

0-88033

Forekomst av vegetasjon i regulerte vassdrag

Problemidentifisering og omfang

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

| |
|-------------------------|
| Prosjektnr.: 88003 |
| Undernummer: |
| Løpenummer: 2210 |
| Begrenset distribusjon: |

| | |
|--|-----------------------------------|
| Rapportens tittel: Forekomst av vegetasjon i regulerte vassdrag | Dato: 13.2.1989 |
| | Prosjektnummer: 88003 |
| Forfatter (e): Bjørn Rørslett | Faggruppe: Vassdrag |
| | Geografisk område: |
| | Antall sider (inkl. bilag): 41 |

| | |
|--|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Vassdragsregulantenenes forening | Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.): |
|--|----------------------------------|

| |
|---|
| Ekstrakt: <ul style="list-style-type: none">● Vegetasjonsproblemer forekommer i samband med noen vassdragsreguleringer. Hyppigheten er antakelig relativt liten, men der problemer først oppstår kan de være besværlige.● Begroing med alger og vannvegetasjon finnes fortrinnsvis nedstrøms kraftverk. Oppslag av buskas og småskog kan også være problematisk på mer el. mindre tørrlagte strekninger.● Driftsforstyrrelser kan opptre, særlig i elvekraftverk. Den største ulempen er tiltetting av varegrinder. Full driftsstans forekommer meget sjelden.● Forekomsten av vegetasjon kan i noen tilfelle være til sjenanse for almenhetens bruk av vassdraget. |
|---|

4 emneord, norske:

1. Vassdragsregulering
2. Begroing
3. Makrovegetasjon
4. Driftsproblemer

4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:

B. Rørslett

For administrasjonen:

Dag Børge

ISBN - 82-577-1503-5

0-88003

FOREKOMST AV VEGETASJON I REGULERTE VASSDRAG

PROBLEMIDENTIFISERING OG OMFANG

Brekke 13. februar 1989

Saksbehandler: Bjørn Rørslett
Medarbeidere : Tor Erik Brandrud
 Stein W. Johansen
 Marit Mjelde
For administrasjonen: Dag Berge

INNHO L D S F O R T E G N E L S E

| Avsnitt | Side |
|---|------|
| FORORD | 1 |
| KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG | 2 |
| 1 INNLEDNING | 4 |
| 2 BAKGRUNN | 5 |
| 2.1 Hva er vann- og strandvegetasjon ? | 5 |
| 2.2 Livsstrategi-modeller | 9 |
| 2.3 Tilgroing | 11 |
| 2.4 Hydrologiske endringer i regulerte elver | 12 |
| 3 SPØRRESKJEMA-UNDERSØKELSEN | 14 |
| 3.1 Formål | 14 |
| 3.2 Gjennomføring og respons | 14 |
| 3.3 Hovedresultater fra spørreundersøkelsen | 15 |
| 3.4 Omfang av rapportert begroing | 19 |
| 3.5 Spesifikke problemområder | 19 |
| 3.6 Oppfatning av problem- og interessekonflikter | 20 |
| 4 PROBLEMARTER OG PROBLEMLØSNINGER | 22 |
| 4.1 Hvilke arter skaper problemer | 22 |
| 4.2 Utenlandske erfaringer | 24 |
| 4.3 Mulige tiltak | 25 |
| 4.3.1 Mekanisk fjerning | 26 |
| 4.3.2 Biokontroll og sprøyting | 26 |
| 4.3.3 Manipulering med vannstand og vannføring | 27 |
| 5 DISKUSJON | 28 |
| REFERANSER | 31 |
| APPENDIKS | 36 |

FORORD

Den foreliggende rapporten beskriver vegetasjonsproblemer som kan oppstå i samband med kraftutbygging i norske vassdrag. Ved Norsk institutt for vannforskning har fil.dr. Bjørn Rørslett vært prosjektleder og stått for utarbeidelse av rapporten. DH-kand. Marit Mjelde har samlet inn data ved en spørreskjemaundersøkelse og cand. real. Tor Erik Brandrud har utført feltregistreringer av begroing og vegetasjon.

Jeg takker Vassdragsregulantenes Forening (VR) ved Arne H. Erlandsen for et godt samarbeid ved gjennomføringen av prosjektet. Til sist, men ikke minst, en hjertelig takk til kontaktpersonene ved de enkelte energiverk som samvittighetsfullt har besvart vårt "kronplete" spørreskjema.

Bjørn Rørslett

KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

- *Vegetasjonsproblemer forekommer i samband med noen vassdragsreguleringer. Hyppigheten er antakelig relativt liten, men der problemer først oppstår kan de være besværlige.*
 - *Problemskapende arter er **krypsiv** (*Juncus bulbosus*), **flôtgras** (*Sparganium angustifolium*), **vasshår** (*Callitriche* spp.) samt ulike større moser og alger.*
 - *Begroing med alger og vannvegetasjon finnes fortrinnsvis nedstrøms kraftverk. Oppslag av buskas og småskog kan også være problematisk på mer el. mindre tørrlagte strekninger.*
 - *Driftsforstyrrelser kan opptre, særlig i elvekraftverk. Den største ulempen er tiltetting av varegrinder. Full driftsstans forekommer meget sjelden.*
 - *Forekomsten av vegetasjon kan i noen tilfelle være til sjenanse for almenhetens bruk av vassdraget. Dette aspektet bør kanskje vies større oppmerksomhet i tiden fremover.*
-

Økt forekomst av vegetasjon i regulerte vassdrag

Rapporten beskriver omfanget av vegetasjonsproblemer slik disse kan forekomme i samband med vassdragsreguleringer. Undersøkelsen bygger på en rundspørring blant landets regulanter, gjennomgang av tilgjengelig litteratur og opplysninger innhentet fra utenlandske fagmiljøer og forskere. Bakgrunnsinformasjon om vann- og strandvegetasjon, plantenes livsformer og tilpasninger til vannmiljøet blir skissert sammen med en klassifisering av reguleringsinngrepene.

Rundspørringen viste at omlag 10% av verkene opplevde direkte problemer tilknyttet begroing; høyest andel (23%) var for elvekraftverk. Det største problemet var økt behov for grindrensk og rydding av vegetasjon på strekninger med lav vannføring, mens driftsstans forekom sjelden (<2% av verkene).

Problematiske arter følger ofte spesielle livsstrategier. Gjennom en diskusjon av noen typiske begroings situasjoner vises det hvordan man kan forstå årsakene til økt vekst bedre gjennom strategi-modeller.

Tiltak mot besværlig begroing må skje innenfor de rammer som kraftproduksjonen setter. Mekanisk bekjemping eller sprøyting kan anvendes mot oppslag av krattskog. Spyleflommer er antakelig lite effektive for å avbøte problemer skapt av karplanter men kan være nyttige mot algeforekomster.

Årsaksforholdene omkring økt begroing kan være nokså uklar. For noen arters vedkommende er det åpenbart ikke reguleringsinngrepet som utløser masseforekomst. Dette gjelder særlig vasspest (*Elodea canadensis*) hvor artens spredningshistorie alene forklarer de observerte problemforekomstene.

Stor næringstilgang er antakelig ikke en viktig faktor ved flere tilfelle av økt vegetasjonsforekomst. Selv svært næringsfattige vassdrag kan understøtte betydelig vekst av arter som elvemose (*Fontinalis*) og krypsiv (*Juncus bulbosus*). Derimot ser det ut til at kombinasjonen av økt vintervannføring (og utjevnet eller minsket sommervannføring) sammen med redusert isdekke har betydning for utviklingen f.eks. av krypsiv og andre undervannsplanter. Videre er det dokumentert at vegetasjonsutviklingen kan skje over relativt lange tidsrom, kanskje 10-15 år eller mer.

Kunnskapen om begroingsproblemer i regulerte elver er generelt nokså liten, spesielt når det gjelder vegetasjon av karplanter og moser. Dette har flere årsaker - én viktig grunn er at problemrettede etterundersøkelser med vekt på begroing er sjeldne, en annen er trolig at det fokuseres for lite på å beskrive vegetasjonsforholdene i vassdragenes naturtilstand. Man vet simpelthen ikke nok om hvordan tilstanden i vassdraget var før regulering: dette gjør det vanskelig å relatere begroingsfenomener til et foretatt inngrep.

1 INNLEDNING

Det kan forekomme sjenerende massevekst av vegetasjon i flere norske elver regulert for kraftproduksjon. Otra nedstrøms Brokke er et typisk eksempel på det omfang slike problemer kan ha. Liknende problemer, evt. kombinert med driftsforstyrrelser i nedenforliggende kraftverk, er rapportert fra andre elver.

Årsaksforholdene bak problemer med begroing og vegetasjon er nokså dårlig kjente. En utløsende årsak kan være den spesielle kombinasjon av ikke-naturlige miljøforhold (høy vintervannføring, redusert eller manglende isdekke) nedstrøms kraftverket (Rørslett, 1987c, 1988a). Slike forhold er en direkte konsekvens av kraftproduksjonen og man kan vanskelig gjøre noen større inngrep i denne. Tiltak mot uønsket plantevekst må i såfall skje innenfor rammen av de nyskapede miljøforholdene. Alternative årsaker til øket vegetasjon kan også tenkes, for eksempel tiltakende forsuring og belastning av vassdragene med plantenæringsstoffer.

Vår viten om vegetasjonsproblemets omfang er også mangelfull. Det mangler en registrering av slike problemer på nasjonalt nivå, med kopling til feltundersøkelser i utvalgte vassdrag. Videre er det et behov for kompetanseoppbygging og vurdering av mulige tiltak. Det foreliggende prosjektet tar sikte på å avbøte de nevnte forhold. Prosjektet er i sin helhet finansiert av Vassdragsregulantenenes Forening (VR) ved Natur- og Miljørådet, og har spesifikt følgende målsetning :

- 1) Foreta en kartlegging av omfanget av begroing i regulerte elvestrekninger. Dette skjer ved å sende ut et spørreskjema til de fleste norske kraftverk. Dessuten vil annen relevant litteratur bli gjennomgått.
- 2) Initiere kompetanseoppbygging og legge grunnlag for å prøve ut tiltak i berørte lokaliteter. Dette skjer gjennom et litteraturstudium med kontakt mot utenlandske fagmiljøer.
- 3) Vurderinger av mulige tiltak og forslag til videreføring ved forsøk i stor skala.

Prosjektet har en oppbyggende fase (1988) og en eventuell tiltaksorientert fase (1989-90). Erfaringer oppnådd gjennom prosjektet vil bli utnyttet i praktisk sammenheng, f.eks. ved tiltak mot uønsket plantevekst i enkelte sør-norske vassdrag.

2 BAKGRUNN

2.1 Hva er vann- og strandvegetasjon ?

Vann- og strandvegetasjon omfatter karplanter samt større vannboende alger og moser (fig. 1). Alternative navn er f.eks. "makrovegetasjon" som brukes mye i engelskspråklig litteratur og "høyere vegetasjon" som ofte brukes her hjemme. Begrepet "makrofytter" eller "akvatiske makrofytter" betegner artene i vegetasjonen (ikke vegetasjonen selv). I Norge finnes det noe over 100 arter i vann- og strandvegetasjonen (Hvoslef & Rørslett 1986). De fleste artene vokser langs strandbredden eller på vandyp ned til 10m eller mer. Det er ingen arter som utelukkende finnes i elver men frittflytende planter (f.eks. andemat) forekommer forholdsvis sjelden i rennende vann.

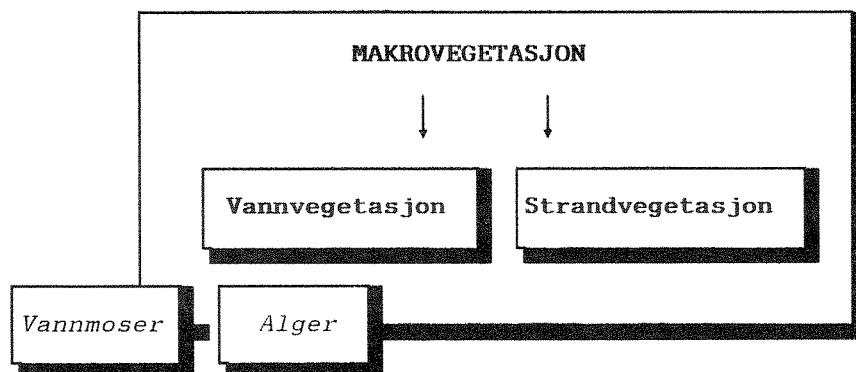


Fig. 1. Skisse av forholdet mellom ulike begrep anvendt om vann- og strandvegetasjon. Moser og alger regnes ofte med i begrepet "makrovegetasjon".

Det er ikke noe skarpt skille mellom vann- og landvegetasjon. Skal først et skille settes mellom land- og vannmiljøet, kan dette teoretisk vises å falle sammen med medianvannstand (Rørslett 1984). Medianvannstand er den vannstand som holdes 50% av tida eller mer. Rundt medianvannstands nivået finner vi en overgangstype av vegetasjon, betegnet med navn som strandvegetasjon o.l. Denne vegetasjonen inkluderer såvel vann- som landplanter. En kaller ofte slike planter for "helofytter".

Makrovegetasjonen kan gi vesentlige bidrag til primærproduksjonen i et akvatisk økosystem. Langt de fleste av artene har næringsopptak fra bunnlagene. I flere tilfelle er det påvist at vannplantene kan fungere som "næringspumper" og dermed anrike vannmassene med bl.a. fosfor (Carignan & Kalff 1982, Rørslett et al. 1986). Vannvegetasjonen bidrar også til å stabilisere sedimenter mot bølgeslag og andre eroderende krefter (Rørslett 1987b). Dette er antakelig én av de viktigste økologiske funksjoner som vannvegetasjonen har i mange næringsfattige innsjøer og vassdrag (Rørslett & Johansen 1984).

Vann- og strandvegetasjonen er tradisjonelt delt opp i livsform eller vekstformgrupper. Det vanligst brukte systemet stammer fra svensken Du Rietz og omfatter følgende grupper,

- elodeider = "langskuddsplanter"/alltid under vann
- nymphaeider = "flytebladsplanter"/vesentlig med flyteblad på vannoverflaten
- isoetider = "rosettvekstplanter"/kortvokste planter, gjerne i tykkbladete rosetter på bunnen
- lemnider = "flytere"/oftest små, frittflytende planter
- helofytter = planter som har hoveddel av bladmassen over vann

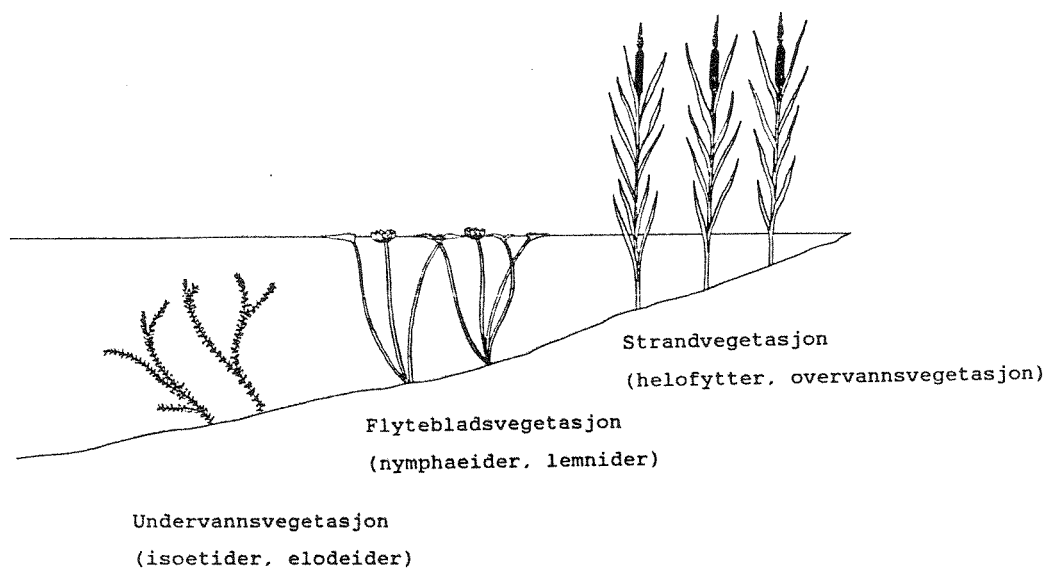


Fig. 2 Typisk sonasjon av ulike vekstformer ved bredden av en vannforekomst. Gruppene plassering gjenspeiler deres økologiske krav og funksjoner.

En annen og moderne versjon av en slik inndeling er gitt i tab.1 nedenfor og er basert på artenes økofysiologiske tilpasninger til ulike karbon-kilder og medier for næringsopptak (vann- eller sediment-fase). Dette er klart en nødvendig nøkkel for å tolke artenes respons. Vi ser også at plantene fordeler seg over et vidt spekter av vekststrategier, noe som betyr at deres respons til miljøendringer kan være tilsvarende nyansert (Grime 1979, Kautski 1988, Rørslett 1988c, 1989). Langs strendene får vi en rekkefølge (sonasjon) i henhold til vekstform og økologiske krav (fig.2).

Tabell 1. Økofysiologisk gruppering av vann- og strandvegetasjon. Modifisert etter Rørslett (1985c).

| Gruppe | Typiske arter | Karbon-kilde | Nærings-salter fra | Rot-biomasse |
|-------------------------|---|---|------------------------------|--------------|
| <u>Vannvegetasjon</u> | | | | |
| Isoetider: (I) | <i>Isoetes</i> <i>Littorella</i> | CAM ¹ sediment CO ₂ sediment | Sediment | Stor |
| Nymphaeider: (N) | <i>Nymphaea</i> | CO ₂ luft | Sediment | Stor |
| Elodeider: (E) | <i>Elodea</i> <i>Potamogeton</i> <i>Najas</i> | HCO ₃ vann evt. fakultativt CO ₂ vann | Sediment (P) +vann (K,N?) | Liten |
| Lemnider: (L) | <i>Lemna</i> | CO ₂ luft | Vann | Liten |
| <u>Strandvegetasjon</u> | | | | |
| Helofytter: | <i>Phragmites</i> | CO ₂ luft | Sediment | Stor |

¹ CAM = Crassulacean Acid Metabolism. Plantene bruker CO₂ (her fra sediment) som tas opp om natten og omdannes til epletsyre; denne brukes deretter på dagtid som C-kilde.

Vi kjenner ikke detaljert til forekomst av dominerende makrofytter i norske elver, være seg regulerte eller naturlige elver. En litteraturogjøennomgang viste at elodeider forekom hyppig i norske vassdrag (tab. 2). Utvalget av lokaliteter var antakelig noe skjevt slik at makrofytter kan ha vært overrepresentert i denne undersøkelsen (Mjelde 1987b, 1987c). For moser og alger er kunnskapen om forekomst generelt sett dårligere enn hva tilfelle er for karplantene. Noen arter som ofte nevnes i vassdragssammenheng er oppført i tab. 3 nedenfor.

Tabell 2. De hyppigst forekommende makrofytter i 70 norske elver.
(Kilde: Rørslett et al. 1989).

| Videnskapelig navn | % forekomst | Typisk vekstform |
|--|-------------|---------------------------|
| <i>Callitriche</i> spp. ¹ | 55.7 | Neddykket, langskuddspl. |
| <i>Sparganium angustifolium</i> Michx. | 54.4 | Båndformede flyteblad |
| <i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC. | 48.6 | Neddykket, langskuddspl. |
| <i>Ranunculus reptans</i> L. | 48.6 | Krypende, rosettpl. |
| <i>Juncus bulbosus</i> L. | 45.7 | Ofte neddykket langsk.pl. |
| <i>Potamogeton</i> spp. ² | 41.4 | Neddykket, langskuddspl. |
| <i>Subularia aquatica</i> L. | 38.6 | Liten ettårig rosettpl. |
| <i>Eleocharis acicularis</i> (L.)R. & S. | 37.1 | Krypende, rosettpl. |
| <i>Utricularia</i> spp. ³ | 30.0 | Neddykket, langskuddspl. |
| <i>Isoetes setacea</i> Lam. | 28.6 | Liten rosettpl. |

¹ Omfatter *C. hamulata* Kütz., *C. palustris* L., og *C. cophocarpha* Sendtn.

² Alle undervannsartene, de viktigste er *P. gramineus* L. og *P. perfoliatus* L.

³ Vesentlig *U. minor* L. og *U. vulgaris* L.; *U. ochroleuca* R.Hartm. forekommer hyppig i sure vassdrag i Sør-Norge

Tabell 3. Noen mosearter med hyppig forekomst i norske vassdrag.

| Bladmoser: | Levermoser: |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw. | <i>Scapania undulata</i> (L.)Dum. |
| <i>Fontinalis dalecarlica</i> BSG. | <i>Nardia compressa</i> (Hook.)Gray |
| <i>Hygrohypnum</i> spp. | <i>Marsupella aquatica</i> (L.)Dum. |

2.2 Livsstrategi-modeller

Modeller for plantenes "livs"strategi kan betraktes som en logisk videreutvikling av livs- og vekstforminndeling (Grime 1979). En vanlig inndeling er den såkalte triangulære C-S-R modellen basert på Grime (1979). Denne modellen bygger på tre ulike grunnstrategier som plantene kan følge for å klare seg i miljøer preget av konkurranse (C), stress (S) og forstyrrelse (D).

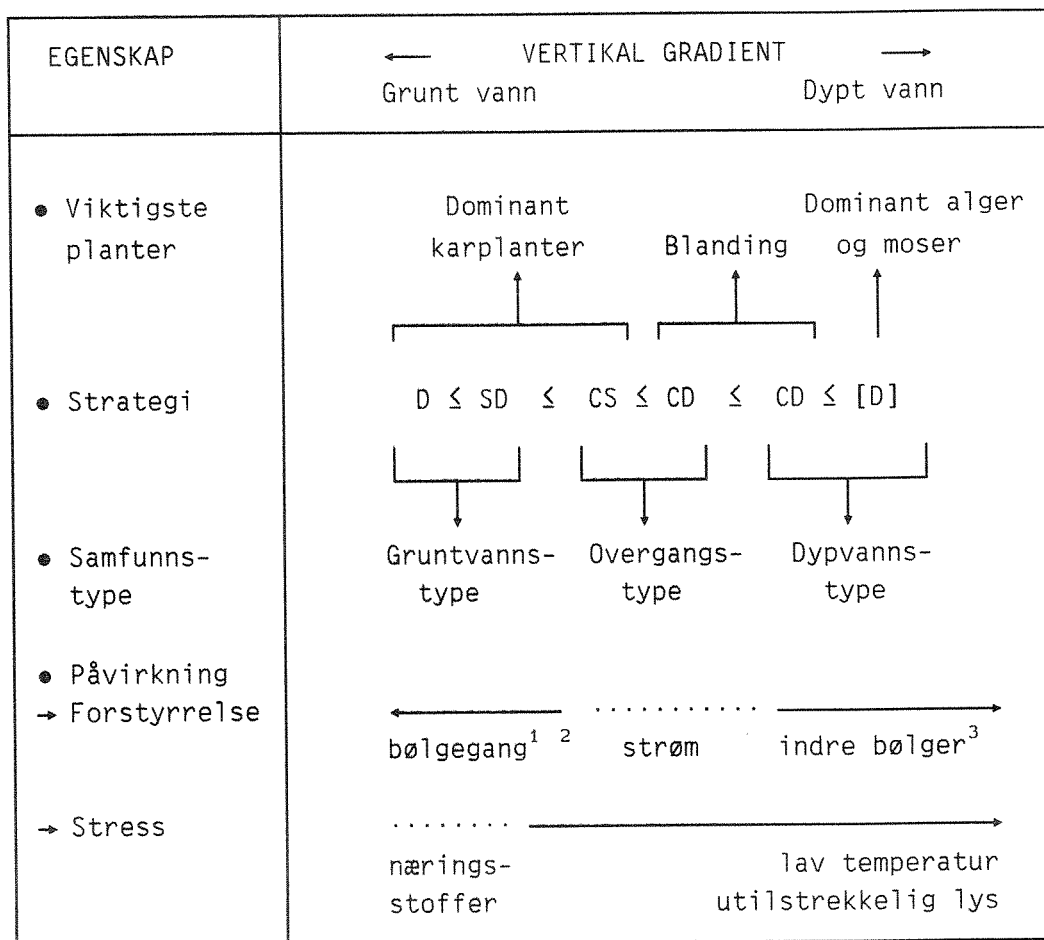
En versjon av denne modellen, tilpasset forholdene i vann, er gitt i tab. 4 nedenfor. På omstående side vises en inndeling av éndel vannplanter i livsstrategier i det modifiserte Grime-skjemaet (tab. 5). Man vil se at det er betydelig grad av overensstemmelse mellom livsform/vekstform tilhørighet og strategi-type. Elodeider er i stor grad CS eller CD strateger mens isoetider vesentlig tilhører S-typer i sin livstrategi.

Tabell 4. Livsstrategi-trekk av betydning for kolonisering og vekst av vannvegetasjon (etter Murphy et al. 1989).

| Strategi element | Strategi kode | Beskrivelse av strategi |
|---------------------------------|---------------|---|
| Konkurranse- dyktighet (C) | C LPB | Høy maksimumsbiomasse |
| | C BIC | HCO ₃ ⁻ normal C-kilde for fotosyntese |
| | C CO2 | CO ₂ fra luft (flyteblad/overvannsvegetasjon) |
| | C CAN | Danner tett "matte" av bladverk ved eller like under vanoverflaten |
| | C WAP | Vinter-annuell/kortlevd perenn |
| | C FBT | Hurtig omsetning av biomasse |
| | C LRS | Lavt rot:skudd forhold |
| Stress- toleranse (S) | S CAM | CAM-metabolisme/CO ₂ fra vann eller bunn er normal C-kilde for fotosyntese |
| | S HRS | Høyt rot:skudd forhold |
| | S EVG | Perenn eller eviggrønn habitus |
| | S SBT | Sakte omsetning av biomasse |
| | S SHA | Tolerant for redusert lystilgang |
| Forstyrrelses- toleranse (D) | D VCL | Vegetativ (klonal) formering (f.eks. ved utløpere/jordstengler) |
| | D VPR | Omfattende produsjon av spredningsenheter |
| | D FER | Hurtig vekst/tidlig reproduksjon |
| | D ANN | Annuell, stor frøproduksjon |

Tabell 5. Antall strategi-trekk innenfor kategoriene C,S,D og strategi-type tilhørighet for noen norske vannplanter. Livsform-tilordningen iflg. tab. 1. (kilder: Rørslett 1985c, 1989a, Murphy et al. 1989).

| Art | Livsform (N,I,E) | Strategi trekk | | | Strategi type |
|-----------------------------------|---------------------|----------------|---|---|------------------|
| | | C | S | D | |
| Zannichellia palustris L. | E | 6 | 0 | 0 | C |
| Ranunculus trichophyllus Chaix. | E | 5 | 0 | 3 | CD |
| Ceratophyllum demersum L. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Potamogeton crispus L. | E | 4 | 0 | 2 | CD |
| Potamogeton pectinatus L. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Myriophyllum spicatum L. | E | 5 | 0 | 2 | CD |
| Potamogeton berchtoldii Fieb. | E | 6 | 0 | 3 | CD |
| Elodea canadensis Michx. | E | 6 | 0 | 3 | CD |
| Potamogeton panormitanus Biv. | E | 6 | 0 | 3 | CD |
| Potamogeton perfoliatus L. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Potamogeton x nitens Web. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Callitriche hamulata Kütz. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Callitriche hermaphroditica L. | E | 6 | 0 | 2 | CD |
| Nitella opaca (Bruz.)Agh. | E | 3 | 3 | 2 | CSD |
| Chara spp. | E | 3 | 2 | 2 | CSD |
| Ranunculus peltatus Schrank | N/E | 4 | 1 | 3 | C(S)D |
| Najas flexilis (Willd.)R. & S. | E | 2 | 1 | 2 | C(S)D |
| Potamogeton polygonifolius Pourr. | N | 3 | 3 | 1 | C(D)S |
| Juncus bulbosus L. | I/E | 4 | 3 | 1 | CS(D) |
| Potamogeton alpinus Balb. | E | 5 | 1 | 1 | C(SD) |
| Potamogeton gramineus L. | E | 5 | 1 | 1 | C(SD) |
| Myriophyllum alterniflorum DC. | E | 4 | 2 | 0 | CS |
| Utricularia minor L. | E | 1 | 2 | 0 | (C)S |
| Utricularia vulgaris L. | E | 1 | 2 | 0 | (C)S |
| Subularia aquatica L. | I | 0 | 4 | 2 | SD |
| Littorella uniflora (L.)Aschers. | I | 0 | 1 | 1 | S(D) |
| Sphagnum spp. | (I) | 0 | 4 | 0 | S |
| Lobelia dortmanna L. | I | 0 | 4 | 0 | S |
| Isoëtes lacustris L. | I | 0 | 5 | 0 | S |



- ¹ inkluderer turbulens, erosjon, og resuspensjon av sedimenter
- ² is-skuring i reguleringssonen
- ³ omfatter seiches, Poincaré- og Kelvin bølger som alle kan influere på termisk stabilitet og posisjon av sprangsjiktet (termoklinen)

Fig. 3. Skisse av de ulike strategi-typenes fordeling langs vertikalgradienten i et akvatisk system.

2.3 Tilgroing

Alle innsjøer vil med tiden fylles opp av sediment og planterester, og gå over til et landsystem. Vann- og strandvegetasjonen spiller en vesentlig rolle i slike prosesser (tilgroing). Hastigheten som denne forvandlingen skjer med er knapt merkbar i større, næringsfattige innsjøer, dersom tilførsel av minerogent sediment er begrenset. I mer produktive innsjøer øker omfang og hastighet av tilgroing sterkt.

Vi regner med at tilgroingshastigheten (ekspansjon mot åpent vann, som $m \text{ år}^{-1}$) varierer fra under 0.1 m år^{-1} i fattige innsjøer til over 2 m år^{-1} i rike lavlandssjøer. Ved uorganisk sedimenttilførsel, f.eks. i deltaområder, kan tilgroingshastigheten komme opp i $0.5-1 \text{ m år}^{-1}$ selv i nokså næringsfattige innsjøer (Rørslett 1976).

Tilgroing i rennende vann skjer etter de samme prinsipper som i innsjøer, men her er prosessen mer ustabil og kan starte på nytt etter perioder med erosjon (isskuring, flomepisoder o.l.). Vi kjenner lite til hvor lang tid vegetasjonen eventuelt bruker for å reetablere seg etter slike episoder.

For alle typer av tilgroing gjelder at de må studeres over lang tid, fordi hastigheten varierer i henhold til klimatiske forhold osv. Dessuten kan det forekomme kortvarig tilbakegang, f.eks. etter særlig regnfulle eller kjølige somre. Med hjelp av flybilder kan man normalt regne med å få dekket tidsrom på 10 til 30 år, i heldigste fall 30-40 år. Det er problematisk å skille ut tilgroingstendenser fra naturlige variasjoner ved tidsrom kortere enn omkring 5 år.

Vi vet at tilgroing med strandvegetasjon kan skje under betingelser der utjevnet eller redusert vannføring er fremtredende (jfr. Rørslett 1976, Hvoslef & Mjelde 1983, Andersen & Fremstad 1986, Mjelde 1987a). Årsak til en økende vekst med vannvegetasjon er ikke alltid like åpenbar. Næringstilførsel regnes for å være én mulig årsak til masseforekomst av vegetasjon (Johnstone 1986) - men mange situasjoner i norske vassdrag passer ikke med en slik hypotese (Rørslett 1988a, Rørslett et al. 1989). Mer oppmerksomhet er i senere tid rettet mot miljøendringer, f.eks. endringer i hydrologi (Rørslett 1988a, 1988c).

2.4 Hydrologiske endringer i regulerte elver

Vann- og strandvegetasjonen er fordelt langs en vannstandsgradient, og har bare indirekte tilknytning til vannføring (gjennom f.eks. strømhastighet). På én gitt lokalitet vil det generelt være et definert samband mellom vannstand (h) og vannføring (q), ofte i form av et dobbelt logaritmisk samband ($\log q = k + n \cdot \log [h \pm \Delta h]$, eller $q = k \cdot [h \pm \Delta h]^n$). Norske vassdrag utmerker seg ved å ha store variasjoner i vannføring gjennom året (Otnes & Ræstad 1978). Vassdragsreguleringer kan på ulike måter endre såvel variasjonsbredde som -mønster for vannføring i de berørte elvestrekningene. Dette er skjematisk fremstilt i tab. 6 på omstående side. Det bør nevnes at vegetasjonen sannsynligvis reagerer mer på endringer i vannstand/vannføring enn på det nivå som vannføringen har.

Tabell 6. Hovedtyper av hydrologiske endringer i regulerte elver. Angitt i forhold til uregulert tilstand ('0' angir ingen endring, '+' betyr økning, '-' reduksjon). Etter Rørslett (1988a).

| Type | Vann-stand | Vann-føring | Sommer vannf. | Vinter vannf. | Is | Flom frekvens |
|---|------------|-------------|---------------|---------------|----|---------------|
| Nedstrøms magasinverk | (+) | (+) | - | + | - | - |
| Restvannsstrekninger f.eks. oppstrøms magasinverk | - | - | - | - | - | - |
| Nedstrøms overførings- punkt for elv | (+) | + | (+) | (+) | ± | ± |
| Nedstrøms elvekraftverk | (-) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inntaksdammer osv. oppstrøms elvekraftverk | (+) | 0 | 0 | 0 | ± | 0 |

Omfanget av slike reguleringsbetingete endringer fremgår av den nedenstående tab. 7, som er tatt fra en undersøkelse foretatt av Statistisk sentralbyrå (1984). Det fremgår av tabellen at redusert vannføring om sommeren er en meget vanlig reguleringsstype (52%) sammen med redusert (36%) eller økt vintervannføring (23%).

Tabell 7. Regulerte elvestrekninger i Norge, fordelt på endringer i vinter- og sommervannføring (hhv. januar og juli). Enhet er km elvestrekning (etter Statistisk sentralbyrå 1984: tab. 4.9).

| | | Sommervannføring | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------|------------|
| | | <i>Økning</i> | <i>Uendret</i> | <i>Reduksjon</i> | <i>Ingen oppl.</i> | <i>(N)</i> |
| Vinter vann-føring | <i>Økning</i> | 134 | 255 | 1403 | 185 | 1977 |
| | <i>Uendret</i> | 10 | 456 | 148 | 53 | 666 |
| | <i>Reduksjon</i> | 8 | 111 | 2956 | 65 | 3142 |
| | <i>Ingen opplysn.</i> <i>(N=)</i> | 6 | 11 | 26 | 2876 | 2919 |
| | | 158 | 833 | 4534 | 3180 | |

3 SPØRRESKJEMA-UNDERSØKELSEN

3.1 Formål

For å bedre kunnskapen om begroingsproblemer i norske regulerte vassdrag har NIVA sammenstilt eksisterende litteratur og rapporter som er aktuelle på feltet (Mjelde 1987b, 1987c). I tillegg er det gjennomført en spørreundersøkelse blant norske regulanter for å kartlegge deres oppfatning av begroingssituasjonen i regulerte vassdrag.

Det er grunn til å understreke at regulantenes oppfatning av hva som eventuelt er et problem, ikke nødvendigvis vil sammenfalle med almenhetens syn. I denne undersøkelsen fokuseres det mest på eventuelle driftsproblemer forårsaket av vegetasjon. Det betyr igjen at eventuell forekomst av vegetasjon nedstrøms et reguleringsanlegg kan oppfattes ulikt av regulant og almenhet. Data som kan belyse aktuell forekomst av økt begroing nedstrøms reguleringsanleggene vil bli lagt fram - men ikke drøftet ut i fra et "publikums"perspektiv.

3.2 Gjennomføring og respons

Et omfattende spørreskjema ble distributert til medlemmene av Vassdragsregulantenes forening våren 1988. Svarfristen var satt til 1. mai for å gi anledning til eventuelt feltarbeid i samband med svarene. Skjemaet var med hensikt formulert nokså "åpent" slik at de som besvarte dette skulle være lite bundet. En kopi av skjemaet finnes i Appendix 1. Alle svar presenteres her anonymisert: man ønsket å se generelle trekk, ikke å fokusere på særskilte situasjoner.

Svarprosenten på de utsendte spørreskjemaene var relativt lav. Bare 31 av regulantene besvarte skjemaene innenfor et tidsrom på fem måneder etter angitt tidsfrist. Basert på antall installasjoner var svarprosenten noe bedre, 24 % (128 av 536). Utvalget av kraftverk i undersøkelsen blir dermed selektiv, men det er grunn til å anta at utvalget likevel er representativt i statistisk sammenheng.

Tilsammen kom det inn 131 svar i løpet av 1988. I tillegg er det registrert direkte henvendelser til NIVA fra 3 kraftverk angående begroingsproblemer, disse kraftverkene svarte ikke på spørreskjemaene. Av de 134 kraftverkene var opplysningene såpass ufullstendige for 33 at disse ble utelatt ved den videre bearbeidingen. For de resterende kraftverkene ble svarskjema bearbeidet og registrert i en database. Ved behov ble de angitte kontaktpersoner telefonisk forespurt om detaljer og tilleggsopplysninger. I noen tilfelle ble det også bedt om prøver av planter og vann.

3.3 Hovedresultater fra spørreundersøkelsen

Magasinverk utgjorde nær 2/3 av de registrerte kraftverkene, mens elvekraftverk forekom mindre vanlig (fig. 4). Bare noen få pumpekraftverk var med i undersøkelsen. Fordelingen fylkesvis viste stor overvekt på kyststrekningen Aust-Agder til Hordaland (tab.8). Dette reflekterer hvordan kraftutbygging fordeler seg i landet. Samlet produksjon i verkene ble oppgitt til mer enn 34.9 TWh (N=91), eller omlag 33% av Norges årsproduksjon (Statistisk Sentralbyrå 1988).

Tabell 8. Antall installasjoner og oppgitt produksjon, fordelt fylkesvis (N=101).

| Fylke | Antall inst. | Oppgitt prod. (GWh) | % av total prod. | Fylke | Antall inst. | Oppgitt prod. (GWh) | % av total prod. |
|-------------|--------------|---------------------|------------------|----------------|--------------|---------------------|------------------|
| Østfold | 6 | 3046 | 8.8 | Vest-Agder* | 4 | 1224 | 3.5 |
| Akershus | 2 | 815 | 2.3 | Rogaland | 5 | 8404 | 24.1 |
| Vestfold | 1 | - | - | Hordaland | 8 | 3182 | 9.1 |
| Oppland* | 5 | 388 | 1.1 | Sogn og Fj. | 17 | 5595 | 16.1 |
| Hedmark | 1 | 16 | <0.1 | Møre og Roms. | 6 | 1049 | 3.0 |
| Buskerud | 7 | 3134 | 8.8 | Nord-Trøndelag | 12 | 2068 | 5.9 |
| Telemark | 12 | 1715 | 4.9 | Nordland | 10 | 3568 | 10.3 |
| Aust-Agder* | 3 | 2340 | 6.7 | Finnmark | 1 | 180 | 0.5 |

* mange ufullstendige skjema i tillegg

Hoveddelen av anleggene hadde inntak fra regulert magasin eller elv (mer enn 90%), og utløp til nytt magasin/kraftverk, elv eller hav (fig. 5). Bygging av terskler var foretatt ved 27% av de registrerte kraftverkene.

Midlere alder for verkene var 33 år mens median alder var 25 år. Variasjon i alder var stor, fra 1 til 95 år (fig. 6). De fleste av de registrerte kraftverkene var små, nær 40% hadde årsproduksjon under 200 GWh (fig.7). Dette fordelingsmønstret samsvarer bra med opplysninger fra Samkjøringen: 47% av verkene hadde installert effekt 0.5-10 MW men sto bare for 3.6% av samlet effekt, mens 12% av stasjonene tilhørte effektgruppen over 100 MW som utgjorde 61% av samlet effekt.

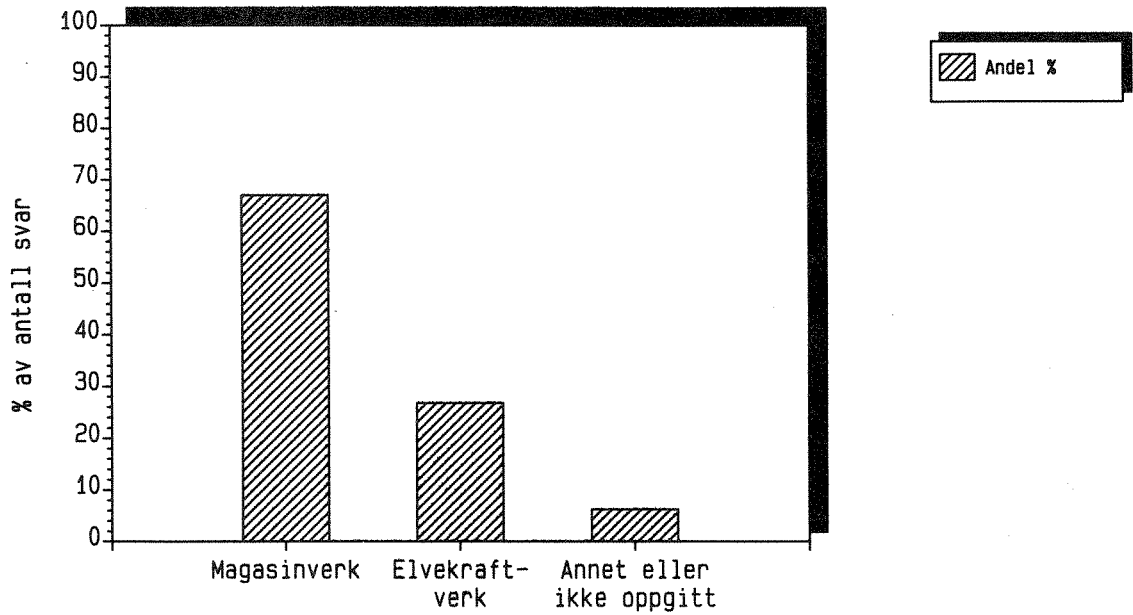


Fig. 4. Registrerte kraftverk fordelt på type (basert på regulantenes oppgaver).

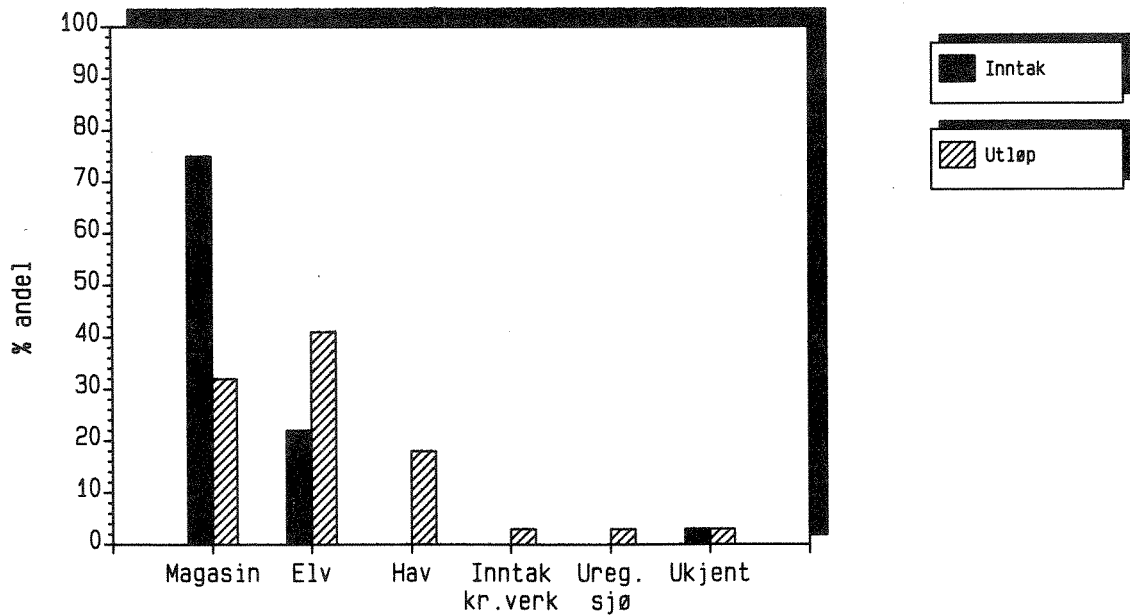


Fig. 5. Fordeling av inntaks- og utløpstyper for de registrerte kraftverkene.

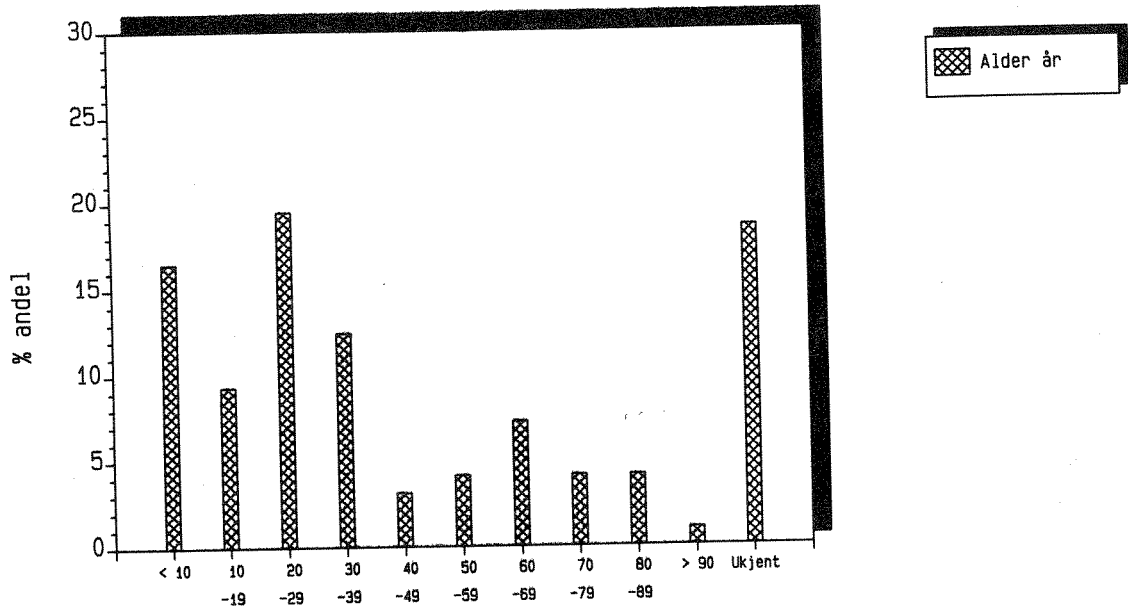


Fig. 6. Aldersfordeling av de registrerte kraftverkene.

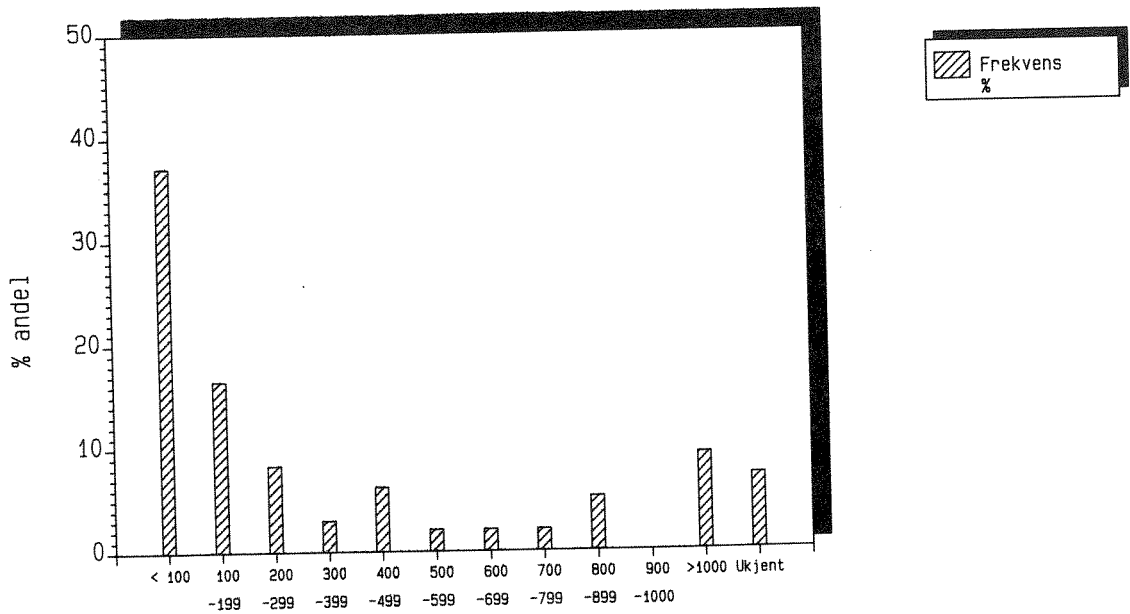


Fig. 7. Frekvensfordeling av oppgitt årsproduksjon (GWh).

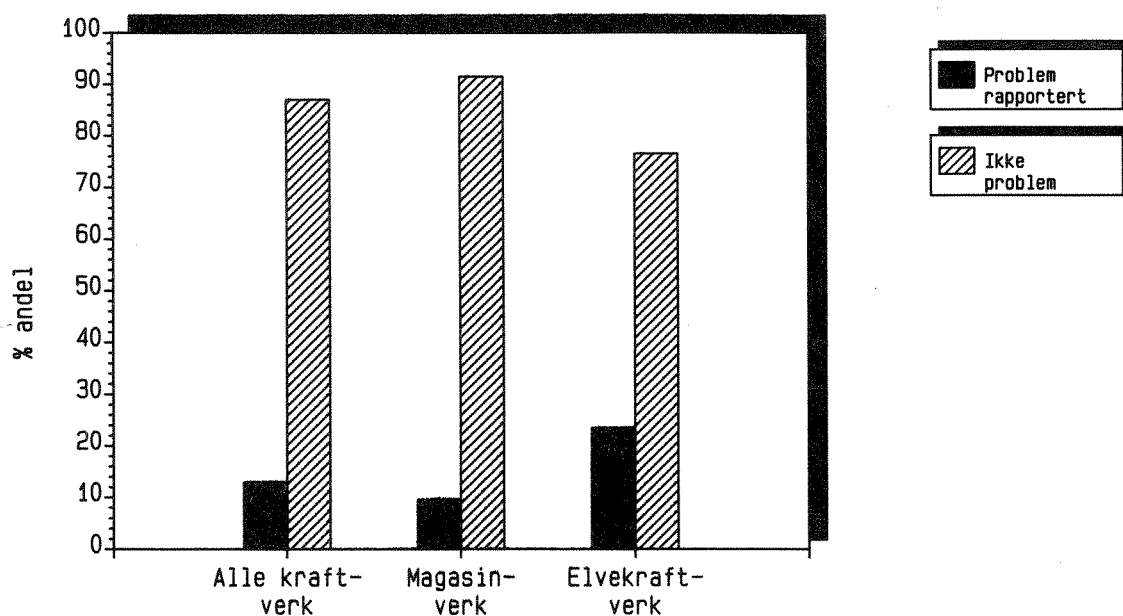


Fig. 8. Frekvensfordeling av svar på spørsmålet "Skaper begroing problemer for drift av kraftverket".

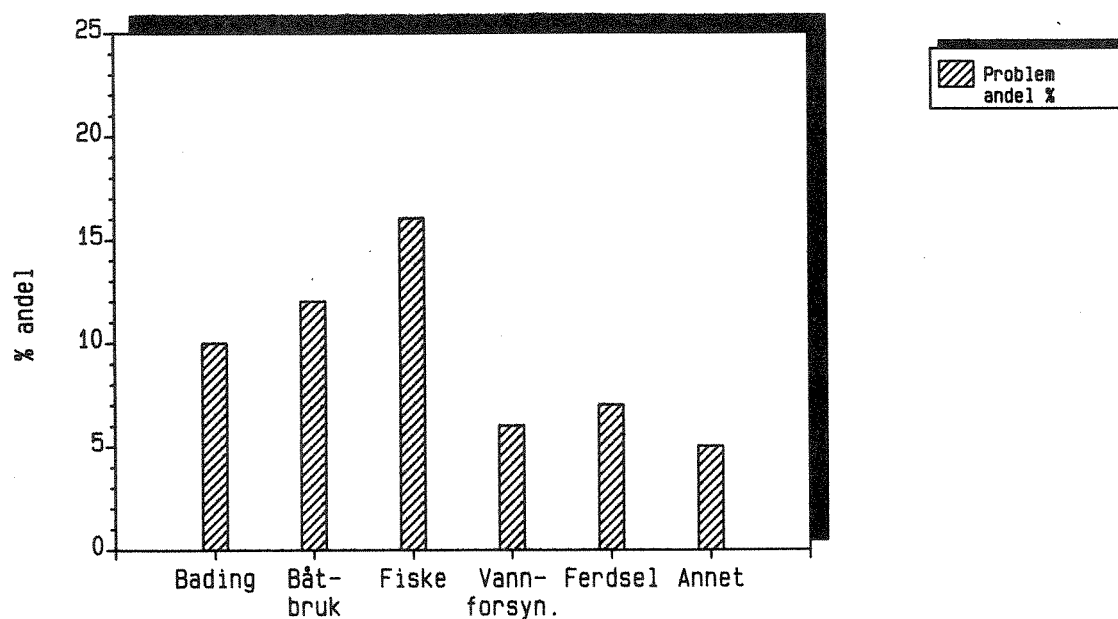


Fig. 9. Svarfordeling (%-andel "Ja") på kjente interessekonflikter som har oppstått i samband med reguleringen.

3.4 Omfang av rapportert begroing

Spørreskjemaet inneholdt rubrikker hvor man ble bedt om å krysse av for eventuelle forekommende vegetasjonselementer såvel opp- som nedstrøms kraftverket. Det må antas at vassdragets begroing må ha hatt et visst omfang for å bli innrapportert ved denne fremgangsmåten. Tallene utgjør derfor åpenbart minimumsanslag for den faktiske situasjonen.

Tab. 9 (nedenfor) viser at magasinverk jevnt over rapporteres å ha mindre begroing enn hva tilfelle er for elvekraftverk. Dette kan muligens føres tilbake på ulikheter i lokalitetenes høydemessige beliggenhet. Det er verdt å merke seg at rapportert vegetasjon nedstrøms magasinverk hovedsaklig utgjøres av undervannvegetasjon (karplanter, moser og alger).

Tabell 9. Rapportert forekomst av ulike vegetasjonselementer fordelt på kraftverkstype (%-andel Ja-svar innenfor hver kategori).

| Vegetasjonstype | Magasinverk (%) | Elvekraftverk (%) |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| <u>Strandvegetasjon m.v.</u> | | |
| oppstrøms kr.vrk | 6.2 | 30.8 |
| nedstrøms kr.vrk | 9.2 | 30.8 |
| <u>Vannvegetasjon (karp1.)</u> | | |
| oppstrøms kr.vrk | 3.1 | 38.5 |
| nedstrøms kr.vrk | 16.9 | 31.0 |
| <u>Mosevegetasjon</u> | | |
| oppstrøms kr.vrk | 7.7 | 7.7 |
| nedstrøms kr.vrk | 23.1 | 15.4 |
| <u>Algevegetasjon</u> | | |
| oppstrøms kr.vrk | 10.8 | 23.1 |
| nedstrøms kr.vrk | 27.7 | 34.5 |

3.5 Spesifikke problemområder

Omkring 10% av de registrerte kraftverkene svarte "ja" på spørsmålet om driftsproblemer forårsaket av vegetasjon. Fordelt på type kraftverk var det klart større andel "ja"-svar for elvekraftverk (23%), jfr. fig. 8. Magasinverkernes vegetasjonsproblem er tilknyttet oppslag av buskas og krattskog mens øvrige installasjoner synes å få problemer med vann- og strandplanter.

Det finnes 1-2 eksempler på at kjente vegetasjonsproblemer ikke nevnes av regulanten. Likevel er det rimelig å anta at svarene er representative for den faktiske situasjon i vassdragene. Spesifikke problemer som nevnes er (gitt i synkende rekkefølge etter hyppighet),

- økt behov for grindrensk
- behov for økt rydding av krattskog i tørrlagt elveleie
- kortvarig driftsstans forårsaket av begroing

Inntrykkene fra skjemasvarene og fra samtaler med kontaktpersoner ved anleggene var at driftsproblemene ikke var særlig store. Rent unntaksvis (ved 2% av verkene) hadde begroing ført til driftsstans i kortere tidsrom.

Begroingsproblemer er rapportert fra store deler av landet. Selv om tallmaterialet kan være noe spinkelt, virker det som problemene er mest uttalte i Sør- og Vest-Norge.

3.6 Oppfatning av problem- og interessekonflikter

Spørreskjemaene inneholdt spørsmål om regulanten kjente til øvrige interessekonflikter som kunne oppstå i samband med reguleringen. Svarene (fig. 9) viser at problemer ved utøvelse av fiske dominerte med redusert mulighet for bruk av båt som nummer to. Ved siden av de angitte problemområdene ble det også pekt på ulemper forbundet med svak is og ulemper for landbruket. Forøvrig er det grunn til å merke seg at vassdrag/innsjøer nedstrøms magasinverk av regulantene generelt betraktes som "uregulert" selv om vannføring/vannstand influeres av ovenforliggende kraftverk.

Noen utvalgte sitater kan vise at regulantene er opptatt av andre problemområder enn de som direkte knyttes til driften av anleggene, og at man erkjenner begroingsproblemer forøvrig i vassdraget:

*"Bunngress som rives løs av isen, særskilt i vårflom. Sies å ha kommet inn i 1960-årene." [innsendte planteprøver inneholdt store mengder elvemose, *Fontinalis dalecarlica*. Vannkvalitet svakt sur, pH 6.4, saltfattig, konduktivitet rundt 1.3 mS m^{-1} , og med lavt innhold av plantenæringsalter]*

"Noe grønske ved lav vannføring og varmt vær. Ved flom forsvinner grønsken."

"Elveløpet ... grodd til med skog. Betydelige opprensingsarbeider utført."

"Pga stort elveløp og generelt liten vannføring, er skog (bjørk, selje m.v.) det største problemet nedstrøms [kraftverket]."

"Fra lokalt hold blir det påstått at elva generelt har fått mer begroing etter regulering."

"Elva er generelt tørrlagt og begroingen skyldes nok i det vesentligste forurensning fra jordbruket ." [flere tilfelle av liknende utsagn]

"Delvis tørrlagt elv. Mellom inntak og utløp siv/gras, også oppslag av småskog."

"Begroing ... særlig nedstrøms kraftverket."

"Massiv forekomst av krypsiv nedstrøms utløp fra kraftverket."

"Begroingen har økt betydelig de siste ca 15 årene. I juli når vi ofte holder lav vannføring, kan elven se ut som en grønn åker." [befaringen viste at *Juncus bulbosus* (krypsiv) var dominerende art sammen med *Sparganium angustifolium* (fløtgras) og mindre mengder av andre undervannsplanter]

"Begroing hindrer bruk av elva som landingsplass for småfly."

"Det er begroing i ['uregulert' innsjø nedstrøms utløp] som gjør at det blir oppstuvning av vann i flomperioder. Det har ingen betydning for kraftverkene men jordbruket er mye plaget."

"Begroingen kan ha sammenheng med seterdrift i området."

"Erosjon og sandflukt kan være plagsomt."

Innenfor rammen av det foreliggende prosjektet har det ikke vært mulig å få innsikt i almenhetens oppfatning av begroingssituasjonen i vassdragene. Inntrykk fra noen konkrete saker er at det råder betydelige forskjeller i såvel beskrivelse av begroingsforhold som oppfatning av utløsende årsaker mellom regulant og f.eks. kommunale myndigheter og lokale interesseorganisasjoner.

4 PROBLEMARTER OG PROBLEMLØSNINGER

4.1 Hvilke arter skaper problemer

Basert på gjennomgang av tilgjengelig litteratur, befaringer, og innsendte planteprøver kan følgende oversikt over problemskapende arter gis,

- Oppslag av krattskog og buskas (bl.a. med furu, vier- og selje, gråor): Andersen (1983), Andersen & Fremstad (1986)
- Elvesnelle (*Equisetum fluviatile* L.): Rørslett & Skulberg (1970), Rørslett (1976), Rognerud et al. (1986), Mjelde (1987a)
- Flaskestarr (*Carex rostrata* Stokes): Mjelde (1987a)
- Fløtgras (*Sparganium angustifolium* Michx.): Rørslett (1967), Østebrøt (1986)
- Krypsiv (*Juncus bulbosus* L.): Rørslett (1967, 1976, 1986, 1987d, 1988a)
- Andre elodeider (*Ranunculus*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Callitriche*, *Elodea*): Rørslett (1976), Østebrøt (1986)
- Ulike større vannmoser, særlig elvemose (*Fontinalis*): Rørslett & Johansen (1989), Rørslett et al. (1989)
- Trådformede alger, særlig grønnalger (*Microspora*): Skulberg (1985), Rørslett & Johansen (1989)

Oppslag av krattskog i mer eller mindre tørrlagte elver er omtalt av bl.a. Nilsson (1979, 1984), Andersen (1983) og Andersen & Fremstad (1986). Tilgroingen er en direkte følge av redusert vannføring. Man kan forvente vekst av treslag også i relativt steinete elveleier. Nedvandring av treslag i elveleiet forekommer uten klare regionale forskjeller. Økt forekomst av treslag og buskas i samband med vannkraftutbygging anses for et internasjonalt problem (jfr. Petts 1984).

Økt forekomst av overvannsvegetasjon (elvesnelle, starr m.v.) gjør seg mest gjeldende på elvestrekninger hvor vannføringen er utjevnet over året. Dessuten krever slike planter nokså finkornede sedimenter. Disse betingelsene oppfylles i lavlandsområder, særlig på Sør- og Østlandet (Rørslett & Skulberg 1970, Rørslett 1976, Rognerud et al. 1986). Inntaksmagasiner i samband med elvekraftverk kan også huse denne type vegetasjon (Andersen & Fremstad 1986, Østebrøt 1986, Mjelde 1987b).

Vasspest (*Elodea canadensis*) omtales som et problem i Drammensvassdraget. Driv av denne planten kan forårsake driftsproblemer i elvekraftverkene. Størst forekomst har vasspest i Steinsfjorden men

også Tyrifjord huser denne planten (Rørslett et al. 1986). I Randsfjorden har vasspest gått tilbake i mektighet (Rørslett 1977) slik at problemene i Randselva ser ut til å være små. Det er ikke grunnlag for å koble veksten av vasspest sammen med kjente reguleringsinngrep og kraftproduksjon.

Av de øvrige langskuddsartene kan vasshår (*Callitriche*), vass-soleie (*Ranunculus* seksj. *Batrachium*) og tjønnaks-arter (*Potamogeton*) forekomme til dels i større mengder, spesielt i elver i lavereliggende områder i Sør- og Midt-Norge. Også fløtgras (*Sparganium angustifolium*) kan opptre sammen med disse artene, men er kanskje mest vanlig langs kyststrøkene i sør.

Krypsiv (*Juncus bulbosus*) er en art som stadig gir problemer i samband med kraftutbygging på Sørlandet. NIVA har beskjeftiget seg med denne planten alt fra slutten av 1960-åra (Rørslett 1967). Otra-vassdraget har flere strekninger hvor krypsiv gjør seg (utrolig) sterkt gjeldende. Nevnes kan Otra nedstrøms Brokke kraftverk, Kilefjorden og Venneslafjorden (Rørslett 1967, Rørslett et al. 1981, Rørslett 1986, 1987d, 1988a). Ingen bestrider at forekomstene av krypsiv i dette vassdraget er uønsket store. Fordi vassdraget ligger i tyngdepunktet for sur nedbør kunne sur nedbør tenkes å være én utløsende årsak til økt vekst. Denne forklaringen kan ikke opprettholdes (Rørslett 1986, 1987c, 1988a) - bl.a. fordi Otra ikke har en økende forsurening som faller sammen med tilgroingens historiske utvikling. Rørslett (1987d, 1988a) dokumenterte at økt vekst av krypsiv falt sammen med hydrologiske endringer som var gunstige for denne arten. Krypsiv er ekstremt følsom for frost (Brandrud & Rørslett 1988, Svedälv 1988); slik at økt vintervannføring og redusert isdekke gir planten muligheter for å beholde eller bygge opp biomasse også om vinteren.

Forøvrig forekommer krypsiv som problem i bl.a. Kragerø- og Telemark-vassdraget. I vestnorske vassdrag finnes det også betydelige forekomster av denne planten uten at bestandene når opp til et driftsmessig problematisk nivå (Mjelde & Rørslett 1987).

Krypsiv har en livsstrategi som stemmer vel overens med en CS-strategi ifølge definisjonene i Grime (1979). Planten har mekaniske (elastiske) egenskaper som gjør arten særlig egnet til liv i et strømmende vannmiljø. Det ser ut til at vannplanter med stor evne til å skape masseforekomster gjennomgående tilhører CS- eller CD-strategiene (Brewer & Rørslett 1987, Murphy et al. 1989, Rørslett 1989) og er typiske "opportuniste" som drar nytte av en middels grad av miljøforstyrrelse (Huston 1979).

Vannmoser tilhørende slekten *Fontinalis* kan i éndel situasjoner forekomme i tilstrekkelige mengder til å skape alvorlige driftsproblemer. Det er ikke funnet indikasjoner på næringstilgang i samband med noen av de rapporterte problemforekomstene, som alle er lokalisert til svakt sure og klart næringsfattige elver (Rørslett & Johansen 1989).

Vekst av trådformede alger forekommer ofte også i helt upåvirkede elver med svært næringsfattige forhold (Lindstrøm 1983, Petts 1984, Rørslett & Johansen 1989). Det er rapportert at slike alger kan blusse opp i samband med slamtransport i vassdragene (Skulberg 1986).

4.2 Utenlandske erfaringer

I samband med prosjektet ble det tatt kontakt med en rekke utenlandske forskere og fagmiljøer. Av disse kan her nevnes:

- C. Nilsson, Avd.f. Ekologisk Botanik, Umeå Universitet, Umeå, Sverige.
- E. Alasaarela og S.Hellsten, Technical Research Centre of Finland, Oulu, Finland
- W. van der Zwerde, EWRS/AAB (European Weed Research Society/ Association of Applied Biologists), Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen, Nederland.
- J.G.M. Roelofs og G.P.H. Arts, Laboratorium voor aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit, Nijmegen, Nederland
- R.G. Hanbury, British Waterways Board, Gloucester, England.
- K.R.Vernon, North of Scotland Hydro-Electric Board (NSHEB), Edinburgh, Skottland.
- K.J. Murphy, Department of Botany, Glasgow University, Skottland.
- J.M. Caffrey, Central Fisheries Board, Dublin, Eire.
- J.S. Clayton, Ministry of Agriculture and Fisheries, Hamilton, New Zealand.
- I.M. Johnstone, New Zealand Electricity, Hamilton, New Zealand.
- P.R.Newroth, Water Management Branch, Ministry of Environment & Parks, Vancouver, B.C., Canada

De utenlandske erfaringene er uensartede hva årsak(ene) til økt forekomst av vannvegetasjon angår. I Nederland f.eks. er man svært opptatt av forsuring og næringstilførsel som viktige utløsende årsaker til endringer og økt forekomst av slike arter som krypsiv (*Juncus*

bulbosus L.) og mose (vesentlig torvmose, *Sphagnum* spp.) (Roelofs 1983, Arts 1987).

Problemer med uønsket vekst av vegetasjon er kjent fra øvrige nordiske land som har vannkraftproduksjon. Stort sett dreier det seg her om de samme artene som forekommer i Norge (Nilsson 1978, 1979). I tillegg kan f.eks. pilblad-arter (*Sagittaria*) og vass-soleie (*Ranunculus* seksj. *Batrachium*) forekomme i store mengder i nordsvenske elver. I likhet med Norge mangler man ofte håndfaste data som belyser tilstanden før reguleringene ble satt ut i livet.

Skotske elver regulert for kraftproduksjon kan fremvise lignende vekstformer av krypsiv som er kjent fra våre sørnorske elver. Omfanget av veksten betegnes som relativt beskjedent (Murphy, pers. komm.). På Irland, f.eks. i deler av River Liffey, kan bust-tjønnaks (*Potamogeton pectinatus* L.) danne massebestand nedstrøms elvekraftverk (Caffrey & Rørslett 1988, feltobs.). Bestandene liknet til forveksling krypsiv av utseende og vekstform - noe som klart indikerer samspillet mellom ytre miljø og resulterende vegetasjon.

Kanadiske erfaringer med uønsket vannvegetasjon relaterer mest til arter som ikke er særlig vanlige i Norge, f.eks. akstusenblad (*Myriophyllum spicatum* L.). Forøvrig omtales forekomst av vannvegetasjon i samband med noen reguleringsinngrep (Baxter 1977, Bodaly et al. 1984) uten at det klart kan dokumenteres sammenheng mellom kraftproduksjonen og utvikling av vegetasjon.

På New Zealand kan langskuddsarter som er beslektet med vasspest (sluke som *Egeria densa* (Planch.)St.John og *Lagarosiphon major* (Ridley)Moss), sammen med vasspest (*Elodea canadensis* Michx.) og hornblad (*Ceratophyllum demersum* L.) skape betydelige driftsproblemer for f.eks. elvekraftverkene langs Waikato River (Johnstone 1986, 1987). Disse artene slo spesielt til i de sk. "hydro-lakes" (= regulerte innsjøer og magasin) hvis vannstandsvariasjonene var omlag 5m eller mindre (Clayton, pers. komm.).

4.3 Mulige tiltak

Dette avsnittet vil kortfattet omtale noen mulige fremgangsmåter for å redusere eller eliminere uønsket vegetasjon i vassdrag.

4.3.1 Mekanisk fjerning

Fjerning av vegetasjon ved mekanisk rydding anvendes internasjonalt som én viktig fremgangsmåte (Berge 1984, Newroth & Soar 1986). I Norge brukes mekanisk fjerning i noe grad i samband med særlig verneverdige lokaliteter (Berge 1984). Mekaniske metoder omfatter et spekter av teknikker, som dels kutter plantene (og i noen tilfeller frakter materialet vekk), dels river opp eller endevender bunnelagene der plantene vokser (BCME 1978, Newroth 1979, Berge 1984).

I elver vil det være forbundet med store praktiske problemer å bruke dagens tilgjengelig utstyr for mekanisk fjerning, som er utviklet for bruk på innsjøer.

4.3.2 Biokontroll og sprøyting

Slike metoder omfatter bl.a.

- tildekking
- bruk av herbicider
- bruk av ultralyd
- biologisk "krigføring"

Tildekking med finmasket duk på bunnen ("bottom barriers") anvendes bl.a. i Kanada (Newroth 1979). Metoden er utprøvd i Steinsfjorden med godt resultat (Berge 1987). Plasering av "Terrafix"™ duk på is om vinteren førte til at duken senere la seg jevnt utover på bunnen og ga reduksjon i biomasse av vasspest og takrør på henholdsvis 68-73% og 100%. Billigere alternativer, f.eks. bruk av sekkestrie (Truelson 1986) er til nå ikke forsøkt anvendt i Norge. Felles for tildekkingsmetodene er deres kortvarige virkning, i beste fall 2-3 år (Truelson 1986, Berge 1987).

Herbicider ansees ikke å være noe gangbart alternativ under norske forhold: sprøyting av slike midler vil negativt påvirke vannkvalitet og øvrige interesser, bl.a. fiske og vannforsyning, tilknyttet almenhetens bruk av vassdraget (Rørslett 1987d). Det er også betydelige praktiske problemer forbundet med bruk av herbicider i akvatiske systemer (Spencer-Jones 1986). Virkningene kan være sterkt arts-spesifikke - ofte vil f.eks. karplanter bli redusert mens trådformede alger kan overleve (Fox et al. 1986).

Ultralyd-transducere med frekvens opp til 200 MHz har eksperimentelt vist seg å være til dels svært effektive mot undervannsvegetasjon (Newroth & Soar 1986). Denne teknikken er foreløpig ikke kommersielt

tilgjengelig men virker etter alt å dømme uhyre lovende bl.a. fordi sidevirkninger og miljøforstyrrelser antakelig er beskjedne. Prismessig vil metoden sannsynligvis være svært kostbar.

Biologisk "krigføring" er med stort hell anvendt mot enkelte planter (Room 1986) men vil kreve et innsiktsnivå i akvatiske planters økologi som til nå ikke er realisert i Norge.

4.3.3 Manipulering med vannstand og vannføring

Vannstand

Redusert vintervannstand kombinert med innfrysning og is-skuring er den viktigste faktoren for minsket forekomst av makrovegetasjon i norske reguleringsmagasin (Rørslett 1980, 1984, 1988b). På elvestrekninger med økt vintervannføring, ofte med tapping fra et ovenforliggende magasin, blir isdekket sterkt redusert eller manglende (Rørslett, 1987d). Dette kan indirekte bidra til økt vekst av undervannsplanter fordi vekstperioden forlenges og plantebiomassen ikke ødelegges av is- og frostpåvirkninger.

Kontroll med uønsket vannvegetasjon i utenlandske vannkraft-prosjekter skjer ofte ved hjelp av redusert vannstand, og da helst når plantene er mest sårbare (hvileperioder, i tempererte strøk vinter) (Sculthorpe 1967, Hutchinson 1975, Goldsby et al. 1978, Johnstone 1986). En lav vintervannføring tilsvarer den naturlige, uregulerte situasjon i våre vassdrag og kan oppnås ved driftsstans på et magasinverk. Fra kraftproduksjonsmessig synspunkt er neppe slike tiltak særlig ønskelige, i allefall ikke dersom disse skal skje hyppig.

Driftsstans, med varighet 3 døgn ved lufttemperatur -10°C og lavere, vil vinteren 1989 bli forsøkt ved Brokke-anlegget i Otra. Hensikten er å redusere omfanget av krypsiv-bestandene nedstrøms kraftverket.

Spyleflommer

Flomvannføring medfører økt transport av sedimenter i vassdraget og vil ha en viss eroderende virkning på begroingen (Haslam 1979, 1986; Petts 1984). Erfaringer fra norske vassdrag viser at man må opp i svært store flommer før undervannsvegetasjon av karplanter og moser blir nevneverdig påvirket. Bestandene blir "tynnet" og bare i liten grad eliminert. Målinger i Suldalslågen har vist at hoveddel av løsrevet plantemateriale transporteres på stigende flom opp til kulliminering (Rørslett & Johansen 1989). Dette kan dreie seg om tidsrom på bare få timer. Skal spyleflommer ha hensikt ser det ut til at hurtig

vannføringsendring er viktigere enn selve flommens størrelse. Større innsikt i samspillet mellom manøvrering og biologisk respons vil kunne gi en forbedret vannhusholdning og en mer fornuftig disponering av vannressursene.

5 DISKUSJON

Regulering og vannkraftutbygging er i første rekke et fysisk inngrep (Rørslett 1984, 1988b; Reith, 1985). All vurdering av konsekvenser og virkninger bør starte med dette utgangspunktet.

Nyere rettspraksis i skjønssaker pålegger regulanten et overordnet ansvar for sekundære virkninger ved et reguleringsinngrep. Her kommer åpenbart også tilgroingsproblematikken inn. Ansvarsforholdet i slike situasjoner har klare økonomiske konsekvenser. Fra et faglig, hydrobotanisk synspunkt er det viktig å forstå hvorfor og hvordan slike vegetasjonsproblemer oppstår.

NVE-Vassdragsdirektoratet har i det reviderte rundskriv nr 36 (1986) gitt retningslinjer for botaniske undersøkelser i samband med konsesjonssøknader etter §5 i Vassdragsreguleringsloven av 1917 med senere endringer. Det heter her (NVE 1986) at slike undersøkelser i "arealer som neddemmes, ..., [og] elver med endringet vannføring" faller inn under søkerens ansvarsområde. Vurdering av begroingsforhold i elvene tas med der det er "overveiende sannsynlig at disse forhold vil endres vesentlig." (pkt. 17b). I tillegg nevnes undersøkelser av vannvegetasjon i samband med ferskvannsbiologiske undersøkelser (pkt. 17d).

Konsesjonsbetingede undersøkelser har dessverre ikke resultert i noe særlig innsikt i vegetasjonsforhold i norske vassdrag og er "lite utfyllende når det gjelder vegetasjonsforholdene helt ut mot vannkanten, som enten blir neglisjert eller bare beskrevet i nokså generelle vendinger og med til dels vag omtale av såvel vegetasjonstyper som økologiske forhold" (Andersen & Fremstad 1986: 41). Også internasjonalt er studiet av elvevegetasjon i samband med vannkraftutbygging og elvereguleringer kommet relativt kort (Baxter 1977, Petts 1984, Canter 1985) selv om man vet relativt mye når det gjelder samspillet mellom makrovegetasjon og miljøendringer (Haslam 1979, Davis & Brinson 1980).

I Norge forbindes ofte vannkraftutbygging med en utarmet flora og vegetasjon (Rørslett 1980, 1984, 1985a, 1985b; Andersen 1983, Andersen & Fremstad 1986, Østebrot 1986). Årsakene til dette er gjerne den

spesielle og unaturlige kombinasjon av miljøfaktorer som oppstår ved slike inngrep (Rørslett 1988a, 1988b). Norske vannkraftprosjekter involverer ofte omfattende magasinprosjekter hvor reguleringshøyden langt overskrider det omfang som naturlige vegetasjonssamfunn kan tåle (Rørslett 1984, 1988b, 1998c). Det er mindre vel kjent at vår vannkraftutbygging kan gi store problemer med vann- og strandvegetasjon.

En norsk kunnskapsoversikt over virkningene av vassdragsregulering, med hovedvekt på terrestrisk botanikk, er presentert av Andersen & Fremstad (1986). Mjelde (1987a, 1987b) har stilt sammen grunnlagsdata om vann- og strandvegetasjon fra endel naturlige og regulerte elver spredt over hele Norge. Noen "case studies" presenteres og diskuteres av Rørslett et al. (1989). I mange tilfelle studeres vegetasjonen enten før eller etter reguleringsinngrepet; f.eks. fant Rørslett et al. (1989) at bare 4 av 31 lokaliteter hadde fått undersøkt vannvegetasjonen såvel før som etter reguleringen, mens 19 elvestrekninger ble botanisk undersøkt først etter gjennomført regulering. Dette understreker igjen hvor lite tilfredsstillende norske regulerte vassdrag er undersøkt fra et botanisk synspunkt.

Vår viten om utløsende årsaker til en økt forekomst av makrovegetasjon i regulerte vassdrag er til nå temmelig mangelfull. Økt forekomst av krypsiv (*Juncus bulbosus*) er koblet sammen med forsuring (f.eks. Halvorsen 1977, Nilssen 1980, Roelofs 1983, Svedäng 1988), men gode, holdbare data for dette mangler stadig. Store forekomster av krypsiv er f.eks. observert i Otra-vassdraget ved pH-verdier mellom 5.3 og 5.9, mens nabovassdraget Tovdalselva har beskjedne utvikling av denne planten ved pH-verdier i underkant av 5.0 (Rørslett 1986, 1988a). Krypsiv trives utvilsomt best i noe surt, næringsfattig vann - men dette er den dominerende vannkvaliteten over store deler av landet.

Stor tilgang på næringsstoffer synes heller ikke å være noen avgjørende faktor for vekst av karplanter, alger og moser. Det er registrert masseforekomster f.eks. av elvemoser (*Fontinalis*) ved fosfor-nivåer godt under $2 \mu\text{g P L}^{-1}$. Noen indikasjoner på økt forekomst av algevegetasjon ved slamtilførsel finnes (Skulberg 1985) men vi vet stadig lite om den relle betydningen av denne faktoren.

Når det gjelder hydrologiske endringer er bildet noe anderledes. Det er klare indikasjoner på betydningen av økt vintervannføring, i kombinasjon med utjevnet/reduert sommervannføring, for økt forekomst av undervannsplanter. Naturforholdene (bunnslag, vannkvalitet) må i tillegg være gunstige for at slik vegetasjon skal kunne øke til problemskapende nivå. Det er mange norske elver som i utgangspunktet ikke kan gi grunnlag for særlig vekst av karplantevegetasjon - i slike

elver vil neppe en regulering føre til store endringer i omfang av vegetasjon, med mindre vannføringen totalt reduseres så mye at landvegetasjon og småskog kan etableres. Redusert vannføring betyr også lavere strømhastighet og dermed mindre mekanisk belastning på planteveksten ute i elva. Sammen med redusert flomfrekvens kan slike endringer skape gunstige forhold for vekst av alger og moser. Økt vintervannføring gir planteveksten mulighet for å forlenge vekstsesongen i betydelig grad. Nedstrøms magasinverk som vesentlig kjøres som grunnlastverk kan man, under uheldige sammentreff av omstendigheter (vann- og bunnkvalitet), dermed skape grunnlag for bekymringsfull stor vekst av vannvegetasjon.

Oppsummering

Basert på vår foreløpige kunnskap oppstår tilgroing med vannvegetasjon hovedsaklig under følgende betingelser,

- vannkraftsjøer/elvestrekninger med utjevnet eller redusert sommervannføring, redusert flomfrekvens, økt vintervannføring (noe som også innebærer redusert eller manglende isdekke)
- tilgang på arter som følger CS- eller CD-strategier
- moderat strømhastighet (alger dominerer ved høy strømhastighet)

Sterkt redusert vannføring medfører økt risiko for

- oppslag av krattskog og buskas i store deler av elveleiet (steinete, mer eller mindre fullstendig tørrlagte elvestrekninger)
- økt forekomst av strand- og vannvegetasjon i elver der bunnen utgjøres av finkornede sedimenter

REFERANSER

- Andersen, K.M. 1983. Strandvegetasjonen og dens forandringer i det regulerte Nea-vassdraget, Sør-Trøndelag. Hovedfagsoppg. botanikk, Universitetet i Trondheim, 226 s.
- Andersen, K.M. & Fremstad, E. 1986. Vassdragsreguleringer og botanikk. En oversikt over kunnskapsnivået. Økoforsk rapport 1986(2), 90 pp.
- Arts, G.P.H. 1987. Geschiedenis van de verzuring van zwak gebufferde wateren in Nederland onder invloed van atmosferische depositie. Laboratory for Aquatic Ecology, Nijmegen, Report 28-01, 51 pp.
- Baxter, R.M. 1977. Environmental effects of dams and impoundments. Ann. Rev. Ecol. Syst., **8**: 255-283.
- BCME (British Columbia Ministry of Environment and Parks) 1978. A review of mechanical devices used in the control of Eurasian water milfoil in British Columbia. BCME, Water Investigations Branch, Vancouver, BC, 17 pp.
- Berge, D. 1984. Vasspest i Steinsfjorden. Utredning omkring utstyr som kan nyttes til den forestående prøvehøstingen av vasspest i Steinsfjorden høsten 1984. Norsk institutt for vannforskning, notat 0-82132, 17 pp.
- Berge, D. 1987. Vegetasjonskontroll i vann ved tildekking. Norsk inst. vannforskning, rapport 0-87129/E-86652, 19 pp.
- Bodaly, R.A., Rosenberg, D.M., Gaboury, M.N., Hecky, R.E., Newbury, R.W. & Patalas, K. 1984. Ecological effects of hydroelectric development in Northern Manitoba, Canada: The Churchill - Nelson River Diversion. I: Sheehan, P.J., Miller, D.R., Butler, G.C. & Bourdeau, P. (Eds), Effects of Pollutants on the Ecosystem Level, Wiley, London: 274-309.
- Brandrud, T.E. & Rørslett, B. 1988. Notat til I/S Øvre Otra vedrørende innfrysningsforsøk med krypsiv. Norsk institutt for vannforskning, notat 0-88095, 2 pp.
- Brewer, C.A. & Rørslett, B. 1987. Norwegian macrophyte models applied to an American reservoir. K. Norske Vidensk. Akad. Mus. Rapp. Bot. Ser., 1987(1): 7-17.
- Canter, L.W. 1985. Environmental Impact of Water Resources Projects. Lewis Publ., Chelsea, Michigan, 352 pp.
- Carignan, R. & Kalff, J. 1982. Phosphorus release by submerged macrophytes: Significance to epiphyton and phytoplankton. Limnol. Oceanogr., **27**: 419-427.
- Davis, J. & Brinson, M.M. 1980. Responses of submersed vascular plant communities to environmental change. Report FWS/OBS-79/33, U.S. Department of Interior, Washington D.C., 79 pp.

- Fox, A.M., Murphy, K.J. & Westlake, D.F. 1986. Effects of diquat alginate and cutting on the submerged macrophyte community of a Ranunculus stream in northern England. Proc. 7th Symp. EWRS/AAB, Loughborough 1986: 105-112.
- Goldsby, T.L., Bates, A.L. & Stanley, R.A. 1978. Effect of water level fluctuation and herbicide on Eurasian watermilfoil in Melton Hill Reservoir. J. Aquat. Pl. Manage, **16**: 34-38.
- Grime, J.P. 1979. Plant Strategies and Vegetation Processes. Wiley, Chichester, 222 pp.
- Haslam, S. 1979. River Plants. Cambridge University Press, Cambridge, 396 pp.
- Haslam, S.M. 1986. Causes of changes in river vegetation giving rise to complaints. Proc. 7th Symp. EWRS/AAB, Loughborough 1986: 151-156.
- Henriques, P.R. 1987. Aquatic macrophytes. I: Henriques, P.R. (Ed), Aquatic Biology and Hydroelectric Power Development in New Zealand, Oxford University Press, Auckland: 207-222.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. Am. Naturalist **113**: 81-101.
- Hutchinson, G.E. 1975. A Treatise on Limnology. III. Limnological Botany. Wiley, New York, 660 pp.
- Hvoslef, S. & Mjelde, M. 1983. Strandvegetasjon i Vansjø. Fagrapport om vannstandsvekslinger betydning for strandvegetasjonen. Statlig program for forurensningsovervåking/ Norsk inst. vannforskning, SFT/NIVA overvåkingsrapport 124/84.
- Hvoslef, S. & Rørslett, B. 1986. Makrovegetasjon i norske innsjøer. I. Avgrensning av vannvegetasjon og regional forekomst. K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser. 1986, 2: 60-75.
- Johnstone, I.M. 1986. Macrophyte management: an integrated perspective. New Zeal. J. Mar. Freshwat. Res., **20**: 599-614.
- Johnstone, I.M. 1987. Aquatic weed problems. I: Henriques, P.R. (Ed), Aquatic Biology and Hydroelectric Power Development in New Zealand, Oxford University Press, Auckland: 124-137.
- Kautsky, L. 1987. Life cycles of three populations of Potamogeton pectinatus L. at different degrees of wave exposure in the Askö area, northern Baltic proper. Aquat. Bot. **27**: 177-186.
- Kautsky, L. 1988. Life strategies of soft bottom macrophytes. Oikos, **53**: 126-135.
- Lindstrøm, E.-A. 1983. Biologisk begrunnet vurdering av saprobiering/eutrofiering i elver. Norsk institutt for vannforskning, rapport 0-800702, 62 pp.
- Mjelde, M. 1987a. Tilgroing med høyere vegetasjon i Børselva, Ballangen kommune, 1986. Norsk institutt for vannforskning, rapport 0-86142, 25 pp.

- Mjelde, M. 1987b. Vannvegetasjon i norske elver. Bruk av vannvegetasjon til bedømmelse av vannkvalitet i elver. Datarapport. Norsk institutt for vannforskning, rapport E-87677.
- Mjelde, M. 1987c. Vannvegetasjon i regulerte elver. Datarapport. Norsk institutt for vannforskning, rapport E-87676.
- Mjelde, M. & Rørslett, B. 1987. Modalsvassdraget, Hordaland fylke. Konsekvenser for vannkjemiske og biologiske forhold ved utvidet regulering i Modalsvassdraget. Norsk institutt for vannforskning, rapport O-87104, 28 pp.
- Newroth, P.R. 1979. British Columbia aquatic plant management program. J. Aquat. Plant Manage., **17**: 12-19.
- Newroth, P.R. & Soar, R.J. 1986. Eurasian watermilfoil management using newly developed technologies. I: Lake and Reservoir Management, Vol. III. North American Lake Management Society: 252-257.
- Nilsson, C. 1978. Changes in the aquatic flora along a stretch of the river Umeälven, N. Sweden, following hydro-electric exploitation'. Hydrobiologia, **61**: 229-236.
- Nilsson, C. 1979. Vegetationsförhållanden i kraftverksälvar. Svensk Bot. Tidskr., **73**: 257-265.
- Nilsson, C. 1984. Effect of stream regulation on riparian vegetation. I: Lillehammer, A. & Saltveit, S.J., Regulated Rivers. Universitetsforlaget, Oslo: 93-106.
- Otnes, J. and Ræstad, E. 1978. Hydrologi i praksis. Annen utg. Ingeniørforlaget, Oslo, 314 pp.
- Petts, G.E. 1984. Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management. Wiley, Chichester, 326 pp.
- Reith, W.J. 1985. Die Restwasserfrage bei der Wasserkraftnutzung - zur aktuellen Diskussion in der Schweiz und in Österreich aus der Sicht des Landschafts- und Umweltschutzes. Z.f. Kulturtechn. Flurberein., **26**: 22-34.
- Roelofs, J.G.M. 1983. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. Aquat. Bot., **17**: 139-155.
- Rognerud, S., Romstad, R. & Mjelde, M. 1986. Undersøkelse av Begna 1984-1986. Årsrapport 1985. Norsk institutt for vannforskning, Statens forurensningstilsyn, overvåkningsrapport 231/86.
- Room, P.M. 1986. Biological control is solving the world's Salvinia molesta problems. Proc. 7th Symp. EWRS/AAB, Loughborough 1986: 271-276.
- Rykiel, E.J. 1985. Towards a definition of ecological disturbance. Austr. J. Ecol., **10**: 361-365.
- Rørslett, B. 1967. Kilefjorden i Otra. Virkningen av vassdragsreguleringen på høyere akvatisk vegetasjon. Norsk inst. vannforskning, rapport O-118/66, O-113/65, 16 s.

- Rørslett, B. 1976. Tilgroing med høyere vegetasjon - omfang, hastighet og årsaker. Norsk inst. vannforskning Årbok 1975: 47-52.
- Rørslett, B. 1980. Reguleringsvirkninger på høyere vegetasjon i norske innsjøer. Norsk inst. vannforskning Årbok 1979: 27-31.
- Rørslett, B. 1984. Environmental factors and aquatic macrophyte response in regulated lakes - a statistical approach. Aquat. Bot., **19**: 199-220.
- Rørslett, B. 1985a. Death of submerged macrophytes - actual field observations and some implications. Aquat. Bot. **22**: 7-19.
- Rørslett, B. 1985b. Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. **22**: 2927-2936.
- Rørslett, B. 1985c. Vannvegetasjon og vassdragsreguleringer. K. norske Vidensk. Selsk. Rapp. Bot. Ser. 1985, 2: 109-124.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing, 1986. Norsk inst. vannforskning, rapport 0-86094, 25 s.
- Rørslett, B. 1987a. Statistics of the underwater light field: an empirical model. Internat. Rev. ges. Hydrobiol. **72**: 1-25.
- Rørslett, B. 1987b. A generalized spatial niche model for aquatic macrophytes. Aquat. Bot., **29**: 63-81.
- Rørslett, B. 1987c. Niche statistics of submerged macrophytes in Tyrifjord, a large oligotrophic Norwegian lake. Arch. Hydrobiol. **111**: 283-308.
- Rørslett, B. 1987d. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problem-analyse og forslag om tiltak. - Norsk inst. vannforskning, rapport 0-86130, 40 s.
- Rørslett, B. 1988a. Aquatic weed problems in a hydroelectric river: the R. Otra Norway. Regulated Rivers, **2**: 25-37.
- Rørslett, B. 1988b. An integrated approach to hydropower impact assessment. I. Environmental features of some Norwegian hydro-electric lakes. Hydrobiologia, **164**: 39-66.
- Rørslett, B. 1988c. Niche extension of aquatic macrophytes in hydrolakes: predictive assessment of environmental impacts. Int. Revue ges. Hydrobiol., **73**: 129-143.
- Rørslett, B. 1989. An integrated approach to hydropower impact assessment. II. Submerged macrophytes in some Norwegian hydro-electric lakes. Hydrobiologia, (in press)
- Rørslett, B. & Agami, M. 1987. Downslope limits of aquatic macrophytes: a test of the transient niche hypothesis. Aquat. Bot., **29**: 83-95.
- Rørslett, B., Berge, D. & Johansen, S.W. 1986. Lake enrichment by submersed macrophytes: a Norwegian whole-lake experience with Elodea canadensis. Aquat. Bot., **26**: 325-340.

- Rørslett, B. & Johansen, S.W. 1984. Makrovegetasjon. I Vennerød, K. (red.): Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi., s. 155-166. Universitetsforlaget, Oslo.
- Rørslett, B. & Johansen, S.W. 1989. Begroing i Suldalslågen og Suldalsvatn etter fullføring av Ulla-Førre reguleringen. Norsk institutt for vannforskning, rapport 0-88050 (i trykk)
- Rørslett, B., Mjelde, M. & Johansen, S.W. 1989. Effects of hydropower development on aquatic macrophytes in Norwegian rivers: present state of knowledge and some case studies. Regul. Rivers, 3: in press
- Rørslett, B. & Skulberg, O.M. 1970. Vassdragsundersøkelser i forbindelse med Sundsbarmreguleringen. 4. Vegetasjonsforhold i Norsjø og påvirkning av vannstandsvekslinger. Norsk inst. vannforskning, rapport 0-113/65, 0-127/65, 0-124/70, 17 s.
- Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J.E., Lydersen, E., Mjelde, M. & Grande, M. 1981. Undersøkelse av Øvre Otra. Norsk inst. vannforskning, rapport 0-72198 IV, 180 s.
- Sculthorpe, C.D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Arnolds, London, 610 pp.
- Skulberg, O.M. 1985. Effects of stream regulation on algal vegetation. I: Lillehammer, A. & Saltveit, S.J., Regulated Rivers. Universitetsforlaget, Oslo: 107-124.
- Skulberg, O.M. 1986. Ulla-Førre reguleringskjønn. Sakkyndig uttalelse om begroingsforhold og vannkvalitet i Suldalslågen. Norsk institutt for vannforskning, rapport 0-80114, 59 pp.
- Spence, D.H.N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. Adv. Ecol. Res., 12: 37-125.
- Spencer-Jones, D.H. 1986. Some problems facing the manufacturers and users of aquatic herbicides in Britain. Proc. 7th Symp. EWRS/AAB, Loughborough 1986: 327-332.
- Statistisk Sentralbyrå 1984. Vannkraftutbygging. Reguleringsinngrep. Virkninger på fisk. SSB rapport 84/10, 125 pp.
- Statistisk Sentralbyrå 1988. Naturressurser og miljø 1987. SSB rapport 88/1.
- Svedäng, M. 1988. Ecological studies on Juncus bulbosus - a macrophyte expanding in acidified lakes. Fil.kand avh., Uppsala Universitet.
- Truelson, R.L. 1986. Use of bottom barriers to control nuisance aquatic plants. Ministry of Environment and Parks, Victoria, BC, Canada, 6 pp.
- Østerbrøt, A. 1986. Strandvegetasjonen og effekt av vassdragsregulering i Nidelva og nedre Nea, Sør-Trøndelag. Hovedfagsoppgave botanikk, Universitetet i Trondheim, 219 s.

A P P E N D I K S



Kraftselskapene i Norge
via Vassdragsregulantenes forening

Postadresse
Postboks 333 Blindern
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Brekkeveien 19
Postgiro 5 19 67 12
Bankgiro 6094.05.11421
Telex 74 190 niva n
Telegramadresse Niva, Oslo

Deres ref.

Deres brev av

Vår ref.

Dato

MAM
O-88003

4. mars 1988

VANNVEGETASJON OG ALGEBEGROING I REGULERTE VASSDRAG SPØRREUNDERSØKELSE

Hensikten med spørreskjemaet er å få en oversikt over de erfaringene kraftselskapene har når det gjelder begroing av vannplanter og alger i regulerte vassdrag. Vi har regnet ett skjema pr. kraftverk. Ta kontakt med NIVA dersom dere har fått tilsendt for få skjemaer. Vi ber om at spørreskjemaet blir besvart selv om det ikke er observert begroing i området.

Skjemaet sendes: Norsk institutt for vannforskning
v/ Marit Mjelde
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

Svarfrist 1.mai 1988

Takk for samarbeidet.

Med vennlig hilsen
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Bjørn Rørslett

Marit Mjelde

GENERELLE OPPLYSNINGER

| |
|---|
| Vassdrag: _____ Fylke: _____ Kommune: _____ |
| Kraftverkets navn: _____ Reguleringsår: _____ |
| Regulant: _____ |

Type kraftverk (kryss av):

elvekraftverk pumpekraftverk installasjon i fjell annet

Inntak fra (kryss av):

elv regulert magasin annet

Utløp til (kryss av):

elv regulert magasin annet

Kote for overvann/kote for undervann (m.o.h.): _____ / _____

Gjennomsnittlig årsproduksjon (GWh): _____

Gjennomsnittlig vannføring (normal drift) gjennom verket (m^3/s):
sommer: _____ vinter: _____

Vannstandsvariasjoner

(typiske verdier for normal drift).

Oppgis i meter.

| | Døgnbasis | Ukebasis | Årsbasis |
|---------|-----------|----------|----------|
| Inntak: | | | |
| Utløp: | | | |

Pålagt minstevannføring nedstrøms inntak? Oppgi elvestrekning, periode og vannføring (m^3/s):

Er det foretatt terskelbygging i området? ja nei

Angi det mest representative vannmerket for området: _____

Del av vassdraget som er berørt av reguleringen:

Magasin

Navn: _____
Areal (km²): før regulering: _____ ved HRV: _____ ved LRV: _____

Elv oppstrøms kraftverk

Navn: _____ fra: _____ til: _____
Elvestrekningens lengde (km): _____
Gjennomsnittlig bredde (kryss av): <3m 3-10m 10-50m >50m

Elv nedstrøms kraftverk

Navn: _____ fra: _____ til: _____
Elvestrekningens lengde (km): _____
Gjennomsnittlig bredde (kryss av): <3m 3-10m 10-50m >50m

SPESIELLE OPPLYSNINGER

Forekommer noe av dette (J=ja, N=nei, ?=ukjent):
(se forklaring i figur bakerst)

| Begroingstyper | oppstrøms inntak kr.v. | mellom inntak og utløp | nedstrøms utløp kr.v. |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 'siv'/gras o.l | | | |
| 2 vannplanter | | | |
| 3 moser | | | |
| 4 grønske/'sly'/ glatte steiner | | | |

Er det registrert ulemper for drift av kraftverket som følge av
begroingen? _____

Registrerte ulemper for brukerinteressene (kryss av):

| | | | |
|------------|--------------------------|-------------|--|
| bading | <input type="checkbox"/> | båttrafikk | <input type="checkbox"/> |
| fisk/fiske | <input type="checkbox"/> | friluftsliv | <input type="checkbox"/> |
| vanning | <input type="checkbox"/> | annet | <input type="checkbox"/> spesifiser: _____ |

Øvrige merknader?

Skjemaet er besvart av (kontaktperson):

Navn: _____ Telefon: _____

Kontaktadresse: _____

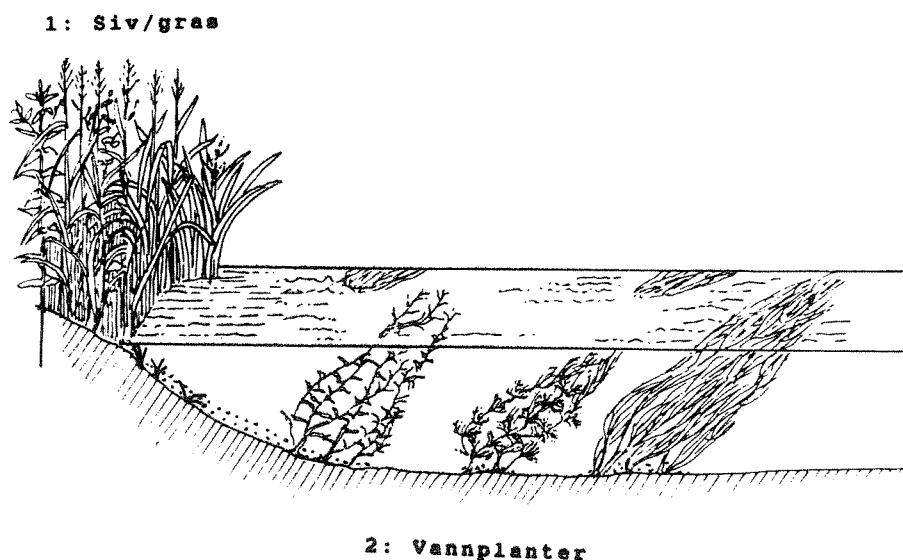
BEGROINGSTYPER

1 Siv/gras o.l. ("overvannsvegetasjon")

Store iøyenfallende planter, 0.5-1m høye, med nedre del av stengel og rot i strandkanten eller ute i vannet. Vanlige arter: starr, elvesnelle, sivaks.

2 Vannplanter

Hele planten vokser under vann. Noen arter har blad som flyter på vannoverflata. Omfatter både planter med avlange stengler og små, korte planter.



3 Moser

4 Grønske/'sly'/glatte steiner (fastsittende alger)

Geléaktige eller "tørre" tråder og dusker, filtet overtrekk (teppedannende) eller glatt belegg, som er festet på stein, planter eller annet underlag. Fargene varierer mellom grønt, brunt og grått.