

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

079057

Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet,
begroing og resipientforhold.

VASSDRAGSSTREKNINGEN SARVSFOSSEN
TIL NOMELANDSMO

Blindern, 20. august 1979

Saksbehandler: Olav Skulberg

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

FORORD

Denne utredning er hovedsakelig laget på grunnlag av resultater fra undersøkelser utført av Norsk institutt for vannforskning i tidsrommet 1976-1977. Da rapport fra denne undersøkelse fremdeles er under utarbeidelse, ble det på rettsmøtet i Bykle 22. mai 1979 bestemt at undertegnede skulle gjøre denne utredning av saksområdet for den aktuelle vassdragsstrekning med tilgang til de foreliggende undersøkelsesdata. Det ble foretatt supplerende observasjoner og analyser ved en enkel feltundersøkelse 24. - 26. juli 1979.

Det er flere medarbeidere som har deltatt i arbeidet med utredningen. Jozsef Kotai har utført feltundersøkelser og bearbeidet data. Eivind Løvik har foretatt belastningsberegninger for vassdraget. Det har vært et godt samarbeide om oppgaven, og det rettes en takk til alle som har gitt faglig og praktisk hjelp. En spesiell takk går til Bjørn Rørslett som har tilrettelagt bruken av det foreliggende datamateriale fra Øvre Otra.

Blindern, 20. august 1979

Olav Skulberg

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side: |
|--|-------|
| FORORD | 2 |
| 1. VASSDRAGSUNDERSØKELSER I ØVRE OTRA | 6 |
| 2. GEOGRAFISKE FORHOLD | 7 |
| 3. VASSDRAGETS HYDROLOGI | 8 |
| 4. VIRKSOMHETER OG FORURESNINGSKILDER | 9 |
| Jord- og skogbruk | 10 |
| Fast bosetting, hotelldrift og turisme | 11 |
| Sjøpelfyllinger og slamdeponier | 14 |
| Industri og liknende virksomhet | 14 |
| 5. TILFØRSLER OG BELASTNING | 15 |
| 6. KJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSER | 17 |
| 7. GENERELT OM VANNKVALITET OG VASSDRAGSREGULERING | 20 |
| 8. DISKUSJON AV REGULERINGSVIRKNINGER PÅ VASSDRAGSSTREKNINGEN SARVSFOSSEN TIL NOMELANDSMO | 24 |
| 9. SAMMENFATTENDE VURDERING | 27 |
| 10. HENVISNINGER | 29 |

FIGURFORTEGNELSE

| | Side: |
|---|-------|
| Figur 1. Otra med nedbørfelt. | 31 |
| Figur 2. Grafisk fremstilling av Otra's lengdeprofil. | 32 |
| Figur 3. Vannføring - midlere årlig varighetskurve for Vm. 535 Hoslemo. | 33 |
| Figur 4. Vannføring i Otra ved Vm. 536 Valle. | 34 |
| Figur 5. NIVAs prøvetakingssteder i perioden 1976-1977 og 1979. | 35 |
| Figur 6. Endringer i hydrologiske forhold. | 36 |
| Figur 7. Opprinnelig nedbørfelt. | 37 |
| Figur 8. Nedbørfelt etter Brokke I. | 38 |
| Figur 9. Nedbørfelt etter Brokke II. | 39 |
| Figur 10. Reelt nedbørfelt etter full utbygging. | 40 |
| Figur 11. Grafisk fremstilling av observerte fosforkonsentrasjoner. | 41 |
| Figur 12. Grafisk fremstilling av observerte nitrogenkonsentrasjoner. | 41 |

TABELLFORTEGNELSE

| | Side: |
|--|-------|
| Tabell 1. Karakteristiske vannføringer (ukemidler) ved Valle, vm 536. | 9 |
| Tabell 2. Jord- og skogbruk, annet areal. | 42 |
| Tabell 3. Fast bosetting og rensetiltak. | 43 |
| Tabell 4. Hotelldrift, hytter, campingplasser. | 43 |
| Tabell 5. Teoretisk beregnet fosforbelastning i tonn pr. år. | 44 |
| Tabell 6. Teoretisk beregnet nitrogenbelastning i tonn pr. år. | 44 |
| Tabell 7. Fysisk-kjemiske analysemetoder. | 18 |
| Tabell 8. Skala for angivelse av mengdemessig forekomst av organismer. | 19 |
| Tabell 9. Karakterisering av hydrokjemiske forhold. | 45 |
| Tabell 10. Hydrokjemiske analyseresultater ved prøvetaking 24.-25. juli 1979. | 45 |
| Tabell 11. Reguleringsvirkninger på vassdragsstrekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo. | 27 |
| Tabell 12. Algeforekomst i begroingsprøver. | 46 |

1. VASSDRAGSUNDERSØKELSER I ØVRE OTRA

I forbindelse med konsesjonsbehandling for en full utbygging av Otravassdraget ble det i 1972 utarbeidet en uttalelse om endringer i resipientforhold og konsekvenser for vannkvalitet.

Norsk institutt for vannforskning: Notat til Interessentskapet Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget. O-198/72 Blindern, november 1972.

Det var imidlertid ikke utført vassdragsundersøkelser i den del av Otra som ble berørt av de aktuelle reguleringer, og det var på et generelt kunnskapsgrunnlag uttalelsen ble laget.

På oppfordring fra Miljøverndepartementet ble det i oktober 1973 gjort en befaringslangt Otra for å få holdepunkter om forhold som kunne bli påvirket av videre utbygging i vassdraget.

Norsk institutt for vannforskning: Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. O-198/72 Blindern, desember 1973.

Det ble understreket at det fremdeles ikke var foretatt vassdragsundersøkelser i Otra.

I løpet av 1975 var det kontakter mellom Statens forurensningstilsyn, Interessentskapet Øvre Otra og Norsk institutt for vannforskning om å fremskaffe et grunnlagsmateriale til å bedømme og vurdere vassdragets forurensningssituasjon samt hvilke virkninger reguleringsinngrepet i Øvre Otra ville få for vassdragstilstanden og vannets kvalitet.

Norsk institutt for vannforskning: Program for vassdragsundersøkelser i forbindelse med kraftutbygging i Otra. O-198/72 Blindern, januar 1976.

Med dette kom undersøkelsen av Otra-vassdraget i gang. Prøvetaking og feltarbeid ble gjennomført i tidsrommet 1976-1977. Opplegget for undersøkelsene var basert på Interessentskapet Øvre OTRAS konsesjons-søknad av 1972 og de planlagte inngrep i vassdraget.

I forbindelse med planendringer som ble fremmet høsten 1977- bl.a. overføring av Otra i tunnel fra Lislevatn til Vatnedalsvatn - ble det behov for spesielle vurderinger. Norsk institutt for vannforskning utførte oppgaven vinteren 1978 basert på de foreliggende resultatene fra undersøkelser i Otra.

Norsk institutt for vannforskning: Hartevatn og regulering av Øvre Otra. O-133/77 Blindern, mars 1978.

Rapport for undersøkelsene 1976-1977 er under utarbeidelse (Norsk institutt for vannforskning 1979), og det vises til denne når det gjelder en samlet fremstilling av hydrobiologiske og vannkvalitetsmessige vilkår i Øvre Otra.

2. GEOGRAFISKE FORHOLD

Otra er den største elv i Aust- og Vest-Agder (fig. 1). Med en lengde på ca. 260 km og et nedbørfelt på ca. 3730 km² hører Otra til de store elver i Norge. Den har sitt utspring i høyfjellet i de nord-vestlige deler av Aust-Agder. Herfra løper elva stort sett i sørlig retning gjennom Setesdalen, passerer Byglandsfjorden, Kilefjorden og Venneslafjorden og munner ut i sjøen ved Kristiansand.

Fjellgrunnen i området består i overveiende grad av gneis, gneis-granitt, granitt, enkelte forekomster av gabbro og kvartsitt samt små forekomster av kambro-siluriske bergarter. Disse geologiske forhold medfører at avrenningsvannet er saltfattig, noe surt og har liten bufferkapasitet.

Vassdragsstrekningen som behandles - fra Sarvsfossen til Nomelandsmo - utgjør omlag 40 km elvestrekning. Med et fall fra omlag 600 m o.h. til omlag 242 m o.h. hører denne elvestrekning til de bratteste i hele Otra (fig. 2). Naturlig var det her store strykpartier, men også områder med sakteflytende vannmasser.

Klimatisk ligger området i brytningen mellom vest- og østlandsklima. Setesdal er kjent for raske og ofte store svigninger i værforhold (Boe 1979). Lufttemperatur er beskrevet på grunnlag av observasjoner i Valle 340 m o.h. (Birkeland 1935). Årsmiddel for temperatur (1861-1920) er + 4,4°C, med normaltemperatur for juli + 14,8°C og - 4,5°C for januar. Det er omlag 150 dager med frost - med minimumstemperatur under 0°C. Midlere nedbørhøyde i normalperioden 1901-1930 for Valle er 928 mm (Det norske meteorologiske institutt 1949). August og oktober er nedbørrikeste måneder.

3. VASSDRAGETS HYDROLOGI

De hydrologiske forhold er beskrevet i flere utredninger (Ræstad et al. 1978). Dette gjelder både den naturlige situasjon og utbyggingsvirkninger. Det vil her bare bli gjort enkelte påpekninger som har betydning for drøftelsen av vannkvalitet, begroing og resipientforhold.

Otra-vassdraget er i stor grad regulert, og vannføringen er preget av dette. I januar, februar og mars er vannføringen - utløpet ved Kristiansand - relativt stabil omkring 100-120 m³/s. Snøsmelting slår ut i øket vannføring i april og mai og kulminerer med vårflom vanligvis i juni, da flomvannføringen kan nå opp i 850 m³/s med middel omkring 300 m³/s. Middelvannføringen i hovedvassdraget avtar så fra 140 m³/s i juli til under 100 m³/s i september/oktober, da flomtøpper på grunn av kraftig nedbør kan forekomme.

For vassdragsstrekningen som behandles kan vannmerkene Hoslemo (Vm 535) og Valle (Vm 536) benyttes til vurdering av endringer i hydrologiske forhold som reguleringene innebærer. Som følge av takrenneprosjekt og overføringer blir det en sterkt redusert vannføring hele året på vassdragsstrekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo (tabell 1). De grafiske fremstillinger i fig. 3 og 4 av midlere årlige varighetskurver for vannføring på de to vannmerkene beskriver forholdene. Tørrlagte elvestrekninger - periodisk og varig - er resultat av reguleringsinngrepene i området.

Tabell 1. Karakteristiske vannføringer (ukemidler) ved Valle, Vm 536.

| | 1945-1963 | 1967-1976 |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| Q max m ³ /s | 416.3 | 228.5 |
| Q min m ³ /s | 4.1 | 0.56 |
| \bar{Q}_M m ³ /s | 78.0 | 18.6 |
| Q m ³ /s | 50.2 | 4.1 |
| Minstevannføring Q 90 | ca. 23.0 | ca. 2.0 |

Særlig betydningsfulle konsekvenser av vassdragsreguleringen for det aktuelle saksområdet omfatter:

- Vassdragsområdet ved Sarvsfossen blir i biologisk sammenheng å regne som kontinuerlig tørrlagt.
- Gjennomstrømningen i Bykil blir sterkt redusert.
- Det blir gjennomgående en sterk redusert vannføring i vegetasjonsperioden på hele vassdragsstrekningen ned til Normelandsmo. Det vil ikke bli vannføringer av flomkarakter, og de tidligere regelmessige gjennomskyllinger av vassdraget med flomvann er praktisk talt tatt bort gjennom inngrepet.

4. VIRKSOMHETER OG FORURENSNINGSKILDER

Opplysningene angående jord- og skogbruk er gitt av herredsagronomen i Bygland og Valle. Registreringene av menneskelige aktiviteter forøvrig er utført av Fylkesmannen i Aust-Agder ved fylkets utbyggingsavdeling, i samarbeid med teknisk etat i kommunene Bykle og Valle.

Det har vært formålstjenelig å inndele Otras nedbørfelt i følgende del-felter:

| | | |
|-----------|---|-----------------------------|
| Delfelt I | : | Hovden- og Breiveområdet |
| " II | : | Hartevatn - Løyningså |
| " III | : | Løyningså - Hoslemo |
| " IV | : | Hoslemo - Bykle, Kyrkjebygd |
| " V | : | Bykil - Dale |
| " VI | : | Dale - Brokke |

Bosetting, jordbruksareal osv. er registrert og fordelt på disse delfeltene. Dette er gjort for å få en oversikt over belastningen på de ulike elvestrekningene.

Jord- og skogbruk.

I tabell 2 er det gitt en oversikt over skogareal og dyrka mark i delfeltene. Jordbruksarealene ligger spredt oppover langs dalen. Størst sammenhengende parti med dyrka mark er i området nær Valle. Grasproduksjon er viktigste driftsform. For Bykle og Valle oppgis at anslagsvis 9/10 av dyrka mark er eng og beite. I de to kommunene finnes til sammen omlag 200 mjølkekyr og ca. 4000 sau. Potetarealet i de to kommunene er på 250-300 dekar. I Valle dyrkes det dessuten en del korn. Halmlutningsanlegg (våtluting) finnes i dalen.

Det aller meste av silopressafta blir ført til gjødselkjellere for deretter og spres på jorda, eller den infiltreres i grunnen. I Valle og Bykle er det jamt over små siloer og følgelig relativt små pressaftmengder.

Naturgjødsla blir fortrinnsvis spredd på åpen åker om våren, men på grunn av for små eller lite egne arealer med åpen åker blir også en del spredd på eng og beite, gjerne om høsten. Standarden på gjødselkjellerne er svært varierende. Det er en del dårlige kjellere blant de gamle driftsbygningene, mens kjellerne på nye bygninger sannsynligvis er i ganske bra forfatning.

De største mulighetene for nydyrking fins helt øverst i dalføret. Statistisk Sentralbyrås jordbrukstelling fra 1969 oppgir et dyrkbart areal på 1575 dekar i Hovdenområdet. Aust-Agder landbruksselskap anslår imidlertid det dyrkbare arealet i området til å være mellom 12000 og 18000 dekar. Noe dyrkingsarbeid er allerede igangsatt, og det foreligger konkrete planer for oppdyrking av 600-700 dekar.

Fast bosetting, hotelldrift og turisme.

En oversikt over fast bosetting i de ulike delfeltene samt hvor mange som er tilknyttet renseanlegg osv. er gitt i tabell 3. Opplysninger om hotell-drift, hytter, campingplasser og utbyggingsplaner innen turistsektoren er samlet i tabell 4.

Hytteantallet er for Valle basert på godkjente planer, dvs. hytter som er bygd før det ble gjennomført plankrav, er ikke tatt med. I Bykle har teknisk etat foretatt en omfattende registrering, hvor det er tallfestet samtlige hytter så langt det er praktisk mulig.

Aktiviteten i turistnæringen og belegget på private hytter vil variere mye gjennom året. Ved beregning av antall personekvivalenter (p.e.) brukes følgende omregningsfaktorer som gjennomsnitt på årsbasis:

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Personer inkl. ansatte pr. hotellseng | 1,2 p.e. |
| Belegg på hoteller | 30 % |
| Personer pr. privat hytte | 2,0 p.e. |
| Belegg på private hytter | 35 % |
| Personer pr. campinghytte | 3,0 p.e. |
| Belegg på campinghytter | 40 % |
| Personer pr. telt | 2,0 p.e. |
| Belegg på teltplasser | 20 % |

I. Hovden-, Breive-området

| | <u>1978</u> | <u>Utbygd</u> |
|----------------|-----------------|-------------------|
| Fast bosetting | 80 p.e. | 80 p.e. |
| Hotell | 263 " | 479 " |
| Hytter | 283 " | 489 " |
| Camping | 42 | 42 |
| Totalt | <u>668 p.e.</u> | <u>1.090 p.e.</u> |

Området er preget av stor aktivitet innen turistsektoren med bl.a. 8 hotell/pensjonat og omlag 400 fritidshytter. Det foreligger planer om ytterligere utbygging av hotellplasser og hytter. Ca. 500 p.e. er tilknyttet kommunalt avløpsnett som føres til slamavskiller dimensjonert for 1000 p.e. Det er planlagt et mekanisk-kjemisk renseanlegg i området for 3000 p.e. En vesentlig del av hyttene skal også knyttes til dette anlegget.

II. Hartevatn - Løyningså

| | Delfelt II | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | 1978 | Utbygd | 1978 | Utbygd |
| Fast bosetting | 30 p.e. | 30 p.e. | 110 p.e. | 110 p.e. |
| Hotell | - | - | 263 " | 479 " |
| Hytter | 118 " | 256 " | 401 " | 745 " |
| Camping | - | - | 42 " | 42 " |
| Totalt | 148 p.e. | 286 p.e. | 816 p.e. | 1.376 p.e. |

På denne strekningen er det få fastboende (spredt bebyggelse med gårdsbruk). En del fritidshytter fins i området, og ytterligere ca. 200 hytter er planlagt bygd.

III. Løyningså - Hoslemo

| | Delfelt III | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | 1978 | Utbygd | 1978 | Utbygd |
| Fast bosetting | 80 p.e. | 80 p.e. | 190 p.e. | 190 p.e. |
| Hoteller | - | - | 263 " | 479 " |
| Hytter | 78 " | 315 " | 479 " | 1.060 " |
| Camping | 14 " | 14 " | 56 " | 56 " |
| Totalt | 172 p.e. | 409 p.e. | 988 p.e. | 1.785 p.e. |

Også denne strekningen er preget av spredt bosetting og i tillegg en del fritidshytter. Det er planlagt ca. 340 nye fritidshytter. En relativt liten campingplass fins dessuten i området.

IV. Hoslemo - Bykle, Kyrkjebygd

| | Delfelt IV | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | 1978 | Utbygd | 1978 | Utbygd |
| Fast bosetting | 250 p.e. | 250 p.e. | 440 p.e. | 440 p.e. |
| Hoteller | 68 " | 95 " | 331 " | 574 " |
| Hytter | - | - | 479 " | 1.060 " |
| Camping | 28 " | 28 " | 84 " | 84 " |
| Totalt | 346 p.e. | 373 p.e. | 1.334 p.e. | 2.158 p.e. |

Bykle - Kyrkjebygd har to hoteller/pensjonat med til sammen 95 sengeplasser og to campingplasser. Ingen av disse er tilknyttet kommunale avløpsanlegg. Knappt halvparten av boligene (ca. 100) er tilknyttet offentlig avløp som renses i aktiv-slamlegg.

V. Bykil - Dale

| | Delfelt V | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | 1978 | Utbygd | 1978 | Utbygd |
| Fast bosetting | 220 p.e. | 220 p.e. | 660 p.e. | 660 p.e. |
| Hoteller | - | - | 331 " | 574 " |
| Hytter | 172 " | 184 " | 651 " | 1.244 " |
| Camping | 126 " | 126 " | 210 " | 210 " |
| Totalt | 518 p.e. | 530 p.e. | 1.852 p.e. | 2.688 p.e. |

Befolkningen bor stort sett spredt, og ingen husstander er tilknyttet offentlig avløpsnett. I området ved Store Bjørnevatn er det utbygd 245 hytter og 18 nye er planlagt. Området er godt besatt med campingplasser, i alt sju stykker med til sammen 60 hytter og 135 teltplasser.

VI. Dale - Brokke

| | Delfelt VI | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | 1978 | Utbygd | 1978 | Utbygd |
| Fast bosetting | 640 p.e. | 640 p.e. | 1.300 p.e. | 1.300 p.e. |
| Hoteller | 61 " | 61 " | 392 " | 635 " |
| Hytter | - | - | 651 " | 1.244 " |
| Camping | 118 " | 118 " | 328 " | 328 " |
| Totalt | 819 p.e. | 819 p.e. | 2.671 p.e. | 3.507 p.e. |

Hovedtyngden av befolkningen er konsentrert til områdene i og omkring Valle. Omlag 350 personer er nå tilknyttet offentlig avløp som gjennomgår biologisk-kjemisk rensing (simultanfelling). Anlegget er dimensjonert for 600 p.e. En av campingplassene i området er tilknyttet kommunalt avløpsnett og renseanlegg. De tre andre har egne utslipp, men har ikke innlagt vannklosett. To hotell-/motellanlegg er tilknyttet kommunalt avløpsnett og renseanlegg, mens et tredje anlegg skal tilkobles. Ved NIVAs driftsundersøkelse av Valle renseanlegg (basert bl.a. på uttak av stikkprøver på inn- og utløpsvann) i august 1976, fungerte ikke anlegget tilfredsstillende (7,8 mg ortofosfat pr. liter i utløpsvannet), men anlegget var nylig satt i drift på den tid.

Sjøpelfyllinger og slamdeponier

Strekningen Hartevatn - Løyningåså

På Tykkås tømmes det søppel i fylling fra ca. 700 personer (inklusive hytter og hotell). Grunnen består av morene. Det tømmes også kloakk-slam fra ca. 1100 p.e. i tørkegroper på det samme området.

Strekningen Dale - Brokke

Sjøppel fra omlag 525 personer brennes åpent i grop på Sandnes, og slam tømmes i tørkegrop på Løyland. Ca. 700 personer sokner til denne plassen.

Industri og liknende virksomhet

I de øvre delene av dalføret finnes det svært få industribedrifter av betydning når det gjelder forurensningstilførsler. Det dreier seg om en del sagbruk og trevarebedrifter samt et bygg- og entereprenørfirma.

Valle har fire versteder/industribedrifter med til sammen omlag 20 ansatte. Disse er tilknyttet offentlig avløpsanlegg. I tillegg kommer mindre bilverksteder og Brokke Kraftverk (30 ansatte) som har enge utslipp.

5. TILFØRSLER OG BELASTNING

Plantenæringsstoffene (bl.a. fosfor- og nitrogenforbindelser) spiller en avgjørende rolle i vassdragenes biologiske stoffomsetning. Økning av næringssalttilførslene har i mange vassdrag gitt gjødslingseffekter som medfører redusert brukbarhet av vannforekomstene i praktisk sammenheng. Vannforekomstenes økologiske balanse kan lett forstyrres ved forurensning med gjødselstoffer. Dette lager forutsetning for tiltakende begroing og masseforekomst av enkelte organismer i vannmassene. Kjennskapet til de hydrokjemiske forhold med hensyn til konsentrasjoner og konsentrasjonsendringer av fosfor- og nitrogenforbindelser er derfor en særlig viktig forutsetning for hydrobiologiske vurderinger i forbindelse med vassdragsreguleringer.

Det totalfosfor (P) som måles ved vanlige vannkjemiske analyser foreligger dels i fri ioneform, dels som organisk og uorganisk bundet fosfor. Stor tilførsel av fosfor har gjødslingseffekt på vannmassene og kan bidra til en eutrofiutvikling.

Det samme gjelder for nitrogen (N). Totalnitrogen angir den samlede mengde nitrogen, uorganisk eller organisk bundet nitrogen, løst i ioneform som ammonium, nitrat og nitritt.

Belastningskoeffisientene som er benyttet ved beregningen av tilførslene med fosfor- og nitrogenforbindelser til vassdraget fremgår av oversikten nedenfor.

| | <u>Fosfor</u> | <u>Nitrogen</u> | <u>Benevning</u> |
|---|---------------|-----------------|------------------------|
| Befolkning | 2,5 | 12 | g/pers.·døgn |
| Avrenning fra jordbruksarealer | 50 | 2100 | kg/km ² ·år |
| Bakgrunnskonsentrasjon i vann fra skog-, mur- og fjellområder | 3 | 120 | µg/l |
| Avrenning fra skog | 6,5 | 220 | kg/km ² ·år |
| Avrenning fra annet areal | 6,4 | 120 | " |

Hvor stor andel av forurensningene som når fram til vassdraget avhenger av en rekke faktorer. Noen viktige forhold i denne sammenheng er:

- avstand til vassdrag
- om kloakken går i rør direkte til resipienten
- hvor stor del av husstandene er tilknyttet offentlig avløpssystem
- lekkasjer i avløpssystem etc.
- eventuelle renseanlegg
- type renseanlegg

For spredt bebyggelse som ikke er tilkopledd offentlig avløpsnett er det regnet med at ca. 50% av fosforbidraget vil komme til vassdraget. For tilsvarende bebyggelse er det anslått at 80% av produsert nitrogen fra husstandene når vassdraget.

Renseanleggenes effekt beror først og fremst på type renseanlegg, konstruksjon og drift. I tillegg har kvaliteten på ledningsystemet stor betydning for hvor stor renseeffekten egentlig blir. Rent generelt anvender Statens forurensningstilsyn følgende verdier for renseeffekt for fosforforbindelser:

| | |
|------------------------|-----|
| Mekanisk renseanlegg | 15% |
| Biologisk renseanlegg | 25% |
| Kjemisk fellingsanlegg | 80% |

En langt mindre del av nitrogenforbindelser fjernes i renseanleggene. Reduksjonen under ideelle forhold kan antas å ligge på følgende nivå:

| | |
|------------------------|--------|
| Mekanisk renseanlegg | 10-15% |
| Biologisk renseanlegg | 25-35% |
| Simultanfellingsanlegg | 25-35% |

Tilførselsgraden gjør at den faktiske renseeffekt ligger enda noe lavere. For to av delfeltene er det f.eks. oppgitt avløpsnett med slamavskillere. Renseeffekten ved slike anordninger er av størrelsesorden 10% for både fosfor- og nitrogenforbindelser.

Med bakgrunn i registrerte arealfordeling og menneskelige aktiviteter samt de nevnte belastningskoeffisienter og reduksjonstall, er det foretatt en teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførslene til vassdraget på de ulike elveavsnitt (tabell 5 og 6).

Det er viktig å være oppmerksom på at det knytter seg en del usikkerheter til beregningene. De utregnede verdier må derfor bare tas som et uttrykk for størrelsesorden av tilførslene og ikke som en nøyaktig kvantifisering.

6. KJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSER

I det følgende blir det gitt en kortfattet oversikt over de utførte feltundersøkelser 1976-1977 og resultater som er fremkommet. På kartskissen - figur 5 - fremgår prøvetakingsstasjoner og steder for feltobservasjoner på strekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo 24. - 25. juli 1979.

Undersøkelsene har omfattet fysiske, kjemiske og biologiske forhold i vassdraget. Feltarbeidet besto i befaringer med observasjoner på utvalgte lokaliteter og innsamling av vannprøver og begroingsmateriale på faste stasjoner.

De kjemiske analysene omfattet komponentene pH, el.ledn.evne (konduktivitet), farge, turbiditet, kjemisk oksygenforbruk, ortofosfat, total fosfor, nitrat, total nitrogen, klorid, jern og kalsium. I tillegg til dette er det for innsjøenes vedkommende gjort enkelte bestemmelser av vannmassenes oksygeninnhold. Analysene ble utført ved NIVA's kjemiske laboratorium i Oslo. De rutinemessige metoder som ble benyttet er angitt i tabell 7.

Hovedvekten av de biologiske undersøkelser ble lagt på beskrivelsen av algeforekomst og høyere vegetasjon. Under feltarbeidet ble det innsamlet prøver som representerte henholdsvis organismsamfunn på bunnen (benthos) og de frittstrømmende vannmassers innhold av organismer og partikulær substans (seston). Innenfor rammen av opplegget begrenset feltarbeidet seg til å gjelde de kvantitativt viktigste organismsamfunn.

Prøvene ble ved innsamlingen delvis undersøkt i levende tilstand og deretter konserverte. I laboratoriet ble prøvene bearbeidet videre etter de rutinemessige, kvalitative metoder med subjektiv vurdering av forekomst. Ved denne bedømmelse av forekomst ble betegnelsene angitt i tabell 8 brukt (Skulberg 1959).

Tabell 7. Fysisk-kjemiske analysemetoder.

| Analyseparameter | Symbol/enhet | Analyseprinsipp |
|--|--------------------------|---|
| Surhetsgrad | pH | Potensiometrisk måling, pH-meter og glasselektrode |
| Konduktivitet, 20°C Spesifikk elektrolytisk ledn.evne | Kond, µS/cm | Konduktometrisk måling, direktevisende instrument |
| Farge | mg Pt/l | Fotometrisk måling med en standard platinaklorid-løsning som referanse |
| Turbiditet | Turb. FTU | Nefelometrisk måling, Hach turbidimeter 2100 eller 2100 A |
| Kjemisk oksygenforbruk | KOF permanganat, mg O/l | Oppvarming ved 100°C i 20 min. med K ₂ MnO ₄ i surt miljø |
| Ortofosfat | PO ₄ -P, µg/l | Autoanalysator; molybdenblått-metoden med ascorbinsyre som reduksjonsmiddel |
| Totalfosfor | TOT-P, µg/l | Trykkoking (120°C) i 30 min. med kaliumperoksodisulfat i surt miljø, fulgt av bestemmelse som ortofosfat |
| Nitrat (+ nitritt) | NO ₃ -N, µg/l | Autoanalysator; reduksjon i kadmium/kobber-kolonne til nitritt og bestemmelse av dette ved dannelselse av et azofargestoff |
| Totalnitrogen | TOT-N, µg/l | Trykkoking (120°C) i 30 min. med kaliumperoksodisulfat i alkalisk miljø, fulgt av bestemmelse som nitrat |
| Klorid | Cl, mg/l | Autoanalysator; reaksjon med kvikksølv (II) tiocyanat og bestemmelse av frigjort mengde tiocyanat ved kompleksdannelse med jern (III) |
| Jern | Fe, µg/l | Autoanalysator: kompleksdannelse med 2,4,6-tri(2-pyridil-s-triazine) (TPTZ-reagens) |
| Kalsium | Ca mg/l | Atomabsorpsjon |

Tabell 8. Skala for angivelse av mengdemessig forekomst av organismer.

| Betegnelse for forekomst i prøven: | Kvantitetsgruppe: |
|------------------------------------|-------------------|
| Tilstede | + |
| Sjelden | 1 |
| Sparsom | 2 |
| Vanlig | 3 |
| Hyppig | 4 |
| Dominant | 5 |

De kjemiske undersøkelsene ble utført for å gi en beskrivelse av den fremherskende vannkvalitet i vassdragene. Det er nødvendig å ha et godt kjennskap til de kjemiske miljøfaktorer for å kunne vurdere biologiske forhold og organismeutvikling.

Noen kjemiske analyseresultater er sammenstilt i tabellene 9 og 10. Tabell 9 gir en hovedsakelig karakterisering av de hydrokjemiske forhold på vassdragsstrekningen med resultater fra stasjonene Bykil, Valle og Nomelandsmo. Minimumsverdier, aritmetiske middelværdier og maksimumsverdier for viktige parametre er stilt sammen. I tabell 10 er analyseresultatene for prøvetaking sommeren 1979 gjengitt. Disse resultatene gir en detaljert beskrivelse av vannkjemiske forhold på den aktuelle vassdragsstrekning basert på analyser fra ti observasjonssteder.

En regulering av et vassdragssystem medfører dyptgripende endringer av hydrografiske og biologiske forhold. For å vurdere dette nærmere er det viktig å skaffe fram et godt basismateriale som belyser de biologiske systemer i de berørte vassdrag. Et viktig ledd i arbeidet er observasjoner av organismesammensetningen og mengdemessige forekomst. De biologiske prosesser og den mengdemessige utvikling av organismer har betydning for vassdragets brukbarhet for ulike formål (resipient - selvrensing). Små endringer i miljøet kan virke inn på organismesammensetningen artsmessige sammensetning (diversitet) og deres mengdemessige forekomst, ofte før det er mulig å registrere dette på annen måte.

Organismene i et vassdrag fordeler seg mellom samfunn knyttet til et underlag (benthos) og samfunn som lever i de fri vannmasser (plankton og nekton).

Benthiske samfunn er bundet til et bestemt område av vassdraget. Organismene knyttet til disse samfunn, lever omgitt av strømmende vannmasser som varierer i kjemiske og fysiske egenskaper omkring et gjennomsnitt som er karakteristisk for det aktuelle sted i vassdraget. Vassdragets benthos er satt sammen av primærprodusenter (alger og andre planter), konsumenter (dyr) og destruerter (bakterier etc.).

Det vil være en varierende artssammensetning både kvalitativt og kvantitativt, avhengig av miljøforholdene på de ulike avsnitt i vassdraget. Den mengdemessige utvikling av autotrofe og heterotrofe organismer i de benthiske samfunn benyttes ved en vurdering av vannmassenes belastning med forurensninger. Ved siden av dette er den kvalitative sammensetning av samfunnet viktig ved den biologiske bedømmelse av vassdragstilstanden. Det er et omfattende arbeid å fremskaffe et representativt materiale for et vassdrags organismsamfunn og analysere det med kvalitative og kvantitative metoder. Bare en første, grov tilnærming har vært praktisk mulig ved disse undersøkelser. Et utdrag av foreliggende biologiske data er stillt sammen i tabell 11.

7. GENERELT OM VANNKVALITET OG VASSDRAGSREGULERING

Etter Sundborg (1977) kan en vassdragsregulerings innvirkning på naturmiljøet oversiktlig regnes til følgende kategorier:

- Klima (temperatur, fuktighet, tåkefrekvens osv.)
- Vann (vannstand, vannføring og strømningsforhold - isforhold, grunnvann og vannkvalitet)
- Jord (erosjon, transport og sedimentasjon, ispåvirkning osv.)
- Vegetasjon (artssammensetning, sonering osv.)
- Dyreliv (pattedyr, fugl, fisk og hvirvelløse dyr)
- Biologiske prosesser (produksjon, nedbrytning osv.)

Disse innvirkningene på naturmiljøet gjør seg gjeldende lokalt, og de har dessuten fjernvirkninger. Forandringene som vassdragsreguleringen medfører kommer delvis umiddelbart til uttrykk, delvis er det lang-

siktige virkninger som gjør seg gjeldende. Inngrepet i naturforholdene innleder utviklingsforløp som strekker seg over lange tidsrom for vassdragene som blir berørt.

Reguleringen av Otra har påvirket en rekke miljøfaktorer som har utslagsgivende betydning for biologiske forhold i vassdraget. Særlig viktige faktorer er:

- Reduksjon i vannføring
- Vannstandsendringer
- Endrede gjennomstrømningsforhold
- Tørrlegging
- Temperaturpåvirkning og isdannelse
- Grunnvannsinnflytelse
- Forurensningspåvirkning

Vannføringsforholdene i vassdrag har betydning for den fysisk-kjemiske vannkvalitet og for organismelivet som er knyttet til vannforekomsten. I et balansert system er det ikke mulig å endre en faktor uten at det får konsekvenser for andre (Golterman 1975).

Den naturlige økologiske balanse i vassdrag er tilpasset at vannføringen varierer i løpet av året. Et reguleringsinngrep som i større grad endrer vannføringsmønsteret vil medføre markerte forandringer av denne balanse. Hel utjevning av vannføring over året kan gi skadevirkninger i biologisk sammenheng. Reduksjon av naturlige flommer i elver medfører forandringer av miljøforhold med biologiske konsekvenser.

Endringer av vannstanden i vassdrag har betydning for bunnarealenes utstrekning og dermed for selvrensnings- og produksjonsforholdene. Dette har følger for den praktiske bruk av vassdraget, f.eks. i resipient-sammenheng. Produksjonen er igjen bl.a. viktig for fiskens næringsforhold og dermed for fiskeavkastningen. Videre kan fiskens gytemuligheter berøres både ved vannstandsendringer og ved nye strømnings-situasjoner i vassdraget. Endret vannstand medfører endrede lysforhold, som i sin tur påvirker vegetasjonens utvikling og utbredelse. Endring i strømhastighet har stor betydning i denne sammenheng. Økt vannstand sikrer overlevingsmulighetene vesentlig både for alger og høyere vegetasjon som på denne

måte delvis unngår isens og kuldens negative påvirkning. Et karakteristisk trekk er at begroingen av alger samt høyere vegetasjon ofte øker i de vassdrag som er blitt berørt av reguleringsinngrep (Skulberg et al. 1978).

Tidspunkt og varighet av lav vannstand er av stor viktighet for de biologiske forhold i vassdragene. Dette henger nøye sammen med hvordan de fysiske faktorer påvirkes. Oppvarmingen av vannet om sommeren og frost og isvirkninger om vinteren er betydningsfulle i denne forbindelse. Det samme gjelder graden av uttørkning som gjør seg gjeldende.

Ved at vann fra fjellområder (som regel saltfattig smeltevann) i perioder blir holdt tilbake fra vassdrag, vil elvevannet nedstrøms bli sterkere preget av saltrikere grunnvann. Når magasintapping foregår, vil fortynningsvirkninger derimot gjøre seg gjeldende. Grunnvannets betydning for variasjonsmønsteret i vannkvalitet blir gjerne forsterket ved en vassdragsregulering. Innvirkninger på vannets kjemiske egenskaper kan medføre betydelige påvirkninger av vassdragets organismeliv.

Vannets kjemiske sammensetning i berørte innsjøer kan endres ved reguleringsinngrep. Dette har bl.a. sammenheng med vannføringsreglementet (f.eks. magasineringsperioden), varierende vannstand og endrede utløpsforhold (Mellquist 1972). Dette vil ha betydning for utløpsvannets kjemiske kvalitet. Overføring av vann fra et vassdragsavsnitt til et annet, vil ha konsekvenser både for den kjemiske vannkvalitet og for de biologiske forhold.

For vassdrag som blir influert av reguleringer, er det først og fremst forandringene av fortynningsmulighetene og innflytelsen på selvrensningssessene som har betydning for elvenes videre brukbarhet som resipienter. En mindre vannføring i vassdrag betyr en forsterkning av forurensningenes gjødslingsvirkning på vannmassene. Virkningene vil gjøre seg gjeldende både i områder med strømmende vann og i innsjøer. Dette forhold, sammen med at fortynningsmulighetene blir forandret, vil i særlig grad redusere et vassdrags brukbarhet som resipient. Reduserte muligheter for å benytte et vassdrags evne til selvrensning betyr generelt at praktiske tiltak må gjennomføres i større utstrekning for å oppnå tilfredsstillende løsninger av forurensningsproblemene.

I enkelte tilfeller og på visse elvestrekninger kan reguleringsinngrep føre til høyere vannføring. Sett både fra et resipient- og produksjonssynspunkt kan dette være av positiv betydning. Dermed kan ekstreme forurensningssituasjoner i vassdraget unngås, samtidig som f.eks. fiskens oppvekst og livsvilkår kan bedres.

En økt vintervannføring i kombinasjon med en viss temperaturøkning kan i enkelte elver og elveavsnitt - f.eks. i elver med spesielt lav naturlig vintervannføring - bidra til større overlevingsmuligheter for organismer. På denne måte kan vassdragets produksjonskapasitet høynes bl.a. når det gjelder fiske (Lillehammer 1975). Men det kan også innebære større tilgroingsproblemer (Skulberg 1974).

Vannkraftutbygging er under behandling etter gjeldende lovverk. Dette gjelder bl.a. vassdragsreguleringsloven av 1917, vassdragsloven av 1940 og lov om vern mot vannforurensning av 1970.

Det knytter seg mange interesser til et vassdrag, som f.eks. utnyttelse til vannforsyningsformål, resipient for avløpsvann, fløting, biologisk produksjon, energiproduksjon, vitenskapelige og kulturelle verdier m.m. Vassdrag er i natursammenheng en del av landskapet hvor mennesker lever. Bosettingen følger vassdragene, og elver og innsjøer har allsidig bruk i næring og dagligliv.

Vassdraget kan imidlertid ikke tilfredsstille alle bruksområder uten at det får konsekvenser for vannmassenes kvalitet, og uten at økologiske forhold blir forandret. Det er i de fleste tilfeller ikke formulert noen klar målsetting for vassdragene eller om hva som menes med akseptabel vassdragstilstand. Visse holdepunkter foreligger i lover, administrative ordninger og praksis. Men vurderinger om vassdragene angående disse forhold må i betydelig grad bygge på erfaringer og kvalifisert skjønn.

En vassdragsregulering fører til endrede hydrologiske forhold. Disse endringer kan direkte og indirekte påvirke vannkvaliteten i vassdraget slik at forurensning oppstår eller øker i vassdraget. Avhengig av de aktuelle brukerinteressene som knytter seg til vannressursen, vil den endrede forurensningssituasjonen medføre problemer for disse bruker-

interesser i vekslende grad og omfang. Bruken av et vassdrag som resipient lager i seg selv konflikter med andre brukerinteresser. En vassdragsregulering som medfører at lavvannsføringer vil gjøre seg gjeldende over utstrakte perioder vil forsterke slike problemer. Selv om det iverksettes tiltak for å redusere forurensningsbelastningene og dermed virkningene av dem, vil vassdraget fortsatt motta forurensninger som er vanskelige og kostbare å kontrollere. Det er derfor ofte nødvendig som et ytterligere tiltak å slippe vann fra magasiner eller styre vannføring i vassdraget for å sikre en tilfredsstillende vannkvalitet.

8. DISKUSJON AV REGULERINGSVIRKNINGER PÅ VASSDRAGSSTREKNINGEN SARVSFOSEN TIL NOME LANDSMO

Det er bruksinteressene knyttet til vassdraget som setter kvalitetskrav til vannet og skaper behov for tilstrekkelige mengder med vann på de forskjellige elvestrekninger. For Otra er det ikke laget noen utredning om sammenheng mellom brukerinteresser og fordringer til vassdraget.

De mest utpregede forurensningsvirkninger i sammenheng med reguleringen av Otra oppstår i de deler av vassdraget som får en varig vannføringsreduksjon. Vannmassenes fortynnende virkning og det strømmende vanns selvrensningsevne (selvrensningsskapasitet) er nedsatt i mer eller mindre grad alt etter restvannføringen. De forurensende utslipp til elvestrekningene med redusert vannføring vil få øket effekt ved at konsentrasjonen av de forurensende stoffene tiltar. Dette gir igjen biologiske forandringer i vassdraget som er uønsket og skadelige for ulike brukerinteresser. På vassdragsstrekninger med redusert vannføring vil vanntemperaturen få stor betydning for den videre forurensningsutvikling. Høyere temperatur på ellevannet om sommeren vil kunne forsterke forurensningsvirkninger, f.eks. fremme begroing med alger. Om vinteren vil vanntemperaturen synke raskere enn før regulering. Dette kan medføre frost- og isproblemer for organismelivet på de elvestrekninger det gjelder.

Vassdragsreguleringen knyttet til full utbygging av Otra-vassdraget (Industridepartementet 1974) medfører fundamentale endringer av nedbørfelt og

vannforhold på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo (fig. 6). Mer enn 70% av det opprinnelige nedbørfelt kommer innenfor reguleringsgrensene. I figurene 7-10 er det gjengitt kartskisser som viser de sprangvise reduksjoner som finner sted i det aktuelle nedbørfelt områder med kraftutbyggingen. Dette innebærer både kvantitative og kvalitative konsekvenser for vannmassene i Otra på den aktuelle strekning. Det er relativt vannrike deler av det opprinnelige nedbørfelt som blir tatt bort, samtidig representerer de overførte områdene gjennomgående den minst sivilisatorisk påvirkede del av nedbørfeltet med vannforekomster i tilnærmet naturtilstand (fig. 10).

Konsentrasjonen av fosfor- og nitrogenforbindelser i vannmassene kan beregnes etter likningen:

$$T = K \cdot v$$
$$k = \frac{T}{v}$$

| | |
|-------------------|-------------------|
| T = tilførsler | tonn/år |
| k = konsentrasjon | µg/l |
| v = vannføring | m ³ /s |

De vassdragsreguleringer som er foretatt fører til at fosforbidragene fra de regulerte delene av nedbørfeltet ikke tilføres hovedvassdraget. Planimetrying på kart i målestokk 1:325.000 tilsier at omlag 1170 km² er regulert vekk ned til Brokke. Dette betyr bl.a. følgende konsekvenser for belastningsforholdene:

| | |
|--|---------------|
| Fosfor - tilførsel fra det totale nedbørfelt | 12,55 tonn/år |
| Fosfor - tilførsel fra regulert nedbørfelt | 7,02 tonn/år |
| Fosfor - tilførsel fra restnedbørfelt | 5,53 tonn/år |

| | | | |
|-----------------------------|------------------------|-------------|---|
| Vannføring før regulering | 78 m ³ /s | tilsvarende | 2460 · 10 ⁶ m ³ /år |
| Vannføring etter regulering | 18,6 m ³ /s | tilsvarende | 587 · 10 ⁶ m ³ /år |

Fosforkonsentrasjonen

$$\text{Før regulering} \quad \frac{12,55 \text{ tonn/år}}{2460 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}} = 5,1 \text{ } \mu\text{g P/l}$$

$$\text{Etter regulering} \quad \frac{5,53 \text{ tonn/år}}{587 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}} = 9,3 \text{ } \mu\text{g P/l}$$

Ved bruk av samme belastningsverdier, men årlig avløp etter Ræstad et al. 1978, vil fosforkonsentrasjonen etter full utbygging bli ennå større.

De utførte vassdragsundersøkelser viser at det ble funnet verdier for fosforforbindelser i vannmassene i konsentrasjonsområdet 3 - 14 $\mu\text{g P/l}$ i juli 1979 (tabell 10, figur 11). Tilsvarende observasjoner for nitrogenforbindelser viser verdier i konsentrasjonsområdet 150 - 350 $\mu\text{g N/l}$ (tabell 10, figur 12). De kjemiske analyseresultater indikerer at fosfor er begrensende faktor blant plantenæringsstoffene for produksjon av begroingsalger, og dette understøttes også av tidlige utførte vekstforsøk med testalger (NIVA 1978) i den aktuelle vanntype. Fosforbidragene som forårsaker forurensningsvirkninger skyldes hovedsakelig menneskelige virksomheter i nedbørfeltene. Ethvert fosfortilskudd til oligotrofe, fosfattige resipienter vil øke primærproduksjonen (begroing, algevekst). Selv bidrag under 1 $\mu\text{g P/l}$ vil kunne gi betydelige utslag.

I tabell 11 er det laget en skjematisk oversikt over effekten på natur- og miljøforhold i vassdraget influert av vassdragsreguleringen. Sammenstillingen er ikke fullstendig, men hovedtrekkene av påvirkninger er tatt med. Det er forskjellige konsekvenser for vassdraget i områder med mer stilleflytende vann sammenliknet med i strykområdene. Samtlige angitte effekter opptrer ikke på alle lokaliteter, og deres styrke og betydning kan variere innenfor vide grenser.

Det er bygget 17 terskeldammer på elvestrekningen som behandles, og det er krav om flere nye (sivilingeniør Lindboe A/S 1978, Ræstad et al. 1978).

Terskeldammens betydning for de biologiske og vannhygieniske forhold i Øvre Otra er ikke tilstrekkelig undersøkt. Observasjonene i 1979 gir holdepunkter for at det finner sted utvikling av uheldige forhold vurdert i vannkvalitetsmessig sammenheng (biologisk og kjemisk). Omfang, hastighet og betydning av disse prosesser trenger avklaring. For å kunne foreta et stell av terskeldammene, opprensninger og motvirke kritiske forurensningssituasjoner, er det nødvendig å fremskaffe et naturfaglig kunnskapsgrunnlag om terskeldammene for formålet. Skadelige virkninger for vassdraget som resipientsystem og for almene interesser kan eventuelt reduseres gjennom en riktig bruk av terskeldammene (Mellquist 1976). Dette finner ikke sted under de rådende forhold hvor terskeldammene er overlatt nærmest til vilkårligheter.

Tabell 11. Reguleringsvirkninger på vassdragsstrekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo.

| Bassengområder | |
|---------------------------------|--|
| <u>Faktorer:</u> | <u>Virkninger:</u> |
| Reduksjon i vannføring | Forringet vannkvalitet |
| Endret gjennomstrømningsforhold | Tiltakende eutrofiering |
| Endret partikkeltransport | Nedslamming og tilgroing |
| Stabile vannstandforhold | Større påvirkning av hygieniske forurensninger |
| Nedsatt varmekapasitet | Økte temperaturvariasjoner |
| Økt islegging | |

| Strykområder | |
|--------------------------|--|
| <u>Faktorer:</u> | <u>Virkninger:</u> |
| Reduksjon i vannføring | Forringet vannkvalitet |
| Endret flomforhold | Større påvirkning av hygieniske forurensninger |
| Økt næringskonsentrasjon | Tiltakende begroing |
| Nedsatt varmekapasitet | Rentvannssamfunn avtar i forekomst |
| Risiko for bunnfrysing | Økt dannelse av sarr og bunnis |

9. SAMMENFATTENDE VURDERING

- En rekke miljøfaktorer som har utslagsgivende betydning for vannkvalitet og biologiske forhold i vassdraget blir påvirket av reguleringen som full utbygging av Øvre Otra innebærer. De utførte undersøkelser og beregninger basert på registreringer av virksomheten i nedbørfelt, viser at det vil gjøre seg gjeldende høyere konsentrasjon av forurensende stoffer og en tiltakende forekomst av organismer som følger urent vann på strekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo. Vassdraget har på dette avsnitt fått redusert bæreevne til å tåle forurensningsbelastning.

- Naturlige flommer på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo blir sterkt redusert i størrelse og blir unntaksvise foreteelser. Samspill mellom fysiske, kjemiske og biologiske miljøfaktorer vil medføre eutrofiering og tilslamming på vassdragsavsnitt med stilleflytende vannmasser. Disse forhold er tydelig under utvikling, og vil gjøre seg gjeldende i større omfang og intensitet i tiden som kommer.

- På vassdragsavsnitt med praktisk talt tørrlegging er det av vannkvalitetsmessige grunner behov for minstevannføring. Størrelsen av minstevannføring bør faglig avklares.

- Problemstillingene knyttet til vannkvalitet og biologiske forhold i terskeldammene i Øvre Otra trenger en rask avklaring. I manøvreringsreglementet (pkt. B 3) inngår muligheter for bruk av kunstige flommer til å motvirke forurensningssituasjoner i vassdraget. I regulerings-tillatelsen (pkt. 20) er det medtatt forholdsregler om stell av terskeldammer (grunndammer). Vurderingen av disse problemene bør bli gjort i en faglig sammenheng hvor problemer som angår bl.a. hydrologi, fiskeribiologi og resipientforhold inngår. Det vil være nødvendig å gjennomføre undersøkelser slik at terskeldammene kan benyttes mest mulig ut fra de forhold som er rådende på vassdragsstrekningen.

10. HENVISNINGER

BIRKELAND, B.J.: Mittel und Extreme der Lufttemperatur.

Geofysiske Publikasjoner Vol. XIV. No. 1. Utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, pp. 1-155, 1935.

BOE, CARL A.: Om isforholdene på elvestrekningen Sarvsfossen -
Nomelandsmo.

Redegjørelse fra issakkyndige, Bodø 13. januar 1979.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT: Nedbøren i Norge 1895-1943.

Middelverdier og maksima. Pp. 1-114, Oslo 1949.

GOLTERMAN, H.L.: Physiological limnology.

Amsterdam 1975

INDUSTRIDEPARTEMENTET: Om tillatelse for Otteraaens Brugseierforening
til å foreta ytterligere regulering og overføringer i Otravassdraget,
og tillatelse for I/S Øvre Otra til erverv av fallrettigheter.

St. prp. nr. 140 (1973-74). Oslo, 3. mai 1974.

LILLEHAMMER, A.: Viktige sider ved laksens oppvekstmiljø i elvene.

Fauna 28, pp. 8-15, Oslo 1975.

Siv.ing. LINDBOE A/S: Generell vurdering av ulemper i forbindelse med
utbygging av Brokke II.

Valle kommune ved advokat Bryge I/S Øvre Otra.

3135/OK, Kristiansand, april 1978.

MELLQUIST, P.: Statistiske analyser av pH-data fra Sira-Kvina-vassdragene.

VN-rapport: 1-72, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Oslo 1972.

MELLQUIST, P.: Tersklernes innvirkning på biologiske forhold i regulerte
vassdrag.

NVE - Vassdragsdirektoratet 1976.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Notat til Interessentskapet Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget. O-198/72 Blindern, november 1972.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. O-198/72 Blindern, desember 1973.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Program for vassdragsundersøkelser i forbindelse med kraftutbygging i Otra. O-198/72 Blindern, januar 1976.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Hartevatn og regulering av Øvre Otra. O-133/77 Blindern, 3. mars 1978.

RÆSTAD, E. og ØSTVOLD, E.: 3974 Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 1, Utbyggingsvirkninger i magasinene 31. mars 1978.

RÆSTAD, E. og ØSTVOLD, E.: 7074 Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 3, Utbyggingsvirkninger på strekningen Sarvsfossen-Nomelandsmo 20. desember 1978.

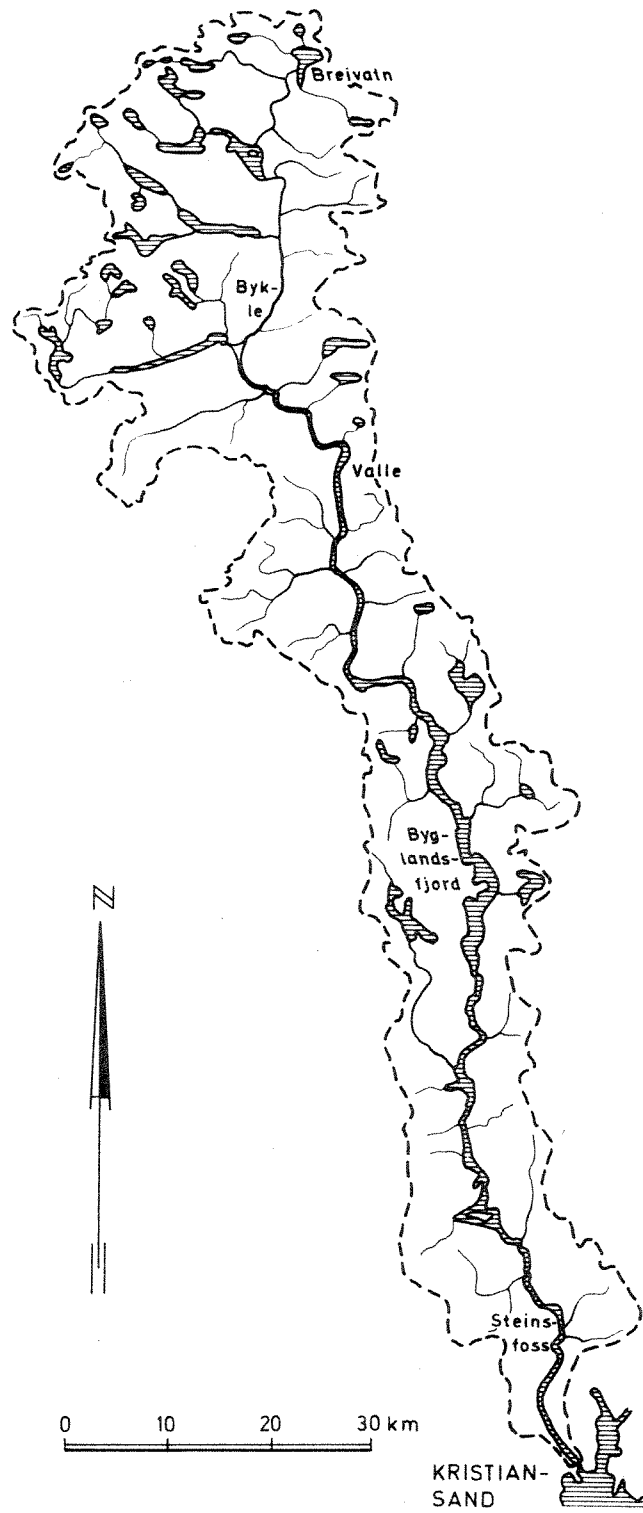
SKULBERG, O.M.: Biologiske metoder for forurensningsundersøkelser. Norsk institutt for vannforskning. Blindern 1959.

SKULBERG, O.M.: Begroing i norske vassdrag, virkninger av regulering. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1973, pp. 27-37, Oslo 1974.

SKULBERG, O.M. og KOTAI, J.: Miljøfaktorer og algeutvikling i strømmende vann - noen observasjoner av innvirkningene av vassdragsreguleringer på begroingsforhold i Glåma i Østerdalen. Norsk institutt for vannforskning 1977, Oslo 1978.

SUNDBORG, Å.: Älv, kraft, miljö. Vattenkraftutbyggnadens miljöeffekter. Naturgeografiska institutionen, Uppsala universitet och Statens naturvårdsverk, Stockholm. Motala 1977.

Fig.1. Otra med nedbørfelt.



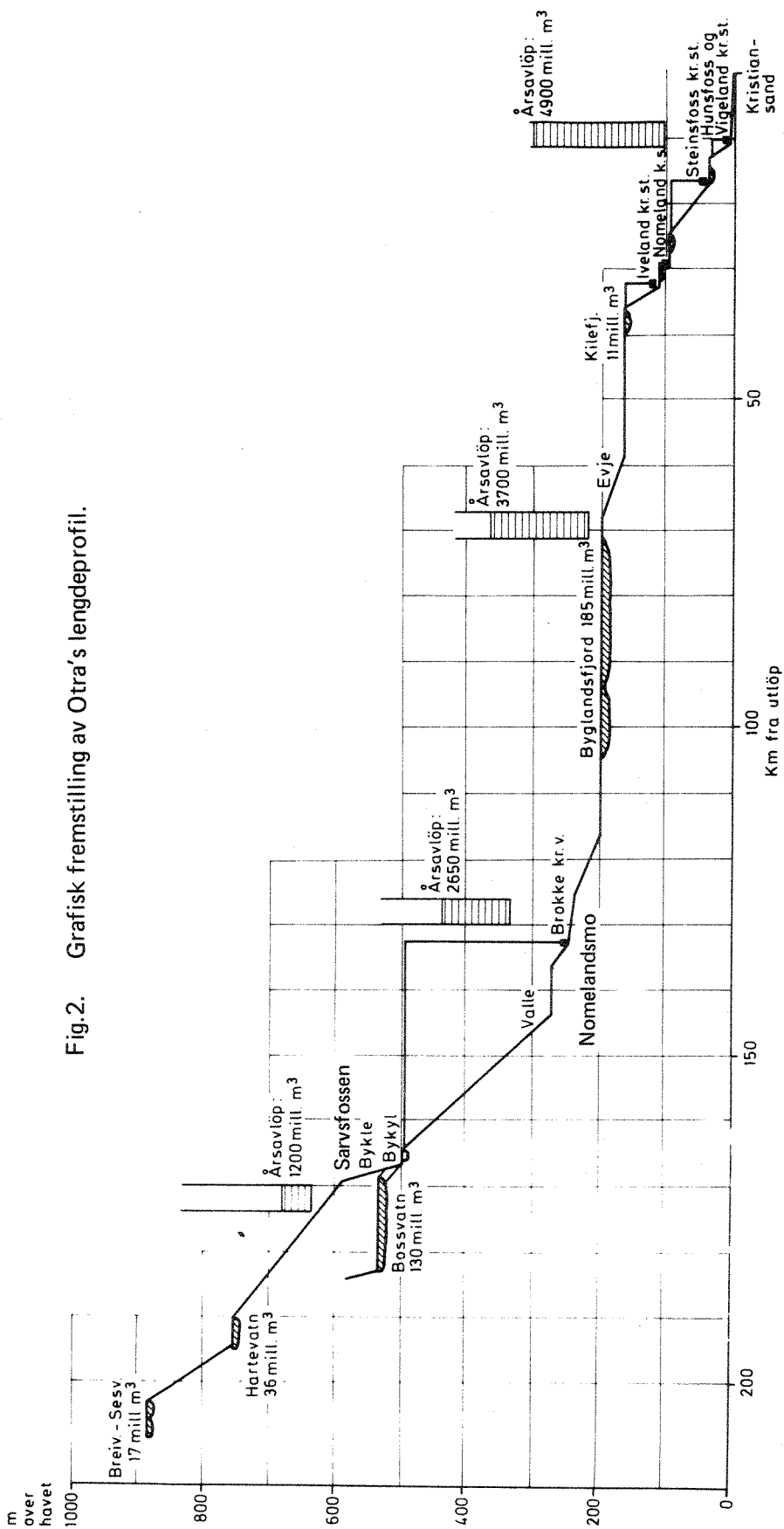


Fig.2. Grafisk fremstilling av Otrá's lengdeprofil.

Fig. 3. Vannføring - midlere årlig varighetskurve for Vm. 535 Hoslemo.

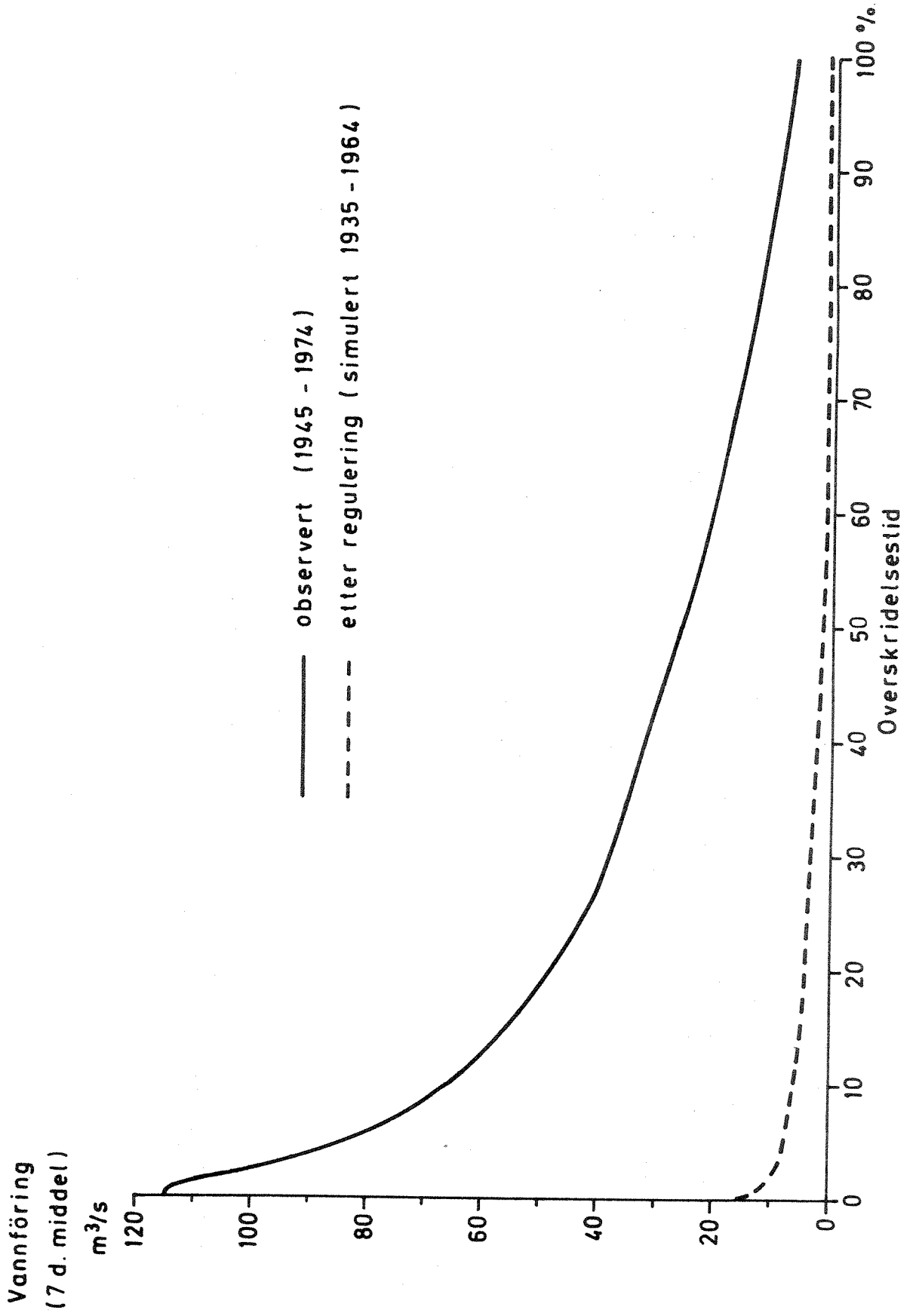


Fig. 4. Vannføring i Otra ved Vm. 536 Valle.

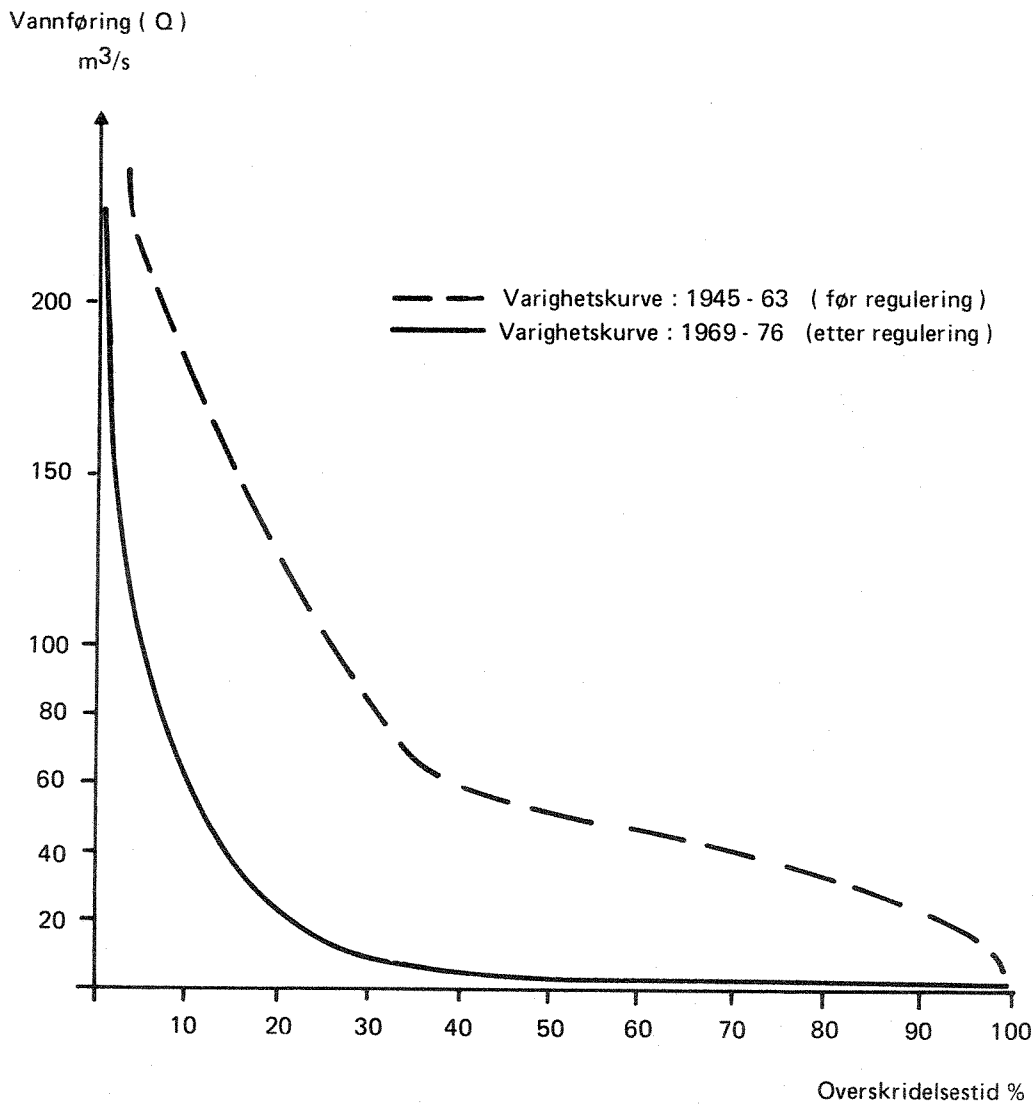


Fig. 5. NIVA's prøvetakingssteder i perioden 1976 - 1977 og 1979.

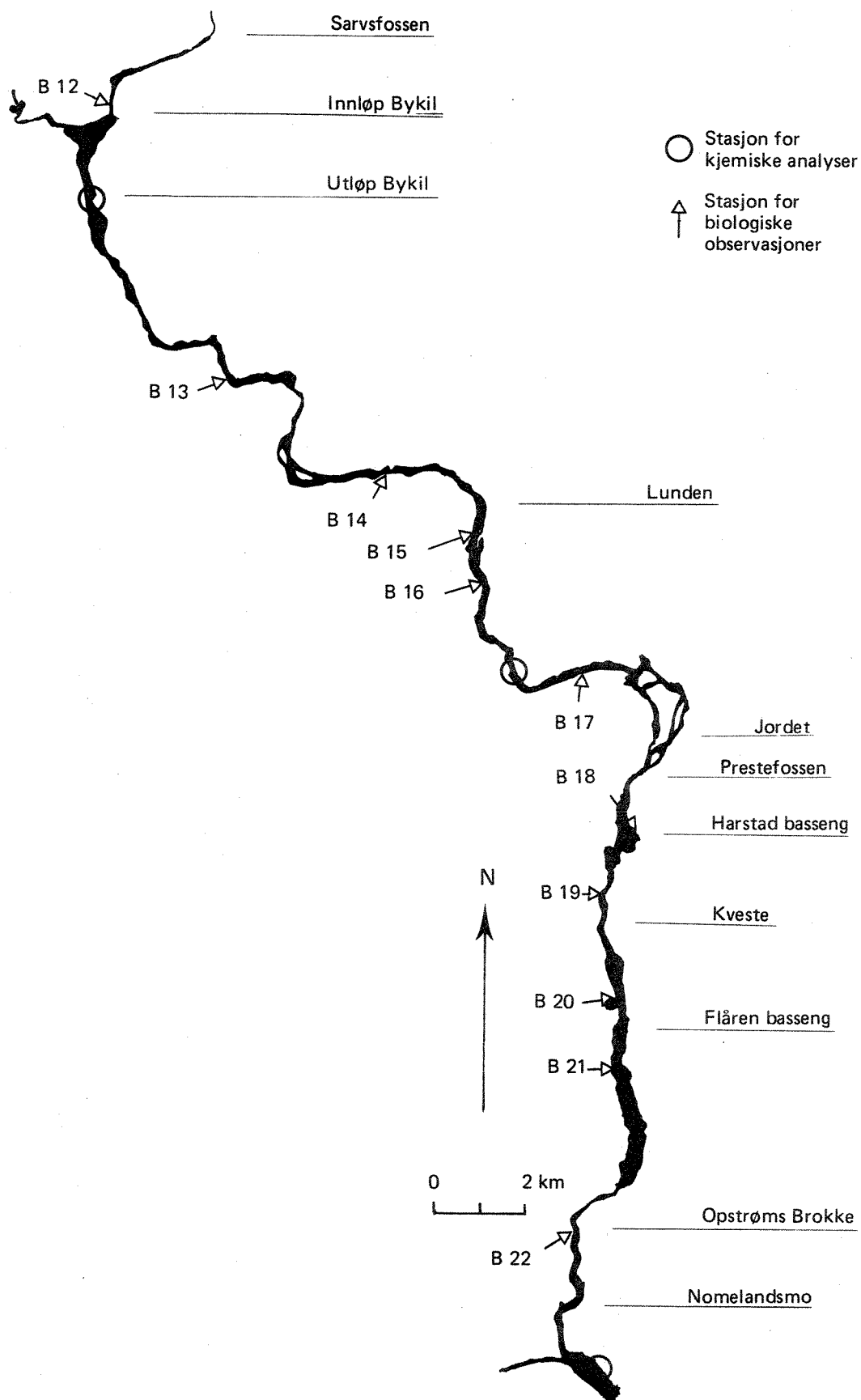
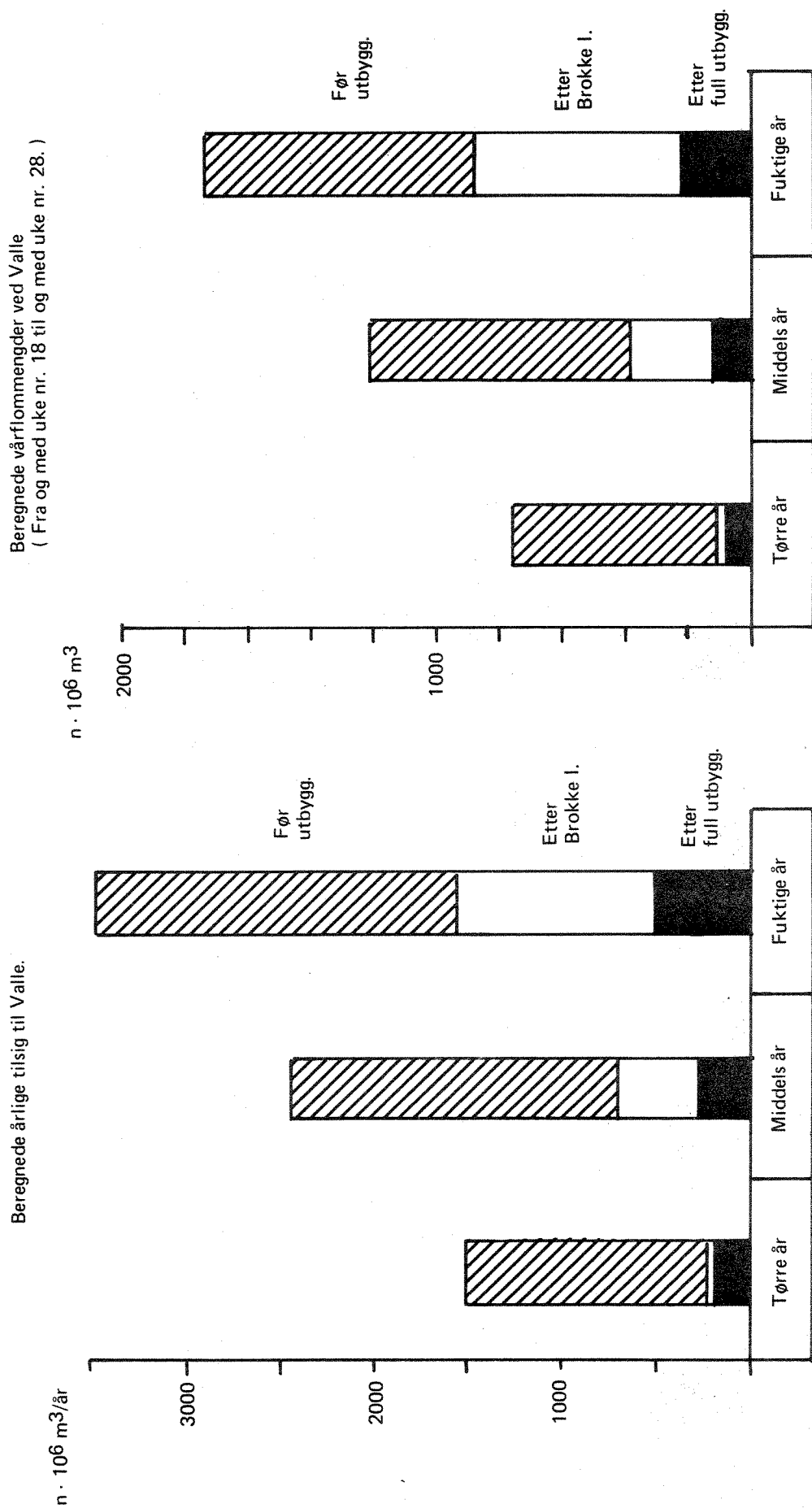


Fig. 6. Endringer i hydrologiske forhold. (Etter Ræstad, Redgjørelse nr. 3, 20. des. 1978.)



Hydrologiske forhold før utbygging : Naturlig vannføring. Naturlig flomforløp.

Hydrologiske forhold etter Brokke I : Sterkt minsket vannføring. Minskert flomforløp.

Hydrologiske forhold etter full utbygging : Sterkt minsket vannføring. Sterkt minskert flomforløp.

Fig. 7. Opprinnelig nedbørfelt.

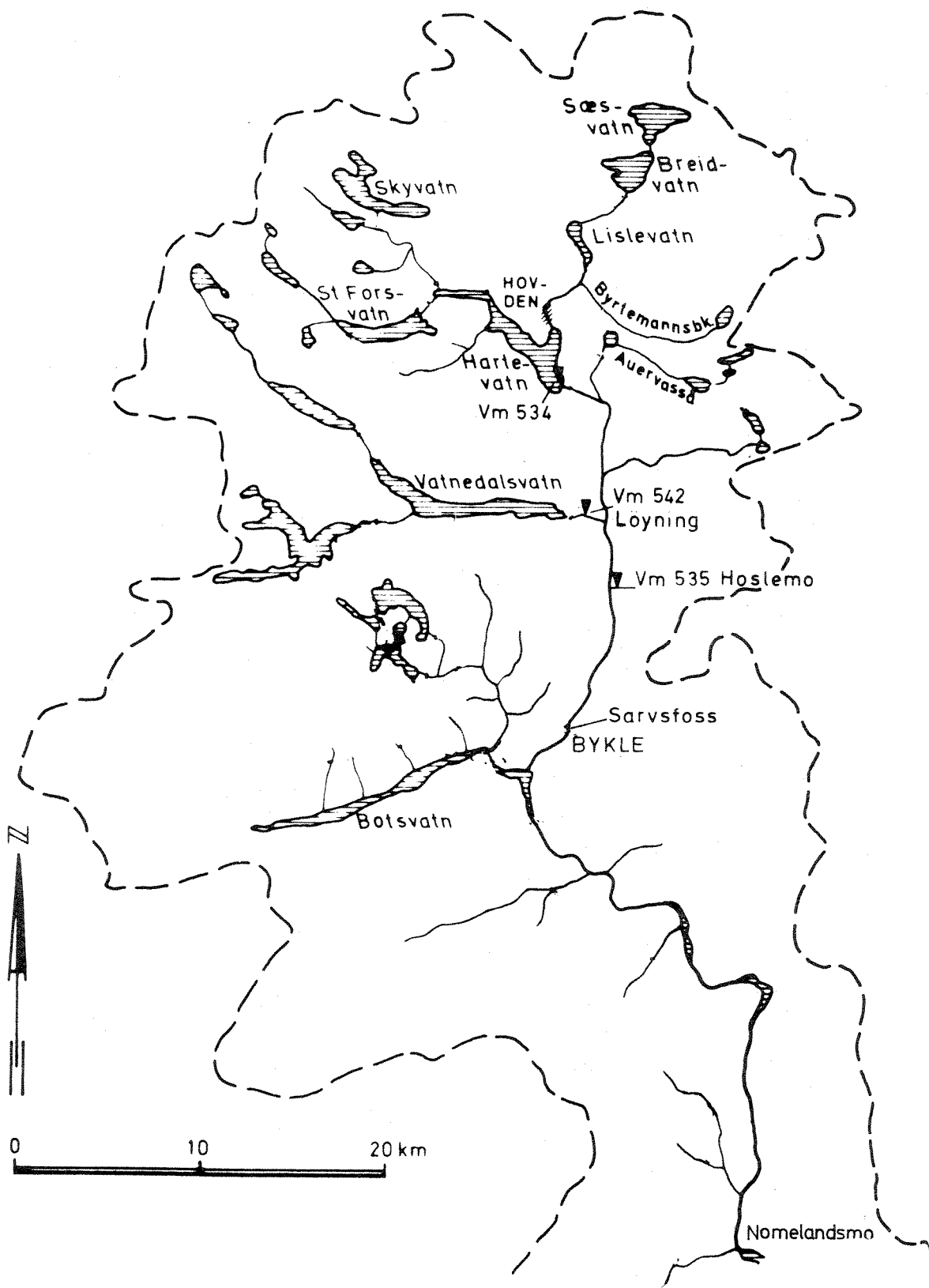


Fig. 8. Nedbørfelt etter Brokke I.

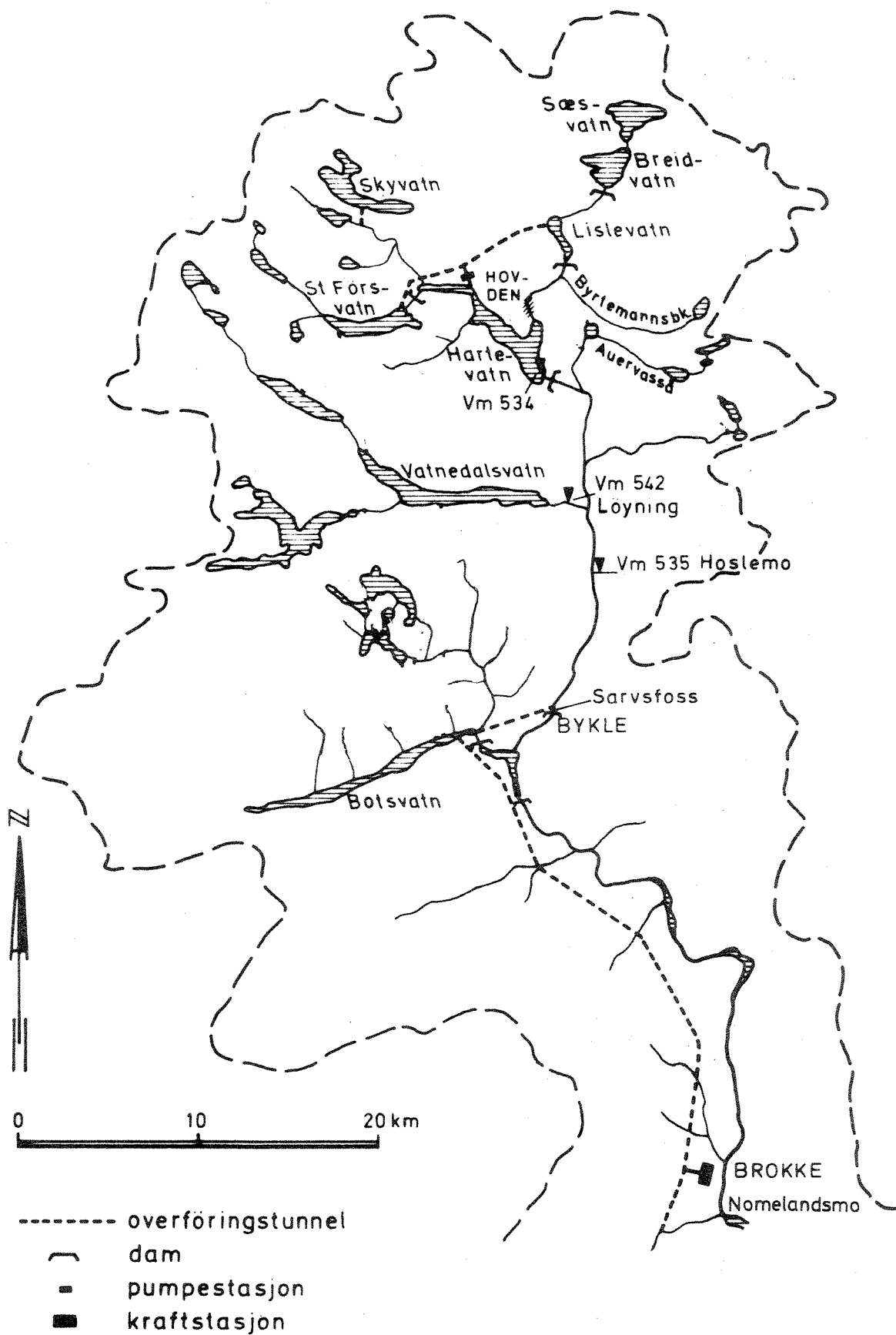


Fig. 9. Nedbørfelt etter Brokke II.

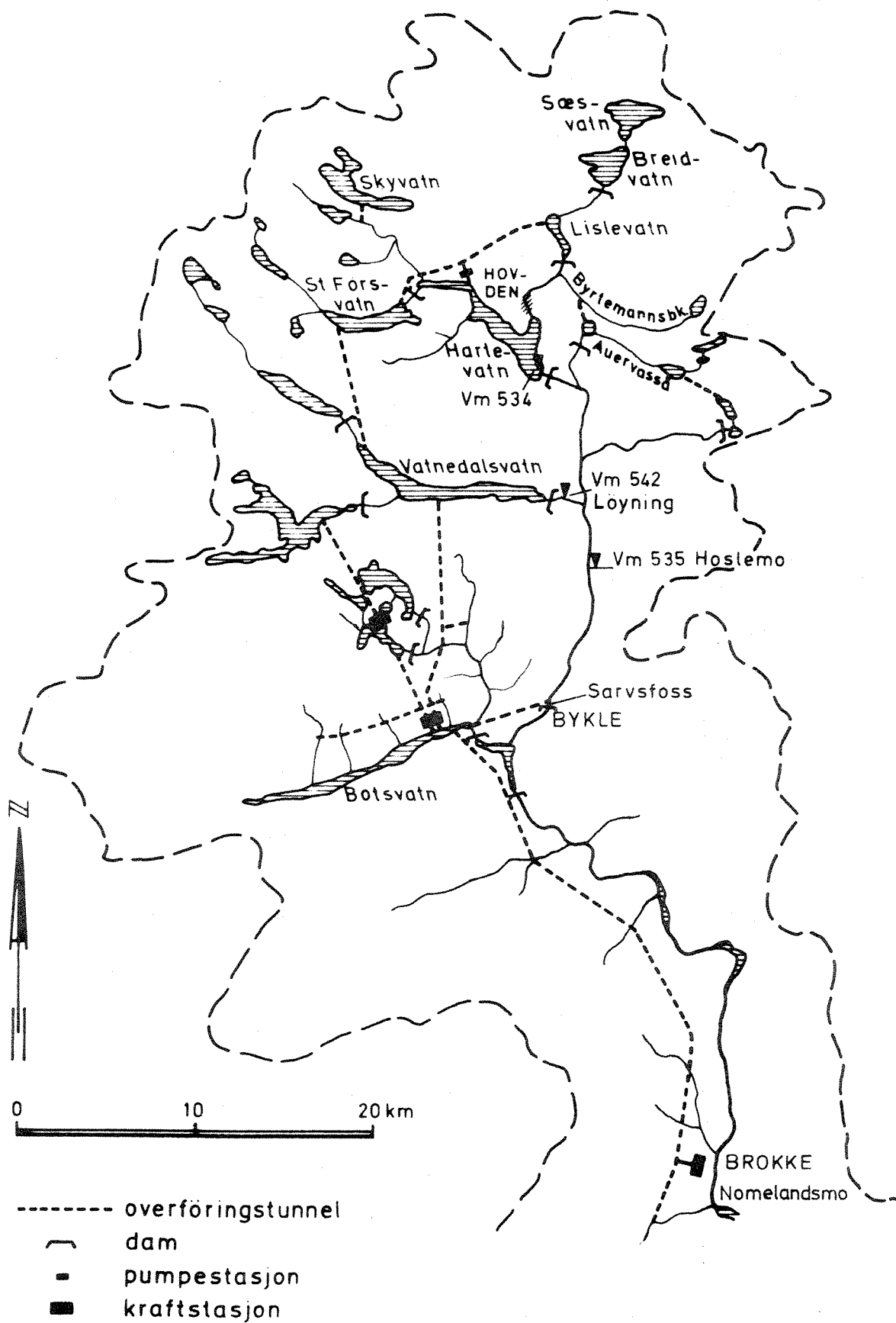


Fig. 10. Reelt nedbørfelt etter full utbygging.

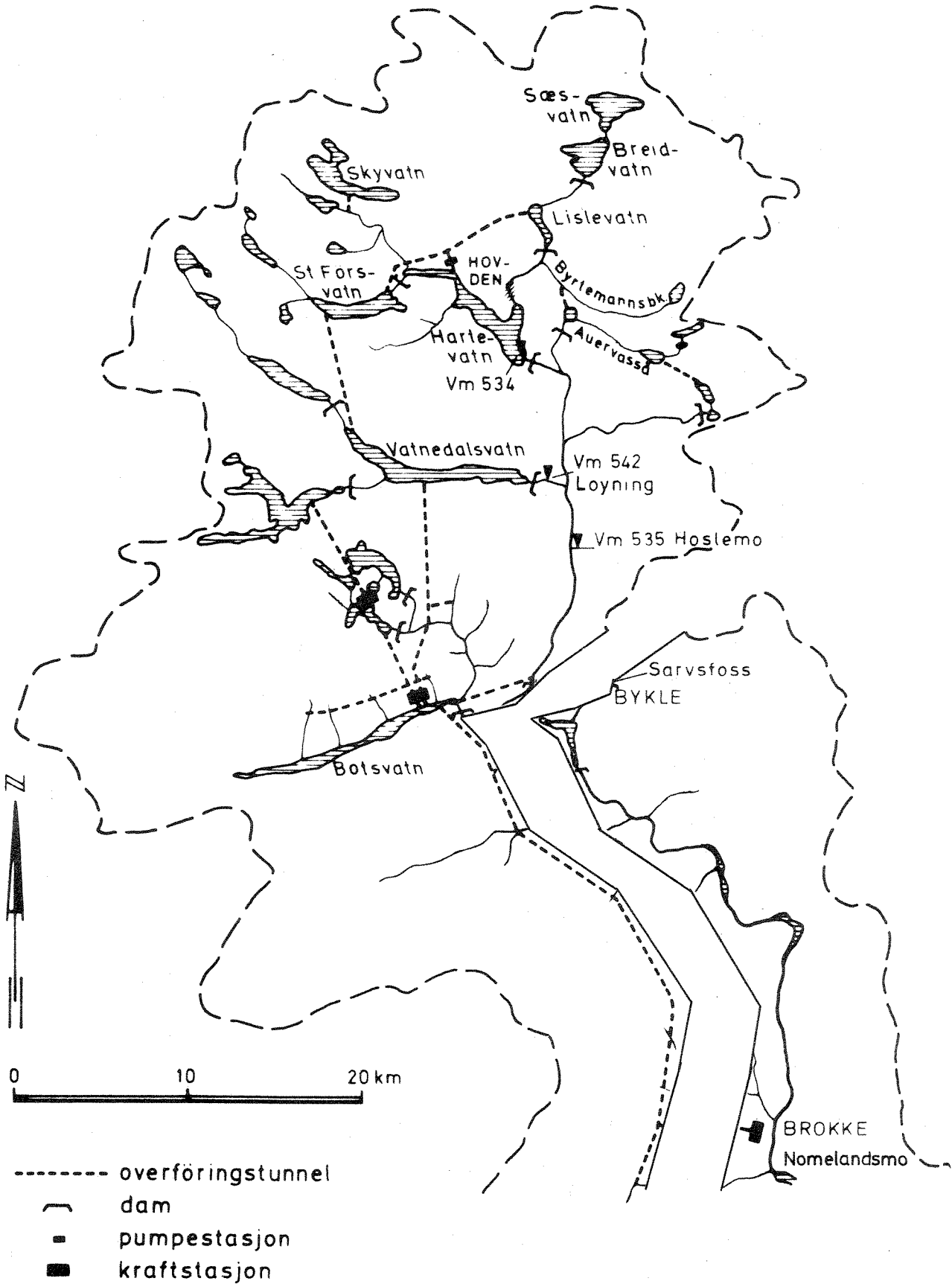


Fig. 11. Grafisk fremstilling av observerte fosforkonsentrasjoner.

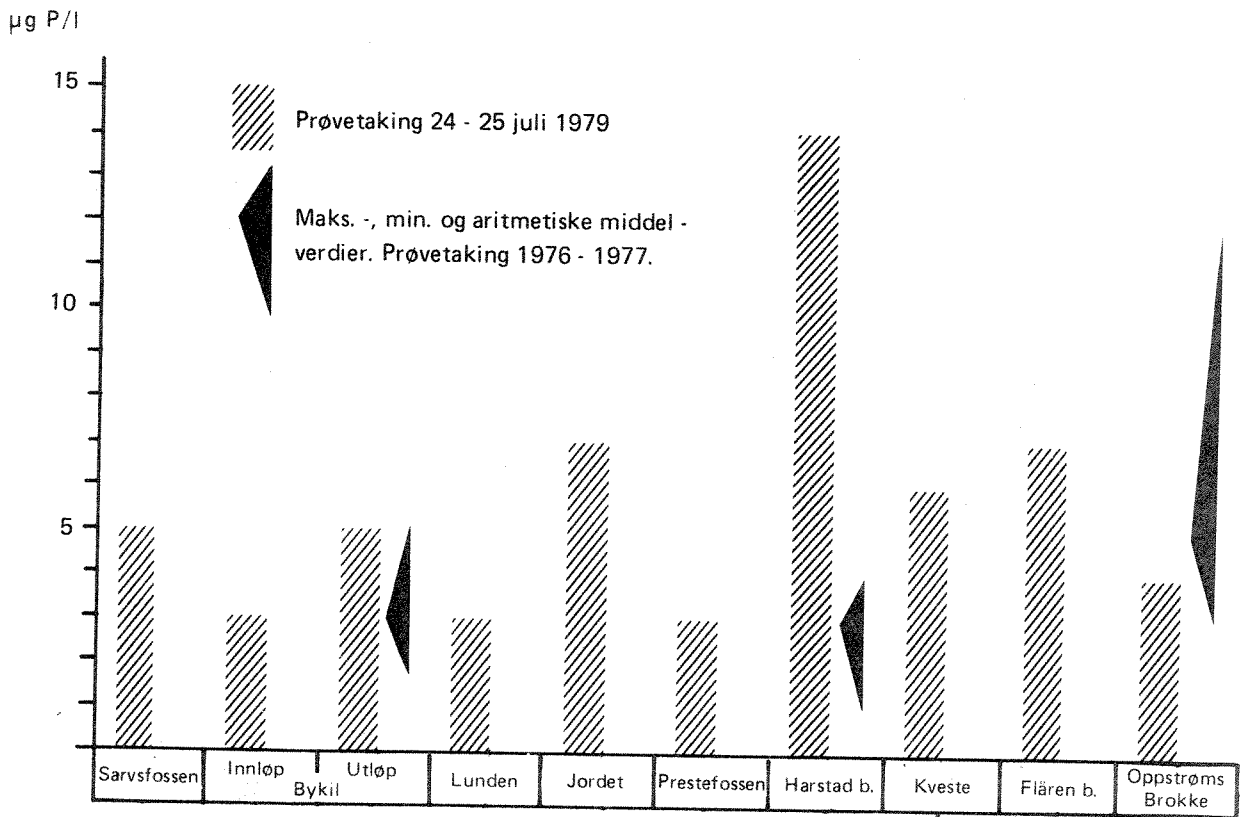
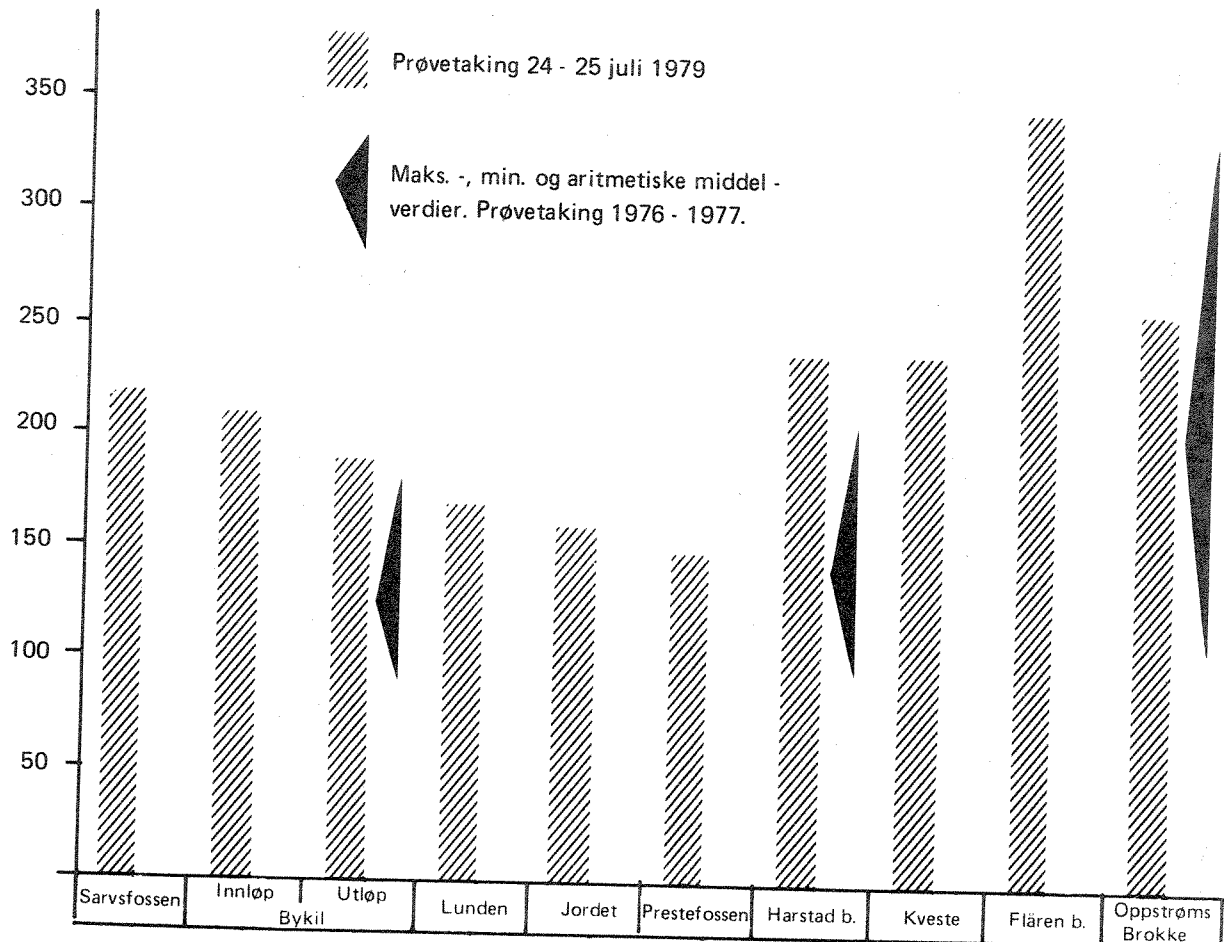


Fig. 12. Grafisk fremstilling av observerte nitrogenkonsentrasjoner.



Tabell 2. Jord- og skogbruk, annet areal.

| Del- felt | Skogareal (km ²) | | Dyrka mark (km ²) | | Annet areal (km ²) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | I del- feltet | Pluss del- felt opp- strøms | I del- feltet | Pluss del- felt opp- strøms | I del- feltet | Pluss del- felt opp- strøms |
| I | 2,2 | - | 0,4 | - | 448,9* | - |
| II | 20,0 | 22,2 | - | 0,4 | 303,2 | 752,1 |
| III | 20,0 | 42,2 | 0,6 | 1,0 | 25,3 | 777,4 |
| IV | 16,1 | 58,3 | 0,9 | 1,9 | 420,3 | 1.197,7 |
| V | 40,2 | 98,5 | 2,3 | 4,2 | 316,1 | 1.513,8 |
| VI | 37,7 | 136,2 | 6,9 | 11,1 | 96,9 | 1.610,7 |

* Uten regulering.

Tabell 3. Fast bosetting og rensetiltak.

| Delfelt | Antall fastboende | | Antall tilkn. offentlig renseanlegg | Type rense- anlegg | Merknader |
|---------|-------------------|----------------------------|---|-----------------------------------|---|
| | I delfeltet | Pluss delfelt oppstrøms | | | |
| I | 80 | | 50 | Slamskiller | Planlagt mek.-kjem. anlegg for 3.000 p.e. |
| II | 30 | 110 | | | |
| III | 80 | 190 | | | |
| IV | 250 | 440 | 100 | Aktivslamanlegg (biologisk) | Avløpet fra renseanlegg føres til tunnel Sarv.-Bossvatn |
| V | 220 | 660 | 0 | | |
| VI | 640 | 1.300 | 350 | Biol.kjemisk (simultanfelling) | Anlegget dimensjonert for 600 p.e. |

Tabell 4. Hotelldrift, hytter, campingplasser.

| Delfelt | Sengeplasser hotell | | | H y t t e r | | | Campingplasser (eksisterende) | |
|---------|---------------------|----------|--------|-------------|----------|--------|----------------------------------|------|
| | Eksist. | Planlagt | Utbygd | Eksist. | Planlagt | Utbygd | Hytter | Telt |
| I | 365 | 300 | 665 | 404 | 295 | 699 | 30 | 15 |
| II | - | - | - | 169 | 197 | 366 | - | - |
| III | - | - | - | 112 | 338 | 450 | 5 | 20 |
| IV | 95 | - | 95 | - | - | - | 17 | 20 |
| V | - | - | - | 245 | 18 | 263 | 60 | 135 |
| VI | 85 | - | 85 | - | - | - | 52 | 140 |

Tabell 5. Teoretisk beregnet fosforbelastning i tonn pr. år.

| Delfelt | Strekning, område | I delfeltet | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|---------|---------------------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | | Dagens situasj. | Med full utbygg. | Dagens situasj. | Med full utbygg. |
| I | Hovden, Breive | 3,19 | 2,98 | - | - |
| II | Hartevatn-Løyningså | 2,02 | 2,08 | 5,21 | 5,06 |
| III | Løyningså-Hoslemo | 0,39 | 0,50 | 5,60 | 5,56 |
| IV | Hoslemo-Bykle | 2,88* | 2,91* | 8,48 | 8,47 |
| V | Bykil-Dale | 2,52 | 2,52 | 11,00 | 10,99 |
| VI | Dale-Brokke | 1,55 | 1,55 | 12,55 | 12,54 |

* Vel 2% av tilførslen føres til tunnel Sarv.-Botsvatn.

Merknad:

Anslagene for "full utbygging" gjelder bare dersom alle husstander tilkoplek kjemisk fellingsanlegg og at renseanlegg fungerer optimalt. Dersom renseanlegget ikke fungerer, vil totalbelastningen av fosfor ligge vesentlig høyere.

Tabell 6. Teoretisk beregnet nitrogenbelastning i tonn pr. år.

| Delfelt | Strekning, område | I delfeltet | | Pluss delfelt oppstrøms | |
|---------|---------------------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | | Dagens situasj. | Med full utbygg. | Dagens situasj. | Med full utbygg. |
| I | Hovden, Breive | 57,17 | 57,24 | - | - |
| II | Hartevatn-Løyningså | 41,30 | 41,80 | 98,47 | 99,04 |
| III | Løyningså-Hoslemo | 8,78 | 9,61 | 107,25 | 108,65 |
| IV | Hoslemo-Bykle | 57,12 | 57,24 | 164,37 | 165,89 |
| V | Bykil-Dale | 53,42 | 53,46 | 217,79 | 219,35 |
| VI | Dale-Brokke | 37,28 | 37,28 | 255,07 | 256,63 |

Tabell 9. Karakterisering av hydrokjemiske forhold.
Prøvetaking: 1976 - 1977

| Lokalitet | Surhetsgrad | | Spes. el. ledn. evne 20°C | | Farge | | Turbiditet | | Fosforkomp. | | Nitrogen komp. | | Kjem. oks. forbr. | |
|---------------------------|-----------------|----|---------------------------|-------|-----------------|---------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|
| | min. mid. maks. | pH | min. mid. maks. | µS/cm | min. mid. maks. | mg Pt/l | min. mid. maks. | F.T.U. | min. mid. maks. | µg P/l | min. mid. maks. | µg N/l | min. mid. maks. | mg O/l |
| Utløp Bykil | 5,7 5,9 6,0 | | 10 11 13 | | 5 10 22 | | 0,2 0,5 0,9 | | 2 3 5 | | 90 126 180 | | 0,5 1,9 5,9 | |
| Valle | 5,7 6,0 6,4 | | 12 16 20 | | 1 9 30 | | 0,2 0,3 0,4 | | 1 3 4 | | 100 143 200 | | 0,7 4,0 12,0 | |
| Oppstrøms Brokke Kraftst. | 5,4 6,0 6,4 | | 13 19 24 | | 1 17 72 | | 0,2 0,4 0,8 | | 3 5 11 | | 110 206 330 | | 0,6 2,3 7,0 | |

Tabell 10. Hydrokjemiske analyseresultater ved prøvetaking 24.-25. juli 1979.

| Lokalitet | Surhetsgrad | | Spes. el. ledn. evne 20°C | | Farge | | Turbiditet | | Fosforkomp. | | Ortofosfat | | Nitrogenkomp. | | Kjem. oks. forbr. | |
|-------------------------------|-----------------|----|---------------------------|-------|-----------------|---------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|
| | min. mid. maks. | pH | min. mid. maks. | µS/cm | min. mid. maks. | mg Pt/l | min. mid. maks. | F.T.U. | min. mid. maks. | µg P/l | min. mid. maks. | µg P/l | min. mid. maks. | µg N/l | min. mid. maks. | mg O/l |
| Sarvsfossen | 6,7 | | 10 | | 4 | | 0,4 | | 5 | | 1 | | 220 | | 1,3 | 0,6 |
| Innløp Bykil | 6,4 | | 11 | | 3 | | 0,2 | | 3 | | <1 | | 210 | | 1,3 | 0,5 |
| Utløp Bykil | 6,3 | | 12 | | 10 | | 0,3 | | 5 | | <1 | | 190 | | 1,4 | 1,7 |
| Lunden | 6,4 | | 13 | | 8 | | 0,2 | | 3 | | <1 | | 170 | | 1,4 | 1,4 |
| Jordet | 6,4 | | 15 | | 7 | | 0,3 | | 7 | | 2 | | 160 | | 1,5 | 1,4 |
| Prestefossen | 6,4 | | 15 | | 5 | | 0,2 | | 3 | | 1 | | 150 | | 1,5 | 1,4 |
| Harstadbasseng | 6,4 | | 17 | | 8 | | 0,3 | | 14 | | <1 | | 240 | | 1,7 | 1,3 |
| Kveste | 6,4 | | 16 | | 8 | | 0,4 | | 6 | | 1 | | 240 | | 1,6 | 1,4 |
| Flårebasseng | 6,3 | | 17 | | 10 | | 0,4 | | 7 | | 2 | | 350 | | 1,7 | 1,5 |
| Oppstrøms Brekke Kraftstasjon | 6,3 | | 16 | | 10 | | 0,4 | | 4 | | 1 | | 260 | | 2,3 | 1,5 |

Tabell 12. Algeforekomst i begroingsprøver.

Stasjonsbetegnelse - se fig. 5

Kvantitetsangivelse - se side 19

| Gruppe/art | B13 | B14 | B15 | B16 | B18 | B19 | B21 | B22 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stasjon | | | | | | | | |
| BLÅGRØNNALGER | | | | | | | | |
| Homoeothrix nordstedtii var. salisburgensis (Beck) Komárek & Kann. | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | | |
| Lyngbya Agardh sp. (3-5 µm) | 1 | | | | | | | |
| Oscillatoria Vaucher spp. | | | | | | 1 | | |
| Plectonema Thur.ex Gom. sp. | 4 | 3 | 2 | | | | | 2 |
| Scytonema mirabile (Dillw.)Bornet | 4 | 3 | 2 | | 4 | 4 | 2 | 1 |
| Stigonema mamillosum (Lyngb.)Ag. | | | | | | | | |
| GRØNNALGER | | | | | | | | |
| Bulbochaete Agardh sp. | 1 | 1 | 2 | | | | | 1 |
| Microspora tumidula Hazen | 1 | 3 | | | | | | 2 |
| Mougeotia Agradh sp. | | | | 2 | | | | |
| Oedogonium Link sp. (7 µm) | | | | | | | | 2 |
| Netrium oblogum (De Bary) Lütkem. | | | 2 | 2 | | | | |
| Ulotrichal alge, ubestemt | | | | | | | | |
| Zygnema Agardh sp. (17-23 µm, svart) | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 4 | 4 |
| KISELALGER | | | | | | | | |
| Frustulia rhomboides (Ehrenb.)De Toni | | | | 1 | | | | |
| Tabellaria flocculosa (Roth)Kütz. | | | | 1 | 1 | 2 | | |
| Ubestemte pennate diatomeer | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| RØDALGER | | | | | | | | |
| Batrachospermum vagum (Roth)GA.Ag. | | | | | | | 2 | |