

# Vassdragsundersøkelser i forbindelse med kraftutbygging i Jotunheimen

Av Hans Holtan

Hans Holtan er cand. real. fra Universitetet i Oslo 1961 med limnologi som hovedfag. Han er nå ansatt ved Norsk institutt for vannforskning som leder for vassdragsseksjonen.

*Foredrag holdt på møte i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene 12. juni 1975.*

## 1. Innledning.

Med den sterkt varierende topografi, store fallhøyder og store vannmengder Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag representerer, er det naturlig at elektriske kraftselskaper og vassdragsutbyggere i lang tid har tenkt på hvordan de skulle kunne nyttiggjøre seg denne energikilde.

I årenes løp er det da også blitt en del vassdragsreguleringer. I denne sammenheng kan bl.a. nevnes Eldefoss, Harpefoss, Hunderfoss og en rekke fosser nedstrøms Mjøsa.

I dagens samfunn er det teknisk og økonomisk mulig å utnytte fallhøydene på en langt mer effektiv måte enn tidligere. Det kan nå være økonomisk forsvarlig å fange opp den minste bekk i overføringssystemer og takrenneprosjekter. Men dessverre

representerer en slik praksis langt større inngrep i naturen enn de reguleringer som var praktisert tidligere.

## 2. Generelt om vassdragsreguleringer.

Tradisjonelt tjener vassdragene en rekke bruksinteresser — regulering og utbygging til kraftforsyningsformål er en slik interesse, vannforsyning en annen osv. De forskjellige interesser kan imidlertid være sterkt motstridende og konfliktskapende.

Et reguleringsinngrep vil selvfølgelig måtte få betydning for en rekke forhold i det vassdragssystem det gjelder. Nedenfor er listet opp forhold som man må regne med vil bli influert. Disse forhold vil igjen ha innbyrdes virkning på hverandre:

- a. Vannføringsforholdene.
- b. Vannstand og vannstandsvariasjon.
- c. Strømhastigheten i vassdraget.
- d. Transport av suspendert materiale.

- e. DUNNSedimentenes sammen-  
setning.
- f. Vannets temperatur og tempera-  
turvariasjoner.
- g. Vannets kjemiske sammensetning.
- h. Makrovegetasjon, høyere  
aquatiske planter.
- i. Mikrovegetasjon og primær-  
producentene.
- j. Bunnfaunaens (dyr) sammen-  
setning og mengde.
- k. Driftfauna og flora.
- l. Vannets bakteriologiske tilstand.
- m. Fiskens gyte- og oppvekstmulig-  
heter.

Endringenes størrelse og betydning er selvfølgelig avhengig både av reguleringsinngrepets størrelse samt av de generelle forhold i vedkommende vassdrag. Det totale bilde av konsekvensene for vassdraget og dets bruk må nødvendigvis bli meget komplisert, fordi faktorene er knyttet sammen i en form for ring- eller nettverkstruktur.

### 3. Jotunheimsreguleringen.

Statskraftverkene har lagt frem planer for regulering av vassdragene i store deler av Jotunheimen og Breheimen. Jotunheimen/Breheimen er det største gjenstående utbyggingsprosjekt og utgjør alene ca. 1/10 av landets gjenværende nyttbare vasskraft.

Planene er gitt i to hovedalternativ, nemlig:

- 1) Vannet beholdes på østsiden ) : Øvre Otta mot øst.
- 2) Vann føres vestover ) : Øvre Otta mot vest (dvs. ca. 1050 km<sup>2</sup>).

Som tabell 1 viser vil elvepartiet ovenfor Otta samt partiet fra Eidefoss i Otta til Harpefoss i Lågen (ved Østalt.) bli sterkest berørt.

### 4. Forurensningstilstand og vannkvalitet.

Gudbrandsdalen er et langt og smalt dalføre, og tyngden av befolkningen bor i mindre tettsteder og administrasjonssentra i elvas umiddelbare nærhet — f.eks. Otta, Sjøa, Vinstra, Ringeby, Tretten, Fåberg osv. Avløpsvannet fra disse tettsteder samt også fra den spredte bebyggelsen, føres i stor grad direkte ut i hovedelven eller dens bielver uten vesentlig eller ingen rensing. Lokalt oppstår det derfor markerte forurensningssituasjoner. Alt i alt bor det i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt ca. 40 000 personer.

Jorbruksarealet er på vel 220 km<sup>2</sup>, dvs. ca. 2 % av det totale nedbørfelt. Dette er tall som synes små, men likevel må vi regne med en betydelig transport til elva av gjødselstoffer fra gjødselkjellere, jorder og i form av erosjonsmateriale fra de til dels bratte jordbruksarealer som ofte ligger kloss opp til elveløpet. Som andre steder i vårt land, er det også her problemer i forbindelse med siloutslipp. Dette gjelder i første rekke mindre bekker og elver, men virksomheten har også betydning for selve hovedvassdraget. Til tross for myndighetenes påbud synes oppryddingen på dette felt å gå meget langsomt.

Industrivirksomheten langs Lågen er beskjedent, men det finnes en rekke meierier og ysterier, som er betyde-

Tabell 1. *Middelbassføringer i m<sup>3</sup>/sek.*

Elv	Sted	Naturlig vassføring			I dag			Efter utbygging					
		A	V	S	A	V	S	Aret		Vinter		Sommer	
								Mot vest	Mot øst	Mot vest	Mot øst	Mot vest	Mot øst
Otta	Efter samløp med Ostri	51	12	105	50	25	92	6,2	4,3	1,5	1,0	13	8,9
Otta	Før Anstad kraftstasj.	63	15	129	62	29	106	11	9,3	5	4,6	21	16
Otta	Efter Anstad »	63	15	129	62	29	106	11	7,4	5	8,6	21	58
Otta	Ved Lahm	107	26	219	110	46	197	63	110	31	105	108	118
Otta	Før samløp med Lågen	109	26	224	112	47	202	66	2,1	31	0,5	113	4,4
Lågen	Efter samløp med Otta	147	35	301	150	56	279	103	40	46	15	183	75
Lågen	Før samløp med Sjoa	148	36	303	151	56	281	104	41	46	15	185	76
Lågen	Efter samløp med Sjoa	186	45	382	185	64	352	138	74	54	23	255	145
Lågen	Ved Losna	250	64	509	249	104	451	202	249	94	176	355	351

A = året.

V = vinter (1. oktober—30. april).

S = sommer (1. mai—30. september).

«I dag» viser vassføringer med de eksisterende reguleringer i Rauddalsvatnet, Breiddalsvatnet, Aursjøen, Tesse, Byggin, Vinsteren, Heimdalsvatnet m.fl. Øyangen og Olstappen. Dessuten overføring av Grønvatnet m.m. til Tafford.

lige faktorer i denne sammenheng. Ellers finnes sagbruk og en del industri som i forurensningssammenheng er beskjeden. Slakteriet på Otta må dog imidlertid sterkt fremheves som en betydelig forurensningskilde.

I Mjøsområdet er påvirkning og aktivitet av en helt annen størrelsesorden både når det gjelder husholdningskloakk, jordbruk og industri. I Mjøsas nedbørfelt bor det henimot 200 000 personer som representerer 178 tonn fosfor og 860 tonn nitrogen pr. år. Industrien i området representerer vel 100 tonn fosfor og bortimot 600 tonn nitrogen pr. år, mens jord- og skogbruk tilsammen representerer vel 40 tonn fosfor og ca. 1500 tonn nitrogen pr. år. Med naturens eget bidrag samt diffuse tilførsler må man regne med at Mjøsa totalt tilføres vel 330 tonn fosfor og noe over 4 000 tonn nitrogen pr. år.

Avløpsforholdene langs vassdraget er som nevnt, i høyeste grad modne for sanering. Flere søppelfyllplasser langs elvesystemet kompletterer dette bildet. Forurensningstilstanden både i Lågen, i Mjøsa og dens tilløpselver har i de senere år vært til stor sjenanse for mange bruksinteresser — drikkevann, bading, rekreasjon osv.

## 5. Forholdene i Vassdraget.

### *Slamtransport.*

Vannmassene i Lågen bærer både i kvantitativ og kvalitativ sammenheng preg av at store deler av nedbørfeltet består av høyfjell med eroderende isbreer. Under sne- og isbreavsmeltingen i Jotunheimen i tidsrommet mai—august har man praktisk talt en sammenhengende flom-

situasjon og vannkvaliteten er i dette tidsrom i stor grad preget av erosjonsprodukter fra isbreområdene. Det er først og fremst Bøvra som er årsak til denne partikulære materialtransport. En stor del av isbreene her ligger i gabbroide bergartsområder som bl.a. inneholder det fosforholdige mineralet apatitt. Det er en god korrelasjon mellom vannets innhold av partikler og fosfor. Fosforet er imidlertid bundet til partiklene på en slik måte at det er umiddelbart lite tilgjengelig for algevekst. Etter hvert som vannmassene beveger seg nedover vassdraget vil det grøvere materialet sedimentere. Undersøkelsene har vist at partikkeltransporten som gir vannet en grønn farge på grunn av lysbrytning (altså et optisk fenomen), strømmer gjennom Vågåvatn i de øvre lag. Dvs. at det lite utviklede sprangsjikt i Vågåvatn er tilstrekkelig hinder for at disse partikler synker til bunns. Det er en kjent sak fra fellings- og kolloidkjemien at slike partikler har evnen til å binde til seg andre komponenter f.eks. fosfor. Dette er også tilfelle med breslammet som transporteres nedover Otta- og Lågenvassdraget. Det vil imidlertid alltid innstilles en likevekt mellom fosforkonsentrasjonen i vannet og fosforet som er adsorbent på partiklenes overflate. Fosfat kan derfor resorberes fra partiklene hvis konsentrasjonen i vannet minker. Dette skjer ved planteproduksjon, og på den måte kan alger tilgodegjøre seg ihvertfall en del av de adsorberte fosfatene i en partikkelsuspensjon ved å ta opp fosfat fra vannet.

Partiklene i seg selv reduserer lys-

tilgangen i vannet. Da lys er nødvendig for plantevekst, vil slamtransporten på den måten nedsette produksjonen av planter, alger o.l. Videre representerer partikkelene en viss slipeeffekt som også reduserer vekstvilkårene for fastsittende alger og andre organismer. Det er således ikke tvil om at den store partikkeltransporten om sommeren reduserer begroingsutviklingen i vassdraget. Både in situ-observasjoner og eksperimentelle undersøkelser har vist dette.

Ved regulering av Leira som er en bielv til Bøvra, vil over halvparten av de isbreområder som nå bidrar med erosjonsprodukter til vannmassene, bli ført over til Høydalsvannet, hvor vannmassene blir lagret til høsten og vinteren.

Dette vil altså medføre at slamtransporten i Otta og Lågen om sommeren blir mindre etter reguleringen enn før, og dette vil i følge det som er nevnt ovenfor bidra til en økt biologisk aktivitet (bedre lystilgang, mindre slipingseffekt, svakere fosforfelling).

Dessuten vil man etter reguleringer måtte forvente en viss slamtransport om vinteren. Dette kan medføre bl.a. praktiske ulemper ved drikkevannsforsyning o.l., særlig i de nordligste områder.

### *Kjemi.*

Det er til dels store variasjoner i de kjemiske parametre over året. På enkelte strekninger varierer konsentrasjonen omvendt proporsjonalt med vannføringen, mens det i andre tilfeller skjer en økning i konsentrasjonen når vannføringen øker. Dette

har sammenheng med den partikulære materialtransport, utvaskingsfenomen osv. Spesielt kan konsentrasjonene på enkelte strekninger være høye under lavvannsføring om vinteren.

At høyfjellsvannet i vesentlig grad holdes tilbake i sommerhalvåret og slippes på om vinteren vil kunne medføre endringer i vannets kjemiske sammensetning. Data om grunnvannets både kvantitative og kvalitative rolle i denne sammenheng er mangelfull, og dette vanskeliggjør vurderingen om hvilke endringer i de kjemiske forhold en kan vente seg ved reguleringen.

Vannkvaliteten i Øvre Otta vil bli preget av «lavlandsavrenningen», uansett alternativ. Her vil elvevannets grunnvannsandel bli betydelig større. Dessuten vil konsentrasjonen av forureningskomponenter måtte øke. Jordbruksavrenningen vil her som andre steder gjøre seg sterkest gjeldende om sommeren. Det foreliggende observasjonsmaterialet viser at man her ved den vannføring som er foreslått, vil få liten tilfredsstillende vannkvalitet både med tanke på praktisk bruk og biologisk respons.

Videre nedover vassdraget vil vintervannføringen ved vest-alternativet bli en smule lavere enn i dag. I og ved reguleringstiltaket vil vannets kjemiske kvalitet endres.

Ved øst-alternativet vil midlere vintervannføring øke med en 70—80 m<sup>3</sup>/s mot hva den er i dag. På strekningen Eidefoss—Harpefoss vil dette alternativ medføre en radikal minskning i vannføringen.

Sommervannføringen blir ca. 100 m<sup>3</sup>/s lavere enn nå i Lågen ved

Losna. Kvalitetsforholdene vil også da endres. Men man burde bl.a. ved rensetekniske innretninger kunne opprettholde en brukbar vannkvalitet til de fleste formål kjemisk sett på de partier hvor vannføringen ikke reduseres radikalt. Dette gjelder begge alternativer.

#### *Temperatur.*

Vannets temperatur er av stor praktisk interesse og av stor betydning for de biologiske forhold i vassdraget. Avsmeltingsvannet fra isbre og høyfjellsområdet har opprinnelig en meget lav temperatur, men etter hvert som vannet strømmer nedover i vassdraget, vil temperaturen selvfølgelig stige. Særlig i områder hvor vannet passerer innsjøer, som f.eks. Vågåvatn, Losna m.fl. kan vannet bli betydelig oppvarmet. Mens vannet ved utløpet av Bøvra har en temp. på 7—8° C om sommeren, har utløpsvannet fra Vågåvatn på samme tid en temperatur på 12—14° C. Den lave temperatur i tilløpsvannet medfører bl.a. at gjennomstrømningen foregår i dypere lag av innsjøen, der hvor temperaturen ligger i det samme området. Det er imidlertid innsjøens overflatelag som renner av, og der er vannet selvsagt noe varmere enn dypere ned. Vannets oppholdstid i Vågåvatn medfører bl.a. at Otta-vannet ved Otta er en tanke varmere enn Lågenvannet ved samløp Otta—Lågen. Etterhvert som vannmassene strømmer videre nedover gjennom elvemagasiner som Losna, Øyerfjorden, Hunderdammen o.l., vil det bli ytterligere varmet opp. Ved innløpet til Mjøsa har likevel Lågen normalt en noe lavere temperatur enn den

man finner i Mjøsas overflate. Det normale vil derfor være at Lågen strømmer og blander seg inn i Mjøsa et stykke under overflaten, men dette er avhengig av vindforholdene.

Ut fra enkle teoretiske betraktninger må man vente at i hvert fall på enkelte avsnitt vil det bli endringer i temperaturforholdene i kortere eller lengre perioder ved reguleringsinngrepet. Varmetilførslen til en vannmasse er nemlig avhengig av dennes størrelse, overflate o.l. Øvre Otta f.eks. er inntil nå i stor utstrekning blitt matet med vann fra høyfjellsområder. Når dette vannet blir tatt bort, slik at den lille vannmengden, som tilføres, består av «lavlandsvann» samtidig som man bygger terskeldammer som bidrar til å øke vannoverflaten i forhold til volumet, må nødvendigvis temperaturen om sommeren bli betydelig høyere enn den er i dag. Konsekvensene av dette må bli at selv om man bortleder forurensningene fra dette området, må man som følge av temperaturøkning, vente en livlig biologisk aktivitet med f.eks. begroinger nedstrøms terskeldammer o.l. Terskeldammene vil også tjene som akkumuleringsfeller for tilførsler av forurensninger fra jordbruk, diffuse overfl. tilførsler o.l. Det synes derfor nødvendig å opprettholde en viss minstevannføring på elvestrekningen, skal ikke de almene sjenanser bli for store.

Denne elvestrekning ligger i Norges nedbørfattigste område, hvor for-dunstningen er av samme størrelsesorden som nedbøren, og en kan derfor i hvert fall ikke om sommeren regne med noe større tilslag fra det lokale nedbørfelt.

## Biologi.

Når det gjelder de biologiske forhold, er det bl.a. to fenomen som spesielt skal nevnes. På sensommeren og høsten er det en masseutvikling av en fastsittende kiselalge *Dydimosphenia* i Gudbrandsdalslågen. Det er særlig i de nedre deler av elva — nedstrøm Vinstra — at denne algen gjør seg mest gjeldende. Siste høst danner den på sine steder et tykt slimaktig belegg som dekket store deler av elvebunnen, og som bl.a. må ha stor betydning for fiskens gyte- og oppvekstmuligheter. Det andre fenomen er masseutvikling av algen *Hydrurus*. På senvinteren og vårparten, og på steder hvor strømforholdene er gunstige, som f.eks. ved Kvam og ved Tretten, danner den frodige vegetasjonsmatter som senere, når vannføringen stiger, blir slitt løs og transportert nedover i vassdraget. Selv om disse algene ikke er noen indikatorarter på forurensninger, er det liten tvil om at den masseutviklingen som foreligger, hadde sammenheng med tilførsel av næringsstoffer — først og fremst fosfor. Algetestforsøk har nemlig vist at fosforet er den begrensende faktor for algevekst i Lågenvassdraget.

Når det gjelder andre begroingsorganismer, kan det nevnes at det på sine steder som f.eks. ved utløpet av Vågåvatn og en rekke tilsvarende steder av og til kan være betydelige mengder med grønnalger. Dette har først og fremst sammenheng med innsjøeffekt (til sine tider høyere og jevnere temp., større tilgang på næringsstoffer). I Vassdragets øvre deler er det først og fremst mosearter som dominerer vegetasjonsbildet.

Bunnfaunaen, altså dyreorganismer, preges av rentvannsarter i de øverste deler av vassdraget, men etter hvert som vi kommer nedover — nedenfor Vinstra, blir det stadig større innslag av arter som foretrekker bunn med algevegetasjon. Dette har betydning bl.a. for fiskeforholdene. I de øvre deler av vassdraget er aure og harr de mest dominerende fiskearter, men etterhvert som vi beveger oss nedover forandrer næringsorganismenes artssammensetning seg, og de mer edlere fiskearter vil lettere bli utkonkurrert av arter som abbor, mort og gullbust. Dette er kjengjerninger som er klart dokumentert ved fiskeribiologiske undersøkelser i vassdraget. Imidlertid er det nødvendig å ta hensyn til til fiskens vandringspraksis, vannets temperatur o.l. i denne sammenheng.

At vannet på lange strekninger føres gjennom tunneler, vil bl.a. medføre visse temperaturendringer — f.eks. temperaturstigninger om vinteren. Det kan i denne sammenheng nevnes at meget små temperaturendringer om vinteren kan medføre betydelige endringer i den biologiske aktivitet. Økt vannstand vil på strekninger medføre at vekstflaten blir større, dessuten vil større områder bli isfrie. Dette kan øke den totale produksjon. Økt begroing vil medføre at f.eks. bunnfaunasamfunnene kan endre karakter — noe som igjen kan medføre endringer både for fiskens produksjon og for fiskefaunaens artssammensetning.

Ved siden av at en stor algeproduksjon endrer økosystemet vil den når algene (begroingene) slites løs og transporteres ned i Mjøsa, represen-

tere et bidrag hva organisk stoff angår.

Vassdraget får som nevnt i dag stor tilførsel av forurensninger, og vannet er ikke skikket som drikkevann uten betydelig rensing. Lågens vannkvalitet er altså i dag ikke tilfredsstillende for de mangeartede bruksinteresser som knytter seg til vassdraget, og en oppryddingsaksjon hva forurensningstilførsler angår er nødvendig. Forurensningstilførslene til Lågen transporteres videre ned til Mjøsa, og vil der yte sitt bidrag til den forurensningssituasjon man har i denne innsjøen.

Reguleringen må selvfølgelig ha betydning for forholdene i Mjøsa både hva de fysiske, kjemiske og biologiske forhold angår. De to alternativer vil antakelig ha omtrent samme virkning om sommeren, mens vinterforholdene vil bli forskjellige.

Under flomsituasjoner kan vannstanden i Mjøsa stige flere meter i løpet av noen få dager. Da blir overflatelagene tilført relativt rent vann fra Lågen som i liten grad stimulerte algeveksten. Når vannføringen i Lågen er liten, er oftest algeveksten betydelig, særlig i de nordlige deler av Mjøsa.

Ved at vanntilførslen til Mjøsa via Lågen minker (Vest-alternativet), blir overflatevannets næringssaltkonsentrasjon større. Mjøsas nærområder er nemlig av størst betydning i forurensningssammenheng for innsjøen. Mens Mjøsaelvene har en midlere fosforkonsentrasjon på ca. 40  $\mu\text{g P/l}$ , er den midlere fosforkonsentrasjonen i Lågen  $< 10 \mu\text{g P/l}$ . Man reduserer altså tilførslene av høyfjellsvann som man trenger som fortyn-

ningsvann. Rensetiltak vil selvsagt rette på dette forhold i hvert fall i noen grad. Det er selvsagt vanskelig å kvantifisere den biologiske respons som stimuleres av økningen i næringssaltkonsentrasjonene.

Ved øst-alternativet vil den teoretiske oppholdstiden for vannet i Mjøsa bli den samme som i dag, men man får større tilførsel av vann om vinteren og mindre om sommeren. Dvs. at man om sommeren får tilført mindre fortynningsvann, slik at næringssaltinnholdet i overflaten øker i forhold til nå.

Dette må nødvendigvis også i noen grad stimulere produksjonen, spesielt i den nordlige del av Mjøsa. Populært kan man si det slik at øst-alternativet medfører at man får en større tilførsel av vann i perioder man mindre trenger det, mens i perioder når algeveksten er på det høyeste, er vannføringen betydelig lavere. Av den grunn blir næringsstoffkonsentrasjonene høyere — noe som igjen må virke inn på algeveksten. Teoretisk må temperaturen også i noen grad måtte stige ved endrede vannføringsforhold, ikke minst p.g.a. at strømningsmønsteret i Mjøsa vil bli endret. Her er det selvsagt nødvendig å ta hensyn til de klimatiske forhold, vindstrømmer osv.

De områder som blir sterkest berørt fiskerimessig sett, er i første rekke reguleringsmagasinene og elveavsnitt med radikal reduksjon i vannføringen. I innsjøer som Torsvatn, Liavatn, Høydalsvatn, Dalevatn osv. som i dag er gode fiskevann, vil fiskeforholdene iflg. fiskerikonsulenten for Østlandet bli sterkt berørt av reguleringen.



## 6. Konkluderende momenter.

1. Gudbrandsdalslågen er i dag markert forurenset, spesielt i de nedre deler, og avløpsforholdene må sannes før forholdene blir tilfredsstillende for de mangeartede bruksinteresser som knytter seg til vassdraget.
2. Reguleringsinngrepet vil forsterke forurensningseffekten særlig på de deler av vassdraget som blir sterkest berørt.
3. Endringer av de fysisk-kjemiske forhold samt i materialtransport vil medføre fare for økt begroing.
4. På de sterkest berørte elveavsnitt må det opprettholdes akseptable minstevannføringer. Eventuelle rens tiltak og utvikling i nedbørfeltet må tas med i betraktningen ved slike vurderinger og beregninger.
5. Reguleringsinngrepet vil stimulere eutrofiutviklingen i Mjøsa. Det er selvsagt vanskelig å differensiere mellom alle de aktiviteter som virker i samme retning: kloakkutslipp — jordbruksavrenning — industriutslipp — reguleringsvirkninger — klimatiske endringer osv. Men på grunn av belastningstall, vannføringsdata og observasjonsmateriale, er det mulig å gi visse informasjoner i denne sammenheng, men her trengs ytterligere observasjonsmateriale.
6. Ved et så stort naturinngrep som dette, må det etableres et kontinuerlig overvåkingsopplegg, slik at det gis muligheter til å følge med utviklingen i vassdragene både på grunn av reguleringsinngrepet og på grunn av de rens tekniske tiltak som man må anta vil komme.