

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0-80034

VANNKRAFTUTBYGGING OG MILJØVIRKNINGER

Forsknings- og utredningsbehovet

NIVA's bidrag til NTNf's ad hoc utvalg om

Energi og Forurensninger

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

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

Rapportnummer: 0-80034
Undernummer:
Løpenummer: 1242
Begrenset distribusjon:

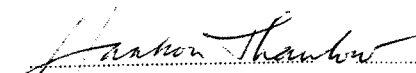
Rapportens tittel: VANNKRAFTUTBYGGING OG MILJØVIRKNINGER Forsknings- og utredningsbehovet. NIVAs bidrag til NTNFs ad-hoc utvalg om Energi og Forurensninger.	Dato: 1. 9. 1980
Forfatter(e): Thaulow, Haakon m.fl.	Prosjektnummer: 0-80034
	Faggruppe:
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 64

Oppdragsgiver: Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd v/Forurensningskomiteén	Oppdragsref. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	------------------------------------

Ekstrakt:
Separat bilag til innstilling fra NTNFs ad-hoc komité for å vurdere FoU-behovet innen området "Energi og Forurensninger". Rapporten beskriver inngrepene ved vassdragsreguleringer, og identifiserer og klassifiserer virkningene. Det påpekes behovet for økt FoU-innsats og det foreslås etablert et eget prosjekt kalt Prosjekt Reguleringsevirkninger (PRV) etter mønster av SNSF evt. PRA-prosjektet. Deretter drøftes FoU-behovet for 5 hovedkategorier: 1) Grunnleggende studier på delområder II) Samlede vurderinger III) Systematiske etterundersøkelser. Bearbeiding av data, IV) Prøveplaner og V) Organisatoriske, juridiske og administrative utredninger. Særlig hovedkategori I og II er grundig omtalt, hvorunder i alt. 16 FoU-temaer er identifisert. For hvert av disse FoU-temaene er Problemstilling, Pågående FoU-virksomhet og FoU-behovet omtalt.

4 emneord, norske:
1. vannkraftutbygging
2. miljøvirkninger
3. forskning og utredning
4. vassdragsreguleringer energi

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.



Prosjektleders sign.:



Seksjonsleders sign.:

Instituttetsjefs sign.:

NTNF v/Forurensningskomitéen har nedsatt et utvalg som skal utrede FoU-behovet innen området "Energi og forurensninger". Utvalgets mandat og sammensetning er vist i Vedlegg 1.

Denne rapporten er et bilag til utvalgets innstilling, som behandler FoU-behovet innenfor tre hovedgrupper av energibærere: vannkraft, fossilfyrte kraftverk (olje, kull, gass, biomasse, avfall) og s.k. alternative energikilder (sol, vind, bølger o.a.). Innstillingen behandler FoU-behovet ut fra et forurensningssynspunkt. Hele "forurensningskjeden" blir vurdert: karakterisering av utslipp, prosess- og renseteknologi, spredningsmekanismer og ikke minst virkningssiden.

Hva vannkraft angår, anså utvalget det kunstig å skille ut forurensning som en isolert konsekvens av vassdragsreguleringer. Forurensningseffekten er primært sekundær ved at de hydrologiske endringer ved reguleringen forandrer grunnlaget for hvordan tilførslene gir seg kjemiske og biologiske utslag i vassdragene. Utvalget har følgelig hva vannkraft angår, vurdert FoU-behovet av miljøvirkninger i videre forstand.

I utvalgets innstilling er vannkraft gitt et eget kapittel, hvor FoU-behovet spesielt knyttet til forurensningsspørsmål er tatt med (kapittel 3). Da vannkraft på flere måter skiller seg ut fra de andre energibærere, både hva virkningstype, bredden av miljøvirkninger, aktuelle fagmiljøer og aktualitet for realisering angår, anser utvalget det hensiktsmessig å legge frem et separat bilag om FoU-behovet om miljøvirkninger av vassdragsreguleringer.

Dette bilaget er ført i pennen av utvalgsmedlem siv.ing. Haakon Thaulow ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Han har mottatt delbidrag og hatt kontakt med en rekke personer og institusjoner i arbeidet. I tilfeldig rekkefølge nevnes:

Statsmeteorolog Per E. Nordli, Meteorologisk Institutt
Dosent Bengt Rognerud, Norges Landbruksvitenskapelige Forskningsråd
O.ing. S. Roen, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen
O.ing. P. Mellquist, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen
siv.ing. A. Thendrup, Norges hydrodynamiske laboratorium,
divisjon Vassdrags- og Havnelaboratoriet

Amanuensis S.J. Saltveit, UiO, Zoologisk Museum
Cand.real Å. Brabrand, UiO, Zoologisk Museum
Siv.ing. E. Røstad, Hydroconsult A/S
Førstegeolog Knut Ø. Bryn, Norges Geologiske Undersøkelse
Dosent M. Bruun, NLH, Institutt for landskapsarkitektur
Amanuensis B. Aasen, NLH, Institutt for landskapsarkitektur

Ved NIVA har følgende bidratt med verdifulle synspunkter: seksjonsleder
O. Skulberg, seksjonsleder H. Holtan, cand.real I. Haugen, fil.kand.
J. Magnusson og cand.real B. Faafeng.

Spesielt i denne forbindelse må nevnes NIVA-rapporten "A1-21 Vassdragsregulering - miljøeffekter og behov for forskning" (av cand.real H. Holtan, mai 1980). Denne rapporten tar delvis opp mange av de samme problemstillinger som er omtalt i dette dokumentet. Holtans rapport har vært til stor nytte, og synspunktene er koordinert i de to dokumentene.

Det er viktig å understreke at bilaget ikke gir seg ut for å være en fullstendig og objektiv utredning av FoU-behovet på denne sektoren. Den vil eksempelvis for de enkelte fagfelt være preget av de personer som har bidratt med synspunkter både skriftlig og muntlig, mens andre personer i andre fagmiljøer innenfor det samme fagfelt ikke er rådspurt. Det er selvsagt heller ikke "nøytralt og objektivt" at NIVA i så stor grad har bidratt til bilaget.

Utvalget håper at denne rapporten skal kunne behandles videre i de forvaltnings- og fagmiljøer som har ansvaret for vassdragsreguleringsspørsmål.

Oslo, 1. september 1980^{x)}

Jørund Bakke
Utvalgets formann

Haakon Thaulow
Utvalgsmedlem

x) Denne utgave er et nytrykk av rapporten foretatt primo november 1980. Enkelte trykkfeil og mindre rettelser er foretatt i forhold til den opprinnelige utgaven. Videre er henvist til Stortingets behandling av Energimeldingen. Det faglige innhold er imidlertid identisk i de to utgavene.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side:

1.	PERSPEKTIVER FOR VANNKRAFTUTBYGGING I NORGE	5
2.	BESKRIVELSE AV INNGREPET VED EN VASSDRAGSREGULERING	6
3.	VIRKNINGER AV REGULERINGSINNGREP - IDENTIFISERING OG KLASIFISERING AV VIRKNINGER (KONSEKVENSER)	9
4.	FoU-VIRKSOMHET I ET FORVALTNINGSPERSPEKTIV	11
5.	PROSJEKT REGULERINGSVIRKNINGER	13
6.	BEHOVET FOR FoU-VIRKSOMHET VEDRØRENDE VIRKNING AV VASSDRAGSREGULERINGER	15
I.	Grunnleggende studier på delområder	18
①	Klima	18
②	Temperatur	20
③	Is	21
④	Strøm, transport og spredning	25
⑤	Strømforhold - bredder - erosjon	26
⑥	Grunnvann	27
⑦	Gassovermetting - lysforhold	29
⑧	Vannkvalitet - akvatisk liv (ekskl. fisk)	31
⑨	Fisk	36
⑩	Jordbruk - skogbruk	42
⑪	Friluftsliv, rekreasjon - landskap og naturopplevelse	46
⑫	Forholdene i fjord- og kystområdene	48
II	Samlede vurderinger	51
⑬	Samlet plan for gjenværende kraftutbygging	52
⑭	Vannbruksplanlegging - Konsekvensanalyser	53
⑮	Systemanalyse - matematiske modeller	55
⑯	Minstevannføringer	57
III	Systematiske etterundersøkelser. Bearbeiding av foreliggende data	59
IV	Prøveplaner	59
V	Organisatoriske, juridiske og administrative utredninger	60
7.	PRIORITERING AV FoU-OPPGAVER	61

Vedlegg 1.	UTVALGETS MANDAT OG SAMMENSETNING	63
------------	-----------------------------------	----

FIGURFORTEGNELSE

Fig. 2.1	Prinsippskisse for en "omfattende kraftutbygging" (større fallhøyde).	6
" 2.2	Prinsippskisse for elvekraftverk (mindre fallhøyde)	7
" 3.1	Konsekvenser av vassdragsreguleringer - identifisering og klassifisering av virkninger på natur og miljø	10
" 4.1	Skisse for fordeling av framtidige aktiviteter i fagmiljøer knyttet til vassdragsreguleringsspørsmål	12
" 5.1	Om forskningsprosjektet SNSF	14

TABELLFORTEGNELSE

Tab. 6.1	Hydrologiske årsaker - konsekvenser for fysisk/kjemisk vannkvalitet. Forenklet beskrivelse	32
----------	--	----

St.meld. nr. 54 (1970-80) "Norges framtidige energibruk og produksjon" (Energimeldingen), trekker opp omfanget av hva vi kan vente oss av vannkraftutbyggingen fremover. Det skal primært satses på en skånsom vannkraftutbygging, heri inkludert nye småkraftverk og opprusting av eldre kraftverk. Basert på midlere årsproduksjon, som i begynnelsen av 1980 var ca. 87 TWh, er det antydnet et foreløpig tak på 125 TWh for hva som totalt kan ventes utbygget. M.a.o. en utbygging på 44 % i forhold til det som allerede er i drift.

Meldingen drøfter behovet for en samlet plan for den gjenværende vannkraftutbygging, men meldingen inneholder ingen konkret slik plan.

Meldingen har også et kapittel om energiforskning. Det er spesielt oppgaver knyttet til energiproduksjon som er nevnt. Forskning av miljøvirkninger er forholdsvis lite omtalt. Det hevdes imidlertid at (kap. 10.2.1) "Det bør legges vekt på gjennom forskningsinnsats å bidra til at produksjon og anvendelse av energi skjer med minst mulig belastning på natur og miljø". Ovennevnte er en av de fire overordnede mål for forskningsinnsatsen på energiområdet.

Om vannkraft (kap. 10.2.3) påpekes behovet for å belyse de mer langsiktige virkninger på bl.a. fiske og klimatologiske forhold. Det påpekes behovet for ytterligere studier av de virkninger som har funnet sted i de vassdrag som allerede er bygget ut.

Meldingen konkretiserer på rent tekniske økonomisk grunnlag aktuelle utbyggingsmuligheter som kan komme i drift fram til 1985 og skisserer muligheten for anlegg som kan gi forsyning fra 1986 til og med 1990.

FoU-behovet for forskning omkring reguleringsvirkninger må sees i dette perspektivet. Vi står foran slutten av vannkraftepoken. Vi står foran en realisering av mange, dels kontroversielle prosjekter. En oppjustering og oppgradering av gamle kraftverk er også aktuelt. Tiden fremover aktualiserer også en revurdering av konsesjoner gitt i den første kraftutbyggingstiden. Samtidig øker samfunnets krav til kunnskap om reguleringenenes økonomiske, miljømessige og sosiale konsekvenser fra bestemmelse tas om utbygging.

Stortinget debatterte meldingen i slutten av oktober d.å. basert på Industrikomitéens innstilling (Innst. S.nr. 348 (1979-80)). Stortinget har sluttet seg til hovedprinsippene i meldingen.

2. BESKRIVELSE AV INNGREPET VED EN VASSDRAGSREGULERING

Vurdert etter inngrepets omfang har vi som et ytterpunkt større anlegg med omfattende oppsamlings- og overføringsanlegg (takrennesystemer), gjerne med overføring fra et nedbørfelt til et annet. Slik anlegg har ofte flere magasiner som kan samkjøres. Som et annet ytterpunkt har vi elvekraftverk som utnytter et enkelt fall med små reguleringsmuligheter, og hvor produksjonsmulighetene mer gjenspeiler den naturlige avrenning ovenfor stasjonen. De to ytterpunktene er prinsipielt fremstilt i fig. 2.1 og 2.2 nedenfor:

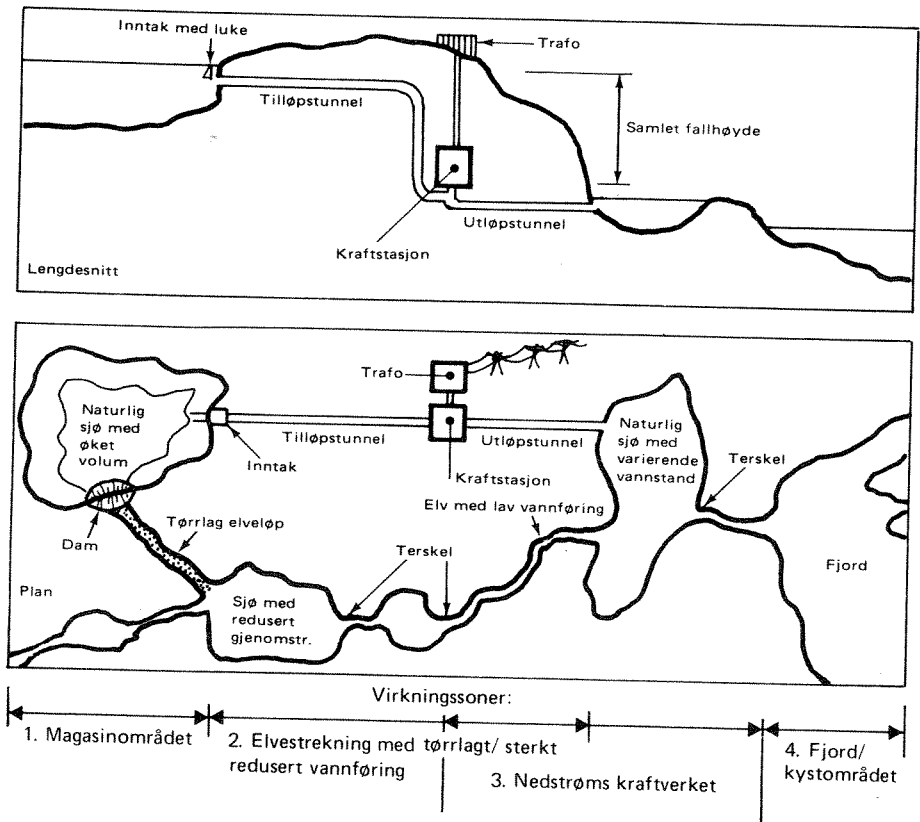


Fig. 2.1 Prinsippskisse for en "omfattende kraftutbygging" (større fallhøyde)

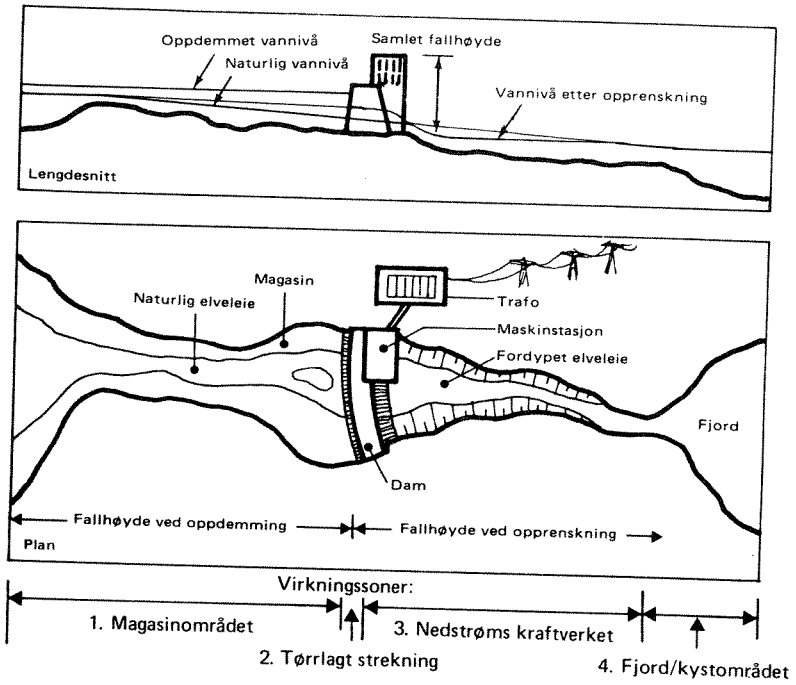


Fig. 2.2 Prinsippskisse for elvekraftverk (mindre fallhøyder).

Rent geografisk kan virkningsområdet (anleggsperioden unntatt) inndeles i fire soner:

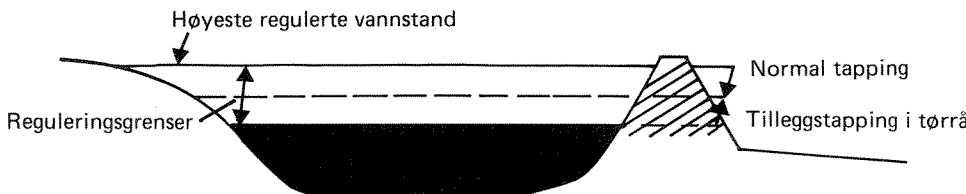
1. Reguleringsmagasin (innsjøer og elvemagasiner)
2. elvestrekningen mellom reguleringsområdet og kraftverkets avløp samt elvestrekninger nedenfor eventuelle overføringspunkter.
3. elvestrekninger nedstrøms utløpet fra kraftverket
4. fjord- og sjøområdene som vassdraget munner ut i.

Sonene er avmerket på fig. 2.1 og 2.2.

Reguleringer for kraftproduksjonsformål medfører endringer i tid og sted i vassdragets hydrologiske kretsløp. Ved overføring av magasiner samles vann i tilsigsrike perioder (vår/forsommer) og tappes gjennom kraftverket når behovet er størst (høst/vinter). Dette kalles årsregulering. Dessuten forekommer flerårsregulering som tar hensyn til variasjoner i vannføring fra år til år. I kortere tidsskala må kjøringen av kraftverket tilpasses etterspørselsvariasjoner fra uke til uke, fra dag til dag og over døgnet. (Korttidsregulering). En spesiell type kraftverk for korttidsregulering er pumpekraftverket. Ved lav etterspørsel pumpes vann opp i et høyereliggende magasin som da tappes under toppbelastning.

For de fire virkningssoner forårsaker de tekniske anlegg og driften av disse følgende typiske hydrologiske endringer:

1. Reguleringsmagasin. Oppdemning ved tilgang > etterspørsel.
Tapping ved etterspørsel > tilgang.
I tørre år tappes magasin ytterligere ned.



2. Elvestrekning m/tørrelagt/reduisert vannføring.

Sterkt redusert vannføring. Ofte tørrelagt nær uttaket. Vannføring avhengig av restvannføring i feltet og evt. pålegg på påslipp av minstevannføring.

3. Nedstrøms kraftverket

Uttevnet vannføring, typisk er lavere vannføring vår/sommer og høyere høst/vintervannføring.

4. Fjord- og sjøområder

Endringer i hydrologiske forhold på grunn av endret forløp av ferskvanntilførsel fra det regulerte vassdraget.

3. VIRKNINGER AV REGULERINGSINNGREP - IDENTIFISERING OG KLASSIFISERING AV VIRKNINGER (KONSEKVENSER).

Reguleringsvirkninger kan inndeles etter flere dimensjoner: geografisk (se ovenfor), tidsmessig, etter virkningstype, etter hvorvidt virkninger er kvantifiserbare eller ikke, hvilke grupper i samfunnet som berøres, osv.

Det er vanlig å inndele virkninger (konsekvenser) av tiltak i 4 hovedgrupper:

- . økonomiske konsekvenser
- . natur- og miljøkonsekvenser
- . sosiale konsekvenser
- . organisatorisk/administrative konsekvenser.

Utvalgets mandat konsentrerer seg om natur- og miljøkonsekvenser. Inndeling etter type miljøkonsekvenser kan skje eksempelvis slik som på fig. 3.1 på neste side.

Fig. 3.1 er selvsagt ikke fullstendig. Påvirkning av et økologisk system ved et inngrep i vassdraget kan ikke endres uten at alle elementer som inngår i systemet blir påvirket. Det er også tilbakevirkninger i systemet. I fig. 3.1

er imidlertid de viktigste påvirkningsretninger ovenfra og nedover. Forøvrig vises til figurtekstforklaring.

Med tidsaksen som variabel har vi tre faser som hver for seg er sentrale for vurdering av miljøkonsekvenser: 1) før utbygging, 2) anleggsperioden og 3) etter at anlegget er satt i drift.

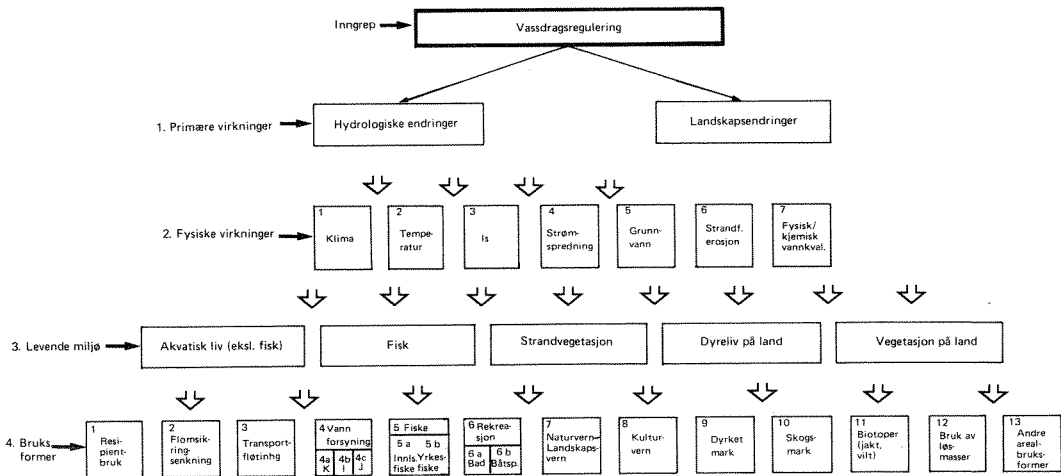


Fig. 3.1. Konsekvenser av vassdragsreguleringer - identifisering og klassifisering av virkninger på natur og miljø.

Kommentar til fig. 3.1:

Nivå 1 er en grovinndeling av de primære virkninger av vassdragsreguleringen. Disse utgjøres av hydrologiske og landskapsmessige endringer. På nivå 2 kategoriseres de typiske virkninger.

På nivå 3 er det foretatt en grovinndeling av virkninger på de levende miljø. Fra venstre til høyre går vi fra virkninger i vann opp på land. Virkningene på dette nivået har primært årsaker i nivået ovenfor; de fysiske årsaker.

Nivå 4 utgjør det sentrale nivå for konsekvensanalyser, som vi kan kalle målenivået. På dette nivået kvantifiseres/beskrives virkningene. Fra venstre er de tradisjonelle brukerinteresser i vann satt opp. Disse går over i ulike arealbruksformer. Det er foreslått identifisert 13 målelementer for miljøvirkninger.

4. FoU-VIRKSOMHET I ET FORVALTNINGSPERSPEKTIV

Før vi drøfter FoU-behovet mer konkret, bør vi analysere sammenhengen mellom forvaltningsrettet faglig virksomhet knyttet til f.eks. konsesjonssøknader etter vassdragsreguleringsloven, og mer generell, "prosjektuavhengig" FoU-virksomhet.

Dette er tvingende nødvendig fordi det i stor grad er de samme fagmiljøer og personer som det trekkes veksler på ved begge typer aktiviteter.

Vi kan dele faglige aktiviteter omkring vassdragsreguleringer skjematisk i: "forvaltningsaktiviteter" og "generelle FoU-virksomhet".

Forvaltningsaktiviteter utgjøres primært av undersøkelser i forbindelse med konsesjonsbehandlingen (etter vassdragsreguleringsloven, vassdragsloven og vannforurensningsloven). Videre nevnes undersøkelser og vurderinger i forbindelse med rettslig skjønn. Arbeidet med undersøkelser for 10-års vernede vassdrag er også viktig.

FoU-aktiviteter er annen faglig virksomhet som finansieres av egne budsjetter, på universiteter og høyskoler i forskningsinstitutter. Eksempler er virksomhet ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisks avdeling for fiskeforskning ved Ås, Undersøkelser ved Universitetene, og NIVAs aktiviteter som skjer gjennom NTNFs bevilgninger.

En fremtidig struktur for faglig virksomhet innen begge kategorier er skissert i fig. 4.1 på neste side.

En nærmere utdypning vil kunne skje senere. De sentrale poengene fra figuren er følgende:

1. En samlet plan for gjenværende kraftutbygging vil bli bearbeidet nærmere med basis i Energimeldingen. En slik plan vil medføre at de viktigste styringsmekanismer bak hvilke prosjekter som skal utbygges og utbyggingsrekkefølgen forskyves fra utbyggerne/fallrettighetshaverne mot det offentlige. En slik plan vil gjøre det mulig å planlegge på lengre sikt undersøkelser knyttet til de enkelte reguleringssaker. Man vil ha mulighet for en mer plan-

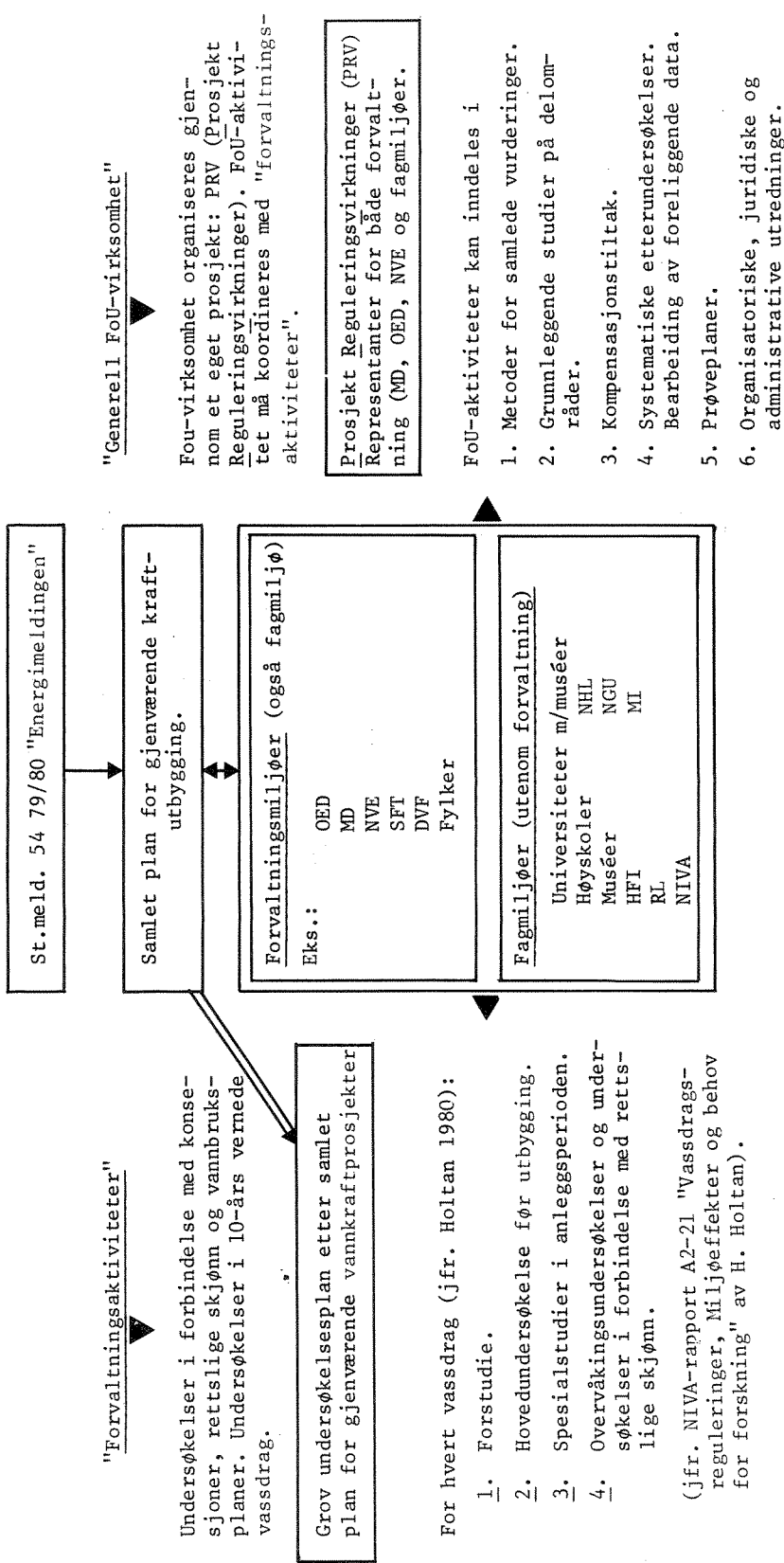


Fig. 4.1 Skisse for fordeling av framtidige aktiviteter i fagmiljøer knyttet til vassdragsreguleringsspørsmål.

messig virksomhet tilsvarende den man er i ferd med å etablere i det statlige overvåkingsprogrammet for vannkvalitet.

2. Arbeidet med den samlede plan er allerede igang ved det arbeidet Vannressursutvalget har utført i forbindelse med Energimeldingen. Sentrale faginstitusjoner deltok og forutsettes å delta i videreføringen.
3. Forvaltnings- og fagmiljøer kan egentlig ikke skilles, idet sentrale fagmiljøer samtidig er forvaltningsorganer. Eksempler: Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk og Avdelingen for naturvern og friluftsliv i Miljøverndepartementet.
4. FoU-virksomheten bør organiseres gjennom et eget prosjekt, som vi for enkelthets skyld kan kalle PRV (Prosjekt Reguleringsvirkninger).

PROSJEKT REGULERINGSVIRKNINGER (PRV)

Forskning omkring virkning av vassdragsreguleringer i det alt vesentlige avgrenset til "delvirkninger" - fisk, temperatur, is m.v. Forskningsaktiviteter er vel i stor grad styrt av kapasitet, konkurranse med konsesjonsundersøkelser, budsjetttilhørighet m.v. Dette tror vi fører til en ujevn fordeling av innsats på de enkelte delfelter i forhold til det som kanskje er ønskelig. Totalt sett leder dette til en mindre rasjonell utnyttelse av det totale FoU-potensialet i landet.

Det er åpenbart behov for en mer koordinert og effektiv utnyttelse av FoU-ressursene på dette området. Det er også totalt sett nødvendig å trappe opp virksomheten.

PRV kan eksempelvis opprettes etter modell av prosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF-prosjektet). Begge problemkomplekser, både Sur nedbør og Reguleringsvirkninger har det til felles at den faglige kompetanse sitter svært spredt - problemene går på tvers av de faginstitusjonelle grenser.

Begge fagområder er også av vital nasjonal betydning. SNSF-prosjektet ble gjennomført med en egen prosjektorganisasjon med bevilgnings- og styringsmuligheter.

SNSF-prosjektets organisasjon og finansieringsstruktur er vist i fig. 5.1. nedenfor:

Norges landbruksvitenskapelige forskningsråds (NLVF) – Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråds (NTNF) felles forskningsprosjekt "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF-prosjektet), ble startet i 1972. Forskningsprosjektets målsetning er:

1. – klarlegge så eksakt som mulig sur nedbørs virkning på skog og fisk.
2. – studere luftforurensningenes virkning på jord, vegetasjon og vann i den bredde som er nødvendig for pkt. 1.

Styringsutvalget med en representant for hver av de to forskningsråd og en fra Miljøverndepartementet, er prosjektets øverste organ. Forskningsjefen har hovedsvaret for gjennomføring og koordinering av hele forskningsprosjektet. *Prosjektutvalget* består av forskningsjefen og kontaktmenn fra hovedinstituttene som deltar i prosjektet. *Styringsutvalget* arbeider spesielt med de forskningspolitiske og finansielle spørsmål mens *Prosjektutvalget* utgjør den faglig-administrative enhet i prosjektet. *Styringsutvalgets sekretariat* er lagt til NTNF, mens *Prosjektsekretariatet* er utbygd ved Norsk institutt for skogforskning, Ås.

Forskningen innen prosjektet er organisert og gjennomført interinstitusjonelt og tverrfaglig hvor følgende institutter deltar:

Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen (NVE)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Norsk institutt for skogforskning (NISK)
Sentralinstitutt for industriell forskning (SI)
Norges Landbrukshøgskole (NLH)
Universitetet i Oslo (UiO)
Universitetet i Bergen (UiB)
Bergens tekniske skole (BTS)
Norsk regnesentral (NR)
Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
(Trondheim – Ås)

Forskningsprosjektet finansieres på det nåværende tidspunkt av NLVF, NTNF, Miljøverndepartementet og ved egeninnsats fra de deltagende institutter.

Forskningsresultater publiseres av prosjektet som *tekniske notater (TN)*, *interne rapporter (IR)*, *fagrapporter (FR)* og/eller i internasjonale journaler.

Fig. 5.1 Om forskningsprosjektet SNSF

En vesentlig forskjell mellom SNSF-prosjektet og PRV er viktig å merke seg. I SNSF-prosjektet var forskerne mer uavhengig av forvaltningsvedtak enn de vil være i et eventuelt PRV. Der vil det uvegerlig uten koordinering av forvaltnings- og forskningsoppgaver bli sterk konkurranse mellom ønske om forskning og eksempelvis konsesjonsundersøkelser. Dette bør ha som konsekvens at forvaltning og forskning sammen begge må ha viktige roller i en styringsfunksjon. I et slikt system må det imidlertid innrømmes frihet i oppgaver som er grunnforskningsbetonte.

Et PRV-prosjekt kam ta for seg hele virkningsspekeret, med andre ord foruten virkninger på natur og miljø også de sosiale, økonomiske og politiske-administrative virkninger. Et annet alternativ er å begrense prosjektet til natur- og miljøvirkninger.

6. BEHOVET FOR FoU-VIRKSOMHET VEDRØRENDE VIRKNINGER AV VASSDRAGSREGULERINGER.

FoU-virksomheten kan eksempelvis deles opp i 5 hovedkategorier:

- I. Grunnleggende studier på delområder.
- II. Metoder for samlede vurderinger.
- III. Systematiske etterundersøkelser. Bearbeiding av foreliggende data.
- IV. Prøveplaner.
- V. Organisatoriske, juridiske og administrative utredninger.

Ikke alle hovedkategorier er fylldig omtalt i denne rapporten. Følgende avgrensninger/begrensninger forekommer:

- Det er kun miljøvirkninger som skal vurderes, m.a.o. økonomiske, sosiale og administrativt/politiske forhold er holdt utenfor.
- FoU-temaene for delområdene omhandler miljøvirkninger, men bare i begrenset grad på hvilken måte virkningene gjør seg gjeldende for bruksformer og næringer. Rapporten er imidlertid ikke helt konsekvent her, idet noen bruksformer er tatt med som friluftsliv, rekreasjon, jord- og skogbruk, mens konsekvenser for f.eks. vannforsyning spesifikt ikke er omtalt. For de andre hovedkategoriene utenom II gjelder ikke denne begrensningen så sterkt.
- De FoU-temaer som er omtalt under hovedkategori II, er heller ikke fullstendige, idet vi først og fremst har fokusert på vannmiljøet. Konsekvenser for terrestrisk flora og fauna (vilt) er følgelig ikke tatt med.
- Videre er FoU-behovet omkring overflatehydrologi heller ikke med, idet hydrologiske endringer mer betraktes som årsak enn virkninger i denne sammenheng. Kunnskap om hydrologi er imidlertid ryggraden i all annen FoU-virksomhet.

- FoU vedr. kompensasjonstiltak er utilstrekkelig behandlet.

Under hver hovedkategori har vi definert "FoU-temaer". Nedenstående viser hovedkategorier og tilhørende FoU-temaer for hovedkategoriene I og II.

Hovedkategori I : Grunnleggende studier på delområder

- ① Klima
- ② Temperatur
- ③ Is
- ④ Strøm, transport og spredning
- ⑤ Strandforhold, bredder - erosjon
- ⑥ Grunnvann
- ⑦ Gassovermetning, lysforhold
- ⑧ Akvatisk liv - vannkvalitet (ekskl. fisk)
- ⑨ Fisk (i vassdrag)
- ⑩ Jord og skogbruk
- ⑪ Friluftsliv, rekreasjon - landskap og naturopplevelse
- ⑫ Forholdene i fjord- og kystområder

Hovedkategori II : Metoder for samlede vurderinger

- ⑬ Samlet plan for gjenværende kraftutbygging
- ⑭ Vannbruksplanlegging - konsekvensanalyser
- ⑮ Systemanalyse
- ⑯ Minstevannføringsspørsmål


Kategori I danner grunnlaget for studier i Kategori II. Vi må kjenne innholdet av elementene før vi kan sette disse sammen. På den annen side kan også studier i kategori II avdekke den relative betydning av elementer i del I, som kan ha betydning for hvor krefter bør settes inn på å øke kunnskapsnivået om de forskjellige elementene.

Kategori 1, Grunnleggende studier på delområder følger stort sett fig. 3.1 ved inndeling i: 1) Primære konsekvenser, 2) Virkninger på det fysiske miljø, 3) Virkninger på levende miljø og 4) Virkninger på brukskategorier/bruksformer.

Imidlertid er ikke alle "boksene" tatt med i omtalen. De som har løsere tilknytning til selve vannmiljøet er utelatt. Videre er FoU-behovet omkring hydrologi ikke tatt med her, i det hydrologiske endringer mer betraktes som årsak enn virkninger i denne sammenheng. I videreføring av dette arbeidet bør beskrivelsene gjøres mest mulig fullstendige.

Det er en nær fysisk sammenheng mellom konsekvenser og de ulike nivåer. En delvirkning på et nivå kan skyldes flere faktorer på nivået ovenfor, og ha betydning for flere elementer på nivået nedenfor. En hydrologisk endring (nivå 1) innvirker på grunnvannet (nivå 2) som igjen innvirker på vegetasjonen (nivå 3) som igjen har konsekvenser for jordbruket (nivå 4). Jord- og skogbruk påvirkes imidlertid av andre faktorer, f.eks. lokalklimatiske endringer. Omtalen av hvert delområde er avgrenset. For eksempelvis under FoU-temaet grunnvann beskrives virksomhet som spesielt tar sikte på å klarlegge grunnvannsforholdene. Virkningene av grunnvannsendringene er hovedsakelig beskrevet under FoU-temaet jord- og skogbruk.

Effektene i fjord- og kystområdene er stort sett av mindre omfang i forhold til effektene i vassdrag og vassdragenes nedbørfelt. Virkningene er gitt separat omtale, men temperatur- og isspørsmål er behandlet sammen med forholdene i vassdrag.

For hvert FoU-tema, merket , er omtalen i størst mulig grad ordnet slik.

a). Kort beskrivelse av problemstillingen

b). Eksisterende FoU-virksomhet

- Utlandet

- Norge

c) Behov for FoU på området

Er det behov for:

- Ny fundamental viten

- Kort sammenstilling av kjent kunnskap

- Hva bør vi gjøre i Norge og hva kan hentes utenfra.

I kap. 7. er noen prioriteringss spørsmål drøftet.

I Grunnleggende studier på delområder.

① Klima

Problemstilling

Det skilles mellom makro og mikroklima. Makroklima gjelder værforhold generelt, og det er liten grunn til å tro at gjennomførte reguleringer har innvirket på makroklimaet.

Hydrologiske årsaker og tilhørende klimatiske konsekvenser fremgår av oppstilling nedenfor:

Hydrologiske årsaker



Klimatiske konsekvenser

Vinter:

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Åpne oser med sprekkdannelser langs magasiner, åpent vann ved kraftverksutslipp, redusert islegging i spesielt grunne fjorder.- økt islegging p.g.a. økt ferskvannsutslipp. | ▷ | <ul style="list-style-type: none">- Frostrøyk p.g.a. fordampning over åpent vann og senere kondensasjon. Sjelden hvis temperaturen er over - 10°C.- lavere nattminimumstemperatur når temperaturen nær bakken er < 0°C. |
|--|---|---|

Isfri årstid

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">- redusert vassføring, redusert naturlig vannareal i naturlige sjøer.- økt vannareal i magasiner. | ▷ | <ul style="list-style-type: none">- lavere min. temperatur, særlig om høsten i klarvær med lite vind. Kan føre til øket frostfare på nyttevekster. Redusert luftfuktighet.- motsatt av overnevnte. |
|--|---|---|

Pågående FoU-virksomhet

Styringsutvalget for landbruksmeteorologisk forskning under NVLF har gående prosjekter om klimakonsekvenser i Sjøåk, Orkla, Rendalen og Sundsbarm (Telemark). Meteorologisk institutt arbeider med NVE-finansierte prosjekt for flere store utbygginger: Breheimen, Øvre Otta, Ulla/Førre, Svartisen/Saltdal. Noen prosjekter omkring klimakonsekvenser av reguleringer i utlandet er kjent (Sverige, Sovjet).

FoU-behovet

Reguleringene endrer størrelsen på vannoverflaten og isleggingsforholdene, noe som endrer energibalansen mellom vann og luft. Energoovergangen fra vann til luft er viktigst og forskningsmessig mest interessant. Denne overgangen kan ved en tenkt utbygging vurderes på to prinsippielt forskjellige måter:

- a) ved bruk av statistisk metode som skiller reguleringseffekter ut fra naturlige fluktasjoner
- b) bruk av matematisk simuleringsmodell tilpasset norske forhold.

Metode a) fungerer effektivt under forutsetning av et godt utbygd klimatisk stasjonsnett og tilgjengeligheten av dataserier fra et lengre tidsrom. Datainnsamlingen er ressurskrevende, og forutsetter en langsiktighet i planleggingen som gjeldende konsesjonssystem med tilhørende kortvarige undersøkelser vanskeligjør. Ser vi på den samlede planlagte utbygging, vil en slik måleintensiv metode kreve langt større ressurser enn de som er tilgjengelige.

Den kroniske mangel på måledata i forhold til behovet har nødvendiggjort utvikling av matematiske modeller, simuleringsmodeller, som kan beskrive og forutsi tilstander. Både innen hydrologi og værmelding brukes slike modeller. Det synes å være et meget sterkt behov for lokalklimatiske simuleringsmodeller. Særlig aktuell klimasituasjon er stabile luftmasser med en inversjon i dalen og med elva som varmekilde som modifierer inversjonen. Under slike forhold gjør endringer i is og vannarealer seg klimamessig sett særlig gjeldende. Modeller bør også utvikles for frostrøyksituasjoner.

Fremtidig forskning i Norge bør primært konsentrere seg om å utvikle slike simuleringsmodeller. Modellene bør ha med rutine for kondensasjonsprosesser. Forholdene ved streng vinterkulde er særlig viktige.

Det er vanskelig ut over generell meteorologisk vitenskap å basere seg på utenlandske erfaringer. Noe arbeid er gjort i Sverige, Finland, Sovjet og Canada, men norsk topografi og klima er så spesielt at det må egen FoU-virkosmhet til for å delvis utvikle og tilpasse modellene til norske forhold. Meteorologisk Institutt står sentralt som utførende instans.

② Temperatur

Problemstilling

Temperaturvirkningene er forskjellige for de 4 virkningssoner: 1) magasin-områder 2) elvestrekninger med sterkt redusert vassføring, 3) nedstrøms kraftverket og 4) fjord/sjøområder.

I et reguleringsmagasin lagres smeltevannet om våren og forsommeren, mens en naturlig innsjø hele tiden har overflateutløp. Dette vil kunne gi noe lavere sommertemperatur i magasinet på forsommeren enn i en naturlig innsjø særlig dersom tappingen fra magasinet er minimal. Til gjengjeld vil avkjølingen utover høsten kunne ta lengre tid enn under naturlige forhold. Vi kan få mindre temperaturendringer i innsjøer ved at vannmengde og temperatur for elver endres. For de fleste termisk lagdelte innsjøer vil imidlertid varmeutvekslingen med atmosfæren være dominerende.

På elvestrekninger med sterkt redusert vassføring vil virkningen først og fremst være at vanntemperaturen reagerer raskere på innvirkningene fra værforholdene. Dette vil kunne føre til sterkere, daglige temperaturamplituder, raskere avkjøling til frysepunktet om høsten, raskere oppvarming om våren, og i mange tilfeller noe høyere sommertemperatur; alt sett i forhold til under naturlige forhold. Dagvariasjonene for mindre elver kan normalt svinge med mer enn 5°C. Reguleringer vil forsterke svingningene.

Nedstrøms kraftverket vil økt vassføring dempe innvirkningen fra værforholdene. Ved utløpet fra en kraftstasjon vil vanntemperaturen vanligvis være noe høyere om vinteren og lavere om sommeren. Graden av endringene vil blant annet avhenge meget av tappedybde, om vannet går helt eller delvis i tunnel og av temperaturforholdene i magasinene. Tappedybden fra magasin kan ja særlig stor betydning. Dette medfører ofte en kraftig reduksjon i elvetemperaturen (periodevis mer enn 8°C nedstrøms kraftverket om sommeren).

I fjorder vil økt ferskvannstilførsel om vinteren normalt føre til redusert temperatur i overflaten (med muligheter for isdannelse) og økt temperaturnivå i vannmassene under brakkvannet. Dette skyldes at den normalt gode vertilake omrøring hindres ved at det dannes et stabilt ferskere vannlag øverst. En redusert ferskvannstilførsel om sommeren kan gi et samme resultat; lavere temperatur i overflatelaget og høyere temperatur noe under.

Flere av de virkninger som er beskrevet kan dempes noe ved konstruksjonsmessige tiltak. F.eks. kan en unngå de største endringer i de årlige variasjoner i elvetemperaturen nedstrøms kraftverk ved at det bygges alternative inntak nær overflaten. En kan videre redusere temperaturendringene (avvik fra det normale) i en fjord om vinteren ved å sørge for at ferskvannet blandes kraftig med saltvannet på 10-20 m dyp. Her i landet er dette utført ved å dykke ferskvannsutløpet til fjorden og ved å blande vannmassene ved hjelp av såkalte boblegardiner.

Pågående FoU-virksomhet

Systematisk måling og registrering av vanntemperatur i vassdrag og fjordarmer foretas først og fremst ved Hydrologisk Avdeling, NVE. Spesielle temperaturundersøkelser i forbindelse med oppdragsprosjekt utføres av VHL (NTH) og NIVA.

VHL: En rekke prosjekter på oppdrag fra Statskraftverkene og andre utbyggere. Forskningsprosjekter er vesentlig finansiert av Konesjonsavgiftfondet, men NTNf har også bidratt.

NVE/Hydrologisk avdeling: En rekke prosjekter på oppdrag fra Statskraftverken og andre utbyggere. NVE/Hydr. avd. har også sekretariatet for Fjordutvalget; et flerårig forskningsprosjekt.

Når det gjelder innsjøer kan vi i stor grad dra nytte av store forskningsprosjekter ved en rekke universiteter og institutter i USA og Canada. Dette har betydd mye for metoder og resultater som er videreutviklet i Norge, og det er fortsatt en stor og inspirerende utvikling i disse to landene.

Samarbeidet i Norden (særlig Sverige) er godt utviklet gjennom hyppige konferanser og kollegabesøk. Det er ikke en større aktivitet innen dette feltet i de øvrige nordiske land, så vi kan ikke ensidig trekke veksler i et samarbeid. Forholdene skulle imidlertid ligge vel tilrette for et nærmere samarbeid med Sverige.

FoU-behovet

Noen aktuelle oppgaver:

- Temperaturendringer som følge av vassdragsreguleringer er ofte beskrevet for vintersituasjoner. Det er imidlertid foretatt (av NVE/Hydrologisk avd.) en god del målinger i sommerhalvåret også. Analyse av foreliggende data vil derfor gi nyttig informasjon.
- Etter hvert som vi fjerner oss fra kraftverksutløpet vil avviket fra det naturlige temperaturforløp avta. Denne prosessen er lite kjent for norske forhold. Målinger har vist at formler for varmeutveksling mellom vann og atmosfære som gir gode resultater for innsjøer og brede elver ikke passer for typiske norske elver. Her kan også foreliggende datamateriale benyttes som grunnlag for en analyse.
- For å vurdere hvordan en endring i vassføringen i et vassdrag vil virke inn på temperaturforholdene i vassdraget, finnes det flere matematiske formler der vassføring, areal vannoverflate og meteorologiske parametre inngår. Det er ønskelig å få verifisert disse formlene med praktiske undersøkelser i flere ulike vassdrag. Dette kan gjøres delvis ved å bruke allerede tilgjengelige temperaturdata (f.eks. ovennevnte to prosjektforslag), men best ved nye prosjekt der verifiseringen er en av hovedhensiktene.
- Et annet viktig behov er fortsatt studium og undersøkelse av hvordan en endring i gjennomstrømmningen (endring i vassføring og temperatur på tilløpsvannet) i en innsjø vil virke inn på temperaturen i avløpsvannet. Til slike undersøkelser blir det også brukt matematiske modeller. Grunnlaget for slike modeller hentes stort sett fra utenlandsk litteratur og videre utprøving og tilpasning til norske forhold er aktuelt.
- Når det gjelder virkninger i fjorder gjenstår det mange fundamentale problemer å løse. Vi kan nå prediktere endringer i topplaget i smale fjorder relativt bra. Bredere fjorder er vanskeligere å behandle numerisk, men her kan forsøk med roterende fysisk modell være til hjelp. Endringer vi kan forvente dypere ned er lite kjent. Sentralt i denne

forbindelse står graden av kommunikasjon med kystvannet. Problemene krever omfattende eksperimentelle undersøkelser. Vi kan i liten grad hente løsningen på slike problemer i utlandet.

3 Is

Problemstilling

Hovedvirkningen av en kraftutbygging er magasinering av vann om våren og sommeren for å kunne holde en høyere vassføring om vinteren.

Vanligvis vil utløpsvannet fra en kraftstasjon ha høyere vintertemperatur enn elvevannet naturlig har på stedet. Virkningen blir da først og fremst en viss elvestrekning som blir helt eller delvis isfri eller med is som har redusert bæreevne. Denne virkningen forsterkes av den økte vintervassføringen. Etter at vannmassene er avkjølt til frysepunktet vil økt vassføring ofte kunne føre til økt isproduksjon, med oppstuing av vannstanden, eventuell oversvømmelse og mulighet for hyppigere isganger som følger.

I regulerings- og inntaksmagasiner vil vannstandsvariasjoner kunne føre til dårligere isforhold der, vesentlig ved oppsprekking av isdekket langs land med mulighet for oppvatning i sprekkene og problem med ferdsel i strandsonen.

Der enten kraftverksutslipp eller overføringstunnel fører vann ut i en innsjø, vil det så og si alltid bli et åpent parti i isdekker. Videre vil inntak i en innsjø også ofte føre til isfritt parti rundt inntaket.

Kraftverksutslipp i fjorder (med saltvann) skaper tilsvarende isfrie soner som ved utslipp i innsjøer. Videre vil den økte ferskvanntilførselen om vinteren kunne føre til økt isproduksjon på deler av fjorden som ligger noe lenger fra utslippet.

Pågående FoU-virksomhet

Virksomheter på dette området i Norge regnes vesentlig å være knyttet til Vassdragsvesenets Hydrologiske Avdeling (VH) og i noe mindre grad til Vassdrags- og Havelaboratoriet (VHL) ved NTN - Trondheim.

Ved VH registreres vannstand i vassdrag over hele langet, og ved de fleste steder beregnes også vassføring. Ved de fleste manuelle vannstandsstasjoner observeres også isforholdene og VH har en betydelig mengde isobservasjoner fra et stort antall vassdrag gjennom mange år. Ved Iskontoret drives kartlegging av isens utbredelse, enkelte steder også kvantitative bestemmelser, i vassdrag med kraftutbygging, både før og etter utbyggingen. Videre drives tilsvarende undersøkelser i vassdrag som ikke skal utbygges, som referanse. Tidligere ble det også gjort en del undersøkelser av isens bærfasthet.

Ved VHL tas opp spesielle prosjekt etter oppdrag og da ofte i samarbeid med VHI. Dette gjelder særlig der fysiske modeller kan være til nytte.

I utlandet er det først og fremst Sverige som driver undersøkelser med særlig relevans for norske forhold. Både i SSSR, USA og Canada drives utstrakte isundersøkelser, men særlig i Nord-Amerika regnes typen av undersøkelse for det meste å være mindre aktuell for norske forhold. Fra litteraturen har en imidlertid fått en del ideer, kanskje særlig fra russiske undersøkelser.

FoU-behovet

Av grunnforskning ønskes ytterligere undersøkelser av isens bærfasthet, med blant annet strømhastighet og vanntemperatur under isen som parametre.

Videre ønskes en praktisk verifisering av en formel vi bruker for beregning av avkjølingsstrekning i en elv med værforhold, vassføring, vanntemperatur og elvebredde som parametre. Dete kan dels tenkes utført som grunnforskning i felt, dels som "sammenstilling av kjent kunnskap". Et annet prosjekt etter sistnevnte arbeidsmetode er ut fra observasjoner å beskrive størrelsen på råker i innsjøer, dannet av regulert vassføring, med værforhold, vassføring og vanntemperatur som hovedparametre.

Studiet av utenlandsk litteratur kan være et eget prosjekt.

4 Strøm, transport og spredning

Problemstilling

Endringer i strøm, transport og spredning vil ha virkninger på forurensnings-situasjonen i vannforskomsten. Dette trekkes ofte inn i vurderinger av en utbyggingssøknad. Mindre påaktet er det at endringer i temperatur (innsjø og fjord) og saltholdighet (fjord) endrer den vertikale stabilitet. En redusert stabilitet vil føre til økt transport av næringssalter fra dypet og opp i det produktive overflatelaget.

I enkelte tilfelle kan en vassdragsregulering få konsekvenser for seilingsforholdene i en fjord.

Pågående FoU-virksomhet

VHL har foretatt vurderinger av endring i strømforhold ved vassdragsutbygging for innsjøer og fjorder. Metodisk har VHL utviklet en numerisk modell for beregning av det todimensjonale strømningsbildet i det øvre lag i fjorder, og teknikk for studier i fysisk modell er også utviklet. Spesielt bør nevnes at VHL nå kan gjennomføre modellstudier der jordrotasjonen er av betydning.

Strøm, transport og spredning i fjorder er områder der oseanografiske avdelinger ved universitetene i Oslo og Bergen og Havforskningsinstituttet tradisjonelt har foretatt mange undersøkelser. NIVA er også et viktig fagmiljø i denne sammenheng.

Både når det gjelder numerisk og fysisk modellering ligger vi relativt langt fremme i Norge sammenlignet med utlandet. Dansk hydraulisk institutt har imidlertid kommet en god del lengre når det gjelder numerisk modellering. Spesielt bør nevnes at danskene også arbeider mye med å koble på kjemiske og biologiske komponenter på fysiske modeller. Det gjelder både ferskvann og saltvann.

FoU-behovet

Arbeidet med strøm- og spredningsforhold har generell verdi som basiskunnskap innenfor en rekke vannfaglige disipliner. De har særlig nytte i forurensnings-saker.

Strømningsproblemer kan løses numerisk eller med lagoratoriemodell. Foreløpig tror vi de sikreste svar oppnås med bruk av fysisk modell. Her trenger vi imidlertid å utvikle bedre utstyr for måling av strøm, temperatur, saltholdighet eller andre sporstoffer i laboratoriemålestokk. Vi bør også følge med i utviklingen av numeriske strømningsmodeller. Her vil vi kunne benytte programmer utviklet i utlandet. Slike modeller er imidlertid ofte så kompliserte at de krever mye tilpassing og trening før de gir rimelig overensstemmelse med virkeligheten. Verifisering ved målinger er absolutt nødvendig.

For å få vurdert endringer i en fjords evne til å fortynne tilførte forurensninger i forbindelse med en vassdragsutbygging må en utvikle metoder for prediksjon av strømmer på samme måte som for innsjøer. Her vil vi støte på problemer fordi grensebetingelsene mot kysten er svært variable.

5 Strandforhold - bredder - erosjon

Problemstilling

- skred og ras som følge av vannstandssenkninger som gir poretrykk-
endringer og reduksjon av oppdrift
- Økt erosjon på grunn av økt vassføring nedstrøms kraftverket
- erosjon som følge av grunnvannsdrenering ved senking i bekkeløp når
vannstanden er lavere enn normalt, og på grunn av bølger som angriper
ubeskyttede deler av marbakken eller strandlinjen når vannstanden er
høyere eller lavere enn normalt.

Erosjon medfører øket innhold av suspenderte partikler i vannet, og avleiringer på bunnen utenfor ras og erosjonssteder.

Det er av stor betydning å kunne forutsi omfanget av problemet og kunne iverksette nødvendige mottiltak.

Pågående FoU-virksomhet

Flere innsjøer hvor slike problemer har oppstått, er undersøkt med ujevne mellomrom for å samle data om omfang og tidsutvikling av problemene.

VHL, NVE og NGI har foretatt observasjoner. VHL har et begrenset program for oppfølging av undersøkelsene, som omfatter bl.a. registrering av faste strandprofiler, analyse av vannprøver fra sjøen og fra vassdraget nedenfor.

Videre har VHL utført forsøk med diverse metoder for erosjonsbeskyttelse av bekkeløp, og forsøk på å klarlegge vinds betydning for suspensjon av frie partikler i vann. En VHL-undersøkelse for NTNF om avleiring av gruveavfall i Huddingvann har også gitt resultater som kan anvendes på suspensjonsproblematikken i regulerte vassdrag.

FoU-behovet

Det er viktig å registrere langtidsutviklingen for å få et grep om problemene. Erosjonsspørsmål er kompliserte og målinger må til for å underbygge teoretisk behandling.

Teoretisk bør det arbeides med stofftransport-modeller (simuleringsmodeller). Foruten at disse er interessante direkte for studier av erosjons- og avsetningsspørsmål, har de betydelige interesser i vannkvalitetssammenheng.

Av mer spesielle problemer nevnes erosjon fra områder med myr og annen vegetasjon som faktisk påvirker erosjonen sterkere enn hvor det er rene løsmasser i strandlinjen. VHL planlegger å sammenligne visse deler av Essandsjøen (som har vært regulert lenge) med den nye sjøen som dannes i Nerskogen ved Granautbyggingen.

FoU er også aktuelt omkring tiltak for erosjonsbeskyttelse.

6 Grunnvann

Problemstilling

Grunnvannsendringer ved reguleringer står sentralt for å vurdere virkninger på vegetasjon, vannforsyning og massestabilitet. Problemene er forskjellige i de forskjellige virkningssoner.

Magasinet er kjennetegnet ved store vannstandsvariasjoner, med nær tilsvarende grunnvannsvariasjoner, tildels langt vekk fra magasinet. Dette kan gi problemer for vegetasjonen (uttørring-forsumping), og er et stort problem for eventuelle brønner i området. Kvalitetsendringer kan skje. Grunnvannsendringene som følge av magasinvariasjonene kan bidra til øket erosjon.

Overføringen fra et vassdrag til et annet, eller frem til kraftverket via tunnel, forårsaker ofte grunnvannsendringer. Tunnelen virker som et drenerør gjennom fjellet, og i noen tilfelle oppstår grunnvannssenkning i et stort distrikt langs tunnelen. Dette påvirker brønner og vegetasjon. Også myrer, tjern og innsjøer kan påvirkes. Setninger kan skade bygninger og andre tekniske anlegg.

Langs tørrlagte vassdrag eller vassdrag med sterkt redusert vannføring oppstår grunnvannssenkninger ofte i hele dalbunnens bredde, med påvirkning av brønner og vegetasjon.

Nedstrøms kraftverket, hvor vi får økt vintervannføring, kan en få kvalitetsproblemer med brønnvannet, samt høy vannstand i massene som gir økt tele-dannelse og dermed forsinket våronn.

Pågående FoU-virksomhet

I Norge er det lite systematisk virksomhet på dette feltet. Ved NGU-Oslokontoret er man engasjert i løsningen av en del konkrete vannforsyningsproblemer som oppstår som følge av regulering. Seksjonens medarbeidere er ofte engasjert som grunnvannssakkyndige i vassdragsskjønn.

Ved NVE-Hydrologisk avdeling/grunnvannskontoret, arbeidet spesielt med grunnvannsmagasiner som tilsig til vassdragene (tilsigsprognoser). Grunnvannskontoret har også reguleringsundersøkelser på sitt program.

Ved NLVF-Styringsutvalget for jordforskning tar de på seg oppdrag, også for vassdragsskjønn, og har behandlet endel påvirkete områder etter regulering.

Utenom Norge antar vi at det er mest hensiktsmessig å samarbeide med fagmiljøer i Sverige og Finland, men samarbeide/kontakten innen dette fagområdet synes å være begrenset.

FoU-behovet

For de fleste problemstillingene finnes det tilgjengelig ekspertise/litteratur, men fagmiljøet i Norge er så lite at de som arbeider med disse oppgavene, alle gjør det innimellom annen virksomhet. Dermed er det ikke mulig å nyttiggjøre seg tilgjengelige kunnskaper fullt ut.

De fleste konfliktene er nok kjent også i andre land, slik at sammenstilling av kjent kunnskap/litteratur vil gi et godt grunnlag å arbeide videre med. Et unntak er grunnvannsforholdene i fjell ved tunneldrift. Bergartstyper/topografi og klima er såvidt spesielt at her er det behov for grunnforskning.

For FoU-virksomhet er det behov for kapasitetsøkning slik at virksomhet av generell karakter får plass ved siden av forvaltningsrettet virksomhet som konsesjons- og skjønnsundersøkelser. Mangel på fagfolk innen hydrogeologi virker forsinkende og bremsende.

FoU-aktivitet er aktuelt på følgende felter:

- øket kartlegging av grunnvannsforhold generelt før og etter regulering.
- Systematisering og bearbeiding av foreliggende skjønnsmateriale
- Grunnleggende studier om langtidseffekter av overføringssystemer i fjell
- Simuleringsmodeller for grunnvannstilsig (del av hydrologiske modeller).

Det understrekes at ovennevnte gjelder FoU-virksomhet omkring effekter på grunnvannet rent kvantitativt.

7 Gassovermetning - lysforhold

Relativt mindre påaktede er problemer med gassovermetting og endring av lysforholdene.

- Gassovermetting

Problemstilling

Flere tilfelle er kjent der oppdrettsfisk har dødd på grunn av nitrogenovermetting i vann som kommer ut fra kraftverk. Vi får gassovermetting

når luft blandes inn i vannet ved høyt trykk i sjakter. Overmettingen vil ytterligere forsterkes når ferskvannet varmes opp etter det er kommet ut i fjorden.

Pågående FoU-virksomhet - FoU-behovet

Reguleringsforeningenes Landssammenslutning/Servicekontoret for driftserfaringer har opprettet et utvalg for å se på problemer i forbindelse med gassovermetting. En rekke institusjoner er opptatt av problemet, og en vil belyse spørsmål av både teknisk og biologisk art. Det vises til dette utvalget. Både forskning omkring fysiske forhold og biologiske problemstillinger bør tas opp.

- Lysforhold

Problemstilling

Foruten næringstilførsel og temperatur er algeveksten svært avhengig av lysforholdene. Ved et slamholdig vann holdes tilbake i reservoarer om sommeren økes tilgangen på lys i vannmassene i denne perioden nedstrøms magasinet.

Eksisterende FoU-virksomhet

Siktedypsmålinger er rutine i vassdragsundersøkelser. FoU-virksomhet som spesielt tar for seg lysforholdsendringer som følge av reguleringer er ikke kjent. Problemet er imidlertid kvalitativt ofte sentralt i diskusjonen (f.eks. Mjøsa).

FoU-behovet

Sammenhengen vassdragsreguleringer/lysforhold er lite kartlagt. Spørsmålet har stått sentralt i vurderingen av enkelte større utbygginger. Både den rent fysiske del og de biologiske virkninger (algeproduksjon) må integreres i FoU-virksomheten. Flere forskningsmiljøer har her kunnskaper som bør trekkes inn.

Problemstilling

Hydrologiske endringer ved reguleringer innleder et komplekst forløp med primær- og sekundæreffekter i akvatiske økosystemer hvor fisk er på toppen av næringskjeden. Den biologiske produksjon avhenger bl.a. av lysforhold, temperatur, oksygen og næringstilgang; faktorer som alle kan påvirkes av reguleringer. Virkninger på akvatisk liv skjer dels gjennom hydrologiske endringer direkte, og dels gjennom de endringer i fysisk/kjemisk vannkvalitet som reguleringene medfører.

Vannkvaliteten kan påvirkes både direkte og indirekte. Direkte påvirkning kan skje ved økt erosjon ved utvasking i strandsoner og utrasninger i magasiner, ved overføring av vann fra et nedbørfelt til et annet, eller ved at flomvann holdes tilbake i høyfjellet om sommeren og slippes på om vinteren. Den vanligste og mest dominerende vannkvalitetsendring ved reguleringer skyldes imidlertid de s.k. indirekte forurensningsvirkninger som skapes ved at hydrologiske endringer forsterker eksisterende forurensningsproblem. Redusert vannføring vil kunne føre til økt konsentrasjon av forurensninger i et på forhånd påvirket vassdrag. Videre vil den utspylingseffekt en flom har i et forurenset vassdrag få redusert effekt ved regulering. Eksempelvis fører økt konsentrasjon av næringssalter som regel til økt begroing og algevekst i elver og innsjøer. Giftvirkninger av utslipp vil kunne gjøre seg sterkere gjeldende, og redusert vannføring kan også medføre høyere sommertemperatur på elvevannet. Det samme gjelder utstrakt bruk av terskler.

I denne sammenheng er de mer direkte årsakene til vannkvalitetsendringer mest interessante. En del hydrologiske årsaker med typisk fysisk/kjemiske konsekvenser for vannkvalitet er nevnt i tabell 6.1.

Tabell 6.1 Hydrologiske årsaker - konsekvenser for fysisk/kjemisk vannkvalitet. Forenklet beskrivelse. (Jfr. NIVA-rapport Al-21 "Vassdragsregulering, Miljøeffekter og Behov for forskning".)

Hydrologiske årsaker	Konsekvenser for fysisk/kjemisk vannkvalitet
<p style="text-align: center;">-</p> <p>Utjevning av vannføring over året ved reguleringer</p>	<p>Økt slam- og partikkeltransport i anleggsperioden</p> <p>Utjevning av transportbildet av partikulært materiale over tid. Konsentrasjon av suspenderte stoffer sterkt avhengig av vannføring. I strekninger med redusert vannføring totalt nedsatt erosjon.</p> <p>Saltholdighetsvariasjoner endres. Naturlig høyest forekommende vintertid p.g.a. grunnvannsdominans, lavest i smelteperioden. Saltholdighetsbildet blir dominert av restnedbørfeltet.</p>
<p>Erosjon i standsoner i magasin-områder.</p>	<p>Økt innhold av suspenderte stoffer, økt innhold av salter p.g.a. høyere grunnvannsspeil og utlekking av salter fra nye løsmasser under grunnvannstand.</p>
<p>Overføring fra et vassdrag til et annet.</p>	<p>"Blanding" av to fysisk/kjemiske "vassdragsindivider".</p>
<p style="text-align: center;">-</p> <p>Økt ferskvannstilførsel til fjorder/sjø vinterstid.</p>	<p>Endrede temperatur- og saltholdighetsforhold.</p>

Endringer i fysisk/kjemisk vannkvalitet kan ha direkte bruksmessige ulemper for vannforsyning, jordvatning, rekreasjon. Interessen knytter seg imidlertid først og fremst til den biologiske respons av kvalitetsendringene. Responsen skyldes dels direkte virkninger av de hydrologiske endringer (eks. tørrlagte gyteplasser), delvis indirekte (eks. tilslamming av gyteplasser), endringer i kjemisk kvalitet, økt næringssaltbelastning m.m.

Noen typiske biologiske konsekvenser med tilhørende hydrologiske og/eller fysisk/kjemiske årsaker er stilt opp nedenfor. Beskrivelsene er forenklete, for en mer helhetlig beskrivelse jfr. nevnte NIVA-rapport Al-21.

- Økt slamtransport: Reduserte lysforhold og derved lavere primærproduksjon. Noen arter (eks. fjærmygglarver og knott) kan forsvinne. Tilslamning av gyte- og oppvekstområder for fisk.
- Endringer i saltholdighet, lysforhold, farge og andre fysisk/kjemiske parametre: Div. endringer i økosystemet.
- Økt utvasking i magasiner, økt humusinnhold og økt innhold av næringssalter: Økt primærproduksjon, forskyvning av artssammensetning.
- Neddemning/tørrlegging: Store endringer, utarming av organismer. Også terrestriske organismer avhengig av organismer knyttet til akvatisk miljø påvirkes.
- Avbrytelse av kommunikasjon oppstrøms/nedstrøms kraftverk: Påvirker normal næringstransport, kolonisering av f.eks. bunndyr, fiskevandring uteblir.

All FoU-virksomhet omkring fysisk/kjemiske og biologiske forhold i vannforekomster har betydning for vurdering av vassdragsreguleringssaker; f.eks. all forskning knyttet til spredning og virkninger av forurensninger. I denne sammenheng er det imidlertid kun aktuelt å se på FoU-behovet mer direkte knyttet til årsak/virkningsforhold med utgangspunkt i de hydrologiske endringer reguleringen medfører.

I forskningsvirksomhet på området danner fysisk/kjemisk vannkvalitet en av forutsetningene for biologisk respons. Fysisk/kjemisk vannkvalitet er i seg selv ofte mindre interessant uten at det koples til biologisk respons. Forskningsoppgavene diskutert nedenfor omfatter følgelig fysisk/kjemisk vannkvalitet i sammenheng med den biologiske respons.

Pågående FoU-virksomhet

FoU omkring fysisk/kjemisk vannkvalitet og biologiske virkninger kan, som for de andre deltemaer, deles i virksomhet knyttet til forvaltningsvedtak, (konesjonsundersøkelser) og mer ren prosjektuavhengig FoU-virksomhet.

Som nevnt i kap. 4 er det stort sett de samme fagmiljøene som er utførende instanser for begge hovedtyper FoU-virksomhet.

Virksomhet omkring fysisk/kjemisk vannkvalitet utenom temperatur og is utføres først og fremst ved NIVA. Virksomhet knyttet til biologisk respons utenom fisk, utføres av universitetene, ved museene og NIVA.

Omfattende utredningsvirksomhet er knyttet til konsesjonsundersøkelsene. Videre må også nevnes de omfattende undersøkelser knyttet til de 10-års vernede vassdragene. Disse utføres ved de naturfaglige instituttene ved universitetene i Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø.

Sett i forhold til omfanget av konsesjonsundersøkelsene er den mer rene forskningsvirksomhet svært beskjeden. Forskning om de fysiske endringer foregår ved NVE og VHL, mens forskning om biologiske forhold (eksl. fisk) skjer ved universitetene, museene og NIVA. Enkelte store prosjekter som forskningsdelen av undersøkelsene knyttet til 10-års vernede vassdrag samt terskelprosjektet må nevnes. Av grunnleggende virksomhet som skal hjelpe til for å vurdere reguleringsvirkninger kan foruten ovennevnte nevnes NIVA's arbeid med typifisering av vassdragslokaliteter samt prosjekter om begroing og bunndyrfauna i strømmende vann.

I Sverige foregår en noe mer omfattende virksomhet av generell forskningskarakter. Et annet aktuelt samarbeidsland er Canada, hvor kontaktene bør utbygges. Utenlandske erfaringer er aktuelle der de klimatiske og hydrologiske forhold er noenlunde sammenlignbare. Overføring av resultater er imidlertid beheftet med mange usikkerheter, og egenvirksomhet er absolutt nødvendig.

FoU-behovet

Forskningsbehovet for generell grunnleggende biologisk kompetanse på dette feltet er betydelig. Ved et symposium i Asker 1978 konkluderte professor Rolf Vik med følgende:

"Vi har en hel del detaljkunnskaper om reguleringsvirkninger i våre vassdrat, men vi mangler dessverre meget når det gjelder innsikt i produksjonsprosessenes relasjoner på endringer av miljøet. Vi mangler beskyttede referansevann og -elver som er sikret økonomisk støtte for forskning i generasjoner fremover".

Noen eksempler på FoU-oppgaver som synes særlig aktuelle (bl.a. fra Holtans rapport):

- Tverrfaglige studier av økosystemer i regulerte vannforskomster hvor de forskjellige elementer i økosystemet blir satt sammen til en helhetsvurdering. Her inngår forskningsvirksomhet med økosystem-modeller hvor man i forenklete simuleringsmodeller forsøker å kvantifisere biologiske utslag avhengig av variasjoner i biologiske eller fysisk/kjemiske parametre. Modeller vil i første omgang gjennom arbeidet med disse særlig øke forståelsen av hvordan økosystemene fungerer og være fruktbart for tverrfaglig samarbeide innen naturfagene.
- Biologiske forhold ved fastsettelse av minstevannføringer. Et sentralt problem både praktisk og forskningsmessig er fastsettelse av minstevassføring. Dette er et stadig tilbakevendende problem i forbindelse med fastsettelse av manøvreringsreglementet. Her står økonomiske kvantifiserbare forhold mot ikke-økonomisk kvantifiserbare "myke" miljøverninteresser.

I praksis må en rekke hensyn tas i fastsettelse av minstevassføring: fiskeproduksjon, drikkevannforsyning, resipientbruk, vanningsvann, rekreasjon og friluftsliv hvorunder de rent estetiske forhold hører. Videre spiller muligheten for kompensasjonstiltak inn, som utsetting av fisk og bygging av terskeldammer. En annen type kompensasjonstiltak som ikke er i bruk i dag, men som trenger grunnleggende forskningsmessig behandling eller utnyttelse av det rennende vanns produksjonspotensialet. Rennende vann har unike produksjonsforhold takket være høyt oksygeninnhold og vannets stadige næringstransport. Strykpartiene har dessuten en egen og svært høy produksjon av næringsdyr som danner grunnen for en rik fiskebestand med verdifulle arter. Disse arter f.eks. aure og harr, er beroende av strømmende vann for sin forplantning og tilvekst, men også stilleflytende elvepartier har stor betydning for den strømgytende fisken. Det er et utpreget samspill mellom strøm- og mer stilleflytende partier såvel når det gjelder næringstransport som næringsproduksjon.

I mange tilfeller synes det i noen grad å være mulig å ta vare på dette samspill ved f.eks. påslipp av en i denne sammenheng vel fundert minstevannføring, ved å holde enkelte mindre bekker/vassdrag utenfor reguleringen, bygging av eventuelle fiskedammer (f.eks. terskeldammer) og ved en hensiktsmessig manøvrering av elvens vannføring. Poenget er å utnytte den høye produksjon av begroingsorganismer og bunnfauna for produksjon av fisk. Samtidig vil muligheten for bevaring av gyteplasser være til stede. I sammenheng med slike arrangementer vil også forholdene kunne legges tilrette for utnyttelse av avløpsvann for å øke produksjon og fiskeavkastningen under kontrollerte betingelser. Forsøk med gjødsling og endring av vannets kjemiske kvalitet for å høyne produksjonen er også aktuelt.

Særlige studier er nødvendige for å se på økologiske konsekvenser ved forskjellige manipuleringer med vannføring. Et konkret prosjektforslag utarbeidet av Zoologisk Museum - Universitetet i Oslo, Institutt for naturforvaltning - Norges landbrukshøgskole og NIVA; "Stell av restvassdrag etter vassdragsreguleringer" foreligger. Prosjektet vil gå inn på vannforekomstenes evne til å omsette næringsalter under ulike betingelser i naturlige og selvetablerte næringskjeder. Zoologisk og botanisk kompetanse settes sammen og en rekke forhold planlegges studert som bl.a.: Selvreiningsprosesser, eutrofiering i strømmende vann, algebegroing og nedbeiting ved dyr/næringskjeder til fisk og biologisk produksjon.

- Studier av bunnsedimenter i elver og magasiner
- Organismers overvintringssituasjon i forhold til uregulerte innsjøer og elver.
- Typifisering av vannforekomster (også aktuelt i regulerings-sammenheng).

9

Fisk
(i vassdrag)

Problemstilling

Fiskefaunaen i vassdrag påvirkes av vannkraftutbygging enten direkte ved fysiske endringer av miljø (tørrlegging av elv, erosjon) eller indirekte ved en kvalitativ og kvantitativ endring av tilgjengelige næringsdyr og ved endring av reproduksjonsforholdene. Endringene er forskjellige for ulike fiskearter. Problemene varierer for de ulike påvirkningssoner.

Innsjømagasiner

1. Endringer i næringsforhold. Neddemming av landområder med påfølgende omsetning av organisk materiale fører som oftest til en korttidsøkning av næringsdyr, både av plankton og bunndyr. Typiske fenomener av variabel vannstand er imidlertid isskuring, frost, bortfall av vannvegetasjon og utrasninger, som i meget sterk grad går utover den littorale fauna. De frie vannmasser blir i mindre grad fysisk påvirket og kan opprettholde eller øke sin primærproduksjon så lenge utvasking av næringssalter pågår. Resultatet er en relativ forskyvning i produsert næringsemngde til fordel for de frie vannmasser.

2. Redusert reproduksjon for elvegytere. Som oftest faller utløpselv bort som gyteelv for det aktuelle innsjømagasin. Økt høstvannstand endrer oppvandringsmulighetene på innløpselvene.

Punkt 1 og 2 favoriserer de planktonspisende fiskearter som gyter på stillestående vann eller i elveos. For svært mange vann betyr dette en økning av røye- og/eller sikbestanden og en reduksjon i ørretbestanden. De nye forhold fører ofte til redusert fiskeinnsats og avkastning, noe som skyldes vanskeligheter (finansiering, kunnskap, tradisjon) med omlegging av det opprinnelige fiske.

Elvemagasin

Her kan dyrelivet endres og få mer preg av innsjøfauna på grunn av redusert vannhastighet, endret bunnsstrat og økt innslag av vannvegetasjon.

Forholdene kan bli bedre for abbor, gjedde og karpfisk der slike fiskearter forekommer.

Elvestrekning med redusert vassføring.

Avhengig av reguleringsomfang kan ellevandring av fisk opp og ned bli redusert ved opphøret. Elvestrekninger som tidligere ble brukt til gyting eller oppvekst, kan bli tørrlagt. Skader oppstår også ved korttidsstørrelgging, som fører til innestenging og økt dødelighet av både næringsdyr og yngel på grunt vann.

Nedstrøms utløpet av kraftverk

Her gir økt vintervannføring og redusert sommervannføring stor variasjon i strømhastighet, noe som vil innvirke både på næringsdyr og fisk. Stor og variert vintervannstand øker faren for drift av organisk materiale og næringsdyr og innefrysing av næringsdyr og fisk kan finne sted. For fisk vil elvens produktive areal ved lav sommervannføring bli redusert.

Forholdene i fjord- og kystområder er omtalt under (15).

Ved overføring av vann fra ett vassdrag til et annet kan det oppstå spesielle problemer både i innsjø- og elvemagasiner:

- Endring av temperatur. For eksempel kan tilførsel av varmt innsjøbunnvann (+4) til elv gjennom vinteren gi tidsforskyvning i klekking av næringsdyr og fisk.
- Utslipp av bunnvann gir også større tilførsel av næringsalter (avhengig av magasinets trofigrad) og mindre utslipp av partikler til filtrerende bunndyrarter og plankton til fisk. Klarere, mer næringsrikt bunnvann kan også medføre økt produksjon av bentiske alger i nedenforliggende elv.
- Overføring av forurenset vann, inkludert surt vann.
- Endring av fauna, overføring av næringsdyr og fisk (parasitter).

Pågående FoU-virksomhet

Innvirkning på fisk i vassdrag har stått sentralt ved vurdering av skadeeffekter ved vannkraftutbygging. Det er derfor på dette felt også nedlagt mye arbeide for å finne frem til kompensasjonstiltak for å bøte på skader som måtte oppstå.

Oversikt over institusjoner som arbeider med fisk i tilknytning til vassdragsreguleringer med tilhørende hovedarbeidsoppgaver er satt opp i nedenfor:

Oversikt over FoU-institusjoner - vassdragsreguleringer/fisk.

A. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk:

- 1) Reguleringssteømet (etabl. 1972) (4 ansatte) - skal undersøke vassdragsreguleringers virkning på ferskvannsfisk og vilt.
- skal arbeide med tiltak for å hindre eller redusere skader på ferskvannsfisk og vilt som følge av utbygginger, overføringer og reguleringer av vassdrag.
- 2) Reguleringsundersøkelsene i Nordland (RUN) (etabl. 1974) (4 ansatte) - foretar (vilt- og) fiskeribiologiske undersøkelser i Vefsnavassdraget, Saltfjell/Svarisområdet og Kobbelv/Hellemo-området i forbindelse med NVE-Statskraftverkens planer om vannkraftutbygging i disse områder.
- 3) Fiskeforskningen, Ås - undersøkelser i forbindelse med utsettingspålegg, utsettingsforsøk med Tunhovdørret.
- 4) Fiskerikonsulentene - generell veiledning.

B. Laboratoriene for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI-laboratoriene) ved de zoologiske museer i Bergen, Oslo og Trondheim (etabl. 1969) (tilsammen 7 ansatte)

- utredningsvirksomhet i forbindelse med vassdragsreguleringer (konsjonssøknader, skjønns- og etterundersøkelser) (forskjellige prosjekter).

*

- "Tiårsvassdragene" (Bergen).
- "Terskelprosjektet" (Trondheim)

C. Zoologisk avdeling, DKNVS Museet i Trondheim Prosjekter:

- Tiårsvassdragene (4 pers. engasjert).
Nessjøen.

"Tiårsvassdragene". Undersøkelse av fisk i de vassdrag som er gitt ti års vern, utføres av Fiskerikonsulenten for det Østenfjeldske, Oslo, LFI-laboratoriet, Bergen, Zoologisk avdeling, Museet i Trondheim og Tromsø museum.

Utenom de prosjekter og undersøkelser som har vært gjennomført/utført av de ovenfornevnte institusjoner, foreligger det få større prosjekter for behandling av konsekvenser ved vassdragsreguleringer.

Nevnes må imidlertid "Terskelprosjektet" som er et samarbeidsprosjekt mellom DVF, Vassdragsdirektoratet og Bergen og Oslo museum. Prosjektets formål er å belyse de biologiske effekter av terskelbygging i elver og bekker. Prosjektet ble igangsatt i 1975 og vil bli avsluttet i løpet av 1980. For fisk omfatter prosjektet vandringer, studier av dødelighet grunnet lav vannføring, reproduksjonsstudier, konkurranse mellom fiskearter og bruken av terskelbasseng til sportsfiske.

I utlandet foreligger det kontakter med miljøer i Sverige, England og USA.

Sverige: - Fishery Management in River Reservoirs, National Board og Fisheries, Härnösand.
- Universitetet i Umeå.

England: - Freshwater Biological Association, Dorset.

USA: - North Texas State University, Texas.
- Flathead Research Group, Montana
- Colorado State University, Colorado
- US Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service

Det vil bære naturlig å utvide kontaktene, samt å få istand samarbeide med miljøer i Canada.

FoU-behovet

For-undersøkelsene i forbindelse med vassdragsreguleringene skal danne grunnlag for å forutsi eventuelle skadevirkninger på fisk og utøvelsen av fisket. Samtidig skal undersøkelsene danne grunnlag for konsesjonsvilkårene og de tiltak som utbygger plikter å iverksette for å bøte på eventuelle skader (endret manøvrering, utsetningspålegg etc.). Det stilles nå langt større krav til forundersøkelsenes omfang og innhold enn tidligere. Behovet for kunnskap om vassdragsutbygging/fisk er derfor økende. Det bør

derfor i forbindelse med de vassdrag som nå skal utbygges, avsettes mer tid og penger til å samle den viten vi har. Videre må vi ytterligere øke våre kunnskaper gjennom studier i de regulerte elver og innsjøer, hvor man fra før har gode forkunnskaper. Videre bør det legges vekt på bruksorienterte undersøkelser i regulerte vassdrag.

Mer konkret er det behov for innsats på følgende felter:

- Sammenstilling av kjent viten og bearbeidelse av materiale.

Fisk og bunndyr.

En del opplysninger om konsekvenser av vassdragsregulerings virkning på fisk og næringsdyr er utgitt i rapporter fra forskjellige etater. I tillegg finnes det innsamlet materiale ved DVF, NIVA, museene, som ikke er bearbeidet. Dette materialet bør sammenstilles. Man vil kunne få flere opplysninger om hvordan reguleringene innvirker på forskjellige næringsdyr (på artsnivå) og fisk.

Opplysningene vil kunne danne grunnlag for videre studier av endringer i produksjonsforholdene.

- Produksjonsendringer

Få studier er gjort på fiskeproduksjon i innsjøer og elv. Data for innsjøer foreligger fra Øvre Heimdalsvatn, og for elver har man opplysninger fra Stjørdalselva og Forra og fra elver i Nord-Norge. Imidlertid foreligger ikke undersøkelser av endringer i fiskeproduksjon ved vassdragsreguleringer.

- man har her behov for studier av fiskeproduksjon i elv og innsjø før og etter regulering.
- produksjonsstudier på fisk må knyttes sammen med produksjonsstudier av næringsdyr (arter).

De undersøkelser som hittil er gjort før og etter regulering, gir bare kvalitative endringer og endringer i biomasseforhold. Behovet for produksjonsstudier er stort, og man bør her - spesielt når det gjelder forholdene i elv - kunne samarbeide med Sverige og USA.

• Endringer i avkastning

På grunn av endringer i næringsgrunlaget for fisk, eventuelt konkurranseforhold mellom forskjellige arter og endringer i reproduksjonsmuligheter, vil fiskeavkastningen i et innsjø/magasin på lang sikt endres etter en regulering.

Det er her behov for utvikling av

- 1) Metodikk
- 2) Avkastningstall i rene ørretvann
- 3) Avkastningstall i vann med flere arter, spesielt planktonpisere
- 4) Kunnskaper om eventuelle endringer i avkastningstallene etter regulering for de forskjellige fiskeartene.

Meget få pålitelige avkastningstall foreligger fra norske fiskevatn før og etter regulering. For rene ørretvann har man beregnet optimal avkastning i uregulert situasjon, som f.eks. i Øvre Heimdalsvatn og i en regulert situasjon som i Nedre Heimdalsvatn. Dette er vann der en har full kontroll med hva som fiskes. Man har også noen opplysninger fra siksjøer (Randsfjorden, Orrevann). For bruk i innsjøer tilgjengelige for almenheten trengs det nu metodikk i forbindelse med brukerundersøkelser.

• Bruksendringer

I magasiner med stor regulerings høyde vil produksjonsforholdene for ørret bli dårligere. Forholdene må her derfor legges til rette for et mer utstrakt fiske etter de pelagiske fiskearter (sik, røye).

Man har her behov for kunnskaper om:

- 1) Bestandsstørrelse og alderssammensetning.
- 2) Lokalisering av fisk i vannmassene.
- 3) Effektive fiskemetoder som kan tilpasses forholdene.

10 Jordbruk - skogbruk

Problemstilling

Effekten på jord- og skogbruk har følgende fysisk/kjemiske årsaker med tilhørende sentrale konsekvenser:

Grunnvannstand	-	produksjonsforhold, brønner, teledannelse
erosjon	-	redusert stabilitet i strandsonen
vannkvalitet	-	vatning og vanning til dyr
klima	-	frostrøyk, rimdannelse og temperaturendringer.
redusert vannføring	-	vatning.

Konsekvenser av grunnvannstandsendringer ved regulering for produksjonen er bestemt av flere forhold: Jordsmonnets djup, tekstur/lagdeling; nedbør/forbruk av vann; planteslag: ettårige/flerårige vekster, rotutvikling; endringene i avrenningsforløpet i vassdraget (reguleringsmønsteret).

Særlig viktig er grunnvannsnivåets høyde i forhold til rotsjiktet og evt. lagdelinger i jordprofilen. Nedbørmengde og nedbørfordeling sett i forhold til vegetasjonens forbruk av vann er også viktig. Der nedbør med tillegg av nyttbart vann i jorda er tilstrekkelig, vil en senkning av grunnvannsnivået ikke ha noen negativ virkning. Det vil videre være en vesentlig forskjell mellom ettårige vekster som korn, poteter, rotvekster og flerårige vekster (eng og beite). Vekster med et etablert rotsystem om våren er mindre følsomme for regulering. Videre må en ta hensyn til de ulike vekstenes spesielle krav til vannforsyning gjennom vekstperioden. Graden av regulering av vassdraget og endringer i variasjonsmønsteret for vannstanden er av interesse. Ved overføringer der nedbørfeltet beskjæres, vil en ofte få endret tidspunkt for flom og mindre variasjon i vassdraget så detaljert at en har tilstrekkelig grunnlag for å vurdere konsekvensene for produksjonen på arealene.

Virkningen på brønner er i hovedsak bestemt av sammenhengen mellom vannstanden i elva og grunnvannsnivået. Forholdet mellom sommervassføring og vintervassføring er av vesentlig betydning.

Teledannelse kan være et problem på jordbruksarealer med jordarter domi-
nert av finsand/silt-fraksjoner. Høyere grunnvannsnivå om vinteren kan gi
økt teledannelse og mer kompakt tele. Dette kan føre til forsinket våronn
og dermed redusert avling.

Islinser og kompakt tele kan gi redusert stabilitet og utglidninger i elve-
skråninger. Høyt vanninnhold i jorda når telen går opp gir ustabile for-
hold.

Dårligere vannkvalitet ved redusert vassføring som kan berøre vannkvalitet
til vatning og vannforsyning til beitedyr er neppe noe problem.

Klimakonsekvenser ved økt frostrøyk og rimdannelse på bygninger er et for-
hold som ofte er oppe i skjønn. Temperaturvirkninger, særlig i form av økt
frostfare ved redusert vassføring, har betydning (eks. fruktavlinger).

Sterk regulering kan påvirke mulighetene for vatning og avgrense utviklings-
mulighetene for jordbruket. Behovet for vanningsvann stiger stadig, og det
er nødvendig å ha oversikt over produksjonspotensialet og tilhørende vann-
ingsproblemer i framtiden ved f.eks. fastsettelse av minstevassføring.

Til slutt nevnes konsekvenser for de tekniske forutsetninger for jord- og
skogbruk, ved neddemninger, dårligere isveier og reduserte fløtnings-
muligheter. Positive konsekvenser kan være jevnere vassføring, redusert
oversvømmelsesrisiko og bedre adkomstmuligheter på anleggsveier.

Pågående FoU-virksomhet

I Norge er det i forbindelse med noen vassdragsskjønn utført undersøk-
elser av endret produksjon på arealene som følge av regulering. Mer syste-
matiske undersøkelser er utført ved Glomma på grensa mellom Akershus og
Hedmark (Sør-Odal) på relativt djupe jordprofil. Undersøkelser er igang i
Skjåk i forbindelse med planer om utbygging i Jotunheimen. I Lærdal er
det utført undersøkelser av avlingsmengde, grunnvannsnivå og fuktighets-
forhold i jord i forbindelse med reguleringen i Lærdalvassdraget. Disse
undersøkelsene har fortsatt også etter at reguleringen er gjennomført.
Resultater fra undersøkelsene i Lærdal vil bli publisert i 1980.

Virkninger av vassdragsreguleringer er studert bl.a. i Sverige og en del andre land vi kan sammenligne oss med.

FoU-behovet

Fremtidig FoU-virksomhet i Norge bør skje på følgende felter:

- Produksjonsforhold. Her er det et klart behov for mer systematiske og grunnleggende undersøkelser av virkninger vassdragsreguleringer har for produksjonen på arealene langs vassdragene. Dette gjelder samspillet mellom grunnvannsnivå og produksjon i typeområder med ulike grunnforhold og klimaforhold. De ulike vekstene reagerer forskjellig og det er grunn til å se nærmere på åpenåkerarealer, arealer med grasproduksjon og arealer med skogproduksjon. - Virkninger på skog er hittil lite undersøkt.
- Klimaet er av vesentlig betydning for hvilke konsekvenser en regulering vil få. Det er derfor nødvendig med koordinerte undersøkelser der både grunnvann og jordbunnsfysiske forhold undersøkes og der en samtidig utfører klimagranskninger (temp., luftfuktighet, potensiell og aktuell evapotranspirasjon).
- Teledannelse i jordprofil som en følge av hevet grunnvannstand er lite undersøkt i forbindelse med reguleringer. Det er behov for å studere teledjup og telemengde med tanke på en eventuell opptining om våren. Teledannelsen i forhold til snødekke og tidspunkt for opptining er av interesse for bruken av arealene. Problemet er aktuelt i jord med kapillær transport av vann.
- Det er behov for å stille sammen kunnskap som i dag finnes tilgjengelig fra forskjellige undersøkelser. Det er nødvendig med en litteraturgjennomspøkning og en systematisering av den informasjonen som foreligger. Særlig aktuell datakilde er materialet fra vassdragsskjønn. Dette bør gjøres i et forprosjekt eller i en innledende fase av en mer omfattende undersøkelse.

Vi kan bare i begrenset omfang dra nytte av utenlandske undersøkelser, f.eks. svenske. Norske forhold er meget skiftende fra sør til nord og fra

øst til vest. Det er ønskelig å studere metodikk og opplegg i andre land, men det er behov for å gjennomføre undersøkelser i ulike typer felt i vårt land. Undersøkelser av denne art må ha lang varighet for å få tilstrekkelig sikre resultater. En må ha grunnlag for å sammenligne resultater fra perioder før og etter regulering, dvs. en varighet på minst 8-10 år.

11 Friluftsliv, rekreasjon - landskap og naturopplevelse

Problemstilling

Friluftsliv/rekreasjon påvirkes på følgende måte:

- Inngrep (dammer, tørrlagte elveleier) reduserer naturopplevelsen.
- Regulerte vann reduserer ferdselsmulighetervinterstid og muligheter for bading, båtliv og camping.
- Anleggsverier åpner nye områder. Adkomstmuligheter blir bedre, men områdene ro, ensomhet og fysiske utfordringer avtar.

Forskningmessig knytter det seg i denne forbindelse størst interesse til spørsmål omkring landskapinggrepenes virkning på naturopplevelsen. Subjektive oppfatninger betyr meget. Mye tyder på at mennesker i stor utstrekning oppfatter naturen på forskjellig måte avhengig av hvor de har vokst opp og bor, utdanning, yrke og miljøpåvirkning. De uheldigste konsekvenser synes å være tørrlagte fosser, elvefar og reguleringssoner samt nedsatte fiskemuligheter. Myr- og sumpaktige områder som demmes ned, kan innimellom virke positivt for naturlandskapet. Imidlertid oppleves økt innsjøareal, dammer, kraftstasjoner, steitipper, kraftlinjer m.m. som negativt, først og fremst fordi helhetsbildet blir forstyrret. Landskapspleie kan imidlertid dempe de estetiske ulemper betydelig.

Pågående FoU-virksomhet

Vi er ikke kjent med at det foregår FoU-virksomhet av betydning hva angår sammenhengen mellom naturopplevelse og landskapsestetiske forhold.

FoU-behovet

De estetiske virkninger av reguleringer er vel av de negative konsekvenser som ved siden av redusert fiske, opptar folk flest og er sterkt inne i debatten om vannkraftprosjekter. Det er følgelig noe besynderlig å konstatere at det ikke foregår noe virksomhet på dette området.

Årsaken til den lave aktiviteten ligger vel delvis i at temaet er bokstavelig talt flytende, subjektivt influert og vanskelig å få tak i. Likevel

synes betenkelig ikke å ha noen aktivitet, og det kan vises til relativt omfattende FoU-virksomhet i utlandet. USA, Canada, Storbritania og Tyskland kan nevnes, i tillegg Sverige ved Universitetet i Lund (Tekniska Høgskolan, Inst. for formlära).

Fremtidig forskning i Norge kan tenkes på følgende felter:

1. Utvikling av et kriterie/typifiseringssystem for naturlandskap ut fra et rekreasjonssynspunkt. F.eks. i arbeidet med 10-års vassdragene registrert naturlandskap i 5 hovedtema: 1) landskapstype, 2) tilgjengelighet, 3) kulturlandskap og landskapspåvirkning, 4) naturfaglig opplevelsesverdi og 5) landskapets egenkvalitet.
2. Ressurskartlegging av utbygde og ikke utbygde etter visuelle kriterier. Dette vil gi oversikt over hva vi har av ulike typer landskap, og muliggjør en sammenlikning internasjonalt.
3. Psykologisk og velferdsmessig betydning av naturelementer. Hva betyr vassdragsinngrep, hvilke holdninger har man, hvordan fordeles disse seg på samfunnsgrupper ? m.v. Hva betyr det å vite, uten å ha vært der eller har til hensikt å reise dit, at det x sted finnes uberørt natur, bjørn i området y osv.
4. Metodikk for en ren konkret estetisk vurdering på stedet før og etter en vassdragsregulering.

FoU-virksomhet bør hva metodikk angår, søke utenlands mot ovennevnte miljø, men resultater kan i liten grad overføres. Egenvirksomhet er aktuelt.

FoU-miljøer med kompetanse innenfor feltet er NIBR, NLH ved Institutt for landskapsakitetur og de geografiske institutter ved Universitetene i Oslo og Bergen.

12 Forholdene i fjord- og kystområdene

Problemstilling

De viktigste konsekvenser er knyttet til vassdragene og arealene nær disse. Virkningene på kyst- og fjordområdene er sekundære.

Vannkraftutbygging medfører en økning av ferskvannstilførselen på vinterhalvåret og en demping av tilførselen i sommerhalvåret til fjord- og kystområdet. Dessuten kan kraftutbyggingen gi en geografisk omfordeling av ferskvann.

Reguleringen påvirker gjennom hydrodynamiske endringer lokalklima, is og temperaturforhold . Disse forhold er omtalt under respektive FoU-temaer

Effekten av en omfordeling av ferskvann fører i første rekke til en endring av sirkulasjonssystemet i området. Derved påvirkes de mekanismer som bestemmer områdets økosystem. Videre bestemmer sirkulasjonssystemet til en viss grad det lokale klima. Økt ferskvannstilførsel har gitt økt isdannelse i noen fjorder. Andre viktige fysiske faktorer som påvirkes er vannets stabilitet (temperatur og saltholdighetsfordelingen), forandring av transporten av næringsstoffer og partikler gir endrede nærings-, lys- og utskiftningsforhold.

Pågående FoU-virksomhet

Spesialprosjekter knyttet til temperatur og is er omtalt under disse temaer.

I Norge er det flere prosjekter som har direkte som formål å studere effekten av vannkraftutbygging på fjorder. I Ryfylkefjordene (U.B.) og Skjomen (NDH og UiT) pågår prosjekter som har tverrvitenskapelig karakter. Siden 1975 har den generelle kystsirkulasjonen blitt studert av prosjektet "Den norske kystsonen" som ledes av Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen og Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt. Videre har spesielt isproblemer og reguleringer blitt studert i Nordfjord og Aurlandsfjord ved Vassdrags- og Havnelaboratoriet i Trondheim som også studerer problemet

mer generelt i Gaupne- og Lusterfjord. Endelig blir det arbeidet medeffekter av reguleringer på Bolstadfjorden og Topdalsfjorden (Kristiansand) av NIVA.

Utenlands er det først og fremst Canada og Russland som har arbeidet med problemet ferskvannsregulering og effekter i kyst- og fjordområder. Den generelle grunnforskningen på fjordsirkulasjon og ferskvannstilførsel spenner over flere land og går langt tilbake i tiden (USA, Skottland, England, Sverige, New Zeeland, Chile, Tyskland, Sovjet, m.fl.).

FoU-behovet

Foreløpig har vi begrenset kunnskap om vassdragsreguleringens virkninger på liv og produksjonsforhold i havområder. Fra de omfattende undersøkelser for å kartlegge endringer i fysiske og biologiske forhold i fjorder som følge av vassdragsreguleringer foreligger foreløpige resultater. Det er delte meninger om fortolkningene av de resultatene som hittil har kommet fram, men det er fra Havforskningsinstituttet i Bergen uttalt at foreliggende kunnskap på området ikke gir grunnlag for påstander om at vassdragsreguleringene virker negativt på de pelagiske fiskestammene langs kysten. Andre mener at resultatene antyder endret næringstilgang med redusert fiskebestand som følge.

For å forstå innvirkningen av en regulering må en rekke fagområder studeres.

De fysiske forhold gir grunnlag for en biologisk respons. Den fysiske oseanografien har på 1900-tallet arbeidet med sambandet ferskvann - fjordsirkulasjon. Enkelte modeller eksisterer som kan gi et samband mellom ferskvannstilførsel og fjordsirkulasjon i spesielle tilfeller, men disse gir meget omtrentlige bilder og må alltid bygge på et større antall feltobservasjoner. For å kunne forbedre modellene er det først og fremst ny viten for å koble ytre energipåvirkning av en fjord (vind, tidevann) med dens ferskvannsdrevne sirkulasjonssystem som trengs. Hertil kommer også i visse tilfelle ferskvannets betydning for dypvannsutskiftning i fjorder, samt betydningen for kystsirkulasjonen.

Det er også generelt behov for bedre kunnskap om den biologiske respons på ferskvannstilførselen i saltvannsområdene.

De norske fjorder og den norske kyst er så spesiell at foruten grunnforskning på det hydrodynamiske området må den meste kunnskapen innhentes i landet selv.

De grunnleggende mekanismer i systemet som minner om Norskekysten og fjorder studeres i flere land, men selv problemfeltet med regulering er kun aktuelle i Norge, Canada og Russland. Norge ligger nok fremst når det gjelder å arbeide med dette spesielle problemet, men det er naturlig å holde kontakter med miljøene i Canada og Sovjet.

II. Samlede vurderinger

Generelt

Med begrepet samlede vurderinger menes FoU-virksomhet som forsøker å arbeide på tvers av delområdene og analysere sammenhengen mellom de forskjellige virkningselementer; bl.a. se på deres relative betydning, arbeide med metoder for å veie ulike miljøelementer mot hverandre, osv.

Energimeldingen understreker behovet for systemstudier og konsekvensanalyser. I kap. 10.2.10 heter det bl.a.:

"Behovet for konsekvensanalyser i forbindelse med tiltak innen energisektoren vil være stort, og nødvendiggjør omfattende forskning. Eksempelvis har både Ot.prp. nr. 11 for 1979-80 om lov om vern mot forurensninger og om avfall, og utkast til planleggingslov, med bestemmelser om konsekvensanalyser.

Forskning på dette felt stiller store krav til tverrfaglig orientering. I norsk sammeheng er innsatsen på dette felt beskjedent sammenlignet med f.eks. Sverige."

Begrepet "samlede vurderinger" er relevant på flere nivåer. Noen eksempler illustrerer dette: (Øverst samlede vurderinger på makronivå. Nedover snevres analyseområdet inn)

- Konsekvensanalyser hvor energiens betydning for samfunns mål betraktes, f.eks. sammenhengen mellom energiproduksjon, sysselsetting og sosiale forhold.
- Konsekvensanalyser av vannkraft vs. andre energibærere.
- Sammenlikninger mellom utbygging i ulike vassdrag.
- Brede konsekvensanalyser (økonomiske, miljømessige, sosiale, Politisk/administrative) for alternative prosjekter i ett vassdrag (vannbruksplan).
- Helhetsstudier av miljøelementer i et vassdrag.
- Akvatiske økosystemmodeller.

Vi har her holdt oss til den nedre halvdel i oppramsningen ovenfor.

Problemstilling

I Energimeldingen er det lagt opp til at en slik plan skal fullføres. Forberedende arbeider er utført av Vannressursutvalget i forbindelse med meldingen. Et hovedmål for en slik plan er at mulighetene blir bedret for en mer riktig avgjørelse om innbyrdes gruppering av prosjektene. Derved kan en finne fram til de minst konfliktfylte vassdragene sett i forhold til kraftmengden.

Pågående FoU-virksomhet

En slik nasjonal plan må settes sammen av mange biter. Arbeidet er ført et stykke på vei ved Vannressursutvalgets arbeide og det fundament utvalget baserte seg på. En rekke elementer trenges for å lage en slik plan. I energimeldingen er nevnt andel elementer: tekniskøkonomiske opplysninger, oversikt over brukerinteresser, NOU 1979:9 som gir opplysning om forurensningskonsekvenser, arbeidet med Stortingsmelding om drikkevannsforsyning, kulturminneregistreringer, SSB's miljøstatistikk for reguleringsvirkninger osv.

Foruten grunnlagsmateriale trenger man imidlertid metodikk for å gjennomføre en slik plan. En slik metodikk er lite utviklet, og de foreløpige klassifiseringer er grove og laget på skjønnsmessige grunnlag.

FoU-behovet

Virksomheten er selvsagt helt avhengig av utspill fra forvaltningen. I hvilket tempo skal en slik plan lages? hvilken detaljeringsgrad skal den ha? hvilken utsagnskraft ønsker man planen skal ha i forhold til senere vannbruksplaner/konsesjonsbehandling? Forutsatt at man vil igangsette et slikt arbeid er det helt klart behov for ytterligere grunnlagsmateriale foruten utvikling av metodikk og kriterier for klassifisering og gradering av prosjektet på et mest mulig objektivt grunnlag.

Arbeidet med metodikk for slike vurderinger er en vanskelig oppgave og krever tverrfaglighet. Vi kan her trekke vekslers på metodikk og arbeider

x) Stortingets behandling av Energimeldingen har klargjort at en slik plan skal lages. Budsjettmidler er avsatt for 1981 på Miljøverndepartementets budsjett. Forberedende arbeider er p.t. (primo november) i gang.

fra en rangering av gjenværende kraftutbyggingsprosjekter som er foretatt i Sverige. Canada har også arbeidet med en slik plan.

14 Vannbruksplanlegging - konsekvensanalyser

Problemstilling

Økende konkurranse om vannressursene har aktualisert behovet for vannbruksplaner - planer for vern og bruk av et vassdrag. Vannbruksplaner er generelt aktuelle hvor vi har mange komplekse konflikter og/eller hvor vi har en dominerende bruksform som må veies mot andre. I slike tilfelle får vi en glidende overgang mellom vannbruksplaner og en konsekvensanalyse. Metodisk har disse begrepene mange likhetspunkter.

Energimeldingen understreker at vannbruksplanlegging er aktuelt i mange vassdrag hvor utbyggingsplaner foreligger. Flere steder i meldingen understrekes behovet for en mer helhetlig behandling av regulerings sakene.

Konsekvensanalyser kan sies å være et planelement i vannbruksplanleggingen. Konsekvensanalyse er blitt et nøkkelord i naturressursforvaltning og behandlingen av naturinngrep. Planlovutkast, utkast til ny forurensningslov, Energimeldingen, NOU 1980:23 om naturvern, understreker alle behovet for slike analyser. NIBR har laget en egen utredning om dette behovet.

Vannbruksplanlegging og konsekvensanalyse forutsetter både kunnskap om de enkelte delvirkninger og sammenhengen mellom de forskjellige virkninger.

Pågående FoU-virksomhet

Det er sterkt økende aktivitet på dette feltet, selv om totalaktiviteten fortsatt er lav:

- Ved NIVA og NIBR arbeides med vannbruksplanleggingsmetoder. Både faglige og administrative sider bearbeides. Metoder utvikles gjennom arbeid i prøvevassdrag og en foreløpig planleggingsmanual ventes utgitt i 1980. Man arbeider både med plansystematikk og de enkelte planelementer (måloppstilling, krav til vannmengder og vannkvalitet, tiltaksanalyse, konsekvensanalyse og handlingsprogram).

- NVE ved Vassdragsdirektoratet arbeider med Numedalslågen som prøvevassdrag sammen med Buskerud fylkeskommune.
- Ved NTH/VHL arbeider man sammen med NVE med Rakkestadelva som prøvevassdrag.

Det foregår noe aktivitet på området konsekvensanalyser. NTNFs gruppe for ressursstudier, SINTEF-NTH-miljøer (økosystem-konsekvensanalyser). Miljøverndepartementet arbeider med et FoU-opplegg på området konsekvensanalyser på bakgrunn av behovs- utredningen fra NIBR.

FoU-behovet

På feltet er det et sterkt behov for øket virksomhet. Konkret bør det arbeides videre med:

- Metode for kvantifisering av reguleringsvirkninger, utvikling av miljøindikatorer.
- Metoder for sammenveining av inkommensurable størrelser.
- Kvantifisering og karakterisering av bruksformers krav til vannmengde, vannkvalitet og andre forhold.

På dette feltet er det generelt sett svært mye å hente i utlandet. Innenfor vannbruksplanleggingen er det aktuelt å samarbeide med Sverige, Finland, USA og Canada. Samarbeidet nordisk er allerede godt. USA og Canada har betydelig praktisk erfaring med planlegging av konsekvensanalyser. Man kan her lære av metodikk, men ikke minst de erfaringer har gjort i praksis med disse verktøyene. Ikke minst erfaringer med nytten av analyser og disses tilpasning til beslutningsprosessene er viktige.

Selv om mange metoder kan hentes i utlandet og viderebearbeides her, må disse tilpasses norsk virkelighet. Hensyn må taes til norsk forvaltningsstruktur, rettsforhold og institusjonenes ansvarsfordeling.

Teoretiske studier som bearbeider beslutningsprosesser og avveiningsmetoder som ikke tar hensyn til virkeligheten vil neppe ha praktisk verdi.

15 Systemanalyse - matematiske modeller

Problemstilling

Systemanalyse er en fellesbetegnelse på teknikker som tar sikte på å belyse sammenhengen mellom elementer fremfor innholdet i de enkelte elementene.

Innen vannbruksplanlegging og konsekvensanalyser utgjør systemet analyse-teknikker et sentralt verktøy.

Virksomhet på dette feltet karakteriseres generelt ved:

- En systematisk angrepsmåte
- Bruk av interdisiplinære team
- Matematiske modeller som sentralt verktøy.

Vi vil understreke at systemanalyse ikke er identisk med matematiske modeller. Matematiske modeller utgjør imidlertid i dag et sentralt element i dette verktøyet. Systemanalyseteknikker er anvendt innenfor en rekke fag-felter. På vannsektoren har verktøyet i Norge vært brukt innenfor spesielle delområder; hydrologi, fysisk oseanografi og VA-teknikk. Systemanalyse som går på tvers av tradisjonelle fagektorer er imidlertid ikke brukt i Norge.

Vi kan skille mellom 3 hovedkategorier modeller i vannsammenheng:

1. Sosioøkonomiske modeller (beslutningsmodeller).
2. Teniske modeller (f.eks. hydrauliske modeller).
3. Miljømodeller (kvalitetsmodeller - økosystemmodeller).

Modellenes betydning ligger i at de bidrar til å bedre beslutningsgrunn-laget ved å fremskaffe et bedre og sikrere valggrunnlag. Man må være var-som med modeller som på noen måte griper inn i beslutningsprosessene.

Et viktig aspekt ved arbeidet med forskjellige modeller er muligheten for å øke forståelsen for sammenhengen mellom fagelementene og mulighet for sensitivetsanalyse og vurdere de enkelte elementers betydning i total-bildet.

Pågående FoU-virksomhet

Innenfor dette feltet arbeides det med:

- hydrologiske modeller i vassdrag (NVE, VHL)
- Strømningsmodeller i innsjøer/fjorder (VHL, NIVA)
- Eutrofieringsmodeller for innsjøer (SI, VHL)
- Modeller innen VA-teknikk: urban hydrologi, vannforsyning, slam, renseteknologi (NIVA, NTH)
- avrenningsmodell for Sur nedbør (SNSF-prosjektet)

Det er følgelig først og fremst tekniske modeller innenfor avgrensede fagfelt som det arbeides med. Modellaktiviteten på kvalitetssiden er meget liten. Det foregår ikke arbeid med sosio-økonomiske modeller om vannspørsmål.

NVE og NIVA arbeider for tiden med et såkalt integrert vassdragsprosjekt i Lenaelv i Oppland, hvor det tas sikte på å utprøve forskjellige modellteknikker. Hydrologiske modeller utgjør grunnstammen, hvorpå det vil bygges kvalitetsmodeller (fosfortransport). For tiden foregår arbeidet med en økonomisk optimaliseringsmodell, hvor lineær programmering brukes som optimaliseringsmetode.

I utlandet foregår en stor aktivitet på dette feltet innenfor alle tre hovedkategorier modeller. Det er viktig å dra nytte av erfaringer fra utlandet på dette området. Spesielt kan nevnes erfaringer fra USA og Canada, hvor man har 15 års praksis og erfaringer med forskjellige modelltyper både forsknings- og forvaltningsmessig. (Miljøverndepartementet, NVE og NIVA har nylig gjennomført en studietur og evaluert situasjonen på dette området i USA og Canada). Også nordisk samarbeide er aktuelt. Dette er under etablering.

Norge ligger langt etter hva FoU-aktivitet angår på dette området. Dette skyldes delvis at behovet i vårt vannrike land er reelt begrenset, og at konflikten mellom bruksformer har vært relativt moderat. Men selv om dette tas i betraktning, er aktiviteten på området uvanlig lav. Årsaken ligger vel delvis i at et sterkt oppsplittet forvaltnings- og fagsystem vanskelig gjør tverrfaglige prosjekter.

FoU-behovet

Systemanalyseteknikker anvendt på avgrensede felter (f.eks. strøm- og spredningsmodeller) er omtalt annetsteds. I kap. 5 i utvalgets rapport, "Virkinger av forurensninger" er behovet for generelle økosystemmodeller omtalt også for vannmiljøet. Spesielt tilknyttet reguleringen må nevnes behovet for modellstudier knyttet til økosystemer i strømmende vann.

Noen eksempler på systemanalysestudier som omfatter hele vassdragssystemer;

- arbeid med "flermålsmodeller" (multiobjective methods) som også trekker inn beslutningsprosesser. Slike modeller har dels betydning for å generere alternativer, dels som læringsprosess. (Direkte forsøk på bruk i aktuelle beslutningsprosesser er mindre aktuelt).
- planleggingsmodeller. Kombinert bruk av simulerings- og optimaliseringsmodell for å finne optimale løsningsområder.
- drift av systemer: interaktive simuleringsmodeller.

Når det gjelder vannkvalitetsmodeller er det behov for å kople disse til hydrauliske modeller. Foreløpig arbeides det med transportmodeller for fosfor. Kvalitetsmodeller bør arbeide med få parametre. En kostoptimaliseringsmodell for fosforbegrensende tiltak bør være en viktig oppgave.

Det er viktig at miljøet i Norge etterhvert lærer seg å beherske de vanlige teknikker på området brukt i utlandet og at vi følger nøye med for lære av andres fremgang og eventuelle blindspor.

16 Minstevannføringer

Problemstilling

Fastsettelse av minstevassføring er et sentralt problem både praktisk og forskningsmessig. Dette er et stadig tilbakevendende problem i forbindelse med bestemmelse av manøvreringsreglement. Økonomiske kvantifiserbare størrelser står her mot ikke-økonomiske "myke" miljøinteresser.

I praksis må en rekke hensyn tas ved fastsettelse av minstevassføring eller restvassføring. Fiskeproduksjon, drikkevannsforsyning, resipientbruk, vanningsvann, rekreasjon og friluftsliv, hvorunder rent estetiske forhold hører, teller inn. Videre spiller mulighetene for kompensasjonstiltak inn, som utsetting av fisk og bygging av terskler.

Pågående FoU-virksomhet

Arbeidet med minstevassføringer/restvassføringer involverer alle fagdisipliner. Spørsmålet krever imidlertid naturfaglige helhetsstudier som i liten grad forekommer, jfr. FoU-tema ⑧ . Vannkvalitet - akvatisk liv. Som nevnt her foregår det lite naturfaglig integrert FoU-virksomhet. Enda mindre virksomhet som spesielt tar sikte på å belyse minstevassføring/restvassføringsspørsmål.

FoU-behovet

Prosjektet omtalt under FoU-tema ⑧ er spesielt relevante i denne sammenheng. Det vises til omtalen her. Med den sentrale plass dette spørsmålet har både miljømessig og kraftverksøkonomisk, bør det vurderes å sette inn spesiell innsats på dette problemområdet. Det er naturlig å tenke seg et prosjekt hvor man på tverrfaglig basis forsøker å belyse de naturfaglige deler av minstevassføringsspørsmålene.

På et "høyere nivå" kommer så arbeidet med konsekvensanalyser og vannbruksplanlegging hvor bruksformer, holdninger til estetiske ulemper, veing av økonomi mot "myke" verdier trekkes inn.

For de fagelementer som går inn i et slikt tverrfaglig arbeide, vises til omtalen under de enkelte deltemaer.

III. Systematiske etterundersøkelser. Bearbeiding av foreliggende data.

Kapasiteten innen de fagmiljøer som arbeider med miljøspørsmål og vassdragsreguleringer går i stor grad med til såkalte konsesjonsundersøkelser. Det er vanskelig å få økonomisk dekning for mer forskningsbetont virksomhet. Disse er gjerne kortvarige med det primære siktemål å gi grunnlag for å forutsi virkninger av en regulering. Når disse undersøkelsene er gjort, står gjerne nye prosjekter og venter på en ny kortvarig undersøkelse. Man får i liten grad tid, anledning og økonomiske muligheter til å etterprøve om forutsigelsene virkelig holdt stikk etter at regulering har funnet sted. Man minster følgelig anledning til å "lære av forsøk i skala 1:1" og dermed vinne verdifulle erfaringer for å gjøre forutsigelser mer utsagnskraftige i andre vassdrag. Denne karakteristikken gjelder for mange fagelementer. Fisk er vel egentlig det eneste tema hvor det til en viss grad er foretatt etterundersøkelser. Dette skyldes vel bl.a. at relativt omfattende kompensasjonstiltak i form av utsetting av fisk og oppdrettsanlegg følger i kjølevannet av en utbygging.

Mangel på anledning til etterundersøkelser og muligheter for å lære av disse peker hen på behovet for større ressurser til undersøkelser og en mer planmessighet i undersøkelsene. Dette er sterkt understreket og nærmere utredet i Holtans rapport. Behovet for større planmessighet i undersøkelsene henger også sammen med hvorvidt det vil være mulig å utarbeide en samlet plan for den gjenværende kraftutbygging, jfr. FoU-tema (13) .

Det er også fra flere hold hevdet at faglig materiale fra konsesjonsundersøkelsene, men særlig fra rettslige skjønn, sjelden får anvendelser utover den spesielle sammenheng de er laget. Mye faglig verdifullt materiale som kan komme til anvendelse annensteds synes å gå tapt. Dette forhold berører også planer om arbeid med arkivering av data og opprettelse av databaser for vannressurser (Norsk Vannarkiv).

IV. Prøveplaner

Denne rapporten inneholder flere synspunkter som, hvis de blir tatt til følge, har betydning for det praktiske opplegg av behandling av reguleringsaker. Dette gjelder både grunnleggende undersøkelser og prosedyrer for behandling. Også Holtans rapport peker på disse forholdene, særlig hva

Undersøkelsesopplegg angår. Også enerigmeldingen har klare intensjoner om å innføre systemer som sikrer en mer helhetlig integrert behandling av reguleringssakene. Konkret kan vi peke på:

- et mer planmessig undersøkelsesopplegg fra forundersøkelser gjennom hovedundersøkelsen til overvåkingsfasen
- vannbruksplanlegging/konsekvensanalyser nødvendiggjør planleggings-team, tilknytning til fylkesplanprosedyrer, deltagelse fra fylke, kommune og faglige statsorganer i planleggingen
- behov for et mer dynamisk vekselspill mellom utbyggingsalternativer og konsekvenser
- ønske om mer aktiv og reell deltagelse fra almenheten i beslutningsprosessen

Alle disse "nye tanker" arbeides det med i forskjellige miljøer. De er imidlertid ennå ikke konkretisert. Vi vil anbefale at disse nye idéer forsøkes konkretisert og utprøvet i vassdrag som det er aktuelt å utbygge hvor man har forholdsvis "god tid".

Innen vannbruksplanlegging er noe tilsvarende kommet igang i en del prøvevassdrag (Eikernvassdraget i Buskerud, Numedalslågen, Lenaelv i Oppland, Hobølvassdraget i Østfold/Akershus). Erfaringer fra administrative opplegg kan være nyttige her, men utprøving i et vassdrag hvor reguleringsinteressene er helt dominerende vil være viktig.

V. Organisatoriske, juridiske og administrative utredninger

Denne hovedkategorien er bare nevnt for å minne om at faglige endringer i behandlingen av sakene, særlig de såkalte samlede vurderinger (konsekvensanalyser, vannbruksplaner, samlet plan for gjenværende kraftutbygging) i ulik grad medfører behov for juridiske og administrative justeringer og endringer.

Slik FoU-virksomhet, eller administrativ og rettslig tilrettelegging, bør foregå parallelt med faglige utredninger. Energimeldingen bebuder et bredt sammensatt lovutvalg som skal se på behov for mulige lovendringer for en mer rasjonell energiadministrasjon. Vannressursutvalgets mandat (punkt g) åpner også muligheter for administrative/organisatoriske studier.

Vi er kjent med at det for tiden spesielt drøftes prosedyrene for behandling av reguleringssaker etter vassdragsreguleringsloven.

7. Prioritering av FoU-oppgaver

Prioritering av oppgaver innen vassdragsreguleringsvirkninger fremstår som en uhyre vanskelig oppgave. Virksomhet er bestemt av mange faktorer; faktisk behov, tradisjoner, kapasitet, omfang av mer rutinemessige undersøkelser i forbindelse med konsesjonsbehandling osv. Prioritering av FoU-behovet bør drøftes i et senere forum. Her skal bare pekes på og kommenteres kort et par sentrale spørsmål som en prioritetsdrøftelse bør inneholde:

1. Hvilken plass bør FoU-virksomhet vedrørende vassdragsreguleringsvirkninger totalt sett ha i forhold til forskning på energisektoren?
2. Hvordan bør de totale ressurser fordeles mellom
 - samlede vurderinger og delområder?
 - mellom de enkelte delområder?

Ad. 1

Forskning omkring virkningen av vassdragsreguleringer kan sies å være energiforskning så vel som miljøvernforskning. Med vassdragsutbyggingen sentrale plass både som energikilde og dens omfattende miljøinngrep bør, FoU-virksomhet her stå sentralt ut fra begge synsvinkler.

Det er naturlig direkte å sammenholde FoU-virksomhet på dette feltet sammen med de betydelige forskningsmidler som er tilgjengelig innen energisektoren totalt. Dette bør bl.a. ha som resultat at "oljeforskningspenger" naturlig kan tilflyte FoU omkring virkninger av vassdragsreguleringer.
Det er egentlig snakk om forskjellige sider av samme problemområde - Norges fremtidige produksjon og forbruk av energi.

De totale ressurser for FoU, inklusive undersøkelser knyttet til konkrete utbyggingsprosjekter bør øke. Dette er en naturlig konsekvens av flere forhold:

1. Perspektivene for en fortsatt vannkraftutbygging er relativt klare. Store, dels kontroversielle prosjekter står for tur til å bli realisert.

2. Samfunnets krav til dokumentasjon av reguleringsvirkninger øker. Både forslaget til planlov, og ny forurensningslov slår fast behovet for konsekvensanalyser. Norsk institutt for by- og regionforskning har utarbeidet en egen rapport om behovet for forskning på dette området. Det konkluderes med et relativt omfattende behov hvis intensjonene i nevnte lovforslag og energimeldingen skal bli oppfylt. Nevnes kan også den nylig utkomne utredning om Naturvern i Norge, NOU 1980:23, hvor konsekvensanalyser/skikkelig dokumentasjon av virkninger av naturinngrep er noe av et nøkkelord.

Ad 2

Betrakter vi hvert delområde (klima, fisk, biologisk produksjon) for seg vil FoU-behovet på hvert området være "uendelig". Uten å ta hensyn til samfunnets Fou-ressurser og/eller betydningen av andre fagområder, vil det enkelte fagmiljø kunne fremlegge mange uløste problemstillinger og argumentere rasjonelt overbevisende for fortsatt virksomhet. FoU-virksomhet løser problemer, men avdekker alltid nye. Det er som øke lysstyrken på en lampe ute i mørket: man ser mer, men kontaktflaten med mørket blir samtidig større.

Selv om FoU-behovet på delområder er udiskutabelt, vil vi tro at det relativt sett må legges betydelig mer vekt på aktiviteter som arbeider med samlede vurderinger. Dette er et område hvor vi i Norge står meget svakt, har få tradisjoner og hvor øket virksomhet er nødvendig for å oppfylle intensjonene om en mer helhet og balansert behandling av naturinngrep. Det er imidlertid viktig at FoU på dette feltet må samordnes med praktisk behandling av regulerings saker, resultater vil ellers ikke passe til virkeligheten og blir relativt verdiløse.

Veiing mellom delområdene er likeledes en vanskelig oppgave. Forutsatt totalt øket behov av virksomheten, er det urealistisk at noe område direkte bør trappes ned. Det er heller snakk om å gradere en opptrapping. Utvalget har ikke som oppgave å foreta noen prioritering mellom delområdene. Dette bør skje i et bredere forum ved en videreføring. Opprettelsen av et eventuelt eget prosjekt, PRV, eller en forløper til dette bør etablere mekanismer for en slik prioritering. Utvalget anmoder NTNF å ta opp denne saken først og fremst med Miljøverndepartementet, Olje- og energidepartementet og de aktuelle forskningsrådene.

Vedlegg 1. Utvalgets Mandat og Sammensetning.

MANDAT FOR FKs AD HOC UTVALG FOR ENERGI OG FORURENSNINGER

NTNFs Komite for forurensningsspørsmål planlegger et forskningsprogram om Energi og forurensninger. Målet med programmet er å identifisere og belyse forurensningskonsekvenser av energiproduksjon, inkludert transport og lagring. Ad hoc Utvalget oppnevnes for å trekke opp perspektiver, identifisere problemstillinger som kan løses ved forskning og strukturere programmet. Utvalget forutsettes ikke å prioritere angrepsområder i denne fase av programstruktureringen, dette vil bli gjort i neste fase med bakgrunn i Utvalgets arbeid. Utvalget rapporterer til Komite for forurensningsspørsmål.

Utvalget får til oppgave å lage en utredning som belyser de viktigste forurensningsproblemer som eksisterende eller fremtidige energiaktiviteter i Norge medfører, og som kartlegger eksisterende norsk forskningsaktivitet på dette feltet, samt gir en oversikt over viktige aktiviteter på området i utlandet. Utvalget må søke å identifisere de problemområder og avdekke det forskningsbehov som kan være spesielt aktuelt i Norge, både i dagens situasjon og på lengre sikt, hvor det er særlig viktig å ha en forskningsaktivitet som setter norske institutter istand til å utføre oppdrag for forvaltning og næringsliv i deres arbeid med å redusere skadevirkningene ved energiproduksjon og -bruk. Utvalget må både peke på felter hvor det mangler fundamental viten, f.eks. om biologiske virkninger av forurensninger, på behov for metodeutvikling f.eks. for konsekvensanalyser og på felter hvor behovet vesentlig er sammenstilling av kjent kunnskap.

Utvalget skal begrense seg til faglige anbefalinger innenfor det området som dekkes av mandatet til Komite for forurensningsspørsmål. Der hvor utvalget finner det naturlig ut fra behov for sammenligninger el.l. må det alikevel kunne trekke inn også andre miljøvirkninger av energiaktiviteter. Utvalget skal ikke gi anbefalinger eller forslag på felter som ligger utenom FKs aktivitetsområde, men det må stå fritt til å peke på eventuelle utredningsbehov ut over sitt mandat.

Utvalget bør også ha for øye at NTNFs Komite for energispørsmål har bedt om FKs assistanse i arbeidet med kapitlet Energi og Miljø i sin Perspektivanalyse og LTP for energiforskningsområdet, slik at det parallelt med utredningsarbeidet søker å legge til rette stoff for dette kapitlet.

Utvalget må vurdere behovet for norsk forskning på området, med utgangspunkt i den forskning som foregår i dag, og også vurdere hva slags oppgaver vi selv bør bearbeide, og hva som kan hentes utenfra.

Utvalget må også ha for øye at det er viktig å ha en viss egenaktivitet for å følge med i, og få tilgang til, den betydelige aktivitet som foregår på feltet internasjonalt.

Utvalget kan kvantifisere forskningsbehovet, i f.eks. mannår, Utvalget bør stå fritt om det også ønsker å si noe om de institusjoner som kan bidra til forskningen. Det kan også bli aktuelt å peke på mulighetene for direkte samarbeid, f.eks. med Sverige eller større internasjonale prosjekter,

Utredningen bør foretas i nær kontakt med de forskningsmiljøer som er engasjert i feltet, eller kan bli det, og med brukerne av forskningen. Det bør holdes kontakt med NTNFs og NAVFs Energikomiteer, med Miljøverndepartementet, med komiteene for forskning om vindkraft, bølgekraft, solkraft og biomasse initiert av Olje- og energidepartementet, og med relevante program innenfor FKs aktivitetsområde og i de øvrige forskningsråd.

Utredningen skal være levert innen 1. sept.1980. SINTEF vil ivareta sekretariatfunksjonene for Utvalget. Utvalget og sekretariatet bør basere utredningen på bidrag fra de forskningsinstituttene som har spesiell kompetanse innen delområder av feltet. For sekretariattjenester, delutredninger og reiser etc. disponerer Utvalget inntil kr.250.000.

Utvalgets sammensetning:

- O.ing. Jørund Bakke, Moss Rosenberg Verft A/S, Formann
- Cand.real. Tore Aune, SIFF
- O.ing. Gudmund Gaupseth, SFT
- Forsker Bjarne Sivertsen, NILU
- Siv.ing. Haakon Thaulow, NIVA

Olje- og Energidepartementet og Miljøverndepartementet har hatt observatører i utvalget, henholdsvis Siv.ing. Karen Garder, IFE og Avd.ing. Per S. Døvle. Ved SINTEF har Siv.ing. Fredrik Steineke og senere Siv.ing. Eva R. Karal vært utvalgssekretærer.