

Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad – oppdatert status 2022



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad – oppdatert status 2022	Løpenummer 7849-2023	Dato 03.04.2023
Forfatter(e) Susanne C. Schneider Eivind Ekholt Andersen Petra Mutinova Kirstine Thiemer	Fagområde Ferskvannsbiologi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Setesdal	Sider 30

Oppdragsgiver(e) Krypsiv på Sørlandet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Anna Despard Asgard
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210174

<p>Sammendrag</p> <p>Otra ved Rysstad har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Mekanisk fjerning av krypsiv i utvalgte områder der plantene er til særlig sjenanse for fiske og bading blir sett på som det mest praktiske tiltaket, men det er ukjent hvor raskt krypsivet kommer tilbake etter tiltak. I tillegg er Otra ved Rysstad blitt kalket siden april 2021, og det er blitt uttrykt bekymring for at kalkingen kan føre til ytterligere vekst av krypsiv. Kartlegging av krypsiv i august 2022, det vil si cirka to år etter at krypsiv ble fjernet i et utvalgt område og ett år og 4 mnd. etter at kalkingen startet, viser at (1) to år etter tiltaket var krypsivbiomassen tilbake på omtrent samme nivå som før; og (2) kalkingen har hittil ikke hatt målbar effekt på dekningsgrad eller plantelengde av krypsiv, men førte til en markant økning i forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i Rysstadbassenget.</p>
--

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> krypsiv tiltak gjenvekst kalking 	<ol style="list-style-type: none"> Juncus bulbosus measures regrowth liming

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Susanne C. Schneider
Prosjektleder/Hovedforfatter

Marit Mjelde
Kvalitetssikrer

Laurence Carvalho
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7585-8
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av
kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad
Oppdatert status 2022**

Forord

Denne rapporten analyserer gjenvekst av krypsiv etter tiltak (klipping og harving) som ble gjennomført i juni 2020 i Otra, i et område ved Rysstad i Setesdal. Dataene som ble samlet inn skal også danne grunnlag for å studere mulige effekter på krypsivbiomasse av en kalkdoserer, som ble satt i drift våren 2021 ved utløpet av Brokke kraftverk.

Oppdragsgiver er Krypsiv på Sørlandet (KPS). Deres representanter i prosjektet har vært Anna Despard Asgard og Lillian Raudsandmoen, som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeid i 2022 er utført av Susanne Schneider, Eivind Ekholt Andersen og Petra Mutinova (NIVA). Vi takker Torstein Try for lån av båt til feltarbeid. Bearbeidelse av data er utført av Susanne Schneider og Kirstine Thiemer. Susanne Schneider har hatt ansvar for rapporten. Kvalitetssikring av rapporten er utført av Marit Mjelde (NIVA).

Oslo, 24. mars 2023

Susanne Schneider

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	9
2	Metode	10
2.1	Registrering av dekningsgrad og lengde av krypsiv	11
2.2	Detaljkartlegging av vekstformer av krypsiv.....	13
3	Resultater.....	15
3.1	Gjenvekst av krypsiv etter tiltak	15
3.2	Effekter av kalking på krypsiv	19
3.2.1	Krypsivbiomasse i Rysstadbassenget	19
3.2.2	Andre vannplanter i Rysstadbassenget	20
3.2.3	Detaljkartlegging av vekstformer av krypsiv og andre vannplanter	23
4	Diskusjon.....	24
4.1	Gjenvekst av krypsiv etter tiltak	24
4.2	Effekter av kalking.....	25
5	Konklusjon	28
6	Referanser.....	29

Sammendrag

Otra har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Et av områdene der det finnes særdeles mye krypsiv er et forholdsvis stilleflytende område mellom Bjørgum og Straume, nedstrøms utløpet av Brokke kraftverk, som omtales som Rysstadbassenget. Årsaken til den massive krypsivveksten i Rysstadbassenget ble allerede på 1980-tallet antatt å henge sammen med reguleringen av elva, spesielt med utbygging av Brokke kraftverk.

Mekanisk fjerning av krypsiv i områder der plantene er til særlig sjenanse (f.eks. for fiske og bading) blir sett på som det mest praktiske tiltaket, både i Otra og andre områder i Norge som opplever store utfordringer med krypsiv. Krypsivet blir som regel først klippet fra en båt, og etterpå blir sedimentet harvet for å fjerne mest mulig av krypsiv-røttene. I Rysstadbassenget ble tiltak (klipping og harving) gjennomført i utvalgte områder i juni 2020. Uten andre tiltak må det imidlertid forventes at krypsivet kommer tilbake. For å kunne planlegge hvor ofte tiltak må gjennomføres, er det derfor viktig å ha informasjon om hvor raskt krypsivet reetableres etter tiltak.

Otra har blitt kalket ved dosererkalking i utløpet av Brokke kraftverk siden april 2021. Kalking av vann og vassdrag har vært et forholdsvis vanlig tiltak mot forsuring i Norge, men har i enkelte tilfeller ført til uønskede bi-effekter, deriblant tilgroing med krypsiv. Det er derfor blitt uttrykt bekymring for at kalkingen kan føre til ytterligere krypsivvekst i Rysstadbassenget.

Vi kartla krypsiv-biomasse og forekomst av andre vannplanter i utvalgte områder i Rysstadbassenget i august 2022 for å (1) kvantifisere gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og (2) skaffe kunnskap om i hvilken grad kalkingen påvirker krypsivvekst og forekomst av andre vannplanter i Rysstadbassenget. Resultatene ble sammenliknet med data som ble samlet inn august 2021, og med data som ble samlet inn like før og etter at mekanisk fjerning av krypsiv ble gjennomført i 2020.

To år etter at krypsiv ble fjernet i et utvalgt område, og ett år og 4 mnd. etter at kalkingen startet, kan vi konkludere med at:

- Klipping og harving førte til en betydelig reduksjon i krypsivbiomasse i 2020, men det er ikke mulig å bli kvitt krypsiv ved klipping og harving. Mens vi observerte lite gjenvekst ett år etter tiltaket, var krypsivbiomassen to år etter tiltaket tilbake på omtrent samme nivå som før. Dette tyder på at tilgroingen foregår sakte i begynnelsen, og raskere etter hvert. Det må forventes at mekanisk fjerning av krypsiv i elver i Norge må gjentas hvert andre til tredje år.
- Kalkingen som startet i april 2021 har hittil ikke hatt målbar effekt på hverken dekningsgrad eller plantelengde hos krypsiv, men vi har observert en økning i forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i Rysstadbassenget. Økningen i forekomsten av andre vannplanter skyldes med overveiende sannsynlighet kalkingen. Forekomst av andre vannplanter i Rysstadbassenget var, på et generelt nivå, fremdeles forholdsvis liten, men om veksten skulle fortsette vil tjønnaks potensielt kunne oppleves som enda mer problematisk for båtkjøring og fiske enn krypsiv. Fortsatt overvåking vil kunne avdekke om andre vannplanter utvikler seg til et problem i Rysstadbassenget.

Summary

Title: Regrowth of the aquatic plant *Juncus bulbosus* after mechanical removal, and effect of river liming on *J. bulbosus* biomass in the Otra river at Rysstad – Updated status 2022

Year: 2023

Author(s): Susanne C. Schneider, Eivind Ekholt Andersen, Petra Mutinova, Kirstine Thiemer

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7585-8

Mass development of bulbous rush (*Juncus bulbosus*) has been reported in the river Otra since the 1970s, after the establishment of the Brokke hydropower plant. One of the areas with highest *J. bulbosus* biomass is the Rysstad basin, a relatively slowly flowing area situated a few kilometres downstream of the Brokke power plant and upstream of Tjurrmo dam, i.e. the inlet to the Hekni power plant.

The water plants have in the last years been regularly removed mechanically from relatively small areas in the Rysstad basin, where they hinder fishing, but it is unknown how fast re-growth of the water plants occurs. Also, liming of the Rysstad basin started in April 2021, and there were concerns that the liming might lead to further *J. bulbosus* growth. We mapped biomass of *J. bulbosus* and presence of other aquatic plants in selected areas in the Rysstad basin in August 2022, to (1) quantify plant re-growth after mechanical removal performed in June 2020, and (2) provide knowledge on how the liming affected *J. bulbosus* biomass and other aquatic plants.

Our results from August 2022, i.e. two years after the removal of *J. bulbosus* from selected areas, and one year and 4 months after the liming commenced, show that

- Mechanical removal significantly reduced *J. bulbosus* biomass. There was limited plant re-growth one year after the removal. Two years after the removal, however, *J. bulbosus* biomass was back at almost the same level as before. This indicates that plant re-growth is initially slow but faster in the second year. Our results indicate that mechanical removal of *J. bulbosus* in rivers in Norway needs to be repeated every second to third year.
- The liming has had no effect yet on *J. bulbosus* cover, nor canopy height; it did, however, lead to an increased occurrence of *Sparganium cf. angustifolium.*, *Potamogeton cf. natans* and *Myriophyllum alterniflorum*; *Potamogeton cf. natans* might potentially be perceived as even more problematic than *J. bulbosus* for boating and fishing.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Otra har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Et av områdene der det finnes særdeles mye krypsiv er et forholdsvis stilleflytende område mellom Bjørgum og Straume, nedstrøms utløpet av Brokke kraftverk, som omtales som Rysstadbassenget. Dette området ble i lang tid brukt av lokalbefolkningen til fiske, båtkjøring og bading, og i dag finnes det i tillegg både campingplass og hotell her. I Rysstadbassenget ble det observert økende tilgroing med krypsiv på 1970-tallet, og på 1980-tallet var mer enn 50 % av bassenget dekket med krypsiv (Rørslett 1987). Det førte til at bruken av området til fiske og båtkjøring ble sterkt redusert. I dag er dekningsgraden av krypsiv enda større, og Rysstadbassenget er et av områdene i Norge med mest utpreget massevekst av krypsiv. Årsaken til den massive krypsivveksten i Rysstadbassenget ble allerede på 1980-tallet antatt å henge sammen med reguleringen, spesielt med utbygning av Brokke kraftverk (Rørslett 1987).

Rysstadbassenget ligger noen få kilometer nedstrøms Brokke som er den største kraftstasjonen i Otra. Brokke kraftverk ble startet i 1964 med 3 aggregater, og er senere utvidet med ytterligere et aggregat i 1976. Kraftverket har en installert effekt på 330 MW og største driftsvannføring er på 136 m³/s. Siden byggingen av Brokke kraftverk har vannføringen i Rysstadbassenget i all hovedsak blitt bestemt av driftsvannføringen på Brokke, samt noe resttilsig. Store flommer eller perioder med særdeles lav vannstand er blitt kraftig redusert. Byggingen av Brokke kraftverk førte i utgangspunktet ikke til en større forandring i den årlige gjennomsnittsvannføringen i Rysstadbassenget (Rørslett 1987). Men siden Brokke kraftverk ble satt i drift har vannføringen i Rysstadbassenget blitt høyere om vinteren, og lavere om sommeren, enn tilfellet før reguleringen. Den høye vintervannføringen har ført til fravær av isdannelse i Rysstadbassenget etter reguleringen.

Nedstrøms Rysstadbassenget ligger Hekni kraftstasjon, et elvekraftverk som kom i drift i 1995. Kraftverket har en installert effekt på 57,2 MW og største driftsvannføring er på 170 m³/s. I forbindelse med Hekni kraftverk ble det bygget en inntaksdam ved Tjurrmo. Dette medførte at medianvannstand ved Rysstad økte med cirka 0,25 m (Rørslett 1987). Reguleringen har dermed ført til at vannstanden i Rysstadbassenget i dag er noe høyere og samtidig mye mindre variabel enn før.

Rysstadbassenget er dermed blitt forandret fra et habitat som før reguleringen var utsatt for jevnlig forstyrrelser (flom, tørke, islegging), til et habitat med forholdsvis stabile forhold året rundt. Dette har ført til at biomassen av vannplanter i Rysstadbassenget, først og fremst krypsiv, ikke lenger blir påvirket av «regelmessige naturlige forstyrrelser». En større del av biomassen overlever derfor over en lengre periode, og fordi krypsiv er en flerårig plante, kan den bare «fortsette å vokse» og bygge opp store biomasser over flere år.

Fordi den «naturlige reduksjonen» av krypsivet ble sterkt begrenset etter reguleringen, har det blitt vurdert ulike typer tiltak for å redusere krypsiv biomassen. Det ble satt i gang undersøkelser på mulige tiltak i området nedstrøms Brokke allerede på 1980-tallet (Rørslett 1987). Flere ulike typer tiltak ble diskutert og til dels testet: mekanisk fjerning, manuell rensning, spyleflommer, og innfrysning ved lav vintervannføring (Rørslett 1991; Johansen 2002). Alle disse tiltakene er kostbare, og har i ulik grad lyktes i å fjerne krypsiv. Felles for dem er at krypsivet kommer relativt raskt tilbake igjen etter fjerning. Johansen (2002) konkluderte derfor med at tiltakene krever jevnlig oppfølging.

Innfrysning av krypsiv er et tiltak som etterlikner den opprinnelige forstyrrelsen før elva ble regulert. Tiltaket ble gjennomført i Rysstadbassenget i 1991 og 2011, og hadde god effekt, særlig i de grunneste partiene (Rørslett 1991; Ousdal og Gadomska 2011; Mjelde m.fl. 2012). Samtidig ble det observert betydelig grad av gjenvækst i de dypere partiene, løsprevet plantemateriale ble fraktet helt ned til Åraksfjorden, og isgangen skadet en kabel som krysser elva. I tillegg medfører innfrysning tap i kraftproduksjon i en periode midt på vinteren der strømprisene gjerne er høye. Innfrysning har derfor ikke blitt gjennomført jevnlig. En økning i vannføring ble vurdert som en mulighet for å hindre tilslamming og fjerne vegetasjon i terskelbassenger, men det ble konkludert med at en økning i vannføring først vil ha virkning ved svært høye vannføringer (Hindar og Grande 1987), og dette var ikke ønskelig av andre årsaker.

Av den grunn blir mekanisk fjerning av krypsiv i områder der plantene er til særlig sjenanse (f.eks. fiske og bading) sett på som det mest praktiske tiltaket, både i Otra og andre områder i Norge som opplever store utfordringer med krypsiv. Krypsivet blir som regel først klippet fra en båt, og etterpå blir sedimentet «harvet» for å fjerne så mange av krypsiv-røttene som mulig. Uten noen form for videre forstyrrelser forventes det imidlertid at krypsivet kommer tilbake. For å kunne planlegge hvor ofte tiltak må gjennomføres, er det derfor viktig å ha informasjon om hvor raskt krypsivet reetableres etter tiltak.

I tillegg til regulering har mange av vassdragene på Sørlandet i flere tiår vært utsatt for forsuring. De øvre delene av Otra har i mindre grad vært utsatt for forsuring enn mange andre vassdrag på Sørlandet, fordi det forekommer en del metamorfe og sedimentære bergarter øst for Valle og nord for Vatnedalen (Hindar og Grande 1987). Disse bergartene er litt mer kalkholdige enn gneis og granitt, og avrenningsvannet er derfor mindre surt enn i øvrige deler av Otra-vassdraget, eller i andre vassdrag på Sørlandet. På 1980-tallet ble det derfor ikke observert alvorlig forsuring i øvre deler av Otra-vassdraget, selv om vassdraget mottok betydelige mengder av sur nedbør (Hindar og Grande 1987). På de strekningene i øvre Otra der hovedvannmassen er lagt i tunnel, domineres imidlertid vannkvaliteten av sidevassdrag. Sidevassdragene er til dels sure, slik at pH i Otra der hovedløpet har redusert vannføring kan bli lavere enn den ville ha vært dersom vannet fra de sure sidevassdragene hadde blitt «fortynnet» av de mindre sure hovedvannmassene. Det ble derfor antatt at forsuringsproblematikken i all hovedsak gjelder strekninger nord for Valle oppstrøms Brokke kraftverk, og sør for Tjurrmo dammen der vannet ledes i tunnel til Hekni kraftverk. Samtidig forekommer det også episoder med forsuring fra utløpet av Brokke kraftstasjon, særlig når vann fra lokale sideelver og bekker (takrennesystemet) utgjør en vesentlig del av vannføringen gjennom Brokke kraftverk (Barlaup m. fl. 2021).

Mens krypsiv er en art som godt tåler forsuring, er forholdene annerledes for en av Norges mest spesielle fiskebestander med høy vernestatus, bleka. Bleka er en relikts laks i Byglandsfjorden som gjennomfører hele livssyklusen i ferskvann, og som tidligere var utbredt fra Byglandsfjorden helt opp til Flåni nedstrøms Hallandsfossen i Valle (Barlaup m. fl. 2021). På slutten av 1960-tallet ble bleka nesten utryddet av de samlede effektene av forsuring og vassdragsreguleringer. Siden den gangen har blekebestanden blitt holdt i live ved utsettinger av yngel eller rogn. For å sikre god vannkvalitet i deler av Otra med forekomst av bleke, ble det derfor utviklet en kalkingsplan (Kaste og Hindar 1994), men kalkingen ble ikke satt i gang i øvre del av Otra. Avtagende forsuring de siste tiårene har gjort at bleka i dag er på vei til å reetableres som en naturlig reproduserende bestand, selv om det fortsatt forekommer episoder med forsuring, blant annet fra utløpet av Brokke kraftstasjon (Barlaup m. fl. 2021). Selv om denne forsuringen er episodisk heller enn kronisk, ble det vurdert at episodene kan hemme reetableringen av bleke på strekningen oppstrøms Byglandsfjorden. Som en konsekvens av dette ble kalking av utløpet fra Brokke kraftverk iverksatt fra våren 2021, som ett av flere tiltak for å sikre en blekebestand som er selvreproduserende i vassdraget, og som på sikt også er høstbar

(Barlaup m. fl. 2021). Dosereren ved utløpet av Brokke kraftverk ble satt i full drift den 20. april 2021, og skal levere pH 6.3 nedstrøms doseringspunktet.

Kalking av vann og vassdrag har vært et forholdsvis vanlig tiltak mot forsurening i Norge. Tiltaket har dog i enkelte tilfeller medført uønskede bi-effekter, deriblant tilgroing av vann med krypsiv (Brandrud 1995). De første indikasjonene på en tilgroing med krypsiv etter kalking kom fra Rogaland og Vest Agder omkring 1990 (Brandrud 1995). Innsjøkalking kan føre til krypsiv massevekst dersom kalken synker ned til sedimentet, fordi gjenforsuring av vannet mobiliserer CO₂ fra kalken, samt at kalken øker nedbrytningen av organisk materiale i sedimentet. Denne prosessen mobiliserer både CO₂, NH₄⁺ og fosfor, som kan tas opp av krypsivet (Brandrud 2002; Roelofs m.fl. 1994). Når «alt» organisk materiale i sedimentet er blitt mineralisert, blir det mindre fluks av CO₂ og næringssalter fra sedimentet, og dette kan føre til en kollaps av krypsivet etter noen år (Lucassen m.fl. 2016).

Liknende kalkingeffekter er imidlertid ikke med sikkerhet blitt observert i rennende vann. I Suldalslågen, for eksempel, ble det ikke observert effekter av kalking på krypsiv biomasse (Johansen 1997). En mulig forklaring er at kalking med doserer i rennende vann fører til en relativt stabil høy pH i vannet uten gjenforsuring, slik at CO₂, NH₄⁺ og fosfor i mindre grad blir mobilisert fra sediment. Brandrud (1995) konkluderte derfor med at Otravassdraget i sin helhet vil få «relativt små vegetasjonsendringer som følge av kalkingen». Samtidig konkluderte han at det «på kort sikt kan være fare for økt problemvekst lokalt, særlig i det allerede sterkt tilgrodde område nedstrøms Brokke». Dette fordi det «kan oppstå forhøyete CO₂ 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 blandsoneneffekt med forøket krypsivvekst». I områder rett nedstrøms dosereren er også muligheten tilstede for avsetning av kalk på bunnen av elva, særlig i stilleflytende områder.

Krypsiv er godt tilpasset lav pH, og tåler surt vann bedre enn andre undervannsplanter (Fyson 2000). Arten vokser, for eksempel, i tette bestander i littoralsonen i gruvesjøer i Tyskland, ned til 6 m vanddybde, til tross for at vannet er meget surt (pH 3, og delvis enda lavere; Fyson (2000)). Det kan derfor også tenkes at en økning av pH til et nivå som ikke underskrider 6.3 (slik dosereren ved Brokke skal levere) legger forholdene til rette for vekst av andre vannplanter enn krypsiv.

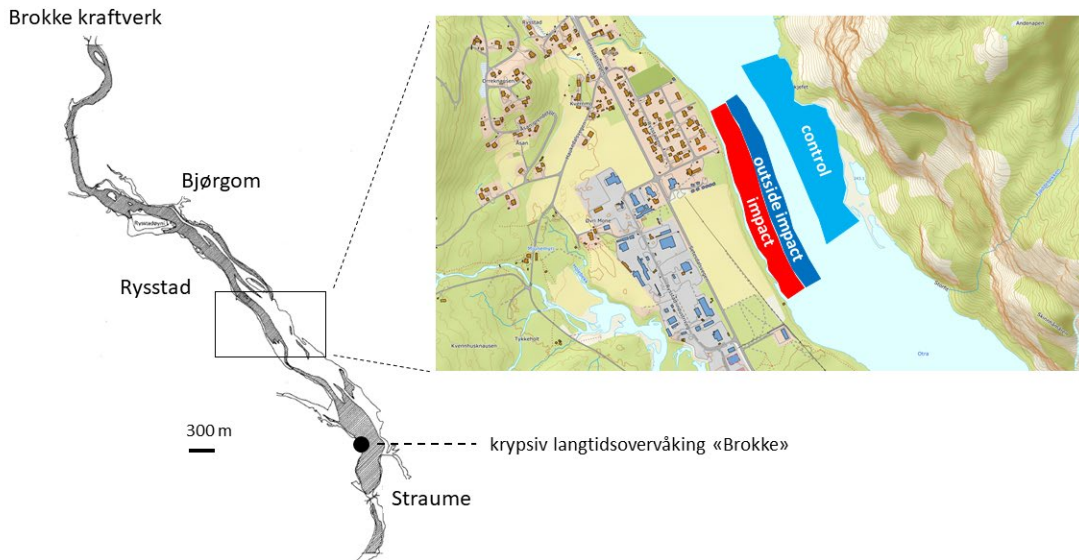
1.2 Formål

Prosjektet er en oppfølging av resultater presentert i Schneider m.fl. (2022). Målet med prosjektet har vært to-delt:

1. Kvantifisere gjenvekst av krypsiv etter tiltak (klipping og harving) som ble gjennomført i Rysstadbassenget i juni 2020, for å skaffe bedre kunnskap om hvor raskt krypsiv vokser og hvor ofte tiltak må gjennomføres.
2. Kvantifisere biomasse av krypsiv og forekomst av andre vannplanter i utvalgte områder av Rysstadbassenget, for å skaffe kunnskap om i hvilken grad kalkdosereren i utløpet av Brokke kraftverk som ble satt i drift i april 2021, påvirker krypsivvekst og forekomst av andre vannplanter i Rysstadbassenget.

Vi kartla krypsivbiomasse og forekomst av andre vannplanter i utvalgte områder i Rysstadbassenget i august 2022 og sammenliknet resultatene med data fra tidligere undersøkelser som ble gjennomført i august 2021 og like før og etter at tiltaket ble gjennomført i 2020.

2 Metode



Figur 1. Til venstre: forekomst av kryptosiv (grå områder) i Rysstadbassenget i 1986, fra Rørslett (1987); stasjonen «Brokke», der kryptosivvekstformer overvåkes årlig siden 2014 er markert; heldekkende skravur markerer meget tett vegetasjon av kryptosiv i 1986. Til høyre: plassering av utvalgte undersøkelsesområder kategorisert som «impact», «outside impact», og «control» (se tekst for forklaring); bakgrunn fra Norgeskart.

Ulike metoder for kartlegging av vannplanter er egnet til ulike formål. Oversiktskartlegging kan dekke store områder, men er ofte lite detaljert, slik at det kun fanges opp store endringer i plantebiomassen. Detaljkartlegging, derimot, kan oppdage små forskjeller i plantelengde eller dekningsgrad, men slike detaljerte undersøkelser kan som regel ikke gjennomføres over store områder. Valg av egnet undersøkelseslokalitet for detaljkartlegging er derfor svært kritisk, fordi endringer som skjer utenfor den avgrensede lokaliteten ikke fanges opp.

Dersom kalking skulle påvirke kryptosiv bestanden i Rysstadbassenget, forventes det en gradvis økning i biomasse. Kartleggingen skal derfor være egnet til å kunne oppdage også forholdsvis små endringer i kryptosiv dekningsgrad og plantelengde over tid. For å kunne fange opp slike endringer valgte vi å gjennomføre to typer kartlegginger:

- 1) registrering av dekningsgrad og plantelengde i større områder på flere tusen kvadratmeter, men uten registrering av vekstformer; denne metoden er egnet til å dekke et representativt område av Rysstadbassenget, samtidig som det er mulig å gjennomføre kvantitative målinger slik at man kan fange opp gradvise endringer. Metoden er også egnet til å kvantifisere gjenvekst av kryptosiv i «impact» området, der kryptosiv ble fjernet i juni 2020.
- 2) detaljkartlegging av kryptosiv vekstformer i en liten prøveflate; denne metoden er egnet til å fange opp svært detaljerte endringer, men kan kun brukes i forholdsvis små prøveflater.

Begge metoder omfatter også registrering av andre arter vannplanter som forekommer på registreringspunktene (metode 1) og prøveflaten (metode 2).

2.1 Registrering av dekningsgrad og lengde av krypsiv

I perioden 15. - 22.6.2020 ble krypsiv fjernet fra et cirka 670 m langt og 60 m bredt område på vestsiden av Rysstadbassenget (Figur 1). I dette området («impact») er det vanlig å fiske etter ørret, men sluken setter seg ofte fast i det tette krypsivet. Fjerningen ble gjennomført av et firma ved at krypsivbiomassen først ble klippet fra en båt. Etterpå ble elvebunnen harvet, for å fjerne krypsivrøtter så godt som mulig. Området der krypsiv ble fjernet omtales som «impact» i denne rapporten (Figur 1). I tillegg til «impact» området ble to områder avgrenset, der krypsiv ikke ble fjernet: «outside impact» er cirka 40 m bredt og 670 m langt, og ligger rett ved siden av «impact». «Control» er cirka 570 m langt og mellom 70 og 140 m bredt, og ligger på den andre siden av elva (Figur 1). Begge områder ble valgt ut med tanke på at de skal være mest mulig lik «impact» med tanke på krypsivdekning før tiltaket ble gjennomført, vanndybde, sediment sammensetning, vannhastighet, og lysforhold.

I alle tre områder («impact», «outside impact» og «control») ble dekningsgraden av krypsiv estimert på et stort antall målepunkter (Tabell 1). Plasseringen av målepunktene er tilfeldig innen de avgrensede områdene, men ligger av praktiske hensyn langs transekter der båten drev nedstrøms elva. Målingene ble gjennomført fra båt, der personen som satt foran i båten observerte elvebunnen ved hjelp av vannkikkert og estimerte krypsiv dekningsgrad, plantelengde og eventuell forekomst av andre vannplantearter på hvert målepunkt, en person logget GPS koordinater på hvert målepunkt og noterte resultatene, mens den tredje personen holdt båten i posisjon mens målingene foregikk (Figur 2). På hvert målepunkt ble cirka en kvadratmeter av bunnen observert. I tillegg til dekningsgrad av krypsiv ble vanndybde, «maksimal plantelengde» og «gjennomsnittlig plantelengde» målt på hvert målepunkt ved hjelp av tommestokk og vannkikkert. «Maksimal plantelengde» er et uttrykk for hvor høyt i vannet den lengste krypsivplanten på hvert målepunkt står, mens «gjennomsnittlig plantelengde» er et uttrykk for hvor høyt i vannet krypsiv «flekken» står på hvert målepunkt. På målepunkter der «maksimal plantelengde» og «gjennomsnittlig plantelengde» er like, er krypsivflekken ensformet og «avrundet». Når enkelte krypsivsåter er lengre enn resten av «flekken», blir «maksimal plantelengde» lenger enn «gjennomsnittlig plantelengde». Dekningsgrad og «gjennomsnittlig plantelengde» ble brukt til å regne ut krypsiv-biovolum, et tall som angir hvor mange «liter vann» krypsiv «fyller» på en kvadratmeter elvebunn.

For å kvantifisere krypsivbiomasse som ble fjernet gjennom tiltaket, og gjenvekst av krypsiv i tiden etter, ble målingene gjennomført både før og etter tiltaket. Målingene foregikk som regel over to dager, men for en enklere oversikt angis de i denne rapporten med datoene som er gitt i Tabell 1. For å kunne skille mellom effekten av tiltaket og andre forstyrrelser som kan føre til en reduksjon i krypsivbiomasse (for eksempel høyere vannhastighet, visning av planter, fugler som spiser på og i plantene) sammenliknes utviklingen av krypsiv biomassen i «impact» området med utviklingen i «outside impact» og «control» områdene. I «outside impact» og «control» områdene ble krypsiv kun påvirket av «naturlige» variasjoner, mens krypsiv i «impact» området ble påvirket av både tiltaket og naturlige variasjoner. Dette er viktig, blant annet fordi vannføringen økte betydelig i perioden 13. – 23. juni 2020, det vil si like før og under tiltaket (vannføringen i Valle, det vil si oppstrøms Brokke kraftverk, økte fra cirka 15 m³/s før tiltaket, til cirka 150 m³/s). Den økte vannhastigheten som generelt følger med økt vannføring kan tenkes å rive løs krypsivplanter.



Figur 2. Registrering av krypsiv i «control» området i Otra ved Rysstad, 23.08.2022. Foto: S. Schneider, NIVA

Resultatene i «outside impact» og «control» områdene danner også grunnlag for å vurdere en eventuell effekt som kalkingen ved utløpet av Brokke kraftverk måtte ha på krypsiv i Rysstadbassenget. Kalkdosereren ble satt i full drift 20. april 2021, og skal levere pH 6.3 nedstrøms kalkpunktet. Krypsiv-biomassen i 2020 var ikke påvirket av kalkingen og brukes derfor som referanse, for å sammenlikne med situasjonen etter oppstart av kalkingen. Kartleggingene i 2021 (Schneider m.fl. 2022) og 2022 ble gjennomført henholdsvis den 17. og 22. august, og som sammenligningsgrunnlag «før kalkingen» brukes resultatene fra 9. september 2020, det vil si den siste kartleggingen før kalkingen startet. Krypsiv vokste noe fra 4. august til 9. september 2020 (det vil si den nest siste og siste kartleggingen i 2020), men for å vurdere mulige effekter av kalkingen er det naturlig å sammenlikne med den høyeste biomassen som ble oppnådd før kalkingen startet.

Resultatene i «impact» området før tiltaket (7. juni 2020) vil trolig etter hvert kunne brukes til å tolke mulige effekter av kalkingen. Utfordringen er imidlertid at krypsiv-biomassen i «impact» området mest sannsynlig ville ha økt fra juni til august/september 2020 dersom det ikke hadde blitt gjennomført tiltak. Det betyr at resultatene fra juni 2020 i «impact» området er litt lave til å direkte kunne sammenliknes med resultater fra august de påfølgende årene. Det ventes derfor med å tolke dataene fra «impact» området i henhold til kalkingen til vi har fått mer kunnskap om hvordan krypsiv kommer tilbake etter tiltaket.

Krypsiv vokser, som mange andre vannplanter, flekkvis. Det betyr at «flekker» med tette og lange planter kan forekomme ved siden av områder der det er små eller ingen vannplanter. Ved å undersøke mange målepunkter i et område «jevnes disse forskjellene ut», slik at man får et godt kvantitativt estimat for den gjennomsnittlige dekningsgraden og plantelengden i et større område. Undersøkelsene i «impact», «outside impact» og «control» områdene omfatter mange målepunkter (Tabell 1) som er fordelt på flere tusen kvadratmeter, og er derfor godt egnet til å kvantifisere eventuelle effekter av kalkingen, og gjenvekst av krypsiv etter tiltak, i Rysstadbassenget.

Tabell 1. Antall målepunkter som ble undersøkt i de tre områdene

dato	antall målepunkter		
	impact	outside impact	control
07.06.2020 (en uke før tiltaket)	83	63	136
24.06.2020 (like etter tiltaket)	69	65	132
04.08.2020 (6 uker etter tiltaket)	66	54	139
09.09.2020 (11 uker etter tiltaket)	99	42	121
17.08.2021 (1 år etter tiltaket)	78	52	122
22.08.2022 (2 år etter tiltaket)	74	44	113

Som nevnt ovenfor, ble den maksimale og gjennomsnittlige lengden av kryptisv «flekkene» registrert på hvert målepunkt. For å karakterisere et større område, i denne rapporten henholdsvis «impact», «outside impact» og «control», beregnes det gjennomsnittet for alle målingene som ble utført i et område. For den gjennomsnittlige og maksimale lengden av kryptisv, kan dette gjøres på to ulike måter:

- ved å regne ut gjennomsnittet for alle målinger, inkludert de målepunktene der det ikke ble registrert kryptisv; resultatet kalles for «høyde av kryptisv-flekker» (på Engelsk «patch height») og angir hvor høyt i vannet kryptisv-flekkene står i gjennomsnittet på et tilfeldig valgt målepunkt.
- ved å regne ut gjennomsnittet kun for de målingene der kryptisv ble registrert (og dermed ignorere målepunktene der kryptisv ikke ble registrert); resultatet kalles for «kryptisv plantelengde» (på Engelsk «plant length») og karakteriserer den gjennomsnittlige lengden på de kryptisv-plantene (flekkene) som finnes.

I denne rapporten valgte vi å fremstille gjennomsnittlig og maksimal kryptisvlengde, altså resultatene fra områder hvor kryptisv ble dokumentert, det vil si at målepunkter uten forekomst av kryptisv ble utelatt fra beregningene. Dette ble gjort fordi «plant length» (beregnet etter metode b), i motsetning til «patch height» (beregnet etter metode a), er **uavhengig av dekningsgraden** til kryptisv. Den faktiske lengden av kryptisv plantene er et mål for lengdevekst av plantene, og er derfor et uttrykk for vekst som er uavhengig av dekningsgrad. En økning i dekningsgrad kan betraktes som «horisontal vekst» eller «spredning», mens en økning i plantelengde kan anses som «vertikal vekst». I tillegg til plantelengde omtaler vi i denne rapporten kryptisv dekningsgrad, og andel målepunkter der det ikke fantes kryptisv, i hvert undersøkelsesområde. Vi regnet også ut andel målepunkter med forekomst av andre vannplanter, som et mål for utbredelsen av andre vannplanter i undersøkelsesområde. Av praktiske årsaker er det ikke mulig å registrere dekningsgrad og lengde av andre vannplanter samtidig som det gjennomføres kryptisv registreringene.

2.2 Detaljkartlegging av vekstformer av kryptisv

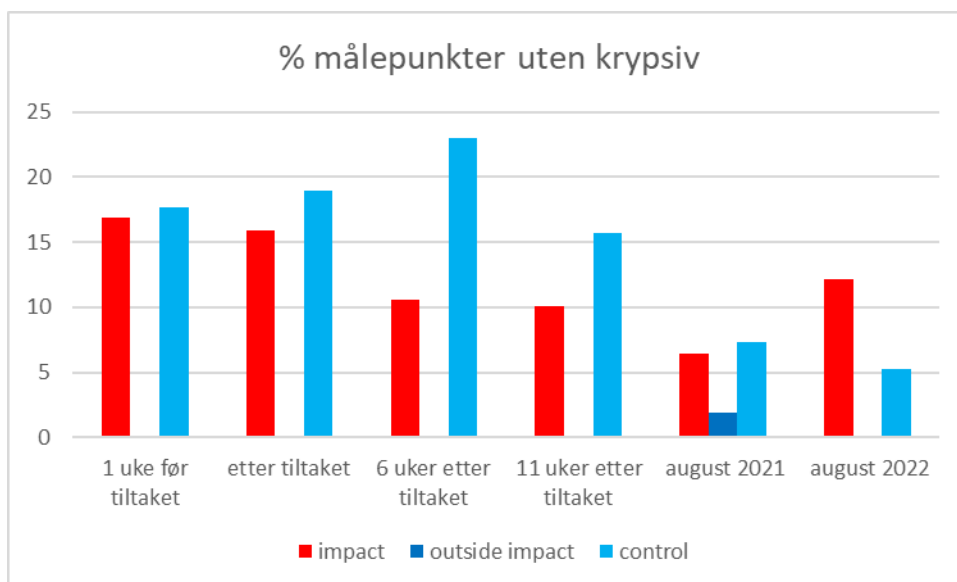
Kryptisv kan ha ulike vekstformer:

- rosettplanter = planter uten tydelige årsskudd,
- enkeltsåter = planter med blanding av rosetter og tydelige årsskudd og der plantene vokser enkeltvis/i små grupper,
- såtevekst = planter der årsskudd dominerer og der plantene vokser i såteform.

Opplevelsen av hvorvidt krypsiv utgjør et problem avhenger gjerne av vekstform, der såtevekst oppleves som «mest sjenerende». Dessuten kan det tenkes at kalkingen fører til en økning i forekomsten av enkelte vekstformer, for eksempel enkeltsåter eller såtevekst. En eventuell effekt av kalkingen på ulike krypsiv-vekstformer ble kvantifisert 6. juli 2022 i en mindre prøveflate på cirka 15 m lengde og 6 m bredde, som ligger på vestsiden av Rysstadbassenget cirka 650 m oppstrøms Straume (Figur 1). Prøveflaten inngår i langtidsovervåking av krypsiv, og målinger er gjennomført etter samme metodikk hvert år siden 2014 (Moe & Demars 2017). På denne prøveflaten blir dekningsgrad estimert separat for hver vekstform, og for hver vekstform tas det 6 målinger av plantens lengde. I tillegg blir andre vannplanter registrert.

3 Resultater

3.1 Gjenvekst av krypsiv etter tiltak



Figur 3. Andel (i prosent) av målepunktene der det ikke ble registrert krypsiv i 2020 (før og etter tiltaket som ble gjennomført i juni 2020), august 2021 og august 2022

Krypsiv vokser gjerne flekkvis, hvilket betyr at det kan forekomme små områder uten krypsiv ved siden av områder med høy krypsivdekning. Andel målepunkter der det ikke ble registrert krypsiv kan være et uttrykk for i hvilken grad både naturlige (fisk som graver i bunnen, flom, tørke) og menneskeskapte forstyrrelser klarer å hindre etablering av krypsiv på elvebunnen.

Før tiltaket, det vil si i juni 2020, ble det på cirka 17 % av målepunktene i «**impact**» området ikke registrert krypsiv, og denne andelen var nesten uforandret like etter tiltaket (Figur 3). Dette tyder på at hverken tiltaket eller flommen som pågikk i perioden like før og under tiltaket, greide å rense deler av elvebunnen for krypsiv. Deretter gikk andelen målepunkter uten krypsiv i «**impact**» området ned til cirka 6 % i august 2021. Det betyr at krypsiv spredde seg i «**impact**» området, og at det fantes færre kvadratmeter som var helt frie for krypsiv i 2021 enn i 2020. I august 2022, derimot, var andelen målepunkter som var helt frie for krypsiv tilbake på 12%, det betyr på nesten samme nivå som før tiltaket.

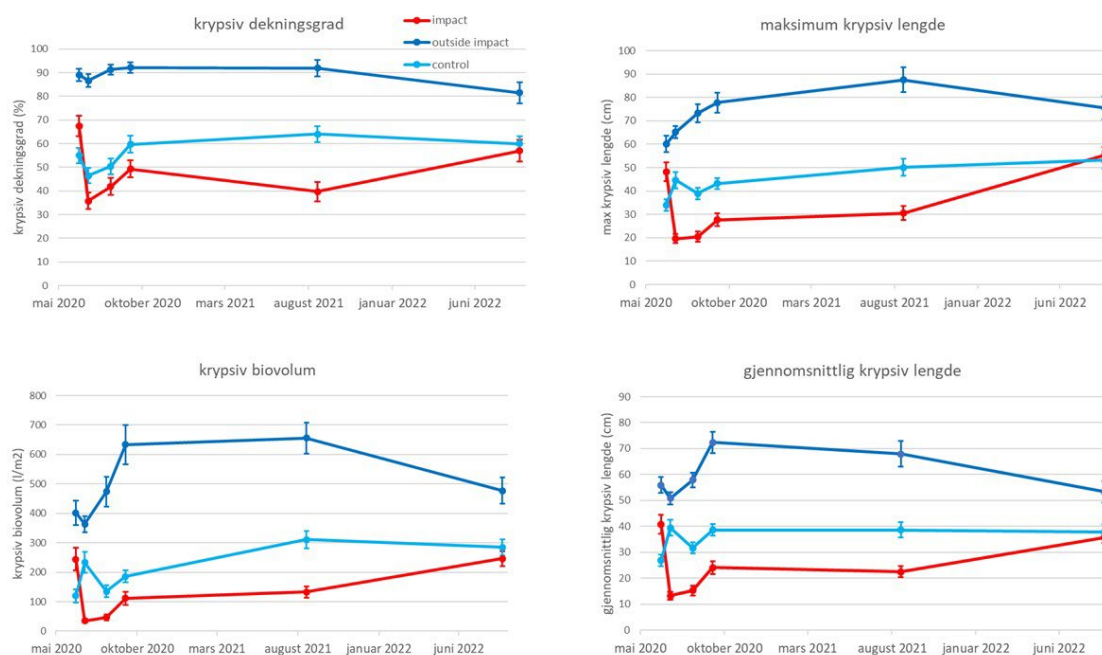
I «**outside impact**» området ble det ikke registrert målepunkter uten krypsiv i hverken 2020 eller 2022. Det betyr at det ikke fantes områder større enn en kvadratmeter som ikke var dekket med krypsiv i det hele tatt. I august 2021 var 2 % av målepunktene uten krypsiv, men det er en såpass liten andel at det mest sannsynlig skyldes tilfeldigheter. Konklusjonen er derfor at hele «**outside impact**» området til en viss grad har vært dekket med krypsiv siden juni 2020.

I «**control**» område var cirka 18 % av målepunktene helt frie for krypsiv i juni 2020, og denne andelen var nesten uforandret etter tiltaket (Figur 3). Andelen målepunkter uten krypsiv økte derimot til august 2020, der cirka 23 % av målepunktene var frie for krypsiv. Det er ukjent hvilke forstyrrelser som førte til denne økningen. Siden august 2020 gikk andelen målepunkter uten krypsiv ned, til 7 % i

august 2021 og 5% i august 2022. Det betyr at krypsiv spredde seg fra august 2020 til august 2022 i «control» området. Resultatene tyder på at krypsivdekningen er noe ustabil i «control» området, og at det forekommer forstyrrelser og tilvekst.

Totalt sett indikerer våre data at deler av elvebunnen i undersøkelsesområdet til enhver tid er helt frie for krypsiv. Andelen av elvebunnen som er helt fri for krypsiv varierer. Den «naturlige» variasjonen i andelen målepunkter uten krypsiv, det betyr variasjonen som ikke er relatert til tiltak, er opp til cirka 10-15% av elvebunnen (observerte endringer i andel målepunkter uten krypsiv i «control» og «outside impact» områder; Figur 3). Den naturlige variasjonen er dermed større enn endringen som ble observert i «impact» området etter tiltak (reduksjon på 1%; Figur 3).

Resultatene våre tyder dermed på at krypsiv «flekken» til en viss grad er dynamiske, og at det forekommer prosesser som ikke er relatert til tiltak som, sammen med måleusikkerhet, fullstendig fjerner krypsiv fra opptil 15% av elvebunnen. Tiltaket som ble gjennomført i juni 2020, derimot, greide ikke å fjerne krypsiv fullstendig fra større deler av elvebunnen.



Figur 4. Dekningsgrad, maksimum og gjennomsnittlig plantelengde og biovolum av krypsiv i tre områder i Rysstadbassenget fra 2020 til 2022. Krypsiv ble fjernet i «impact» området i juni 2020, det vil si mellom første og andre krypsivmåling. Kalkingen i utløpet av Brokke kraftverk ble satt i gang i april 2021. Figurene viser gjennomsnitt og standardfeil («standard error of the mean»). Maksimum og gjennomsnittlig krypsivlengde ble beregnet uten målepunktene som var frie for krypsiv, det betyr at figuren viser lengden av de krypsivplantene som fantes.

Dekningsgrad av krypsiv ble beregnet som gjennomsnitt av den estimerte dekningsgraden på hvert målepunkt, inklusive de målepunktene der dekningsgraden var null. En gjennomsnittlig dekningsgrad på 40 % oppnås for eksempel når 4 av 10 målepunkter har 100 % dekning, og samtidig 6 av 10 null prosent dekning. Men 40 % dekning kan også oppnås om det er 40 % dekning på ethvert målepunkt

innen undersøkelsesområdet. Dekningsgrad av krypsiv og andel målepunkter uten krypsiv (se ovenfor) beskriver derfor ulike aspekter av krypsivveksten i undersøkelsesområdet.

I «**control**» området gikk dekningsgraden noe ned i juni 2020, mest sannsynlig på grunn av økt vannføring grunnet snøsmelting i perioden 13. – 23. juni 2020. Etter september 2020, med noen måneder med gjenvekst, var dekningsgraden forholdsvis stabil på rundt 60% (Figur 4). Gjennomsnittlig krypsivlengde i «control» området var rundt 40 cm etter september 2020, mens maksimum krypsiv lengde økte noe i forhold til tidligere målinger, og lå på 53 cm i august 2022.

I «**Outside impact**» området var dekningsgraden rundt 90% etter juni 2020, men gikk litt ned til 81% i august 2022. Denne endringen er liten og ligger innenfor standardfeilen, og kan derfor skyldes tilfeldige variasjoner. Både maksimum og gjennomsnittlig krypsivlengde gikk litt ned fra august 2021 til august 2022, og var i august 2022 på cirka samme nivå som i 2020 (Figur 4). Det samme gjelder for krypsiv-biovolum, som var på rundt 480 l/m² i august 2022.

Resultatene våre tyder på at lengden og dekningsgrad av krypsiv i «control» og «outside» impact områdene er ganske stabile. Naturlige svingninger i gjennomsnittlig krypsivlengde var opptil cirka 20 cm i løpet av to år, og svingningene i maksimum krypsivlengde var på opptil 25 cm. Observerte naturlige endringer i dekningsgrad var opptil rundt 15%.

Derimot reduserte tiltaket som ble gjennomført 15. - 22.6.2020 dekningsgraden med 32 % i «**impact**» området, og både maksimum og gjennomsnittlig krypsivlengde ble redusert med 28 cm. Selv om tiltaket førte til en betydelig reduksjon i biomassen av krypsiv, ble man ikke kvitt krypsivet gjennom tiltaket. I august 2022 var biovolum, maksimum og gjennomsnittlig krypsivlengde tilbake på samme nivå som før tiltaket (Figur 4; verdier der standardfeil overlapper kan ikke tolkes som forskjellige fra hverandre). Dekningsgraden var fortsatt noe lavere enn før tiltaket (57% i august 2022, sammenliknet med 67% i juni 2020), men en forskjell på 10% i dekningsgrad ligger innenfor de naturlige svingningene som ble observert i «control» og «outside impact» områdene.

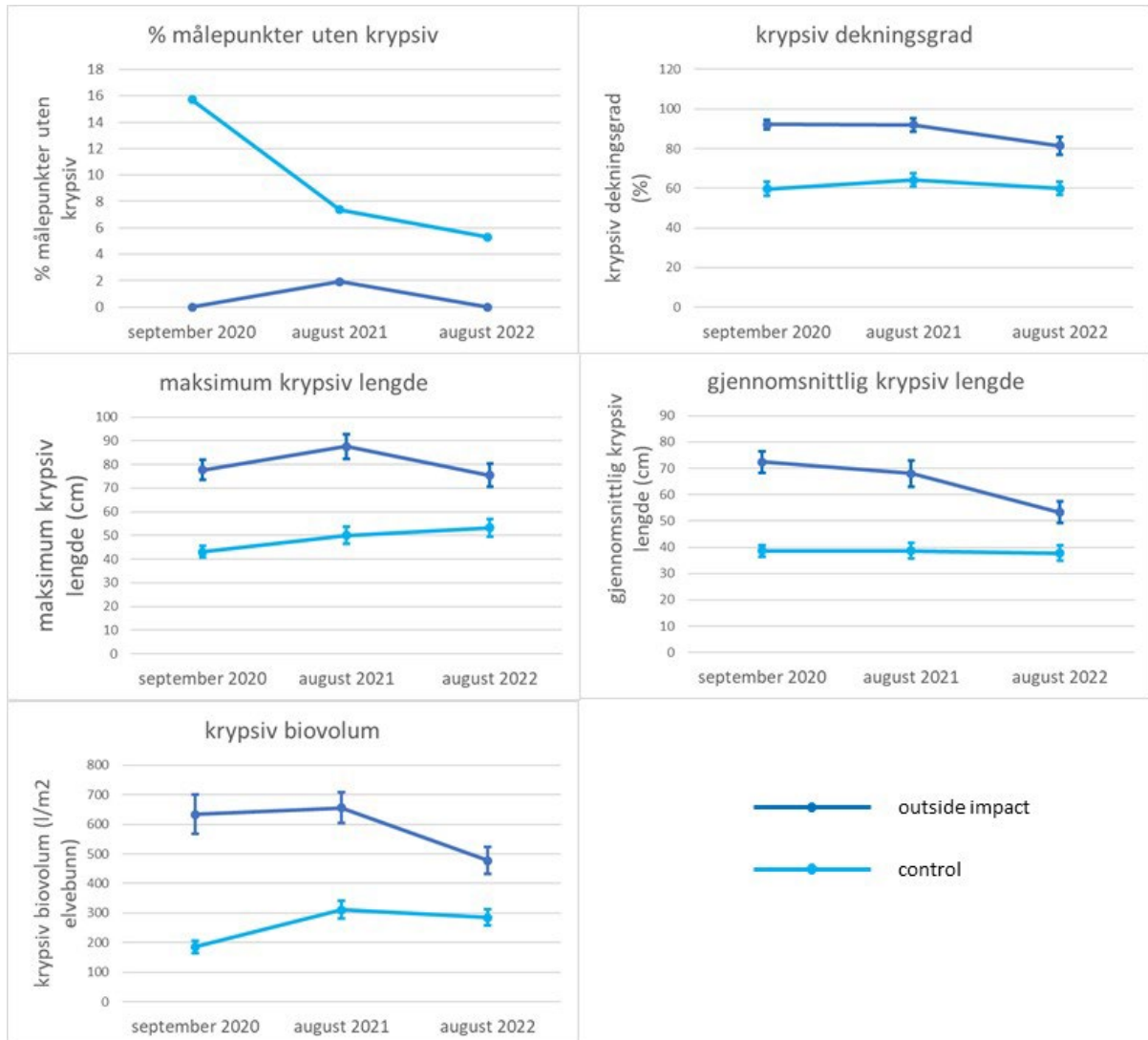
Resultatene våre tyder på at det i Rysstadbassenget tar to år for krypsiv å vokse tilbake til omtrent samme nivå som før. Vi observerte lite gjenvekst i løpet av det første året, og en større økning i løpet av det andre året etter tiltaket.



Figur 5. Undervannsbilder i «impact» området. Like etter tiltaket var mange av krypsivplantene som var igjen revet av og ødelagt i toppen. I august 2021 fantes det fortsatt områder som var frie for krypsiv, men også områder der enkelte «flekker» var etablert, og områder som var dekket 100% med krypsiv. Krypsivplantene så friske ut. I august 2022 fantes fortsatt noen områder som var frie for krypsiv, men krypsivplantene var like lange som før tiltaket, og dekningsgraden var nesten på samme nivå som før tiltaket. © K. Thiemer og S. Schneider, NIVA.

3.2 Effekter av kalking på krypsiv

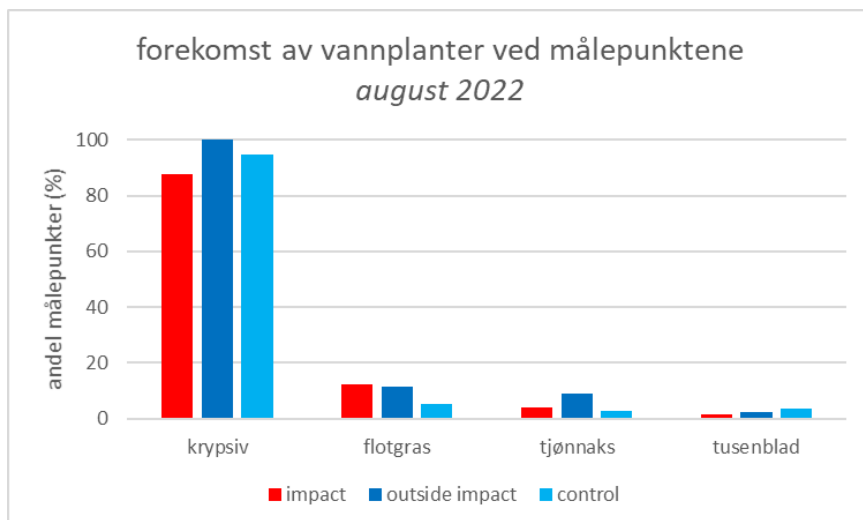
3.2.1 Krypsivbiomasse i Rysstadbassenget



Figur 6. Krypsiv-målinger i «control» og «outside impact» områdene, før og etter kalking. Dosererkalking i utløpet av Brokke kraftverk ble satt i drift i april 2021 og kalkingen påvirker hele Rysstadbassenget, både «control» og «outside impact». Gjennomsnittlig og maksimum krypsivlengde ble beregnet uten målepunktene der det ikke fantes krypsiv, det betyr at dataene viser lengden på de krypsiv flekkene som finnes i det respektive området.

Mellom september 2020 og august 2022 fantes det ingen konsistente endringer (det betyr endringer som foregår i både «control» og «outside impact») hverken i andel målepunkter uten krypsiv, krypsiv dekningsgrad, gjennomsnittlig og maksimum krypsivlengde eller biovolum. **Hittil ser det derfor ut som kalkingen ikke har påvirket dekningsgrad og plantelengde av krypsiv i Rysstadbassenget.**

3.2.2 Andre vannplanter i Rysstadbassenget

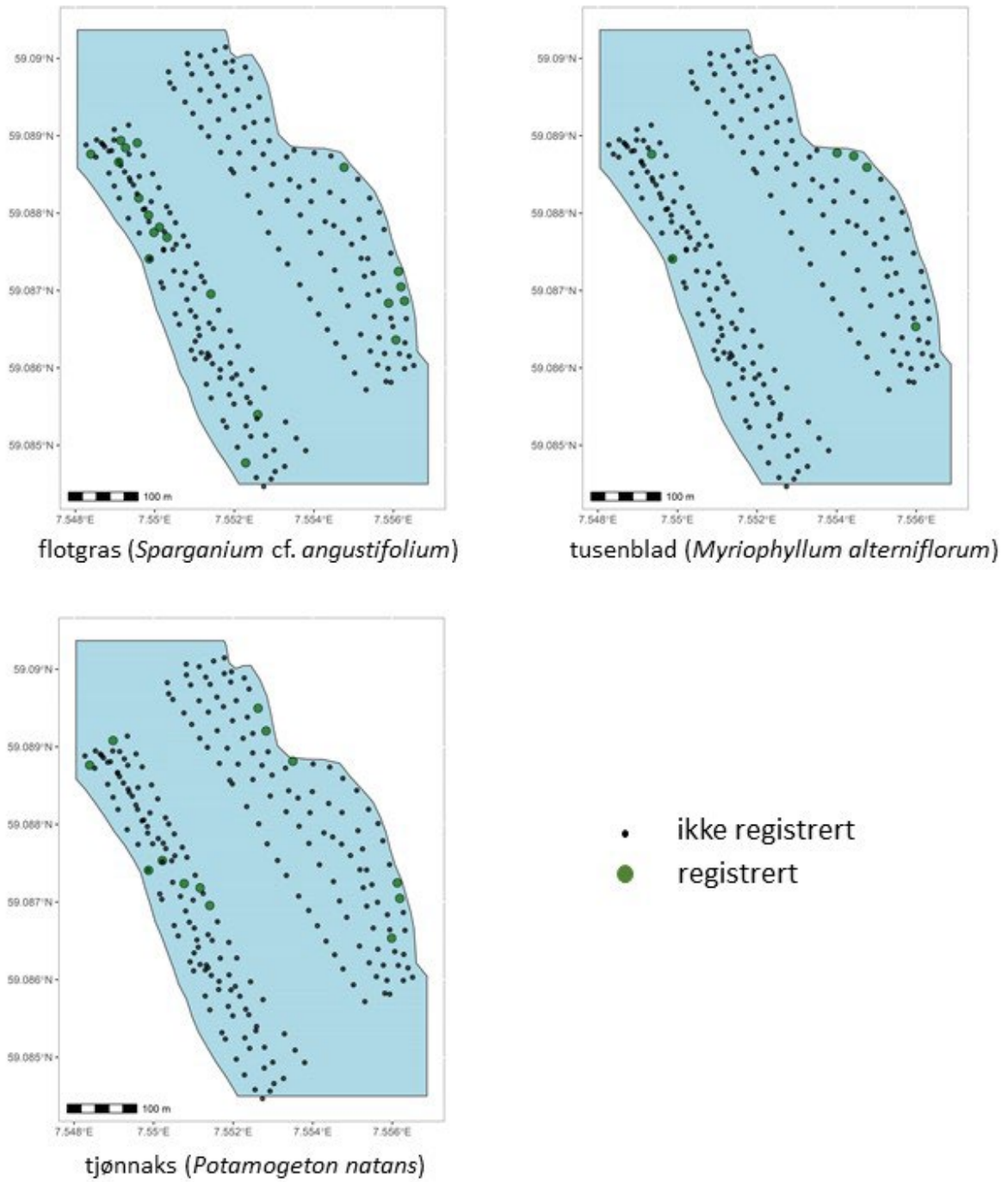


Figur 7. Forekomst (i % av målepunkter) av krypsiv og andre vannplanter i «impact», «outside impact» og «control» områdene i august 2022.

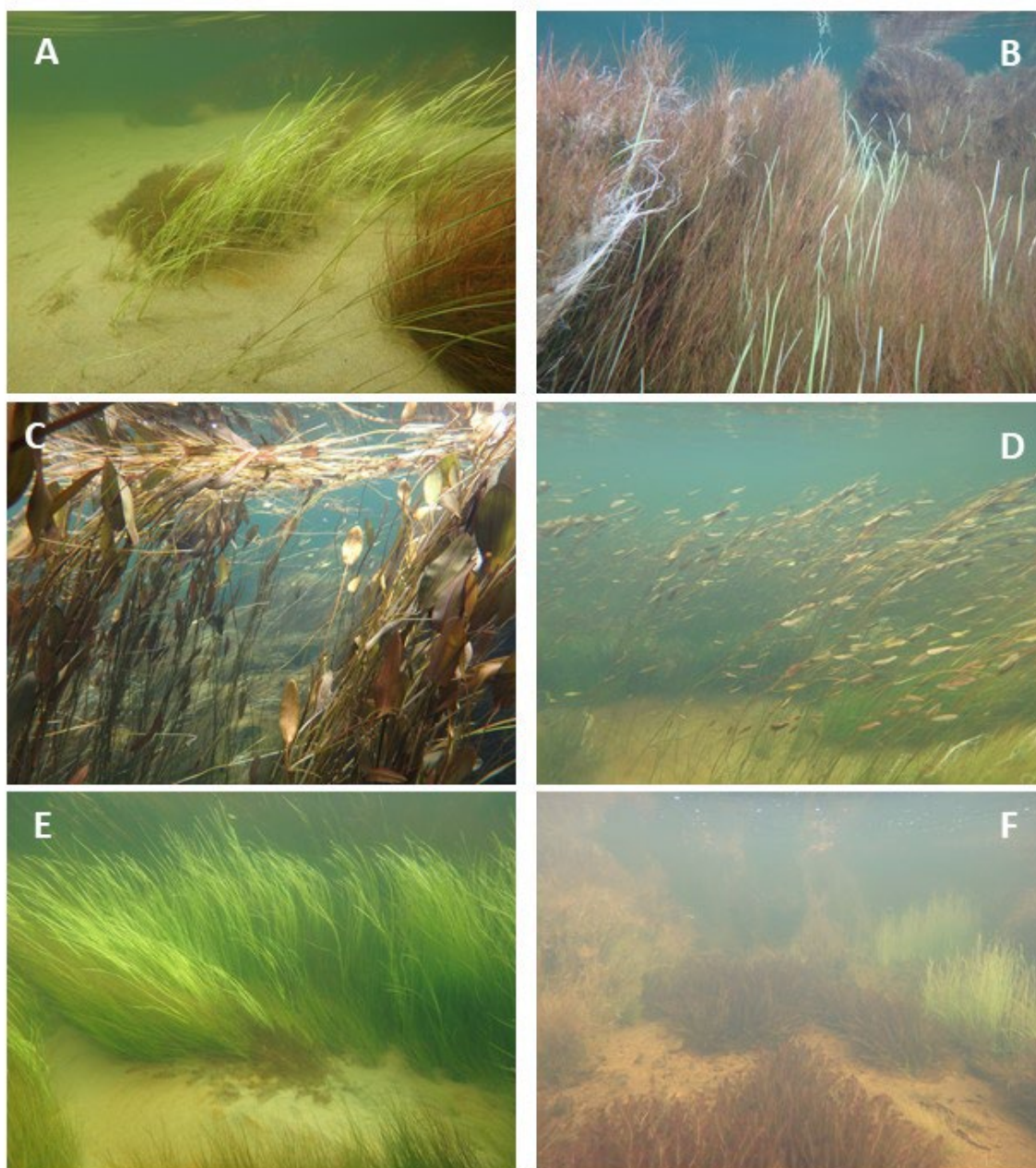
Rysstadbassenget har lenge vært kjent for å ha svært lite forekomst av andre vannplanter enn krypsiv (Rørslett 1987). Av den grunn ble eventuell forekomst av andre vannplanter ikke aktivt registrert i felt hverken i 2020 eller 2021. I forbindelse med MadMacs prosjektet (<https://www.niva.no/en/projectweb/madmacs>) gjennomførte vi imidlertid mye feltarbeid i Rysstadbassenget i både 2019 og 2020, og vi er derfor blitt godt kjent i dette området. Vi er derfor ganske sikre på at det ikke forekom tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) i undersøkelsesområdet i 2020 eller 2021, og at det forekom kun ett lite område der det vokste noen få tjønnaks-planter (*Potamogeton natans*). I tillegg er det sannsynlig at det fantes noen enkeltplanter av flotgras (*Sparganium cf. angustifolium*). I august 2022, derimot, ble det oppdaget både flotgras, tjønnaks og tusenblad i alle tre undersøkelsesområdene (Figur 7, 8). Etter krypsiv var det flotgras som var vanligst, og arten ble registrert på cirka 10% av målepunktene i «impact» og «outside impact», og 5% av målepunktene i «control» området. Tjønnaks ble registrert på nesten 10% av målepunktene i «outside impact» området, men forekom noe sjeldnere i «impact» og «control». Tusenblad var mindre vanlig, men ble registrert i alle tre undersøkelsesområder (Figur 7, 8). Vi registrerte mer flotgras, tjønnaks og tusenblad i de nordvestlige (oppstrøms-) delene av «impact» og «outside impact» områdene (Figur 8). I «control» området forekom disse artene langs strandkanten og ikke midtstrøms (Figur 8).

Det ble ikke foretatt målinger av lengden av andre vannplanter enn krypsiv (slike målinger er svært vanskelige å gjennomføre ved høy vannføring), men ut fra observasjonene våre anslår vi at tusenblad var opptil cirka 40 cm lang i august 2022, flotgras opptil 50 cm, mens de lengste tjønnaks plantene var lengre enn en meter. De lengste tjønnaks plantene var klart lengre enn de lengste krypsiv såtene som ble observert i Rysstadbassenget.

Resultatene våre indikerer en klar økning i forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i hele Rysstadbassenget i august 2022.

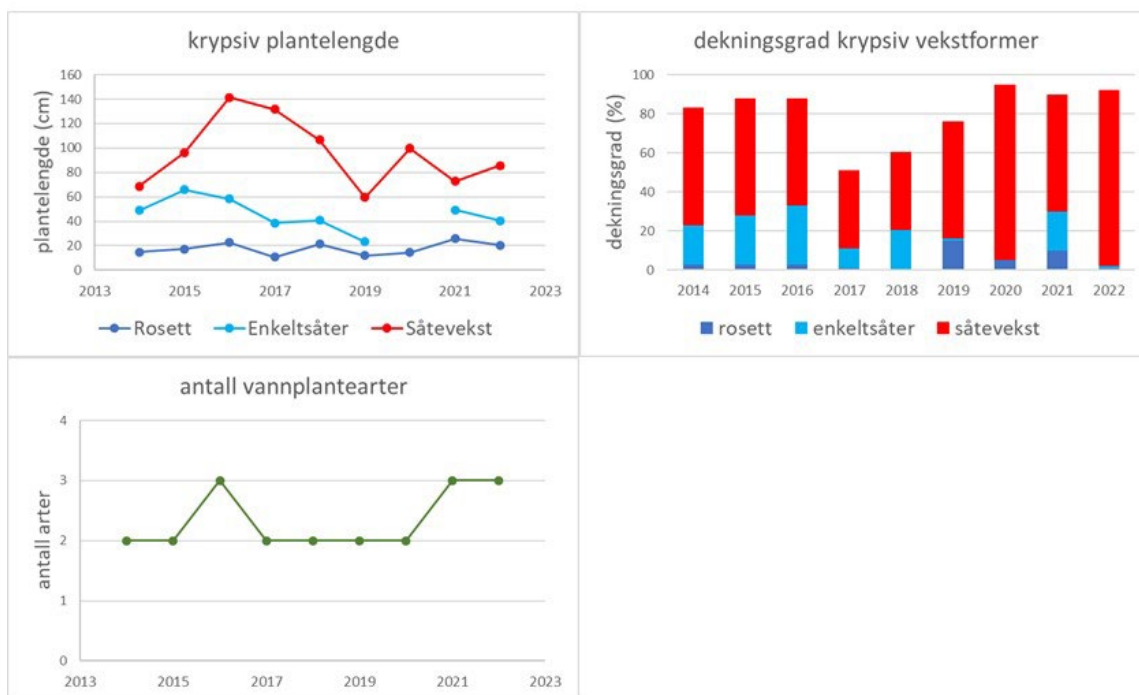


Figur 8. Forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i undersøkelsesområdet i august 2022.



Figur 9. Andre vannplanter som ble registrert i Rysstadbassenget. **A+B: flotgras** (*Sparganium* cf. *angustifolium*) er noe mer gul-grønn enn krypsiv og har lange lineære blader; flotgras vokste både på sand-sediment (A) men også inni tette krypsiv såter (B), og ble opp til cirka 50 cm lang; **C+D: tjønnaks** (*Potamogeton* cf. *natans*) har en rød-brun farge og blad som kan flyte på vannoverflaten; tjønnaks vokste både på sand-sediment men også inni tette krypsiv såter; tjønnaks ble tydelig lengre enn krypsiv (D) og nådde vannoverflaten flere steder i Rysstadbassenget (C); **E+F: tusenblad** (*Myriophyllum alterniflorum*) har en rød-brun farge og mange små blad; tusenblad så ut til å ha etablert seg først og fremst på sediment som var fri for krypsiv; (E) viser en liten flekk tusenblad som vokser på sand-sediment rett oppstrøms flotgras (gul-grønn) og krypsiv (i bakgrunnen); tusenblad ble opp til cirka 40 cm lang, og etablerte tusenblad-flekker var tette. © S. Schneider, NIVA.

3.2.3 Detalj kartlegging av vekstformer av krypsiv og andre vannplanter



Figur 10. Lengde og dekningsgrad av de ulike vekstformene av krypsiv, og antall vannplantearter (inkludert krypsiv) på stasjonen «Brokke» fra 2014 til 2022.

Lengden av rosettplanter av krypsiv har vært ganske stabil rundt 20 cm siden 2014, mens lengden av enkeltstående har svingt rundt cirka 50 cm (Figur 10). Såtevekst nådde et maksimum på opptil 140 cm i 2016 og 2017, men har svingt rundt 90 cm ellers. Den totale dekningsgraden av krypsiv på stasjon Brokke har svingt rundt 90%, med unntak av perioden 2017 til 2019, der dekningsgraden muligens ble redusert av en flom, et «privat tiltak» eller en annen form for forstyrrelse, og det tok 3 år å komme tilbake til samme nivå (Figur 10). Dekningsgraden av vekstformene var ganske stabil over alle år, med unntak av 2020 og 2022, da det var mer såtevekst, men mindre enkeltstående og rosettplanter. Bortsett fra krypsiv ble det i alle år funnet flotgras på stasjonen Brokke, og i tillegg i 2016 et enkeltfunn av blærerot (*Utricularia vulgaris/australis*), og i 2021 og 2022 av evjesoleie (*Ranunculus reptans*). Mengden av flotgras på stasjon Brokke ble i tidligere år registrert som «2=spredd», mens den både i 2021 og 2022 ble registrert som «3=vanlig».

Resultatene fra 2022 skiller seg ikke fra tidligere år og gir dermed ingen klar indikasjon på at kalkingen påvirker krypsiv. Det kan likevel se ut som mer rosettplanter og enkeltstående ble til såtevekst i 2022, samt at mengden flotgras økte noe siden 2021. Fortsatt overvåking vil kunne avdekke om dette er begynnelsen av en trend eller om det skyldes tilfeldige variasjoner.

Totalt sett tyder resultatene på at kalkingen ikke har påvirket krypsiv i Rystadbassenget nevneverdig, men at den førte til en økning i biomasse og utbredelsen av andre vannplanter. Mens flotgras og tusenblad ikke nådde vannoverflaten, var tjønnaks tydelig lengre enn de lengste krypsiv såtene og nådde opp til vannoverflaten flere steder i Rystadbassenget.

4 Diskusjon

4.1 Gjenvekst av krypsiv etter tiltak

Tiltaket som ble gjennomført i juni 2020 reduserte dekningsgraden av krypsiv i «impact» området fra 68 % til 36 %, maksimal krypsivlengde fra 48 cm til 20 cm, gjennomsnittlig krypsivlengde fra 41 cm til 13 cm, og biovolum fra 245 liter per kvadratmeter til 35 liter per kvadratmeter (Schneider m.fl. 2022). Klipping og harving førte altså til en betydelig reduksjon i krypsiv-biomassen, slik at det igjen ble mulig å kjøre motorbåt og fiske der krypsiv var klippet.

Schneider m.fl. (2022) beskrev at gjenveksten av krypsiv startet allerede like etter tiltaket, og krypsivet vokste, både vertikalt (økning i plantelengde) og horisontalt (økning i dekningsgrad) i perioden fra juni til september 2020. Den observerte gjenveksten av krypsiv i 2020 fortsatte imidlertid ikke like raskt i 2021. I «impact» området var dekningsgraden i august 2021 til og med rundt 10 % lavere enn i september 2020, og lå på omtrent samme nivå som like etter tiltaket. Schneider m.fl. (2022) forklarte denne effekten med at det etter tiltaket fantes planter som var ødelagt i toppen og som var synlige på elvebunnen helt fram til september 2020, men som tilsynelatende ikke overlevde på sikt. Da disse plantene døde, ble dekningsgraden redusert. En slik effekt kan forklare den observerte reduksjonen i dekningsgrad fra september 2020 til august 2021 i «impact» området.

I august 2022 var dekningsgraden i «impact» området betydelig høyere enn året før, men fortsatt rundt 10 % lavere enn før tiltaket (67 % i juni 2020 før tiltaket, 40 % i august 2021, 57 % i august 2022). Både maksimum og gjennomsnittlig krypsivlengde og biovolum var imidlertid tilbake på samme nivå som før tiltaket (Figur 4). Resultatene våre viste at «naturlige forstyrrelser» (fisk som graver i bunnen, flom, tørke) og måleusikkerheter kan forårsake endringer i krypsiv dekningsgrad på opptil 15 % (basert på observert variasjon i «control» og «outside impact» områdene). 10 % mindre dekningsgrad i «impact» området enn før tiltaket kan derfor ikke med sikkerhet skiller fra måleusikkerhet og naturlig variasjon. **Vi kan derfor konkludere med at krypsiv i «impact» området, to år etter tiltaket, i all hovedsak var tilbake på samme nivå som før.** Plantene var like lange som før og dekningsgraden var nesten like stor som før tiltaket. Vi kan derfor med rimelig sikkerhet anta at problemene for fising og båtkjøring to år etter tiltaket vil oppleves som like store som før.

Gjenvekst av krypsiv etter fjerning er tidligere undersøkt i Mandalselva ved Sveindal (Johansen 2006). I 1996 ble praktisk talt alt krypsiv manuelt fjernet fra et felt på 100 m², og i 2002 ble et felt på 1000 m² rensket maskinelt med gravemaskin. På dette arealet var det ca. 30 % dekning av krypsiv igjen etter rensking (Johansen 2006). Den observerte gjenveksten var i begge tilfeller stor og etter bare tre år var situasjonen nesten tilbake til utgangspunktet (Johansen 2006).

Hvor raskt vannplanter vokser avhenger først og fremst av vannføring (for høy vannføring kan rive løs vannplanter), lysforhold (vannplanter trenger lys for å kunne vokse), vanntemperatur (generelt raskere vekst ved høyere temperatur, inntil en artsavhengig maksimal temperaturgrense er nådd), samt tilgang til næringssalter og karbondioxid (mer tilgang til karbondioxid og næringssalter fører til mer vekst). Ulike metoder for fjerning av krypsiv kan også tenkes å påvirke gjenvekst, fordi noen metoder er mer effektive i å fjerne krypsiv sammen med røttene enn andre. Av den grunn er det rimelig å forvente forskjeller i gjenvekst mellom ulike stasjoner, og mellom ulike metoder som brukes for å fjerne krypsiv. Metodene der gjenvekst hittil har blitt testet er manuell fjerning i Mandalselva (Johansen 2006), gravemaskin i Mandalselva (Johansen 2006) og klipping og harving i Otra (våre

resultater). Til tross for effekten som ulike fysiske og kjemiske forhold har på plantevekst, og til tross for at ulike metoder for krypsivfjerning ble brukt, var krypsivet i alle tilfeller tilbake på samme nivå som før tiltaket i løpet to til tre år. **Vi må derfor forvente at mekanisk fjerning av krypsiv i elver i Norge generelt må gjentas hvert andre til tredje år.** Det er verdt å merke seg at to til tre år, i en internasjonal kontekst, er en forholdsvis lang tidsperiode. Bal m.fl. (2017), for eksempel, fant at piggeknepp (*Sparganium* sp.) og tjønnaks i to elver i Belgia etter bare noen få måneder var tilbake på samme nivå som i tilsvarende områder der plantene ikke ble fjernet.

Det er verdt å merke seg at vi ikke observerte eksplosiv krypsiv vekst like etter tiltaket. En slik effekt, altså økt vekst etter fjerning av vannplanter, er blitt observert andre steder, og forklares med redusert konkurranse og bedre tilgang til lys etter tiltaket (Baattrup-Pedersen m.fl., 2018). Både våre resultater og resultatene i Mandalselva etter manuell rensking (Johansen 2006) tyder på logistisk vekst, det betyr at det er lite gjenvekst i begynnelsen, og rask vekst på et senere tidspunkt, før biomassen etter hvert når et maksimum. Det betyr i så fall at effekten av tiltak vil oppleves som «god» i hvert fall det første året etter tiltaket, men at det vil kjennes som krypsiv «plutselig» er tilbake for fullt året etter. Resultatene fra Mandalselva etter maskinelt rensking (Johansen 2006) er imidlertid forenlig med lineær vekst, så det er knyttet noe usikkerhet til denne konklusjonen.

4.2 Effekter av kalking

Kalking har tidligere ført til massevekst av krypsiv i Norge. Effekten av kalking ble forklart med at en del av kalken sedimenterte, og gjenforsuret vann mobiliserte CO₂ fra kalken. I tillegg øker kalken nedbrytningen av organisk materiale i sedimentet, og denne prosessen frigjør både CO₂, NH₄⁺ og fosfor. Dermed økes tilgjengelighet av alle stoffer som kan tenkes å begrense krypsiv-vekst (karbon, nitrogen og fosfor), noe som kan føre til økt vekst av krypsiv (Brandrud 2002, Roelofs m.fl. 1994).

Rysstadbassenget har vært kalket ved dosereralking i utløpet av Brokke kraftverk siden 20. april 2021. Det ble ikke observert nevneverdig vekst av krypsiv mellom september 2020 (siste måling før kalkingen) og august 2022 i hverken «control» eller «outside impact» området. Dette tyder på at kalkingen ikke førte til en eksplosiv vekst av krypsiv, men heller ikke til en nedgang. Detaljkartleggingen viste imidlertid høyere dekningsgrad av såtevekst, og færre rosettplanter og enkeltstående enn i tidligere år (Figur 10). Videre overvåking de nærmeste årene vil kunne avdekke om dette skyldes naturlig variasjon, eller om det er begynnelsen på økt krypsiv-vekst i forbindelse med kalkingen.

Kalkingen hadde derimot tydelig effekt på forekomst av andre vannplanter i Rysstadbassenget. Vannvegetasjon i Rysstadbassenget var allerede i 1986 «fullstendig dominert av krypsiv», selv om det også forekom «små mengder» av flotgras og vasshår (*Callitriche* spp.) (Rørslett 1987). Egne observasjoner i perioden fra 2019 til 2021 bekrefter at undervannsvegetasjonen i Rysstadbassenget inntil 2021 i all hovedsak besto av krypsiv. I tillegg forekom det noe flotgras og noen veldig få enkeltksemplarer av tjønnaks.

Krypsiv er kjent for å tåle forsuring (Lindstrøm m.fl. 2004), og er den eneste arten som er dokumentert til å tåle pH lavere enn 3 (Fyson 2000). I sterkt forsurete gruvesjøer i Tyskland og bekker som mottok sur avrenning fra gruver i Danmark var krypsiv den eneste vannplantearten som forekom, og krypsivet dannet massevekst. Det kan virke som en selvmotsigelse at kalking kan føre til massevekst av en art som er så godt tilpasset surt vann som krypsiv, men forklaringen ligger i at gjenforsuring av vannet etter kalking førte til et konkurransefortrinn for krypsiv over andre vannplanter, mens CO₂, NH₄⁺ og fosfor ble frigjort fra sedimentet og førte til økt vekst (Brandrud 2002, Roelofs m.fl. 1994).

Øvre Otra er forholdsvis godt bufret fordi det er noe mer kalkholdig berggrunn i øvre deler av Otra enn i flere andre vassdrag på Sørlandet (Hindar og Grande 1987). Til tross for dette oppstår det forsuringsepisoder i Otra nedstrøms Brokke når godt bufret vann holdes tilbake i reguleringsmagasinene, mens det overføres vann fra lavereliggende og surere bekker til kraftverket. Likeså kan det oppstå forsuringsepisoder i hovedelva når det går lite vann gjennom Brokke kraftverk og sure sidevassdrag dominerer vannføringen i elva (Barlaup m.fl. 2021). Mellom 2011 og 2020 ble det dokumentert flere tilfeller der pH i Otra ved Brokke var lavere enn 5,6, og ved to tilfeller gikk pH ned til 5,2 (Barlaup m.fl. 2021).



Figur 11. I august 2022 var tjønnaks til dels lengre enn krypsiv og nådde flere steder opp til vannoverflaten. Arten kan potensielt oppleves som enda mer brysom for båtkjøring og fiske enn krypsiv. © S. Schneider, NIVA.

Kalkdosereren ved utløpet av Brokke kraftverk som ble satt i full drift den 20. april 2021 skal levere pH 6,3 nedstrøms doseringspunktet, og skal dermed forhindre forekomst av forsuringsepisoder. Fravær av forsuringsepisoder legger til rette for forekomst av andre vannplanter, som ikke tåler forsuringsepisoder like godt som krypsiv. Mens flotgras og krypsiv er «surhetstolerante» arter, er tusenblad og tjønnaks karakterisert som «svak surhetsfølsom» (Lindstrøm m.fl. 2004). Ifølge Fyson (2000) var rankpiggknopp (*Sparganium emersum*) og tjønnaks (*Potamogeton natans*) blant artene som, etter krypsiv, koloniserte sure gruvesjøer i Tyskland når pH begynte å øke noe (i tillegg var det småblærerot *Utricularia minor*, som også forekommer i Otra oppstrøms Brokke (Schneider og Demars 2020), men som ikke er kjent for å danne massevekst). **Det er derfor overveiende sannsynlig at det er kalkingen som er årsaken til økt forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i Rysstadbassenget.**

Både flotgras, tjønnaks og tusenblad er vanlige lenger oppstrøms i Otra, for eksempel i Harstadbassenget sør for Valle (Schneider og Demars 2020). Forekomsten ved Valle indikerer at det ikke forekom like sterke forsuringsepisoder der enn nedstrøms Brokke. Det tok kun litt mer enn ett år etter at kalkdosereren ble satt i full drift før andre vannplanter enn krypsiv dannet synlige bestander i Rysstadbassenget. Flotgras og tjønnaks var, med noen få eksemplarer, allerede til stede i Rysstadbassenget fra før, men økte utbredelsen betydelig sammenliknet med situasjonen før

kalkingen. Tusenblad ble ikke oppdaget i Rysstadbassenget før kalkingen og kom mest sannsynlig drivende med ellevannet. Både flotgras, tjønnaks og tusenblad koloniserte Rysstadbassenget mest sannsynlig gjennom «drift», det betyr at frø eller plantedeler kom drivende med ellevannet og sank ned til bunnen i Rysstadbassenget, der de slo rot. Både flotgras, tjønnaks og tusenblad klarte å etablere seg flere steder i Rysstadbassenget uten at det gikk nevneverdig utover krypsiv biomasse (Figur 6). Blant de artene som ble påvist i Otra oppstrøms Brokke (Schneider og Demars 2020), er det nettopp flotgras (og andre arter innen slekten *Sparganium*), tjønnaks (og andre arter innen slekten *Potamogeton*) og tusenblad som, ut fra vekstform og størrelsen, er i stand til å danne massevekst, mens de andre artene som regel forblir små. Det betyr at alle arter som forekommer oppstrøms i vassdraget og som potensielt kan danne «problemvekst», klarte å kolonisere Rysstadbassenget kun litt over ett år etter at kalkdosereren ble satt i drift.

Massevekst av flotgras, tjønnaks og tusenblad kan forekomme enkelte steder, f.eks. nedstrøms utløp kraftverk (Johansen m.fl. 2000). I Mandalselva ved Sveindal ble det observert områder «hvor flotgras og tjønnaks går til overflaten på patcher spredt over det meste av bassenget» (Kviljo 2021). Det nevnes også at «flotgras er mest iøyenfallende og dominerende, men innslaget av tjønnaks er mest problematisk i forhold til vegetasjonens virkning på friluftsliv» (Kviljo 2021). Vi har tidligere også fått tilsendt bilder tatt i en elv i Sør-Norge, der plantene ble oppfattet som problematiske og plantene på bildene viste seg å være tjønnaks. Arter innen slekten *Myriophyllum* (tusenblad) er kjent for å være invasive og problematiske i Nord-Amerika (for eksempel Kujawa m.fl. 2017), og arter innen slekten *Sparganium* (piggknopp) og tjønnaks (*Potamogeton natans*) er kjent for å danne massevekst blant annet i Danmark, Belgia og Tyskland (Bal m.fl. 2017). Det finnes derfor ingen grunn til å tro at de artene som etablerte seg i Rysstadbassenget i 2022 er mindre problematiske enn krypsiv. Den arten som kan antas å bli oppfattet som mest problematisk er tjønnaks, fordi den kan bli særdeles lang, er mekanisk sterk og kan danne matter av flyteblad på vannoverflaten (Figur 11).

Vi konkluderer med at årsaken til den økte forekomsten av flotgras, tjønnaks og tusenblad i Rysstadbassenget med overveiende sannsynlighet er kalkingen, fordi den forhindrer forsureningsepisoder og dermed legger forholdene til rette for vekst av planter som allerede finnes lenger oppstrøms i vassdraget men som ikke tålte forsureningsepisodene før. Særlig tjønnaks kan potensielt oppleves som enda mer brysomt enn krypsiv fordi den kan danne særdeles lange og kraftige skudd og tette overflatematter av flyteblad.

Årsaken til hvorfor det har vært krypsiv, og ikke andre vannplanter, som dannet «problemvekst» på Sørlandet er derfor mest sannsynlig at vassdragene har vært sure, eller i det minste vært utsatt for forsureningsepisoder, som forhindret utbredt vekst av andre vannplanter. Med generelt avtakende sur nedbør (Schartau m.fl. 2020) forventes det derfor at også andre vannplanter enn krypsiv vil kunne danne massevekst i elver på Sørlandet.

5 Konklusjon

Rysstadbassenget har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Klipping og harving blir ansett som det mest praktiske tiltaket mot krypsiv, men det er uklart hvor raskt gjenveksten skjer. Rysstadbassenget er blitt kalket med dosereralking siden april 2021, og det er viktig å sikre at kalkingen ikke fører til ytterligere vekst av krypsiv eller forårsaker andre problemer. Formålet med prosjektet var derfor å finne ut om kalkingen påvirker krypsiv-biomassen og forekomst av andre vannplanter, og hvor raskt krypsiv reetableres etter tiltak. Våre konklusjoner to år etter tiltaket, og ett år og 4 mnd. etter at kalkingen startet, er:

- Selv om klipping og harving førte til en betydelig reduksjon i krypsiv-biomasse, er det urealistisk å forvente å «bli kvitt krypsiv» ved mekanisk fjerning.
- Krypsiv «flekkene» er til en viss grad dynamiske. Observerte «naturlige» endringer (det betyr endringer som ikke er relatert til tiltak) i dekningsgrad av krypsiv var opptil rundt 15%, og svingninger i gjennomsnittlig krypsivlengde var opptil cirka 20 cm i løpet av to år.
- To år etter tiltaket var krypsiv-biomassen tilbake på omtrent samme nivå som før. Vi observerte lite gjenvekst i løpet av det første året, og en større økning i løpet av det andre året etter tiltaket. Det må forventes at mekanisk fjerning av krypsiv i elver i Norge generelt må gjentas hvert andre til tredje år.
- Ett år og fire måneder etter at kalkdoseren ble satt i full drift fant vi ingen tegn til at kalkingen påvirket dekningsgrad eller plantelengde av krypsiv i Rysstadbassenget.
- Vi har observert en økning i forekomst av flotgras, tjønnaks og tusenblad i Rysstadbassenget. Økningen i forekomsten av andre vannplanter skyldes med overveiende sannsynlighet kalkingen. Forekomst av andre vannplanter i Rysstadbassenget var, på et generelt nivå, fremdeles forholdsvis liten, men om veksten skulle fortsette vil tjønnaks potensielt kunne oppleves som enda mer problematisk for båtkjøring og fiske enn krypsiv.
- Med generelt avtakende sur nedbør forventes det at også andre vannplanter enn krypsiv vil kunne danne massevekst i elver på Sørlandet.

6 Referanser

- Baatrup-Pedersen, A., Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Andersen, D.K., Riis, T., Kronvang, B., Rasmussen, J.J. (2018). Evaluating effects of weed cutting on water level and ecological status in Danish lowland streams. *Freshwater Biology* 63, 652-661.
- Bal, L.K.D., Verschoren, V., Sara, J.R., Meire, P., Schoelynck, J. (2017). Consequences of different cutting regimes on regrowth and nutrient stoichiometry of *Sparganium erectum* L. and *Potamogeton natans*. *River Res Applic.* 2017;33:1420-1427.
- Barlaup, B.T., med flere (2021). Bleka i Byglandsfjorden 2018-2021 – status, trusler og anbefalte tiltak. LFI rapport 422.
- Brandrud, T.E. (1995). Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. En konsekvensutredning. NIVA-rapport 3266.
- Brandrud, T.E. (2002). Effects of liming on aquatic macrophytes, with emphasis on Scandinavia. *Aquatic Botany* 73, 395-404.
- Fyson, A. (2000). Angiosperms in acidic waters at pH 3 and below. *Hydrobiologia* 433, 129-135.
- Hall, R. O., Jr. and others 2015. Turbidity, light, temperature, and hydropeaking control primary productivity in the Colorado River, Grand Canyon. *Limnology and Oceanography* 60: 512-526
- Hindar, A., Grande, M. (1987). Otra 1980-1986 – tiltaksorientert overvåking. NIVA-rapport 2056.
- Johansen, S. W. (1997). Krypsiv i Suldalslågen 1997 – status for utbredelse og omfang før kalking. NIVA-rapport 3757.
- Johansen, S.W., Brandrud, T.E., Mjelde, M. 2000. Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv. Kunnskapsstatus. NIVA-rapport 4321-2000.
- Johansen, S. W. (2002). Tiltaksplan for fjerning av krypsiv i Otra gjennom Valle kommune. NIVA rapport 4579.
- Johansen, S. W. (2006). Vekst av krypsiv i elver. Betydningen av redusert vannføring i forhold til andre miljøendringer. NVE-rapport. Miljøbasert vannføring 8-2006.
- Kaste, Ø., Hindar, A. (1994). tiltak mot forsuring av Otra – kalkingsplan. NIVA-rapport 3052.
- Kujawa, E.R., m.fl. (2017). Lessons from a decade of lake management: effects of herbicides on Eurasian watermilfoil and native plant communities. *Ecosphere* 8, e01718.
- Kviljo, T. (2021). Mandalselva ved Sveindal – gjenvekst av vannvegetasjon etter opprensningstiltak. Vurdering av elvebunn og vannvegetasjon tre år etter gjennomføring av opprensningstiltak. Terrateknikk undersøkelse 24 –2021.
- Lindstrøm, E-A., Brettum, P., Johansen, S.W., Mjelde, M. 2004. Vannvegetasjon i norske vassdrag. Kritiske grenseverdier for forsuring. Effekter av kalking. NIVA-rapport 4821-2004.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Roelofs, J.G.M., Schneider, S.C., Smolders, A.J.P. (2016). Long-term effects of liming in Norwegian softwater lakes: the rise and fall of bulbous rush (*Juncus bulbosus*) and decline of isoetid vegetation. *Freshwater Biology* 61, 769-82.
- Mjelde, M., Kaste, Ø., Haraldstad, T., Moe, T. F., Barlaup, B. T., Pulg, U. (2012). Innfrysing av krypsiv nedstrøms Brokke kraftverk vinteren 2011; Vurdering av drift og sedimentasjon av løsrevet krypsiv på stasjoner i Otra nedstrøms tiltaket. NIVA-rapport 6337-2012.
- Moe T.M., Demars B.O.L. (2017) Årsrapport krypsivovervåking 2017. NIVA rapport 7202.
- Ousdal, J.-O., Gadomska, A.M. 2011. Fjerning av krypsiv ved innfrysing i Otra vinteren 2011. Foreløpig vurdering. Karttjenester AS, notat 29.7.2011, 14 s.
- 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 (1987). Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport 1997.

- Rørslett, B. (1991). Krypsiv i Otra nedstrøms Brokke: storskala innfrysningsforsøk 1991. NIVA-rapport 2660.
- Schartau, A.K., Birkeland, I.B., Bodin, C.L., Garmo, Ø., Lie, E.F., Saksgård, R., Skancke, L.B., Velle, G., Walseng, B. (2020). Forsuringstilstand og trender i norske innsjøer og elver med biologisk overvåking. Miljødirektoratets Overvåkningsrapport M-1823 – 2020.
- Schneider, S.C., Andersen, E.E., Mutinova, P. (2022). Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad. NIVA rapport 7733-2022.
- Schneider, S.C., Demars, B.O.D. (2020). Vannplanter i Otra oppstrøms Brokke før og nå, og hva det betyr for problemvekst av krypsiv. NIVA rapport 7484-2020.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no