

O-151/73

GUDBRANDSDALSVASSDRAGET,

MJØSA, VORMA

Resipientundersøkelser

i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer

1974 - 1975

B. Sammendrag og konklusjoner

Blindern, oktober 1975.

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan

Medarbeidere:

Cand.real. Rolf Tore Arnesen
Cand.real. Pål Brettum
Ingeniør Brynjar Hals
Siv.ing. Torodd Hauger
Fil.cand. Gösta Kjellberg
Cand.mag. Sverre Kolstad
Kjemiker Josef Kotai

Fil.cand. Torsten Källqvist
Siv.ing. Oddvar Lindholm
Cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm
Cand.real. Leif Malme
Tekniker Ole Nashaug
Cand.real. Olav Skulberg

FORORD TIL SAMMENDRAGSUTGAVEN

Rapporten foreligger i to utgaver, nemlig:

O - 151/73

Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå.
Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte
vassdragsreguleringer.

1974 - 1975

A. Resultater og vurderinger.

O - 151/73

Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå.
Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte
vassdragsreguleringer.

1974 - 1975

B. Sammendrag og konklusjoner.

Denne utgave inneholder sammendrag og konklusjoner av de undersøkelser Norsk institutt for vannforskning har utført i forbindelse med reguleringer i Jotunheimen. Observasjonsmaterialet og den fulle rapport utgis i utgave A.

Det er antatt at sammendraget i denne utgave (B) vil være en tilfredsstillende fremstilling for de fleste personer og institusjoner som blir berørt av de foreslåtte inngrep. Den fullstendige rapport kan etter avtale, stilles til disposisjon for dem som ønsker å studere de praktiske og faglige detaljer i arbeidet. For vurdering av det metodiske og faglige grunnlag for konklusjonene, anser vi et studium av hovedrapporten for nødvendig.

Blindern, 9. oktober 1975

Hans Holtan

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side |
|--|------|
| 1. INNLEDNING | 2 |
| 2. UNDERSØKELSESONRÅDE OG ARBEIDSOPPLEGG | 3 |
| 3. AREALFORDELING, BEFOLKNING OG AKTIVITETSVOLUM | 7 |
| 4. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD | 7 |
| 5. VASSDRAGSTILSTAND I DAG | 9 |
| 5.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet | 9 |
| 5.2 Biologiske forhold | 9 |
| 6. REGULERINGSINNGREPETS BETYDNING FOR FORURENSNINGSTILSTANDEN I VASSDRAGET | 20 |
| 7. MINSTEVANNFØRING | 23 |
| 8. VANNFØRINGSVARIASJONER | 28 |
| 9. FORTSATTE UNDERSØKELSER | 28 |
| 10. KONKLUSJON | 29 |

TABELLFORTEGNELSE

| | |
|---|----|
| Tab. 1. Oversikt over vannføringsforholdene i Otta-Lågen før og etter regulering (etter Statskraftverkene 1973) | 5 |
| Tab. 2. Otta-Lågen, Mjøsa, Vorma og Glåma. Noen fysisk-kjemiske observasjoner. Middelerverdier 1974 | 10 |

FIGURFORTEGNELSE

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Jotunheimen. Østlige vassdrag utbygd mot øst. Øvre Otta mot vest. (Etter Statskraftverkene 1973) | 4 |
| Fig. 2. Undersøkelsesopplegg (fremdriftsplan) og prøvetakingsstasjoner ved undersøkelsen i 1974/1975 | 6 |
| Fig. 3. Situasjonsbilde av Lågenvassdraget. Påvirkningsgrad og produksjonsforhold 1972-1974 | 16 |

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Statskraftverkene, NVE, har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utført en undersøkelse og vurdering av Otta-Lågen-Mjøsa-Vorma-vassdraget med sikte på å belyse betydningen av kraftutbygging i vassdraget for vannkvalitet, forurensningsutvikling og resipientinteresser. Det er den endelige rapport som herved legges frem.

Forhistorien er i grove trekk følgende:

- | | |
|-------------------|--|
| 1970 | Befaring med innsamling av prøver etter oppdrag av Statskraftverkene. |
| 1972 | Undersøkelse av Vågåvatn med tilgrensende vassdrag etter oppdrag av Statskraftverkene. |
| Sept. 1973 | Henvendelse fra Miljøverndepartementet om å vurdere virkningen på det berørte vassdragssystem av en eventuell kraftutbygging i Jotunheimen. |
| Des. 1973 | Statskraftverkene la frem planer (søknad) i 2 alternativer (fig. 1) for utbygging av vassdrag i Jotunheimen. |
| 24.jan. 1974 | NIVA oversendte forslag til undersøkelsesprogram til Miljøverndepartementet. Dette programforslag ble av Miljøverndepartementet videresendt til Statskraftverkene. |
| 30. april 1974 | Statskraftverkene ga NIVA i oppdrag å utføre undersøkelser. |

Programforslaget til NIVA av 22. januar 1974 ble utarbeidet på grunnlag av kjennskap til vassdraget fra andre undersøkelser, spesielt

1. Utredningen fra Østlandskomiteén 1967.
2. Mjøsuundersøkelsen som tok til i 1971.
3. Tidligere undersøkelse for Statskraftverkene (1970, 1972).

I forbindelse med planlegging av undersøkelsen ble det holdt et orienterende møte i Statskraftverkene 17. april 1974, og et praktisk arbeidsprogram for gjennomføringen av oppdraget er datert 2. juli 1974.

Feltarbeidet tok til i april 1974 og ble avsluttet i mai 1975 (fremdriftsplan er forøvrig illustrert i fig. 2).

Denne rapport er utarbeidet på grunnlag av observasjonsresultatene fra 1974 - 1975 så vel som resultatene av tidligere undersøkelser.

2. UNDERSØKELSE SOMRÅDE OG ARBEIDSOPPLEGG

Statskraftverkene har lagt frem sine utbyggingsplaner for Jotunheimen i to hovedalternativer (fig. 1). Øst mot vest-alternativet går ut på at avrenningsvannet fra et høyfjellsareal på vel 1.000 km² skal samles til et hovedbasseng - Raudalsvatn - hvorfra vannet skal føres i tunnel til Fåbergstøl pumpekraftstasjon øverst i Jostedalen. Ved øst mot øst-alternativet skal også Raudalsvatnet tjene som hovedmagasin hvorfra vannet føres i tunnel til Ånstad kraftstasjon i Skjåk. Ved begge alternativer skal vann fra de høyere deler av Bøvrås nedbørfelt føres østover til et kraftverk ved Ottavatn (hhv. Bøvri kraftstasjon og Ånstad kraftstasjon). Øst mot øst-alternativet medfører dessuten en tunneloverføring av Otta ved Eidefoss til Harpefoss i Gudbrandsdalslågen. Hvilken virkning dette har på vannføringsforholdene i vassdraget, går i noen grad frem av tabell 1.

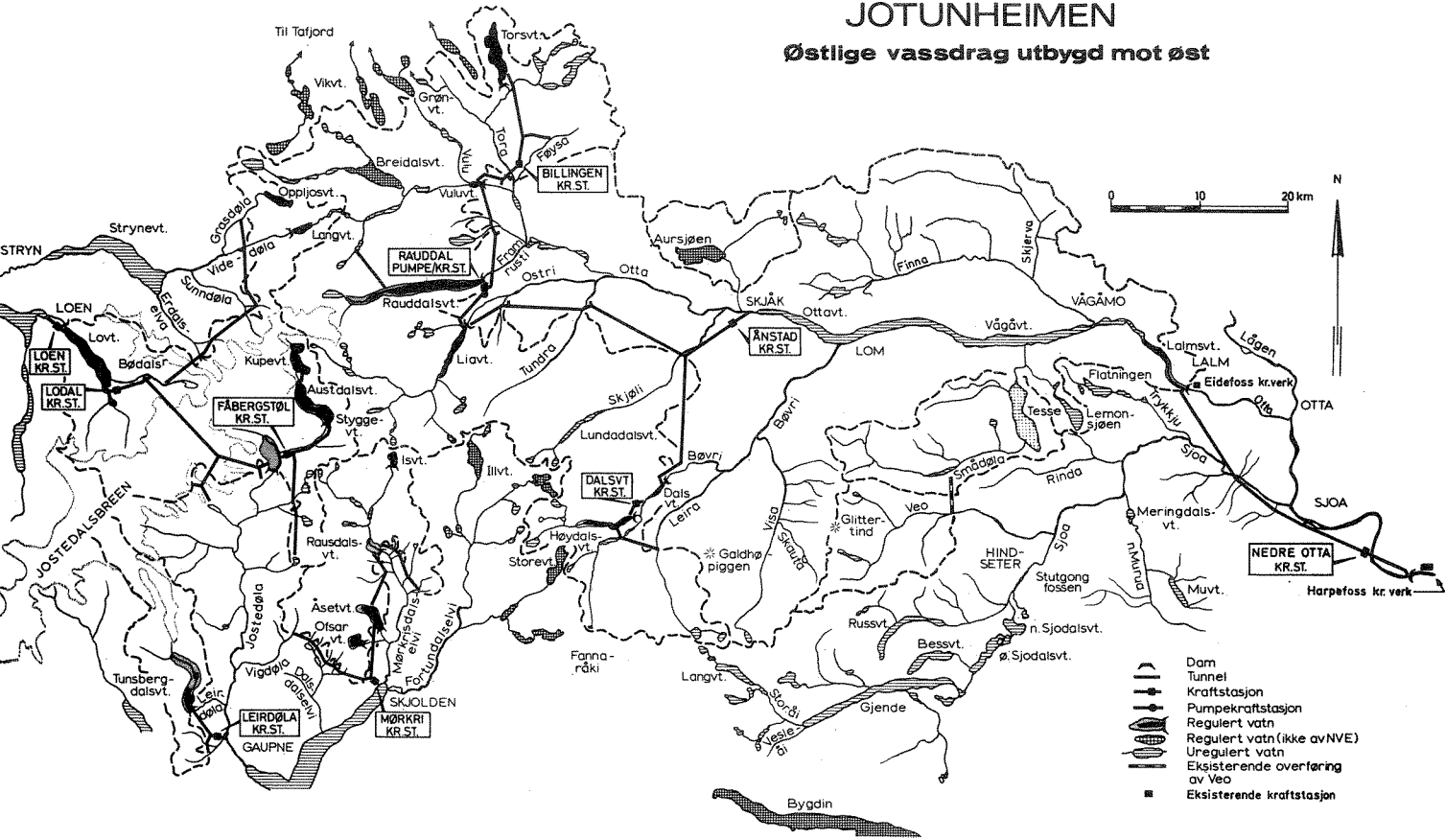
NIVA's oppdrag har gått ut på å utrede eventuelle virkninger av disse inngrep på vassdrag på østsiden av Jotunheimen. For å kunne skaffe bakgrunnsmateriale for slike vurderinger er det i tidsrommet april 1974 til april/mai 1975 foretatt både fysisk-kjemiske og biologisk/bakteriologiske undersøkelser i Otta og Gudbrandsdalslågen. De foreløbige resultater av Mjøsendersøkelsen er i vesentlig grad lagt til grunn for vurdering av eventuelle virkninger på Mjøsa og vassdraget nedstrøms.

Det ble i undersøkelsesperioden rutinemessig samlet inn prøver fra vel 20 stasjoner i Otta-Lågenvassdraget. De bakteriologiske forhold er undersøkt ved 4 anledninger. Det biologiske observasjonsmateriale ble samlet inn ved en rekke befaringer langs vassdraget. Det er kontinuerlig fremskaffet informasjon om den partikulære materialtransport (1973-1974) ved såkalte sestonundersøkelser. For å belyse de biologiske (økologiske) problemer ytterligere er det foretatt visse eksperimentelle undersøkelser både i felten og på laboratoriet. Resultater fra tidligere undersøkelser har også vært av stor betydning i denne sammenheng. Iskontoret, Hydrologisk avd. i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (VHI) har foretatt undersøkelser av temperaturforholdene i Otta - Lågenvassdraget og i Mjøsa. Resultatene er fremlagt i tabells form og kommentert i VHI's notat av 6. august d.å. og i tidligere notater (fig. 2).

Fig.1

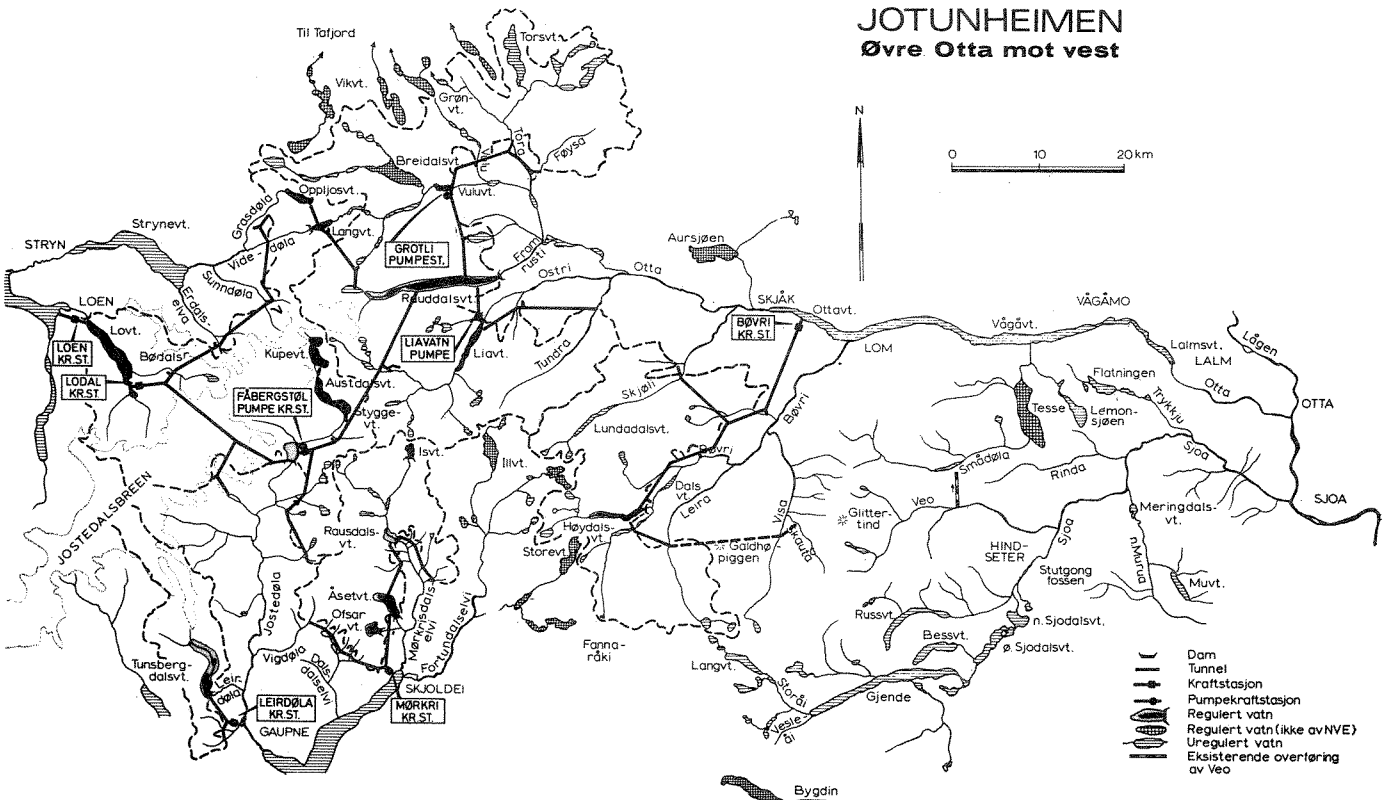
JOTUNHEIMEN

Østlige vassdrag utbygd mot øst



JOTUNHEIMEN

Øvre Otta mot vest



Tabell 1. Oversikt over vannføringsforholdene i Otta - Lågen før og etter regulering.
(etter Statkraftverkene 1973).

Å = året. V = vinter (1. oktober - 30. april). S = sommer (1. mai - 30. september).

"I dag" = vannføring med de eksisterende reguleringer.

| Elv | Sted | Naturlig vannføring | | | I dag | | | Etter utbygging | | | | | | | |
|-------|------------------------|---------------------|----|-----|-------|-----|-----|-----------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|----------|---------|
| | | A | V | S | A | V | S | Å r e t | | V i n t e r | | S o m m e r | | | |
| | | | | | | | | Mot vest | Mot øst | Mot vest | Mot øst | Mot vest | Mot øst | Mot vest | Mot øst |
| Otta | Etter samløp med Ostri | 51 | 12 | 105 | 50 | 25 | 92 | 6,2 | 4,3 | 1,5 | 1,0 | 13 | 8,9 | | |
| Otta | Før Anstad Kraftst. | 63 | 15 | 129 | 62 | 29 | 106 | 11 | 9,3 | 5 | 4,6 | 21 | 16 | | |
| Otta | Etter Anstad Kraftst. | 63 | 15 | 129 | 62 | 29 | 106 | 11 | 74 | 5 | 86 | 21 | 58 | | |
| Otta | Ved Lalm | 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 | Etter samløp med Otta | 147 | 35 | 301 | 150 | 56 | 279 | 103 | 40 | 46 | 15 | 183 | 75 | | |
| Lågen | Før samløp med Sjøa | 148 | 36 | 303 | 151 | 56 | 281 | 104 | 41 | 46 | 15 | 105 | 76 | | |
| Lågen | Etter samløp med Sjøa | 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 | | |

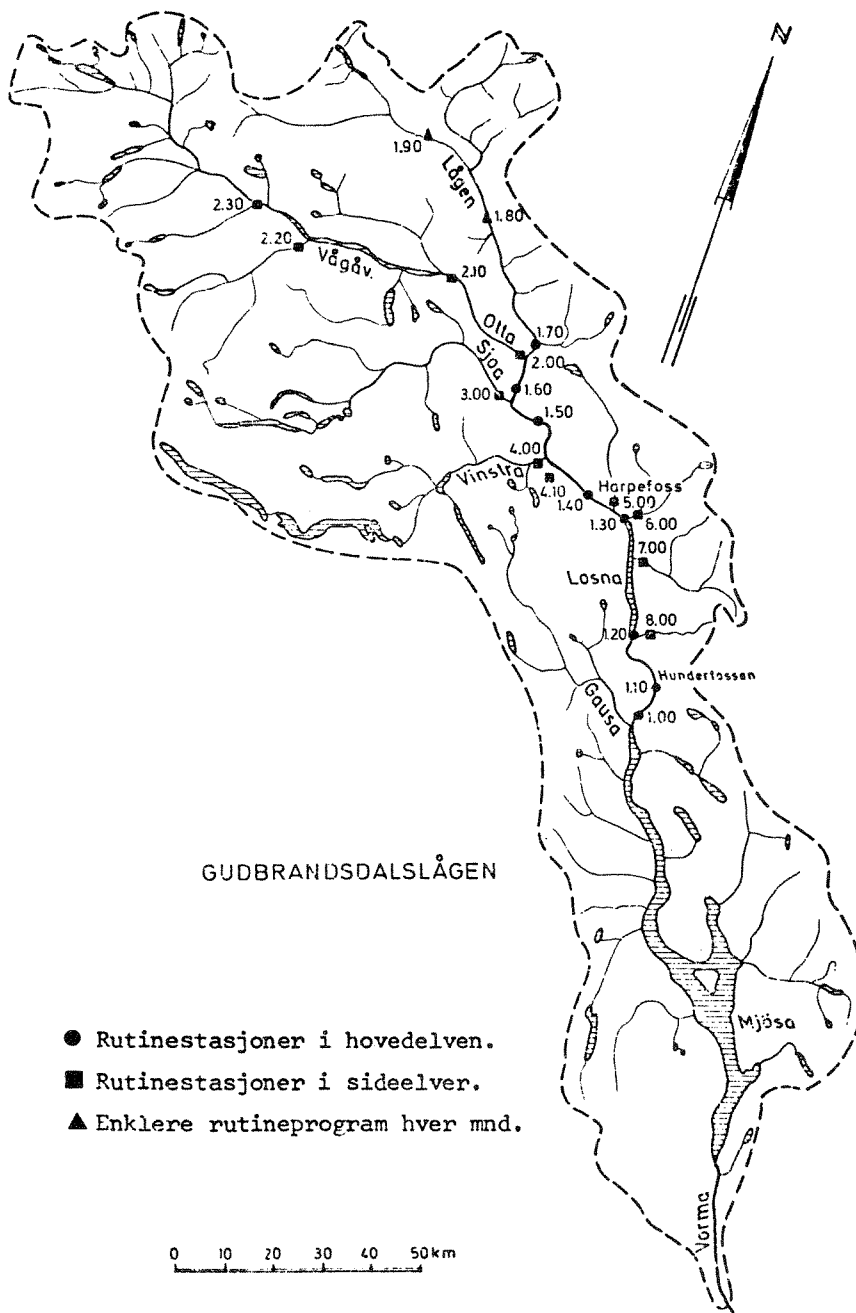
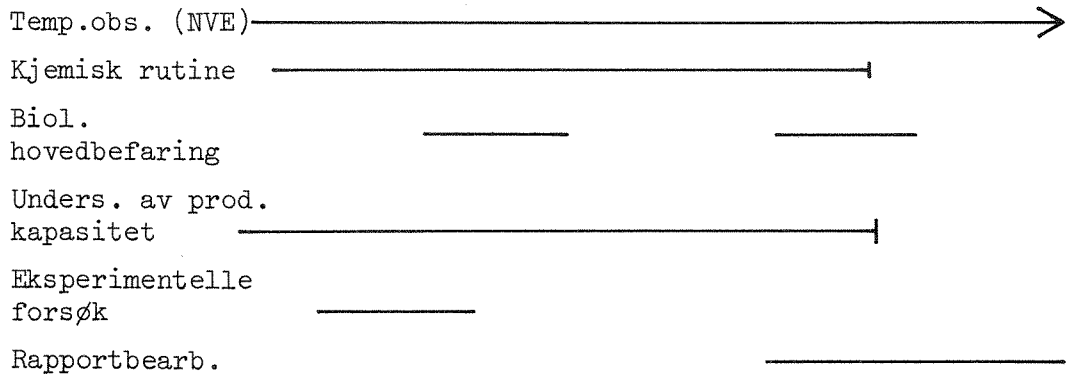
Fig. 2

Undersøkelseopplegg (fremdriftsplan) og prøvetakingsstasjoner ved undersøkelsen i Gudbrandsdalsvassdraget 1974/1975.

1974.

1975.

M J J A S O N D J F M A M J J A S



3. AREALFORDDELING, BEFOLKNING OG AKTIVITETSVOLUM

I nedbørfeltet til Lågenvassdraget som er på 11.500 km² hvorav 223 km² (2%) dyrket mark, bor det knapt 40.000 mennesker. Industriaktiviteten består av meierier, slakteri, sagbruk, sponplatefabrikk o.l. Både jordbruksarealer, bosetning og industrivirksomhet ligger som regel kloss opp til vassdraget - noe som har stor betydning i forurensningsmessig sammenheng.

I Mjøsas nærområder er både bosetting, industri og jordbruksaktiviteter av en helt annen størrelsesorden enn i Gudbrandsdalen. Dette kan best illustreres ved den nåværende næringssaltkonsentrasjonen (fosfor og nitrogen) i tilløpsvannet. Mens den teoretiske konsentrasjonen av fosfor og nitrogen (årsmidler) er henholdsvis ca. 11 µg P/l og ca. 257 µg N/l i Lågen, er de tilsvarende tall for tilsig fra Mjøsas lokale nedbørfelt (nedbørfeltet innenfor området Minnesund-Fåberg) vel 130 µg P/l og 1870 µg N/l. Dette tilsvarer en årstrantransport i Lågen ved Fåberg på ca. 90 tonn fosfor og ca. 1800 tonn nitrogen, mens den totale årstrantransport til Mjøsa er på ca. 330 tonn fosfor og ca. 5000 tonn nitrogen (hvorav ca. 240 tonn P og vel 3000 tonn N stammer fra Mjøsas lokale nedbørfelt).

4. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Lokalt i Lesja og Skjåk-området er nedbørhøyden ekstremt lav - 250 - 300 mm/år - og av samme størrelsesorden som årsfordunstningen i området. Videre nedover dalføret øker nedbøren noe. I fjellområdene både i vest, nord og øst er verdiene for årsnedbøren betydelig høyere (årsmidler på opp mot 1000 mm). Den mest vanlige nedbørhøyde i det resterende felt er fra 400 - 800 mm.

Den naturlige vannføring er i enkelte vassdragsdeler som f.eks. Bøvra, meget lav om vinteren. Om sommeren derimot er det hele tiden relativt høy vannføring med til sine tider markerte flomtopper. Årsaken til dette er variasjon i de klimatiske forhold og snø- og issmelting i høyfjellet. Sistnevnte effekt er av særlig stor betydning for hovedvassdragets vannføring under varme, tørre somrer når vannføringen i ikkebrepåvirkede elver kan være meget lav.

I og med at Otta er den dominerende bielv til Lågen hva vannføring angår, blir hele vassdraget nedstrøms Otta påvirket av forholdene i denne. F.eks. kan nevnes at i 1974 var bidraget fra Otta på årsbasis ca. 75% av den totale vannføring nedstrøms samløp med Lågen. Ca. 60% av Ottas vannmengde på årsbasis kom i perioden juni-august.

De elvestrekninger som blir sterkest berørt ved en eventuell regulering, er Øvre Otta (ovenfor Ottavatn) ved begge alternativer og strekningen Eidefoss - Harpefoss ved et eventuelt øst mot øst-alternativ. Deler av disse strekninger kan i visse situasjoner bli praktisk talt tørrlagt hvis ikke minstevannføringer slippes på. Øst mot øst-alternativet vil forøvrig medføre en økning av den midlere vintervannføring (ved Losna) fra 104 til 176 m³/s, dvs. en økning på vel 70 m³/s. Den midlere sommervannføring vil ved samme sted avta fra 451 til 351 m³/s, dvs. en reduksjon på 100 m³/s. Øst mot vest-alternativet betyr en reduksjon i midlere vintervannføring fra 104 til 94 m³/s. Den midlere sommervannføring vil bli 355 m³/s mot 351 m³/s ved øst mot øst-alternativet.

5. VASSDRAGSTILSTAND I DAG

5.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet

a) Otta og Lågen

Vannet i Otta og Lågen er bløtt, saltfattig og med omtrent nøytral reaksjon (tabell 2). Årsaken til dette er de harde, tungt eroderbare fjellmassivene som utgjør størsteparten av Lågens nedbørfelt. Avrenningsvannet fra de lavereliggende deler, dvs. områdene langs elven og dalsidene, har til sine tider betydelig høyere saltholdighet enn selve hovedelva. Dette har i det vesentlige sammenheng med de kambro-siluriske bergarter som ligger som en såle under de harde bergmassiver og enkelte steder kommer frem i dagen i dalsidene. Disse effekter påvirker vannkvaliteten i en del sideelver samt i Lågen oppstrøms Otta hvor saltholdigheten normalt er noe høyere enn ellers i vassdraget. Forskjellen i tilsigsvannets kvalitet i høyfjellet kontra i dalførene er et vesentlig moment som det må taes hensyn til ved reguleringsinngrep. Resultatet av slike tiltak kan nemlig bli at vannkvaliteten i de mest utsatte elvestrekninger til tider i betydelig grad kan endre karakter når høyfjellsvannet reduseres (jevnfør vannkvalitet i Vinstra elv og avløpsvannet fra Nedre Vinstra kraftverk).

Vannkvaliteten i Otta og Lågen er forøvrig sommerstid (midt- og sensommer) sterkt preget av erosjonsprodukter fra breområdene som gir vannet en grønn farge (optisk fenomen). Denne effekten avtar noe nedover vassdraget mot Mjøsa, men til og med den nordlige del av Mjøsa kan til sine tider være grønnfarget om sommeren.

Næringssaltkonsentrasjonene viser markerte sesongvariasjoner med noe (til dels betydelig) høyere verdier enn ellers under lavvannsføringer og i perioder hvor man kan vente seg betydelige næringssaltbidrag fra f.eks. jordbruksaktiviteter. I perioder med stort tilskudd av høyfjellsvann er konsentrasjonene spesielt lave.

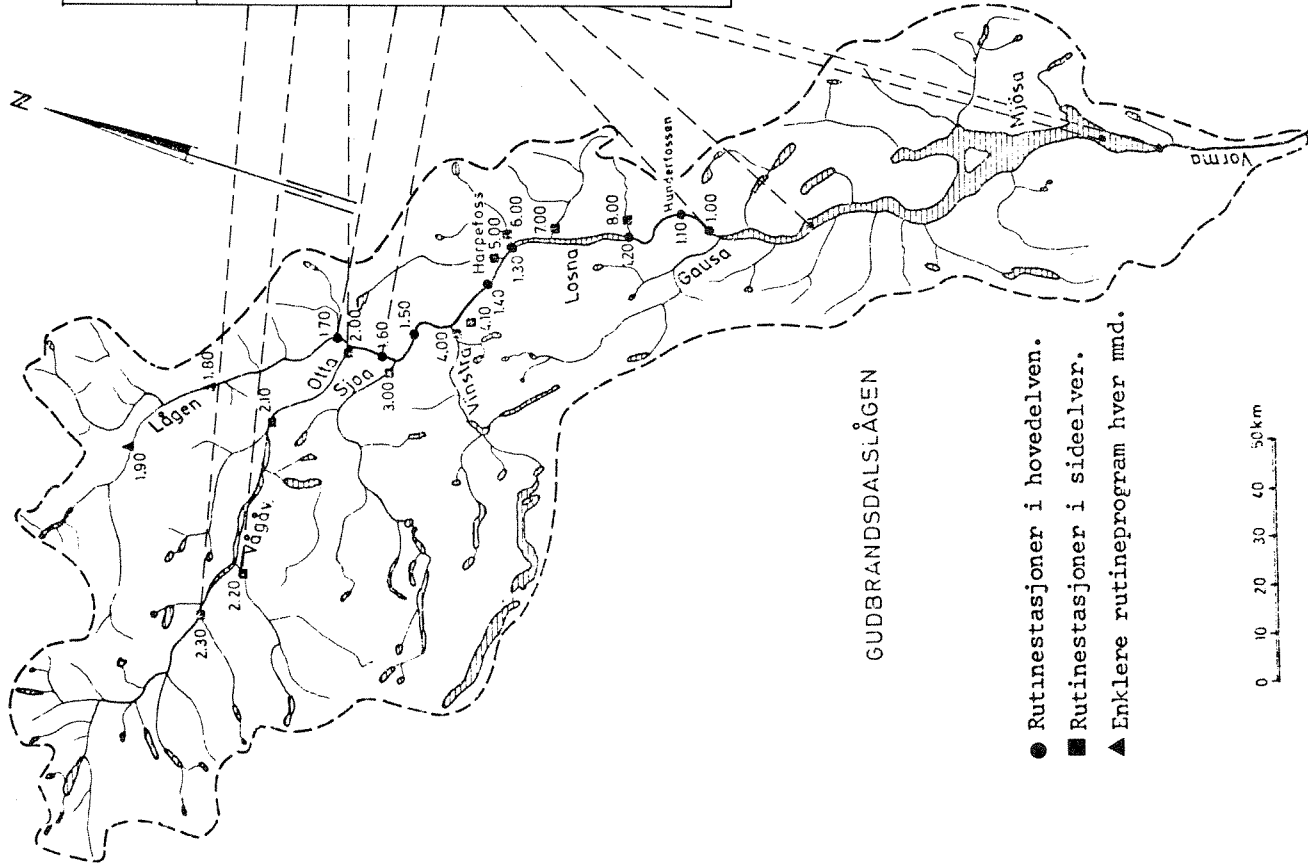
Vannets temperatur i Lågen er generelt lav sommerstid, og den overstiger sjelden 14°C ved Fåberg. I tilløpsvannet til Otta - Vågåvatn overstiger temperaturen sjelden $9-11^{\circ}\text{C}$. Oppvarmingen som skjer nedover vassdraget, har i første rekke sammenheng med tilført strålingsvarme i de stille-

Tabell 2.

Otta - Lågen, Mjøsa, Vorma og Glåma. Noen fysisk-kjemiske observasjoner.
Middelverdier 1974.

| Stasjoner | pH | Kond. µS/cm 20 °C | Turb. JTU | Tot. N µg N/l | Tot. P µg P/l | Tørr- stoff mg/l | Gløde- rest mg/l |
|--------------------------|-----|-------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| Otta v/Ofossen | 6,5 | 13,0 | 0,7 | 118 | 6 | 2,14 | 1,81 |
| Bøvra | 7,0 | 29,9 | 3,0 | 177 | 21 | 10,97 | 10,47 |
| Otta ovenf. Otta sentrum | 6,9 | 20,4 | 1,4 | 141 | 8 | 6,22 | 5,61 |
| Lågen v/Sel | 7,1 | 38,6 | 0,4 | 177 | 14 | 2,90 | 2,39 |
| Lågen ovenf. Sjoa | 7,0 | 24,2 | 0,9 | 153 | 8 | 6,80 | 6,10 |
| Lågen v/Fåberg | 7,0 | 26,6 | 0,5 | 209 | 7 | 1,29 | 0,91 |
| Mjøsa v/Brøttum | 6,9 | 31,8 | 0,3 | 262 | 9 | 0,89 | 0,45 |
| Mjøsa v/Morskogen | 7,0 | 37,5 | 0,2 | 382 | 8 | 0,83 | 0,29 |
| Vorma v/Minnesund | 7,1 | 38,2 | 0,3 | 386 | 8 | 1,10 | 0,67 |
| Glåma v/Bingsfoss | 7,0 | 30,3 | 2,3 | 330 | 10 | 4,00 | 2,95 |

Tabellen viser klart hvordan Otta virker inn på vannkvaliteten i Lågen: Minsker konduktiviteten og fosforkonsentrasjonene, øker turbiditeten og den suspenderte materialtransport (tørrstoff) o.l. Gløderestens (mineralske stoffer) andel av tørrstoffet er relativt sett betydelig høyere ovenfor Mjøsa enn nedenfor. Dette har sammenheng med den biologiske produksjon i Mjøsa. Videre er fosforkonsentrasjonen i Mjøsa (gjennomsnitt for hele Mjøsa 10 µg P/l) markert høyere enn i Lågen v/Fåberg. De høye fosforverdier i Bøvra skyldes apatitt fosfor (breslam).



GUDBRANDSDALSÅGEN

- Rutinestasjoner i hovedelven.
- Rutinestasjoner i sideelver.
- ▲ Enklere rutineprogram hver mmd.



flytende partier. Under høy- og sensommer er temperaturen i Lågen til dels betydelig lavere enn overflatetemperaturen i Mjøsa, mens Lågen-vannet om våren er noe varmere enn Mjøsas vannmasser, og således medfører en viss oppvarming i denne periode. Lågens vannmasser betyr totalt sett en avkjøling av Mjøsas overflatelag (over sprangsjiktet). Avkjølingens størrelse er nøye knyttet sammen med vannføringen i Lågen.

b) Mjøsa og Vorma-systemet

Henimot 80% (på grunnlag av årsmiddel på ca. 250 m³/s) av vannmassene i Mjøsa har teoretisk sett sin opprinnelse i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt. På grunn av de topografiske forhold må disse vannmasser passere innsjøen i hele dens lengderetning, og Mjøsa må derfor, særlig hva de nordlige deler (nord for Gjøvik) angår, betraktes som en gjennomstrømmingssjø. Vannmassenes oppholdstid og strømningsmønsteret er avhengig av mange faktorer, hvorav følgende 3 er av størst betydning:

1. Vannføringen i Lågen.
2. Temperaturen i Lågen kontra i Mjøsa.
3. Vindforholdene i Mjøsa.

Undersøkelser har vist at på grunn av temperaturforholdene ligger gjerne gjennomstrømningskjernen noe i overkant av det termiske sprangsjikt om sommeren. Dette mønster influeres ofte sterkt av vindforholdene. Om vinteren foregår gjennomstrømningen normalt i de øverste lag og betinger ofte et markert termisk sprangsjikt i 15-20 meters dyp. Jordrotasjonen (Coriolikrefter) bevirker at de sydgående strømmer normalt beveger seg langs vestsiden.

I dypere lag har man en nordgående kompensasjonsstrøm. Denne strømmens størrelse og betydning øker med elvens vannføring og dermed med størrelsen av den sydgående strøm. Endringer i vannføringsforholdene i Lågen vil av denne grunn medføre endringer i strømnings- og vannmassenes dynamiske forhold, særlig i den nordlige del av Mjøsa. Dette har bl.a. stor betydning for vannets temperatur, konsentrasjoner av næringssalter o.l. Flomsituasjonene i Lågen med flere flomtopper i løpet av sommeren virker i betydelig grad dempende på veksten av plankton først og fremst i den nordlige del av Mjøsa, men i noen grad også i de sydlige områder.

Vannets kjemiske sammensetning i Mjøsa er i vesentlig grad betinget av området geologiske oppbygging samt menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. På grunn av kalkholdige bergarter rundt Mjøsas sentrale deler fordobles praktisk talt mineralsaltkonsentrasjonene, mens vannet strømmer fra nord mot syd. Likevel må utløpsvannet (Vorma) betraktes som bløtt og saltfattig (tabell 2).

Forurensningstilførslene virker blant annet stimulerende på algeveksten, og det fører til sine tider om sommeren til markert overmetning av oksygen og høye pH-verdier (>9) i det øverste vannsjikt (produksjonslaget). Flere steder har stor algevekst i kombinasjon med betydelig tilførsel av organisk materiale (treforedling, næringsmiddelindustri og boligkloakk) medført markert oksygenforbruk. Rent lokalt har det ført til oksygenfrie tilstander i visse bunnområder. Totalt sett er imidlertid oksygenforholdene i bunnområdene og de dypere partier tilfredsstillende (80-90%).

Næringssaltkonsentrasjonene er under vårsirkulasjonen ca. 10 µg P/l og ca. 400 µg N/l (total fosfor og total nitrogen). Dette er høye tall sammenlignet med andre store norske innsjøer (f.eks. Tyrifjorden ca. 5 µg P/l og ca. 300 µg N/l).

De kjemiske forhold i Mjøsas utløpselv, Vorma, bærer preg av forholdene i innsjøen såvel som av lokale tilførsler.

5.2 Biologiske forhold

a) Otta og Lågen

De biologiske forhold i Lågenvassdraget er, særlig hva organismesamfunnenes sammensetning angår, først og fremst betinget av de naturgitte forhold. Smeltevannet fra høyfjellsområdene (spesielt breavsmelting i Ottavassdraget) som bidrar til høy vannføring og stor transport av erosjonsprodukter (breslam) hele sommeren igjennom, senker produksjonsnivået.

Bosetting, industri, landbruk og annen menneskelig påvirkning i dalføret medfører tilførsel av organisk stoff og næringssalter som fosfor og nitrogen.

Disse stoffer høyner produksjonsgrunnlaget for organismelivet og bidrar til en vesentlig økning av det naturgitte produksjonsnivå. Resultatet av dette er at deler av vassdraget til tross for slameffekten i dag er markert eutrofiert med til sine tider betydelig algebegroing i foss- og stryk-partier. Når denne begroing dør eller løsner fra sitt underlag, representerer den en markert organisk belastning på vassdraget. Algedriften i elvevannet vil under slike perioder medføre en viss sjenanse for utøvelse av fiske ved at garn o.l. får belegg av disse fragmenter og ikke fanger fisk. Utslipp av kloakkvann og lett nedbrytbart organisk stoff kan ved enkelte lokaliteter og til sine tider medføre sjenerende sopp- og bakterievekst.

Områder som er spesielt berørt i denne sammenheng, er de øverste deler av Lågen (Dombås - Lesja), Otta umiddelbart nedenfor Vågåvatn samt Lågen på strekningen nedstrøms Vinstra. Her tiltar denne utvikling markert jo lengre ned i vassdraget man kommer. Foss- og stryk-partiene er mest følsomme i denne sammenheng. Algebegroingen kan på enkelte lokaliteter og til visse tider fullstendig dekke elvebunnen over store områder.

På elvestrekninger hvor algeveksten er mest fremtredende, kan man idag spore visse forandringer når det gjelder den opprinnelige fauna- og florasammensetning. Organismer som foretrekker ren bunn, er mengdemessig redusert, mens mer motstandsdyktige organismer synes å ha økt i antall. Det førstnevnte synes å gjelde for noen av de viktigste næringsorganismer for aure som f.eks. knottlarver og døgnfluelarver. Visse mosearter som normalt er et godt substrat for en rekke av laksefiskenes viktigste næringsdyr, synes også å ha blitt negativt påvirket av økt algevekst. På den andre siden synes kraftig algevekst å begunstige mange arter fjærmygg-larver. Ved siden av algebegroingens omfang og sammensetning er begroingsperiodens varighet viktig i denne sammenheng.

I tillegg til de praktiske problemer som kraftig algevekst medfører (begroing langs bunnen, drift i vannmassene), synes den å stimulere forekomst av mindre verdifulle fiskearter som mort, brasme og abbor (der slike finnes) på bekostning av edlere fiskearter som harr og aure. Her kan bemerkes at de nedre deler av Lågen utgjør et viktig reproduksjonsområde for et flertall av Mjøsas viktigste fiskearter (bl.a. Hunderaure og lågåsild).

Smeltevannet fra breområdene demper i betydelig grad den biologiske respons på tilførte forurensninger så vel som vassdragets produksjonsevne. Det er således karakteristisk at forurensningspåvirkningen biologisk sett er spesielt markert i perioder med lav vannføring og avtakende brevannspåvirkning (sensommer, høst), mens den så vidt kan spores ved stor vannføring.

Dette har for det første sammenheng med at høy vannføring medfører bedre fortynning av tilførte forurensninger selv i varme, tørre somre når vannføringen i ikkebrepåvirkede vassdrag er ekstremt lav. Smeltevannet fra breområdene har lav temperatur, og selv om vannet i betydelig grad blir varmet opp nedover i vassdraget, vil temperaturen likevel være relativt lav (sammenlignet med vassdrag uten smeltevann) - noe som vil virke dempende på den biologiske aktivitet.

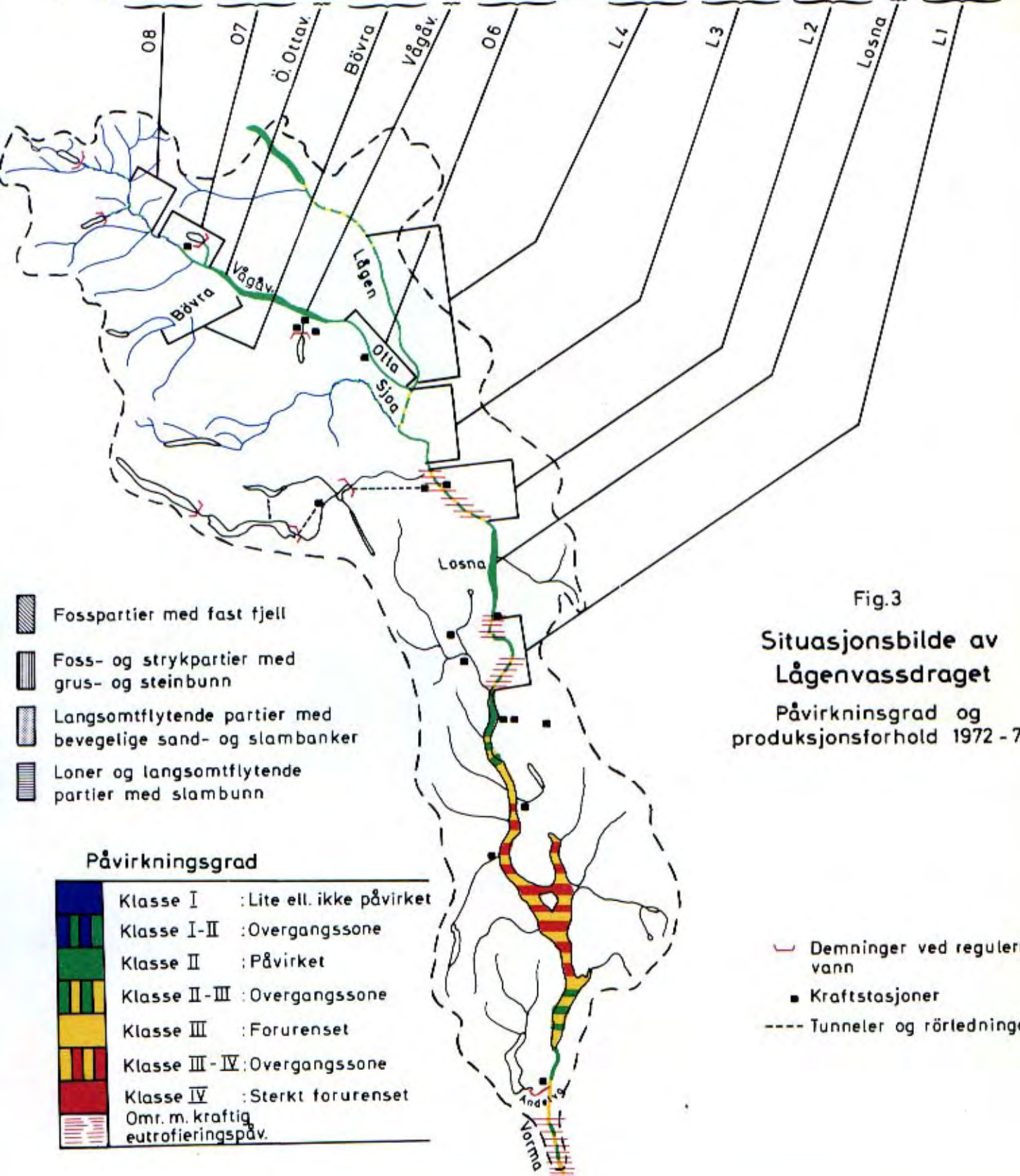
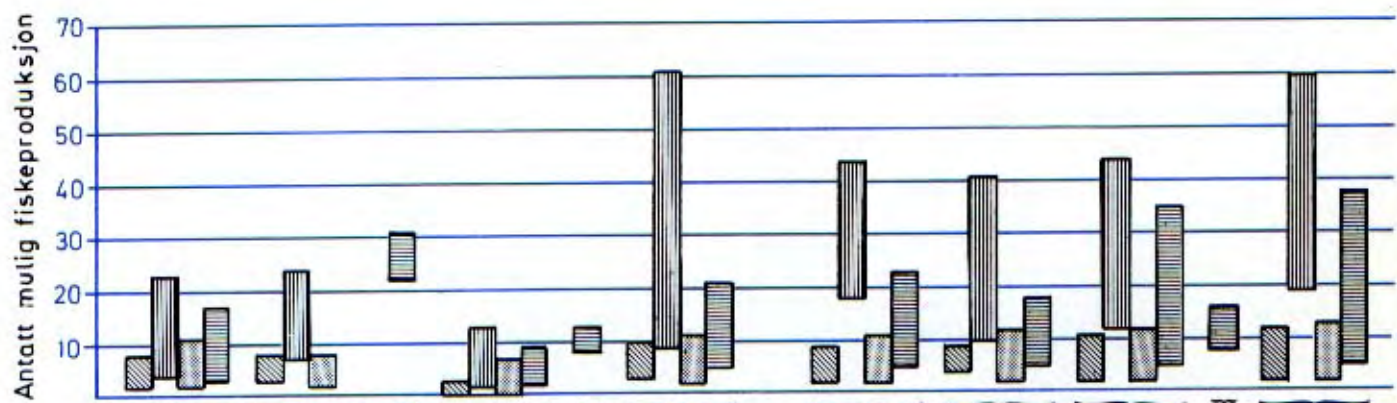
På grunn av isbreavsmelting er Otta og Lågen til sine tider sterkt slamførende (breslam) om sommeren. Slampartiklene har en viss adsorberende evne hva fosfater angår, og dette vil bl.a. gjøre fosfatene mindre tilgjengelig for plantevekst. Plantenes vekstkapasitet nedsettes ytterligere på grunn av at partikkeltransporten medfører dårligere lystilgang og energitilførsel. Slampartiklenes slipeeffekt demper også vekst og produksjonskapasiteten. Endelig vil det spesielt i stilleflytende partier foregå en viss sedimentasjon og dermed overslamming av bunnssubstratet.

Flomtoppene fører til bevegelse og omlagring av sand og grus med utvasking av bunnssubstratet, og dette nedsetter sterkt vekstmulighetene for høyere vegetasjon, moser og storvokste alger. Samtidig blir småvokste alger (kisel-alger) og organismer som krever rene, oksygenrike bunnområder begunstiget.

Tidligere av NIVA utførte undersøkelser (tidsrom 1967-1974, se innledning) av forurensningssituasjonen i Otta- og Lågenvassdraget sett i sammenheng med denne undersøkelse, gir grunn til følgende sammenfattende konklusjon (fig. 3):

1. Avløpsforholdene langs vassdraget er stort sett løst på en tilfeldig måte. En rekke større og mindre utslipp av urensset avløpsvann kan observeres i vannkanten.

2. Den primære forurensningspåvirkning, dvs. sopp og bakterievekst, synes å ha økt i løpet av de siste 6-7 år. Denne påvirkning utgjør dog ikke noe stort problem i dag, selv om det ved lavvannsføringer rent lokalt er uakseptable forhold. Dette gjelder bare for hovedvassdraget, idet flere av de mindre sidevassdrag, i hvert fall til sine tider (siloperioder), er kraftig belastet med organisk stoff, noe som fører til masseutvikling av sopp og bakterievekst.
3. Den sekundære påvirkning (eutrofiering) som var godt synlig på enkelte elveavsnitt i 1967, har økt betydelig i omfang. Spesielt gjelder dette vassdraget nedstrøms Vinstra.
4. Flom og isbrepåvirkning (stor vannføring, lav temperatur og høy partikkeltransport) demper den biologiske produksjon, samtidig som den biologiske responsen på tilførte forurensninger (organisk materiale, næringsalter) også begrenses.
5. Vannet er bakteriologisk sett av en slik kvalitet at det ikke kan brukes som drikkevann for mennesker og dyr uten forutgående rensing.
6. Det er i første rekke kloakkutslipp og avrenning fra jordbruksaktiviteter som er årsak til forurensningssituasjonen, men enkelte industriaktiviteter som f.eks. slakteriet på Otta, visse meieri/ysterier, sponplatefabrikk. o.l., bidrar med en viss belastning. Selv om aktivitetene i Lågendalføret er små sett i forhold til aktivitetene rundt Mjøsa, er de likevel viktige for forholdene i Mjøsa bl.a. på grunn av deres nære beliggenhet til hovedvassdraget.
7. Fosfor er minimumsfaktor (dvs. fosforet vil først bli mangelvare) for begroing og algevekst.
8. Hovedkonklusjon ut fra dagens vassdragstilstand (forurensningstilstand): Både av hensyn til lokale ulemper og til eutrofieringsutviklingen (algevekst) i Mjøsa er det viktig å forsere saneringen av avløpsforholdene langs Lågen (uansett regulering eller ikke regulering).



- Fosspartier med fast fjell
- Foss- og strykpartier med grus- og steinbunn
- Langsomtflytende partier med bevegelige sand- og slambanker
- Loner og langsomtflytende partier med slambunn

Påvirkningsgrad

| | |
|--|------------------------------------|
| | Klasse I : Lite ell. ikke påvirket |
| | Klasse I-II : Overgangssone |
| | Klasse II : Påvirket |
| | Klasse II-III : Overgangssone |
| | Klasse III : Forurenset |
| | Klasse III-IV : Overgangssone |
| | Klasse IV : Sterkt forurenset |
| | Omr. m. kraftig eutrofieringspäv. |

- Fig.3**
Situasjonsbilde av Lågenvassdraget
 Påvirkningsgrad og produksjonsforhold 1972 - 74
- Demninger ved regulerte vann
 - Kraftstasjoner
 - Tunneler og rørledninger

b) Mjøsa - Vorma-systemet

De biologiske forhold i Mjøsa - Vorma-systemet karakteriseres i høy grad av menneskelig påvirkning.

Vannet i Mjøsa er forurenset av bakterier, særlig i overflatelagene og utenfor byer og tettsteder. Vannets bakteriologiske kvalitet i de dypere lag er betydelig bedre. Imidlertid kan heller ikke vann fra Mjøsas dyp-lag brukes til offentlige vannforsyninger uten forutgående rensing og desinfisering.

Også vannet i Vorma-systemet er i bakteriologisk forstand sterkt forurenset, og det kan ikke brukes som drikkevann uten rensing og desinfisering. Lokale utslipp i dette området påvirker de bakteriologiske forhold sterkt.

Stor organisk belastning har ført til oksygen-reduksjon i visse bunnområder. I noen tilfeller er bunnfaunaen helt utslått, mens den i andre tilfeller er endret mot mer motstandsdyktige organismer. Dette gjelder i dag bare lokalt begrensede områder med særlig stor tilførsel av organisk materiale (indre deler av Furnesfjorden, visse strandområder ved Hamar, området utenfor Hunnselvas utløp samt visse dypere partier i den nordligste del). De øvrige deler av Mjøsas bunnområder har stort sett fortsatt gode livsvilkår for faunaen.

Vorma nedstrøms samløpet med Andelva er sterkt belastet med organisk materiale, og her er det til sine tider betydelig soppvekst i bunnområdene.

For Mjøsas vedkommende er imidlertid den alvorligste påvirkning i dag den stadig økende algevekst (eutrofiering). Innsjøen som tidligere hadde oligotroft (liten algevekst) preg, er i løpet av den senere tid blitt stadig mer eutrofiert.

Denne utvikling som synes å ha startet i begynnelsen av 50-årene, var på dette tidspunkt mest markert i de sentrale områder og da særlig i Hamar-regionen - Furnesfjorden. I begynnelsen av 60-årene synes en mer markert og gjennomgripende utvikling å ha gjort seg gjeldende. Algemengden økte betydelig samtidig som det inntraff store forandringer i plankton-

floraens sammensetning. Den senere tids utvikling karakteriseres av mer regional tiltagende algevekst. I dag er eutrofieringen mest fremtredende i Mjøsas sentrale områder (områdene utenfor Gjøvik, Hamar, Furnesfjorden). De nordligste områder og området syd for Tangen er minst berørt.

Hovedårsaken til denne utvikling er en stadig økende tilførsel av nærings-salter (spes. fosfor, som også her er minimumsfaktor). Kommunalt avløpsvann er i første rekke årsak til dette, men industrielt avløpsvann og avrenningsvann fra jordbruksaktiviteter har også stor betydning.

En videre eutrofiutvikling kan medføre alvorlige og i høy grad uønskede konsekvenser av til dels irreversibel natur. Dette gjelder også det nedenforliggende vassdrag.

Blant naturgitte forhold som reduserer og demper eutrofiutviklingen, kan nevnes:

- Liten overflate i forhold til vannvolum og dyp (stor fortynningskapasitet, lange og gjennomgripende sirkulasjonsperioder, sen oppvarming og store oksygenreserver. Innsjøens dybde og utforming medfører liten belastning pr. flateenhet av bunnområdene).
- Innsjøens utforming skaper spesielle og markerte strømningsforhold som ytterligere forsterker fortykningsevnen.
- Stor vannføring i Lågen somerstid (stor fortykningsevne, økt utspyling av alger og nærings-salter fra innsjøen, nedsatt oppvarming av de øverste vannlag, økt turbiditet - nedsatt lystilgang, breslammets adsorpsjonsevne).

Forurensningssituasjonen kan i korthet sammenfattes på følgende måte (fig 3):

1. I overflatelagene har Mjøsa et høyt innhold av bakterier - både coli-forme bakterier og kimtall.
2. I de senere år har det i sommerhalvåret vært betydelig oppblomstring av alger over hele Mjøsa. Maksimalt algevolum i de sentrale partier

ligger omkring $5-6 \text{ mm}^3/\text{l}$. Maksimal algeproduksjon pr. døgn er målt til ca. 1000 mg C/m^2 og årsproduksjonen er beregnet til ca. 50 g C/m^2 som er mer enn det dobbelte av hva som totalt sett tilføres av organisk stoff pr. år.

3. Dyreplanktonet har en annen sammensetning nå enn ved århundreskiftet. Enkelte oligotrofiindikerende arter er forsvunnet, mens andre mer eutrofitilpassede arter er kommet til.
4. Planktonproduksjonen er årsak til et høyt innhold av organisk og partikulært materiale. Til sine tider er tørrstoffinnholdet (partikulært) større enn 3 mg/l i overflatelagene om sommeren. I utpregede eutrofierte (høyeutrofe) innsjøer her i landet (Gjersjøen - Kolbotnvatn) er tørrstoffinnholdet vanligvis $6 - 7 \text{ mg/l}$ i overflatelagene om sommeren. I oligotrofe eller næringsfattige innsjøer er det partikulære tørrstoffinnholdet vanligvis $< 0,2 \text{ mg/l}$.
5. Nedbryting av organisk materiale (tilført og produsert) medfører oksygenvinn i dyplagene. I lokale områder av Mjøsa, som f.eks. syd for Lillehammer (Lillehammer - Moelv) samt innerst i Furnesfjorden, er dette forbruk meget markert i de bunnære vannmasser vinterstid.
6. Rent lokalt er mindre bunnområder totalt oksygenfrie, og høyere organismeliv er her utslått.
7. Middelerdien for vannets innhold av total fosfor og total nitrogen er i Mjøsa henholdsvis ca. $10 \text{ } \mu\text{g P/l}$, og ca. $400 \text{ } \mu\text{g N/l}$. Tilsvarende verdier for lite produktive innsjøer på Østlandet er $< 5 \text{ } \mu\text{g P/l}$ og $< 200 \text{ } \mu\text{g N/l}$.
8. Den årlige fosfortilførselen tilsvarer i dag en fosforbelastning på ca. 1 gram P/m^2 innsjøoverflate. Generelt sett er en vannforekomst truet av en hurtig eutrofiutvikling hvis den årlige fosforbelastning tilsvarer $0,2 - 0,5 \text{ g P/m}^2$ innsjøoverflate.

Man kan vente spesielt alvorlig eutrofiutvikling når belastningen når en størrelse av 1 g P/m^2 innsjøoverflate. Innsjøens dybde og morfologi spiller imidlertid en betydelig rolle i denne sammenheng, idet store og dype innsjøer tåler høyere belastning enn grunne.

6. REGULERINGSINNGREPETS BETYDNING FOR FORURENSNINGSTILSTANDEN I VASSDRAGET

a. Otta og Lågen

Hele det undersøkte vassdragsavsnitt er i dag markert forurenset. Dette kommer til uttrykk både gjennom det fysisk-kjemiske, biologiske og bakteriologiske observasjonsmateriale. Reguleringsinngrepet vil forsterke forurensningspåvirkningen. Spesielt er dette tilfelle på de strekninger hvor vannføringen blir sterkt redusert. På grunn av lavere sommervannføringer vil også forurensningstrykket på de resterende deler av vassdraget bli mer markert etter reguleringen. Forurensningssituasjonen i og langs vassdraget er i dag moden for omfattende forurensningsbegrensende tiltak. Ved en regulering er behovet for slike tiltak skjerpet. Hvis reguleringsinngrepet gjennomføres før forurensningstilførslene er tatt hånd om på en forsvarlig måte, vil tilstanden i vassdraget kunne bli meget betenkelig hva andre brukerinteresser angår. Spesielt gjelder dette de mest utsatte elveavsnitt. Øvre Otta (ovenfor Ottavatn), Bøvra og vassdragsstrekningen Eidefoss i Otta til Harpefoss i Lågen (ved øst mot øst-alternativet. Dessuten er det så langt som mulig nødvendig å skjerme Mjøsa mot forurensningstilførsler. Uansett valg av reguleringsalternativ bør forurensningsutviklingen og vassdragstilstanden nøye overvåkes.

b. Mjøsa

Mjøsas forurensningstilstand er i løpet av de siste årtier blitt stadig forverret og er i dag til stor sjenanse for en rekke brukerinteresser. Dette skyldes i første rekke forurensningstilførsler fra Mjøsas lokale nedbørfelt, men tilstanden i Lågen spiller også en viss rolle i denne sammenheng. Likevel er konsentrasjonen av f.eks. næringssalter i Lågen betydelig lavere enn i de fleste øvrige tilløpselver til Mjøsa. Konsekvensene av dette er at Lågens vannmasser fortynner eller nedsetter næringssaltkonsentrasjonene i Mjøsa.

Øst mot øst-alternativet vil ikke endre de midlere årskonsentrasjoner av fosfor i det samlede tilløpsvannet til Mjøsa. Øst mot vest-alternativet vil derimot øke den midlere teoretiske årskonsentrasjon av fosfor i det samlede tilløpsvann med ca. 16%. Da det er endringer i fortynningsmulig-

hetene det her dreier seg om, vil rensetekniske tiltak ikke influere vesentlig på forskjellen mellom alternativene i prosent. Imidlertid er det her forutsatt at effektive forurensningsbegrensende tiltak er satt i verk før et eventuelt reguleringsinngrep blir realisert.

Reguleringsinngrepet vil uansett alternativ, redusere sommervannføringen - noe som bl.a. vil medføre høyere næringsssaltkonsentrasjoner i innsjøens overflatelag på denne årstid, og følgelig vil algeveksten øke. Den midlere teoretiske konsentrasjonsøkning av fosfor i det samlede tilløpssvannet til Mjøsa om sommeren etter rensing og uansett alternativ, vil bli henimot 20%. I og med at avløpsvann og forurensninger under denne periode tilføres overflatelagene, er det i første rekke disse lag - produksjonslagene - som blir sterkest berørt av konsentrasjonsøkningene.

Om vinteren vil øst mot vest-alternativet redusere middelvannføringen i Lågen (Losna) fra $104 \text{ m}^3/\text{s}$ i dag til $94 \text{ m}^3/\text{s}$ etter regulering. Dette betyr at gjennomstrømmingseffekten avtar og Lågen som fortynningsfaktor, svekkes med henimot 10% sammenlignet med nåværende forhold. Øst mot øst-alternativet øker derimot den midlere vintervannføring fra $104 \text{ m}^3/\text{s}$ til $176 \text{ m}^3/\text{s}$. Derved vil den gjennomstrømnings- og fortynningsseffekten i Lågen representerer, øke med henimot 70% sammenlignet med nåværende forhold. Forurensningene tilføres de øverste vannlag hvor også gjennomstrømmingseffekten gjør seg gjeldende. Derfor vil en økt vintervannføring i Lågen medvirke til å øke transporten av forurensninger ut av Mjøsa under denne tidsperiode. Dette betyr bl.a. at konsentrasjonen av næringsalter ved produksjonsperiodens begynnelse vil bli lavere ved øst mot øst- enn ved øst mot vest-alternativet (eller uten regulering). Under sommersesongen vil næringsssaltkonsentrasjonene i overflatelagene ved begge utbyggingsalternativ øke betydelig i forhold til dagens situasjon. Ved øst mot vest-alternativer er utgangskonsentrasjonene om våren (nevnt ovenfor) høyest, og derfor vil dette alternativ gi de ugunstigste resultater. Reduksjon av flomvannsmengdene og endringer av variasjonsmønsteret med hensyn til flommer, vil i betydelig grad virke inn på næringsssaltkonsentrasjonene samt strømnings- og temperaturforholdene i Mjøsa, først og fremst i den nordlige del. Resultatet av dette vil bli at vekstbetingelsene for alger i Mjøsa vil bli betydelig bedre ved begge utbyggings-

alternativ enn uten utbygging, forutsatt samme rensegrad for avløpsvannet. Totalt sett er øst mot vest-alternativet mest betenkelig hva forurensnings-situasjonen i Mjøsa angår.

c. Vorma - Glåma

Vannkvaliteten og de biologiske forhold i Vorma og de berørte deler av Glåma er i vesentlig grad betinget av vannets tilstand i Mjøsa. En uheldig utvikling i denne innsjø har konsekvenser for vassdraget nedstrøms. Forholdene i vassdragsavsnittet er i dag lite tilfredsstillende for de fleste brukerinteresser. Dette skyldes manglende eller dårlig løsning av avløpsproblemene så vel i vassdragsavsnittets lokale nedbørfelt som i nedbørfeltet ovenfor.

Reguleringsinngrepet vil også for dette elveavsnitt i det lange løp forsterke eller påskynde eutrofierings- eller forurensningsutviklingen. Særlig er dette tilfelle hvis øst mot vest-alternativet skulle bli en realitet. Dette skyldes som nevnt, mindre tilførsel av Lågenvann eller fortynningsvann og dermed større algevekst i Mjøsa. Øst mot vest-alternativet resulterer også i en hurtigere konsentrasjonsøkning av nærings-salter i Mjøsa så vel som i elveavsnittet enn hva som ellers vil være tilfelle.

Det gjøres uttrykkelig oppmerksom på at diskusjonen ovenfor angående reguleringsinngrepets betydning her bare er behandlet ut fra forurensningsbetraktninger, men selvfølgelig er det nødvendig at det ved den samlede vurdering også blir tatt hensyn til andre forhold, f.eks. klimatiske, fiskeribiologiske o.l.

7. MINSTEVANNFØRING

Et reguleringsinngrep medfører ofte en sterk reduksjon (tørrlegging) av vannføringen i vedkommende vassdrag eller vassdragsavsnitt.

Dette vil berøre en rekke andre interesser som er knyttet til vann og vassdrag. I tilfeller der vassdraget brukes som resipient for avløpsvann eller tilføres forurensninger på annen måte, kan det bl.a. oppstå betydelige forurensningsproblemer, og det er derfor nødvendig å bestemme en viss minstevannføring. Behandlingen av minstevannføringsproblematikken er nedenfor gjort ut fra resipientbetraktninger.

Det er i denne sammenheng nødvendig å ta standpunkt til begrepet "sjenerende forurensningstilstander". Vurderinger av denne art må nødvendigvis bli subjektive og i betydelig grad bygge på erfaringer og kvalifisert skjønn. Generelt synes det å være økende begroing og algevekst (eutrofiering, eventuelt saprobiering eller belastning med organisk stoff) som er av størst praktisk sjenanse for en rekke bruksinteresser, og som derfor volder størst bekymring.

Begroingsutviklingen (eutrofiering) i et vassdragssystem er den biologiske respons på tilførsler av næringssalter, i første rekke fosfor- og nitrogenforbindelser. Eksperimentelle undersøkelser (algetester) har vist at av næringssaltene er det fosfor som er bestemmende for algeveksten (produksjonen) i hele Lågenvassdraget, dvs. at enhver reduksjon av denne komponent vil dempe begroingsutviklingen.

Avløpsvannets (kloakkvann og industrielt avløpsvann) fosforinnhold kan i vesentlig grad reduseres ved effektive rensetekniske innretninger. Selv om slike anlegg ved optimal drift kan redusere kloakkvannets innhold av fosfor med 90-95%, har det vist seg i praksis at man normalt bør regne med langt lavere rensegrad. Dette har sammenheng med spredt bebyggelse, vanskelig kloakking, driftsvanskeligheter på anleggene, utette ledninger osv.

Det er foreløpig ikke realistisk å regne med mer enn ca. 60% fosforreduksjon ved rensetekniske tiltak på kloakkvannssiden i slike områder. Vassdragene tilføres dessuten betydelige forurensningsmengder fra jordbruksaktiviteter som overflateavrenning o.l. og som det er vanskelig å begrense ved rensetekniske tiltak.

Undersøkelser (både eksperimentelle og *in situ*) har vist at meget små økninger i fosforbidraget til oligotrofe, fosfatfattige resipienter vil kunne gi merkbare utslag. Ved belastninger av totalfosfor over 7 til 8 µg P/l vil det være en overhengende fare for at eutrofieringen vil bli så kraftig at det opprinnelige organismsamfunn vil bryte sammen. Man vil da få dominans av andre arter alger enn tidligere. Dette vil ofte føre til at de tilstedeværende beitedyr ikke lenger vil være i stand til å sørge for en effektiv omsetning av primærproduktene. Man vil da få opphopning av organisk stoff på det laveste trinn i næringskjeden, noe som vil føre til ulemper i vassdragene.

På grunnlag av disse undersøkelser og et stort erfaringsmateriale angående koblingen fosforkonsentrasjon - biologisk respons, synes det rimelig å sette grenseverdien (i Lågenvassdraget) lik 7 µg P/l (total fosfor). Det antas at fosforkonsentrasjoner over dette nivå vil stimulere til en begroingsutvikling som vil virke sterkt sjenerende for den praktiske bruk av vassdraget. En frodig begroing kan utvikles ved betydelig lavere fosforkonsentrasjoner enn 7 µg P/l hvis vannføring, strøm og temperaturforhold er optimale for plantevekst.

Ut fra disse betraktninger kan minstevannføringen i et vassdrag beregnes ved hjelp av et enkelt fosforbudsjett. Fosfortransporten etter reguleringen som er produktet av tolerabel fosforkonsentrasjon (7 µg P/l) og fremtidig minstevannføring, må tilsvare nåværende fosfortransport minus fosformengden i de bortregulerte vannmasser samt 60% fosforreduksjon fra kommunalt avløpsvann.

Ved tolking av resultatene er det viktig å ta hensyn til adsorpsjon av fosfater til leirepartikler, en viss sedimentasjon og selvrensningseffekt, spesielt i stilleflytende partier osv. Videre er det viktig å

ta hensyn til variasjonsmønsteret for elvens vannføring. Beregningsresultatene må derfor bare brukes som vurderingsgrunnlag ved bestemmelse av minstevannføringer.

De foreliggende planer for reguleringsinngrepet i Jotunheimen vil medføre at enkelte elveavsnitt i Otta/Lågen får en meget liten vannføring. Dette gjelder Øvre Otta ned til Ottavatn, Bøvra og strekningen Eidefoss i Otta til Harpefoss i Lågen ved øst mot øst-alternativet. En så stor reduksjon i vannføringen som her er foreslått, antas selv etter effektiv rensing av avløpsvannet, å kunne medføre betydelige forurensningsproblemer i de vassdragsavsnitt det gjelder.

Ved moderne og effektive rens tiltak for kommunalt og industrielt avløpsvann og med det nåværende aktivitetsvolum, vil forurensningstilstandene i de øvrige deler av Lågenvassdraget ned til Mjøsa bli tilfredsstillende uansett hvilke av de to reguleringsalternativer som kommer til utførelse.

Øvre Otta (ovenfor Ottavatn):

Øvre Otta tilføres avløpsvann og dermed fosfor fra bolighus, campingplasser o.l. samt fra visse jordbruksaktiviteter. Dessuten er det en viss tilførsel av løst og partikulært fosfor i form av forvitningsprodukter (kjemisk, mekanisk) fra berggrunn og løsavsetninger. Observasjonsmaterialet gir grunn til å anslå vannets nåværende vanlige fosforkonsentrasjon i dette elveavsnitt til 5 og 4 µg P/l for henholdsvis vinter og sommer.

Ved å anvende en toererabel fosforkonsentrasjon på 7 µg P/l og redusere de observerte verdier (5 og 4 µg P/l) tilsvarende 60% fosforreduksjon fra kloakkvannet, gir ovenfornevnte fosforbudsjett følgende verdier som minstevannføring i Otta v/Ofossen:

$$\text{Vinter (1/10 - 1/5): } 9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Sommer (1/5 - 1/10): } 26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Variasjonsmønsteret for elvens vannføring spiller en betydelig rolle for minstevannføringens størrelse. Dette har sammenheng med organismesam-

funnenes sesongvariasjoner, variasjoner med hensyn til selvrensningsprosessenes effektivitet osv. På bakgrunn av beregningsresultatene ovenfor og forutsatt rimelige vannføringsvariasjoner, bør minstevannføringen i Otta ved Ofossen etter vårt skjønn ikke settes til mindre enn:

Vinter: $6 \text{ m}^3/\text{s}$

Sommer: $20 \text{ m}^3/\text{s}$

Ved eventuelle endringer hva befolkningsmengde, turisme eller andre aktiviteter angår, må minstevannføringens størrelse taes opp til fornyet vurdering.

Bøvra

Den alminnelige forurensningssituasjonen i nedre del av Bøvra er i dag utilfredsstillende, særlig vinterstid. Elven tilføres på denne strekning kloakkvann fra den faste bosetting, hoteller, campingplasser o.l. Dessuten må man regne med betydelige forurensningstilførsler fra jordbruksaktiviteter.

I perioder om vinteren er den naturlige vannføringen ved Lom mindre enn $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved en eventuell regulering av vassdraget vil vannføringen over året bli omtrent halvert, og vintervannføringen må antas å bli tilsvarende mindre. Etter vår vurdering burde minstevannføringen i Bøvra ved Lom ikke være mindre enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren selv etter at kloakkrenseanlegg er satt i drift. Om sommeren vil den regulerte vannføring ut fra resipientbetragtninger være tilstrekkelig.

Forholdene i de øvre deler av Bøvra er ikke undersøkt, men ifølge reguleringsplanene vil vannføringen her bli meget liten. Hvis disse planer skal opprettholdes, må det for å unngå uheldige tilstander i vassdraget, sørges for at avløpsvannet blir tatt tilstrekkelig hånd om ved rensetiltak, overføringer til bedre resipienter eller liknende.

Otta nedstrøms Eidefoss:

I Ottaområdet tilføres vassdraget betydelige forurensningsmengder fra bebyggelse, industri og jordbruk. I dag er middelvannføringen i Lågen oppstrøms Otta $10 \text{ m}^3/\text{s}$ og $82 \text{ m}^3/\text{s}$ for henholdsvis vinter og sommer. Ved en eventuell utbygging av Jora - Sel antar Statskraftverkene at de tilsvarende tall for middelvannføring blir henholdsvis $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (vinter) og $75 \text{ m}^3/\text{s}$ (sommer).

For å oppnå tilfredsstillende resipientforhold i Lågen nedstrøms Otta ved 60% fosforreduksjon for avløpsvannet fra bebyggelse og industri, viser beregningsresultatene at vannføringen i Otta elv v/Otta ikke må underskride:

| | |
|---|-----------------------------|
| Vinter ved nåværende forhold ($10 \text{ m}^3/\text{s}$): | $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Vinter ved Jora-Sel utbyggn. ($15 \text{ m}^3/\text{s}$): | $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Sommer ved nåværende forhold ($82 \text{ m}^3/\text{s}$): | $25,3 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Sommer ved Jora-Sel utbyggn. ($75 \text{ m}^3/\text{s}$): | $28,0 \text{ m}^3/\text{s}$ |

Når disse tall blir lagt til grunn for vurdering av minstevannføring på denne elvestrekning, må man ta i betraktning at vannføringen i Lågen ovenfor Otta i dag er meget liten ($<3 \text{ m}^3/\text{s}$) i lange perioder om vinteren. Videre er de eksakte utbyggingsplaner og manøvreringsreglement for Jora og Sel ikke kjent.

På bakgrunn av beregningsresultatene, et rimelig variasjonsmønster for vannføringen og de momenter som er nevnt ovenfor, vil vi foreslå følgende verdier som minste vannføring i Otta elv før samløp Lågen (før Jora-Sel-utbyggingen):

| | |
|---------|-----------------------------|
| Vinter: | $10 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Sommer: | $20 \text{ m}^3/\text{s}$. |

Hvis utbyggingen av Jora - Sel skulle bli en realitet, må minstevannføringen på strekningen taes opp til fornyet vurdering. Otta er et større tettsted med betydelige aktiviteter av forskjellig slag. Resipientforholdene her bør derfor nøye overvåkes, slik at justering av minstevannføringen og/eller effektivisering av rensetekniske innretninger kan gjøres ved eventuelle betenkelige utviklingstendenser.

En senkning av minstevannføringene utover det som her er foreslått, må medføre at kravene til de forurensningsbegrensende tiltak skjerpes.

8. VANNFØRINGSVARIASJONER

1. Det antas som nevnt at det for visse elvestrekninger vil bli stilt krav om minstevannføring. Forslagsmessig vil det kunne være ønskelig å holde noen av de mindre vassdrag utenfor reguleringen som grunnstamme for opprettholdelse av en minstevannføring spesielt i de øvre deler av Otta. Derved vil man få mer naturlige forhold hva vannføringsvariasjoner og temperaturforhold angår. Sett fra et fiskeribiologisk synspunkt vil også en slik løsning være fordelaktig. For å unngå uheldige temperatureffekter, bør man unngå at ytterligere bidrag for å opprettholde minstevannføringen blir tatt fra magasinenes dypere vannlag.
2. Det vil fra et forurensningssynspunkt være fordelaktig å bygge ut vassdraget etappevis. På grunn av brevannets og slamtransportens store betydning som dempende vekstfaktor, vil det være fordelaktig å holde f.eks. Bøvra utenfor reguleringen med sikte på videre vurderinger før et eventuelt inngrep finner sted. Derved kan man bl.a. få tid til ytterligere undersøkelser av virkningene av reguleringsinngrepet.

9. FORTSATTE UNDERSØKELSER

På grunn av elvens størrelse og forurensningstilstand, klimatiske variasjoner fra år til år og at vi mangler erfaring og dokumentasjon av hvilke virkninger et reguleringsinngrep har for vassdragstilstanden og for de bruksinteresser som knytter seg til vassdraget, ligger det i sakens natur at et år er for kort tid for en omfattende undersøkelse av et slikt problemkompleks. Momenter som vil være av stor verdi å få ytterligere undersøkt og belyst er:

1. Forståelse av avrenningsforholdene i relasjon til de klimatiske forhold.
2. Variasjoner i ellevannets temperaturforhold og virkning på innsjøer.
3. Grunnvannsmagasinenes størrelse og betydning for vassdragets vannkvalitet.

4. Vassdragets nåværende biologiske tilstand (det foreliggende materiale er ikke fullgodt som referanse og basismateriale).
5. Slamtransportens betydning for vannkvaliteten og de biologiske forhold.
6. Kartlegging av de tørrlagte bunnarealers størrelse ved en regulering, og i denne sammenheng hvilken betydning reduksjonen har for vassdragets produksjonskapasitet.
7. Betydningen av økt begroing bl.a. hva fiskeforhold angår.
8. Nærmere studier av hvilken virkning på vannets fysisk-kjemiske og biologiske tilstand de endrede vintervannføringer representerer.
9. Strømningsforholdene og de biologiske forhold i Mjøsa i relasjon til reguleringsvirkninger i Lågen.
10. Lokale ulemper i forbindelse med tørrlagte sidevassdrag som taes inn i tunneler.

Det er således behov både for spesialundersøkelser og generelle oppfølgingsundersøkelser som kan gi ytterligere informasjoner for en rasjonell utnyttelse av vassdraget. Det er viktig at slike undersøkelser kommer i gang snarest mulig.

10. KONKLUSJON

1. Lågen - Mjøsa - Vormå - Glåma-systemet er i dag betydelig og til dels sterkt forurenset av kommunalt såvel som av industrielt avløpsvann samt avrenningsvann fra jordbruket. Effektive forurensningsbegrensende tiltak er derfor nødvendig langs hele vassdragssystemet (dette gjelder alle forurensningsskapende aktiviteter). For Mjøsas vedkommende er dette spesielt viktig da eutrofieringsutviklingen her synes å være kommet til et stadium da gjennomgripende og alvorlige forandringer av til dels irreversible art er i ferd med å oppstå.

2. Snø- og bre-avsmeltingen om sommeren spesielt i Ottavassdragets høyfjells-områder, demper i dag den biologiske respons på tilførte forurensninger i Lågen og Mjøsa.
3. Et reguleringsinngrep i Jotunheimen vil øke graden av forurensning betydelig både i Lågen, Mjøsa og vassdraget nedstrøms. Øst mot vest-alternativet vil i denne sammenheng generelt sett medføre størst skadevirkning (totalt sett mindre fortykningsevne).
4. Omfattende og effektive forurensningsbegrensende tiltak som klart bedrer forurensningssituasjonen i vassdraget, må gjennomføres før eventuelle reguleringsplaner realiseres.
5. På enkelte utsatte strekninger må akseptable minstevannføringer slippes på for at andre brukerinteresser ikke skal bli sterkt skadelidende.
6. Det vil være fordelaktig at en eventuell utbygging gjennomføres etappevis, slik at det kan bli mulig å følge opp eventuelle virkninger i vassdraget før alle inngrep er gjennomført.
7. I forbindelse med de foreslåtte reguleringsinngrep er det sterkt ønskelig å fortsette undersøkelsen av vannkvalitet og biologisk respons gjennom en flerårsperiode (f.eks. 3 år) før reguleringen realiseres. Dessuten må vassdraget overvåkes etter at reguleringen er gjennomført.
8. Det er av Statskraftverkene og andre kraftverksselskaper forutsatt at Smådøla, Finna, Jora og Sel skal bygges ut. Disse reguleringsinngrep vil også virke inn på forholdene i vassdraget. Det er ikke mulig å gi en helhetsvurdering av virkningen av de samlede reguleringsinngrep før de nødvendige undersøkelser også av disse vassdrag og elveavsnitt er foretatt.

HOL/IBO

10/10-75