

Norsk institutt for vannforskning

Blindern

0-181/73

Undersøkelse av avløpsvann fra oppdrettsanlegg for matfisk
ved Kalverudelva på Biri i Oppland fylke

10. februar 1976

Saksbehandler: Gösta Kjellberg
Medarbeidere : Inger-Marie Bjørke
Hans Holtan
Gerd Justås
Ole Lien
Olga Stensrud
Instituttshjef: Kjell Baalsrud

INNHOLDSFORTEGNELSE	Side
1. INNLEDNING	3
2. OPPDRAGETS MÅLSETTING	3
3. BESKRIVELSE AV OPPDRETTSANLEGGET	3
3.1 Anleggets utforming	3
3.2 Fiskebestand	5
3.3 Føremengder	5
4. OPPLEGG OG GJENNOMFØRING	6
5. RESULTAT OG DISKUSJON	9
5.1 Vannføring	9
5.2 Fysisk-kjemiske forhold	9
5.2.1 Temperatur	9
5.2.2 Oksygen	9
5.2.3 pH (surhetsgrad)	11
5.2.4 Konduktivitet (total saltholdighet)	11
5.2.5 SiO ₂ (kisel)	11
5.2.6 Hovedkomponenter	11
5.2.6.1 HCO ₃ (hydrogenkarbonat)	11
5.2.6.2 SO ₄ (sulfat)	13
5.2.6.3 Cl (klorid)	13
5.2.6.4 Ca (kalsium)	13
5.2.6.5 Mg (magnesium)	13
5.2.6.6 Na (natrium)	13
5.2.6.7 K (kalium)	14
5.2.7 Sporstoffer	14
5.2.7.1 P (fosfor)	14
5.2.7.2 N (nitrogen)	14
5.2.7.3 Fe (jern)	15
5.2.7.4 Mn (mangan)	15
5.2.8 Organisk substans	16
5.2.9 Farge	16
5.3 Bakteriologiske analyser	16
5.4 Virkning på nedenforliggende vassdrag	17
5.4.1 Fysisk-kjemiske parametre	17
5.4.2 Biologisk respons	19
6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	24
7. REFERANSER	25

TABELLFORTEGNELSE

Tabell 1	Sammensetning av EVOS 6P og tilførsel pr. døgn til damanlegget	5
Tabell 2	Enheter og analysemetoder for kjemiske analyser .	7
Tabell 3	Forurensningsbelastning via aktiviteten i oppdrettsanlegget	8
Tabell 4	Bakteriologiske analyseresultater	17
Tabell 5	Bunndyrforekomst, abundans og biomasse	22

FIGURFORTEGNELSE

Fig. 1	Oppdrettsanleggets utforming	4
Fig. 2	Temperaturvariasjoner i inntaks- og avløpsvannet	10
Fig. 3	Variasjon i oksygeninnholdet i inntaks- og avløpsvannet	10
Fig. 4	pH-variasjon i inntaks- og avløpsvannet	12
Fig. 5	Elektrolyttgehalt i inntaks- og avløpsvannet ...	12
Fig. 6	Fysisk-kjemiske forhold i avløpskanalen	18
Fig. 7	Biomasse av påvekstalger uttrykt som g tørrvekt/m ²	20
Fig. 8	Bunndyrenes abundans og biomasse	20

1. INNLEDNING

Oppdraget ble mottatt i brev av 12. november 1973 fra SVA's distriktskontor i Hamar. Kontaktmann her har vært overingeniør Nordhagen. Motiveringen for oppdraget var at man, særlig i Danmark, har registrert til dels betydelig påvirkning (sapprobiering, eutrofiering) i vassdrag som er blitt tilført avløpsvann fra oppdrettsanlegg for matfisk.

2. OPPDRAGETS MÅLSETTING

Hovedmålsettingen for oppdraget var å skaffe data over forurensningsbelastningens størrelse og sammensetning uttrykt som belastning pr. døgn fra oppdrettsanlegget ved Kalverudelva på Biri under gunstigst mulige forhold, dvs. i løpet av en periode med:

- lav og stabil vannføring i Kalverudelva (i den hensikt å få så gode bakgrunnsverdier som mulig med hensyn til inntaksvannet)
- høy temperatur
- maksimal fôring av fisken i anlegget.

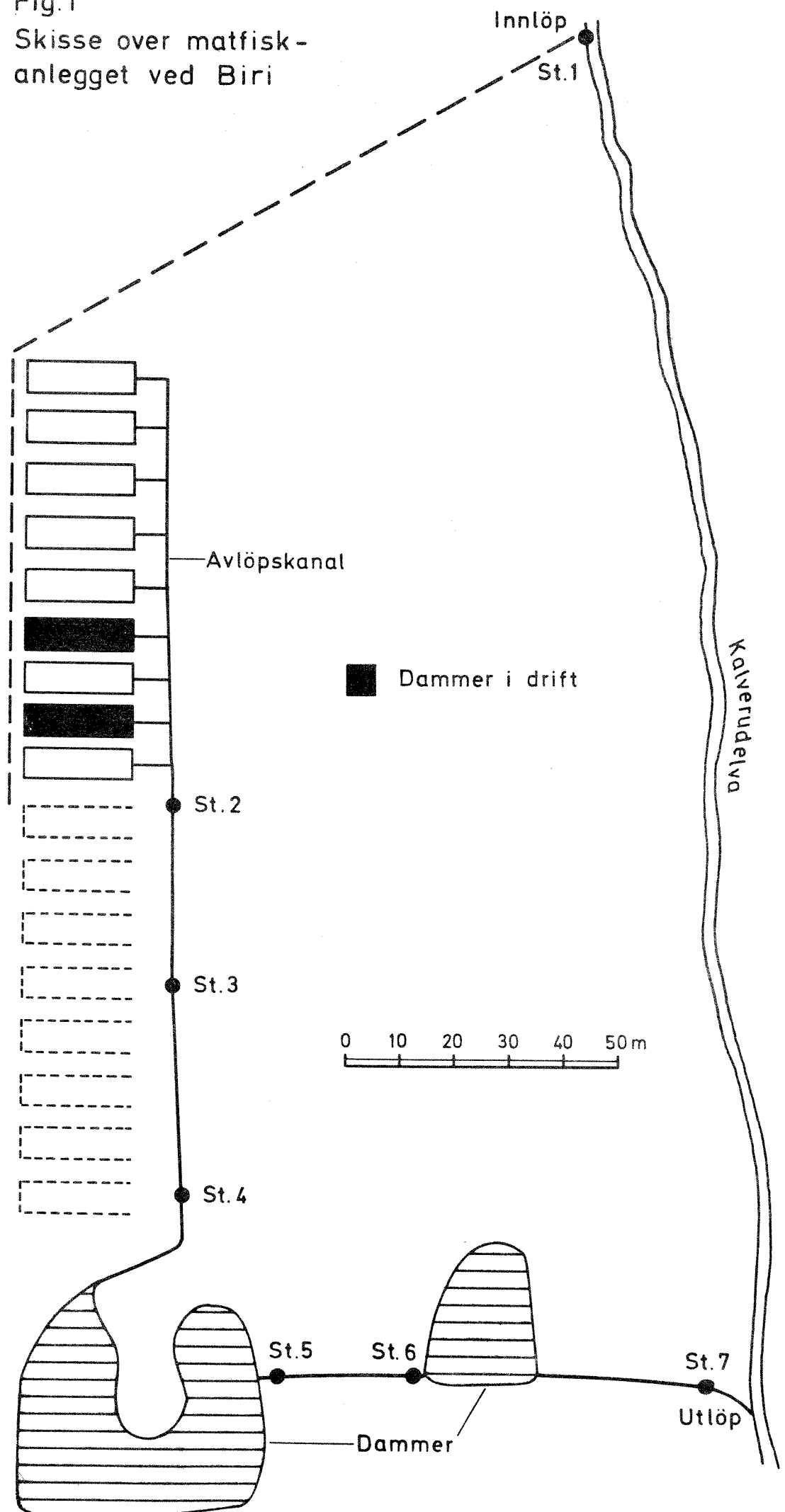
3. BESKRIVELSE AV OPPDRETTSANLEGGET

3.1 Anleggets utforming

Oppdrettsanlegget er oppført på tidligere beitemark på Neråsen gård og anleggets utforming fremgår av fig. 1. Inntaksvannet kommer via en 120 m lang nedgravd PVC-ledning fra Kalverudelva oppstrøms anlegget og vannforsyningen er basert på gravitasjonstrykk. Det er mulig å regulere vanninntaket både for hele anlegget og for hver enkelt damenhet som har direkte forbindelse med inntaksledningen.

Selve damanlegget består av flere dammer som ligger parallelt i forhold til hverandre. Hver dam er 100 m^2 (20 x 5 m) og 1,2 m dyp. Volumet er ca. 90 m^3 når anlegget er i drift.

Fig.1
Skisse over matfisk-
anlegget ved Biri



Avløpsvannet fra hver enkelt damenhet ledes til en åpen grøft som løper parallelt med hele damanlegget.

Det samlede avløpsvann passerer to større dammer før det via en åpen grøft ledes ut i Kalverudelva ca. 250 m nedstrøms vanninntaket.

3.2 Fiskebestand

Ved prøvetakingen var to av dammene i drift og inneholdt fisk. Den ene av dammene inneholdt ca. 1 500 regnbueørret med en gjennomsnittsvekt på 200 g, dvs. at den totale fiskemengden utgjorde ca. 300 kg. Den andre dammen inneholdt 600 regnbueørret med en gjennomsnittsvekt på 1 000 g, altså en total fiskemengde på ca. 600 kg. Dette utgjør en total fiskemengde for hele anlegget på ca. 900 kg. Fisken var i god kondisjon og aktiv under fôringen. Man kan regne med god og nærmest maksimal utnyttelse av fôret.

3.3 Fôrmengde

Fôring foregikk to ganger pr. døgn og maksimal fôrmengde ved anlegget sesongen 1975, 6 kg pr. døgn, ble gitt både i tiden før prøvetakingen og på selve prøvetakingstidspunktet. I denne perioden ble det anvendt EVOS tørrfôr type 6P. Fôrets sammensetning fremgår av tabell 1. Den viser også tilførsel pr. døgn ved damanlegget for det aktuelle fôrings-tilfellet.

Tabell 1. Sammensetning av EVOS 6P og tilførsel pr. døgn til damanlegget.

Komponenter	%-andel	tilførsel i kg/døgn
Råprotein	40	2,4
Fett	8	0,48
Aske	8	0,48
Vann	8	0,48
Cellulose	4,8	0,29
Karbohydrater	31,2	1,87
Fosfor	1,2	0,072
Nitrogen	6,4	0,384
Organisk stoff	72,5	4,35
Vitaminer	-	-

4. OPPLEGG OG GJENNOMFØRING

Vannføringen gjennom anlegget ble registrert ved hjelp av en 90° Thomsondamm som ble plassert i avløpsgrøften like nedstrøms den nedre av de to dammene som var i drift ved prøvetakingstidspunktet. I løpet av det døgnet prøvetakingen varte ble det foretatt avlesning av vannstanden hver time.

Fysisk-kjemiske data er blitt innsamlet fra i alt 7 lokaliteter, plassert slik fig. 1 viser. Analyseresultatene fra St. 1, som ligger i inntaksdammen, og fra St. 2, i avløpsgrøften like nedenfor de to dammene som var i bruk, er blitt brukt for å beregne forurensningsbelastningen via dammene. Her ble det regelmessig hver halvtime innsamlet vannprøver foruten at temperatur og oksygeninnhold ble undersøkt hver time i løpet av ett døgn (26.6 kl. 14.00 - kl. 14.00 27.6). Fire vannprøver, tatt i rekkefølge, ble deretter slått sammen til en blandprøve som ble analysert på følgende parametre: pH, konduktivitet, farge, alkalitet, KMnO_4 , Fe, Mn, Cl, SO_4 , SiO_2 , Ca, Mg, Na, K, P og N. Dessuten ble det også, kl. 12.00 27.6, innsamlet bakteriologiske prøver. Ved stasjonene 3, 4, 5, 6 og 7, som ligger i avløpsgrøften, ble det to ganger, kl. 4.00 og kl. 14.00 den 27.6 innsamlet prøver i den hensikt å studere selvrensningseffekten og bedømme belastningen på Kalverudelva. På samme måte som ved St. 1 og 2 ble også temperatur og oksygeninnhold registrert direkte i felt mens vannprøver ble innsamlet for analyse av pH, konduktivitet, fosfor og nitrogen. Foruten de fysisk-kjemiske prøvene ble det også tatt biologiske prøver til belysning av begroing og bunndyrforekomst. Til dette ble det brukt Surber-samplers og bunndyrprøvene ble silt gjennom 0,5 mm's sold. De biologiske prøvene ble umiddelbart etter prøvetakingen konserverert i 4 % formalin for videre behandling i laboratoriet.

De kjemiske analysene er dels blitt utført ved NIVA's Hamarkontor og dels ved NIVA's kjemilaboratorium i Oslo. Tabell 2 viser de analysemetoder som er benyttet, dessuten benevnning, deteksjonsgrenser og måleenheter, og tabell 3 angir resultatene.

De bakteriologiske analysene er blitt utført ved byveterinærens laboratorium i Hamar og omfatter analyse av fekale coli (44°), coli (37°) og kimtall (37° og 22°).

Tabell 2. Enheter og analysemetoder for kjemiske analyser

Parameter	Enhet	Analyseinstrument - metode
Temperatur	°C	Målt ved hjelp av vendetermometer og termistor.
Oksygen	mgO ₂ /l	Modifisert Winkler metode
pH	µS/cm	Målt med glasselektrode Oreon pH-meter, modell 70/1.
Konduktivitet	µS/cm	Norsk Standard 4721. PHILIPS PW 9501
Silisium	mg SiO ₂ /l	Bestemt kolorimetrisk med AutoAnalyzer. Prøven tilsettes svovelsur ammonium-molybdatløsning, hvoretter det dannede silisiummolybdat reduseres til molybdenblått med en blanding av sulfitt og l-amino- 2-naftol-4-sulfonsyre.
HCO ₃	mg/l	Beregnet på grunnlag av pH og alkalitet
Sulfat	mg SO ₄ /l	Prøven tilsettes en bestemt mengde bariumperklorat løst i isopropanol. Det dannes BaSO ₄ og overskudd av barium bestemmes v.h.a. bariums reaksjon med thorin.
Klorid	mg Cl/l	Klorid er bestemt kolorimetrisk med Technicon AutoAnalyzer. Klorid reagerer med kvikksølvthiocyanate, som danner udisso- siert kvikksølvklorid. Det frigjorte thiocyanateionet reagerer med autoanalyser jern III og danner det røde jern- thiocyanate som måles ved 420 nm.
Kalsium Magnesium Natrium Kalium	mg Ca/l mg Mg/l mg Na/l mg K/l	Disse metallioner er bestemt med Perkin Elmer Atomabsorp- sjonspektrofotometer, modell 306. Det ble benyttet caetylen- luftblanding til flammen. Ved bestemmelse av kalsium ble eventuell interferens fra sulfat og fosfat i prøven hindret ved tilsetning av et stort overskudd av bariumklorid.
Fosfor	µg P/l	Prøvene for total fosforanalyser er tatt på glassflasker og konservert. Bundet fosfor overføres til orto-fosfat ved oksv- dasjon v.h.a. ultraviolettllys i surt miljø i nærvær av hyd- rogenperoksvd.
Nitrogen	µg N/l	Bundet nitrogen overføres til en blanding av nit- rat, nitritt og ammonium ved bestråling av ultraviolettllys i surt miljø i nærvær av hydrogenpersulfat. Den bestrålte prøven overføres til AutoAnalyzer hvor den går gjennom en slukk-kolonne som reduserer nitrat-nitritt til ammonium.
Jern	µg Fe/l	Jern er bestemt kolorimetrisk med Technicon AutoAnalyzer med 2, 4, 6-tripirydyl-s-triazine (TPTZ) som reagens.
Mangan	µg Mn/l	Mangan bestemmes med Perkin Elmer Atomabsorpsjonspektrofoto- meter, modell 306.
Permanganat	mg O/l	Norsk Standard 4732
Farge	mg Pt/l	Norsk Standard 4722. Metode C.

Tabell 3. Forurensningsbelastning via aktiviteten i oppdrettsanlegget

Kilde	Parameter	Oksygen	pH	Kond.	SiO ₂	HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na
Tilløpsvann, døgnjennomsnitt Transport pr. døgn		11,1 mg/l	7,62	102,5 µS	7,2 mg/l 5,9 kg	48,0 mg/l 39,424 kg	11,0 mg/l 9,028 kg	0,8 mg/l 0,657 kg	17,4 mg/l 14,281 kg	1,74 mg/l 1,428 kg	1,94 mg/l 1,592 kg
		9,05 mg/l	7,37	105,8 µS	6,4 mg/l 5,25 kg	48,4 mg/l 39,691 kg	12,0 mg/l 9,849 kg	0,8 mg/l 0,657 kg	17,2 mg/l 14,118 kg	1,74 mg/l 1,428 kg	1,92 mg/l 1,576 kg
Utløpsvann, døgnjennomsnitt Transport pr. døgn		-2,05 mg/l	-0,25	+ 3,3 µS	-0,8 mg/l	+ 0,4 mg/l	+ 1,0 mg/l	0	-0,2 mg/l	0	-0,02 mg/l
	Tilskudd via dammene Konsentrasjonsdiff. Transportdifferanse	-	-	-	-0,65 kg	+0,267 kg	+0,821 kg	0	-0,163 kg	0	-0,016 kg
Transportøkning via utløpsvannet		-	-	-	-	0,7 %	9 %	0	0	0	0
	Tilførsel via foringen	-	-	-	?	?	?	?	?	?	?

Kilde	Parameter	K	Tot-P	Ort-P	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Fe	Mn	KMnO ₄	Farge
Tilløpsvann, døgnjennomsnitt Transport pr. døgn		0,58 mg/l	4,8 µg/l	3,17 µg/l	177,5 µg/l	100,8 µg/l	12,0 µg/l	30 µg/l	4,0 µg/l	7,88 µg/l	15,8 mgPt/l
		0,476 kg	4 g	2,5 g	145,5 g	82,6 g	10,3 g	24,6 g	3,28 g	-	-
Utløpsvann, døgnjennomsnitt Transport pr. døgn		0,66 mg/l	20,8 µg/l	12,8 µg/l	331,7 µg/l	89,2 µg/l	175,0 µg/l	40 µg/l	7,5 µg/l	8,66 µg/l	19,8 mgPt/l
		0,542 kg	17 g	10,7 g	247,6 g	73,5 g	143,6 g	32,8 g	6,16 g	-	-
Tilskudd via dammene Konsentrasjonsdiff. Transportdifferanse		+0,08 mg/l	+16,0 µg/l	+9,6 µg/l	+154,2 µg/l	-11,6 µg/l	+163 µg/l	+10 µg/l	+3,5 µg/l	+0,78 mg/l	+4 mgPt/l
		+0,066 kg	+13 g	+8,2 g	+102,1 g	-9,1 g	+133,3 g	+8,2 g	+2,88 g	-	-
Transportøkning via utløpsvannet		2 %	325 %	328 %	70 %	0	1294 %	33 %	88 %	-	-
	Tilførsel via foringen	?	72 g	?	384 g	?	?	?	?	?	?

Det biologiske materialet er i sin helhet bearbeidet ved NIVA's Hamar-kontor.

5. RESULTAT OG DISKUSJON

5.1 Vannføring

Vanntilførselen ved anlegget varierte mellom 9,2 og 10,0 l/sek. i løpet av den tidsperioden (1 døgn) da prøvetakingen ble foretatt. Den midlere tilrenning er beregnet å være 9,5 l/sek., og dette skulle svare til en vanntilførsel på $34,2 \text{ m}^3/\text{time}$ og $820,8 \text{ m}^3/\text{døgn}$. Den teoretiske omsetningstiden for hver enkelt dam blir da 5,3 timer, det vil si at alt vann som dammene inneholder blir skiftet ut ca. 4,5 ganger pr. døgn.

5.2 Fysisk-kjemiske forhold

5.2.1 Temperatur

Temperaturvariasjonen i utløps- og inntaksvannet i løpet av prøvetakingsdøgnet går frem av fig. 2. Den høyeste temperatur for inntaksvannet var $10,7^{\circ}\text{C}$ og ble målt kl. 17.00 og kl. 18.00. Den laveste temperaturen, 7°C , ble målt kl. 5.00 - 7.00. Utløpsvannet hadde ved alle målingene en noe høyere temperatur enn tilløpsvannet. Dette skyldes større oppvarming i løpet av dagen og mindre avkjøling i løpet av natten. Den absolutt høyeste temperaturen som forekom, $12,0^{\circ}$, ble målt kl. 16.00 - 17.00 og den laveste, $7,2^{\circ}\text{C}$, kl. 15.00. Største temperaturdifferanse mellom inntaksvann og utløpsvann var $2,3^{\circ}\text{C}$, minste differanse var $0,1^{\circ}\text{C}$.

5.2.2 Oksygen

Variasjonene i oksygeninnhold i løpet av prøvetakingsdøgnet for så vel inntaks- som avløpsvann går frem av fig. 3. Inntaksvannet hadde hele perioden høyt oksygeninnhold, gjennomsnittlig $11,1 \text{ mg O}_2/\text{l}$, og metningsverdien var ikke på noe tidspunkt lavere enn 95 %. Utløpsvannet hadde ved alle målingene noe lavere oksygeninnhold, gjennomsnittlig $9,05 \text{ mg O}_2/\text{l}$ med metning ned til 74 %. Teoretisk skulle dette tilsvare et oksygenforbruk i dammene på ca. $22 \text{ mg O}_2/\text{sek.}$, dvs. ca. $1,9 \text{ kg O}_2$ pr. døgn.

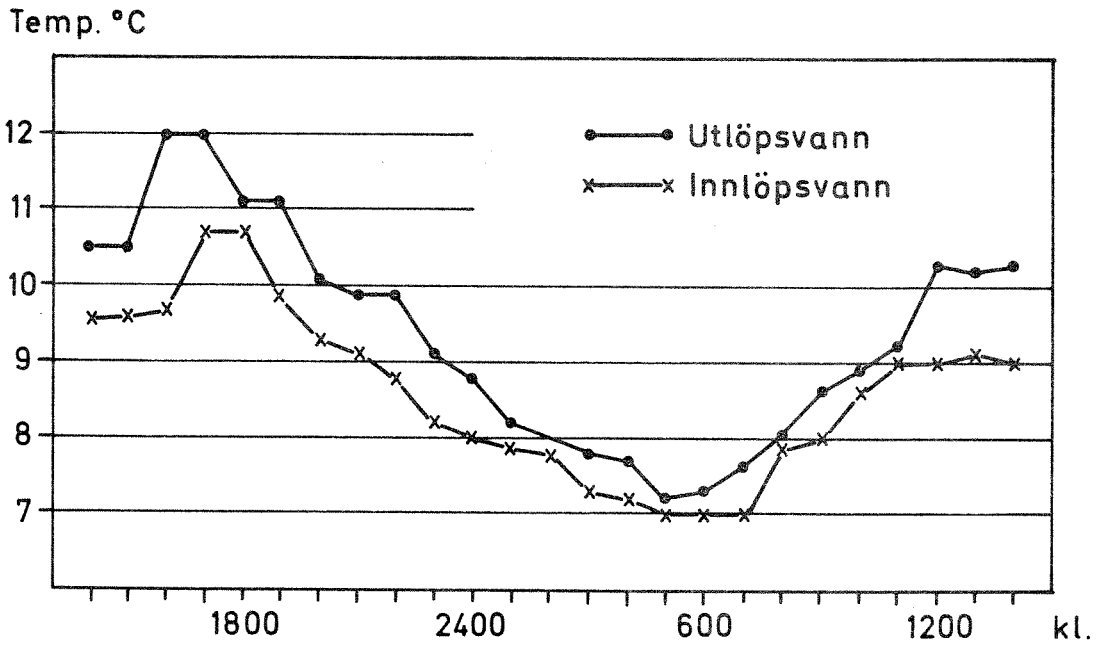


Fig.2 Temperaturvariasjoner i innløps- og utløpsvann

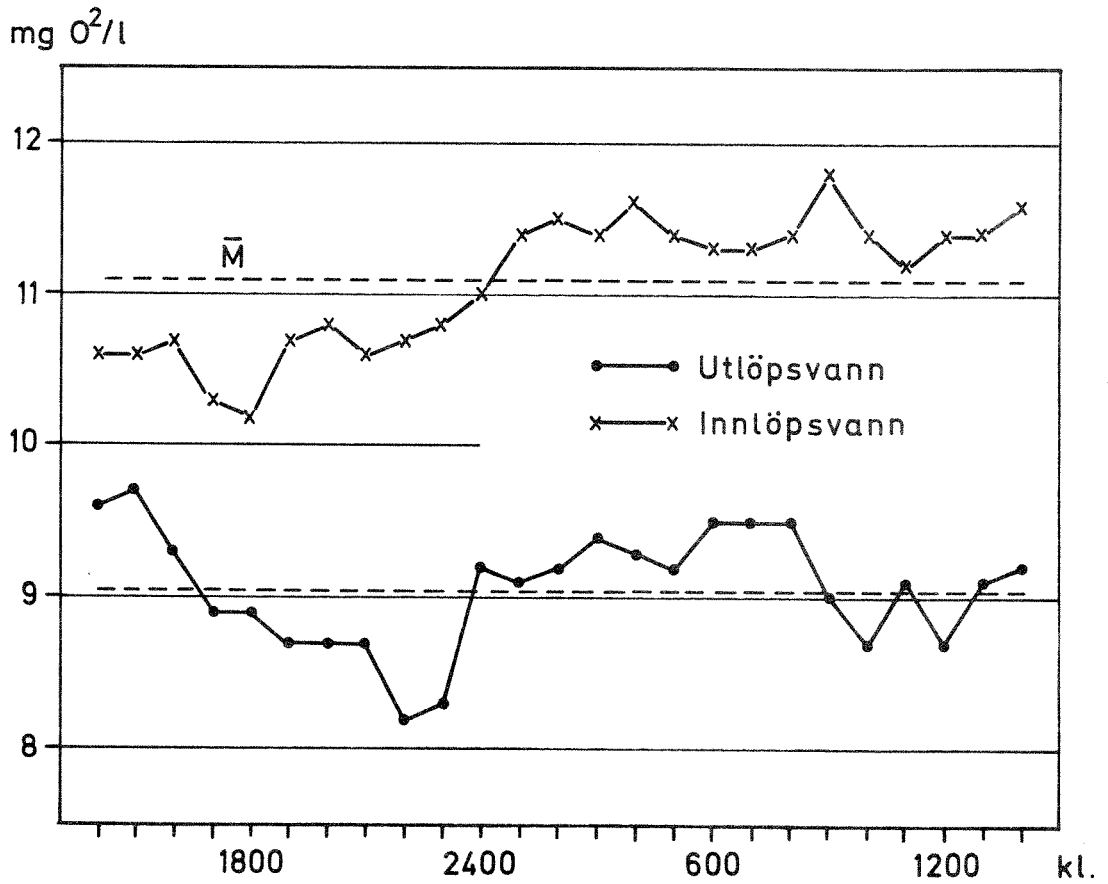


Fig.3 Variasjon av oksygeninnhold i innløps- og utløpsvann

5.2.3 pH (surhetsgrad)

Variasjonene i vannets surhetsgrad i løpet av prøvetakingsdøgnet fremgår av fig. 4. Alle registreringer ligger like over det nøytrale punkt (pH 7,0), og vannet kan betraktes som svakt basisk. Innløpsvannet viste små pH-variasjoner med verdier omkring 7,6, mens utløpsvannet ved samtlige målinger hadde lavere pH, med et døgngjennomsnitt på 7,37. Variasjonene i pH-verdi var mest markert i utløpsvannet - de laveste verdiene ble målt i løpet av natten. De lavere pH-verdiene i utløpsvannet må settes i forbindelse med åndnings- og nedbrytningsprosessene i dammene, som får CO₂-innholdet til å stige.

5.2.4 Konduktivitet (total saltgehalt)

I løpet av prøvetakingsdøgnet ble det observert små variasjoner når det gjelder konduktivitet (fig. 5). Inntaksvannet, som hadde et gjennomsnittlig døgnmiddel på 102,5 µS/cm, viste ved samtlige analyser lavere elektrolyttgehalt enn utløpsvannet, som hadde et døgnmiddel på 105,8 µS/cm. Elektrolytt-tilskuddet via dammene utgjorde altså 3,3 µS/cm. Det er i første rekke økt tilførsel av HCO₃ og SO₄ via fôringen som bidrar til denne saltholdighetsøkningen. Tilskudd av kalium, nitrogen og til en viss grad fosfor, jern og mangan har også betydning i denne sammenheng.

5.2.5 SiO₂ (kisel)

I løpet av prøvetakingsdøgnet ble dammene, som hadde en kiselkonsentrasjon på 7,2 mg SiO₂/l som døgngjennomsnitt, tilført en kiselmengde på 5,9 kg SiO₂, mens den kiselmengden som ble ført bort fra dammene med utløpsvannet, ble målt til å være 5,25 kg SiO₂. Utløpsvannet hadde et kiselinnhold på 6,4 mg SiO₂/l som døgngjennomsnitt. Dette skulle bety det samme som at 0,65 kg SiO₂, dvs. 11 % av den kiselmengden som ble tilført, ble lagret i dammene i løpet av det aktuelle døgnet.

5.2.6 Hovedkomponenter

5.2.6.1 HCO₃ (hydrogenkarbonat)

Innløpsvannets hydrogenkarbonatinnhold varierte i løpet av prøvetakingsdøgnet mellom 47,3 - 48,7 mg/l, mens variasjonen lå mellom 47,1 og 49,2 mg/l for avløpsvannet.

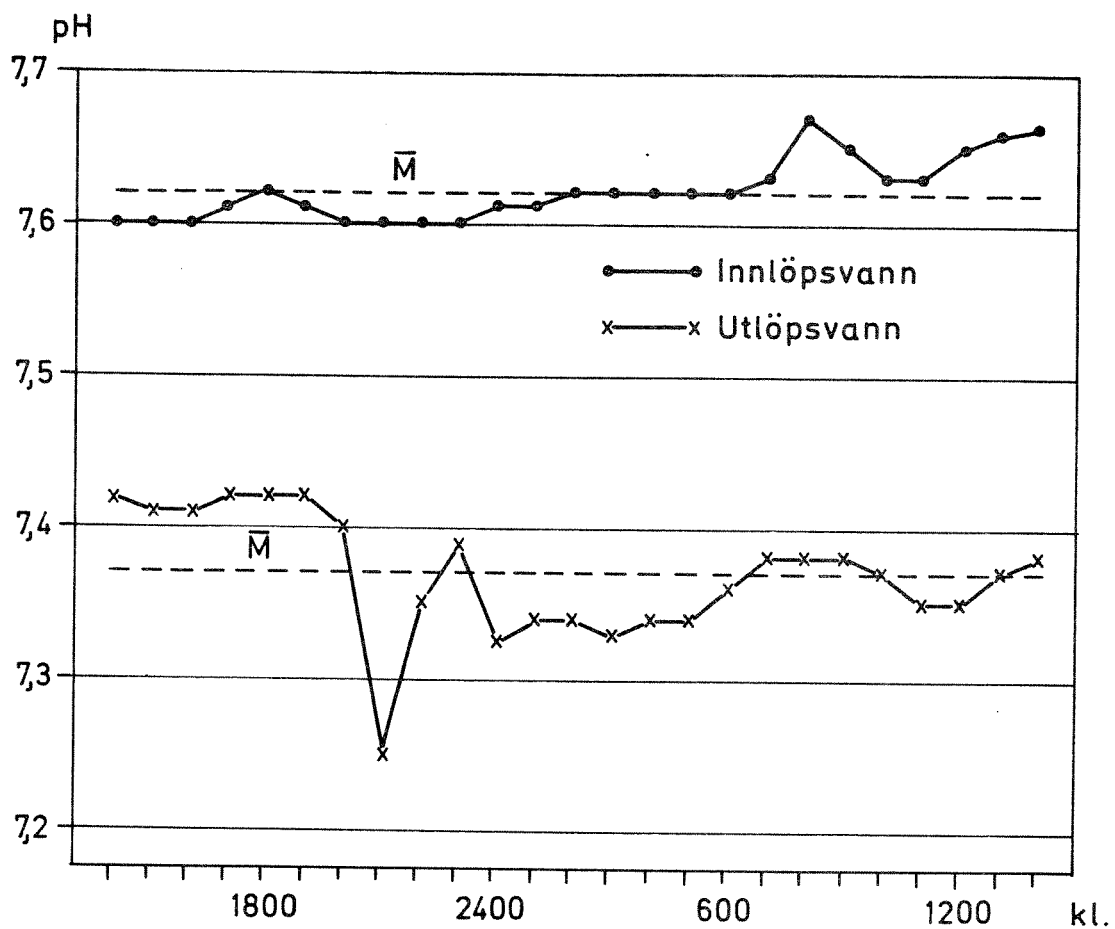


Fig.4 pH-variasjoner i innløps- og utløpsvann

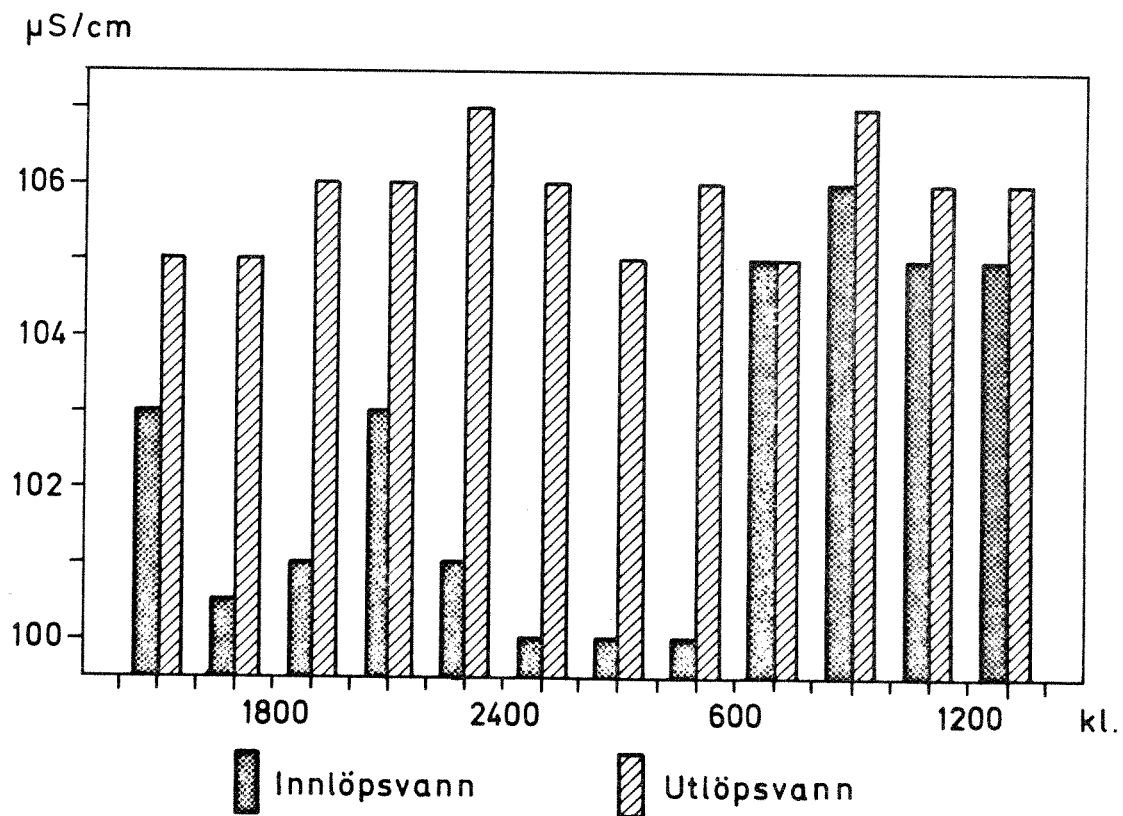


Fig.5 Konduktivitet i innløps- og utløpsvann

Totalt ble dammene via tilløpsvannet tilført en hydrogenkarbonatmengde på 39,424 kg pr. døgn, mens det hvert døgn ble ført vekk 39,691 kg via utløpsvannet i løpet av det samme tidsrommet. Dette skulle svare til et tilskudd av hydrogenkarbonat på 267 g pr. døgn via aktiviteten i dammene, dvs. en transportøkning på 0,7 %.

5.2.6.2 SO₄ (sulfat)

Sulfatkonsentrasjonen var i prøvetakingsdøgnet 11,0 mg/l i innløpsvannet og 12,0 mg/l i avløpsvannet, i døgngjennomsnitt.

Dette svarte til en transport pr. døgn på 9,028 kg via tilløpsvannet og til 9,849 kg via utløpsvannet, noe som gav et sulfattilskudd pr. døgn via aktiviteten i dammene på 0,821 kg, dvs. en transportøkning på 9 %.

5.2.6.3 Cl (klorid)

Døgngjennomsnittet for kloridkonsentrasjonen var 0,8 mg/l både i innløps- og avløpsvannet i løpet av prøvetakingsdøgnet. Dette svarer til en vanntransport til og fra dammene på 0,657 kg pr. døgn.

5.2.6.4 Ca (kalsium)

Kalsiumkonsentrasjonen i inntaksvannet var i prøvetakingsdøgnet 17,4 mg/l og i utløpsvannet 17,2 mg/l, målt som døgngjennomsnitt. Dette svarer til en total transport på 14,281 kg via tilløpet og 14,118 kg via avløpet, dvs. en differanse på 0,163 kg, eller en transportøkning på 1 %.

5.2.6.5 Mg (magnesium)

Det ble ikke målt noen forskjell i magnesiumkonsentrasjonen i innløpsvannet og utløpsvannet i løpet av prøvetakingsdøgnet. Konsentrasjonen målt som døgngjennomsnitt var 1,74 mg/l, noe som tilsvarer en transport på 1,428 kg pr. døgn.

5.2.6.6 Na (natrium)

Døgngjennomsnittet for natriumkonsentrasjoner var 1,94 mg/l i innløpsvannet og 1,92 mg/l i avløpsvannet. Dette svarer til en tilførsel av

natrium på 1,592 kg og en total avløpstransport på 1,576 kg i løpet av samme periode, beregnet på døgnbasis. Dette utgjør en negativ transportdifferanse på 16 g, som igjen vil si at ca. 1 % av den tilførte natriummengden ble tilbake i dammene i prøvetakingsdøgnet.

5.2.6.7 K (kalium)

Kaliumkonsentrasjonen uttrykt som døgngjennomsnitt var i løpet av prøvetakingsdøgnet 0,58 mg/l for inntaksvannet og 0,66 mg/l for avløpsvannet. Den totale kaliumtilførselen via innløpsvannet var 0,476 kg/døgn og den totale utførselen 0,542 kg/døgn. Dette gir en transportdifferanse på 66 g/døgn, noe som svarer til en transportøkning på ca. 2 % i avløpsvannet via aktiviteten i dammene.

5.2.7 Sporstoffer

5.2.7.1 P (fosfor)

Fosforkonsentrasjonen er blitt målt som totalfosfor og som fri ortofosfat. Det ble ikke påvist noen særlige døgnvariasjoner hverken for totalfosfor eller for ortofosfat for innløpsvannets vedkommende; døgngjennomsnittet ble målt til henholdsvis 4,8 µg/l og 3,17 µg/l. Tilførsel av fosfor via innløpsvannet var i løpet av prøvetakingsdøgnet 4 g, av dette var 2,5 g fri fosfatfosfor. Dette skulle teoretisk sett tilsvare en fosforbelastning på 1-1,5 personekvivalenter.

Utløpsvannet hadde en fosfatkonsentrasjon på 20,8 µg/l, hvorav 12,8 µg/l var fri ortofosfat målt som døgngjennomsnitt. Her var det en utpreget døgnvariasjon. De høyeste konsentrasjonene ble målt i forbindelse med fôring av fisken. Avgang av fosfor fra dammene var 17 g i løpet av prøvetakingsdøgnet, av dette var 10,7 g fri ortofosfat. Dette skulle tilsi at fosfortilførselen via aktiviteten i dammene var 13 g/døgn, dvs. en transportøkning på 325 %. Teoretisk tilsvarende dette en fosforbelastning på 4-5 personekvivalenter.

5.2.7.2 N (nitrogen)

Foruten at vannet er blitt analysert på total nitrogen, har det også blitt analysert på ammonium og nitrat. Innløpsvannet viste som døgn-

gjennomsnitt en konsentrasjon på 177,5 µg total nitrogen/l, 100,8 µg nitrat/l og 12,0 µg ammonium/l i løpet av prøvetakingsdøgnet. Dette tilsvarer en tilførsel til dammene via innløpsvannet på henholdsvis 145,5 g, 82,6 g og 10,3 g i løpet av døgnet.

Utløpsvannet hadde i samme tidsrom som gjennomsnitt en total nitrogenkonsentrasjon på 331,7 µg/l, hvorav 89,2 µg/l var nitrat og 175,0 µg/l var ammonium. Sammenlignet med inntaksvannet var innholdet av ammoniumnitrogen betydelig større, og mengden av nitrat mindre, foruten at nitrogenkonsentrasjonen i det hele tatt var høyere. Det ble i løpet av prøvetakingsdøgnet transportert bort en total nitrogenmengde på 247,6 g via utløpsvannet, av dette var 73,5 g nitrat og 143,6 g ammonium. Differansen mellom naturlig tilførsel og totaltransport ut av dammene var altså 102,1 g for totalnitrogen, 9,1 g for nitrat og 133,3 g for ammonium. Dette tilsvarer et totalt nitrogentilskudd via aktiviteten i dammene på ca. 70 %. Regnet ut i personekvivalenter utgjør dette 8,5. Ammoniumtilskuddet er særlig markert.

5.2.7.3 Fe (jern)

Jernkonsentrasjonen i inntaksvannet var i prøvetakingsdøgnet 30 µg/l i døgngjennomsnitt, for utløpsvannet 40 µg/l. Dammene ble altså tilført 24,6 g/døgn mens det var en utførsel av jern via utløpsvannet på 32,8 g/døgn. Transportdifferansen blir dermed 8,2 g som altså utgjorde jerntilskuddet via aktiviteten i dammene i løpet av den aktuelle perioden. Dette tilsvarer en transportøkning på ca. 33 %.

5.2.7.4 Mn (mangan)

Mangankonsentrasjonen i prøvetakingsdøgnet var 4,0 µg/l i innløpsvannet i døgngjennomsnitt, og 7,5 µg/l i utløpsvannet. Utløpsvannet hadde altså nesten dobbelt så høy mangankonsentrasjon som innløpsvannet. Totalt ble dammene tilført 3,28 g mangan via tilløpsvannet i prøvetakingsdøgnet, mens det ble utført 6,16 g mangan via utløpsvannet i samme tidsrom. Dette blir en transportdifferanse på 2,88 g, som er manganbelastningen pr. døgn via dammene. Aktiviteten i dammene tilsvarte altså en transportøkning på ca. 88 % i løpet av det døgnet prøvetakingen varte.

5.2.8 Organisk stoff

Permanganatverdiene målt som mgKMnO_4/l var av samme størrelsesorden i innløpsvannet (7,48-9,00) og utløpsvannet (7,92-9,32). Permanganatforbruket i utløpsvannet var $8,66 \text{ mgKMnO}_4/\text{l}$ i døgngjennomsnitt. Døgngjennomsnittet for innløpsvannet var $7,88 \text{ mg KMnO}_4/\text{l}$. Aktiviteten i dammene førte altså til en viss organisk belastning men må allikevel betraktes som liten i dette aktuelle tilfellet.

5.2.9 Farge

Fargen på vannet, målt som mg Pt/l , varierte for innløpsvannet mellom 14 - 19 og for utløpsvannet mellom 16 - 25. Aktiviteten i dammene bidro altså i en viss grad til å forhøye fargeverdiene i utløpsvannet i prøvetakingsdøgnet.

5.3 Bakteriologiske analyser

De bakteriologiske forholdene ved prøvetakingen fremgår av tab. 4. Ekte fekal coli (44°C) ble påvist både i innløpsvannet og i utløpsvannet, mens dens totale coligehalten var 3 ganger høyere i innløpsvannet sammenlignet med utløpsvannet. Når det gjelder de coliforme bakteriene ble det altså registrert en høyere belastning i inntaksvannet, noe som må settes i forbindelse med fekal belastning i den delen av Kalverudelva som er ovenfor inntaket til damanlegget. Dammene forårsaket tydeligvis en viss selvrensingsprosess.

Når det gjelder totalbakterier (kimtall) hadde utløpsvannet en betydelig høyere gehalt, og dette var spesielt tilfelle for kimtall ved 20° , noe som gir en indikasjon på den naturlige forekommende bakteriefloraen. Ut fra dette kan man slutte at damaktiviteten bidro til å fremme bakteriefloraen.

Tabell 4. Bakteriologiske analysedata

Parameter Lokalitet	Kimtall/ml		Coli/100ml	
	20°	37°	37°	44°
Innløpsvann	343	14	110	+
Utløpsvann	1015	20	33	+

5.4 Påvirkning av nedenforliggende vassdrag

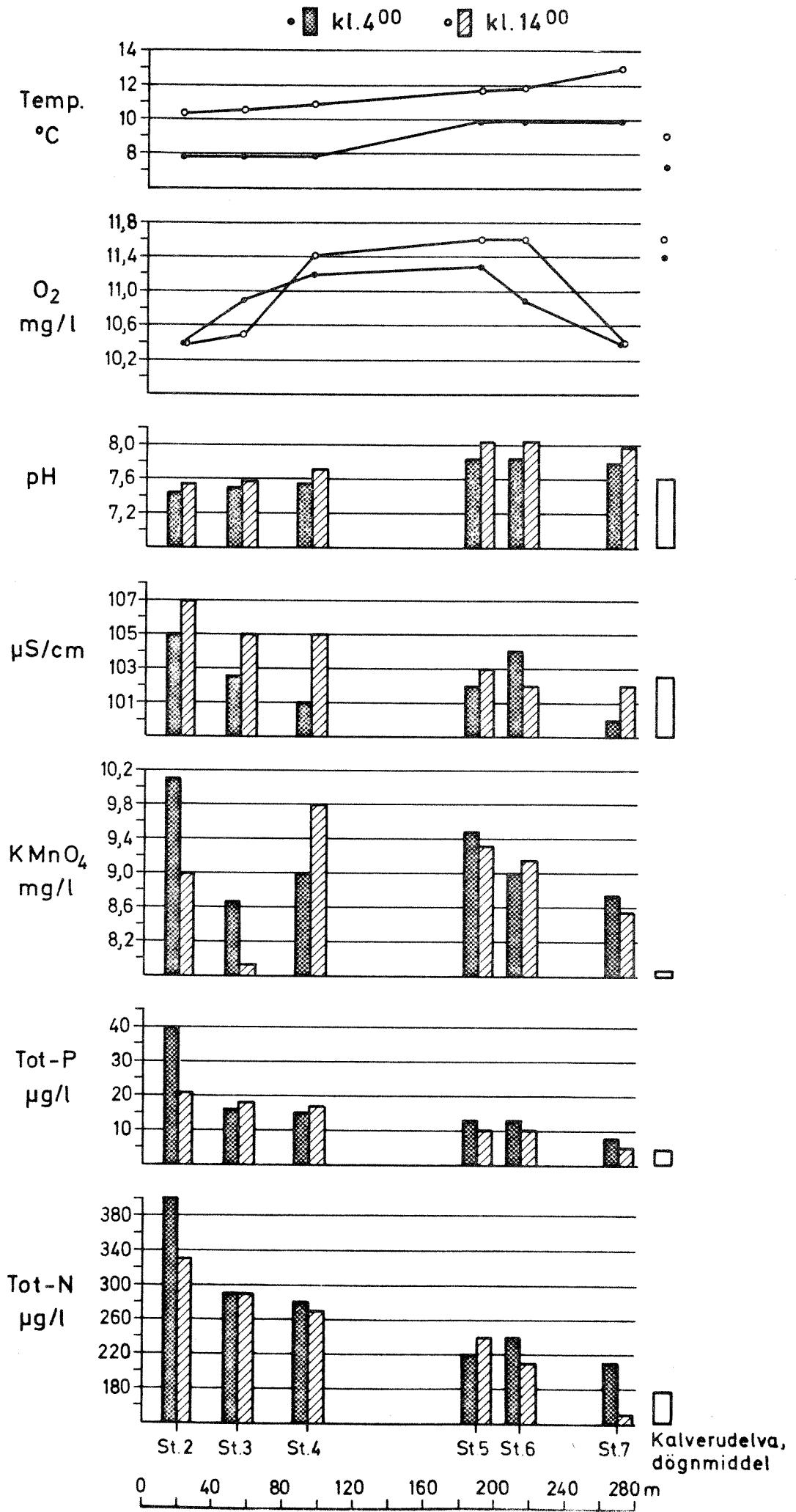
5.4.1 Fysisk-kjemiske parametre

De fysisk-kjemiske forholdene ved prøvetakingsstasjonene i grøftesystemet nedstrøms damanlegget og i Kalverudelva like oppstrøms samløpet ved grøften fremgår av fig. 6. Det var en jevn temperaturstigning nedstrøms utløpsgrøften med høyeste temperatur både om dagen og natten ved stasjon 7. Særlig hadde den største av dammene en dempende virkning på avkjølingen i løpet av natten, med andre ord: den samme virkning som ble notert for fiskedammenes vedkommende. Sammenlignet med temperaturen i Kalverudelva var temperaturen i det tilstrømmende utløpsvannet fra oppdrettsanlegget betydelig høyere så vel i løpet av dagen som om natten, med en forskjell på 4° om dagen og 3° om natten.

Oksygeninnholdet lå nærmest på metningsnivået ved samtlige stasjoner. Ved stasjon 3, 4 og 5 lå oksygeninnholdet over 100 % metning, noe som var særlig markert ved prøvetakingen som fant sted om dagen. Dette er et resultat av algenes assimilasjon i øverste del av grøftesystemet, og i de to dammene. Ved samløpet med Kalverudelva hadde avløpsvannet fra oppdrettsanlegget på grunn av høyere temperatur et lavere oksygeninnhold enn ellevannet.

I likhet med oksygeninnholdet ble også pH-verdiene påvirket av algenes assimilasjon og det ble registrert en særlig markert pH-økning nedstrøms

Fig.6 Fysiske/kjemiske forhold i avløpskanalen



den største av dammene. De høyeste verdiene ble målt om dagen. Ved samløpet med Kalverudelva viste utløpsvannet fra oppdrettsanlegget en noe høyere pH-verdi enn ellevannet, både om dagen og om natten.

Elektrolyttgehalten var høyest i vannet aller nærmest fiskedammene, og avtok deretter nedover i grøften. Ved samløpet med Kalverudelva var elektrolyttinnholdet i utløpsvannet noe lavere enn i selve ellevannet. Dette må sees i sammenheng med at visse salter ble anriktet i grøftesystemet via den biologiske aktiviteten.

Den organiske belastningen, målt som KMnO_4 -forbruk, avtok nedover i grøften. Ved samløpet med Kalverudelva hadde avløpsvannet en høyere organisk belastning enn ellevannet. Belastningstilskuddet via avløpsvannet må relativt sett allikevel regnes som minimalt.

Fosfor- og nitrogenkonsentrasjonene avtok betydelig nedover i avløpsgrøften på grunn av den biologiske aktiviteten. Det var særlig tilfelle om dagen når algenes assimilasjonsaktivitet var på det høyeste. Når det gjelder fosfor hadde utløpsvannet ved samløpet med Kalverudelva en noe høyere konsentrasjon enn selve ellevannet om natten, mens konsentrasjonen holdt seg på samme nivå i løpet av dagen. Dette var også tilfelle når det gjelder nitrogen, men om dagen var konsentrasjonen i utløpsvannet lavere enn i ellevannet.

Som en konklusjon kan man si at det har foregått en betydelig selvrensing først og fremst på grunn av den biologiske aktiviteten i grøftesystemet. Den fysisk-kjemiske påvirkningen av vannet i Kalverudelva må, ut fra de resultater man har fra prøvetakingsdøgnet, betraktes som liten.

5.4.2 Biologisk respons

Algebegroing i utløpskanalen, uttrykt som gram tørrvekt/ m^2 ved de forskjellige prøvetakingsstasjonene, fremgår av fig. 7. Det forekom en meget kraftig algebegroing på strekningen like nedstrøms utløpet fra fiskedammene og til den første av de to største dammene, dvs. en strekning på ca. 100 m. Begroingen var kraftigst utviklet ved stasjon 3 og 4, der bunnen var helt dekket med en tett og kraftig matte med "gullalgen", *Hydrurus foetidus*. Denne algen dominerte fullstendig begroingssamfunnet

Fig.7 Biomasse av påvekstalger (begroing) uttrykt som g tørrvekt/m²

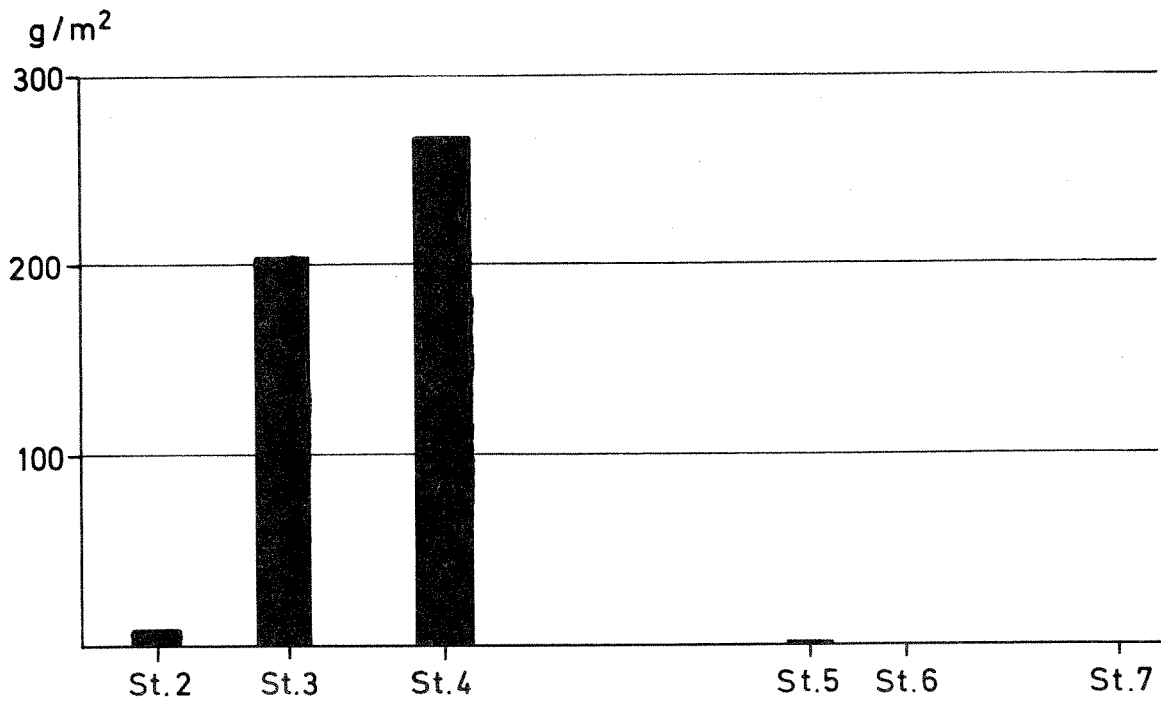
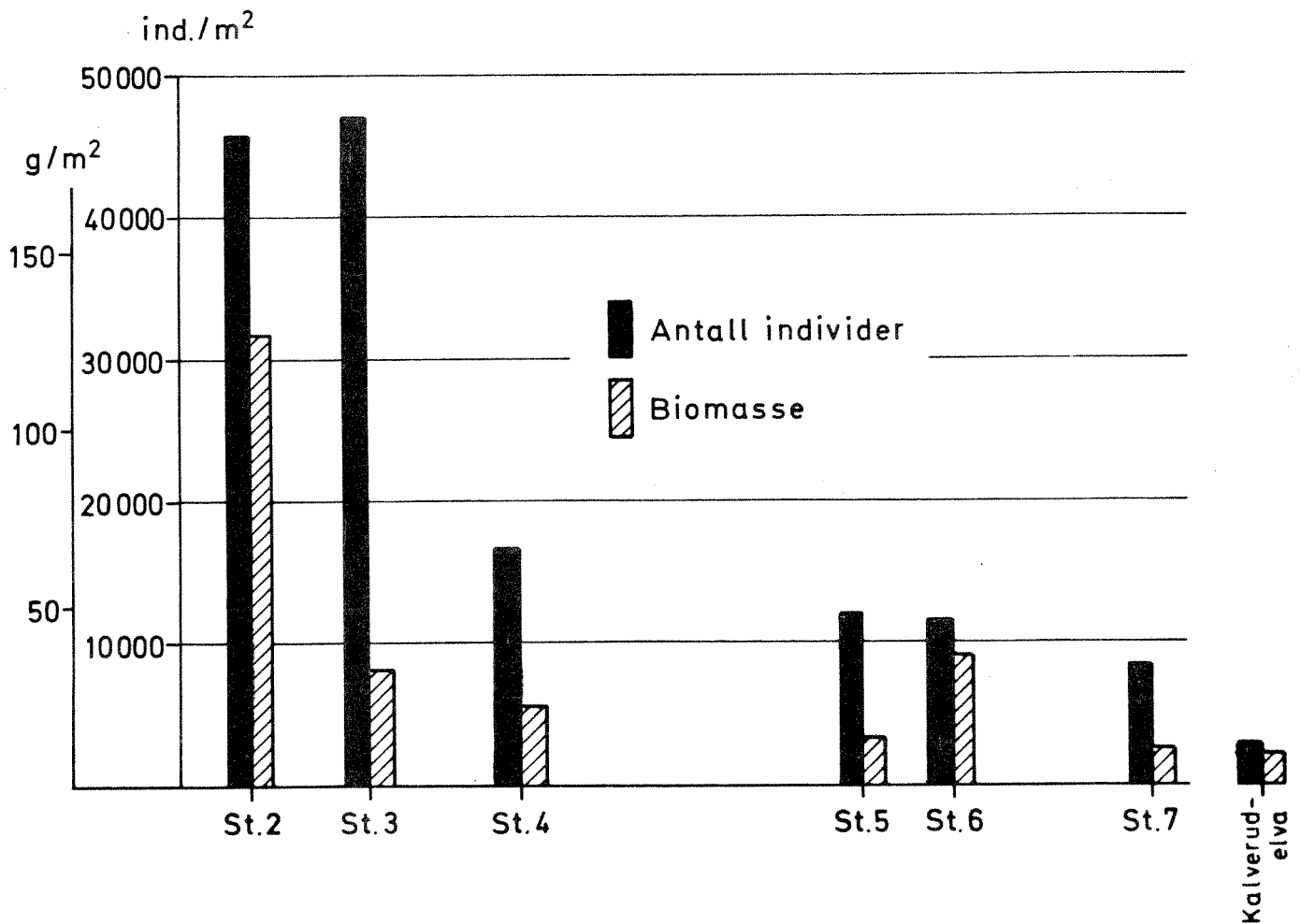


Fig.8 Bunndyrenes abundans og biomasse



i kanalen ovenfor den første dammen og det var bare i den øverste delen (st. 2) at andre algegrupper, f.eks. blågrønnalger og grønnalger var synlige. Både i fiskedammene og i de to største dammene langs utløpskanalen var det kraftige, utviklede algematter langs strandkantene og på grunne områder i vannet. Her var det særlig blågrønnalger og kiselalger som gjorde seg gjeldende. Langs avløpskanalen nedstrøms den øverste av de to dammene (st. 5, 6 og 7) var algebegroingen mindre markert og i den nederste delen av utløpskanalen var det ingen algevekst å se.

Hydrurus forekom ikke her, men begroingen besto først og fremst av grønn- og kiselalger, bl.a. fantes en rik forekomst av kiselalgen *Didymosphenia geminata* ved st. 5.

Tilskuddet av næringssalter, i første rekke fosfor og nitrogen via aktiviteten i dammene, var årsaken til en lokalt sett kraftig eutrofierings-effekt. Dette skulle indikere at en stor del av næringssaltbidraget via oppdrettsanlegget kommer vegetasjonen til gode i en lett tilgjengelig form. Tilskudd på jern, kalium, vitaminer m.m. sammen med økt bakterieaktivitet (økt stoffomsetning) er også av betydning i denne sammenhengen.

Antall og biomasse (vekt) av bunndyrforekomstene i utløpskanalen fremgår av fig. 8 og tabell 5. Relativt sett fantes en rik bunndyrfauna langs hele utløpskanalen. Den største forekomsten ble notert i øverste del av avløpskanalen, st. 2 og st. 3, med et individantall på 45854 og 47016 pr. m², noe som svarer til en biomasse på 126,86 og 32,69 g. Nedstrøms kanalen var bunndyrforekomsten avtagende og det laveste antall og biomasse ble notert ved st. 7, med 8513 individer pr. m², noe som svarer til en biomasse på 10,08 g. Det var hovedsakelig fem dyregrupper som dominerte faunaen, steinfluelarver (*Plecoptera*), døgnfluelarver (*Ephemeroptera*), vårfluelarver (*Trichoptera*), fjærmygglarver (*Chironomidae*) og knottlarver (*Simulium*).

Når det gjelder steinfluelarvene, som her først og fremst var representert ved slektene *Nemoura* og *Leuctra*, forekom disse rikeligst i den nederste delen av avløpskanalen (st. 6 og 7). Slekten *Leuctra* fantes ikke ved stasjon 2 og 3, der bare slekten *Nemoura* forekom. Døgnfluene, som først og fremst var representert ved slektene *Baëtis* og *Heptagenia*, forekom i store mengder på samtlige lokaliteter og dominerte faunaen nedstrøms den største av dammene (st. 5, 6 og 7). Langs den kanalstrekningen der den kraftigste algeveksten forekom (st. 3 og 4) var døgnfluelarvene

Tabell 5. Bunndyrforekomst, abundans og biomasse

Lokalitet Dyregruppe	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	Kalverudelva
	ing/m ²	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²	ind/m ²
Steinfluelarver	505	577	560	239	1609	1571	74
Døgnfluelarver	4949	865	2658	5953	4546	3471	2870
Vårfluelarver	808	865	1050	159	1820	662	+
Fjærmygglarver	37673	44229	12378	3175	1189	909	+
Knott	1717	96	70	2620	2657	1900	294
Dipterlarver	202	288	+	+	+	+	+
Snegler	+	96	140	+	+	+	+
Sum	45854	47016	16856	12146	11821	8513	2905
Våtvekt i g/m ²	126,86	32,69	23,64	13,97	37,37	10,08	8,51

+ Dyregruppen forekommer i de kvalitative prøvene

sterkt redusert. Ved de to øverste stasjonene, st. 2 og 3, fantes bare slekten *Baëtis*. Vårfluelarvene hadde en mer jevn fordeling. Den vanligste slekten var *Rhyacophila*. Det høyeste individantallet fantes ved st. 6, som foruten slekten *Rhyacophila* også hadde rikelig forekomst av *Integripalpia* (husbærende) vårfluelarver. Fjærmygglarvene dominerte faunaen i avløpskanalens øvre deler og særlig var forekomstene rikelige ved st. 2 og 3 med individtall på ca. 40 000/m². Forekomstene av fjærmygglarver avtok imidlertid nedstrøms kanalen med det laveste individtallet ved st. 7. I likhet med døgnfluelarvene synes knottlarvene å holde seg borte fra den delen av utløpskanalen som hadde den sterkeste algeveksten (st. 3 og 4). For øvrig var de temmelig rikt representert ved samtlige stasjoner, med et individtall på ca. 2 000/m². Den rike forekomsten av puppehus ved st. 2 skulle tyde på at den største forekomsten hadde vært her tidligere. Den største delen av populasjonen hadde klekket da prøvetakingen fant sted.

Foruten de gruppene som er omtalt her, var det også en del dipterlarver å se. Disse forekom først og fremst i avløpskanalens øverste del, sammen med sneglen *Lymnaea peregra*, som forekom rikeligst i tilknytning til den kraftige algeveksten ved st. 3 og st. 4.

Den rike forekomsten av bunndyr og variasjonene i organismesamfunnenes sammensetning må sees i forbindelse med økt tilgang på næring og til dels endrede livsvilkår (eutrofieringspåvirkningen og økt tilførsel av organisk stoff via aktiviteten i fiskedammene). Faunasammensetningen i kanalens øvre del (st. 2 og st. 5), med dominans av mer motstandsdyktige grupper, kan indikere at det forelå en viss saprobiering her. Det forekom imidlertid ikke noen synlig, fremtredende saprobiering ved prøvetakingstidspunktet bortsett fra i direkte tilslutning til selve utløpsrøret fra fiskedammene. Her forekom det en synlig fremtredende heterotrof begroing, først og fremst av soppen *Leptomitus* sp.

En påtagelig selvrensingseffekt via avløpskanalen og de to dammene kunne dokumenteres ut fra bunndyrforekomstene. Belastningen via Kalverudelva må ut fra et biologisk synspunkt kunne betraktes som liten på det tidspunkt da prøvetakingen fant sted.

6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Fiskeoppdrett og da spesielt oppdrett av matfisk har i noen tilfelle foranlediget en merkbar forurensning av mindre vassdrag som er blitt nyttet til resipienter. Dette oppdrag (O-181/73) hadde som sin målsetting å måle størrelsen av og analysere forurensningskomponentene fra et oppdrettsanlegg for matfisk ved Kalverudelva på Biri (Oppland fylke).

Prøver til fysisk-kjemisk analyse er blitt samlet inn kontinuerlig i løpet av et døgn både fra anleggets inntaksvann og fra dets utløpsvann. Ved ett tilfelle ble det også foretatt bakteriologisk analyse. I den hensikt å studere en eventuelt biologisk virkning i resipienten er det blitt samlet inn begroingsorganismer (algevekst og bunndyr) foruten at det er blitt samlet fysisk-kjemiske data langs det nedenforliggende avløpssystem (åpen kanal med to større dammer).

Aktiviteten ved oppdrettsanlegget medfører både fysiske og kjemiske forandringer i avløpsvannet. De mest fremtredende forandringer gjelder forhøyet temperatur, lavere oksygeninnhold, økt nærings saltbelastning, særlig når det gjelder fosfor og nitrogen. En betydelig del av nitrogentilskuddet forelå som ammonium. Det forekom et til dels markert tilskudd av jern og mangan, sammen med et tilskudd av sulfat, kalium og organisk stoff. Tilskuddet av salt avhenger av fôringen. Det ble også registrert biologiske forandringer i form av økt bakterieinnhold, en lokalt kraftig eutrofieringspåvirkning med masseutvikling av alger. I tillegg ble det dokumentert en viss saprobiering som medførte forandring av bunnfaunaens sammensetning og størrelse i avløpsvannet. Disse forhold har delvis blitt dokumentert ved en liknende større undersøkelse som er foretatt i flere oppdrettsanlegg i Amerika (HINSHAW 1973). Denne undersøkelsen viste bl.a. at den kraftigste forurensningspåvirkningen forekom der en brukte animalsk fôr.

På prøvetakingstidspunktet kunne det påvises en svært beskjeden påvirkning i selve resipienten (Kalverudelva) på grunn av en betydelig selvrensing langs avløpssystemet. Aktiviteten ved oppdrettsanlegget for matfisk ved Kalverudelva er i dag liten. En kan si at den ikke utgjør noen påtagelig belastning for elva. De hygieniske forhold må imidlertid vurderes av helsemyndighetene. Belastningen kan bli betydelig dersom hele

anlegget (med fisk i alle dammer) tas i drift. F.eks. kan økt nærings-saltbelastning til Mjøsa via Kalverudelva få praktiske konsekvenser. I denne forbindelse kan det nevnes at man ved et oppdrettsanlegg for matfisk der driften er maksimal regner med en fôrmengde pr. døgn på 1,5 - 2 % av fiskens samlede vekt. Dette skulle, i dette aktuelle tilfellet, svare til en fôrmengde på 13,5 - 18 kg pr. døgn, dvs. en fôrmengde 2-3 ganger så stor som den man anvendte ved prøvetakingstilfellet. Da ble det benyttet en fôrmengde på ca. 6 kg pr. døgn. Dette skulle da tilsi at belastningen ved maksimal drift ville ligge betydelig høyere pr. fiske-mengde enn hva som er kommet frem i denne undersøkelsen. De data som er kommet frem her, må derfor bare tas som en foreløpig orientering når fiskebestanden er redusert og fôringen derfor ikke er maksimal.

Referanser

- HINSHAW, R.N. 1973 Pollution as a result of fish cultural activities, Ecological Research Series, Washington, D.C. 20460. 210 p.

KJE/HAG