.21				
460	13/07/88	5.27			1.67	0.81	460	13/07/88	0.23				
460	22/08/88	5.45			1.48	0.75	460	22/08/88	0.19				
460	20/09/88	5.20			1.75	0.85	460	20/09/88	0.22				
460	17/10/88	5.45			1.62	0.90	460	17/10/88	0.21				
460	21/11/88	5.41			1.68	0.88	460	21/11/88	0.21				
460	19/12/88	5.58			1.67	0.85	460	19/12/88	0.24				
460	18/01/89	5.37			1.69	0.93	460	18/01/89	0.24				
460	13/02/89	5.12			2.47	1.03	460	13/02/89	0.30				
460	15/03/89	5.61			1.97	0.80	460	15/03/89	0.22				
460	18/04/89	5.56			1.64	0.87	460	18/04/89	0.21				
460	22/05/89	5.67			1.62	0.85	460	22/05/89	0.21				
460	13/06/89						460	13/06/89					

LOK	Dato	Turb	pH	ALK	K25	Ca	IOK	Dato	Mg	Na	K	Cl	SO4
460	12/07/89		5.56		1.53	0.74	460	12/07/89	0.21				
460	16/08/89		5.78		1.46	0.74	460	16/08/89	0.17				
460	18/09/89		6.10		1.72	0.79	460	18/09/89	0.20				
460	16/10/89		5.73		1.60	0.86	460	16/10/89	0.22				
460	15/11/89		5.13		2.18	0.87	460	15/11/89	0.26				
460	18/12/89		5.78		1.64	0.85	460	18/12/89	0.22				
460	17/01/90		5.20		2.25	0.87	460	17/01/90	0.28				
460	14/02/90		5.17		2.18	0.84	460	14/02/90	0.26				
460	14/03/90		5.45		1.82	0.81	460	14/03/90	0.21				
460	18/04/90		5.50		1.94	0.94	460	18/04/90	0.24				
460	23/05/90		5.83		1.69	0.87	460	23/05/90	0.22				
460	12/06/90		5.54		2.29	0.80	460	12/06/90	0.23				
460	16/07/90		5.48		1.70	0.88	460	16/07/90	0.19				
460	15/08/90		5.77		1.58	0.65	460	15/08/90	0.18				
460	12/09/90		5.50		1.76	0.80	460	12/09/90	0.21				
460	15/10/90		5.50		1.65	0.72	460	15/10/90	0.22				
460	14/11/90		5.55		1.75	0.33	460	14/11/90	0.23				
460	12/12/90		5.74		1.77	0.85	460	12/12/90	0.23				
463	21/01/87		5.04	0.067	3.12	1.22	463	21/01/87	0.44	2.12	0.30	4.1	4.4
463	24/02/87		5.21	0.036	2.59	1.12	463	24/02/87	0.35	1.68	0.27	2.9	3.5
463	17/03/87		5.79	0.038	1.44	0.94	463	17/03/87	0.20	0.82	0.16	1.3	2.3
463	13/04/87		5.63	0.528	1.72	1.06	463	13/04/87	0.25	1.02	0.22	1.6	2.5
463	19/05/87		5.18	0.030	2.08	0.93	463	19/05/87	0.26	1.34	0.24	2.0	4.1
463	16/06/87		4.80	0.022	2.67	0.98	463	16/06/87	0.34	1.77	0.22	2.7	4.1
463	27/07/87		5.63	0.031	1.83	1.02	463	27/07/87	0.25	0.99	0.46	1.6	2.8
463	17/08/87		5.17	0.022	1.78	0.91	463	17/08/87	0.24	1.05	0.23	1.6	3.3
463	17/09/87		5.31	0.024	1.67	0.85	463	17/09/87	0.22	0.94	0.19	1.4	2.8
463	14/10/87		5.00	0.018	1.92	0.82	463	14/10/87	0.23	1.02	0.25	1.7	3.0
463	16/11/87		4.99	0.023	2.41	0.98	463	16/11/87	0.31	1.53	0.23	3.0	2.9
463	14/12/87		5.13	0.020	3.83	1.28	463	14/12/87	0.47	2.59	0.26	5.5	3.9
463	19/01/88		5.13	0.029	2.42	0.35	463	19/01/88	0.28	1.52	0.22	3.3	3.2
463	16/02/88		5.22		2.03		463	16/02/88		1.24	0.20	2.0	3.0
492	21/01/87		5.84		1.40		492	21/01/87					
492	18/02/87		5.85		1.30		492	18/02/87					
492	16/03/87		5.75		1.40		492	16/03/87					
492	13/04/87		5.57		1.40		492	13/04/87					
492	11/05/87		5.06		1.60		492	11/05/87					
492	15/06/87		5.67		1.50		492	15/06/87					
492	20/07/87		5.50		2.00		492	20/07/87					
492	17/08/87		4.98		1.60		492	17/08/87					
492	14/09/87		5.12		1.40		492	14/09/87					
492	28/10/87		5.30		1.90		492	28/10/87					
492	16/11/87		5.53		1.70		492	16/11/87					
492	14/12/87		5.25		1.70		492	14/12/87					
492	18/01/88		5.44		1.60		492	18/01/88					
492	15/02/88		5.42		1.50		492	15/02/88					
492	14/03/88		5.45		1.60		492	14/03/88					
492	11/04/88		5.14		1.60		492	11/04/88					
492	16/05/88		5.60		2.00		492	16/05/88					
492	14/06/88		5.15		1.40		492	14/06/88					
492	11/07/88		5.44		1.30		492	11/07/88					
492	15/08/88		5.50		1.40		492	15/08/88					
492	12/09/88		5.11		1.70		492	12/09/88					
492	10/10/88		5.43		1.40		492	10/10/88					
492	14/11/88		5.61		1.50		492	14/11/88					
492	12/12/88		5.52		1.50		492	12/12/88					
492	30/01/89		5.48		1.40		492	30/01/89					
492	21/02/89		5.25		1.70		492	21/02/89					
492	29/03/89		5.45		1.50		492	29/03/89					
492	17/04/89		5.63		1.46		492	17/04/89					
492	16/05/89		5.62		1.60		492	16/05/89					
492	12/06/89		5.62		1.50		492	12/06/89					
492	10/07/89						492	10/07/89					

LOK	Dato	NO3-N	TOT-N	TOT-P	PERM	RAL	LOK	Dato	IILAL	Fe	NH4-N
458	20/04/88	167	332	5.0	4.7	138	458	20/04/88	34		
458	18/05/88						458	18/05/88			
458	19/06/88						458	19/06/88			
458	13/07/88						458	13/07/88			
458	22/08/88						458	22/08/88			
458	20/09/88						458	20/09/88			
458	17/10/88						458	17/10/88			
458	21/11/88	144	285	6.0	5.5	94	458	21/11/88	30		
458	19/12/88						458	19/12/88			
458	18/01/89						458	18/01/89			
458	13/02/89						458	13/02/89			
458	15/03/89						458	15/03/89			
458	18/04/89						458	18/04/89			
458	22/05/89						458	22/05/89			
458	13/06/89						458	13/06/89			
458	12/07/89						458	12/07/89			
458	16/08/89						458	16/08/89			
458	18/09/89						458	18/09/89			
458	16/10/89						458	16/10/89			
458	15/11/89						458	15/11/89			
458	18/12/89						458	18/12/89			
458	17/01/90						458	17/01/90			
458	14/02/90						458	14/02/90			
458	14/03/90						458	14/03/90			
458	18/04/90						458	18/04/90			
458	23/05/90						458	23/05/90			
458	12/06/90						458	12/06/90			
458	16/07/90						458	16/07/90			
458	15/08/90						458	15/08/90			
458	12/09/90						458	12/09/90			
458	15/10/90						458	15/10/90			
458	14/11/90						458	14/11/90			
458	12/12/90						458	12/12/90			
460	21/01/87	137	330	5.0	1.7		460	21/01/87	24		
460	24/02/87		260	3.5	1.6		460	24/02/87			
460	17/03/87		222	5.5	1.4		460	17/03/87			
460	13/04/87		293	3.5	1.4		460	13/04/87			
460	19/05/87		273	4.5	1.6		460	19/05/87			
460	16/06/87		300	7.0	2.0	69	460	16/06/87			
460	27/07/87		284	8.0	1.9		460	27/07/87			
460	17/08/87		302	9.5	3.3		460	17/08/87			
460	17/09/87		248	5.0	2.6		460	17/09/87			
460	14/10/87		258	4.0	3.4		460	14/10/87			
460	16/11/87		336	6.0	2.7		460	16/11/87			
460	14/12/87		248	3.0	1.8		460	14/12/87			
460	19/01/88		312	5.0	3.1		460	19/01/88			
460	16/02/88		299	6.0	2.9		460	16/02/88			
460	16/03/88		269	3.0	1.9		460	16/03/88			
460	20/04/88	167	318	4.0	2.1	124	460	20/04/88	31		
460	18/05/88		263	2.5	2.1		460	18/05/88			
460	19/06/88		261	4.0	1.6		460	19/06/88			
460	13/07/88		276	4.0	2.7		460	13/07/88			
460	22/08/88		242	2.0	1.7		460	22/08/88			
460	20/09/88		288	4.0	3.1		460	20/09/88			
460	17/10/88		321	4.0	2.2	87	460	17/10/88	19		
460	21/11/88	138	264	2.0	1.5		460	21/11/88			
460	19/12/88		281	5.0	2.1		460	19/12/88			
460	18/01/89		245	2.0	2.0		460	18/01/89			
460	13/02/89		306	4.0	2.3		460	13/02/89			
460	15/03/89		272	3.0	2.3		460	15/03/89			
460	18/04/89		228	4.0	1.5		460	18/04/89			
460	22/05/89		249	3.0	1.4		460	22/05/89			
460	13/06/89						460	13/06/89			

LOK	Dato	NO3-N	TOT-N	TOT-P	PERM	RAL	LOK	Dato	ILAL	Fe	NH4-N
492	15/08/89		270	4.0	1.4	65	492	15/08/89	25		
492	25/09/89		240	3.7	1.1	75	492	25/09/89	50		
492	16/10/89		200	3.5	1.1	100	492	16/10/89	45		
492	13/11/89		305	3.3	2.6	170	492	13/11/89	80		
492	11/12/89		230	3.4	1.5	105	492	11/12/89	60		
492	15/01/90		270	7.4	2.2	150	492	15/01/90	80		
492	12/02/90		210	2.0	2.3	130	492	12/02/90	50		
492	12/03/90		260	2.1	2.1	115	492	12/03/90	65		
492	17/04/90		420	3.4	1.4	160	492	17/04/90			
492	14/05/90		180	2.8	0.9	115	492	14/05/90	55		
492	11/06/90		255	2.4	2.7	140	492	11/06/90	65		
492	23/07/90						492	23/07/90			
492	13/08/90		170	2.9	2.2	90	492	13/08/90	55		
492	12/09/90		190	3.5	1.0	90	492	12/09/90	40		
492	15/10/90		200	2.0	1.5	85	492	15/10/90	50		
492	14/11/90		190	3.1	1.4	80	492	14/11/90	50		
492	12/12/90		290	2.1	1.3	95	492	12/12/90	55		
535	17/01/87	145	230	3.0	1.0	30	535	17/01/87	20		
535	18/02/87	150	260	3.0	1.0	30	535	18/02/87	20		
535	21/03/87	165	330	5.0	1.0	30	535	21/03/87	20		
535	26/04/87	160	320	4.0	2.5	120	535	26/04/87	20		
535	13/05/87	125	220	3.0	2.2	145	535	13/05/87	75		
535	08/06/87	105	240	5.0	2.1	155	535	08/06/87	65		
535	20/07/87	90	340	7.0	1.7	20	535	20/07/87	20		
535	25/08/87	90	175	3.0	2.3	130	535	25/08/87	105		
535	20/09/87	75	215	14.0	3.4	125	535	20/09/87	110		
535	17/10/87	50	220	12.0	5.7	190	535	17/10/87	105		
535	18/01/88						535	18/01/88			
535	15/02/88	165	235	8.0	1.6	45	535	15/02/88	30		
535	14/03/88	150	250	3.0	1.0	45	535	14/03/88	25		
535	26/04/88	200	500	17.0	2.5	130	535	26/04/88	100		
535	18/05/88	80	370	7.0	3.6	160	535	18/05/88	100		
535	15/06/88	110	670	10.0	2.6	30	535	15/06/88	20		
535	17/07/88	145	340	20.0	4.3	120	535	17/07/88	60		
535	16/08/88	140	295	5.0	1.5	65	535	16/08/88	45		
535	21/09/88	315	420	8.0	1.7	80	535	21/09/88	45		
535	15/10/88	115	330	6.0	3.0	150	535	15/10/88	90		
535	13/11/88	205	310	4.0	1.5	80	535	13/11/88	55		
535	05/01/89	120	265	10.0	1.6	80	535	05/01/89	35		
535	16/01/89	120	235	4.0	1.6	65	535	16/01/89	35		
535	14/02/89	190	465	4.5	2.2	85	535	14/02/89	35		
535	30/03/89	230	390	5.2	1.5	90	535	30/03/89	60		
535	21/04/89	200	520	7.3	1.5	125	535	21/04/89	55		
535	24/05/89	260	780	24.0	2.3	110	535	24/05/89	45		
535	14/06/89	155	220	5.4	2.6	80	535	14/06/89	30		
535	18/07/89	120	260	5.0	2.3	35	535	18/07/89	20		
535	08/08/89	90	540	8.3	3.1	150	535	08/08/89	45		
535	21/09/89	115	400	9.4	5.6	260	535	21/09/89	110		
535	18/10/89	125	290	9.2	7.3	350	535	18/10/89	130		
535	14/11/89	130	255	7.5	3.7	225	535	14/11/89	100		
535	19/12/89	160	340	2.4	1.0	55	535	19/12/89	45		
535	17/01/90	140	440	7.9	2.0	100	535	17/01/90	80		
535	15/02/90	160	230	2.1	1.7	20	535	15/02/90	20		
535	22/03/90	120	610	5.4	3.1	145	535	22/03/90	85		
535	03/05/90	100	480	4.1	6.0	190	535	03/05/90	95		
535	16/05/90	100	165	4.5	2.8	135	535	16/05/90	70		
535	15/06/90	110	505	5.7	2.1	80	535	15/06/90	65		
535	23/07/90	110	540	5.0	1.7	50	535	23/07/90	35		
535	20/08/90	350	840	9.1	1.0	50	535	20/08/90	40		
535	12/09/90	130	360	3.5	1.0	45	535	12/09/90	25		
535	15/10/90	60	360	7.2	6.5	210	535	15/10/90	150		
535	14/11/90	155	260	5.3	2.4	90	535	14/11/90	65		
535	12/12/90	145	220	4.8	1.0	40	535	12/12/90	40		

LOK	Dato	NO3-N	TOT-N	TOT-P	PERM	RAL	LOK	Dato	ILAL	Fe	NH4-N
564	14/01/87	320	320	2.0	1.7	55	564	14/01/87	30		
564	18/02/87	390	390	3.0	1.4	25	564	18/02/87	20		
564	18/03/87	210	210	3.0	1.1	20	564	18/03/87	20		
564	21/04/87	330	330	29.0	2.6	80	564	21/04/87	55		
564	12/05/87	175	175	3.0	2.5	120	564	12/05/87	85		
564	17/06/87	160	160	8.0	1.7	60	564	17/06/87	35		
564	08/07/87	170	170	7.0	1.0	70	564	08/07/87	45		
564	16/08/87	150	150	7.0	1.5	75	564	16/08/87	50		
564	13/09/87	220	220	11.0	3.2	100	564	13/09/87	70		
564	17/10/87	200	200	14.0	6.3	190	564	17/10/87	110		
564	15/11/87	185	185	3.0	2.7	100	564	15/11/87	75		
564	15/12/87	210	210	3.9	2.2	55	564	15/12/87	50		
600	14/01/87	160	160	2.0	1.4	25	600	14/01/87	20		
600	18/02/87	180	180	4.0	1.2	20	600	18/02/87	20		
600	18/03/87	160	160	4.0	2.8	20	600	18/03/87	20		
600	21/04/87	280	280	8.0	3.6	25	600	21/04/87	20		
600	12/05/87	210	210	3.0	1.3	50	600	12/05/87	40		
600	17/06/87	175	175	5.0	1.3	35	600	17/06/87	25		
600	08/07/87	220	220	3.0	1.0	50	600	08/07/87	40		
600	16/08/87	130	130	4.0	1.0	50	600	16/08/87	20		
600	13/09/87	170	170	4.0	1.7	50	600	13/09/87	40		
600	17/10/87	270	270	9.0	2.7	80	600	17/10/87	45		
600	15/11/87	140	140	3.0	1.9	35	600	15/11/87	30		
600	15/12/87	160	160	2.5	1.4	45	600	15/12/87	35		
1592	14/01/87	1015	1130	11.0	1.7		1592	14/01/87	180	32	
1592	18/02/87	720	830	8.0	1.4		1592	18/02/87	240	36	
1592	18/03/87	565	650	7.0	2.2		1592	18/03/87	270	34	
1592	21/04/87	360	490	11.0	3.9		1592	21/04/87	310	45	
1592	12/05/87	80	205	7.0	3.2		1592	12/05/87	155	5	
1592	17/06/87	40	230	7.0	2.9		1592	17/06/87	190	115	
1592	08/07/87	30	540	8.0	2.3		1592	08/07/87	235	60	
1592	16/08/87	30	220	7.0	2.5		1592	16/08/87	220	10	
1592	13/09/87	105	340	7.0	5.5		1592	13/09/87	200	17	
1592	17/10/87	260	420	15.0	5.9		1592	17/10/87	155	15	
1592	15/11/87	825	980	4.0	3.7		1592	15/11/87	175	21	
1592	15/12/87						1592	15/12/87			
1592	18/01/88	400	500	5.0	2.5		1592	18/01/88	220	35	
1592	15/02/88	410	235	7.0	2.3		1592	15/02/88			
1592	15/03/88	385	480	7.0	2.2	45	1592	15/03/88	30		
1592	16/04/88	385	465	4.0	2.2		1592	16/04/88	340	37	
1592	19/05/88	95	250	9.0	3.9		1592	19/05/88	310	46	
1592	14/06/88	35	330	6.0	2.9		1592	14/06/88	90	5	
1592	14/07/88	130	420	7.0	5.4		1592	14/07/88	165	6	
1592	11/08/88	170	335	6.0	4.3		1592	11/08/88	200	5	
1592	21/09/88	250	385	9.0	3.8		1592	21/09/88	225	10	
1592	16/10/88						1592	16/10/88	155	5	

5.4. Middelkonsentrasjoner og standardavvik

Middelkonsentrasjoner for enkelte parametre for perioden 1984-1990.

År	Stasjon	pH	NO ₃ -N	Tot N	Tot P	KOF-Mn	Ca	SO ₄
1984	450	5.15	106	334	8.1	5.2	1.05	4.2
1985	450	5.00	121	315	8.8	4.9	1.05	5.1
1986	450	5.11	143	286	9.1	4.9	1.06	4.5
1987	450	5.08	124	293	8.8	6.0	1.17	4.4
1988	450	5.06	138	290	6.1	5.1	0.97	4.2
1989	450	5.20	130	270	6.0	4.7	0.96	4.1
1990	450	5.34	116	233	6.5	4.4	1.02	3.8
1984	457	5.07		328	6.8	4.8	1.04	
1985	457	5.01		299	8.3	5.4	1.01	
1986	457	5.16		290	6.8	4.6	1.02	
1987	457	5.00		282	7.9	6.1	1.07	
1988	457	5.03		281	5.5	6.5	0.94	
1989	457	5.21		270	6.3	5.1	0.93	
1990	457	5.32		234	5.7	4.2	0.89	
1984	460	5.49		335	4.7	1.9	0.97	
1985	460	5.50		299	4.7	2.1	0.93	
1986	460	5.53		306	5.5	2.1	0.94	
1987	460	5.48		280	5.4	2.1	0.98	
1988	460	5.35		283	3.7	2.3	0.87	
1989	460	5.58		253	4.2	1.7	0.85	
1990	460	5.53		222	5.3	1.9	0.76	
1984	492							
1985	492							
1986	492	5.72		256	4.6	1.8		
1987	492	5.47		293	3.9	2.3		
1988	492	5.38		288	4.4	2.2		
1989	492	5.61		263	3.6	1.6		
1990	492	5.60		240	3.1	1.7		
1984	535	5.63	115	292	3.6	1.6	0.87	1.2
1985	535	5.78	108	227	3.4	2.3	0.88	1.6
1986	535	5.84	135	227	3.8	1.8	0.87	2.0
1987	535	5.58	116	255	5.9	2.3	0.79	2.8
1988	535	5.72	159	362	8.9	2.3	0.91	2.4
1989	535	5.62	158	391	7.7	2.9	0.92	2.3
1990	535	5.74	140	418	5.4	2.6	0.79	2.1

Standardavvik for enkelte parametre for perioden 1984-1990.

År	Stasjon	pH	NO ₃ -N	Tot N	Tot P	KOF-Mn	Ca	SO ₄
1984	450	0.12	42	70	2	1.6	0.07	0.7
1985	450	0.33	34	43	3	1.8	0.07	2.4
1986	450	0.26	36	35	5	0.8	0.07	1.0
1987	450	0.29	38	51	3	1.7	0.23	0.8
1988	450	0.16	27	24	1	1.8	0.09	0.8
1989	450	0.18	32	46	1	0.7	0.10	0.7
1990	450	0.16	36	38	3	1.6	0.37	0.6
1984	457	0.22		75	2	1.3	0.06	
1985	457	0.18		35	2	1.7	0.05	
1986	457	0.30		37	1	0.9	0.07	
1987	457	0.36		36	3	1.9	0.08	
1988	457	0.15		60	1	1.3	0.09	
1989	457	0.19		36	2	1.3	0.09	
1990	457	0.17		34	2	1.2	0.10	
1984	460	0.24		66	1	0.4	0.06	
1985	460	0.20		33	1	0.6	0.05	
1986	460	0.24		36	1	0.6	0.10	
1987	460	0.22		33	2	0.7	0.08	
1988	460	0.16		25	1	0.6	0.06	
1989	460	0.26		25	2	0.6	0.08	
1990	460	0.19		35	4	0.4	0.15	
1984	492							
1985	492							
1986	492	0.25		22	2	0.4		
1987	492	0.30		80	2	1.1		
1988	492	0.17		64	1	0.4		
1989	492	0.23		43	2	0.4		
1990	492	0.14		69	1	0.6		
1984	535	0.28	21	105	2	0.5	0.12	0.4
1985	535	0.45	41	70	2	1.7	0.15	0.5
1986	535	0.35	27	32	1	1.0	0.12	0.8
1987	535	0.29	37	53	4	1.4	0.13	0.4
1988	535	0.27	61	122	5	1.0	0.19	0.5
1989	535	0.33	50	158	5	1.8	0.17	0.8
1990	535	0.38	69	185	2	1.8	0.15	0.4

5.5. Utslippstillatelse for Hunsfos Fabrikker

Utslippstillatelsens rammer:

Utslippstillatelsen fra Miljøverndepartementet av 01.07.91 omfatter produksjon inntil:

	tonn/år
Sulfitcellulose,	70000
herav ubleket	56000
Tremasse	48000
Papir,	150000
herav bestrøket	75000

Innenfor treforedlingsindustri er det utslippskrav for oppløst organisk materiale (målt som KOF), suspendert materiale (SS) og evt. klororganiske forbindelser (AOX).

Utslippstillatelse av 01.07.91.

(Det regnes med 350 produksjonsdøgn)

KOF tonn/år	SS tonn/år	År
21700	395	1990 i henhold til utslippsrapport
21000	420	1991 og 1992 i.h.t. nedtrappingsplan
17500	420	1993 i.h.t. nedtrappingsplan
13650	420	1994 i.h.t. nedtrappingsplan
12250	350	fra 1.1. 1995

Utslippsbegrensninger

Oppløst organisk materiale (målt som KOF)

Halvårsmiddel tonn/døgn	Månedsmiddel tonn/døgn	Frister
60	75	14.12.90
50	60	31.12.92
43	52	31.12.93
35	42	30.06.94

Suspendert materiale (SS)

Halvårsmiddel tonn/døgn	Månedsmiddel tonn/døgn	Frister
1.2	1.6	14.12.90
1.0	1.3	30.12.94

Klororganiske forbindelser (AOX)

Utfasing av klorholdige blekekjemikalier innen 30.06.93. AOX-utslippet opphører fra denne dato. Inntil 30.06.93 skal utslippet av AOX ikke overstige 3.5 kg pr. tonn masse som halvårsmiddel.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-1999-4