

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-81096
Undernummer:
Løpenummer: 1438
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold.	Dato: 1.12.1982
	Prosjektnummer: 0-81096
Forfatter(e): Magne Grande Richard F. Wright	Faggruppe:
	Geografisk område: Aust-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 27

Oppdragsgiver: Aust-Agder kraftverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Otra og sidevassdrag i Valle og Bygland kommuner er i 1981 og 1982 undersøkt med henblikk på å vurdere en eventuell regulerings innflytelse på resipientforhold og vannkvalitet. En redusert vannføring vil først og fremst få innflytelse på vassdragets surhet på grunn av sure sidebekker. Kalking er vurdert som eventuelt tiltak mot en øket forsuring av elva.

4 emneord, norske:	
1.	Vassdragsregulering
2.	Resipientundersøkelse
3.	Forsurning
4.	Kalking
	Aust-Agder
	Hekni kraftverk
	Otra

4 emneord, engelske:	
1.	Water course regulation
2.	Resipient survey
3.	Acidification
4.	Liming

Prosjektleder:

*Magne Grande*

Divisjonssjef:

*Rolf E. Arnesen*

For administrasjonen:

*H. Lander*

*Arnesen*

ISBN 82-577-0562-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-81096

HEKNI KRAFTVERK

Vurdering av resipientforhold

i forbindelse med

eventuell utbygging

Oslo, 1. desember 1982

Saksbehandler: Magne Grande

Medarbeider : Richard F. Wright

For adminis-

trasjonen : J. E. Samdal

Lars N. Overrein

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Side:

1. KONKLUSJONER	3
2. INNLEDNING	4
3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGSAVSNITTET	5
3.1 Vassdrag og nedbørfelt	5
3.2 Vannføringer og reguleringsinngrep	5
3.3 Virksomhet og forurensningstilførsler	5
4. KJEMISKE UNDERSØKELSER	11
4.1 Forsuring	11
4.2 Mulige mottiltak	14
4.3 Generelle forhold	22
5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER	23
5.1 Begroing	23
6. GENERELL VURDERING AV REGULERINGENS BETYDNING FOR VANNKVALITET OG RESIPIENTFORHOLD	26
7. LITTERATUR	26
VEDLEGG I	27

## 1. KONKLUSJONER

1. Det er i 1981 og -82 foretatt en fysisk/kjemisk og biologisk undersøkelse av Otra og sidevassdrag mellom Straume og Langeid i Valle og Bygland kommuner med henblikk på å vurdere en eventuell regulerings innflytelse på resipientforhold og vannkvalitet.
2. Undersøkelsene viser at vassdraget på denne strekning tilføres bare små mengder forurensninger. Dette bekreftes av de fysisk/kjemiske og biologiske analyseresultatene. Det antas at en redusert vannføring ikke vil føre til eutrofieringsproblemer.
3. Sidebekkene til Otra på strekningen Straume-Langeid er betydelig surere enn hovedvassdraget. Ved redusert vannføring i hovedvassdraget vil strekningen domineres av sidebekkenes vann. Ved høy vannføring er dette vannet surt (pH 4,6-4,8) og aluminiumholdig (100-150  $\mu\text{g Al/l}$ ) og sannsynligvis giftig for fisk.
4. pH i Otra på strekningen nedenfor den planlagte dammen vil kunne økes ved å slippe Otravann forbi dammen. I flomtiden har sidebekkene lav pH, og blandingsforholdet må være minst 2,0 deler Otravann pr. 1 del sidebekkvann. Med en flom på 10 mm/døgn ( $120 \text{ l/s-km}^2$ ) vil minste vannføring forbi dammen være  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .
5. I dag er Otra ved Straume nær den kritiske grense for fisk i snøsmeltingsperioden. Forbedring i vannkvalitet kan muligens oppnås ved en omlegging av manøvreringen for hele Otra ovenfor Straume.
6. pH i sidebekkene kan økes ved kalking. Det teoretiske kalkbehov er ca. 200 tonn kalksten pr. år. Kalking kan foregå enten i Myklevatn ved Kvernelvi ca. 10-20 ganger i året, eller ved et doseringsanlegg. Arlige kostnader for innkjøp, transport og spredning av 200 tonn kalk kan anslås til ca. kr 100.000 - 200.000. Eventuelle kapitalutgifter for anskaffelse av doseringsanlegg kommer i tillegg.
7. Bestemmelser om minstevannføringer, manøvreringsreglement, terskelbygging, fisketrapper etc. bør sannsynligvis vesentlig tas på grunnlag av hensynet til fiskeinteressene og landskapsmessige (estetiske) forhold.

## 2. INNLEDNING

I brev av 6. august 1981 fra Aust-Agder Kraftverk ble NIVA anmodet om en vurdering av resipientforholdene i forbindelse med utbygging av Otra ved Besteland (Hekni kraftverk) for kraftformål. Under en befaring 7. oktober ble en enige om at NIVA skulle utarbeide et program for undersøkelser vedrørende resipientforholdene. Forslag til arbeidsprogram forelå den 31. desember 1981 og dette ble akseptert. Undersøkelsen ble utført etter programmet og resultatene blir fremlagt i denne rapport.

Prøvetakingen for fysisk/kjemiske analyser er for størstedelen utført av Hallvard Kjelleberg, Brokke kraftverk. Oppplodding av Myklevatn er foretatt av Aust-Agder Kraftverk. Ingeniør A.B. Berdal A/S har utført registreringer av virksomhet og brukerinteresser langs vassdraget på strekningen Rysstad - Langeid. Det øvrige arbeid er utført av NIVA. Pål Brettum har innsamlet det biologiske materiale som er analysert og vurdert av Randi Romstad. Richard Wright har stått for undersøkelser og vurderinger vedrørende surhetsproblemene.

### 3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGSAVSNITTET

#### 3.1 Vassdrag og nedbørfelt

Den øvre del av Otravassdraget er utførlig beskrevet i rapporter fra tidligere undersøkelser (NIVA 1978, 1981). Det henvises til disse når det gjelder mer omfattende beskrivelser av vassdrag og nedbørfelt. Det skal her bare pekes på endel forhold som kan ha interesse i forbindelse med den planlagte utbygging på strekningene Besteland - Langeid.

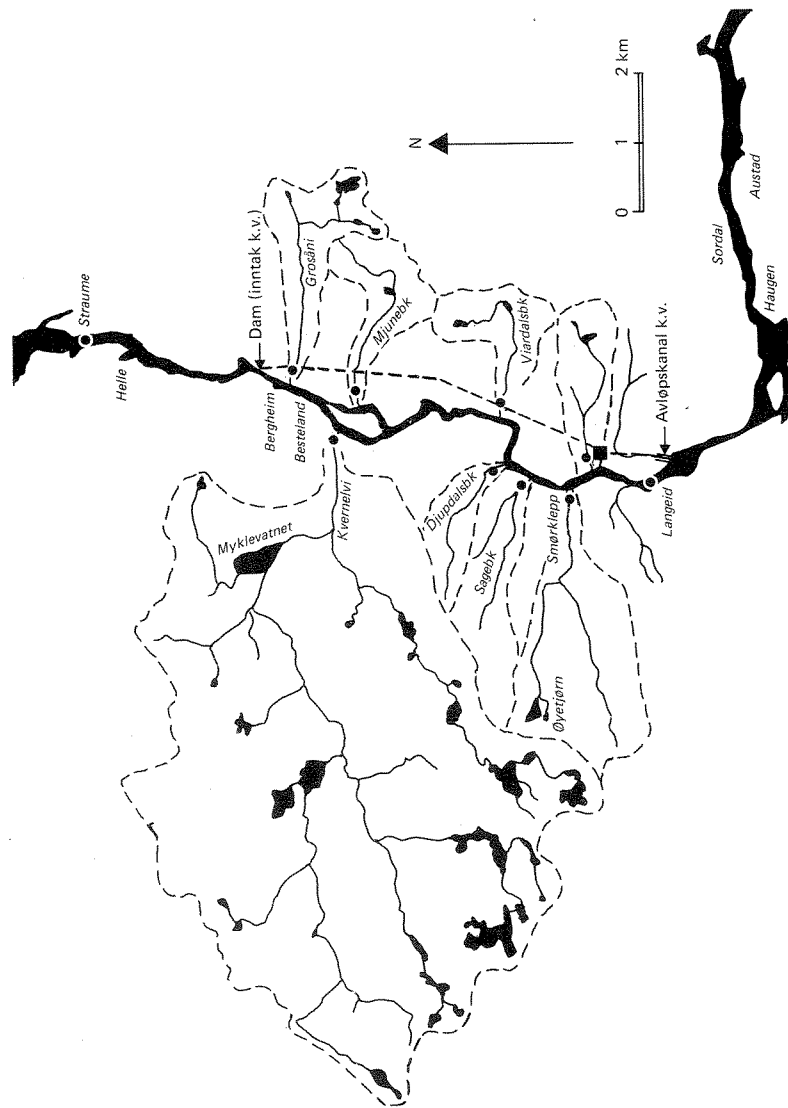
#### 3.2 Vannføringer og reguleringsinngrep

Otra er omfattende regulert og er ennå under utbygging på hele strekningen fra Breidvatn og ned til Brokke. Her ligger Brokke Kraftverk og forholdene i Otra videre nedover er sterkt influert av hvordan kraftverket manøvreres.

Den nye regulering (fig. 1) er tenkt med en dam beliggende ca. 1 km ovenfor Besteland. Denne vil danne et inntaksmagasin som vil strekke seg opp til Straume bru. Muligens vil vannstanden ovenfor Straume bru også bli hevet noe og dette kan da få virkning for områdene Bjørgum og Rysstad. Høyeste regulerte vannstand vil her sannsynligvis bli liggende ca. 242 m.o.h. Noen særlig regulering blir det her neppe snakk om uten en mindre pendling på toppen av magasinet. Inntaket blir liggende umiddelbart ovenfor dammen. Vannet blir ført herfra til kraftstasjonen gjennom en 75 m<sup>2</sup> stor og 5,2 km lang tunnel. Selve kraftstasjonen er planlagt beliggende ca. 100 m inne i fjellet i nærheten av gården Birke-land nordvest for Sordal. Avløpskanalen for kraftverket vil munne ut ved Langeid. På elvestrekningen av Otra mellom dammen og utløpet vil det skje en sterk reduksjon av vannføringen.

#### 3.3 Virksomhet og forurensningstilførsler

I tabell 1 er gitt en oversikt over forurensningsskapende virksomhet langs Otra mellom Rysstad og Langeid. I tabell 2 er oppgitt den fremtidige virksomhet som kan ventes i området. Fosfortilførslene til den berørte vassdragsstrekning, mellom antatt damsted og kraftverksutløp, fremgår av tabell 3.



Figur 1. Otra Straume-Austad med tilløp og nedbørfelter samt stasjonsplassering.

Det er antatt at fosfortilførslene er begrensende for produksjon i vassdraget. Tabell 3 viser at fosfortilførslene fra mennesker og dyr ikke vil resultere i høye konsentrasjoner i vassdraget selv ved en minstevassføring på  $1 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Tallene for sau kan se høye ut, men antagelig tilføres bare en forsvinnende liten del av det utskilte fosfor Otra om sommeren. Tilførslene vinterstid er avhengig av standard for gjødselkjellere og rutiner for spredning av gjødsel på dyrket mark.

Beregningene blir i det hele tatt svært hypotetiske i et tilfelle som dette med spredt bebyggelse og diffuse tilførsler fra husdyr som beiter over et større område. Fellesbeitet kan kanskje i perioder sommerstid gi endel tilførsler avhengig av besetningens størrelse, nedbør etc., men ligger nær utløpet fra kraftverket (2-400 m) og har derfor liten betydning.

Tilførslene fra riggområdene i anleggsperioden blir ikke tatt i betraktning her, da de antas ikke å ha noen betydning ved den nåværende vannføring på strekningen.

Siloanleggene på strekningen antas her ikke å ha noen vesentlig innvirkning på vannkvaliteten i Otra under forutsetning av at de har forskriftsmessig ordnet avløp.



Tabell 1. Vannforsyning og forurensningskapende aktivitet langs Otra mellom Rysstad og Langeid.

Vassdrags- strekning	Drikkevann	Jordbruk	Industri	Avløpsforhold/resipient
Strekningen Rysstad - antatt damsted	Kommunale vannverk (grunnvann) Rysstad Private brønner strekn. damsted - Rysstad	2 private vanningsanlegg 2 stk. siloanlegg	3 bensin- stasjoner	Kommunalt biologisk renseanlegg i Rysstad med utslipp til Otra. En bensinstasjon har utslipp i Otra.  Stamlagune ca. 1,5 km ovenfor an- tatt damsted, ca. 50 m fra elva.  Avløp fra spredt bebyggelse har i hovedsak spredning i grunnen
Strekningen antatt damsted - kommune- grensen Valle/Bygland	Ingen kommunale anlegg. 10-15 bolighus får vann fra egne brønner. Totalt antall brønner oppgitt til 6 stk. 2 av brønnene står nær Otra. Totalt antall beboere: 20-25 personer.	Ingen siloanlegg. Ingen vanningsanlegg. Husdyr er hovedsakelig sau, antall ca. 30 stk. Dyrket mark i drift/dyrkbar mark som drenerer til regu- lert elvestrekning: ca. 390 da.	Ingen	Ingen kommunale anlegg. 8 boliger har kloakkutslipp til grunnen (infiltrasjon)
Strekningen kommune- grensen Valle/Bygland - antatt avløpskanal	Ingen kommunale anlegg. Ca. 20 bolighus og en skole får vann fra egne brønner vest for riks- veg 12  Totalt antall brønner oppgitt til 13 stk (nord for Kvernelvi)  Totalt antall beboere: ca. 25-30 personer.	6 stk. siloanlegg 1 vanningsanlegg, kapasitet 55 m <sup>3</sup> /t for Birkeland fellesbeite (345 da)  Husdyr: Hovedsakelig sau, antall ca. 1180 stk. 2 hester.  Dyrket/dyrkbar jord: Dyrket 715 da Dyrkbar 230 " Kulturbeite 140 "	Ingen	Ingen kommunale anlegg. 7 boliger har kloakkutslipp til grunnen via slamavskiller.

Tabell 2 . Fremtidig virksomhet langs Otra i utbyggingsområdet for Hekni Kraftverk

Vassdrags- strekning	Avløpsforhold/ resipient
Riggområder for anleggs- perioden	
Damområde	Avløpsanlegg for 35 pe
Tverrslag	Avløpsanlegg for 40 pe
Kraftstasjonsområde	Avløpsanlegg for 55 pe
	Generelt: Alle avløpsanlegg kan høyst sann- synlig anlegges som infiltrasjons- anlegg. Massene i området er godt egnet til dette.

Tabell 3 . Beregnede fosforkonsentrasjoner i Otra som følge av tilførsler på strekningen antatt damsted til utløp kraftverk

Kilder	Beregningsgrunnlag	$\mu\text{g P/l}$ ved $1 \text{ m}^3/\text{sek.}$
Befolkning	2,5 g P/pers./døgn	1,4 <sup>(1)</sup> 0,7 <sup>(2)</sup>
Husdyr	4,4 g P/sau/døgn	60 <sup>(1)</sup> Usikkert <sup>(2)</sup>
Dyrket mark, kulturbeite og fellesbeite	8 kg P/år/km <sup>2</sup>	0,4
Skog, myr, fjell	3 $\mu\text{g/l}$ <sup>(3)</sup>	3

- 1) Beregnet som om alt tilføres vassdraget
- 2) Anslått tilført vassdraget
- 3) Bakgrunnskonsentrasjon i vann fra skog, myr-og fjellområder

#### 4. KJEMISKE UNDERSØKELSER

De kjemiske undersøkelsene skulle først og fremst danne grunnlag for å vurdere økning av surheten i Otra ved redusert vannføring og øket andel av sure tilførselsbekker. Stasjonsnett og analyseparametre ble lagt opp ut fra dette. Vannkvaliteten i Otra nedenfor Brokke er forøvrig godt kjent ut fra tidligere undersøkelser og den overvåking av Otra som skjer kontinuerlig.

##### 4.1 Forsuring

På strekningen Straume - Langeid er sidevassdragene betydelig surere enn selve Otra. Forbi den planlagte dammen vil tilløpenes betydning øke ved redusert vannføring i hovedvassdraget. Vannkjemiske målinger ble foretatt i 8 sidebekker på forskjellige tidspunkt i perioden 7. oktober 1981 til 24. juni 1982 (tabell 4) (figur 1). To av prøveseriene ble tatt under høyvannføringen, en høsten 1981 og en våren 1982. Det er under slike forhold at pH er lavest og vannkvaliteten mest kritisk for fisk.

Undersøkelser de senere årene har vist at en kombinasjon av lav pH og høy aluminiumkonsentrasjon er giftig både for voksen fisk og fiskereproduksjon. Anorganisk, ikke kompleksbundet aluminium er giftig, mens andre former som organisk bundet og partikulært aluminium ikke synes å være det. Rutinemålingene gjelder total aluminium. Grovt kan de anslå at den kritiske grense for fisk inntreffer hvis pH er under 5,2 og konsentrasjonen av total aluminium er over 100 µg Al/l.

De fem prøveseriene fra tilløpsbekkene danner grunnlag for å beregne vannkvaliteten i Otra, dersom det ikke blir sluppet noe vann forbi den planlagte dammen (tabell 5). Målingene er veiet for areal drenert av hver bekk, og avrenningen fra diffusområdene mellom bekkene er antatt å være kjemisk lik vannet ved nærmeste bekk. Kvernelvi (Bestelandsåni) drenerer ca. 50 % av de totale restnedbørfelt på 42,3 km<sup>2</sup>. Grensene for delnedbørfeltene og arealene er utarbeidet etter kart i målestokk 1:50 000.

Med unntak for Mjunebekken, en mindre bekk på østsiden av elven, har tilløpsbekkene samme kjemiske sammensetning. Bekkene er ionefattige, sure og har høye aluminiumskonsentrasjoner, særlig ved høy vannføring (tabell 4).

Tabell 4. Vannkjemi i Otra og sidebekkene på strekningen Straume - Ose. Prøver ble tatt 5 ganger i perioden 7. oktober 1981 - 24. juni 1982. Resultatene fra Otra ved Ose er hentet fra rutineovervåkingen (Statlig program for forurensningsovervåking, Statens forurensningstilsyn).

Lok. = Lokalitet

535	Otra, Ose
540	Otra, Langeid
549	Otra, Straume
1541	Smørkleppbekken
1542	Sagbekken
1543	Djupedalsbekken
1545	Kvernelvi (Bestelandsåni)
2541	Bekk ved Birkeland
2543	Vierdalsbekken
2545	Mjunebekken
2546	Grosåni

<u>EDB-kode:</u>	<u>Betegnelse/enhet:</u>
NA	mg Na/l
K	mg K/l
CA	mg Ca/l
MG	mg Mg/l
AL	µg Al/l
CL	mg Cl/l
SULF	mg SO <sub>4</sub> /l
NO <sub>3</sub> N	µg NO <sub>3</sub> N/l
ALK2	alkalitet, ml 0,1 N HCl/100 ml til pH 4,5
pH	surhetsgrad
COND	ledningsevne, ms/m ved 25°C
FARG	farge, Pt-enheter
PERM	oksygenforbruk, permanganat, mg O/l
TURB	turbiditet, JTU
KOF	oksygenforbruk, dikromat, mg O/l
TOTN	total N, µg N/l
TOTP	total P, µg P/l

Tabell 4.

FILKODE: OTRA		NAVN: OTRA		OVERVAKNING							DATO: 821025		1
LOK	A M D R N G	NA	K	CA	MG	AL	CL	SULF	NO3N	ALK2			
535	811007	.80	.15	.81	.19	140.	1.3	3.2	90.	.23			
535	811115	1.20	.31	1.01	.21	70.	2.1	2.2	120.	.50			
535	811216	.84	.22	1.00	.16	45.	1.5	1.8	130.	.37			
535	820118	.96	.65	.83	.20	60.	1.5	2.4	150.	.48			
535	820216	.82	.19	.92	.19	30.	1.2	1.9	140.	.66			
535	820408	.84	.17	.83	.16	15.	1.5	1.8	130.	.58			
535	820416	1.34	.65	1.12	.22	95.	1.9	2.6	170.	.62			
535	820514	.95	.19	.76	.27	160.	1.5	2.9	80.	3.60			
535	820614	.79	.15	.73	.15	70.	1.0	2.0	170.	.35			
540	820310												
540	820423							3.5					
540	820519												
540	820624												
549	820310												
549	820423							3.1					
549	820519												
549	820624												
1541	811007	.65	.10	.34	.15	290.	.9	3.2	50.				
1541	820310												
1541	820423							3.3					
1541	820519												
1541	820624												
1542	811007	.77	.13	.40	.18	300.	1.0	3.6	10.				
1542	820310												
1542	820423							3.1					
1542	820519												
1542	820624												
1543	811007	.94	.14	.56	.20	220.	1.3	4.3	30.				
1543	820310												
1543	820423							3.3					
1543	820519												
1543	820624												
1545	811007	.70	.08	.41	.16	190.	1.0	3.2	30.				
1545	820310	1.06	.15	.71	.21	115.	1.5	2.8	150.				
1545	820423							3.5					
1545	820519	.63	.13	.26	.11	145.	.8	1.7	60.	.20			
1545	820624	.54	.04	.28	.08	60.	.7	1.4	20.	.22			
2541	811007	1.22	.11	.59	.30	240.	1.9	4.4	M 10.				
2541	820310												
2541	820423							3.6					
2541	820519												
2543	811007	.98	.08	.50	.24	260.	1.4	4.3	M 10.				
2543	820310												
2543	820423							3.4					
2543	820519												
2545	820310												
2545	820423							3.5					
2545	820519												
2546	811007	.75	.10	.52	.19	230.	1.1	3.7	30.				
2546	820310	.97	.15	.68	.24	225.	1.3	2.9	290.				
2546	820423							3.2					
2546	820519	.52	.12	.29	.12	145.	.6	1.7	30.	.19			

FILKODE: OTRA		NAVN: OTRA		OVERVAKNING							DATO: 821025		1
LOK	A M D R N G	PH	COND	FARG	TURB	PERM	KOF	TOTN	TOTP				
535	811007	5.60	1.47	51.5	1.6	2.6		230.	10.				
535	811115	5.97	1.76										
535	811216	6.00	1.50										
535	820118	5.68	1.74										
535	820216	5.77	1.47										
535	820408	6.07	1.37	11.5		.5		260.	3.				
535	820416	6.06	1.98										
535	820514	5.35	1.68										
535	820614	5.74	1.32										
540	820310	6.07	1.35										
540	820423	5.45	1.73	24.0	.8		M 10.0	320.	3.				
540	820519	5.14	1.45					240.	4.				
540	820624	5.64	1.10					260.	4.				
549	820310	5.99	1.34					220.	3.				
549	820423	5.39	1.73	32.0	.6		M 10.0	270.	5.				
549	820519	5.09	1.37					270.	3.				
549	820624	5.66	1.15					260.	4.				
1541	811007	4.61	2.14	25.0	.3	3.5		200.	3.				
1541	820310	4.99	1.96										
1541	820423	4.72	2.21	10.0	.3		M 10.0	200.	3.				
1541	820519	4.79	1.37					360.	2.				
1541	820624	5.01	1.00					130.	3.				
1542	811007	4.68	2.12	23.5	.4	3.7		160.	2.				
1542	820310	4.99	2.11					220.	3.				
1542	820423	4.82	1.97	10.0	.4		M 10.0						
1542	820519	5.43	1.21					260.	2.				
1542	820624	4.99	1.17					200.	3.				
1543	811007	4.69	2.32	28.5	.5	4.6		170.	2.				
1543	820310	4.99	2.07					220.	3.				
1543	820423	4.61	1.90	19.0	.4		M 10.0						
1543	820519	4.84	1.51					200.	2.				
1543	820624	5.06	1.96					180.	2.				
1545	811007	4.67	2.05	36.0	.6	4.0		150.	4.				
1545	820310	5.19	1.63			2.2		260.	4.				
1545	820423	4.75	2.16	26.5	.5		M 10.0	260.	3.				
1545	820519	4.82	1.30	37.0	.4	3.2		340.	2.				
1545	820624	5.12	1.00	11.5	.2	1.5		250.	3.				
2541	811007	4.79	2.38	36.0	.6	5.2		210.	3.				
2541	820310	4.97	2.31					210.	3.				
2541	820423	4.89	1.94	22.0	.5		M 10.0						
2541	820519	4.91	1.62					170.	2.				
2543	811007	4.58	2.53	43.5	.4	6.6		170.	2.				
2543	820310	4.95	1.99					240.	4.				
2543	820423	4.68	1.98	32.0	.7		M 10.0						
2543	820519	4.79	1.52					240.	3.				
2545	820310	5.58	1.99					200.	3.				
2545	820423	5.11	1.69	10.0	.3		M 10.0						
2545	820519	5.08	1.64					110.	2.				
2546	811007	4.60	2.32	47.5	.6	5.6		140.	2.				
2546	820310	4.85	1.84	6.0		2.6		240.	4.				
2546	820423	4.67	2.21	20.5	.4		M 10.0	410.	2.				
2546	820519	4.83	1.34	32.0	.4	3.9		190.	2.				
								200.	4.				

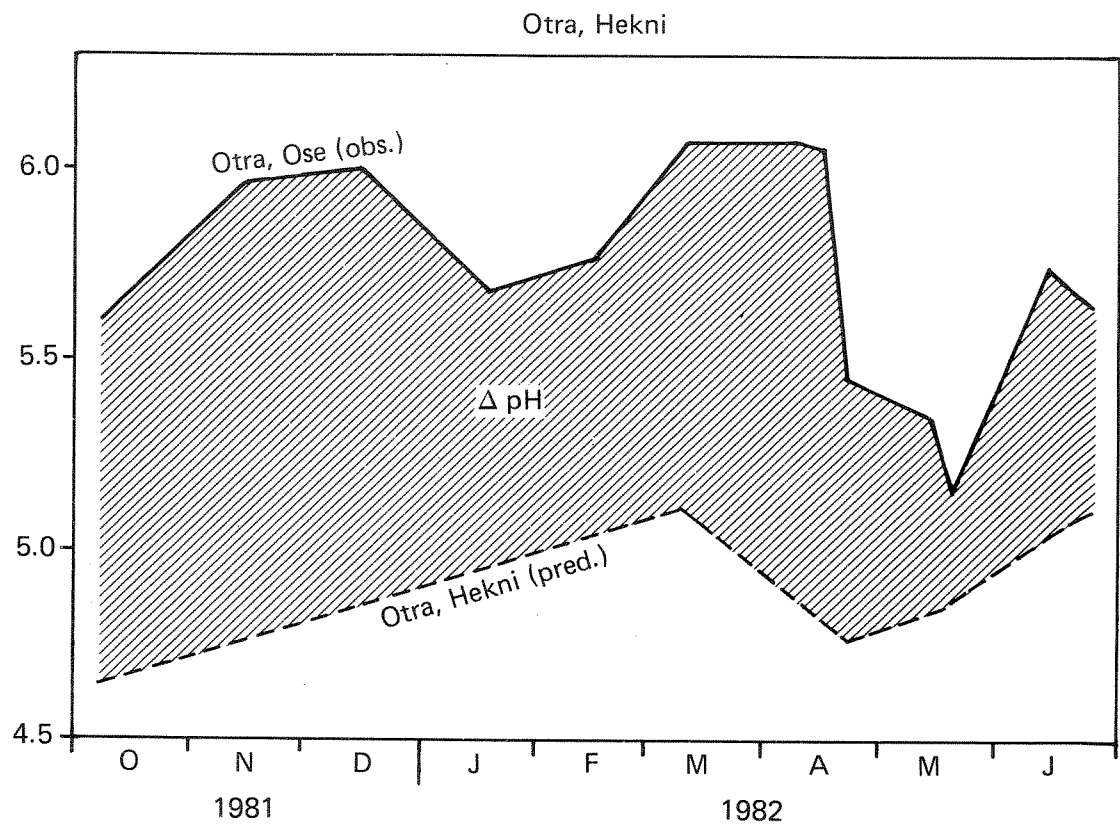
Beregninger viser at hvis ikke noe vann fra Otra slippes forbi den planlagte dammen, vil pH i elven ligge på 4,6-4,8, i hvertfall under høstregnet og snøsmeltingsperiodene (figur 2). Dessuten vil konsentrasjonen av aluminium ligge godt over 100  $\mu\text{g Al/l}$ . Denne vannkvaliteten er sannsynligvis giftig for fisk.

#### 4.2 Mulige mottiltak

Det finnes to mulige tiltak for å opprettholde en akseptabel vannkvalitet i Otra på strekningen Straume-Langeid ved utbygging av Hekni kraftverk. (1) Vann fra Otra kan slippes forbi dammen, (2) Tilløpsvannet kan kalkes.

##### 1. Minste vannføring forbi Hekni dam.

Den minimums vannmengde som må slippes forbi dammen kan beregnes ut fra OTRAS og tilløpsvannets kvalitet målt ved de 5 prøvetakinger oktober 1981 - juni 1982 (tabell 6). Målet er å oppnå pH over 5,2 i den berørte strekningen.



Figur 2. pH i Otra observert ved Ose og beregnet pH fra sidebakkene.



Tabell 5.

Hekni kraftverk, Otra. Beregnet surhetsgrad (pH) og aluminiumskonsentrasjon ( $\mu\text{g/l}$ ) på strekningen Straume-Langeid dersom alt vann kommer fra restnedbørfeltet og ikke noe Otravann slippes forbi dammen. Målinger er veiet for areal ved hvert enkelt delnedbørfelt. Vann fra diffusområder er antatt å være kjemisk likt vannet ved nærmeste bekk. Data fra Otra ved Ose kommer fra rutineovervåkingen av Otra (Statlig program forurensningsovervåking, Statens forurensningstilsyn).

Delnedbørfelt	Areal $\text{km}^2$	% av total	Målt pH og aluminium ( $\mu\text{g/l}$ )										
			Høstflom		Vinter		Begynnende snøsmelting		Vårflom		Sommer		
			7/10-82 pH	A1	10/3-82 pH	A1	23/4-82 pH	A1	19/5-82 pH	A1	24/6-82 pH	A1	
Diffusområde 1 Grosåni	0,4 2,2	2,6	6	4,60	230	4,85	290	4,67	4,83	145	-		
Diffusområde 2 Mjunebekk	1,3 1,8	3,1	7	-	-	5,58	-	5,11	5,08		-		
Vierdalsbekk	1,6		4	4,58	260	4,95	-	4,68	4,79		-		
Diffusområde 3 Lislestøltjern bekk	1,2 1,6	2,8	7	4,79	240	4,97	-	4,89	4,91		-		
Diffusområde 4 Kvernelvi	0,9 21,1	22,0	52	4,67	190	5,19	150	4,75	4,82	145	5,12	60	
Diffusområde 5 Djupedalsbekk	1,3 1,6	2,9	7	4,69	220	4,99	-	4,81	4,84		5,06		
Diffusområde 6 Sagebekk	0,2 2,1	2,3	5	4,68	300	4,99	-	4,82	5,43		4,99		
Diffusområde 7 Smørkleppbekk	0,6 4,4	5,0	12	4,61	290	4,99	-	4,72	4,79		5,01		
Diffusområde 8	1,3												
Totalt - veiet pH	42,3		100 %	4,65	220	5,11	(165)	4,77	4,86	(145)	Ca. 5,1	Ca. 60	
Otra (Ose)				7/10-82 5,60	140	16/2-82 5,77	30	16/4-82 6,07	95	14/5-82 5,35	160	16/6-82 5,74	70

Tabell 6. Hekni kraftverk, Otra. Beregnet mengde vann som må slippes forbi dammen for å oppnå en akseptabel vannkvalitet til enhver tid for fisk i Otra. Blandingsforhold er beregnet ut fra sterke syrekonsentrasjoner (se Vedlegg for regneeksempel).

	Høstflom	Vinter	Første snøsmelting	Vårflom	Sommer
	7.10.81	10.3.82	23.4.82	19.5.82	24.6.82
Tilløpsvann, 42 km <sup>2</sup>	4,65	5,11	4,77	4,86	5,1
pH					
H <sup>+</sup> µeq/l	22	8	17	14	8
Alkalitet µeq/l	0	0	0	0	0
Sterk syre µeq/l	22	8	17	14	8
Otra i dag	5,60	5,77	6,07	5,35	5,74
pH					
H <sup>+</sup> µeq/l	2	2	1	5	2
Alkalitet µeq/l	4	34	30	4	Ca. 20
Sterk syre µeq/l	-2	-32	-29	1	-18
Blandingsforhold for å oppnå Otravann	<u>2,0</u>	<u>0,05</u>	<u>0,3</u>	<u>1,6</u>	<u>0,08</u>
pH 5,2, sterk syre = 6 µeq/l sidevann	1	1	1	1	1
Minstevannføring i Otra som er nødvendig for å oppnå pH 5,2 ved vannføring fra sidevassdrag, 5 m <sup>3</sup> /s (tilsvarer 10 mm avrenning pr. dag over 42 km <sup>2</sup> )	10 m <sup>3</sup> /s	0,25 m <sup>3</sup> /s	1,5 m <sup>3</sup> /s	8 m <sup>3</sup> /s	0,4 m <sup>3</sup> /s

Beregninger viser at ved 2 tidspunkt, 7. oktober 1981 og 19. mai 1982, det vil si under henholdsvis høstflom og vårflo, må vannføringen av Otravann forbi dammen være ca. 2 ganger større enn vannføringen fra tilløpsbekkene og de diffuse områdene.

Denne vannmengde kan omregnes til  $m^3/s$  ved å anta at avrenningen ved tilløpsbekkene under flomsituasjoner er ca. 10 mm/døgn (tilsvarende ca. 120 l/s  $km^2$ ). For 42,3  $km^2$  er tilsvarende vannføring fra tilløpsbekkene ca. 5  $m^3/s$ . Hvis en akseptabel vannkvalitet skal oppnås ved å slippe Otravann forbi dammen, må minst 10  $m^3/s$  slippes forbi i kritiske flomperioder (tabell 6). Grovt anslått blir minstevannføringen under høst- og vårflo 10  $m^3/s$ .

Resultatene av disse beregningene må gis med forbehold. For det første har selve Otra i dag under snøsmeltingsperioden en vannkvalitet som er like ved den kritiske grensen for fisk. Prøven, tatt 19. mai 1982 i Otra ved Straume og Langeid, hadde pH på henholdsvis 5,09 og 5,14. Muligens vil hyppigere prøvetaking vise enda lavere minimums pH.

Den lave pH i Otra under snøsmeltingen er muligens et resultat av manøvreringen ved Brokke kraftverk oppstrøms. Tunnelen fra Botsvatn-magasinet til Brokke kraftverk tar inn vann fra flere sidebækker, inklusive Faråni like nord for Kvernelvi. Ved høy vannføring i disse sidebekkene får Brokke kraftverk tilstrekkelige vannmengder uten å tappe vann fra Botsvatn. Som følge av dette blir utløpet fra Brokke kraftverk dominert av forholdsvis surt vann fra tilløpsbekkene.

Nedenfor Brokke er vannet i Otra en blanding av restvannet som Otra fører fra oppstrøms (Valle) og utløpet av kraftverket. pH i elva er derfor bestemt av kvaliteten og mengden av disse to. Muligens kunne en annen styring av hele reguleringen ovenfor Hekni opprettholde en akseptabel pH og vannkvalitet i elven nedenfor Brokke til enhver tid. Til dette trengs en egen undersøkelse.

## 2. Kalking av sidebekkene

pH i tilløpsbekkene kan økes ved å tilføre kalk. Disse bekkene drenerer ca.  $42 \text{ km}^2$  med ca. 1000 mm avrenning årlig. Det teoretiske kalkbehov for å øke pH i avrenningen fra ca. 4,6 til 6.0 og gi en alkalitet på  $50 \text{ } \mu\text{eq/l}$ , er ca. 200 tonn kalkstensmel pr. år ved 100 % oppløsning av kalken (tabell 7).

Det finnes to ulike måter å tilføre kalken på. Myklevatn, et lite vann i Kvernelvi, ca. 2 km oppstrøms Otras munning, kan kalkes og brukes som et slags "kalkmagasin". En annen mulighet er å dosere kalken kontinuerlig og etter behov i en eller flere bekker, eller i selve Otra ved dammen.

Tabell 7. Teoretisk kalkbehov for tilløpsbekkene ved Hekni.

a. Nedbørfelt, totalt areal		$42 \text{ km}^2$
Antatt årlig avrenning		1000 mm
Vannkvalitet før	pH 4,6	$25 \text{ } \mu\text{ekv/l H}^+$
"	etter pH 6,0-6,5	$50 \text{ } \mu\text{ekv/l alkalitet}$
Kalkbehov pr. liter vann		$75 \text{ } \mu\text{ekv/l HCO}_3$

1 g  $\text{CaCO}_3$  tilsvarer 0,02 ekv  $\text{HCO}_3$ .

$75 \text{ } \mu\text{ekv/l} \times \text{avrenning, } 42 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1\text{m} = 3,2 \times 10^6 \text{ ekv.}$

$3,2 \times 10^6 \text{ ekv. tilsvarer } 160 \text{ tonn } \text{CaCO}_3$ .

- b. Bare ca. 80 % av kalkstensmelet er  $\text{CaCO}_3$ . For å få 160 tonn  $\text{CaCO}_3$  går det med ca. 200 tonn mel.

Teoretisk behov er 200 tonn kalkstensmel pr. år ved 100 % utnyttelse av kalken.

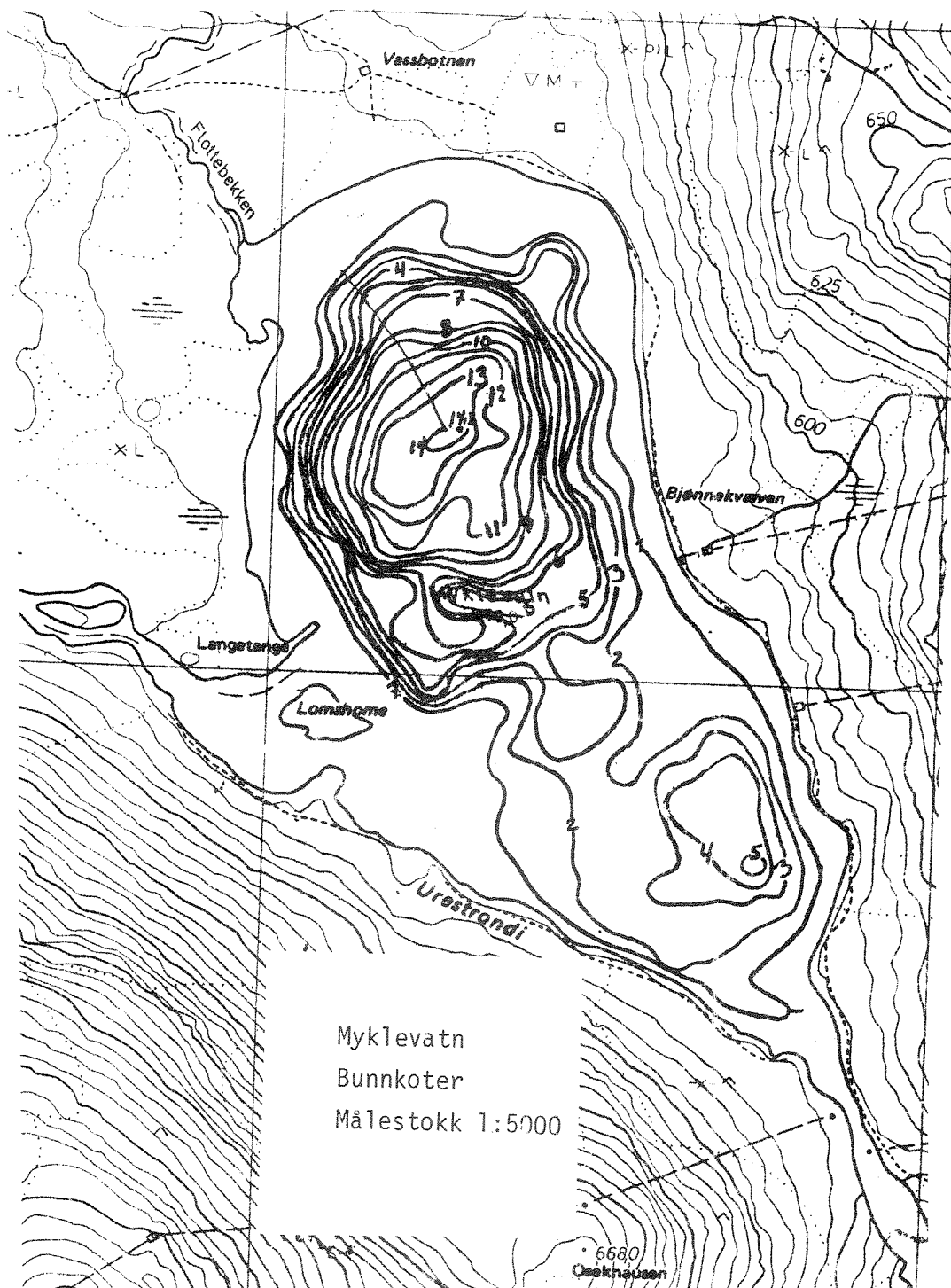
Aust-Agder kraftverks folk loddet opp Myklevatn vinteren 1981. Vannets areal er  $0,19 \text{ km}^2$ , volum  $0,24 \times 10^6 \text{ m}^3$  og middel dyp  $1,28 \text{ m}$  (figur 3). Vannets nedbørfelt er ca.  $20 \text{ km}^2$ , og ved en antatt årlig avrenning på  $1000 \text{ mm}$  er gjennomsnittlig oppholdstid i vannet  $0,24 \times 10^6 \text{ m}^3 / 20 \times 10^6 \text{ m}^3 = 0,01 \text{ år}$ , eller ca. 4 døgn. Oppholdstiden er så kort at den årlige kalkmengden på 200 tonn måtte tilføres vannet ca. 10-20 ganger i året, først og fremst under høst- og vårsmeltingen.

Fordelen ved å tilføre kalken til Myklevatn er at man oppnår et "kalkmagasin" som kan øke pH, også ved høy vannføring. Videre ville innsjøen fungere som "aluminiumsfelle". Når surt, aluminiumholdig vann kalkes, går giftige aluminiumsformer (anorganisk ladet) over til ugiftige former (kolloider, polymerer) som felles ut av vannmassen. Overgangen og utfellingen går tregt, og det vil være en fordel hvis disse aluminiumsforbindelser ble holdt tilbake.

Ulempen ved Myklevatn som kalkingsobjekt er at ved en så kort oppholdstid måtte kalk tilføres ofte og til dels under vanskelige vær- og terrengforhold (snøsmeltingsperioden). Alternativet er å dosere kalken kontinuerlig og direkte i Kvernelvi eller i en "minste vannføringsperiode" av Otravann som slippes forbi Heknidammen. Teknikken for dosering av kalk i rennende vann er i en utviklingsfase. Både tørr og våt dosering har vært prøvet. Kalkbrønn er også aktuelt.

Fordelen ved å tilsette kalk direkte i rennende vann er at dosen da kan reguleres etter behovet. For Otra vil anlegget kunne plasseres nær folk, bli lett tilgjengelig osv. Ulempen ved dosering i rennende vann er at systemet må fungere til enhver tid. Svikt i kalkingsanlegget kan resultere i pH-sjokk og fiskedød i løpet av kort tid.

Grovt anslått vil kostnadene for kalking bli ca. 500-1000 kr./tonn kalk ferdig spredd (1982-priser). Beløpet omfatter innkjøp, transport og spredning. Kapitalkostnader til et eventuelt doseringsanlegg er ikke medregnet. For kalking av Otra ved bygging av Hekni kraftverk vil kostnadene bli i størrelsesorden kr. 100.000-200.000 pr. år (1982-priser) for de 200 tonn kalk.



Figur 3. Dybdekart for Myklevatn ved Besteland

### 4.3 Generelle forhold

Som tidligere nevnt er Otras vannkvalitet nedenfor Brokke godt kjent fra tidligere undersøkelser og overvåkinger. For å konstatere en eventuell påvirkning av vannet mellom Straume og Langeid ble det imidlertid tatt prøver i Otra på disse lokalitetene i perioden mars - juni. Resultatene fremgår av tabell 8. Det kunne ikke påvises noen endringer i vannkvalitet ved disse to lokalitetene. Vannet var begge steder svakt surt og har et lavt innhold av næringssaltene fosfor og nitrogen. Dette stemmer godt med de opplysninger om tilførsler som foreligger (avsnitt 3.3).

Tabell 8. Middelerverdier for noen parametre i Otra ved Straume og Langeid, 10.3., 23.4., 19.5. og 24.6.1982.

Para- meter Loka- litet	pH	Konduk- tivitet mS/m	Farge mg Pt/l	Turbi- ditet FTU	Tot.N µg N/l	Tot.P µg P/l
Straume	5,6	1,41	24	0,8	260	3,5
Langeid	5,5	1,40	32	0,6	250	3,8

## 5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER

De biologiske undersøkelser har begrenset seg til to innsamlinger av begroing, dvs. planter som vokser på bunnmaterialet. Hensikten med dette var å konstatere eventuelle forurensningsvirkninger og ha et bakgrunnsmateriale fra den aktuelle strekning. Det finnes flere eksempler på at endrede vannføringsforhold ved vassdragsreguleringer har ført til sje-nerende vekst av begroingsorganismer. En har forøvrig et godt kjennskap til de generelle biologiske forhold i øvre Otra fra tidligere undersøkelser (NIVA, 1981) og den årlige rutineovervåking (SFT/NIVA, 1981). De øvrige biologiske undersøkelser (fisk, bunndyr) er utført av Laboratoriet for innlandsfiske, Zoologisk Museum, Oslo og rapporteres der.

### 5.1 Begroing

Prøver av begroing ble samlet inn fra en stasjon nedenfor Helle (Hagen) den 10. mars og 3. august 1982. Mengden av de ulike komponentene ble bedømt ved å anslå dekningsgraden. Det vil si at en foretar en vurdering av hvor stor del av elvebunnen som dekkes av begroingskomponenten. Dekningsgraden er gitt ut fra følgende skala:

5	100-50 %	av bunnarealet	dekket		
4	50-25 %	"	"	"	"
3	25-12 %	"	"	"	"
2	12-5 %	"	"	"	"
1	< 5 %	"	"	"	"

I tabell 9 er gitt en sammenstilling av de viktigste begroingselementene og deres dekningsgrad.

Det innsamlede materiale ble undersøkt ved hjelp av mikroskop. De enkelte elementene ble om mulig identifisert, og vassdragstilstanden forsøkt karakterisert på grunnlag av begroingssamfunnets sammensetning og mengdemessige forekomst. Resultatene av undersøkelsen er fremstilt i tabell 9. De enkelte arter og artsgruppers mengdemessige betydning i den enkelte prøve er angitt ved:

xxx	mengdemessig dominerende
xx	en viss mengdemessig betydning
x	forekommer



Tabell 9. Begroing i Otra ved Helle, 10. mars og 3. august 1982

Organismer	Dato	
	10.3.82	3.8.82
Blågrønnalger - <i>Cyanophyceae</i> - dekn.grad		3
<i>Homoeothrix nordstedtii</i> (Born. et Flah.) Komarek et Kann		x
<i>Stigonema mammosum</i> (Lyngb.) Ag.	x	xxx
<i>Tolypothrix distorta</i> v. <i>penicillata</i> (Ag.) Lemm.		x
Grønnalger - <i>Chlorophyceae</i> - dekn.grad	2	5
<i>Binuclearia tatrana</i> Wittrock	xx	xx
<i>Microspora</i> sp. 8-10 $\mu$		xxx
<i>Microspora</i> sp. 14 $\mu$	xx	
<i>Mougeotia</i> a. 12 $\mu$		xxx
<i>Zygnema</i> a. 18-20 $\mu$	x	xx
Kiselalger - <i>Bacillariophyceae</i> - dekn.grad	4	
<i>Eunotia</i> sp.	x	
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	xxx	xx
Ubestemte kiselalger	x	
Moser - <i>Bryophyta</i> - dekn.grad	3	5
<i>Nardia</i> sp.		xx
<i>Scapania undulata</i> (L.) Dum.	xxx	xxx

Begroingen på stasjonen var dominert av arter som regnes som typiske for oligotrofe (næringsfattige) vassdrag. Enkelte slekter som *Mougeotia* viser ofte masseforekomst i surt vann. Ingen av artene indikerer forurensninger. I august var størstedelen av bunnarealet dekket av grønnalger og moser, mens kiselalgene hadde størst dekningsgrad i mars.

## 6. GENERELL VURDERING AV REGULERINGENS BETYDNING FOR VANNKVALITET OG RESIPIENTFORHOLD

Undersøkelsen viser at redusert vannføring i Otra nedenfor damstedet neppe vil medføre eutrofieringsproblemer av betydning. Derimot vil den økede andel av surt vann fra tilløpselvene kunne resultere i at vannet blir for surt for fisken i Otra. Dette kan sannsynligvis motvirkes ved kalkingstiltak som er omtalt i avsnitt 4.2. En tilførsel av kalk til vassdraget som helhet vil være av det gode, men representerer også noe nytt som en foreløpig har liten erfaring med. De kalkingstiltak som er antydnet må derfor utredes nærmere og en må også regne med at det kan være nødvendig med noe prøvedrift før en finner frem til en helt tilfredsstillende ordning.

Det kan muligens bli aktuelt å bygge terskler på den berørte strekning. I den sammenheng skal nevnes at det i 1983 muligens vil bli foretatt en biologisk undersøkelse av tersklene i Otra ved Valle i forbindelse med overvåkingen av Otra. Resultatene herfra kan muligens være av interesse for planlegging og utforming av eventuelle terskler ved Hekni.

Fisket er vel den bruksinteresse som har størst betydning og som vil bli berørt av reguleringsinngrepet. Kalking, manøvreringsreglement, minstevassføring, bygging av terskler, fisketrapper etc. bør derfor først og fremst bestemmes og vurderes ut fra fiskeinteressene.

## 7. LITTERATUR

NIVA, 1978     Hartevatn og regulering av øvre Otra.  
NIVA-rapport 0-133/77, Oslo 1978.

NIVA, 1981     Undersøkelse av øvre Otra.  
NIVA-rapport 0-72198. Oslo 1981.

SFT/NIVA, 1981 Otra 1980. Rutineovervåking.  
Statlig program for forurensningsovervåking.  
Rapport 6/81.

Vedlegg 1. Beregning av blandingsforhold Otra over dammen og sidevasdrag (se også tabell 6).

$Q_S$  = vannføring sidevasdrag,  $m^3/s$

$Q_O$  = vannføring Otra over dammen,  $m^3/s$

$C_S$  = konsentrasjon sterk syre sidevasdrag,  $\mu g/l$

$C_O$  = " " " Otra over dammen,  $\mu g/l$

$C_b$  = " " " Otra etter innblanding,  $\mu g/l$

$$C_b = \frac{C_S \cdot Q_S + C_O \cdot Q_O}{Q_S + Q_O}$$

dette gir:

$$Q_O = \frac{C_S \cdot Q_S - C_b \cdot Q_S}{C_b - C_O} \quad \text{og} \quad \frac{Q_O}{Q_S} = \frac{C_S - C_b}{C_b - C_O}$$

Eksempel: målinger foretatt 7.10.81

$C_S = 22 \mu g/l$ ,  $C_O = -2 \mu g/l$ , ønsket  $C_b = 6 \mu g/l$

$Q_O/Q_S = (22-6)/(6-(-2)) = 16/8 = 2.0$

ved  $Q_S = 5 m^3/s$ ,  $Q_O = 10 m^3/s$ .