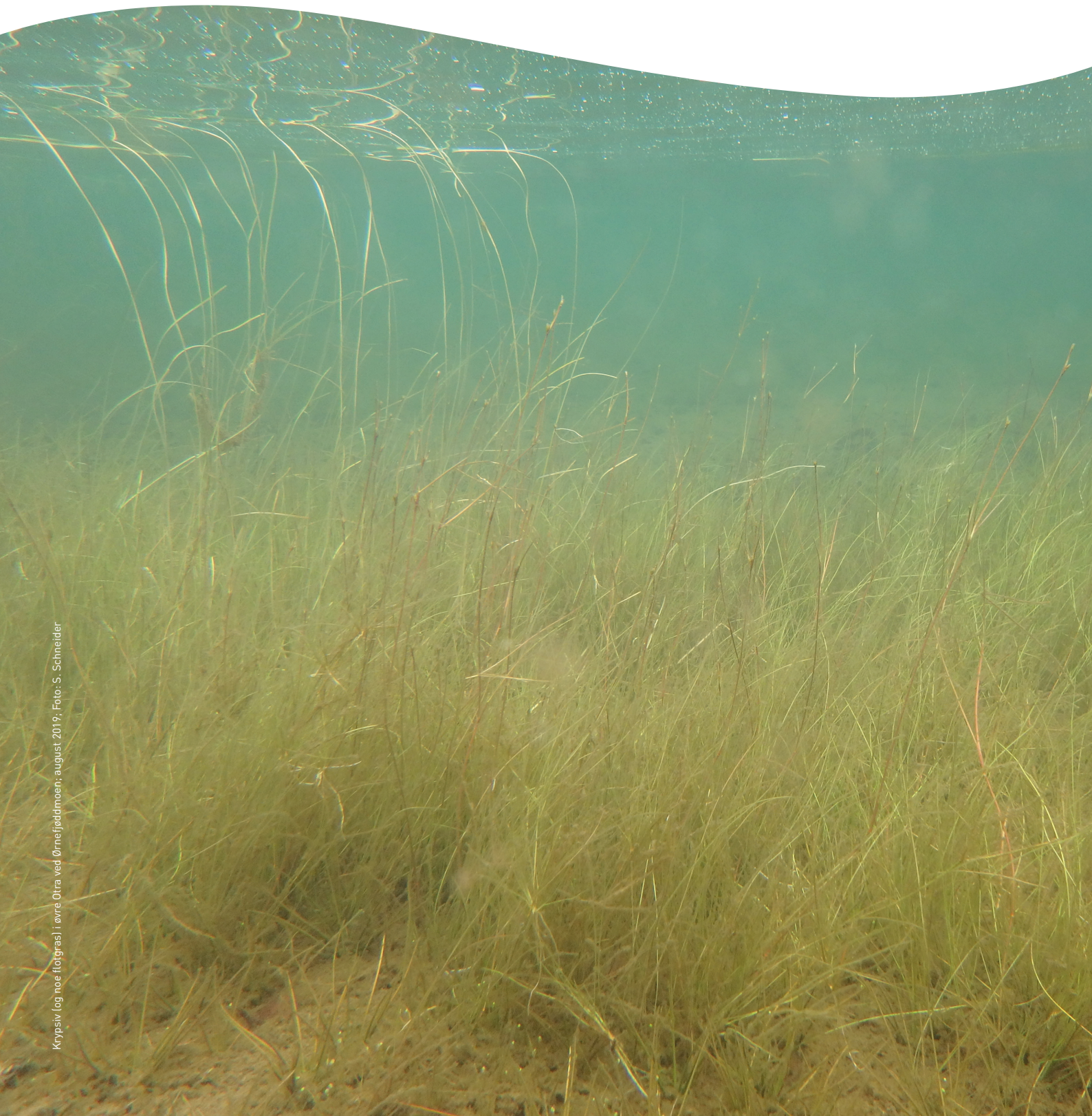


Vannplanter i Otra oppstrøms Brokke før og nå, og hva det betyr for problemvekst av krypsiv



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 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 Vannplanter i Otra oppstrøms Brokke før og nå, og hva det betyr for problemvekst av krypsiv	Løpenummer 7484-2020	Dato 25.03.2020
Forfatter(e) Susanne C. Schneider Benoit Demars	Fagområde Ferskvannsbiologi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Setesdal	Sider 39 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Krypsivprosjektet på Sørlandet	Oppdragsreferanse Kristin Uleberg
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 190087

Sammendrag

I denne rapporten sammenstiller vi historiske data om utviklingen av vannplanter oppstrøms Brokke, rapporterer resultater fra en kartlegging av vannplanter i august 2019, og tolker resultatene i lys av det overordnede spørsmålet: «Hvorfor har vi problemvekst av krypsiv i øvre deler av Otra?» Det ser ut til at krypsiv trengte omtrent 20-40 år for å bygge opp biomasser som ligner dagens tilstand. Mellom Bykil og Brokke muliggjør en rekke ulike faktorer økt vekst og redusert dødelighet av vannplanter, og det er sannsynlig at det er summen av disse faktorene som fører til massevekst. (1) Redusert isgang kan føre til økt overlevelse av vannplantene gjennom vinteren. (2) Høyere og mindre variabel vannstand fører til at vannplantene kan vokse på et større område. (3) Reduserte flomtopper fører til lavere dødelighet av vannplanter i flomsituasjoner, og høyere minimumsvannstand fører til mindre uttørking/innfrysning av vannplanter. (4) Lavere vannhastighet i terskelbassenger fører til sedimentering av finmateriale. Nedbrytning av dette materiale frigjør CO₂ og næringssalter, som vannplanter bruker til økt vekst. (5) Denne effekten forsterkes av tilførsler av næringssalter og organisk materiale fra for eksempel renseanlegg eller spredt avløp, selv om målte konsentrasjoner i Otra er lave. En økning i tilgjengeligheten av CO₂, som kan være liten så lenge den foregår over lang tid, og som ofte er koblet sammen med økt tilgjengelighet av NH₄⁺ og delvis også fosfor, kan være en fellesnevner som muligens generelt kan forklare økt forekomst av krypsiv i ulike habitater i Norge.

Fire emneord	Four keywords
1. krypsiv	1. Juncus bulbosus
2. Otra	2. Otra river
3. problemvekst	3. nuisance growth
4. vannplanter	4. macrophytes

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

Susanne C. Schneider

Prosjektleder

Therese Fosholt Moe

Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7219-2

NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Vannplanter i Otra oppstrøms Brokke før og nå,
og hva det betyr for problemvekst av krypsiv**

Forord

Denne rapporten sammenstiller historisk informasjon om vannplanter i Otra oppstrøms Brokke, og beskriver resultatene fra vannplanteundersøkelser på 21 stasjoner i august 2019. Resultatene tolkes i lys av det overordnede spørsmålet: Hvorfor har vi problemvekst av krypsiv i øvre deler av Otra?

Oppdragsgiver er Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS). Deres representant har vært Kristin Uleberg, som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeid er utført av Susanne Schneider og Benoît Demars (NIVA). Vi takker Jan Vermaat (NMBU) for logistisk hjelp under feltarbeidet, og Leonhard Jansen (Setesdalsmuseet) for meget spennende bilder av Otra ved Rysstad. Bearbeidelse av data er utført av Susanne Schneider, og Susanne Schneider og Benoît Demars har hatt ansvar for rapporten. Kvalitetssikring av rapporten er utført av Therese Fosholt Moe (NIVA).

Oslo, mars 2020



Susanne Schneider

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Formål.....	9
1.3	Regulering i øvre Otra.....	10
1.4	Vannføring og vannstand i øvre Otra.....	11
1.5	Utvikling av krypsiv i Rystadbassenget.....	13
2	Metode	16
2.1	Befaring av området oppstrøms Brokke.....	16
2.1.1	Registrering av vannplanter	18
2.1.2	Andre registreringer i 2019	19
2.2	Sammenstilling av historiske data om vannplanter.....	19
3	Resultater	21
3.1	Registrering av vannplanter i 2019	21
3.2	Historiske data om vannplanter i øvre Otra	22
3.2.1	Årene før 1964.....	22
3.2.2	Årene 1976-77	24
3.2.3	Årene 1988-89	25
3.2.4	Årene mellom 1990 og 2005	26
3.2.5	Kartlegging med flyfotografering i 2005 og 2010.....	26
4	Diskusjon	28
4.1	Litt om krypsiv-økologi.....	28
4.2	Vegetasjonsutvikling oppstrøms Brokke og mulige årsaker	30
4.3	Finnes det en overordnet forklaringsfaktor for all massevekst av krypsiv i Norge?	35
5	Referanser.....	38
6	Vedlegg.....	40

Sammendrag

Etter etableringen av Brokke kraftverk i 1964 er det rapportert om utfordringer med massevekst av krypsiv i Otra, både oppstrøms og nedstrøms kraftverket. I denne rapporten sammenstiller vi historiske data om utviklingen av vannplanter oppstrøms Brokke (heretter «øvre Otra»), rapporterer resultater fra en kartlegging av vannplanter i august 2019, og tolker resultatene i lys av det overordnede spørsmålet: «Hvorfor har vi problemvekst av krypsiv i øvre deler av Otra?»

All tilgjengelig informasjon tyder på at krypsiv «alltid» har vært en naturlig del av vann-vegetasjonen i øvre Otra, dog i mindre bestander. Det er sannsynlig at krypsiv og andre vannplanter allerede før reguleringen forekom i opp til moderate bestander i naturlige bassenger i elva. Det finnes også grunn til å tro at disse forekomstene allerede før reguleringen var noe økt sammenliknet med naturtilstanden, men forekomstene var ikke i nærheten av å være så massive som det vi har sett etter reguleringen.

Etter reguleringen er store mengder vannplanter i øvre Otra kun beskrevet nedstrøms Bykil, mens det oppstrøms Bykil kun er beskrevet spredte bestander av (mest kortvokst) krypsiv. I 2019 ble det oppdaget ett unntak fra dette: I terskelbassenget ved Sveigefoss ble det registrert store bestander av både krypsiv og tusenblad. Denne veksten ser ut til å ha skjedd mellom 2010 og 2019, men om det kan ha sammenheng med byggingen av Sarvsfossen dam er ukjent. I Bykil ble det beskrevet tett undervannsvegetasjon kun i 1976/77, og dette er det eneste eksemplet fra øvre Otra der økte mengder makrovegetasjon ser ut til å ha gått tilbake av seg selv. En mulig forklaring kan være at «slam» som stammer fra utbygginger i forbindelse med etablering av Brokke kraftverk (og som ble beskrevet i tidligere rapporter om vannplanter i Otra) førte til en engangstilførsel av nærings- og karbonrikt materiale, som sedimenterte i Bykil. Dette kan i første omgang ha ført til økt vekst av vannplanter, men etterfulgt av en kollaps da materialet var blitt brukt opp. Nedstrøms Bykil er det siden 1976/77 beskrevet store bestander av krypsiv fra nesten alle terskelbassenger ned til utløpet av Brokke kraftverk. Krypsiv-biomassen ser ut til å ha økt i alle disse områdene i løpet av 1980- og 1990-tallet, mens det siden 2000-tallet ser ut til at det har vært en mer eller mindre stabil høy biomasse av krypsiv og andre vannplanter.

I øvre Otra ser det ut til at krypsiv trengte omtrent 20-40 år for å bygge opp biomasser som ligner dagens tilstand. Mellom Bykil og Brokke muliggjør en rekke ulike faktorer økt vekst og redusert dødelighet av vannplanter, og det er sannsynlig at det er summen av disse faktorene som fører til massevekst. (1) I dypere terskelbassenger er isgangen ikke sterk nok til å kunne rive med seg større mengder med vannplanter. Dette kan føre til økt *overlevelse* av vannplantene gjennom vinteren, slik at de over flere år kan bygge opp større biomasser. (2) I terskelbassengene er vannstanden mindre variabel, og gjennomsnittsvannstand noe høyere enn før reguleringen. Dette fører til at *vannplantene kan vokse på et større område* i hvert terskelbasseng, noe som medfører at biomassen blir mer synlig. (3) Reduserte flomtopper pga regulering fører til *lavere dødelighet* av vannplanter i flomsituasjoner, og høyere minimumsvannstand fører til mindre uttørking/innfrysning av vannplanter, slik at de *over flere år kan bygge opp større biomasser*. (4) Lavere vannhastighet og større vanddybde i terskelbassenger fører til sedimentering av finmateriale. Dette kan gi *større areal for kolonisering*, samt at nedbrytning av dette materiale frigjør CO₂ og næringsalter, som vannplanter bruker til økt vekst. (5) Denne effekten forsterkes av tilførsler av næringsalter og organisk materiale fra for eksempel renseanlegg eller spredt avløp, selv om målte konsentrasjoner i Otra er lave.

En økning i tilgjengeligheten av CO₂, som kan være liten så lenge den foregår over lang tid, og som ofte er koblet sammen med økt tilgjengelighet av NH₄⁺ og delvis også fosfor, kan være en fellesnevner som muligens generelt kan forklare økt forekomst av krypsiv i ulike habitater i Norge.

Summary

Title: Macrophyte vegetation in the river Otra upstream of Brokke, with a focus on the mass development of *Juncus bulbosus*

Year: 2020

Author(s): Susanne Schneider and Benoît Demars

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7219-2

Mass development of bulbous rush (*Juncus bulbosus*) has been reported in the river Otra since 1964, after the establishment of the Brokke power plant. In this report, we bring together existing information on the distribution of aquatic macrophytes upstream of Brokke, report the results of macrophyte mapping in 2019, and discuss the results with respect to the question: why is there a mass development of *Juncus bulbosus* in the upper Otra?

All available information indicates that *Juncus bulbosus* is a natural part of the macrophyte community in the upper Otra. It is likely that *Juncus bulbosus* and other macrophytes occurred in moderate abundances, in naturally slow flowing river reaches, prior to river regulation. These occurrences may already have been somewhat higher than in unimpacted reference conditions. However, massive abundances of macrophytes were only reported after the construction of Brokke power plant in 1964.

Since the 1970s, large amounts of macrophytes were reported in several river stretches downstream from Bykil, while upstream of Bykil, *Juncus bulbosus* occurred only in small patches, and the plants were mostly short in stature. In 2019, however, we found large abundances of *Juncus bulbosus* and *Myriophyllum alterniflorum* in the weir basin at Sveigefoss, i.e. upstream of Bykil. These stands seem to have developed between 2000 and 2019, but we do not know if this may be related to the construction of the Sarvsfossen dam.

In Bykil, dense macrophyte vegetation was only reported in 1976/77. This is a possible example of “natural” biomass reduction from the upper Otra. This may be a consequence of the sedimentation of nutrient and carbon rich material originating from the construction works for the river regulation, in Bykil. This material may have caused an initial increase in macrophyte growth and biomass, followed by a decline when the sediment became depleted of carbon and nutrients.

Downstream of Bykil, large amounts of *Juncus bulbosus* have been consistently reported since 1976/77 in almost all weir basins. The biomass of *Juncus bulbosus* and other macrophytes seems to have increased during the 1980s and 90s, to reach a relatively stable high abundance since then.

Several factors enable increased growth and reduced dieback of *Juncus bulbosus* between Bykil and Brokke, and the sum of these factors may lead to “nuisance growth”. (1) Deep weir basins do not freeze deeply enough, meaning that more plants survive the winter and continue to build biomass over several years. (2) The water level is less variable and, on average, higher than before river regulation. Water plants can therefore grow over larger areas, leading to more visible biomass. (3) Reduced intensity of floods due to regulation causes reduced water plant losses, and higher minimum water levels leads to less freezing and drying of water plants. Consequently, water plants can build up a large biomass over several years. (4) Lower flow velocity and greater depth in weir basins leads to sedimentation of nutrient and carbon rich material. Degradation of this material leads to increased availability of CO₂ and nutrients, which may be used by water plants for growth. (5) This effect is likely to be exacerbated by nutrients and organic carbon from wastewater treatment plants

and other point and diffuse sources, even though measured water nutrient concentrations in the Otra are very low.

An increased availability of CO₂, which may be small but occurring over long periods of time, and often occurring together with an increased availability of NH₄⁺ and phosphorus, may be a common factor which is generally related to *Juncus bulbosus* nuisance growth in different habitat types in Norway.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

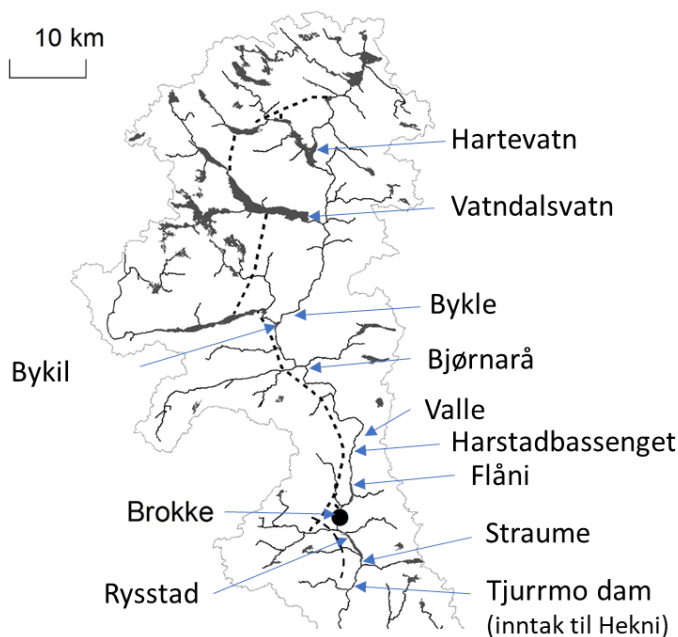
Otra har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv, men det er hittil ikke funnet en enkel årsak som kan forklare problemveksten. Regulering har vært foreslått som mulig forklaring, blant annet fordi det har vært observert massevekst nedstrøms utløp fra flere kraftverk. En av disse områdene er strekningen nedstrøms Brokke kraftverk. Det finnes i dag detaljerte data om dekningsgraden av krypsiv nedstrøms Brokke (Velle m.fl. 2019), men vi mangler oppdatert informasjon om i hvilken grad krypsiv og andre vannplanter er utbredt i øvre deler av vassdraget. Selv om krypsiv nok oppfattes som et større problem nedstrøms Brokke enn i øvre deler av vassdraget, er kunnskap om dette viktig for å kunne bedømme i hvilken grad krypsiv faktisk øker nedstrøms, eller om det bare blir «mer synlig». Informasjon om krypsivets mengde oppstrøms i vassdraget er også viktig for å kunne si noe om mulige årsaker til masseveksten nedstrøms, inkludert hvilken rolle vannkraft spiller. Det er også viktig å kartlegge andre vannplanter, for å få informasjon om i hvilken grad konkurranse med andre planter bidrar til problemvekst, og hvorvidt det kun er krypsiv, eller alle vannplanter, som eventuelt øker nedstrøms kraftverk.

Et forholdsvis stilleflytende område mellom Bjørgum og Straume, nedstrøms utløpet av Brokke kraftverk, 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. I Rysstadbassenget ble det observert økende begroing med krypsiv på 1970-tallet, og mer enn 50 % av bassenget var dekket med krypsiv på 1980-tallet (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).

1.2 Formål

I denne rapporten sammenstiller vi historiske data fra oppstrøms Brokke for å få en oversikt over hvor det tidligere har blitt observert større mengder krypsiv eller andre vannplanter, og rapporterer resultatene fra en befaring av vannvegetasjonen i august 2019. Resultatene diskuteres i lys av det overordnede spørsmålet: «Hvorfor har vi problemvekst av krypsiv i øvre deler av Otra?»

Figur 1 gir en oversikt over området som omtales i denne rapporten, og viser noen viktige steder i vassdraget. Brokke kraftverk er avmerket, og området oppstrøms Brokke er i rapporten omtalt som «øvre Otra».



Figur 1. Øvre del av Otra-vassdraget, med viktige stedsnavn. Vann til venstre for den stiplede linja overføres til Brokke kraftstasjon (sort sirkel). Kart basert på Wright m.fl. (2017).

1.3 Regulering i øvre Otra

For å vurdere og forstå endringene i mengden krypsiv og andre vannplanter i øvre Otra er det nødvendig med informasjon om reguleringene på denne strekningen, og hvordan dette har påvirket vannføring og vannstand. Rysstadbassenget er tatt med i denne vurderingen, selv om det ligger nedstrøms Brokke kraftverk, for å sammenlikne utfordringene opp- og nedstrøms kraftverket.

Med unntak av mindre reguleringer for tømmerfløting lå Otra-vassdraget uregulert fram til 1900 (Solem m.fl. 1954). I dag er Otra en av Norges mest regulerede elver. Den første reguleringen i Otra omfattet Byglandsfjorden, og ble gjennomført i årene 1903-1911. De første reguleringene av øvre Otra ble gjennomført i perioden fram til 1921, og omfattet blant annet regulering av Hartevatn og Vatndalsvatn. Siden den gangen er tallrike ytterligere reguleringer gjennomført fram til 2010-tallet.

Den største kraftstasjonen i Otra er Brokke. Kraftverket har gått gjennom ulike utbyggingsfaser. De første to aggregatene ble startet i 1964, det tredje kom i drift i 1965 og det fjerde i 1976 (<https://www.ae.no/virksomhet/vannkraft/kraftstasjoner/brokke-kraftstasjon/>). Ifølge Rørslett m.fl. (1990) var årsproduksjonen ved Brokke kraftverk cirka 1,05 TWh i 1965, og produksjonen økte til 1,47 TWh i 1978, etter at det fjerde aggregatet kom i drift og ytterligere reguleringer ble gjennomført i vassdraget. I dag er den årlige strømproduksjonen ved Brokke kraftverk rundt 1,7 TWh (tall fra Otrakraft).

Rysstadbassenget påvirkes av regulering både ovenfra (Brokke) og nedenfra (Hekni). I forbindelse med Hekni kraftverk ble det bygget en inntaksdam ved Tjurrmo, cirka 9,5 km nedstrøms utløpet fra Brokke. Hekni kraftstasjon er et elvekraftverk som kom i drift i 1995, og produserer cirka 0,23 TWh årlig (https://no.wikipedia.org/wiki/Liste_over_vannkraftverk_i_Norge).

1.4 Vannføring og vannstand i øvre Otra

Etableringen av Brokke kraftverk medførte sterkt redusert vannføring på strekningen mellom Bykle og Brokke. For eksempel ble medianvannføringen ved Valle redusert til 10 % sammenliknet med perioden 1919-1963 (Rørslett m.fl. 1990). Det er pålagt minstevannføring i Otra oppstrøms Brokke. Ved Hoslemo nedstrøms Vatndalsvatnet er minstevannføringen i dag på 4 m³/s om sommeren, og 2 m³/s om vinteren. Mellom Sarvfossen dam ved Bykle og Bykil er vannføringen svært begrenset (det skal slippes 20 l/s fra 15. juni til 1. september). Fra dammen ved Bykil skal det alltid slippes minst 0,2 m³/s, slik at vannstanden lenger ned ved Valle blir på minst 5 m³/s om sommeren, og 2 m³/s om vinteren. Minstevannføringene var delvis noe lavere i konsesjonen fra 1974, og økte litt til dagens status i 2004.

For å bøte på konsekvensene av den reduserte vannføringen ble det bygget en rekke terskler. De fleste av tersklene oppstrøms Brokke ble bygget i slutten av 1960-årene (Rørslett m.fl. 1990). I terskelbassengene er vannstanden som regel effektivt hevet og variasjonen i vannstand redusert sammenliknet med situasjonen før reguleringen. Rørslett m.fl. (1990) beregnet en heving av vannstanden på 1 m i terskelbassengene mellom Flåni og Bjørnarå. I terskelbassengene har vi altså redusert vannføring, men samtidig økt vannstand og mindre vannstandsvariasjon sammenliknet med situasjonen før reguleringen. Det betyr at vannhastigheten i terskelbassengene er lavere enn før reguleringen, og den lave vannhastigheten kan føre til sedimentasjon av finmateriale i bassengene.

Effekten av reguleringen på vannføring og vannstand i Rysstadbassenget nedstrøms utløpet fra Brokke kraftverk er litt mer komplisert. Siden byggingen av Brokke kraftverk har **vannføringen** i Rysstadbassenget i all hovedsak blitt bestemt av driftsvannføringen på Brokke, samt noe tilsig fra Valle. Byggingen av Brokke kraftverk førte i utgangspunktet ikke til en større forandring i den årlige gjennomsnittsvannføringen i Rysstadbassenget (Rørslett 1987). Men siden Brokke ble satt i drift var vannføringen i Rysstadbassenget om vinteren høyere, og om sommeren lavere, enn før reguleringen. Den høye vintervannføringen førte til **fravær av isdannelse** i Rysstadbassenget etter reguleringen. I tillegg ble **døgnvariasjonen** i vannføringen forandret. Rørslett (1987) fikk adgang til data fra 1986 og nevner at døgnvariasjoner på 50 m³/s og mer forekom i 5-10 % av tiden. Johansen (2002) analyserte data fra 2001/2002 og nevner at det forekom på døgnbasis endringer i driftsvannføringen fra 0 til 130 m³/s i enkelte perioder, mens andre perioder hadde en mer stabil vannføring. I dag er døgnvariasjoner i driftsvannføringen på 50 m³/s og mer ganske vanlige.

Før byggingen av inntaksdammen til Hekni kraftstasjon ved Tjurrmo førte variasjonene i **vannføringen** også til noen variasjoner i **vannstand** i Rysstadbassenget. Hvor høye svingningene i vannstanden faktisk var er usikkert (Rørslett 1987), men bilder tatt av

Rysstadbassenget før bygging av dammen ved Tjurrmo viser at vannstanden i hvert fall til tider var ganske lav. I dag utgjør endringene i driftsvannføring ved Brokke ikke noen større endringer i vannstanden i Rysstadbassenget, siden vannstanden siden 1995 i praksis har vært regulert ved Tjurrmo dam. Denne dammen er 170 m lang og 10 m høy, og hevet vannspeilet i Otra med 6-8 m (Johansen 2002). Selv om inntaksmagasinet regnes kun til Straume bru, er i realiteten vannstanden i Rysstadbassenget også påvirket. Rørslett (1987) beregnet at medianvannstand ved Rysstad økte med cirka 0,25 m etter at inntaksdammen til Hekni kraftverk ble bygd. Samtidig ble **variasjonen** i vannstanden i Rysstadbassenget antakelig betraktelig redusert, siden vannstanden ved Tjurrmodammen reguleres med maksimum 1 m gjennom hele året. Det betyr at vannstanden i Rysstadbassenget i dag er noe høyere enn før byggingen av inntaksdammen til Hekni i 1995, og samtidig mye mindre variabel enn før bygging av Brokke i 1964.

Endringene i vannføring og vannstand i Rysstadbassenget, og hvordan dette antas å ha påvirket krypsiv, er sammenfattet i Boks 1.

Boks 1: Vannstand og vannføring i Rysstadbassenget (Otra mellom Bjørgom og Straume), og hypoteser om hvordan endringene kan ha påvirket krypsiv.

Før bygging av Brokke i 1964

- Lav vintervannføring (førte til regelmessig innfrysning)
- Høy sommervannføring, inkludert større flommer
- Lave døgnvariasjoner i vannføring og vannstand
- Store årsvariasjoner i vannstand og vannføring

Hypotese: Krypsiv klarte kun å overleve på dypere områder, fordi grunne områder ble tørrlagt om vinteren og frøs til. I tillegg forhindret mer eller mindre regelmessige flommer, men også uregelmessig forekommende tørkeperioder om sommeren, etablering av krypsiv på grunnere områder.

Mellom bygging av Brokke og bygging av inntaksdammen til Hekni (1964-1995)

- Høyere vintervannføring enn før regulering, ingen innfrysning
- Lavere sommervannføring enn før regulering, særlig flomtoppene er lavere
- Store døgnvariasjoner i vannføring og vannstand
- Lavere årsvariasjoner i vannføring og vannstand enn før reguleringen

Hypotese: Høy vintervannføring og fravær av is fører til at krypsiv overlever vinteren også på grunnere områder; lavere flomtopper og fravær av tørkeperioder om sommeren kan heller ikke begrense utbredelsen av krypsiv.

Etter 1995 (bygging av inntaksdammen ved Tjurrmo)

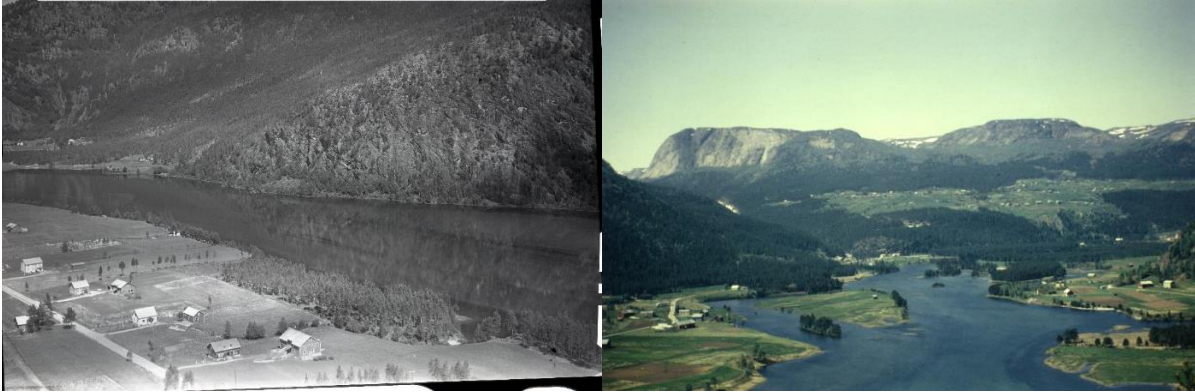
- Høyere vintervannføring enn før regulering, ingen innfrysning
- Lavere sommervannføring enn før regulering, særlig flomtoppene er lavere
- Store døgnvariasjoner i **vannføring**
- Lavere døgnvariasjoner i, og generelt noe høyere, **vannstand** enn i perioden 1964-1995
- Lavere årsvariasjoner i vannføring og vannstand enn før regulering

Hypotese: Høyere vannstand fører til enda mer tilgjengelig habitat for krypsiv; vannstanden er blitt enda mer stabil, og det samme gjelder for sedimentet; disse faktorene fører til enda større forekomst av krypsiv.

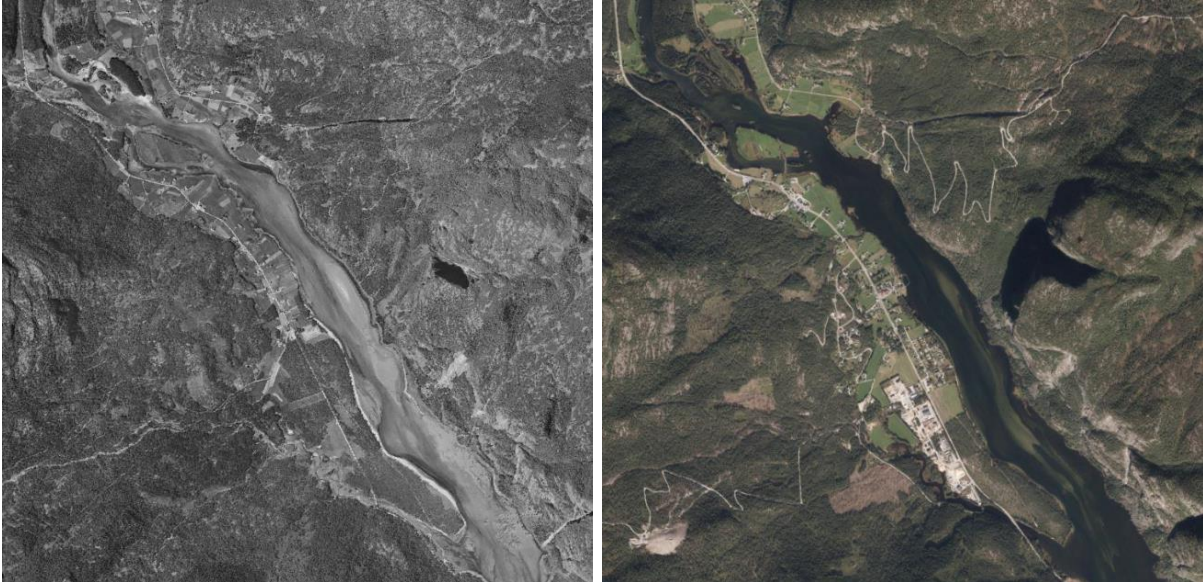
1.5 Utvikling av krypsiv i Rysstadbassenget

For å kunne tolke problemvekst i øvre Otra er det viktig å få en oversikt over hvordan krypsiv har utviklet seg i Rysstadbassenget, det vil si like nedstrøms utløpet fra Brokke kraftverk, og like nedstrøms det området som ble kartlagt i denne rapporten. Det finnes ingen dokumenterte registreringer av vannvegetasjon fra perioden før byggingen av Brokke kraftverk. Bilder fra Setesdalsmuseet og fra www.norgebilder.no (Figur 2 og 3) viser

imidlertid at det var lite undervannsvegetasjon i Rysstadbassenget **før 1964**. Dette rimer med beretninger fra lokalbefolkningen, som sier at det var lite krypsiv, men at krypsiv likevel var tilstede. To personer vi har snakket med husket at det var gode fiskeplasser rundt «gresset», men at man måtte unngå å kaste lina inn i det. Rørslett (1987) analyserte flybilder tatt i 1959 og 1962, og kom også fram til at krypsiv var tilstede i Rysstadbassenget, men at undervannsvegetasjonen var «sparsom» eller «middels tett». All tilgjengelig informasjon sier dermed at krypsiv fantes i Rysstadbassenget allerede før 1964, men kun i forholdsvis små mengder.



Figur 2. Rysstadbassenget før utbygning av Brokke; venstre: 8.7.1955; høyre: cirka 1963; på bildene ser man at det er mye sand og lite vannplanter. Kilder: venstre: © Widerøe Flyveselskap A/S; høyre: © Lars Liestøl; begge bilder fikk vi av Leonhard Jansen, Setesdalsmuseet.

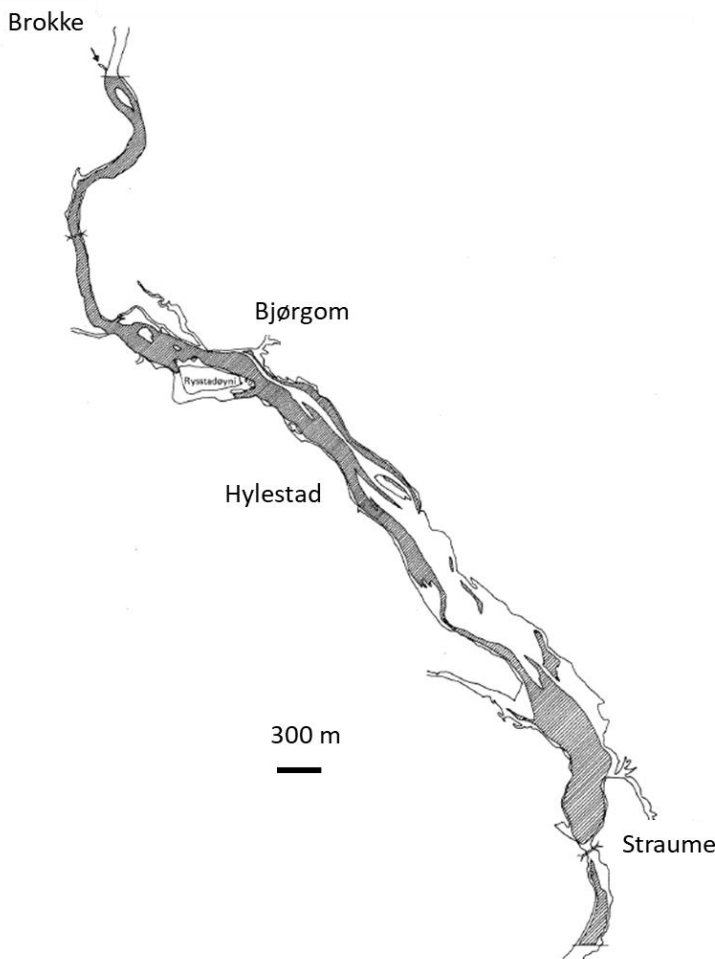


Figur 3. Rysstadbassenget; venstre: 1959; høyre: 2015. Vannstanden i Rysstadbassenget er høyere i 2015 enn i 1959; i 1959 bestod store deler av bunnen av sand, mens det er tett undervannsvegetasjon av krypsiv i 2015. Kilde: www.norgebilder.no

Fra flybilder tatt i **1970** beskrev Rørslett (1987) «omfattende kolonier» og en «betydelig økning» i forekomsten av undervannsvegetasjon sammenliknet med bilder tatt i 1962. De første vegetasjonsregistreringene fra Rysstadbassenget er fra **1976-1977** (Rørslett m.fl.

1981). Der beskrives det slamavsetninger som mest sannsynlig oppsto i forbindelse med bygging av Brokke kraftverk (Rørslett m.fl. 1981). Det var et vanlig fenomen at disse slamavsetningene var kolonisert med krypsiv. Det beskrives omfattende begroing med krypsiv ned til Straume.

I **1986** ble Rysstadbassenget kartlagt ved hjelp av feltregistreringer og flybilder (Rørslett 1987). Undersøkelsene viste at 55 % av strekningen mellom utløp av Brokke kraftverk og Straume var bevokest med krypsiv (**Figur 4**). Undersøkelser i forbindelse med tiltak viste en nedgang i utbredelse av krypsiv mellom 1988 og 1991, som følge av innfrysingsforsøket som ble gjennomført vinteren 1990/91. Men allerede i **1996** var 62% av arealet tett begrodd av krypsiv, og 12% viste spredt begroing (upubliserede resultater omtalt i Johansen 2002).



Figur 4. Krypsiv i Rysstadbassenget i 1986. Heldekkende skravur markerer meget tett vegetasjon av krypsiv. Fra Rørslett (1987).

Kart som er tilgjengelig på agderkart.fylkesmannen.no viser at nesten hele strekningen mellom utløp Brokke kraftverk og Straume var dekket med «massivt krypsiv» både i **2005** og **2010**. Disse områdene ble fotografert fra helikopter (Haraldstad 2008) og ved hjelp av flyfotografering (Reither og Jansen, 2012). Dette stemmer overens med et kart i Ousdal og Gadomska (2012) som viser at nesten hele Rysstadbassenget var dekket med mer enn 50% krypsiv. Velle m.fl. (2014) påpeker imidlertid at tolkning av flybilder kan ha ført til en

overestimering av utbredelse av krypsiv. Dataene må dermed betegnes som noe usikre. Velle m.fl. (2019) undersøkte utbredelsen av krypsiv med snorkling i **2018**, og fant at nesten hele Rysstadbassenget var dekket med mer eller mindre tett krypsiv. Det er ikke mulig å direkte sammenlikne resultatene fra de ulike kildene gjennom årene ettersom undersøkelsesmetodene har vært ulike, men det er svært sannsynlig at deknningen av krypsiv i Rysstadbassenget i dag er høyere enn de 55% som Rørslett (1987) fant i 1986 (Figur 5).

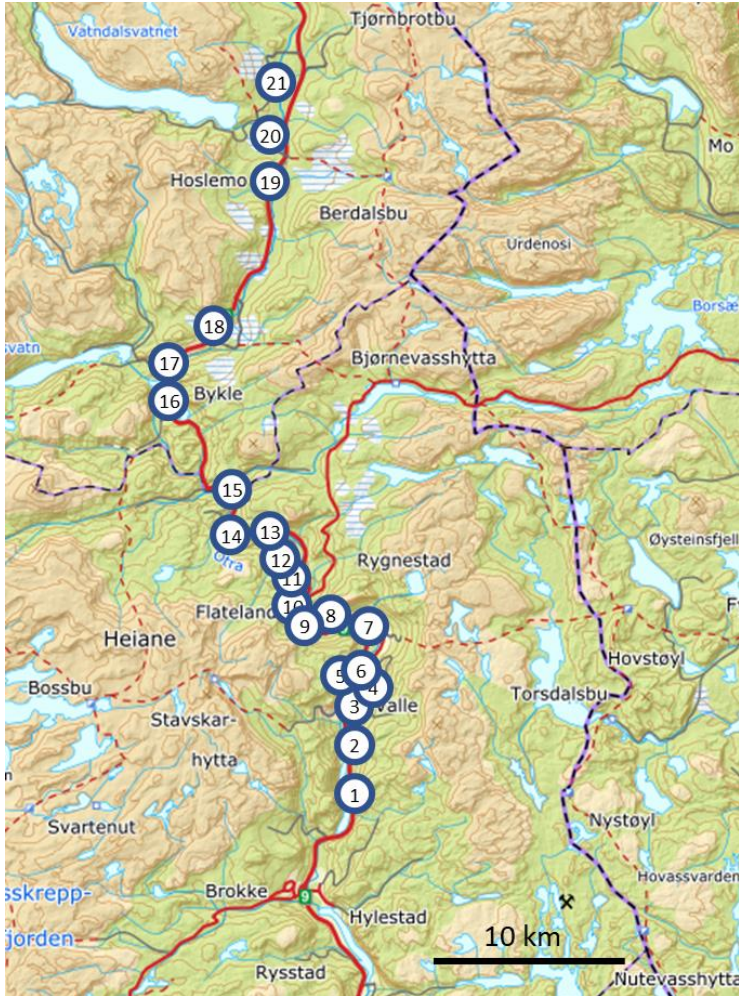


Figur 5. Rysstadbassenget; venstre: 4.7.1992; høyre: 4.8.2019; krypsiv dekker store deler av bunnen på begge bilder; vannstanden økte mellom 1992 og 2019 på grunn av dammen ved Tjurrmo som ble bygget i 1995 (bildet i 2019 ble tatt på, for dagens nivå, forholdsvis lav vannstand, likevel er øya så vidt synlig over vannet på det høyre bildet (i bakgrunnen), mens den er godt synlig på bildet tatt i 1992 (i forgrunnen)). Kilder: venstre: © Leonhard Jansen, Setesdalsmuseet; høyre: © Susanne Schneider.

2 Metode

2.1 Befaring av området oppstrøms Brokke

En befaring av utvalgte områder oppstrøms Brokke ble foretatt 6.-8. august 2019 på 21 stasjoner i Otra mellom Brokke og Hartevatnet (**Figur 6, Tabell 1**). Stasjonene er plassert slik at områder der krypsiv problemvekst ble beskrevet tidligere er prioritert. I tillegg valgte vi ut områder som ut fra topografi og tidligere erfaringer antas å kunne utvikle økt forekomst av krypsiv og andre vannplanter (f.eks. oppstrøms naturlige eller menneskeskapt terskler). På tre stasjoner var forholdene såpass heterogene at vi valgte å dele opp stasjonen i to ulike delområder (A og B). Vannplantene ble da registrert separat i hvert delområde.

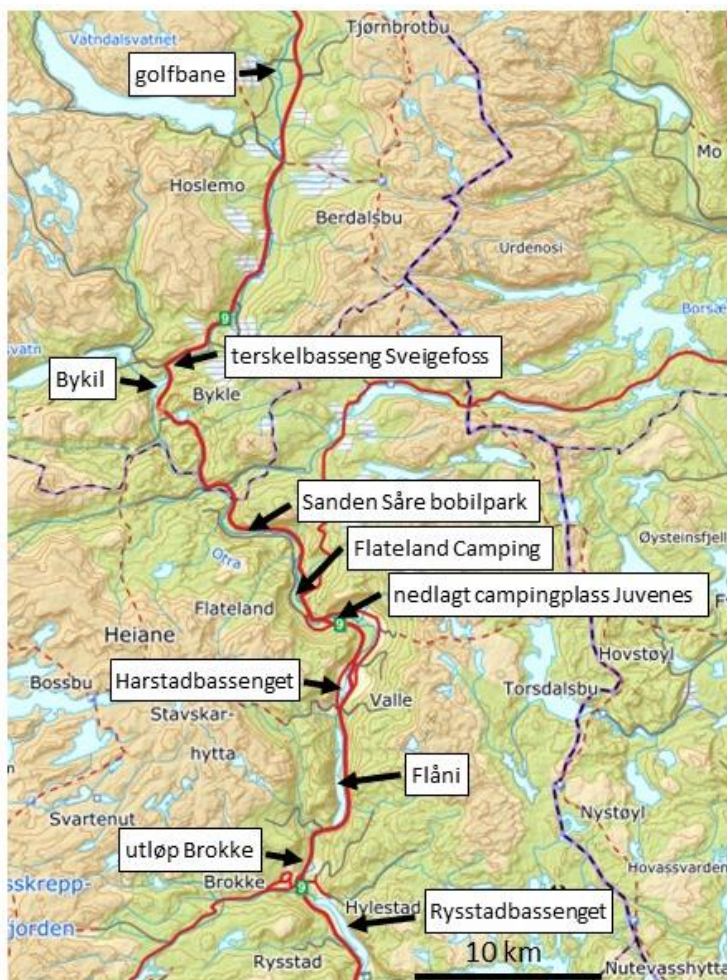


Figur 6. Oversikt over de undersøkte stasjonene i august 2019. Kart: Norgeskart.

Tabell 1. Oversikt over de undersøkte stasjonene i august 2019.

nr.	stasjonsnavn	koordinater (UTM 33)	kartleggingsmetode	delt opp i A/B	ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	bukt ved Sandnes i Flåni	6581608 N, 73507 Ø	forenklet		15,7
2	Sandøyrane, Flåni	6581687 N, 73566 Ø	forenklet		17,2
3	Harstadbassenget sør	6585960 N, 73629 Ø	standard		15,0
4	Harstadbassenget ved avkjørsel til Valle	6586386 N, 74008 Ø	forenklet		39,4
5	Valle badeplass	6587212 N, 73861 Ø	standard	bukt (a) og transekt (b)	13,0
6	bukt ved Valle	6587913 N, 74258 Ø	forenklet		12,8
7	Homane	6589550 N, 75181 Ø	forenklet		12,4
8	nedlagt Campingplass Juvenes	6590064 N, 73018 Ø	standard		12,5
9	Kallefoss Camping	6589795 N, 71990 Ø	forenklet		12,4
10	Flateland Camping	6591032 N, 71367 Ø	standard	transekt (a) og bukt (b)	13,2
11	terskelbaseng ved Flateland	6591766 N, 71178 Ø	forenklet		11,2
12	terskelbaseng Hagefoss	6592608 N, 71029 Ø	standard		11,7
13	Sanden Såre bilpark	6594662 N, 70706 Ø	standard		11,9
14	terskelbaseng ved Drengsøy	6594650 N, 67742 Ø	forenklet		11,3
15	Bjørnarå	6596986 N, 67566 Ø	standard	område (a) og bukt (b)	10,9
16	Bykil ved Sanden	6601905 N, 63611 Ø	forenklet		9,6
17	terskelbaseng Sveigefoss	6603577 N, 64299 Ø	forenklet		30,4
18	terskelbaseng ved Høymyr	6607363 N, 68181 Ø	forenklet		10,0
19	terskelbaseng ved Breifoss	6612979 N, 69748 Ø	forenklet		9,9
20	Flæhyl	6614931 N, 69877 Ø	forenklet		11,9
21	nedstrøms golfbane	6618568 N, 70258 Ø	standard		9,7

For lettere å kunne forstå geografiske sammenhenger gir **figur 7** en oversikt over de viktigste stedsnavnene som omtales i denne rapporten.



Figur 7. Oversikt over noen viktige stedsnavn. Kart: Norgeskart.

2.1.1 Registrering av vannplanter

For å kunne undersøke flest mulig stasjoner (det vil si begrense tiden vi brukte på hver enkelt stasjon) brukte vi en «standard» og en «forenklet» metode for registrering av vannplanter. Den «forenklete» metoden inneholder de samme registreringene som «standard» metoden, med unntak av registrering av dekningsgrad, ulike krypsiv vekstformer og nøyaktig avgrensning av det undersøkte området i kart. Den forenklete metoden ble brukt på stasjoner der vårt førsteinntrykk når vi kom fram til stasjonen var at en full kartlegging ikke ville gi relevant tilleggsinformasjon.

Undersøkelser av mengden krypsiv og andre vannplanter ble utført ved hjelp av vannkikkert og snorkling. Mengden av krypsiv og andre arter av vannplanter ble registrert på hver stasjon i henhold til en 5-punkt-skala (1 = sjelden [< 5 individer], 2 = spredt, 3 = vanlig, 4 = lokalt dominerende, 5 = dominerer lokaliteten). Dette er i henhold til norsk standard for

vannplanteprøvetaking, og er samme metodikk som benyttes for undersøkelser i henhold til vannforskriften. Vannplantene ble bestemt til art der det var mulig (uten blomster/frukt er artsbestemmelsen av *Sparganium*-arter usikker; vi valgte derfor i tilfeller der det ikke var blomster/frukt å bare registrere *Sparganium*-slekten; det samme gjelder noen *Utricularia*-arter uten blomster, og *Nitella* uten oosporer). På stasjoner der vi brukte «standard» metodikken noterte vi også dekningsgrad (% dekning) av alle vannplanter på hver stasjon, og i tillegg dekningsgrad av tre vekstformer av krypsiv: Rosettplanter (har ingen tydelige årsskudd), enkeltsåter (har noe årsskudd og vokser i separate enheter) og såtevekst (domineres av årsskudd og tett sammenvoksing).

2.1.2 Andre registreringer i 2019

På hver stasjon ble konduktivitet og vanntemperatur registrert med et håndholdt måleinstrument (WTW cond 315i). Dominerende sedimenttype ble beskrevet kvalitativt på hver stasjon i tillegg til parametere som kan tenkes å påvirke krypsivets mengde og utbredelse (terskler, algebegroing, forurensing, etc.). Undervannsbilder ble tatt der det var mulig (på noen stasjoner var det for lite lys på grunn av dårlig vær).

2.2 Sammenstilling av historiske data om vannplanter

Vi tok utgangspunktet i Zotero-databasen som ble sammenstilt for Krypsivprosjektet på Sørlandet i 2018, og supplerte med informasjon som vi fant i tillegg. Vi fant og har benyttet originaldata om utbredelse og mengde av vannplanter generelt, og krypsiv spesielt, i Otra oppstrøms Brokke fra følgende kilder:

- Rørslett m.fl. (1981)
Omfattende undersøkelse av Otra gjennomført 1976/77 i forbindelse med planlagte og utførte reguleringer; observasjoner av vannplanter og begroingsalger på 40 stasjoner langs hele Otra (fra Sæsvatn til Venneslafjorden); ingen mengde på vannplantene, kun data om tilstedeværelse eller ei.
- Rørslett m.fl. (1990)
Omfattende undersøkelse av Otra mellom Flåni og Bjørnarå; semikvantitativ kvantifisering (4-trinns skala) av vannplanter i 11 terskelbassenger samt detaljert beskrivelse av vegetasjonen; detaljerte kart inkludert resultater basert på eldre flybilder fra Svortie terskelbasseng (ved Flateland camping) fra 1986 og 1989, og fra Harstad terskelbasseng (1962, 1975, 1989); beregnet at dekning av vannvegetasjon i Flåni økte fra 30 til 57% i perioden 1965 til 1989 (ikke dokumentert i kart).
- Hindar m.fl. (2003)
Forekomst av krypsiv ble registrert semikvantitativt på fire stasjoner mellom Bykle og Hartevatn.
- Haraldstad (2008)
Kart over hele Otra-vassdraget, der områder med «massivt krypsiv» (definert som tette og sammenhengende bestander) er markert; resultatene er tilgjengelige på agderkart.fylkesmannen.no. Resultatene er basert på bilder tatt fra helikopter. Senere

undersøkelser viste at mengden av tett krypsiv muligens ble overestimert, blant annet fordi også annen vannvegetasjon ble registrert som krypsiv.

- Reither og Jansen (2012)

Kart over hele Otra-vassdraget basert på flybilder fra 2010; resultatene er tilgjengelige på agderkart.fylkesmannen.no. Senere undersøkelser viste at mengden av tett krypsiv muligens ble overestimert, blant annet fordi også annen vannvegetasjon ble registrert som krypsiv.

Det finnes også flere publikasjoner som omtaler vannplanter i Otra oppstrøms Brokke, men etter vår gjennomgang av disse ser det ut til at de alle referer til dataene som for første gang ble presentert i publikasjonene nevnt ovenfor.

3 Resultater

3.1 Registrering av vannplanter i 2019

Faktaark for hver stasjon, inkludert bilder og alle registrerte data, finnes i vedlegget. **Tabell 2** sammenstiller registreringene av vannplantene på alle stasjonene.

Tabell 2. Oversikt over registrerte vannplanter på 21 stasjoner i Otra i august 2019; stasjonsnumrene er forklart i Tabell 1.

	1	2	3	4	5A	5B	6	7	8	9	10A	10B	11	12	13	14	15A	15B	16	17	18	19	20	21
<i>Isoetes lacustris</i> (Stivt brasmegras)	2	2		3	3		2	2		2				2	2	1	1		2					3
<i>Isoetes echinospora</i> (Mykt brasmegras)					2			2	1	1				1	2				2					
<i>Juncus bulbosus</i> (Krypsiv)	4	3	5	3	2		3	4	5	3	3	3	2	3	4	3	1	4	2	4		1	2	3
<i>Lobelia dortmanna</i> (Botnegras)	4	3	2				2			1				1	2									
<i>Menyanthes trifoliata</i> (Bukkeblad)																								2
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> (Tusenblad)			2	3	2														1		5			
<i>Nitella c.f. flexilis/opaca</i> (Glansglattkrans/Mattglattkrans)																			1					
<i>Potamogeton natans</i> (Vanlig tjønnaks)			2	5		1	4	2				5												
<i>Potamogeton sp.</i> (Tjønnaaks)	1																							
<i>Ranunculus reptans</i> (Evjesoleie)		2						1			2				1				1					1
<i>Sparganium angustifolium</i> (Flotgras)	4	2	3	3		4	2				3	3		3					2			2		
<i>Sparganium c.f. emersum</i> (Rankpiggnopp)				1																				
<i>Sparganium sp.</i> (Piggnopp)								1	3						1		1		2		1	2	3	
<i>Subularia aquatica</i> (Sylblad)	2		2					1	1										2				2	2
<i>Utricularia minor</i> (Småblærerot)			1	1	1		1		2			1	1	1										
<i>Utricularia sp.</i> (Blærerot)																					1			
<i>Utricularia stygia/ochroleuca</i> (Sumpblærerot/Mellomblårerot)														1										
<i>Utricularia vulgaris/australis</i> (Storblærerot/Vrangblærerot)	2	1		1	1			1			1			2										1

Krypsiv ble funnet på alle stasjoner unntatt delområde B på stasjon 5 (transekt ved Valle badeplass), og stasjon 18 (terskelbasseng ved Høymyr). Krypsiv var den vannplante-arten som forekom på flest stasjoner langs den undersøkte strekningen. På 7 stasjoner dannet krypsiv tette bestander (registrert med mengde 4 eller 5), og på ytterligere 9 stasjoner var krypsiv «vanlig» (registrert som 3). Selv om forekomsten av krypsiv generelt blir mindre lenger oppe i vassdraget, ble krypsiv registrert med mengde 3 eller 4 også på noen av de øverste stasjonene (stasjoner 15 (Bjørnarå), 17 (terskelbasseng Sveigefoss) og 21 (nedstrøms golfbanen)). Den øverste stasjonen der krypsiv, så vidt vi vet, blir oppfattet som et «problem», var stasjon 13: Sanden Såre bobilpark. Der var det en person som jobbet ved bobilparken som fortalte at det ble «meir og meir» krypsiv. I dette terskelbassenget ble det imidlertid allerede i 1988/89 registrert opp til 1 m lang krypsiv som dekket noen områder 100 % (Rørslett m.fl. 1990). Enda lenger oppe, ved stasjon 17 (terskelbasseng Sveigefoss), forekom store mengder krypsiv og tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*), men siden denne stasjonen er vanskelig tilgjengelig, og tydeligvis ikke blir brukt som badeplass, er det antageligvis ingen som klager. Andre vannplantearter som dannet tette bestander på noen av stasjonene var flotgras (*Sparganium angustifolium*), vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) og tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*), i tillegg til botnegras (*Lobelia dortmanna*) (**Tabell 2**).

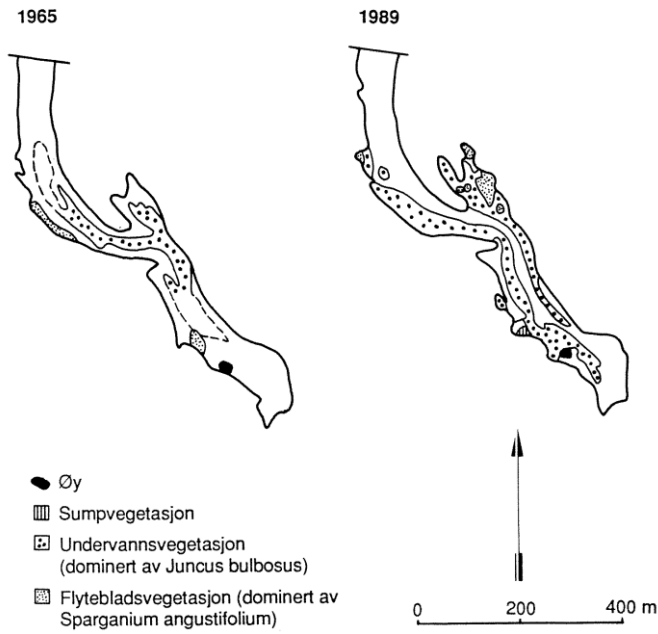
Generelt økte ledningsevnen lenger nedstrøms, fra rundt 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ på de øverste stasjonene til rundt 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ på de nederste (**Tabell 1**). Fra denne generelle trenden fantes det to klare unntak: Stasjon 17 (terskelbasseng Sveigefoss) og stasjon 4 (Harstadbassenget ved avkjørsel

til Valle), der konduktiviteten økte til rundt henholdsvis 30 og 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Stasjon 17 ligger mellom Sarvfossen dam og Bykil, det vil si i en strekning som har svært lav vannføring, og vannkvaliteten ser ut til å bestemmes i stor grad av lokale tilsig. Ledningsevnen vi målte i disse lokale tilsigene var rundt 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Harstadbassenget (stasjon 4) ligger også i en minstevannføringsstrekning, og har en minstevannføring på 5 m^3/s om sommeren. Det er sannsynlig at den høyere konduktiviteten i Harstadbassenget stammer fra lokale utslipp, muligens via tilsig fra den andre siden av veien, mens årsaken til den forholdsvis høye konduktiviteten i terskelbassenget ved Sveigefoss fremstår som uklar. Både lokale utslipp og naturlige årsaker er mulige. Mindre «topper» i ledningsevnen ble registrert ved stasjonene 20 (Flæhyl) og 10 (Flateland camping). I begge tilfeller kan det være snakk om mindre lokale utslipp, men også her er årsaken usikker.

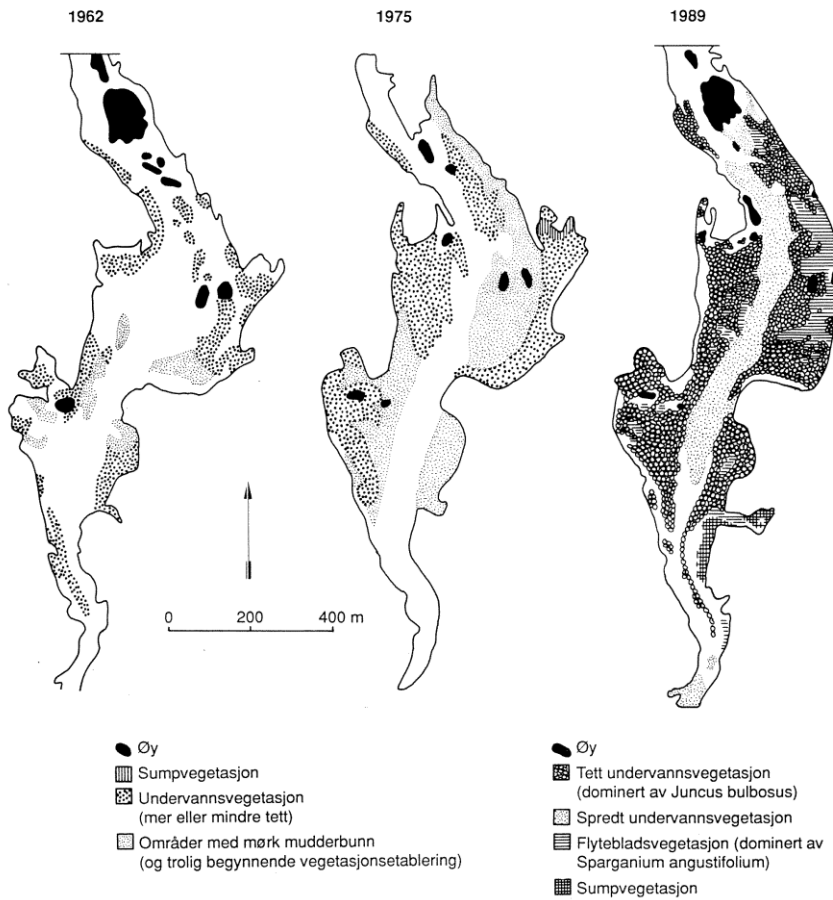
3.2 Historiske data om vannplanter i øvre Otra

3.2.1 Årene før 1964

Etter det vi kjenner til finnes det svært få beskrivelser av vannvegetasjonen oppstrøms Brokke fra perioden før Brokke kraftverk ble tatt i drift. Rørslett (1990) analyserte flybilder fra Svortie terskelbasseng (ved det som i dag er Flateland Camping, dvs stasjon 10) og Harstadbassenget (stasjoner 3-5). Undersøkelsene viste at det var betydelige bestander av krysiv ved Flateland Camping allerede i 1965 (**Figur**), og betydelige bestander av «mer eller mindre tett undervannsvegetasjon» i Harstadbassenget i 1962 (**Figur**). De første aggregatene ved Brokke kraftverk ble tatt i bruk i 1964, og Rørslett m.fl. (1990) antok at vannføringen oppstrøms Brokke var upåvirket fram til 1963. Det betyr at situasjonen i Harstadbassenget i 1962 bør være en beskrivelse av situasjonen uten større endringer i vannføringen, men inkludert eventuell forurensing fra landbruk, hytter, bedrifter og tettsteder. Derimot ble terskelen ved Svortie bygget i 1964 (Rørslett m.fl., 1990), og det betyr at situasjonen i 1965 allerede er en beskrivelse av et terskelbasseng, om enn et nytt. Dessuten har anleggsarbeidet for Brokke pågått i noen år før kraftverket ble tatt i bruk, og på flybilder tatt i 1965 ser man grumsete vann fra Bykil og nedstrøms. I hvilken grad dette påvirket stasjonene ved Svortie eller Harstadbassenget er uvisst, men en viss påvirkning kan ikke utelukkes. På flybilder tilgjengelig på norgebilder.no ser man at Flateland Camping ble etablert mellom 1965 og 1975, og det betyr at påvirkning fra campingaktiviteter nok ikke har funnet sted i større grad før 1965.



Figur 8. Vannplanter i Otravannet ved det som i dag er Flateland Camping (stasjon 10) basert på flyfoto; fra Rørslett m.fl. (1990)



Figur 9. Vannplanter i Harstad terskelbasseng ved Valle; basert på flyfoto; situasjonen i 1962 er fra før vannføringsendringene fra Brokke kraftverk gjorde seg gjeldende; fra Rørslett m.fl. (1990).

Boks 2: Krypsiv i øvre Otra før 1964

Det finnes kun et svært begrenset datagrunnlag fra perioden før 1964. Likevel er hovedinntrykket at krypsiv forekom i Otra oppstrøms Brokke, i hvert fall delvis i opp til moderate bestander i «naturlige» bassenger i elva. Dette inkluderer Harstadbassenget og bassenget ved Flateland Camping, det vil si områder der det også i 2019 fantes tette bestander av krypsiv.

3.2.2 Årene 1976-77

De første omfattende undersøkelsene av begroingsforhold i øvre deler av Otra stammer fra 1976-77 og ble publisert i Rørslett m.fl. (1981). Oppstrøms Bykil (dvs vår stasjon 16) ble det den gang kun beskrevet enkelte bestander av mest kortvokst krypsiv. I nordenden av Bykil ble det derimot observert store mengder makrovegetasjon, først og fremst bestående av *Sparganium* (mest sannsynlig flotgras *S. angustifolium*), krypsiv og klovasshår *Callitriche hamulata*. Ifølge Rørslett m.fl. (1981) så bestandene av *Sparganium* og krypsiv ut til å strekke seg rundt hele innsjøen i belter på opp til 10-15 m bredde. Makrovegetasjonen i Bykil i 1976-77 ble beskrevet som «svært rik», og det ble antatt at dette skyldes en «sterkt slampreget bunn». Dette stemmer overens med flybilder tilgjengelige på www.norgebilder.no, som viser svært grumsete vann i Bykil i 1965, mye mindre i 1975, og forholdsvis klart vann i 2005. Bilder tatt før 1960 viser ikke grumsete vann, så det er mulig at dette fenomenet var midlertidig og hadde en sammenheng med utbygginger i forbindelse med Brokke kraftverk.

Mellom Bykil og Valle forekom krypsiv sammen med flotgras i noen terskeldammer, i moderate (dog ikke store) mengder. Store mengder krypsiv ble beskrevet i Otra ved Valle sentrum, og i Flåni, sammen med flotgras. På flybilder fra Harstadbassenget tatt i 1975, som ble analysert i Rørslett m.fl. (1990), ble det registrert store områder med «mer eller mindre tett vegetasjon» (**Figur**). Store mengder krypsiv ble også beskrevet i Otra ved Rysstad og lenger nede i vassdraget.

Rørslett m.fl. (1981) la merke til at minstevannføringsstrekningen oppstrøms Brokke hadde betydelig større artsrikdom av vannplanter enn elvestrekningen nedstrøms kraftverket, og Rørslett (1990) skrev senere at det på 1970-tallet også var gjennomgående mer og kraftigere vegetasjon nedstrøms enn oppstrøms Brokke. Rørslett m.fl. (1981) beskrev dessuten påfallende store mengder begroingsalger i Otra, på nesten alle stasjoner ned til Rysstad (og også lenger nede i vassdraget). Dette kan tyde på lokale utslipp av næringssalter også i øvre Otra, noe som også ble antydnet av Rørslett m.fl. (1981).

Boks 3: Krypsiv i øvre Otra i 1976-77

Store mengder krypsiv og flotgras i Bykil, ved Valle sentrum, og i Flåni. Mer undervannsvegetasjon i Harstadbassenget enn i 1962. Ellers enkelte bestander av mest kortvokst krypsiv i hele øvre Otra.

3.2.3 Årene 1988-89

Undersøkelsen i 1988-89 omfattet terskelbassenger på strekningen oppstrøms Brokke til Bjørnarå, og ble publisert i Rørslett m.fl. (1990). Det var vanskelig å finne den nøyaktige avgrensningen av områdene der Rørslett m.fl. (1990) registrerte vannplantene. Den nøyaktige avgrensningen kan ha stor innflytelse på både artssammensetning og mengde av vannplanter. Vi valgte derfor å ikke direkte sammenlikne resultatene stasjon for stasjon, men heller tolke «det store bildet».

Vannvegetasjonen mellom Bjørnarå og Flåni var i 1988-89 «fullstendig dominert av krypsiv», men det forekom også «store mengder» flotgras (Rørslett m.fl. 1990). I 12 av de 13 bassengene undersøkt i 1988-89 forekom det krypsiv, hvorav 6 av disse viste «middels» til «store» bestander. Bortsett fra det som i dag er Sanden Såre bobilpark (stasjon 13), var alle områder med middels eller tett krypsivvegetasjon ved Flateland Camping og lenger nedstrøms. De områdene der mest krypsiv ble registrert var Svortie (Flateland Camping), Harstadbassenget og Flåni. Middels tett begroing med krypsiv ble observert i områdene rundt Homme-Dale, rundt den nå nedlagte Campingplassen Juvenes (stasjon 8) og Sanden Såre bobilpark. I alle disse områdene ble krypsiv også i 2019 registrert som «vanlig», «lokalt dominerende» eller «dominerende».

I de tre terskelbassengene med størst krypsivbegroing (Svortie, Harstad og Flåni) ble tidsutviklingen dokumentert fra flybilder. Det er litt usikkerhet knyttet til hva det konkret var som ble tolket som «tett» vegetasjon på flybildene (Johansen 2002), men til tross for disse usikkerhetene er det på det rene at det var store bestander av krypsiv i disse tre terskelbassengene i 1988/89. Undersøkelsene viste videre at det ikke bare var krypsiv som dannet store bestander, men at også flotgras kunne opptre i store bestander. Undersøkelsen viste også at tilgroing med makrovegetasjon økte i terskelbassengene Svortie, Harstad og Flåren fra 1962/65 til 1989 (Rørslett m.fl. 1990).

Boks 4: Krypsiv i øvre Otra i 1988-89

Krypsiv dominerer vannvegetasjonen mellom Bjørnarå og Flåni, men det finnes også store bestander av *Sparganium angustifolium* (flotgras). Krypsiv fantes i nesten alle terskelbassenger. Store mengder krypsiv og *Sparganium* ved Flateland Camping, i Harstadbassenget, og Flåni. I disse tre områdene ble det dokumentert en økning i makrovegetasjon siden 1962/65. Middels tett begroing med krypsiv ved Sanden Såre bobilpark, i området rundt Homme-Dale og rundt den nå nedlagte campingplassen Juvenes.

3.2.4 Årene mellom 1990 og 2005

Ifølge Johansen (2002) ble det mellom 1989 og 2001 ikke utført nye undersøkelser av forekomst av krypsiv i terskelbassengene, med unntak av Harstad-bassenget i forbindelse med tiltak som ble gjennomført i 1993 (Rørslett 1997, sitert fra Johansen 2002). Flybilder fra 1995 ble tolket som at tiltaket førte til en betydelig nedgang i krypsiv biomassen i Harstadbassenget, men at arealutbredelsen av vannplanter var tilnærmet uforandret (Rørslett 1997, sitert fra Johansen 2002).

Ved en befaring av øvre Otra 25. juni 2002 fikk Johansen (2002) inntrykk av at det var noe mer krypsiv de fleste steder enn det som er beskrevet i 1989, samtidig som han nevnte at det var stor forskjell på de enkelte terskelbassengene. Han nevner at i terskelbassengene ved Sanden Såre bobilpark, Einangsmoen (rundt den nå nedlagte campingplassen Juvenes, stasjon 8), Harstad og Flåni var krypsiv blitt mer fremtredende enn i 1989.

Hindar m.fl. (2003) registrerte forekomst av krypsiv helt øverst i Otra vassdraget på fire stasjoner mellom Bykle og Hartevatn. Krypsiv ble registrert som sjelden i utløpet av Hartevatn og som spredt ved Steinsland. Ved Steinsland hadde krypsivplanter etablert seg i tepper av levermose som i tillegg var fylt av sand. Ingen masseforekomster ble registrert i dette området, men Hindar m.fl. (2003) nevner at strekningen ikke ble befart spesielt med tanke på å lete opp krypsivforekomster.

Boks 5: Krypsiv i øvre Otra 1990-2005

Det finnes få data fra perioden 1990 - 2005. Inntrykket er likevel at det var lite krypsiv oppstrøms Bykle, men store bestander lenger nedstrøms, særlig i terskelbassengene ved Sanden Såre bobilpark, rundt den nå nedlagte Campingplassen Juvenes, i Harstadbassenget og Flåni. Situasjonen virker ganske likt den i 1988-89, muligens med noe økning i krypsiv biomassen.

3.2.5 Kartlegging med flyfotografering i 2005 og 2010

Krypsiv ble kartlagt fra helikopter i 2005 og med flyfotografering i 2010. Kartene er tilgjengelig på www.agderkart.fylkesmannen.no, og publisert i Haraldstad (2008) og Reither og Jansen (2012). Det er sannsynlig at mengden krypsiv ble noe overestimert på

bildematerialet (Velle m.fl. 2014). For eksempel er *Sparganium angustifolium* (flotgras) en flytebladsplante og bør derfor være synlig på flybilder. Denne arten er vanlig i øvre Otra, og er ved tidligere observasjoner ofte registrert sammen med krypsiv. Likevel nevner ikke Haraldstad (2008) flotgras i rapporten, noe som kan tyde på at artene ble «slått sammen». Reither og Jansen (2012) nevner flytebladsvegetasjon som en kilde til feiltolkning, men skriver at de kan «vanligvis skilles fra krypsiv ved ulik struktur, mønster og beliggenhet». Samtidig skriver de at områder der krypsiv forekommer spredt, for eksempel i Bykle kommune, kan være usikre. Ut fra vår erfaring forekommer det i øvre Otra i områder med mye *Sparganium* samtidig med mye krypsiv (**Tabell 2**). Selv om noe *Sparganium* muligens ble feiltolket som krypsiv i 2005 og 2010, er det derfor sannsynlig at det store bildet ble ganske riktig. Det er likevel mest korrekt å tolke områder som er markert som «krypsiv» i kartene fra 2005 og 2010 som områder med «mye vannplanter, mest krypsiv».

Oppstrøms Brokke ble «tette bestander av krypsiv» i 2005 registrert i store deler av Flåni, deler av Harstadbassenget ved Valle, og i terskelbassenget fra Honnevje til RV9 krysser Otra (dette området ble omtalt som Einangmoen i Rørslett m.fl. (1990)). Enda lenger oppstrøms ble det kun registrert mindre områder med «tett krypsiv», i terskelbassenget ved Hagefoss (stasjon 12 i undersøkelsene i 2019), et lite område oppstrøms Bykle, og ved golfbanen (stasjon 21).

Kartleggingen i 2010 var mer detaljert enn i 2005. Store områder med krypsiv ble registrert i Flåni, Harstadbassenget (større områder enn i 2005), og i terskelbassenget fra Honnevje til RV9 krysser Otra. Lenger oppstrøms ble det registrert flere områder med krypsiv enn i 2005, deriblant ved campingplassene Kallefoss og Flateland (stasjoner 9 og 10 i undersøkelsene i 2019), i terskelbassenget Hagefoss (stasjon 12), ved Sanden Søre bobilpark (stasjon 13), i Bykil, og ved golfplassen (stasjon 21). På disse områdene ble det også i tidligere undersøkelser registrert krypsiv. Det er derfor usannsynlig at utbredelsen av krypsiv i øvre Otra økte fra 2005 til 2010, selv om det kan se slik ut på kartene. Årsaken er nok mest sannsynlig bruk av mer avanserte metoder for kartlegging i 2010 enn i 2005.

Vårt hovedinntrykk er at kartleggingen med flyfotografering i 2010 klarte å registrere områder med «mye vannplanter, særlig krypsiv» ganske godt, særlig når plantene vokser tett opp mot vannoverflaten. Mindre bestander av krypsiv ble derimot ikke registrert på bilder, noe som også ble påpekt både av Haraldstad (2008) og Reither og Jansen (2012).

Boks 6: Krypsiv i øvre Otra 2005-2010

Krypsiv ble kartlagt fra helikopter i 2005 og med flyfotografering i 2010. På bilder er krypsiv vanskelig å skille fra andre vannplanter, så det som ble registrert som «krypsiv» er mest sannsynlig områder med «mye vannplanter, særlig krypsiv». Det er usannsynlig at utbredelsen av krypsiv i øvre Otra økte fra 2005 til 2010, selv om det kan se slik ut på kartene. Problemvekstområder registrert i 2010 stemmer godt overens med dagens situasjon.

4 Diskusjon

4.1 Litt om krypsiv-økologi

For å forstå hvorfor det er økt krypsiv-vekst i Otra er det nødvendig å se på egenskapene til krypsiv, hvordan krypsiv er tilpasset de økosystemene der arten naturlig forekommer, og på eksisterende kunnskap om krypsiv massevekst:

Små krypsiv-planter er i Norge vanlig i områder dominert av isoetid-vegetasjon (*Isoetes*, *Littorella*, *Lobelia*). Isoetidene er generelt vintergrønne, små, vokser sakte og er svært godt tilpasset næringsfattige ferskvannsystemer med lave CO₂-konsentrasjoner (Smolders m.fl., 2002). Alle vannplanter, inkludert krypsiv, trenger karbon, nitrogen og fosfor for å vokse, og alle disse stoffene kan teoretisk være vekstbegrensende for vannplanter. Plantene kan ta disse stoffene fra sedimentet eller vannfasen (og noen kan ta CO₂ fra luft når bladene er over vann), men noen arter er bedre enn andre til å ta opp fra sediment versus vann.

Om karbon og krypsiv

- Krypsiv kan ta opp CO₂ fra både vann og sediment (Wetzel m.fl. 1985), men CO₂ fra vannet kan brukes mer effektivt (krypsiv oppnår en høyere fotosynteserate når CO₂ tas opp fra vannet); fotosynteseraten øker meget bratt ved CO₂-konsentrasjoner mellom 0 og 1 mol CO₂/m³ (tilsvarer 12 mg CO₂-C/l; Wortelboer (1990); Roelofs m.fl. (1984)); det betyr at ved i utgangspunktet lave CO₂-konsentrasjoner fører en liten økning i CO₂-tilførsel til økt krypsiv-vekst (en økning fra 0,5 til 1 mol CO₂/m³ fører til en dobling i fotosynteseraten, mens en videre økning utover 1 mol/m³ har liten effekt); CO₂-konsentrasjonene i Otra målt ved Brokke ligger betydelig lavere enn 12 mg/l CO₂-C. Det betyr at krypsiv-vekst teoretisk kan være begrenset av CO₂-tilførsel.
- Wortelboer (1990) kom frem til at krypsiv i vekstforsøk kan ha netto vekst når CO₂-konsentrasjonen i vannet ligger over 0,4 mol/m³, men sier samtidig at krypsiv kan være tilstede ned til 0,015 mol/m³, avhengig av CO₂-konsentrasjonen i sedimentet. 1 mol CO₂-C tilsvarende 12 g, og 1 m³ har 1000 l; 0,4 mol/m³ tilsvarende derfor 4,8 mg/l CO₂-C. Målte konsentrasjoner i ellevannet rundt krypsiv i Sør-Norge ligger rundt 0,5 mg/l CO₂-C, altså betydelig lavere (Schneider m.fl., 2013, og egne hittil upubliserte målinger i Otra ved Rysstad i august 2019). Dette kan tyde på at CO₂ kan være vekstbegrensende, og at kontinuerlig tilførsel av CO₂, selv i lave konsentrasjoner, kan være positivt for krypsiv-vekst.
- CO₂-begrensning av vannplanter har blitt observert før, for eksempel ved vekst av *Eriocaulon septangulare* i en innsjø i Irland, som økte med økt tilførsel av CO₂ (Smolders m.fl., 2002).
- Krypsiv-vekst førte til en nedgang i CO₂-konsentrasjonene i en innsjø i Sverige, mest sannsynlig fordi krypsiv tok opp CO₂ (Svedäng 1990), og krypsiv-veksten økte i samme innsjøen når det ble tilført CO₂ (Svedäng 1992).

- Krypsiv ser ut til å kunne benytte seg av et fysiologisk «triks» til mer effektiv CO₂-fiksering (prosessen der planten binder til seg CO₂): PEP-Carboxylase fikserer CO₂ (PEP-Carboxylase er et enzym som er svært effektivt til CO₂-fiksering) og danner oxalacetate. Dette transporteres så til mer sentrale plantedeler, hvor CO₂ spaltes av og umiddelbart tas opp av RubisCO enzymet (som er det «vanlige» fotosyntese-enzymet). Dette trikset forhindrer konkurranse mellom O₂ og CO₂ på RubisCO, og fører til en mer effektiv fiksering av CO₂ til fotosyntesen (Farmer m.fl. 1986). Dette betyr at krypsiv, i likhet med isoetidene, er godt tilpasset økosystemer med svært lave CO₂-konsentrasjoner.

Om næringsalter og krypsiv

- Krypsiv foretrekker ammonium (NH₄⁺) framfor nitrat (NO₃⁻) som nitrogenkilde, og tar opp NH₄⁺ hovedsakelig fra vannet, gjennom bladene (Schuurkes m.fl. 1986).

Om kalking og kombinasjonen karbon og næringsalter

- Innsjøkalking kan føre til krypsiv massevekst i Norge 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 dermed 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 næringsalter fra sedimentet, og dette kan føre til en kollaps av krypsivet etter noen år (Lucassen m.fl. 2016).
- En liknende mekanisme var antagelig ansvarlig for krypsiv massevekst i Nederland: Forsuring på noe kalkrike sedimenter førte til høyere CO₂- og NH₄⁺-produksjon i sedimentet, som krypsiv så benyttet seg av (Roelofs 1983). Smolders m.fl. (2002) formulerte det slik: «When N and C levels increase, *J. bulbosus* can show a spectacular growth». Det er dog verdt å merke seg at «krypsiv-innsjøene» i Nederland ikke bare hadde høyere karbon- og nitrogenkonsentrasjoner enn innsjøene med «typisk isoetidvegetasjon», men også noe høyere fosforkonsentrasjoner.

Lys og temperatur

- Krypsiv kan vokse med lite lys (lavt lyskompensasjonspunkt; Wetzel m.fl., 1984). Dette betyr at krypsiv muligens kan vokse i hvert fall gjennom deler av vinteren, hvis forholdene ellers ligger til rette.

- Krypsiv kan vokse ved 4 °C (Svedäng 1990). Dette betyr at krypsiv muligens kan fortsette å vokse nedstrøms utløp kraftverk gjennom store deler av vinteren, der temperaturen om vinteren kun er litt lavere enn 4 °C.

4.2 Vegetasjonsutvikling oppstrøms Brokke og mulige årsaker

Isoetes sp. og *Lobelia dortmanna* (brasmegras og botnegras) var ganske vanlige i øvre Otra i 1976/77 (Rørslett m.fl., 1981), og er det fortsatt i dag (**Tabell 2**). Isoetid-vegetasjonen kan antas å være den «naturlige» vegetasjonen i øvre Otra. Små krypsiv-planter er i Norge et naturlig element i isoetid-vegetasjonen, og all tilgjengelig informasjon tyder på at krypsiv «alltid» har vært en naturlig del av vannvegetasjonen i Otra-vassdraget, dog i mindre bestander.

Det finnes lite informasjon om krypsiv eller andre vannplanter fra perioden like før den store reguleringen av øvre Otra i 1964. Likevel ser det ut til at det fantes moderate til større forekomster av krypsiv i områder med mer sakteflytende vann, slik som evjer, dammer og naturlige terskler i elva. Dette ble beskrevet fra Harstadbassenget og bassenget ved Flateland Camping (Rørslett m.fl., 1990), det vil si områder der det også i 2019 fantes tette bestander av krypsiv. Men det er sannsynlig at krypsiv også fantes i andre naturlige bassenger oppstrøms Brokke, i opp til moderate bestander.

Spørsmålet er da om disse moderate bestandene av krypsiv som ble observert før reguleringen var «naturlige», eller om det allerede da var snakk om noe økt forekomst i forhold til uberørt naturtilstand. I denne sammenhengen er det påfallende at det i 1976/77 ble observert til dels store mengder begroingsalger i øvre Otra nesten på alle stasjoner ned til Rysstad (og lenger ned i vassdraget; Rørslett m.fl., 1981). Dette inkluderte trådformete grønnalger, mest slektene *Zygonium* / *Zygnema*, og en god del cyanobakterier. En undersøkelse av begroingsalger ble ikke foretatt i 2019, men dersom det hadde vært påfallende store mengder med trådformete grønnalger eller cyanobakterier på noen av stasjonene ville vi notert det. Ingen av undervannsbildene tatt på stasjonene i 2019 (se vedlegg) viser påfallende store mengder grønnalger eller cyanobakterier. Til tross for usikkerheten i å tolke en situasjon for mer enn 40 år siden kun basert på gamle beskrivelser kan det se ut som om det har vært mer begroingsalger i øvre Otra for 40 år siden enn hva som er tilfellet i dag.

Generelt er det slik at begroingsalger tar opp næringssalter fra vannet, mens vannplanter kan ta opp næringssalter fra både vann og sediment. Mengden begroingsalger beskrevet i Rørslett m.fl. (1981) kan derfor tyde på at det på 1970-tallet var mer tilgjengelige næringssalter i vannet i øvre deler av Otra enn hva som er tilfellet i dag. Rørslett m.fl. (1981) skriver at det på 1970-tallet bare var en ganske liten del av husstandene som var tilknyttet det offentlige avløpsnett med renseanlegg, og det betyr at det samme var tilfelle før reguleringen. Selv om næringssaltkonsentrasjonene generelt var lave i Otra, ble det sporadisk målt konsentrasjoner av total fosfor over 10 µg/l ved Valle, noe som indikerer en viss belastning på denne strekningen (Rørslett m.fl. 1981).

Urenset eller dårlig rensset avløp fra hytter, hus, bedrifter eller jordbruk fører til økte tilførsler av fosfor, nitrogen og uorganisk karbon (for eksempel CO₂) i ferskvann-økosystemer. Det er ingenting som tyder på at det var snakk om store mengder forurensing i øvre Otra, og før reguleringen var vannføringen i Otra dessuten stor nok til å ha en massiv fortykningseffekt. Men ferskvannøkosystemer med isoetid-vegetasjon er tilpasset svært næringsfattige forhold, med svært lave CO₂-konsentrasjoner. Når slike økosystemer tilføres aldri så lite næringsalter kan alger, og også større vannplanter (deriblant krypsiv, flotgras og tusenblad), vokse raskere og bli større. Hvis en slik situasjon pågår over lengre tid kan isoetidene bli utkonkurrert av større vannplanter (Smolders m.fl., 2002).

På hurtig-strømmende elvestrekninger er det først og fremst begroingsalger som vil ta opp næringsaltene og CO₂ fra vannet, fordi de er bedre tilpasset grovt sediment og hurtig strømmende vann enn vannplanter. Dette kan forklare de forholdsvis store mengdene med begroingsalger som ble observert på 1970-tallet. Men i roligere områder, som for eksempel naturlige bassenger i elva, slik som Harstad-bassenget eller bassenget der Flateland Camping ligger i dag, vil næringsrikt organisk materiale sedimentere. Nedbrytingen av det organiske materialet vil føre til en liten økning i tilgjengelighet av NH₄⁺, PO₄³⁻ og CO₂ og dette legger til rette for økt vekst av større vannplanter, deriblant krypsiv og flotgras. Selv om det ikke er mulig å si noe med sikkerhet i dag, mer enn 50 år etter reguleringen, finnes det derfor grunn til å tro at det allerede før reguleringen var noe økt forekomst av krypsiv og andre vannplanter sammenliknet med en uberørt naturtilstand, særlig i naturlige bassenger i elva. Men selv om det altså er mulig at forekomsten av krypsiv og andre vannplanter allerede før reguleringen var noe økt i forhold til naturtilstanden, var den ikke i nærheten av å være så massiv som den ble etterpå.

Etter reguleringen er store mengder vannplanter i øvre Otra kun beskrevet nedstrøms Bykil, mens det oppstrøms Bykil kun er beskrevet spredte bestander av (mest kortvokst) krypsiv. I 2019 ble det oppdaget ett unntak fra dette: I terskelbassenget ved Sveigefoss (stasjon 17) ble det ikke registrert massevekst av krypsiv (eller andre vannplanter) i tidligere undersøkelser, mens det ble registrert store bestander av både krypsiv og tusenblad i 2019 (**Tabell 2**). Siden vannplantene nådde vannoverflaten burde de vært oppdaget på flybilder som ble tatt i 2010 (Reither og Jansen 2012). Registreringene i 2010 stemmer ellers ganske godt overens med dagens situasjon, og det er derfor sannsynlig at denne veksten skjedde mellom 2010 og 2019. I denne perioden ble Sarvsfossen dam, som ligger cirka 2,6 km oppstrøms terskelbassenget ved Sveigefoss, bygget og tatt i bruk. Spierenburg m.fl. (2009 og 2010) fant at tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) kan få økt vekst og erstatte isoetid-vegetasjon når CO₂-konsentrasjonen øker, men bare dersom det samtidig er nok næringsalter i sedimentet (mesotrofe sedimenter). Det betyr at økt forekomst av tusenblad muligens indikerer økt tilgjengelighet av både CO₂ og næringsalter. Den økte konduktiviteten som i 2019 ble målt på stasjon 17 kan tyde på det samme. I hvilken grad dette kan ha sammenheng med Sarvsfossen dam er imidlertid ukjent.

Større bestander av krypsiv fantes i 2019 også på den øverste stasjonen ved golfbanen. Dette ble også beskrevet både i 2005 og 2010, og kan muligens ha en sammenheng med gjødsling av arealene langs elva. På flybilder virker gresset på golfbanen «grønnere» enn

omgivelsene, og det kan tyde på at området er gjødslet. Avrenning fra gjødslete områder fører til økt tilgjengelighet av nitrogen og fosfor, og etter hvert via sedimentering av finmateriale også til økt tilgjengelighet av uorganisk karbon (deriblant CO₂). En medvirkende årsak kan også være at bassenget ved golfbanen synes å ha vært gravd ut mellom 1975 og 2005 (i 1975 var det skog der det er vann i dag (flybilder tilgjengelig på norgebilder.no). Hvis «gammel» jord kommer til overflaten, settes det gjerne i gang nedbrytningsprosesser av organisk materiale. Dette er en kilde til både CO₂ og næringssalter, og kan derfor bidra til økt vekst av krypsiv og andre vannplanter.

I Bykil ble det beskrevet tett undervannsvegetasjon kun i 1976/77. I nordenden av Bykil ble det denne gangen observert store mengder makrovegetasjon, og ifølge Rørslett m.fl. (1981) så bestandene av *Sparganium* og krypsiv ut til å strekke seg rundt hele innsjøen i belter på opptil 10-15 m bredde. Makrovegetasjonen i Bykil i 1976-77 ble beskrevet som «svært rik», og Rørslett m.fl. (1981) antok at dette skyldtes en «sterkt slampreget bunn». På befaringen i 2019 undersøkte vi en stasjon i sørenden av Bykil (stasjon 16) uten å finne antydninger til store mengder makrovegetasjon. De store mengdene beskrevet på 1970-tallet ser altså ut til å ha vært et forbigående fenomen. Det faktum at det var forbigående er noe som bør legges merke til. Det betyr nemlig at det faktisk finnes eksempler fra Otra-vassdraget der økte mengder med makrovegetasjon ser ut til å ha gått tilbake av seg selv. En mulig forklaring kan være at «slam» som stammer fra utbygging/sprengninger i forbindelse med bygging av Brokke kraftverk førte til en engangstilførsel av nærings- og karbon rikt materiale, som sedimenterte i Bykil. Det kan ha ført til økt vekst av vannplanter. Men når slikt rikt materiale er brukt opp blir det mindre fluks av CO₂ og næringssalter fra sedimentet. Dette kan dermed deretter ha ført til en kollaps av krypsiv (Lucassen m.fl. 2016), og antagelig også andre vannplanter.

Siden 1976/77 er det nedstrøms Bykil beskrevet store bestander av krypsiv, fra Sanden Såre bobilpark, Flateland Camping, terskelbassenget Einangmoen (like nedstrøms der RV9 krysser Otra), terskelbassenget ved Valle, Harstadbassenget og Flåni. Ikke alle disse stasjoner ble undersøkt alle år, så det er vanskelig å si noe med sikkerhet, men det er sannsynlig at det fantes større mengder krypsiv på alle disse stasjonene allerede på 1970-tallet. Senere undersøkelser skiller seg ikke prinsipielt fra dette, det vil si de nevner de samme «problemområdene», men krypsiv-biomassen ser ut til å ha økt i alle disse områdene i løpet av 1980- og 1990-tallet. De gamle beskrivelsene tyder ikke på at det ble en eksplosiv vekst av krypsiv eller andre vannplanter i løpet av ett eller noen få år, men indikerer at biomassen langsomt bygde seg opp i løpet av noen tiår. Siden 2000-tallet ser det ut til å ha vært kun marginal videre økning, men da var det allerede en mer eller mindre stabil høy biomasse av krypsiv og andre vannplanter i alle disse områdene. Det er svært vanskelig å anslå krypsivbiomasse ut fra gamle beskrivelser. **Likevel kan det altså se ut til at krypsiv trengte omtrent 20-40 år for å bygge opp biomasser som ligner dagens tilstand.**

Hva kan så forklare en langsom økning i mengden av vannplanter fra 1970-tallet til 2000-tallet, og den mer eller mindre stabilt høye biomassen som vi har sett de siste 20 år? Fellesnevneren mellom alle «problemvekstområdene» mellom Brokke og Bykil er at det dreier seg om relativt store og/eller dype **terskelbassenger**.

En langsomt økende biomasse av vannplanter kan prinsipielt skyldes én, eller begge, av to ulike årsaker: 1) Økt vekst, og/eller 2) redusert tilbakegang/død. Når det gjelder det siste punktet ser vi at ulike vannplanter har utviklet ulike strategier for å overleve vinteren i kalde strøk. Isoetidene, for eksempel, overlever vinteren som grønn plante, mens flytebladsplanter (som flotgras og vanlig tjønnaks), kvitter seg med bladene om høsten og danner nye blader hvert år. Disse sistnevnte artene har gjerne evnen til å lagre en del av næringssaltene i rotsystemet over vinteren, slik at de raskt kan vokse når forholdene ligger til rette om våren. Etter det vi kjenner til finnes det ingen direkte observasjoner av hvordan vannplantene overlever vinteren i øvre Otra. Men det er likevel **sannsynlig at krypsiv overlever vinteren i all hovedsak som grønn plante**, slik som isoetidene, mens tusenblad, flotgras og tjønnaks dør ned om vinteren og danner mesteparten av bladbiomassen på nytt hver vår.

Regulering påvirker islegging av elver, men de konkrete konsekvensene er komplekse og avhenger blant annet av reguleringsregime, klima, vannføring, grunnvann, sidebekker, turbulens og vannhastighet (Heggenes m.fl. 2018). Generelt er det slik at i langsom strømmende partier dannes is på vannoverflaten, mens det i hurtigstrømmende områder kan dannes is på bunnen av elva. Etter det vi kjenner til finnes det ingen observasjoner av grunnis (is som dannes på bunnen av en elv) i terskelbassengene i Otra. Is som dannes på bunnen av en elv kan teoretisk påvirke vannplanter i stor grad, ganske enkelt fordi isen kan rive løs plantene. Men det faktum at det finnes arter som overlever vinteren som grønn plante i alle undersøkte terskelbassenger nedstrøms Bykil (**Tabell 2**) tyder på at hverken grunnis eller isgangen om våren er sterkt nok til å rive med seg større biomasser av vannplanter. Det betyr at en forandring i islegging av øvre Otra på grunn av regulering, med antatt mer overflateis og mindre bunnis i dypere terskelbassenger, kan føre til økt overlevelse av vannplanter gjennom vinteren. Dette kan føre til økt biomasse av vannplanter i terskelbassenger over flere år.

Mellom Brokke og Bykil er vannføringen dessuten lavere enn før reguleringen. Uten terskler ville dette også ha ført til lavere vannstand. Men i terskelbassengene er vannstanden tvert imot høyere enn før reguleringen (Rørslett m.fl., 1990). Samtidig er variasjonen i vannstanden gjennom året lavere enn før. Det betyr at flomtoppene er lavere, og at det mangler tørkeperioder med sterkt redusert vannstand. Flomtopper medfører økt vannhastighet, og når vannhastigheten overstiger en viss grense (grensen avhenger av substratets kornstørrelse og ruhet), beveges bunnssubstratet. Dette kan føre til en reduksjon av vannplanter og begroingsalger, særlig når partikkelkonsentrasjonen i vannet samtidig er høy. Perioder med lav vannstand kan føre til innfrysning (om vinteren) eller uttørking (om sommeren) av vannplanter. Begge deler kan redusere biomassen til vannplanter, og begge mekanismene er altså betraktelig redusert i terskelbassengene. **Lavere flomtopper og fravær av tørkeperioder kan derfor ha ført til økt biomasse av vannplanter over flere år.** Vannstand påvirker vannplanter og begroingsalger også gjennom tilgjengelig habitat. En generell økning av vannstanden i klart og relativt grunt vann, slik som i terskelbassengene, fører til at et større areal er tilgjengelig for vekst av vannplanter. Dette fører til at vannplantene vokser på et større areal og dermed gjerne blir mer synlige.

Regulering påvirker også substratet i elva, og dette kan virke positivt på veksten av vannplanter. I terskelbassenger er substrattypen forandret på grunn av endringer i vannhastigheten og vanddybden. **Sedimentering av finmateriale, som typisk forekommer i terskelbassenger, kan gi grunnlag for økt vekst av vannplanter**, fordi nedbrytningen av finmateriale fører til økt tilgjengelighet av CO₂ og næringsalter. Rørslett m.fl. (1990) betegnet terskelbassengene i Otra som et typisk eksempel på dette fenomenet.

Denne effekten forsterkes av tilførsler av næringsalter til elva. Selv om næringsaltkonsentrasjonene generelt er svært lave i Otra, ble det på 1970-tallet sporadisk målt konsentrasjoner av total fosfor over 10 µg/l ved Valle, noe som indikerer en viss belastning på denne strekningen (Rørslett m.fl. 1981). Også Hindar og Tjomsland (2007) skrev at i minstevannstrekningen mellom Bjørnarå og Valle kunne konsentrasjon av fosfor i vannet periodevis være opp til 15 µg/l. I Øvre Otra medfører økte tilførsler av fosfor, som for eksempel kan komme fra renseanlegg eller jordbruk, også økte tilførsler av nitrogen (Hindar og Tjomsland, 2007), og det er rimelig å anta at det også medfører lett nedbrytbart organisk materiale (som lett kan brytes ned til CO₂). Alt dette materiale kan delvis sedimentere i terskelbassengene. Nedbrytningen av det organiske materialet vil føre til en liten økning i tilgjengelighet av NH₄⁺, PO₄³⁻ og CO₂, noe som igjen kan føre til økt vekst av større vannplanter, deriblant krypsiv.

Rørslett m.fl. (1990) er ganske tydelige på at lokale næringstilførsler ikke er en sannsynlig årsak til økt vekst av vannplanter i Otra oppstrøms Brokke. Dette begrunner de med at plantene som ble samlet ved Valle kun hadde litt høyere innhold av næringsstoffer enn nedstrøms Brokke, og forskjellen lå innenfor normal variasjonsbredde. Vi mener derimot at lokal næringssalttilførsel kan være en **medvirkende** årsak til økt vekst av vannplanter. Dette fordi:

- a) En dobbelt så høy biomasse av vannplanter, som har samme innhold av næringsstoffer per gram plantebiomasse, totalt må inneholde dobbelt så mange næringsstoffer. Dette betyr at mer næringsstoffer må ha blitt tatt opp i områder med høy biomasse enn i områder med lav biomasse, uten at dette har endret konsentrasjonen av næringsstoffene i enkeltplantene.
- b) Som beskrevet ovenfor er det mulig at veksten av **krypsiv** er begrenset av CO₂. Samtidig er det mulig (eller til og med sannsynlig) at veksten av for eksempel **begroingsalger** eller **andre vannplanter** er begrenset av fosfor eller nitrogen. Tilførsler av næringsalter kan dermed føre til økt vekst av alger og andre vannplanter, og når disse dør vil materialet etter hvert sedimentere i terskelbassengene. Når den sedimenterte biomassen brytes ned, dannes det CO₂, NH₄⁺ og PO₄³⁻, som kan bidra til økt krypsiv-vekst. Det er altså mulig at økte næringssalttilførsler **indirekte** kan ha hatt en positiv effekt på krypsiv-veksten.

Totalt sett er det sannsynlig at det er **summen** av alle miljøendringene som fører til økt forekomst av vannplanter, deriblant krypsiv, i terskelbassengene oppstrøms Brokke. Det vil si

at både økt vekst og redusert dødelighet trolig har vært viktig i denne prosessen. Dette ble også påpekt av Rørslett m.fl. (1990).

Boks 7: Mulige forklaringer på den forhøyede biomassen av vannplanter i terskelbassenger i Otra oppstrøms Brokke

Mellom Bykil og Brokke muliggjør en rekke ulike faktorer økt vekst og redusert dødelighet av vannplanter. Det er sannsynlig at summen av disse faktorene fører til massevekst.

- Regulering påvirker islegging av elva; i dype terskelbassenger er hverken isgang eller grunnis sterkt nok til å kunne rive med seg større biomasser av vannplanter. Dette kan føre til økt overlevelse av vannplanter gjennom vinteren, slik at de over flere år kan bygge opp større biomasser.
- I terskelbassengene er vannstanden mindre variabel, og gjennomsnittsvannstand noe høyere enn før reguleringen. Dette fører til mer tilgjengelig habitat for vannplanter; vannplanter kommer derfor til å vokse på et større område i hvert terskelbasseng, noe som fører til mer synlig biomasse.
- Reduserte flomtopper fører til lavere dødelighet av vannplanter i flomsituasjoner, og høyere minimumsvannstand fører til mindre uttørking/innfrysning av vannplanter, slik at de over flere år kan bygge opp større biomasser.
- Lavere vannhastighet og større vanddybde i terskelbassenger fører til sedimentering av finmateriale; nedbrytning av dette materialet frigjør CO₂ og næringssalter, som vannplanter kan bruke til økt vekst.
- Denne effekten forsterkes av tilførsler av næringssalter fra for eksempel renseanlegg eller spredt avløp, selv om målte konsentrasjoner i Otra er lave.

4.3 Finnes det en overordnet forklaringsfaktor for all massevekst av krypsiv i Norge?

Rørslett m.fl. (1990) påpekte at de hydrologiske forholdene oppstrøms Brokke er «omvendt» av hva man finner nedenfor utløpet av kraftverket. Det kan derfor «virke paradoksalt at en og samme planteart kan slå til og skape problemer når vekstforholdene er såpass ulike» (Rørslett m.fl. 1990). **Etter det vi kjenner til er krypsiv «massevekst» i de siste tiårene i Norge og i Nederland blitt observert i fire ulike habitattyper: (i) Terskelbassenger, (ii) nedstrøms kraftverksutløp, (iii) forsurete og kalkete innsjøer, og (iv) forsurete innsjøer som ligger på noe kalkrik grunn** (blant annet Roelofs 1983, Rørslett m.fl. 1990, Roelofs m.fl. 1994, Brandrud 2002). I habitattypene (iii) og (iv) var forskerne fra Nederland ganske sikre på at den umiddelbare faktoren som forårsaket økt krypsiv-vekst var en mobilisering av CO₂ og NH₄⁺ i sedimentet (Brandrud 2002, Roelofs 1983, Roelofs m.fl. 1994). Når det er sagt, viser resultatene deres faktisk at det ikke bare var tilgjengeligheten av CO₂ og NH₄⁺ som var høyere i habitater med økt krypsiv-vekst, men at tilgjengeligheten av fosfor også økte. I

tilfeller der denne mobiliseringen er tidsbegrenset, for eksempel når innsjøer ikke kalkes lenger eller når «alt» organisk materiale i sedimentet er blitt mineralisert, kan krypsiv kollapse etter noen år (Lucassen m.fl. 2016).

Også i terskelbassenger er det sannsynlig at tilgjengeligheten av CO₂ og næringssalter i sedimentet er høyere enn før reguleringen. Dette fordi nærings- og karbonrikt finmateriale sedimenterer i bassengene på grunn av lavere vannhastighet, og når dette materialet brytes ned mobiliseres CO₂ og næringssalter. Foreløpige vannkjemiske undersøkelser fra kraftverksutløp tyder på at konsentrasjoner av CO₂ og NH₄⁺ i kraftverksutløpet kan være noe høyere enn oppstrøms (Moe og Demars 2017), og periodevis gassovermetning i kraftverksutløp kan muligens også medføre økt tilgjengelighet av CO₂ nedstrøms utløpet.

En fellesnevner for de i utgangspunktet svært ulike fire habitattypene der det er blitt observert krypsiv massevekst er derfor at de (a) i utgangspunktet har svært lave konsentrasjoner av både CO₂ og næringssalter, og at det (b) finnes noe som fører til økt tilgjengelighet av CO₂ og NH₄⁺, ofte også fosfor, enten i vannet eller sedimentet. Krypsiv er en art som naturlig forekommer i nærings- og karbonfattige økosystemer, og Svedäng (1992) viste at en økning i CO₂-tilførsel kan føre til økt krypsivvekst. I forbindelse med habitattype ii (nedstrøms kraftverksutløp) er det verdt å merke seg at Svedäng (1992) nevner i en bisetning at bobling med luft også førte til økt krypsiv-vekst. Dette kan tyde på at gassovermetning, som ofte observeres nedstrøms kraftverksutløp, kan påvirke krypsivveksten.

Men dersom det skulle være slik at det er CO₂ eller næringssalter som forårsaker økt vekst av krypsiv, hvorfor måles det da ikke økte konsentrasjoner av disse stoffene i problemvekst-områder, sammenliknet med «ikke problemvekst» (Moe 2012; Moe og Demars 2017)?

Svaret på denne gåten kan være at:

- a) Det tilføres så lite CO₂ og næringssalter at det mer eller mindre umiddelbart tas opp i krypsiv-biomassen, slik at det er «forsvunnet» fra vannet eller sedimentet før vi kan måle det.
- b) Det lille som tilføres i terskelbassenger og nedstrøms kraftverksutløp foregår over mange år. På grunn av endret hydrologi kan krypsiv fortsette å vokse over flere år, og dermed sakte, men sikkert bygge opp enorme biomasser. Mens krypsiv-veksten i kalkete innsjøer kan være ganske eksplosiv, er det i terskelbassenger og nedstrøms kraftverksutløp mer sannsynlig at det er en forholdsvis langsom prosess.
- c) Krypsiv-vekst kan være begrenset av flere faktorer samtidig eller «etter hverandre»: Det er for eksempel teoretisk mulig at krypsiv-vekst på en gitt stasjon i første omgang er begrenset av CO₂; men hvis det tilføres nok CO₂ kan det bli NH₄⁺ som er begrensende; dersom det også tilføres nok NH₄⁺ kan det bli fosfor som begrenser veksten. Hvis fosfor-begrensningen kommer «tidlig», det vil si før krypsiv rakk å danne massevekst, vil man ha et økosystem som har forholdsvis høye konsentrasjoner av CO₂ og NH₄⁺, men uten å ha krypsiv massevekst, mens det i andre økosystemer er nok med å øke CO₂ og NH₄⁺ for å få krypsiv massevekst. Det blir derfor umulig å se generelle forskjeller i konsentrasjonene av næringssalter eller CO₂ mellom stasjoner med og uten krypsiv massevekst.

I terskelbassengene oppstrøms Brokke forekommer krypsiv alltid sammen med andre vannplanter. Også tette bestander av krypsiv står sammen med flotgras (*Sparganium angustifolium*) eller vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) (**Tabell 2**). Dette er en påfallende forskjell fra Rysstadbassenget, der krypsiv står så godt som alene. Den samme forskjellen mellom oppstrøms og nedstrøms Brokke er også blitt observert tidligere (Rørslett m.fl. 1981, Rørslett m.fl. 1990). Dette tyder på at årsaken til den økte krypsiv-veksten i terskelbassengene oppstrøms Brokke er noe som flere vannplante-arter har en fordel av. Derimot er forholdene nedstrøms Brokke av en karakter som bare krypsiv kan benytte seg av. En mulig forklaring kan være at endringene i vannstanden nedstrøms Brokke, som forårsakes av effektkjøring, ikke tåles av flytebladsplanter som flotgras eller vanlig tjønnaks, mens krypsiv ikke har et problem med raske og hyppige vannstandsendringer. En annen mulig forklaring kan være tilgjengelighet av CO₂ og næringssalter fra sediment, sammenliknet med vann. Mens den økte tilgjengeligheten av CO₂ og næringssalter i terskelbassengene mest sannsynlig er forårsaket av sedimentet, kan det se ut som kraftverksutløpet øker tilgjengeligheten av CO₂ og NH₄⁺ i vannfasen. Selv om krypsiv kan ta opp både CO₂ og NH₄⁺ fra sedimentet, blir de først og fremst tatt opp fra vannet via bladene (Roelofs m.fl. 1984, Schuurkes m.fl. 1986). En økning av CO₂ og NH₄⁺ i vannfasen kan dermed være noe krypsiv særdeles godt kan benytte seg av. Allerede Rørslett m.fl. (1990) påpekte at det er «grunn til å tro at krypsiv er mindre avhengig av et velutviklet rotsystem for næringsopptak i forhold til flotgras og kan ta en betydelig andel av næringsstoffene fra vannfasen».

Det har i lang tid vært forsøk å finne en enkel årsak som generelt kan forklare krypsiv massevekst i Sør-Norge (f.eks. Moe 2012). En økning i tilgjengeligheten av CO₂, som kan være liten så lenge den foregår over lang tid, og som ofte er koblet sammen med økt tilgjengelighet av NH₄⁺ og delvis også fosfor, kan være en fellesnevner som kunne forklart økt forekomst av krypsiv i ulike habitater i Norge og Nederland. Det er imidlertid uhyre vanskelig å bevise at det virkelig er slik, siden endringene sannsynligvis har vært svært små, og konsentrasjoner av næringssalter og karbon i elver generelt varierer mye over tid. Men summen av puslespillbitene som har vært samlet sammen om krypsiv over mange år peker i denne retningen.

5 Referanser

- Brandrud TE (2002). Effects of liming on aquatic macrophytes, with emphasis on Scandinavia. *Aquatic Botany* 73: 395–404.
- Farmer AM, Maberly SC, Bowes G (1986). Activities of carboxylation enzymes in freshwater macrophytes. *Journal of Experimental Botany* 37: 1568–1573.
- Haraldstad M (2008). Krypsiv i Otra. Tilstanden 2005 og forslag til vidare overvaking. Krypsivprosjektet på Sørlandet. https://www.fylkesmannen.no/globalassets/fm-agder/dokument-agder/miljo-og-klima/forurensning/horinger/2017-tiltak-mot-krypsiv-sira-kvina-mandalselva-otra/vedlegg-2---otra---krypsivtilstand-2005_rev_rapp.pdf
- Heggenes J, Alfredsen K, Bustos AA, Huusko A, Stickler M (2018). Be cool: A review of hydro-physical changes and fish responses in winter in hydropower-regulated northern streams. *Environmental Biology of Fishes* 101: 1-21.
- Hindar A, Johansen S, Bækken T, Brettum P (2003). Vannøkologisk status og resipientkapasitet i øvre Otra med reguleringsmagasiner i forbindelse med avløp fra økt hyttebygging. NIVA-rapport 4646. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Hindar A, Tjomsland T (2007). Beregning av tilførsler og konsentrasjon av N og P i NVEs REGINEfelter i Otra ved hjelp av TEOTIL-Metoden. NIVA-rapport 5490-2007.
- Johansen SW (2002). Tiltaksplan for fjerning av krypsiv i Otra gjennom Valle kommune. NIVA-Rapport 4579-2002.
- Lucassen ECHET, Roelofs JGM, Schneider SC, Smolders AJ 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.
- Moe TF (2012). Nuisance growth of *Juncus bulbosus* in lakes and rivers - experimental and observational studies. PhD thesis, University of Oslo, Norway.
- Moe TF, Demars BOL (2017). Årsrapport krypsivovervåking 2017. NIVA-rapport 7202-2017.
- Ousdal JO, Gadomska AM (2012). Fjerning av krypsiv i øvre Otra. Evaluering av infrysingstiltak vinteren 2011. Karttjenester AS.
- Reither E, Jansen IJ (2012). Kartlegging av krypsiv i Agder. Prosjektrapport Statens kartverk Kristiansand. Tilgjengelig på <https://docplayer.me/6096539-Kartlegging-av-krypsiv-i-agder.html>.
- Roelofs JGM (1983). Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I. Field observations. *Aquatic Botany* 17: 139–155.
- Roelofs JGM, Brandrud TE, Smolders AJP (1994). Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187–202.
- Roelofs JGM, Schuurkes JAAR, Smits AJM (1984). Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters. II. Experimental studies. *Aquatic Botany* 18: 389–411.
- Rørslett B (1987). Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport 1997.
- Rørslett B, Brandrud TE, Johansen S (1990). Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-Rapport 2442.
- Rørslett B, Tjomsland T, Løvik JE, Lydersen E, Mjelde M, Grande M. (1981). Undersøkelse av Øvre Otra. NIVA-rapport 1263.

- Schneider SC, Moe TF, Hessen DO, Kaste O (2013). *Juncus bulbosus* nuisance growth in oligotrophic freshwater ecosystems: different triggers for the same phenomenon in rivers and lakes? *Aquatic Botany* 104: 15–24.
- Schuurkes JAAR, Kok CJ, den Hartog C (1986). Ammonium and nitrate uptake by aquatic plants from poorly buffered and acidified waters. *Aquatic Botany* 24: 131–146.
- Smolders AJP, Lucassen ECHET, Roelofs JGM (2002). The isoetid environment: biogeochemistry and threats. *Aquatic Botany* 73: 325-350.
- Solem A, Heggstad R, Raabe N (1954). Norske kraftverker. Teknisk ukeblads forlag.
- Spierenburg P, Lucassen ECHET, Lotter AF, Roelofs JGM (2009). Could rising aquatic carbon dioxide concentrations favour the invasion of elodeids in isoetid-dominated softwater lakes? *Freshwater Biology* 54: 1819–1831.
- Spierenburg P, Lucassen, Lotter AF, Roelofs JGM (2010). Competition between isoetids and invading elodeids at different concentrations of aquatic carbon dioxide. *Freshwater Biology* 55: 1274–1287.
- Svedäng MU (1990). The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. - a strategy to avoid competition? *Aquatic Botany* 37: 123–38.
- Svedäng MU (1992). Carbon dioxide as a factor regulating the growth dynamics of *Juncus bulbosus*. *Aquatic Botany* 42: 231–240.
- Velle G, Kurz T, Dolva B (2019). Kartlegging av krypsiv manuelt og med drone - en pilotstudie. NORCE Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) rapport 353.
- Velle G, Skoglund H, Skår B, Barlaup B (2014). Påvirkning av krypsiv på anadrom fisk og mangfold av bunndyr. Uni Miljø, Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI). LFI UNI MILJØ Rapport nr. 231.
- Wetzel RG, Brammer ES, Forsberg C (1984). Photosynthesis of submersed macrophytes in acidified Lakes. I. Carbon fluxes and recycling of CO₂ in *Juncus bulbosus* L. *Aquatic Botany* 19: 329–342.
- Wetzel RG, Brammer ES, Lindstrom K, Forsberg C (1985). Photosynthesis of submersed macrophytes in acidified lakes. II. Carbon limitation and utilization of benthic CO₂ sources. *Aquatic Botany* 22: 107–120.
- Wortelboer R (1990). A model on the competition between two macrophyte species in acidifying shallow soft-water lakes in the Netherlands. *Hydrological Bulletin* 24: 91–107.
- Wright RF, Couture RM, Christiansen AB, Guerrero JL, Kaste O, Barlaup BT (2017). Effects of multiple stresses hydropower, acid deposition and climate change on water chemistry and salmon populations in the River Otra, Norway. *Science of the Total Environment* 574: 128-138.

6 Vedlegg

Feltnotater og detaljert informasjon om hver stasjon fra feltundersøkelser i 2019. Alle kartene som viser stasjonsplasseringer er blitt tatt med mobiltelefon, med bakgrunn fra norgeskart.

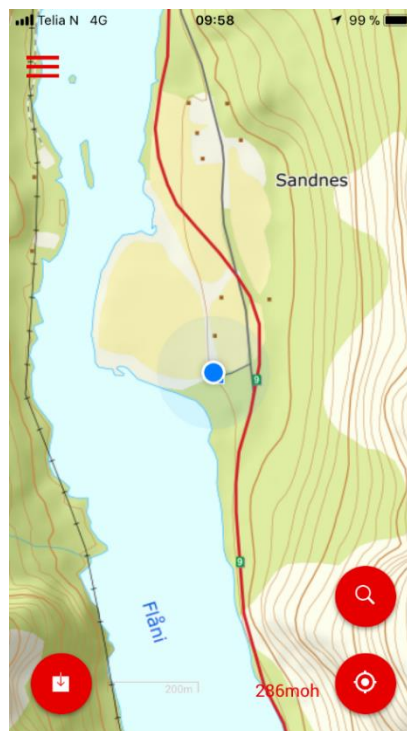
Alle koordinater er gitt i EU89 UTM33.

For å kunne undersøke flest mulig stasjoner (det vil si begrense tiden vi brukte på hver enkelt stasjon) brukte vi en «standard» og en «forenklet» metode for registrering av vannplanter. Den «forenklete» metoden inneholder de samme registreringene som «standard» metoden, med unntak av registrering av dekningsgrad, ulike krypsiv vekstformer og nøyaktig avgrensning av det undersøkte området i kart. Den forenklete metoden ble brukt på stasjoner der vårt førsteinntrykk når vi kom fram til stasjonen var at en full kartlegging ikke ville gi relevant tilleggsinformasjon.

Bukt ved Sandnes i Flåni

stasjonsnummer	1
dato og tid	6.8.2019; 09:30
koordinater	6581608 N, 73507 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	15,7
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	18,5
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Isoetes lacustris</i>	2
<i>Juncus bulbosus</i>	4
<i>Lobelia dortmanna</i>	4
<i>Potamogeton sp.</i>	1
<i>Subularia aquatica</i>	2

**Kommentarer:**

Lake situation, water not noticeably flowing; krypsiv grows also on land (landform). A lot of krypsiv washed ashore.

Bilder:

Fig. 1. Krypsiv landform



Fig. 2. Krypsiv ligger i strandkanten

Sandøyrane, Flåni

stasjonsnummer	2
dato og tid	6.8.2019; 10:00
koordinater	6581687 N, 73566 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	17,2
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	18,1
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	3
<i>Lobelia dortmanna</i>	3
<i>Ranunculus reptans</i>	2
<i>Sparganium angustifolium</i>	4
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	2



Kommentarer: a lot of macrophytes, but mostly *Sparganium*

Bilder:

Fig. 3. Sparganium kommer til overflaten

Harstadbassenget sør

stasjonsnummer	3
dato og tid	6.8.2019; 11:00
koordinater (UTM 33)	6585960 N, 73629 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	15,0
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,5
metodikk for kartlegging	standard

Sediment: at the shore: gravel with detritus cover and some epiphytes; in the middle: thick detritus cover

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	1	<1
krypsiv enkeltsåter	5	95
krypsiv såtevekst	1	<1
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes lacustris</i>	2	<1
<i>Juncus bulbosus</i>	5	95
<i>Lobelia dortmanna</i>	2	<1
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	2	<1
<i>Potamogeton natans</i>	2	<1
<i>Sparganium angustifolium</i>	2	<1
<i>Subularia aquatica</i>	2	<1
<i>Utricularia minor</i>	1	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:

transect

max depth transect ~ 2.5 m;
+ flat across; krypsiv covers
entire transect except some
2-4 m at the shore



Kommentarer:

Maximum depth of the transect approximately 2.5 m, +- flat across; krypsiv covers entire transect, except some 2-4 m at the shoreline; there is a weir some 400m downstream; some waste; lots of minnows

Bilder:



Fig. 4. Krypsiv under vann, her med *Myriophyllum*

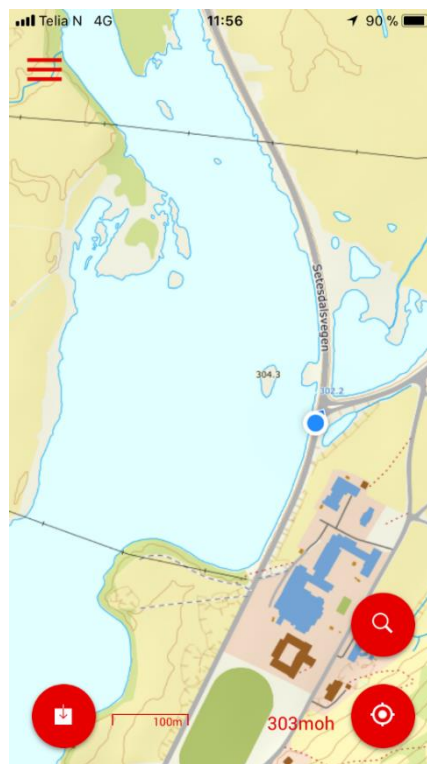


Fig. 5. *Sparganium* vokser til overflaten, men kun på den ene siden av transektet

Harstadbassenget ved avkjørsel til Valle

stasjonsnummer	4
dato og tid	6.8.2019; 12:00
koordinater	6586386 N, 74008 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	39,4
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,3
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	3
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	3
<i>Potamogeton natans</i>	5
<i>Sparganium angustifolium</i>	3
<i>Sparganium c.f. emersum</i>	1
<i>Utricularia minor</i>	1



Kommentarer: a lot of plants, but mostly *Potamogeton*; sediment silt, below about 10 cm sediment depth sandy; krypsiv washed ashore, regrowth from pieces washed ashore; Canada geese feeding in the water plants

Bilder:

Fig. 6. *Potamogeton natans* flyteblader preger stasjonen

Valle badeplass

stasjonsnummer	5
dato og tid	6.8.2019; 13:00
koordinater (UTM 33)	6587212 N, 73861 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	13,0
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,1
metodikk for kartlegging	standard

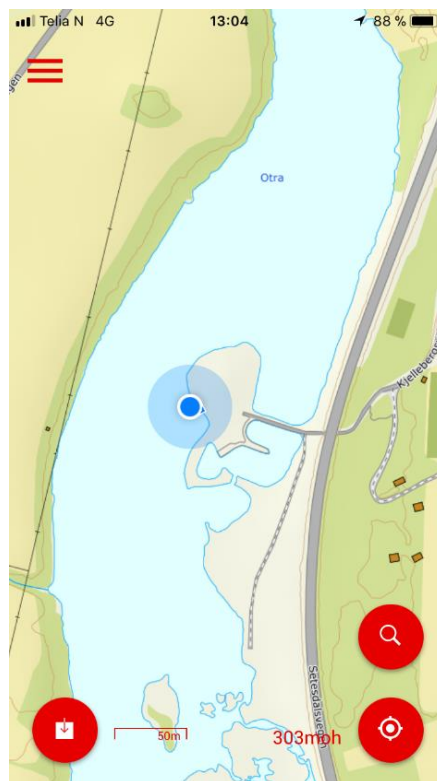
Sediment: stony (pebbles and cobbles) with detritus cover (detritus cover in bay approximately 20 cm thick)

Vannplantene i bukta (a)

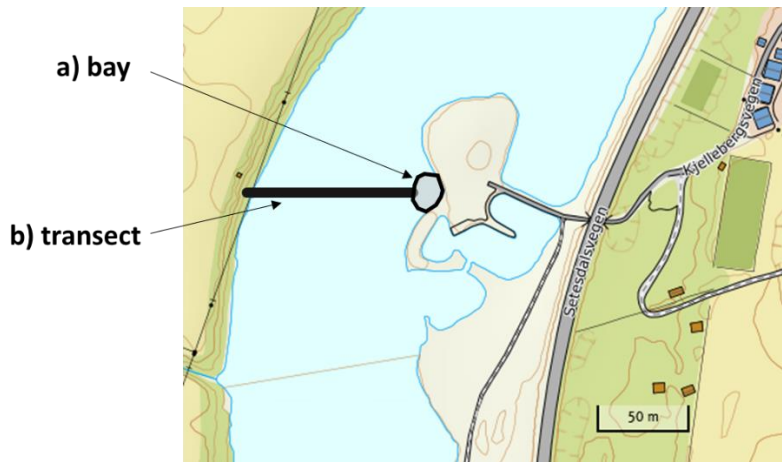
art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	2	<1
krypsiv enkeltsåter	-	-
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes echinospora</i>	2	<1
<i>Isoetes lacustris</i>	3	10
<i>Juncus bulbosus</i>	2	<1
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	2	1
<i>Sparganium angustifolium</i>	3	15
<i>Utricularia minor</i>	1	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1

Vannplantene langs transektet (b)

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	-	-
krypsiv enkeltsåter	-	-
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes lacustris</i>	3	1
<i>Potamogeton natans</i>	1	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

Recreational area, but uncertain how frequented (6.8.2019 was rainy, so nobody was there); weir about 100 m downstream, and another weir about 300 m upstream; some garbage (engangsgrill)

Bilder:



Fig. 7. Detritus covering *Isoetes* (*Utricularia* on top)

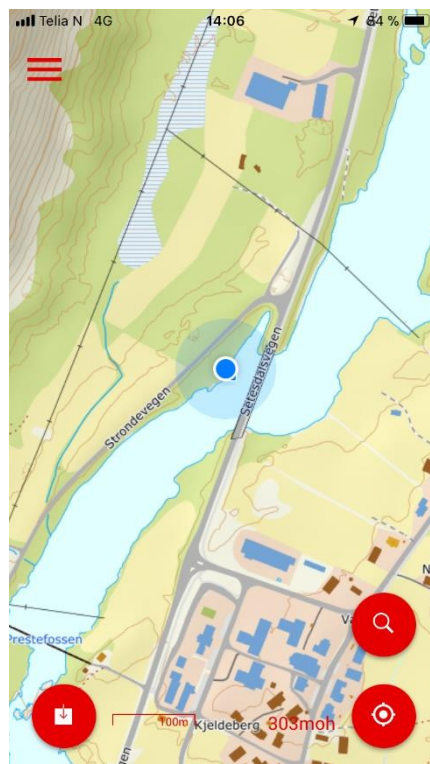


Fig. 8. *Sparganium* leaves reach the water surface in the bay

Bukt ved Valle

stasjonsnummer	6
dato og tid	6.8.2019; 14:00
koordinater	6587913 N, 74258 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	12,8
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,1
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	3
<i>Lobelia dortmanna</i>	2
<i>Potamogeton natans</i>	4
<i>Sparganium angustifolium</i>	4
<i>Utricularia minor</i>	1



Kommentarer: about 200 m upstream weir; few visible plants in the main river channel, but the bay is full of plants; sediment stony-sandy, with detritus cover in the bay

Bilder:

Fig. 9. Floating leaves of *Sparganium angustifolium* (foreground) and *Potamogeton natans* (behind) cover the bay

Homane

stasjonsnummer	7
dato og tid	6.8.2019; 14:45
koordinater	6589550 N, 75181 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	12,4
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,0
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Isoetes echinospora</i>	2
<i>Isoetes lacustris</i>	2
<i>Juncus bulbosus</i>	4
<i>Potamogeton natans</i>	2
<i>Ranunculus reptans</i>	1
<i>Sparganium angustifolium</i>	2
<i>Subularia aquatica</i>	1



Kommentarer: about 200 m upstream weir; sediment stony-sandy with thick layer of detritus; some boulders in the river; no vegetation in the middle of the river

Bilder:



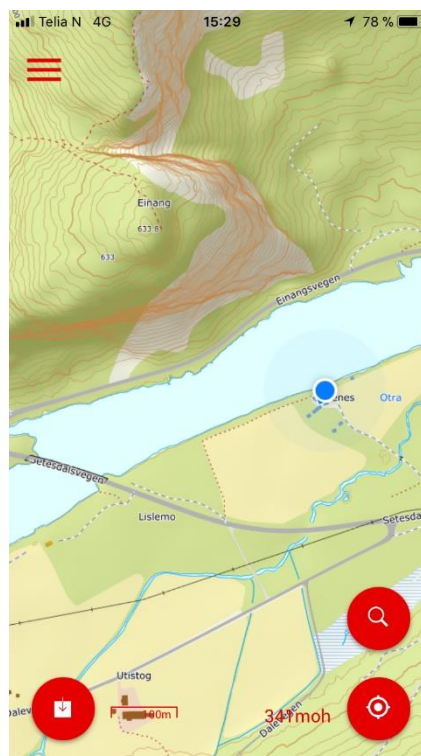
Fig. 10. No submerged vegetation is visible from the shore, but krypsiv occurs abundantly anyway

Nedlagt Campingplass Juvenes

stasjonsnummer	8
dato og tid	6.8.2019; 15:30
koordinater (UTM 33)	6590064 N, 73018 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	12,5
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	18,3
metodikk for kartlegging	standard

Sediment: cobbles with a thin cover of detritus

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	3	15
krypsiv enkeltsåter	4	65
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes echinospora</i>	1	<1
<i>Isoetes lacustris</i>	2	<1
<i>Juncus bulbosus</i>	5	80
<i>Sparganium sp.</i>	1	<1
<i>Subularia aquatica</i>	1	<1
<i>Utricularia minor</i>	2	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

Weir somewhat further downstream, water slowly flowing, some rubbish in the water (golf ball)

Bilder:



Fig. 11. No macrophytes reach the water surface, but underwater *Juncus* is abundant

Kallefoss Camping

stasjonsnummer	9
dato og tid	7.8.2019; 09:00
koordinater	6589795 N, 71990 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	12,4
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	17,0
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Isoetes echinospora</i>	1
<i>Juncus bulbosus</i>	3
<i>Lobelia dortmanna</i>	1
<i>Sparganium sp.</i>	3



Kommentarer: krypsiv mainly in the little bay, otherwise many small patches; sediment stony with a thin layer of detritus; slowly flowing

Bilder:



Fig. 12. No macrophytes reach the water surface in the main river channel; foam in the river, probably from a small waterfall upstream

Flatland Camping

stasjonsnummer	10
dato og tid	8.8.2019; 08:45
koordinater (UTM 33)	6591032 N, 71367 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	13,2 (right river side)
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,1 (right river side)
metodikk for kartlegging	standard

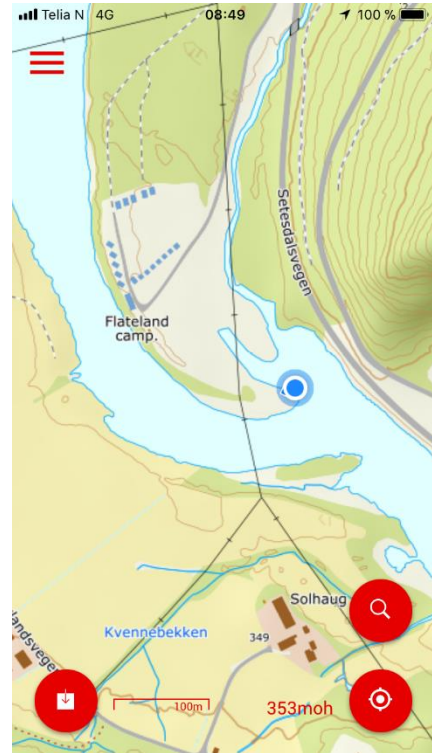
Sediment: gravel and cobbles with some detritus cover

Vannplantene langs transektet (a)

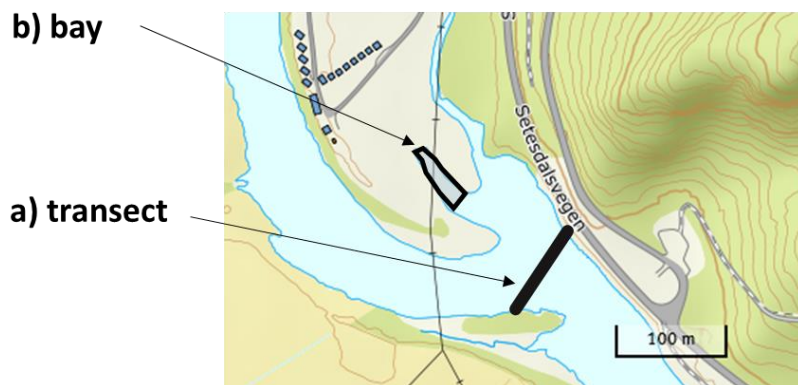
art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	3	7
krypsiv enkeltsåter	2	1
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes lacustris</i>	2	1
<i>Juncus bulbosus</i>	3	8
<i>Sparganium angustifolium</i>	3	5
<i>Ranunculus reptans</i>	2	<1

Vannplantene i bukta (b)

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	3	5
krypsiv enkeltsåter	3	3
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Potamogeton natans</i>	5	70
<i>Juncus bulbosus</i>	3	8
<i>Sparganium angustifolium</i>	3	2
<i>Utricularia minor</i>	1	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

At left hand river side (small creek) conductivity 11.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and temperature 13.5 $^{\circ}\text{C}$; site is located approximately 300 m upstream a weir; sediment at left hand river side: sand – gravel; sediment in the middle: collection of coarse particulate organic matter; sediment at right hand river side: gravel- pebble; sediment at right bank: larger material, cobbles; sediment in the bay: gravel with thick detritus cover; some rubbish from the campground

Bilder:



Fig. 13. Krypsiv rosette plants in the middle of the river



Fig. 14. *Potamogeton natans*, *Sparganium angustifolium* and krypsiv cover the bay

Terskelbasseng ved Flateland

stasjonsnummer	11
dato og tid	7.8.2019; 09:30
koordinater	6591766 N, 711178 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11,2
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,8
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	2
<i>Utricularia minor</i>	1



Kommentarer: sediment stony, with algal and detritus cover; site is located right upstream a small weir; constrained reach, mostly shallow; some diatoms visible on the stones, together with *Stigonema* and some filamentous green algae

Bilder:



Fig. 15. A small krypsiv rosette grows between stones covered with detritus and some algae

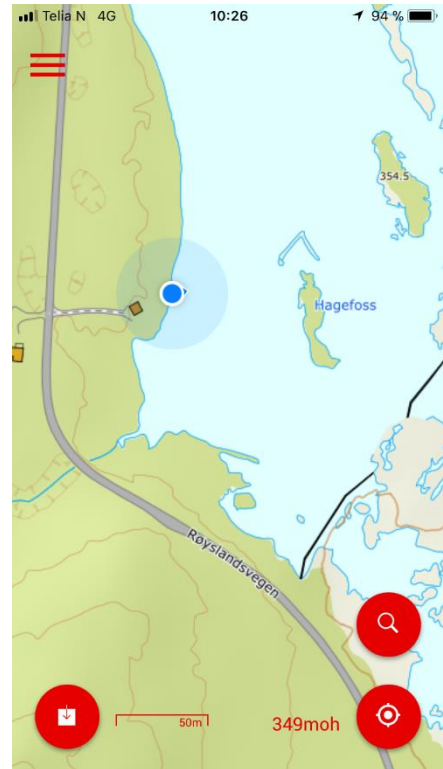


Fig. 16. The site is located right upstream a small weir, no plants reach the water surface

Terskelbasseng Hagefoss

stasjonsnummer	12
dato og tid	7.8.2019; 10:15
koordinater (UTM 33)	6592608 N, 71029 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11,7
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,8
metodikk for kartlegging	standard

Sediment: cobbles with thick layer of detritus; in the bay at the little inflow the sediment is sandy



art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	2	1
krypsiv enkeltsåter	3	15
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes echinospora</i>	1	<1
<i>Isoetes lacustris</i>	2	<1
<i>Juncus bulbosus</i>	3	16
<i>Lobelia dortmanna</i>	1	<1
<i>Utricularia minor</i>	1	<1
<i>Utricularia stygia/ochroleuca</i>	1	<1
<i>Utricularia vulgaris</i>	2	<1

Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

50-100 m upstream large weir; krypsiv forms large patches and grows tall, but does not reach the water surface; in one area (see map) the krypsiv reaches 80% cover; few plants in the deeper area close to the island

Bilder:

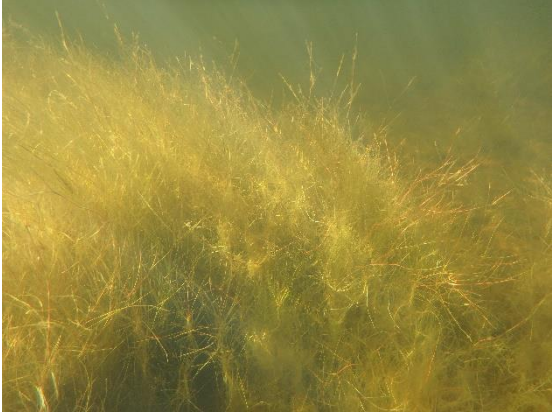


Fig. 17. Krypsiv patches grow tall, but do not reach the water surface



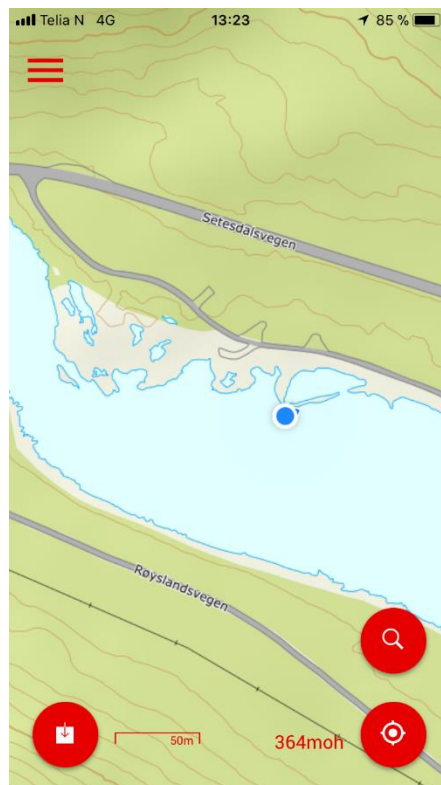
Fig. 18. The site is located right upstream a large weir

Sanden Såre bobilpark

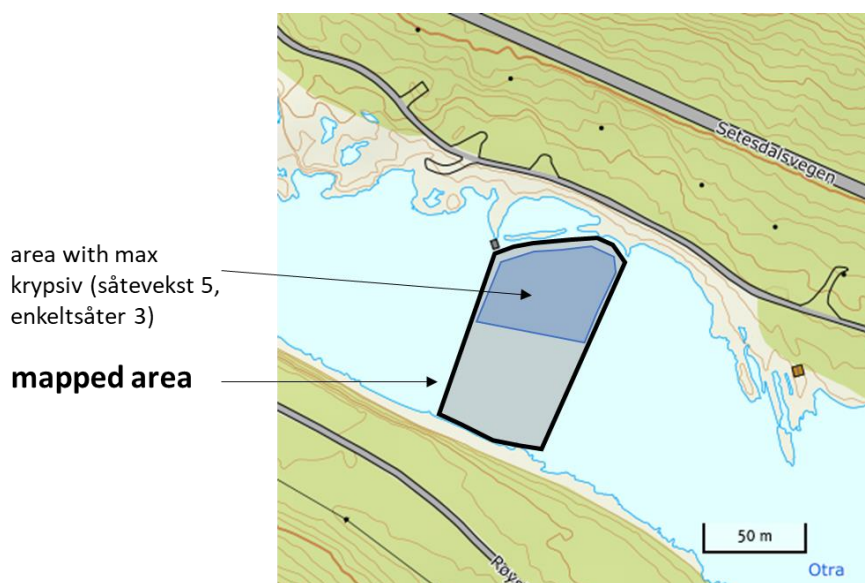
stasjonsnummer	13
dato og tid	7.8.2019; 13:15
koordinater (UTM 33)	6594662 N, 70706 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11,9
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	17,0
metodikk for kartlegging	standard

Sediment: gravel and cobbles with thick detritus layer; sand in the bay

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	1	2
krypsiv enkeltsåter	3	5
krypsiv såtevekst	3	20
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes echinospora</i>	2	<1
<i>Isoetes lacustris</i>	2	<1
<i>Juncus bulbosus</i>	4	27
<i>Lobelia dortmanna</i>	2	<1
<i>Ranunculus reptans</i>	1	<1
<i>Sparganium angustifolium</i>	3	5



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

About 200-300 m upstream a weir; campground for caravans; owner of the campground says that the plants grow «more and more»; the right hand side of the river is deeper (maximum about 3 m) with some boulders; there is almost no krypsiv in the deep part of the channel, but dense krypsiv in the shallower left hand side

Bilder:



Fig. 19. Krypsiv forms dense patches that do not reach the water surface



Fig. 20. Krypsiv patches are visible from the shore

Terskelbasseng ved Drengsøy

stasjonsnummer	14
dato og tid	7.8.2019; 11:45
koordinater	6594650 N, 67742 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11,3
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,1
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Isoetes lacustris</i>	1
<i>Juncus bulbosus</i>	3
<i>Sparganium sp.</i>	1



Kommentarer: «natural weir basin»; sediment very coarse, stony with detritus layer; up to 3 m deep in the middle; krypsiv mainly as enkeltståter, grows in thick detritus layer among stones; krypsiv occurs only along the shore to about 2 m from the shore among the boulders;

Bilder:



Fig. 21. The site is slowly flowing, a "natural" weir basin



Fig. 22. Krypsiv grows in the detritus among the rocks

Bjørnarå

stasjonsnummer	15
dato og tid	7.8.2019; 14:30
koordinater (UTM 33)	6596986 N, 67566 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10,9
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,0
metodikk for kartlegging	standard

Sediment: cobbles, stones; little detritus except in the bay (b), which has a thick layer of detritus

Vannplantene i område (A)

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	-	-
krypsiv enkeltsåter	1	<1
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes lacustris</i>	1	<1
<i>Juncus bulbosus</i>	1	<1

Vannplantene i bukta (B)

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	-	-
krypsiv enkeltsåter	4	40
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Juncus bulbosus</i>	4	40
<i>Sparganium sp.</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

The site is quite shallow; right downstream the confluence of Otra and Bjørnaråi; Bjørnaråi upstream the confluence with the Otra: 11.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 15.7 $^{\circ}\text{C}$

Bilder:



Fig. 23. The plume of the Otra river is yet poorly mixed

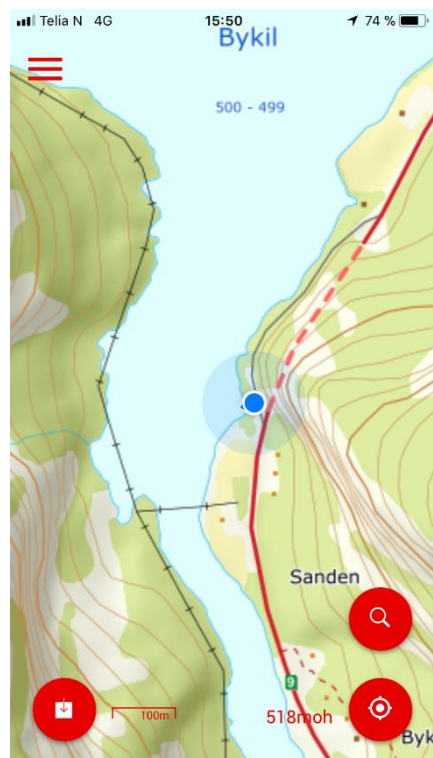


Fig. 24. Confluence of Otra and Bjørnaråi

Bykil ved Sanden

stasjonsnummer	16
dato og tid	7.8.2019; 15:50
koordinater	6601905 N, 63611 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9,6
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	13,5
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Isoetes echinospora</i>	2
<i>Isoetes lacustris</i>	2
<i>Juncus bulbosus</i>	2
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	1
<i>Nitella c.f. flexilis/opaca</i>	1
<i>Ranunculus reptans</i>	1
<i>Sparganium angustifolium</i>	2
<i>Subularia aquatica</i>	2



Kommentarer: water almost standing, small bay; sediment mainly sandy with detritus cover, some large boulders, sometimes clay below the sand; krypsiv only as rosette plants; total plant cover <5%

Bilder:

Fig. 25. Isoetid vegetation in the shallow littoral

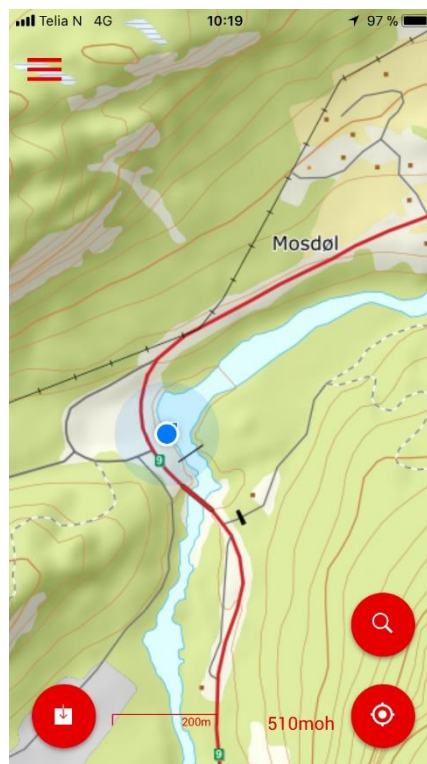


Fig. 26. Some krypsiv rosette plants

Terskelbasseng Sveigefoss

stasjonsnummer	17
dato og tid	8.8.2019; 10:30
koordinater	6603577 N, 64299 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	30,4
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	15,7
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	4
<i>Menyanthes trifoliata</i>	2
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	5
<i>Sparganium sp.</i>	2
<i>Utricularia sp.</i>	1



Kommentarer: sediment big rocks covered with detritus; small groundwater streams flow into the site, with a conductivity of around $40 \mu\text{S}/\text{cm}$ and a temperature of around 6.2°C

Bilder:



Fig. 27. Krypsiv grows densely between stones

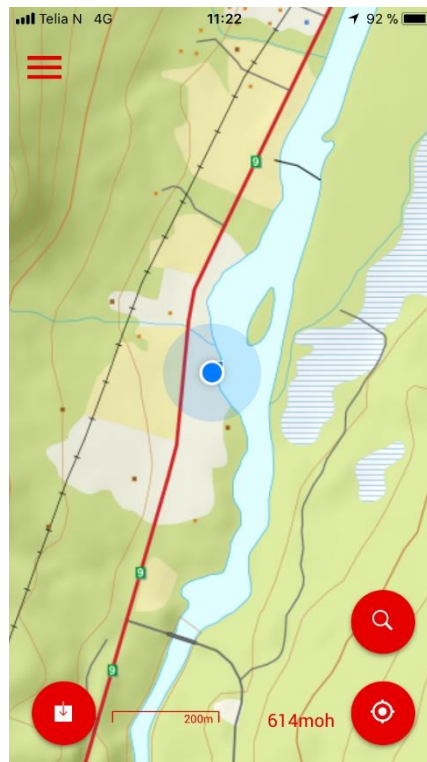


Fig. 28. Krypsiv and *Myriophyllum alterniflorum* are clearly visible from the road

Terskelbasseng ved Høymyr

stasjonsnummer	18
dato og tid	8.8.2019; 11:30
koordinater	6607363 N, 68181 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10,0
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	16,1
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Sparganium angustifolium</i>	2



Kommentarer: sediment stony, very little detritus cover; no other submerged macrophytes except *Sparganium*

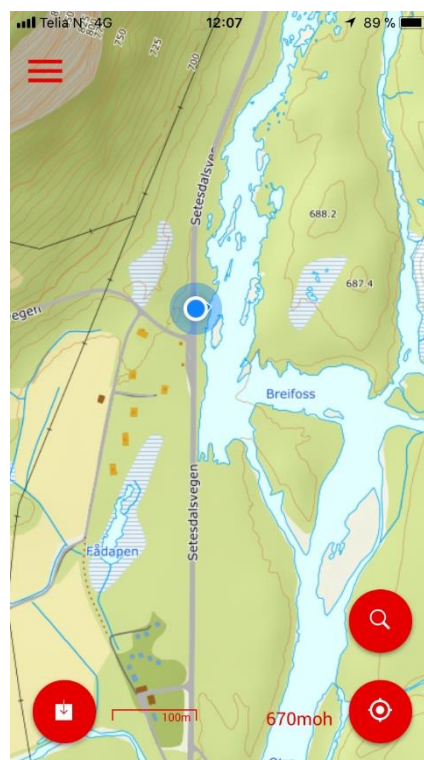
Bilder:

Fig. 29. The site is situated upstream a low weir

Terskelbasseng ved Breifoss

stasjonsnummer	19
dato og tid	8.8.2019; 12:00
koordinater	6612979 N, 69748 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9,9
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	17,7
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	1
<i>Sparganium sp.</i>	1



Kommentarer: sediment bedrock and sand-gravel covered with a thin layer of detritus; something which looks like a spawning redd in the gravel; no other submerged macrophytes except a few krypsiv plants, but there are some algae on the rocks

Bilder:



Fig. 30. Some krypsiv såtevekst in otherwise bare sediment



Fig. 31. The water is slow, but noticeably flowing

Flæhyl

stasjonsnummer	20
dato og tid	8.8.2019; 12:45
koordinater	6614931 N, 69877 Ø
ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11,9
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	19,2
metodikk for kartlegging	enkelt

art	mengde 1-5
<i>Juncus bulbosus</i>	2
<i>Sparganium sp.</i>	2
<i>Subularia aquatica</i>	2



Kommentarer: sediment sand-gravel with thick detritus layer; water +- standing, lake situation

Bilder:

Fig. 32. Krypsiv rosette plants grow sparsely on the sand

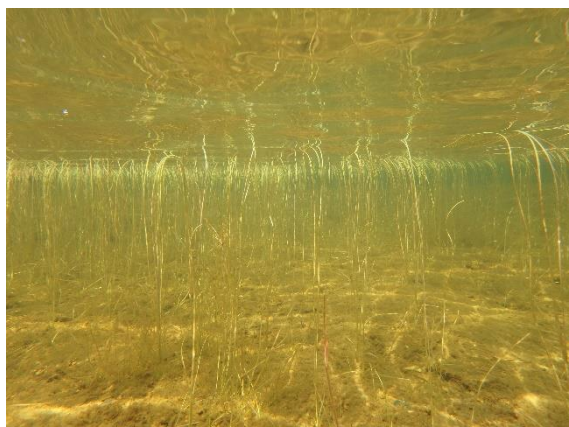


Fig. 33. *Sparganium angustifolium* leaves reach the water surface

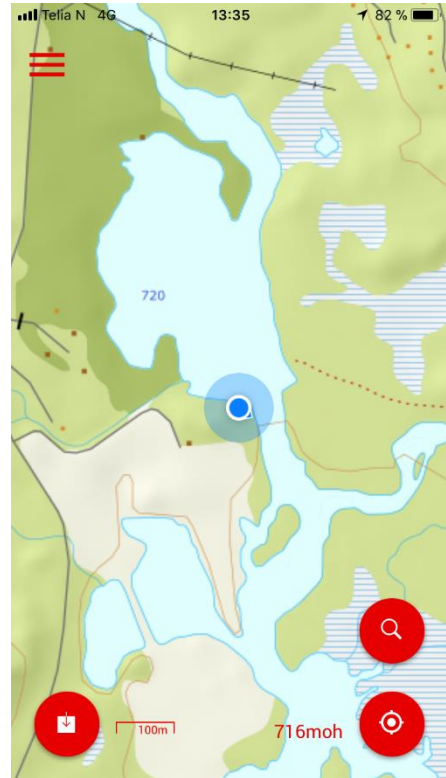
Nedstrøms golfbane

stasjonsnummer	21
dato og tid	8.8.2019; 13:30
koordinater (UTM 33)	6618568 N, 70258 Ø
ledningsevne (µS/cm)	9,7
temperatur (°C)	18,0
metodikk for kartlegging	standard

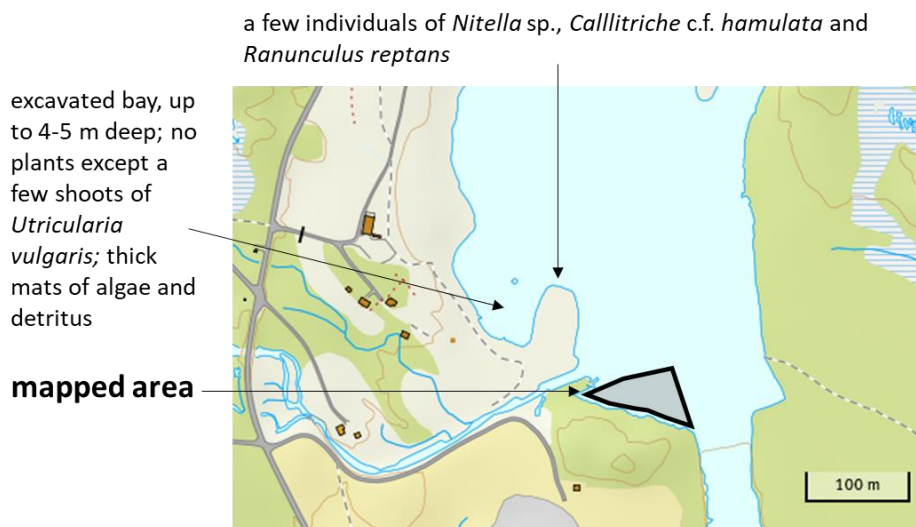
Sediment: sand and gravel with a thick layer of detritus

Vannplantene i område (a)

art	mengde 1-5	% dekning
krypsiv rosettplanter	3	10
krypsiv enkeltsåter	3	5
krypsiv såtevekst	-	-
krypsiv overflatemater	-	-
<i>Isoetes lacustris</i>	3	2
<i>Juncus bulbosus</i>	3	15
<i>Ranunculus reptans</i>	1	<1
<i>Sparganium sp.</i>	3	2
<i>Subularia aquatica</i>	2	<1
<i>Utricularia vulgaris/australis</i>	1	<1



Tegning av området som ble kartlagt:



Kommentarer:

Downstream a golf court, some golfballs in the water; little inflow right upstream the site; site is situated right upstream a weir, slow flow, almost lake situation; the little bay at the golf court is 4-5 m deep and seems to have been excavated

Bilder:



Fig. 34. The site is situated at a golf course; only a little *Sparganium* reaches the water surface



Fig. 35. Krypsiv, *Sparganium* and *Subularia* grow in clear water

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

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no