

O-95121

Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget

En konsekvensutredning



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-95121	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3266	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. En konsekvensutredning.	Dato: 09.06.1995 Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Vassdrag
Forfatter(e): Tor Erik Brandrud	Geografisk område: Aust-Agder, Vest-Agder
	Antall sider: 17 Opplag:

Oppdragsgiver: Styringsgruppa for kalking av Otravassdraget v/Evje & Hornnes kommune	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt: Otra har på enkelte strekninger en problemvekst av vannplanten krypsiv, hovedsakelig pga. vassdragsreguleringer. Undersøkelser i Vest-Agder og Rogaland viser at planten også kan forårsake tilgroing etter innsjøkalking. Kalkingeffekter m.h.p. tilgroing i rennende vann er lite kjent. Det antas at Otra som helhet vil få relativt små vegetasjonsendringer som følge av kalkingen, fordi det primært blir benyttet kalkdoserere (og ikke innsjøkalking), og fordi vassdraget i utgangspunktet ikke er ekstremt surt. Det er imidlertid fare for økt problemvekst lokalt, særlig rett nedstrøms doserere, og spesielt det allerede sterkt tilgrodde området rett nedstrøms Brokke. En liten forekomst av vasspest ved Evje bør fjernes, pga. mulig fare for spredning etter kalking. Vegetasjonsutviklingen etter kalking bør overvåkes.

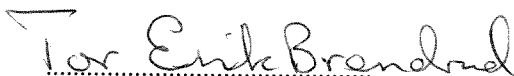
4 emneord, norske

1. Otra
2. kalkingeffekter
3. problemvekst
4. krypsiv

4 emneord, engelske

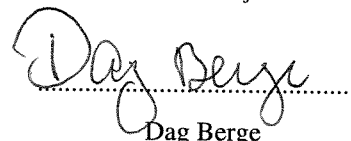
1. Otra
2. liming effects
3. nuisance growth
4. Juncus bulbosus

Prosjektleder



Tor Erik Brandrud

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN 82-577-2783-0

Norsk institutt for vannforskning

**Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i
Otravassdraget.**

En konsekvensutredning.

Kjelsås

9. juni 1995

Saksbehandler:

Tor Erik Brandrud

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
1. Innledning.....	5
2. Generelt om tilgroing og vegetasjonsendringer i forbindelse med kalking	6
2.1. Innsjøer	6
2.1.1. Tilgroing med krypsiv	7
2.1.2. Rennende vann.....	8
3. Status for krypsiv og tilgroing i Otra før kalking	10
3.1. Andre vannplanter i Otra	12
4. Potensielle tilgroingsområder i Otra etter kalking	13
4.1. Kalking av selve Otra	13
4.2. Innsjøkalking	14
4.2.1. Byglandsfjorden.....	15
5. Behov for overvåking av vegetasjonsutviklingen	16
5.1. Prioriterte områder for overvåking	16
6. Referanser.....	17

Forord

Den foreliggende utredningen er utarbeidet på oppdrag fra Styringsgruppa for kalking av Otravassdraget v/Evje & Hornnes kommune. Utredningen er finansiert av Fylkesmannen i Aust-Agder, Fylkesmannen i Vest-Agder, samt berørte kommuner og regulanter. Sekretær for styringsgruppen, Hildur Håkås, Evje & Hornnes kommune, har vært kontaktperson.

Sammendrag

- Otra har på enkelte strekninger en *meget høy grad av vegetasjonsdekning*, særlig av den grasaktige vannplanten krypsiv som danner problemvekst bl.a. i Valle og Vennesla. Hovedårsaken til denne tilgroingen ser ut til å være stabilisert vannføring og vannstand i f.m. kraftutbygging.
- Krypsivet kan under visse omstendigheter forårsake en massiv tilgroing etter innsjøkalking. Otra ligger i "grensesonen" mellom vassdrag i vest som har fått økning av krypsiv etter kalking, og vassdrag i øst der det har skjedd små vegetasjonsendringer etter kalking.
- Kalkingeffekter m.h.p. tilgroing i rennende vann er lite kjent, spesielt i vassdrag med mye krypsiv, og er dermed også vanskelig å kunne vurdere.
- Det antas at Otravassdraget som helhet vil få *relativt små vegetasjonsendringer* som følge av kalkingen, dels fordi (i) det primært blir brukt kalkdoserere som gir mindre negative effekter enn innsjøkalking, og dels fordi (ii) vassdraget i utgangspunktet ikke er ekstremt surt, slik at de kjemiske endringene ikke blir så store. På lang sikt kan en gjennomkalking, med stabil pH over 6.0, også føre til *redusert vekst*.
- Imidlertid kan det, ihvertfall på kort sikt, være fare for *økt problemvekst lokalt*, særlig i det allerede sterkt tilgrodde området nedstrøms Brokke. Dette området blir dessuten mer eller mindre påvirket av Hekni-utbyggingen, og risikerer økt tilgroing også pga. dette. Fortsatt vegetasjonsbekjempning i området bør vurderes.
- Den (begrensede) *innsjøkalkingen* som er foreslått vil trolig *ikke få negative konsekvenser* m.h.p. tilgroing. Kalkingen av Byglandsfjorden ansees som uproblematisk fordi vegetasjonen holdes i sjakk av reguleringen.
- En liten forekomst av vasspest ved Evje bør fjernes, for å unngå mulig spredning til hovedvassdraget etter kalking.
- Pga. den kritisk høye graden av plantevekst i flere deler av Otra, bør vegetasjonsutviklingen etter kalking overvåkes.

1. Innledning

Kalking av vassdrag har hatt et raskt økende omfang de seinere årene, og er idag et bredt akseptert tiltak for å motvirke forsuring. Både ut i fra målsettingene om å ta vare på/reetablere truede eller utgåtte fiskebestander, samt generell bevaring av biologisk mangfold, synes kalkingen i grove trekk å være en vellykket strategi.

Imidlertid er kalkingen en kraftig manipulering med de i utgangspunktet nærings- og elektrolyttfattige vassdragene vi har f.eks. på Sørlandet, og en kan ikke forvente å få tilbake nøyaktig det samme økosystemet en hadde i disse vassdragene *før* forsuring (Henrikson & Brodin 1995). Det er her viktig å skille mellom kort- og langtidsrespons av kalking. Kalkingen har en straks-effekt på vannkvalitet og delvis også på planktoniske organismesamfunn, mens f.eks. mange bunnlevende organismer vil trenge lang tid for å kunne re-etablere seg i vassdraget etter kalking (Walseng m. fl. 1995). Kalkingen vil også kunne påvirke næringsomsetningen i vassdragene, men så langt har dette ikke ført til påvisbare endringer.

Kalking har i enkelte tilfeller ført til mer eller mindre uventede og uønskede bi-effekter, avhengig av kalkingsstrategi. Disse kan sammenfattes i to hovedtyper; (i) fiskeskader/fiskedød i blandsoner (dette skjer også naturlig; der surt og mindre surt vann møtes), (ii) tilgroing av vannplanten krypsiv (*Juncus bulbosus* = *J. supinus*), i enkelte tilfeller også andre vannplanter. Tilgroing av problematisk omfang etter kalking er bare registrert i et forholdsvis begrenset, geografisk område, fra (Lyngdal-)Flekkefjord i øst til Egersund i vest, og det er knyttet overveiende til innsjølokaliteter (Brandrud 1994, 1995). Det er imidlertid registrert moderat, økende krypsivvekst etter kalking i en rekke vassdrag utenfor dette kjerneområdet, og en har foreløpig ikke erfaring med kalking i vassdrag som allerede *før* kalking har tilgroingsproblemer med denne planten. Dette gjelder særlig Otra- og Mandalsvassdraget.

Krypsivet er en flerårig, opp til 3 meter lang, grasaktig vannplante. Ved siden av vasspest (*Elodea canadensis*), må arten betraktes som den viktigste problemløst i norske vassdrag. I motsetning til vasspest er imidlertid krypsivet en nøysom, lite næringskrevende surtvannsart som i utgangspunktet har en meget vid utbredelse i Norge, særlig i næringsfattige kyststrøk. Planten har en bemerkelsesverdig evne til å slå seg opp i vassdrag som er påvirket av menneskelig aktivitet, enten denne kommer i form av reguleringsinngrep, forsuring eller kalking. Det er dokumentert betydelig og sjenerende tilgroing av krypsiv på regulerte, stilleflytende elvestrekninger, særlig på Sørlandet (Rørslett m. fl. 1990, Brandrud m. fl. 1992), og det er også enkelte steder observert økt vekst i forsurete vassdrag (Brandrud & Mjelde 1993).

De første indikasjoner på en krypsivtilgroing etter kalking kom fra Dalane-området i Rogaland og fra Flekkefjord-området i Vest Agder omkring 1990. En spørreundersøkelse utført i 1992 av Fylkesmannen i Rogaland (Persson 1992) konkluderte med økt observert tilgroing i de fleste innsjøer som var kalket mer enn i 3 år. På bakgrunn av dette ble det i 1992 igangsatt en regional undersøkelse av vegetasjonsendringer etter kalking. Undersøkelsen, som utføres av NIVA i samarbeid med nederlandske forskere har vist en entydig sammenheng mellom kalking og framvekst av krypsiv både i Rogalaand og Vest-Agder (Roelofs m. fl. 1994, Brandrud 1994, 1995).

2. Generelt om tilgroing og vegetasjonsendringer i forbindelse med kalking

2.1. Innsjøer

Flere typer vegetasjonsendringer er registrert etter kalking:

1. Økt tilgroing med *krypsiv* (og i noen tilfeller undersjøiske torvmosematter).
2. Økt forekomst av grå, skorpeaktige *algefiltmatter* på bunnen.
3. Redusert forekomst/bortfall av *trådformete grønnalger* (påvekstalger) som danner "grønne skyer" (sly) på vegetasjon, tauverk o.l. etter forsuring.
4. En viss økning i *biologisk mangfold* ved re-etablering av forsuringfølsomme arter (vanlig tusenblad, tjønnaks-arter).

Algefiltmatter: Dette er gråaktigete til grågrønne-gråbrune, gelatinøse, løse matter som dekker bunnen som en mer eller mindre sammenhengende skorpe. Disse mattene synes primært å være en blanding av dødt, organisk materiale (detritus) og blågrønnalger (jfr. Lindstrøm 1992), og kan være vanskelig å skille fra døde rester av ordinær algebegroing som synker ned på bunnen. Når algemattene er kraftig utviklet dekker de rosetter av kortskuddsvegetasjon, steiner eller andre ujevnheter på bunnen, og er da lette å påvise. Algefiltmattene er observert i de samme (kalkede) innsjøene som har betydelig tilgroing med *krypsiv*, og årsakene til dette fenomenet synes derfor å være de samme som for framveksten av *krypsiv* (se dette). Betydningen av algefiltmattene er lite kjent, men de kan antageligvis, på samme måten som *krypsivtilgroingen*, hemme veksten av den opprinnelige kortskuddsvegetasjonen i innsjøene.

Påvekstalger: Kraftig begroing i form av løse skyer av sterkt fargete grønnalger fra slektene *Mougeotia*, *Microspora* og *Zygonium* er et typisk fenomen i (sterkt) sure innsjøer, delvis også i sure elver og bekker (Lindstrøm 1992). Dette elementet synes å forsvinne raskt og nokså fullstendig med en gang man kalker. Kalking/algebegroing har imidlertid hittil ikke vært undersøkt nærmere, og man er foreløpig meget usikker på hvilke faktorer som styrer denne utviklingen. Uansett må bortfall av kraftig algebegroing sees på som en udelt fordel ved kalking. Denne typen begroing er ikke naturlig, og ansees også å ha uheldige brukermessige konsekvenser (sly på garn og annen fiskeredskap, osv.). Begroingen virker også hemmende på annen vegetasjon.

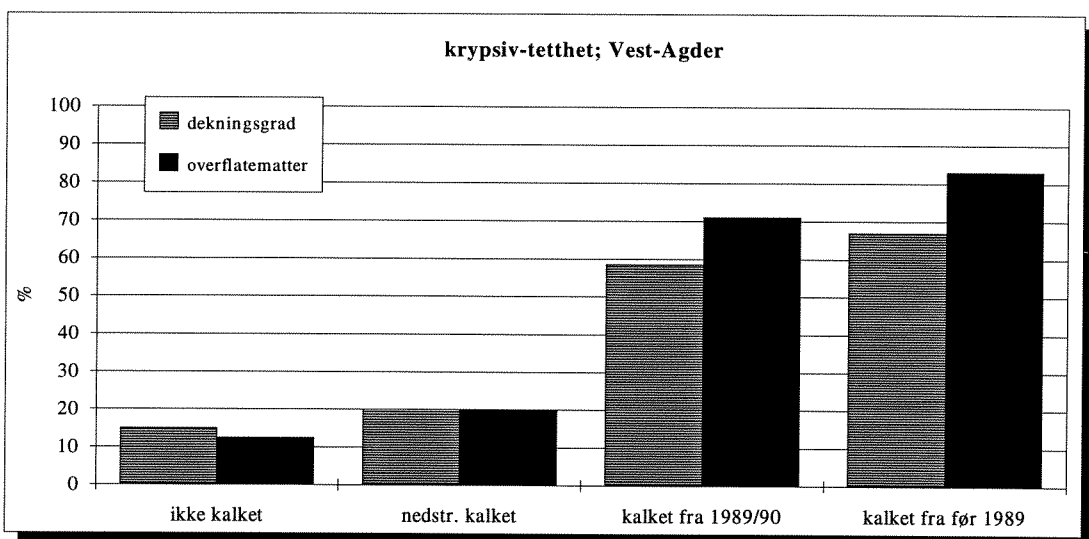
Biologisk mangfold: Det er påvist en økning i artsantallet i makrovegetasjonen etter kalking i endel vassdrag (Brandrud 1995). I andre vassdrag synes denne økningen foreløpig å ha uteblitt, trolig pga. at de forsuringfølsomme artene står meget svakt med få intakte spredningssentra i disse vassdragene. Derimot kan en på lengre sikt frykte en nedgang i biologisk variasjon og mangfold i innsjøer med betydelige tilgroingsproblemer med *krypsiv* (*Juncus bulbosus* = *J. supinus*). Utviklingen av mangfoldet i begroingsalger er foreløpig ikke undersøkt, men en må ut i fra generell, økologisk kunnskap forvente en forholdsvis rask økning, selvom produksjonen av enkelte dominerende (problem-)arter går ned.

2.1.1. Tilgroing med krypsiv

Krypsiv (*Juncus bulbosus* = *J. supinus*) har en meget vid økologi, og opptrer både på land (i strandsonen) og ned til ca 4 meters dyp, og trives både i sakteflytende elver/bekker og i innsjøer. Planten danner trådtynne, men rikt forgreinet undervannsskudd som kan gi opphavet til tett sammenfiltrede bestander. Under spesielle omstendigheter kan "aggressive" vekstformer utvikles, med hurtigvoksende skuddkjeder som i løpet av få år kan fylle hele vannvolumet og utvikle tette, sammenfiltrede overflatematter i gruntområder med dybde (0.5-)1-2.5(-3) m. I slike bestander blir sedimentet gradvis bløtere, mer organisk og dy-aktig, med oksygenmangel. Så langt ser det ut til at denne tilgroingen representerer et mer eller mindre langvarig stadium, og det er uklart om det er mulig å reversere denne utviklingen.

Ifølge de siste års regionale undersøkelser viser det seg at krypsivet øker sin forekomst i de fleste innsjøer etter kalking (Særlig Rogaland og Vest-Agder, fig 1, jfr også Brandrud 1994, 1995). Denne utviklingen behøver imidlertid i seg selv ikke være spesielt negativ. Krypsiv finnes naturlig i 80-90% av alle lavlandsinnsjøer på Sør- og Sørvestlandet (Brandrud & Mjelde 1993), og opptrer normalt med kortvokste, uanselige skudd (ca. 20-40 cm lange) i dybdesonen 1-1.5 m (mellom botnegras- og brasmegrasbeltene) eller i beskyttede bukter og inn- og utløpsområder. En viss økning av slike småvokste vekstformer har små økologiske eller brukermessige konsekvenser.

De forsurete vassdragene vest for Lyngdal, og spesielt vassdragene i Flekkefjord-Dalane har imidlertid opplevd en mer omfattende og stedvis problematisk tilgroing etter kalking (Roelofs m. fl. 1994, Brandrud 1994). Problemområdene er små til middelstore innsjøer som er direkte kalket (fig. 1), gjerne med en kalk-akkumulasjon i sedimentet i gruntområdene. Krypsivet danner i disse innsjøene unormalt kraftige, flerårige skudd som utvikler søyleformete, opp til 3 m høye såter. Disse når gjerne overflaten etter 2-4 år, og kan danne kompakte overflatematter, som stort sett har overlevd de siste 4-5 vintrene med varierende islegging. Overflatematter er ikke registrert i ikke-kalkede innsjøer (fig. 1). Etterhvert fortettes bestandene, slik at det blir mer eller mindre kompakte krypsivbevoksninger fra land og ut til 3-4 meters dyp. I grunne innsjøer kan disse bestandene dekke store arealer, og fenomenet ligner i omfang og utseende på vasspest-invasjonen de seinere årtier i visse Østlandsinnsjøer.



Figur 1. Tetthet av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i ulike kategorier kalkede og ikke-kalkede innsjøer i Lyngdal-Flekkefjordsområdet, Vest-Agder. dekningsgrad = % av (koloniserbar) littoralzone med tett krypsivvegetasjon (gjennomsnittsverdier). overflatematter = % av lokalitetene i hver kategori med overflatematter av krypsiv.

Tilgroingen med krypsiv skaper problemer for bading, båttrafikk og utøvelse av fisket. Det ser foreløpig ikke ut til å være påvist negative effekter på fiskebestanden, i hvert fall ikke når det gjelder gyting. En kan imidlertid tenke seg at gyteområdene gradvis vil gro til med krypsiv og derved også nedslammes.

Reint økologisk er tilgroingen med krypsiv meget betenkelig. Bunnforholdene blir sterkt endret (økt produksjon, mer organisk materiale, reduserende forhold) og mer ensartede. De opprinnelige, og internasjonalt sett sårbare biosamfunnene forsvinner, og det er fare for en utarming av flora og fauna. Forsøk indikerer at det kan være vanskelig å restaurere innsjøen, dvs. re-etablere de opprinnelige bunnforholdene etter at krypsivet har tatt fullstendig over (jfr. Roelofs m. fl. 1994).

Kraftig vekstøkning av krypsiv ser primært ut til å skyldes en økning/overmetning av karbondioksid som vanligvis er begrensende vekstfaktor for denne planten (Roelofs m. fl. 1994, Brandrud 1994). Kalkingen representerer en betydelig tilførsel av inorganisk karbon (karbonat) som i et surt miljø opptrer som kullsyre som avgir karbondioksid. I tillegg synes kraftig, aggressiv vekst å være betinget av høye konsentrasjoner av redusert nitrogen som frigis fra sedimentet etter kalking (Roelofs m. fl. 1994). Problemene ser ut til å være små/ubetydelige ved indirekte kalking der en unngår en kalk-anrikning i sedimentet i gruntområdene. Det ser videre ut til å være betydelig år-til-år variasjon i vekstforholdene for krypsiv. Kraftigst vekst er registrert i regnfulle sommerhalvår, hvor mye tilsig av surt vann fører til økt produksjon av karbondioksid. Når først planten har dannet overflatematter er den mer uavhengig av klimatiske år-til-år variasjoner. Selvom overflatemattene tåler en viss islegging og innfrysning, så begunstiges bestandene av milde vintre, og det milde, fuktige (vinter)klimaet vi har hatt de seinere årene kan ha vært en viktig tilleggsfaktor for den eksplosjonsartede veksten.

Krypsivekspansjonen i kalkede innsjøer er et slags paradoks, siden krypsiv normalt ikke trives i naturlige, kalkrike innsjøer med $\text{pH} > 6.5$ (-7.0) pga. begrenset tilgang på karbondioksid. I kalkede innsjøer er plantene avhengig av en høy karbondioksid produksjon i sedimentet, og dessuten tilførsel av syre til vannfasen for å holde pH nede og karbondioksidnivåene oppe. Observasjoner fra områder med aggressiv vekst indikerer at plantene likevel kan vokse godt selv i lange perioder med pH omkring 6.0.

2.1.2. Rennende vann

Det har ikke vært foretatt undersøkelser av kalkingsrelaterte vegetasjonsendringer i elver og bekker. Vurderinger av kalkingeffekter i rennende vann må derfor primært basere seg på teoretiske betraktninger. Spredte observasjoner fra kalkede elver antyder imidlertid at (korttids)endringene overveiende er små. Felles for innsjøer og elver/bekker gjelder at visse typer algebegroing ser ut til å gå tilbake etter kalking.

Det bør understrekes at det på Sør- og Sørvestlandet er registrert kraftig framvekst av krypsiv også i endel *stilleflytende vannforekomster*, særlig i innløps/utløpsområder og gjennomstrømnings-innsjøer. Men dette er områder som i utgangspunktet har en forholdsvis gunstig karbondioksid husholdning pga. bevegelse i vannet, og denne typen framvekst ser ut til primært å være relatert til andre forhold enn kalking. Trolig kan spesielle klima-forhold være endel av forklaringen på denne framveksten. I mange tilfeller er forøvrig utjevnet vannstand pga. regulering hovedforklaringen på krypsivframvekst i rennende vann (jfr. Rørslett m. fl. 1990)..

En kan imidlertid tenke seg at kalking, *sammen med* gunstig klima og hydrologi, kan *bidra* til en krypsivekspansjon. Dette kan skje dels ved endringer i sedimentet (det er påvist endel

akkumulering av kalk nedstrøms doserere, etc.), og dels ved endringer i vannfasen. Det kan videre oppstå forhøyete karbondioksid konsentrasjoner der surt vann møter kalket vann, og hvis det er slik at krypsiv også i stilleflytende vann kan være karbonbegrenset, kan man tenke seg en form for blandsoneseffekt med forøket krypsivvekst.

Ved gjennomkalking av et vassdrag, og stabil vannkvalitet med pH omkring 6(-6.5), vil (langtids)effekten snarere kunne bli den motsatte; nedsatt karbondioksid og dårligere krypsivvekst, iallefall over deler av vassdraget uten sure tilsig. Krypsiv trives normalt ikke i vannforekomster med $\text{pH} > 6.5$ (-7.0).

Sammenfatningsvis kan en anta at kalking av elvestrekninger *ikke vil føre til betydelige vegetasjonsendringer*, men at en kalking *kan* komme til å forsterke allerede pågående tilgroingstendenser. Vassdragsavsnitt med krypsivproblemer bør derfor vurderes med dette for øyet. På lengre sikt kan en stabil $\text{pH} > 6.0$ føre til *redusert* krypsivvekst.

3. Status for krypsiv og tilgroing i Otra før kalking

Otra har hatt omfattende tilgroingsproblemer med krypsiv de siste 15-20 årene. Vegetasjonsundersøkelser har vært foretatt av NIVA langs store deler av Setesdalen med vekt på elvestrekninger i Valle kommune. Konklusjonene på disse undersøkelsene peker i samme retning, hovedårsaken til problemveksten har vært vassdragsreguleringene i Otra, og spesielt reguleringsinngrep som har ført til utjevnet vannføring og vannstand, herunder forhøyet vintervannføring (Rørslett 1987, 1994, Rørslett m. fl. 1990, Brandrud m. fl. 1992). I rennende vann reguleres krypsivbestandene i stor grad av mekanisk slitasje; plantene har i prinsippet uendelig lengdevekst (3 m lange skuddkjeder er observert), men slites av etterhvert ved flom eller ved innfrysning og isgang. Ved utjevnet vannføring blir plantene mindre utsatt for slik stress, og bestandene øker.

Det er særlig i de følgende tre typer situasjoner det er registrert problemvekst i Otra:

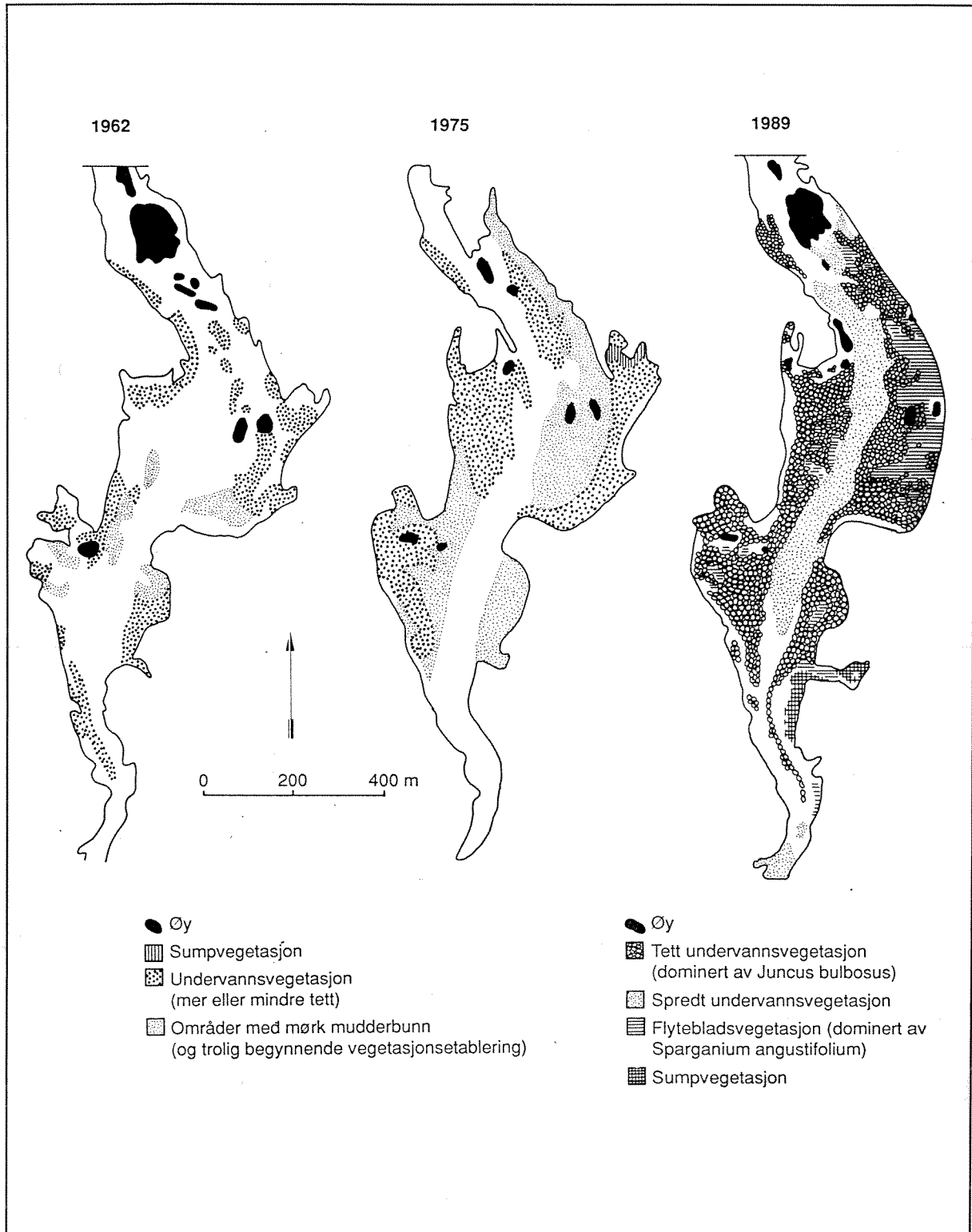
1. **Nedstrøms utløp av kraftverk (gjelder spesielt nedstrøms Brokke)**
2. **Vide, store (innsjøpregete) terskelbasseng (gjelder Valle)**
3. **Mer eller mindre grunne gjennomstrømmingssjøer (gjelder særlig Kilefjorden og Venneslafjorden)**

Nedstrøms kraftverk: Nedstrøms utløpet av Brokke kraftstasjon er det dokumentert kraftig og omfattende tilgroing med krypsiv på den vide og stilleflytende elvestrekningen ned til Straume bro (Rørslett 1987). Den kraftige veksten settes i sammenheng med en betydelig økning i vintervannføring. Undervannsbestandene av krypsiv er frostømfindtlige, og ved å redusere vannføring/vannstand kraftig en kort, kald vinterperiode, har det lyktes å fjerne endel av krypsivbestandene ved innfrysning og påfølgende utspyling (Rørslett 1991).

Strekning med terskelbasseng: Det har skjedd en utstrakt etablering av krypsiv på strekningen med terskelbasseng i Valle, og i noen av de større, mer innsjøpregete bassengene er tilgroingen problematisk (Rørslett m. fl. 1990, Brandrud m. fl. 1994). Dette gjelder særlig bassenget ved Valle sentrum (Harstad) samt Flåren. Førstnevnte har nå over 70% vegetasjonsdekning (fig. 2). Typisk for disse bassengene er at de har vide sand/grus-banker i dybdesonen 1-2 m som er optimale for krypsivetablering. Tidligere ble disse bankene mer eller mindre tørrlagt om vinteren, og plantene ble holdt i sjakk pga. denne eksponeringen, kombinert med større flomaktivitet. Vegetasjonsforholdene synes nå å ha stabilisert seg (pers. obs.).

Gjennomstrømmingssjøer: Otra renner gjennom flere smale innsjøer, som iallefall delvis er grunne og dermed får et sterkt preg av "elvesjøer" (utvidelser av elva) med betydelig gjennomstrømning. Med stabilisert vannføring danner de grunne delene av slike innsjøer optimale områder for krypsivvekst. En særlig høy grad av krypsivvekst er dokumentert i Venneslafjorden. Årsaken antas primært å være regulering (økt vintervannføring, redusert sommervannføring), men forsuring har også vært antydning som medvirkende årsak (Rørslett 1986, Rørslett 1994). Vegetasjonsforholdene synes nå å ha stabilisert seg. Kilefjorden har også områder med betydelig krypsivvekst, og i denne innsjøen er det også stedvis dokumentert en betydelig tilgroing av undersjøisk torvmose (*Sphagnum auriculatum*). Årsaken til denne tilgroingen er uklar, spesielt siden arten har gått tilbake andre steder i innsjøen (Rørslett 1994).

I tillegg til gjennomstrømmingssjøene er det også registrert omfattende plantevekst på stilleflytende elvestrekninger, særlig der elva renner over homogene sand/grusmorener.



Figur 2. Eksempel på krypsiv-dominert tilgroing i Oтра. Vegetasjonsutvikling i Harstad terskelbasseng ved Valle sentrum for perioden 1962-1989. (Etter Rørslett m. fl. 1990).

3.1. Andre vannplanter i Otra

Det er flere vannplanter i tillegg til krypsiv som har hatt en økning i Otra de siste 15-20 årene. Flótgras (*Sparganium angustifolium*) kan lokalt spille en viktig rolle, men arten, som visner ned om vinteren, skaper mindre problemer enn krypsivet (Brandrud & Johansen 1992). Undersjøisk torvmose (*Sphagnum auriculatum*) har betydelig utbredelse i flere av gjennomstrømnings-innsjøene, men overveiende dypere enn 2 m, og planten danner ikke problemvekst (Rørslett 1994).

Vasspest (*Elodea canadensis*) har lenge hatt en liten forekomst ved Evje, i utløpet av en bekk (Blomdal & Egerhei 1983). Arten har overlevd i over 10 år på lokaliteten trolig pga. gjødselsig, men har ikke spredd seg utover og nedover i Otra fra dette punktet. Årsaken til dette er trolig først og fremst en uegnet vannkvalitet for arten i Otra. Vasspest er avhengig av mer eller mindre elektrolyttrike, lite sure vannmasser (pH < 6.0) og en viss næringstilførsel (Berge m. fl. 1989), og er ikke "liv laga" med nåværende vannkvalitet i Otra. Imidlertid kan kalking på sikt føre til bedre muligheter for spredning ut i hovedvassdraget, og populasjonen representerer under enhver omstendighet en unødvendig spredningsrisiko. Den meget begrensede forekomsten ved Evje bør derfor fjernes, helst før kalkingen igangsettes (jfr. Kaste & Hindar 1994). Dette kan skje enten ved mekanisk fjerning eller kjemisk bekjempning, eller en kombinasjon av disse.

Algebegroingen i Otra er gjennomgående moderat, med noe varierende, men relativt artsfattige samfunn (Rørslett m. fl. 1981). I den nedre delen er det registrert en viss andel av forsuringstolerante/forsuringsbegunstigete arter (Hindar m. fl. 1993).

4. Potensielle tilgroingsområder i Otra etter kalking

Otra ligger i "grensesonen" mellom vassdrag i Aust-Agder som har hatt liten eller ingen tilgroingseffekt av kalking, og vassdrag i Vest-Agder og Rogaland som har hatt større endringer. Otra ligger imidlertid godt øst for det kjerneområdet der det er påvist problemvekst etter kalking (Brandrud 1995). En kan derfor i utgangspunktet forvente mindre vegetasjonsendringer. På den annen side har mange områder av Otra en meget kraftig vekst av krypsiv *uten* kalking, og selvom kalkingen bare gir et lite bidrag til å øke denne, kan det få uheldige konsekvenser. Otra skiller seg forøvrig ut fra de fleste tidligere vegetasjonsundersøkte vassdragene ved at vannkvaliteten før kalking er bedre enn normalt ($\text{pH} > 5.2$). Dette påvirker kalkdosene, og fører til mindre grad av et kjemisk "forandringsjokk" ved kalking, og det er bl.a. mindre fare for reforsuring og blandsoner som kan representere viktige karbondioksid kilder for plantene. Det antas at kalkingen av et slikt moderat forsuret vassdrag vil ha mindre effekter m.h.p. tilgroing og vegetasjonsendringer enn kalking av et sterkt forsuret vassdrag.

4.1. Kalking av selve Otra

Kalkingen av Otra vil foregå overveiende ved hjelp av kalkdoserere. Det er foreslått 6 doserere, delvis i tilknytning til selve hovedløpet, eller nederst i viktige sidevassdrag (Kaste & Hindar 1994). Ut i fra erfaringer med krypsivvekst, kalkingsdoser, og avtagende effekter nedstrøms kalkede lokaliteter, må en regne med at faren for tilgroing vil være størst på strekningene *rett nedstrøms kalkddosererene*, hvor mulighetene for økt karbondioksid produksjon (i møtet mellom surt vann og kalk) samt sedimentering av kalk på bunnen er tilstede.

Etter en 15-20 års periode med betydelig tilgroing ser det nå ut til at bestandene av krypsiv og andre planter i Otra er stabilisert, og det er ikke registrert nevneverdig vegetasjonsøkning i noen del av elva de seineste årene (Rørslett 1994, pers. obs.). Dette kan tolkes dithen at vannvegetasjonen har kolonisert de områdene som er egnet for plantevekst i Otra, og at de områdene som idag har lite eller ingen vegetasjon enten har for sterk strøm, for stor dybde eller et uegnet substrat. Det er derfor sannsynlig at eventuell tilgroing med krypsiv (eller andre vannplanter) etter kalking vil skje i *områder som allerede har en betydelig vegetasjonsdekning*. Problemstillingen er derfor snarere om kalkingen vil forsterke de eksisterende tilgroingsproblemene, enn om den vil skape nye. Unntaket fra denne problemstillingen kan være etableringen av Hekni kraftverk med et elvemagasin som vil kunne skape nye vekstområder for krypsiv. Erfaringene med tilgroingsproblemer etter kalking er hittil hentet nesten bare fra områder som hadde lite krypsiv før kalking. Vi har derfor meget liten erfaring med effekter av kalking i områder med betydelig og frodig krypsivdekning.

Ut i fra overstående problemstilling kan det være naturlig primært å vurdere de eksisterende problemområdene i Otra (samt området som berøres av Hekni-utbyggingen):

Strekningen med terskelbasseng i Valle: Kalkdoserer er foreslått plassert rett etter samløp med Bjørnaråi. Den nærmeste strekningen nedenfor har en rekke terskelbasseng, men svært få av dem har mye krypsiv (Rørslett m. fl. 1990). Dette har i stor grad med uegnete dybde- og substratforhold å gjøre. "Aggressiv" krypsivvekst vil bare kunne skje på små arealer. Det antas derfor at kalkingen vil få *liten effekt på vegetasjonsforholdene*.

De mest tilgrodde bassengene ved Valle sentrum og Flåren ligger såvidt langt nedstrøms dosereren

at påvirkningen av kalkingen antageligvis blir liten. Samtidig kan blandingen av kalket og surt vann bli omfattende i nedbørrike perioder, noe som kan ha en gunstig effekt på krypsivvekst. Siden man har liten erfaring med denne type situasjon, bør likevel vegetasjonsutviklingen overvåkes (det finnes omfattende, etterprøvbare data fra før kalking). Det er i disse bassengene bl.a. store områder med betydelig organisk sedimentasjon i bukter og motstrømsområder, og det er viktig at det ikke sedimenteres kalk i disse, noe som vil kunne ha en eutrofieringseffekt med økt krypsivvekst.

Strekningen nedstrøms Brokke: Området Rysstad-Straume bru har meget store krypsivbevoksninger, og det er nedlagt store ressurser i å bekjempe disse (jfr. Rørslett 1991). Strekningen peker seg ut som et *mulig problemområde m.h.p. økt vekst etter kalking*. Dette kan begrunnes med følgende: a) Området blir liggende rett nedstrøms en foreslått kalkdoserer, og derved med et stort potensiale for effekter. b) Området blir sannsynligvis influert av elvemagasinet i Hekni-utbyggingen, og det er fare for økt tilgroing ved kombinasjonen kalking/utjevnet vannstand. Det er ikke foretatt konsekvensutredning av mulige effekter av Hekni-utbyggingen m.h.p. (krypsiv)tilgroing.

Minstevannføringsstrekningen Straume/Bergheim-Langeid (Hekni-utbyggingen): Hvis det blir etablert terskler på strekningen vil disse bli utsatt for tilgroing dels pga. stabilisert vannstand og dels pga. kalking. Strekningen ligger imidlertid et stykke nedstrøms den foreslåtte dosereren på Brokke, og det antas at hydrologiske forhold her vil utgjøre en større trussel for tilgroing enn de kjemiske. Erfaringene fra Valle tilsier at minstevannføringsstrekningene mellom terskelbassengene gir lite muligheter for vannvegetasjon. Terskelbasseng med større, grunne bukter eller banker bør unngås eller tersklene bør utstyres med luke med mulighet for vegetasjonsbekjempelse ved nedtapping og innfrysing.

Kilefjorden og Venneslafjorden: Dette er gjennomstrømmingssjøer med betydelig krypsivvekst. Ingen av disse innsjøene blir liggende i nærheten av kalkdoserere, og effektene av kalkingen blir antageligvis små. Venneslafjorden har problematisk krypsivvekst både i den nordre og midtre delen (Rørslett 1986). Dette er en av hovedgrunnene til at det i kalkingsplanen for Otra ble frarådet å lokalisere en kalkdoserer rett oppstrøms Venneslafjorden (den er istedet foreslått ved utløpet; Kaste & Hindar 1994). Ved utløpet av Venneslafjorden er det registrert relativt kraftig algebegroing av mer eller mindre forsurningsbegunstigede grønnalger (E.A. Lindstrøm, pers. medd). Dette elementet må forventes å bli redusert eller forsvinne ved kalking.

4.2. Innsjøkalking

I kalkingsplanen for Otra er det bare lagt opp til to innsjøkalkinger (Hovatn og Byglandsfjorden), i tillegg er en tredje vurdert (Dåsvatn), men det forventes at denne hovedplanen vil bli supplert med mer lokalt organisert innsjøkalking i sidevassdrag (Kaste & Hindar 1994). Pr. idag er det - så langt man kjenner til - igang kalking i ialt 8 innsjøer i OTRAS nedbørfelt, de fleste av disse i den nedre delen av vassdraget. Status for vegetasjon og krypsivutvikling i disse innsjøene er ikke kjent.

Hovatn i Bygland er et høyereliggende magasin med reguleringshøyde ca. 17 m. Pga. reguleringshøyden har denne innsjøen sannsynligvis ingen vannvegetasjon, og intet potensiale m.h.p. tilgroing. En eventuell innsjøkalking er således helt uproblematisk, men har på den annen side neppe noen store gevinster m.h.p. fisk eller generell biodiversitet i innsjøen.

Dåsvatn i Evje & Hornnes er vurdert kalket i forbindelse med oppkalkingen av den sure Dåsåni. Dåsvatn har endel bukter og gruntområder og har antageligvis et betydelig potensiale for tilgroing. En eventuell kalking bør derfor overvåkes m.h.p. vegetasjonsutvikling.

4.2.1. Byglandsfjorden

Vegetasjonsbeskrivelse: Byglandsfjorden (herunder inkludert Åraksfjorden) er den største innsjøen i Otras nebføfelt. Den er en typisk fjordsjø med terskler og store dypområder (gj. sn. dyp 58 m). Byglandsfjorden har vært gjenstand for flere vegetasjonsundersøkelser fra NIVAs side (jfr. Rørslett 1994). Innsjøen er regulert (nominell reguleringshøyde 5 m) og strandsonen er gjennomgående erodert og vegetasjonsløs, slik det er typisk for reguleringsmagasin. Vannvegetasjonen er imidlertid intakt i langgrunne områder der ikke bølgeerosjonen får tak og finmaterialet blir liggende. Slike intakte områder omfatter først og fremst Otras delta i nord, samt enkelte områder i øst (sør for Sandnes, jfr. Rørslett 1994). Også i disse områdene er imidlertid gruntvannsvegetasjonen redusert pga. reguleringen, og sammenhengende vegetasjonsdekke finnes kun dypere enn 2 m. Her er krypsiv vanlig i dybdesonen 2-4 m, men den danner ikke langvokste, tette bestander på samme måte som på mange andre strekninger av Otra. Kortsukksvegetasjon av stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*) danner enger ned til 5-6 m. Enkelte steder er det registrert frodige torvmosematter (*Sphagnum auriculatum*) i dybdesonen 2-5 m (Rørslett 1994). Eksemplarer av mose ble registrert ned til 14 meters dyp.

Vegetasjonsendringer 1976-93: Vannvegetasjonen har vist en bemerkelsesverdig stabilitet i dette reguleringsmagasinet de siste 18-20 årene (Rørslett 1994), bare med en svak økning av krypsiv på noe grunnere nivåer. Det har vært hevdet at bekjempningen av de store krypsivbestandene lengre opp i vassdraget (Brokke-Straume), med utspyling, vil kunne føre til økt etablering og vekst i Åraksfjorden/Byglandsfjorden. Det er registrert betydelig drivmateriale av krypsiv i Åraksfjorden etter bekjempningen, men dette har i liten grad ført til økning i den fastsittende bestanden (Rørslett 1991, 1994).

Mulige effekter av kalking: Antageligvis vil effekten av innsjøkalking på vegetasjonen bli liten. Tilgroingspotensialet til krypsiv i Byglandsfjorden må antas å være beskjedent pga. reguleringen. Sannsynligvis kan økt vekst bare forventes der det er plantedekke idag, dvs. på begrensede, langgrunne områder, der finmaterialet er intakt. Det er imidlertid lite sannsynlig med massiv vekst av problemomfang i disse områdene. Det meste av dybdesonen for "aggressiv" krypsivvekst med overflatematter (d=0.5-2.5 m) er kraftig påvirket av reguleringen, slik at massiv plantevekst forhindres. Vannstandsfluktuasjonen vil videre forhindre etableringen av stabile overflatematter.

Konklusjon/tiltak: Innsjøkalking av Byglandsfjorden vil sannsynligvis ikke føre til vegetasjonsendringer av betydning. En bør imidlertid søke å unngå kalking i ikke-eroderte langgrunne strandområder/gruntområder (dyp 0-4 m), og spesielt bør man unngå kalking av deltaområdet i nord, samt de grunne bankene sør for Sandnes. For å få et inntrykk av vekstpotensialet, kan det være av forskningsmessig interesse å kalke opp et mindre felt f.eks. i deltaområdet der en har kvantitative vegetasjonsdata fra tidligere.

5. Behov for overvåking av vegetasjonsutviklingen

Vegetasjonsutviklingen etter kalking bør overvåkes av følgende grunner:

1. Otra har allerede store områder med problemvekst av krypsiv, og kalking kan ha en kraftig vekststimulerende effekt på denne planten.
2. Vi har svært liten kunnskap om effekter kalking/tilgroing i rennende vann, og spesielt i områder med mye krypsiv.
3. I flere av problemområdene er det muligheter for avbøtende tiltak (episoder med vinternedtapping). Disse bør settes inn før eventuelt plantedekket blir for kraftig, bl.a. for å unngå problemer med drivmateriale nedstrøms.
4. Det foreligger allerede omfattende, kvantitative, etterprøvbare vegetasjonsdata fra før kalking, data som gir unike muligheter til å følge kalkingseffektene i detalj. En re-undersøkelse etter kalking vil kunne ha stor overføringsverdi til liknende vassdrag (f.eks. Tovdalsvassdraget og Mandalsvassdraget).

5.1. Prioriterte områder for overvåking

1. *Nedstrøms Brokke (Rysstad-Straume)*. Området bør gis førsteprioritet i overvåkingen, fordi krypsivproblemene allerede er omfattende her, og fordi usikkerheten m.h.p. vegetasjonsutviklingen er stor (kalkdoserer ved Brokke, elvemagasin ved Straume). Det er videre her foretatt vegetasjonsbekjempning (nedtapping/innfrysing) med rimelig vellykket resultat, og slike tiltak bør løpende vurderes i framtiden.
2. *Terskelbasseng Valle-Flårenden*. Her er sannsynligheten for tilgroing mindre enn ved Brokke, men området har mye krypsiv og høy brukerverdi, og bør ihvertfall overvåkes i en fase til man vet mer om vegetasjonsutviklingen etter kalking. Her finnes betydelige data om vegetasjonsutviklingen fram til idag.
3. *Venneslaffjorden*. Vegetasjonsovervåking bør vurderes inkludert i forbindelse med annen overvåking i området.
4. *Byglandsfjorden*. Det forventes små effekter, men det kan være aktuelt med overvåking av en kontrollert oppkalking av et mindre, grunt areal i deltaområdet, for å få et inntrykk av vekstpotensialet (se ovenfor).

6. Referanser

- Berge, D. (red.) 1989. Vasspest - problem og ressurs. Sammenfattende sluttrapport fra vasspest-prosjektene. NIVA/MD-rapp. O-86238, Oslo.
- Blomdal, E. & Egerhei, T. 1983. Vasspest (*Elodea canadensis*) i Evje & Hornnes kommune, Aust-Agder fylke. Blyttia 41: 58-60.
- Brandrud, T.E. 1994. Effekter av kalking på vannvegetasjon. [i:] Romundstad, A.J. FoU-virksomhet kalking. Årsrapporter 1993. Direktoratet for naturforvaltning notat 1994-14: 185-189. Trondheim.
- Brandrud, T.E. 1995. Effekter av kalking på vannvegetasjon og krypsivvekst. [i:] Romundstad, A.J. FoU-virksomhet kalking. Årsrapporter 1994. Direktoratet for naturforvaltning notat 1995 (under trykking). Trondheim.
- Brandrud, T.E. & Johansen, S.W. 1992. Fløtgras og krypsiv i terskelbasseng i Otra: Pilotforsøk med testing av frosttoleranse. NIVA-rapp. 2773, Oslo.
- Brandrud, T.E., Mjelde, M. & Lindstrøm, E.A. 1992. Tilgroing med vannvegetasjon i terskelbasseng i Eksingedalselva, Hallingdalselva og Skjoma. Omfang, årsaker og tiltak. NIVA-rapp. 2826, Oslo.
- Brandrud, T.E. & Mjelde, M. 1993. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Naturens Tålegrenser rapp. 29/NIVA-rapp. 2936, Oslo.
- Henrikson, L. & Brodin, Y.W. 1995. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis. Springer Verlag.
- Hindar, A., Aanes, K.j., Bækken, T. & Lindstrøm, E.A. 1993. Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 535/93, NIVA-rapp. 2951, Oslo.
- Kaste, Ø. & Hindar, A. 1994. Tiltak mot forsuring av Otra. Kalkingsplan. NIVA-rapp. 3052 (O-93257), Oslo.
- Lindstrøm, E.A. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Fastsittende alger. Naturens Tålegrenser rapp. 27/NIVA-rapp. 2805, Oslo.
- Persson, U. 1992. Ekspansjon av krypsiv (*Juncus bulbosus* L.) i kalkede vann i Rogaland. Fylkesmannen i Rogaland, Miljønotat 2-1992, Stavanger.
- Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E. & Smolders, A.J.P. 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. Aquatic Botany 48: 187-202.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. NIVA-rapp. 1906 (O-86094), Oslo.
- Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapp. O-86130, Oslo.
- Rørslett, B. 1991. Krypsiv i Otra nedstrøms Brokke: Storskala innfrysningforsøk 1991. NIVA-rapp. 2660 (O-88095), Oslo.
- Rørslett, B. 1994. Langtidsendringer i makrovegetasjon i innsjøer i Sør-Norge. Eksempler fra Sørlandet og Maridalsvatn ved Oslo. NIVA-rapp. 3179 (O-87033), Oslo.
- Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J.E., Lydersen, E., Mjelde, M. & Grande, M. Undersøkelse av Øvre Otra. Niva-rapp. 1263 (O-72198), Oslo.
- Rørslett, B., Brandrud, T.E. & Johansen, S.W. 1990. Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapp. 2442 (O-88033), Oslo.
- Walseng, B., Raddum, G.G. & Kroglund, F. 1995. Kalking i Norge. Invertebrater. Utredning for DN (under trykking).



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2783-0