

1805

NINA Rapport

## Utredning av kalkingsbehov for utvalgte målarter i enkelte grensevassdrag mot Sverige

Stein Ivar Johnsen, Øyvind A. Garmo, Bjørn Mejdell Larsen & Kjetil Olstad



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

### **NINA Temahefte**

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Utredning av kalkingsbehov for utvalgte målarter i enkelte grensevasdrag mot Sverige

Stein Ivar Johnsen  
Øyvind A. Garmo  
Bjørn Mejdell Larsen  
Kjetil Olstad

Johnsen, S.I., Garmo, Ø.A., Larsen, B.M. & Olstad, K. 2020  
Utredning av kalkingsbehov for utvalgte målarter i enkelte  
grensevassdrag mot Sverige. NINA Rapport 1805. Norsk institutt  
for naturforskning.

Lillehammer, mars 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4563-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Kim Magnus Bærum (NINA) og Kari Austnes (NIVA)

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Jon Museth (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Innlandet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Ola Hegge

FORSIDEBILDE

Edelkreps (Børre K. Dervo), elvemusling (Bjørn M. Larsen), røye  
(Stein I. Johnsen).

NØKKEWORD

- Norge, Sverige, grensevassdrag, Innlandet, Viken
- Edelkreps, elvemusling, røye, laksefisk
- Utredning av kalkingsbehov

KEY WORDS

[Se Nøkkelord]

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**  
Postboks 5685 Torgarden  
7485 Trondheim  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Oslo**  
Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**  
Postboks 6606 Langnes  
9296 Tromsø  
Tlf: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**  
Vormstuguvegen 40  
2624 Lillehammer  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Bergen**  
Thormøhlens gate 55  
5006 Bergen  
Tlf: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Johnsen, S.I., Garmo, Ø.A., Larsen, B.M. & Olstad, K. 2020. Utredning av kalkingsbehov for utvalgte målarter i enkelte grensevasdrag mot Sverige. NINA Rapport 1805. Norsk institutt for naturforskning.

Tidligere kalking i grensevasdragene mot Sverige ble stanset på norsk side i 2013. Det er en viss bekymring for at det likevel fortsatt foreligger behov for kalking i enkelte vassdrag innen dette området for å unngå forsuringsskader og tap av bestander av stor bevaringsbiologisk verdi. I denne utredningen har vi vurdert mulig kalkingsbehov for å bevare elvemusling, edelkreps og røye i enkelte grensevasdrag mot Sverige.

Utredningen baserer seg på eksisterende data og kunnskap fra tilgjengelige rapporter om forekomster og bestandsforhold for elvemusling og kreps i området, vannkjemidata og kunnskap/data fra overvåkingen etter kalkingsavslutningen i Hedmark. Utredningen vurderer eksisterende vannkvalitet opp mot miljøkravene for de aktuelle målartene, målartenes bestandsstatus og i hvilken grad denne er påvirket av eksisterende vannkvalitet. I tillegg er det gjort en vurdering av i hvilken grad eksisterende vannkvalitet antas å avvike fra naturtilstanden, samt en vurdering av fremtidig utvikling.

**Vrangselsva:** Basert på dagens og fremtidige vannkjemiske forhold bør det vurderes å gjenoppta kalking i S. Øyungen med utløpsbekk. Dette fordi edelkreps synes å ha respondert godt på kalking i denne delen av vassdraget tidligere, og fordi det i de nedre deler av utløpsbekken konkluderes med at uten tiltak for å bedre vannkvaliteten og en økning i bestanden av vertsfisk står muslingene i Bråtaåa i fare for å dø ut over tid. Det foreslåes innsjøkalking av S. Øyungen med en tilleggsdosering lengre ned i vassdraget for å styrke bestanden av elvemusling i Bråtaåa. Det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst), en tre-fire års syklus for edelkreps og en seksårs syklus for elvemusling. Undersøkelsene for edelkreps i selve S. Øyungen og øvre deler av utløpsbekken dekkes i dag opp av det nasjonale overvåkingsprogrammet for edelkreps.

Det anbefales ikke å igangsette kalking i Bæreia på nåværende tidspunkt, men det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst) og en overvåking av edelkrepsbestanden med en tre til fireårig syklus. Det vil vurderes å foreslå og innlemme Bæreia (med etablerte stasjoner) i det nasjonale overvåkingsprogrammet for edelkreps.

**Billa:** Det anbefales ikke kalking i Billa på nåværende tidspunkt, men det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst) og en overvåking av edelkrepsbestanden med en tre til fireårig syklus og elvemuslingbestanden med en seksårig syklus. Billa vil innlemmes som lokalitet i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling allerede fra 2021. For edelkreps er én elfiskestasjon og eDNA-innsamling innlemmet i det nasjonale overvåkingsprogrammet. Det bør vurderes å innlemme et av Bellingenvannene også i dette overvåkingsprogrammet.

**Hølvassdraget:** I følge en utredning fra Länsstyrelsen i Värmland dekkes behovet for kalking av hensen til laksen i Klarälven i Hølvassdraget av kalkingstiltakene på svensk side.

**Rotnavassdraget:** Det er særlig i Kalsjøen det har vært kjent at det var en god røyebestand. Undersøkelser i 2015-2018 viste imidlertid at røyebestanden var tynn. Med pH-verdier på ca. 6,4 og estimerte fremtidige pH-verdier rundt 6,5 er pH-målet for røye oppnådd. En eventuell bestandsnedgang for røye i Kalsjøen kan skyldes en økt grad av humifisering og rekrutteringssvikt hos røye. Videre undersøkelser er imidlertid nødvendig for å følge opp dette.

Med tanke på elvemuslingen i elvepartiene nedstrøms Nøklevatnet anbefales det per i dag ikke kalking, men det bør gjennomføres en årlig oppfølging av vannkjemien i utløpet av Nøklevatnet og Kjerkesjøen (vår og høst) og en seksårig undersøkelsessyklus for elvemusling.

### **Mangenvassdraget:**

Mangenvassdraget har trolig ikke hatt noen opprinnelige naturlige bestander av elvemusling. Funnene gjort i vassdraget er også helt sporadiske, og bevaringsverdien til elvemuslingen i dette systemet er trolig minimal.

Generelt synes Mangenvassdraget å ha dårlige vannkjemiske forhold for kreps, med lav pH og lave kalsiumnivåer. Både dagens nivåer og beregninger frem i tid viser at både pH- og kalsiumverdier i vassdraget ligger langt under de anbefalte vannkjemiske grensene for edelkreps. Dette synes å være et svært lite egnet vassdrag for edelkreps fra naturens side (1860-nivå), og ønsker man å ivareta edelkreps i dette vassdraget bør det lages en helhetlig kalkingsplan.

Stein I. Johnsen, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Vormstuguvegen 40, 2626 Lillehammer, [stein.ivar.johnsen@nina.no](mailto:stein.ivar.johnsen@nina.no)

Øyvind Aaberg Garmo, Norsk Institutt for vannforskning (NIVA), Sandvikavegen 59, 2312 Ottestad (Region Innlandet), [oyvind.garmo@niva.no](mailto:oyvind.garmo@niva.no)

Bjørn Mejdell Larsen, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, [bjorn.larsen@nina.no](mailto:bjorn.larsen@nina.no)

Kjetil Olstad, NINA, Vormstuguvegen 40, 2626 Lillehammer, [kjetil.olstad@nina.no](mailto:kjetil.olstad@nina.no)

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Artenes krav til vannkvalitet</b> .....	<b>8</b>
2.1 Edelkreps.....	8
2.1.1 Vannkvalitetsmål for edelkreps (årsmiddel): .....	8
2.2 Elvemusling .....	9
2.3 Røye (ørret) .....	11
2.3.1 Vannkvalitetsmål for røye (årsmiddel):.....	11
<b>3 Forekomst av aktuelle arter i vassdragene</b> .....	<b>12</b>
3.1 Vrangselva.....	12
3.1.1 Edelkreps .....	12
3.1.2 Elvemusling.....	14
3.2 Billa vassdraget .....	16
3.2.1 Edelkreps .....	16
Søndre Bellingen .....	17
Nordre Bellingen .....	18
3.2.2 Elvemusling.....	18
3.3 Høljan.....	21
3.3.1 Vänernlaks .....	21
3.3.2 Edelkreps .....	21
3.3.3 Elvemusling.....	21
3.4 Rotnavassdraget.....	22
3.4.1 Røye.....	22
3.4.2 Edelkreps .....	22
3.4.3 Elvemusling.....	22
3.5 Mangenvassdraget .....	26
3.5.1 Edelkreps .....	26
3.5.2 Elvemusling.....	27
<b>4 Utvikling i kalsiumkonsentrasjon, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH i de aktuelle vassdragene</b> .....	<b>28</b>
4.1 Data og metode .....	28
4.2 Resultater.....	29
<b>5 Vurdering av kalkingsbehov i de enkelte vassdrag</b> .....	<b>32</b>
5.1 Vrangselva.....	32
5.2 Billa .....	32
5.3 Høljavassdraget.....	32
5.4 Rotnavassdraget.....	33
5.5 Mangenvassdraget .....	33
<b>6 Referanser</b> .....	<b>34</b>
<b>7 Vedlegg</b> .....	<b>39</b>

## Forord

Tidligere kalking i grensevasdragene mot Sverige ble stanset på norsk side i 2013. Det er en viss bekymring for at det allikevel fortsatt foreligger behov for kalking i enkelte vassdrag innen dette området for å unngå forsuringsskader og tap av bestander av stor bevaringsbiologisk verdi. NINA og NIVA har derfor, på oppdrag fra Fylkesmannen i Innlandet, gjennomført en utredning av mulig kalkingsbehov for å bevare elvemusling, edelkreps og røye i enkelte grensevasdrag. Stein I. Johnsen (NINA), Øyvind A. Garmo (NIVA), Bjørn Mejdell Larsen (NINA) og Kjetil Olstad (NIVA) har skrevet rapporten. Fylkesmannen i Innlandet takkes for oppdraget og godt samarbeid.

30.mars.2020

Stein I. Johnsen  
Prosjektleder



# 1 Innledning

Tidligere kalking i grensevassdragene mot Sverige ble stanset på norsk side som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. Det er en viss bekymring for at det allikevel fortsatt foreligger behov for kalking i enkelte vassdrag innen dette området for å unngå forsuringsskader og tap av bestander av stor bevaringsbiologisk verdi på norsk eller svensk side av grensen. I brev av 10.01.2020 (ref:2020/410) ønsket derfor Fylkesmannen i Innlandet et tilbud på utredning av mulig kalkingsbehov for å bevare elvemusling, edelkreps og eventuelt annet verdifullt naturmangfold i grensevassdrag mot Sverige.

To hovedspørsmål lå som et bakteppe for utredningen:

- Er dagens vannkvalitet i de aktuelle vassdragene «skadelig/mindre egnet» for de artene vi skal vurdere (elvemusling, edelkreps og røye (ørret/laks)?
- Hvis så, skyldes dette menneskelig aktivitet?

Utredningen skulle baseres på eksisterende data og kunnskap fra tilgjengelige rapporter om forekomster og bestandsforhold for elvemusling og kreps i området, vannkjemidata og kunnskap/data fra overvåkingen etter kalkingsavslutningen i Hedmark. Utredningen skulle også vurdere eksisterende vannkvalitet opp mot miljøkravene for de aktuelle målartene, målartenes bestandsstatus og i hvilken grad denne er påvirket av eksisterende vannkvalitet. I tillegg skulle det gjøres en vurdering av i hvilken grad eksisterende vannkvalitet antas å avvike fra naturtilstanden. I lokaliteter hvor utredningen eventuelt konkluderer med at det er behov for kalking, skulle det foreslås vannkvalitetsmål og et opplegg for oppfølgende overvåking av måloppnåelse for vannkvalitet og målarter.

## 2 Artenes krav til vannkvalitet

### 2.1 Edelkreps

For ferskvannskreps vil pH under 6 kunne føre til forsureningskader (Appelberg 1992, Appelberg & Odelström 1990). Det har tidligere vært antatt at rogn- og yngelstadiene er de mest utsatte stadiene for negativ effekt av forsurening. Den utlagte rogn løses i større grad fra morens haleføtter, samt at nyklekket yngel får problemer med første skallskifte ved redusert pH (Appelberg 1984, Appelberg & Odelström 1990). Lav pH er dermed mest problematisk for rognutlegging i oktober og klekkingen i juni/juli. I tillegg tyder undersøkelser fra forsurede lokaliteter i Norge på at større individer kan ha større dødelighet ved forsurening enn mindre individer (Taugbøl 2005). Dette kan ha en sammenheng med at problemene med skaldannelse øker med krepsestørrelsen. Etter skallskifte har både yngel og voksen kreps et sterkt behov for raskt å kalsifisere skallet, dvs. gjøre skallet hardt. Dette er viktig for raskere å komme i gang med næringsopptak samt for å få bedre beskyttelse mot fisk og andre fiender som spiser kreps. Kalsifiseringsprosessen krever opptak av kalsium fra vannet. Denne prosessen er svært pH-følsom ved at surt vann blokkerer opptaksmekanismen. Forsøk med en amerikansk krepseart viste at kalsiumopptaket ble betydelig hemmet ved pH lavere enn 5.75 (Malley 1980). For krepseyngel er det påvist at ved pH 5.6 var opptakshastigheten av kalsium halvert i forhold til ved nøytralt vann (Appelberg og Odelström, 1990). Hvis kalsiuminnholdet i vannet er lavt, f.eks. 2-3 mg Ca/l som er vanlig i svært mange norske edelkrepslokaliteter, vil effekten av forsureningen forsterkes. I Norge har vi "gode" edelkrepsbestander i vann med kalsiumnivåer mellom 2-3 mg Ca/L (Johnsen mfl. 2019). I en norsk innsjø med kalsiumnivåer på 1,4 mg Ca/L syntes imidlertid bestanden av edelkreps å være kraftig påvirket, med lave tettheter og tynne/myke skall (Johnsen 2010). I et studie av Westman mfl. (1999) på signalkreps, var gjennomsnittlig kalsiumnivå på 1,6 mg Ca/L. Signalkrepsbestanden i denne lokaliteten ble antatt å balansere helt på grensen av hva man trodde var mulig i forhold til kalsiumnivåer. I en undersøkelse av Johnsen mfl. (2011, 2020 upubliserte data), fant man imidlertid at en godt etablert bestand av signalkreps ved kalsiumnivåer ned mot 1,0 mg Ca/l. Dette var overraskende, men de negative effektene av lave kalsiumnivåer kan motvirkes ved at pH var god (> 6,5). Signalkrepsen som ble fanget i Hemne syntes også å ha godt kalsifiserte og harde skall.

Aluminium kan også påvirke kreps. Laboratoriestudier over kort tid har vist at reaktive Al-konsentrasjoner på mer enn 250 µg/l resulterte i økt dødelighet (Appelberg 1985). Fjeld mfl. (1988) påviste stor dødelighet hos edelkreps som under oppdrettsforhold gikk i vann med reaktive Al-konsentrasjoner på 180 µg/l, med en labil komponent på 20 µg/l.

Ved forsurening kan predasjon være en samvirkende faktor. Abbor, som er en av de største predatorer på kreps, vil ofte øke i antall i forbindelse med forsurening pga. mindre konkurranse fra mer forsureningsfølsomme fiskearter som reduseres i antall (Appelberg 1992, Nyberg mfl. 1986). I tillegg vil, som tidligere nevnt, krepsen kunne være mykere i skallet og dermed mer utsatt for predasjon. I Garmo mfl. (2019), ble det ved vurdering av vannkjemiske forhold for edelkreps tatt utgangspunkt i at pH < 6,0, kalsiumnivåer < 2,0 mg Ca/l og labilt aluminium > 20 µg/l er verdier som er ugunstige for edelkreps. På svensk side er også pH-målet for edelkreps satt til > 6,0 mens de ikke har satt et måltall for kalsium. Som nevnt ovenfor henger de negative virkningene av lavt kalsiumnivå sammen med bl.a. pH-nivået.

Kreps vil også kunne påvirkes negativt av surstøtperioder, f. eks. om våren. Videre er det også mulig at den økende graden av humifisering av norske vann og vassdrag de senere årene kan ha påvirket krepsebestandenes struktur og størrelse negativt. For en generell diskusjon rundt dette, se kapittel 2.3.

#### 2.1.1 Vannkvalitetsmål for edelkreps (årsmiddel):

- pH > 6,2 og kalsium > 2,5 mg Ca/l

## 2.2 Elvemusling

Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) har gått dramatisk tilbake i mesteparten av sitt utbredelsesområde, på begge sider av den nordlige Atlanteren (e.g.) (Araujo & Ramos 2000, Geist 2010, Larsen 2017; 2018a, Lopes-Lima mfl. 2017, Jakobsen & Jakobsen 2018). Dette har ført til at arten har blitt kategorisert på IUCNs rødliste som sterkt truet (Moorkens 2011). I mesteparten av det sentrale Europa er arten nærmest forsvunnet. Denne utviklingen har ikke vært like dramatisk i Norge og vi har sannsynligvis om lag en firedel av de gjenværende bestandene i Europa (Larsen 2018a). Likevel er også trenden i Norge negativ. Tilbakegangen har vært stor i enkelte områder og muslingen har dødd ut i flere vassdrag (ca. 25 % av de historisk kjente lokalitetene) (Larsen & Magerøy 2019). I tillegg ser det ut til at rekrutteringen er for lav til å opprettholde bestanden ved mer enn halvparten av de gjenværende lokalitetene (Larsen & Magerøy 2019). Dette har ført til at elvemuslingen er kategorisert som sårbar på den norske rødlisten over truede dyrearter både i 2010 og 2015 (Kålås mfl. 2010, Henriksen & Hilmo 2015).

Kalkingsvirksomheten i Norge har som et overordnet mål i perioden 2016–2021 å sikre eller gjenskape minimum «god økologisk tilstand» med hensyn til forsuring (Miljødirektoratet 2016). Målet er å bevare det biologiske mangfoldet, og kalkingstiltak direkte rettet mot elvemusling bør derfor også vurderes (Larsen 2018a).

I vassdrag som kalkes vil nær utdødde bestander av elvemusling kunne ta seg opp igjen (Larsen 2018a) eller vannkvaliteten kan bli god nok til at elvemusling kan reetableres ved utsetting. I Sverige er det vist at muslingpopulasjoner i kalka vassdrag har opprettholdt god status, mens populasjoner i ukalka vassdrag har hatt en negativ utvikling (Söderberg mfl. 2008). I vassdrag som har vært utsatt for sterk forsuring er det vist at kalking øker den årlige tilveksten hos elvemusling (Dunca mfl. 2011), frekvensen av vekstforstyrrelser avtar, overlevelse og vitalitet øker (Henrikson 1996), tettheten av vertsfisk øker og rekrutteringen hos elvemusling tar seg opp.

I handlingsplanen for elvemusling (Larsen 2018a) er det åpnet for 1) å endre dagens kalkingsstrategi (f.eks. pH-mål) i vassdrag med elvemusling som allerede kalkes slik at vannkvaliteten blir god nok til at det også sikrer rekrutteringen hos elvemusling og 2) bruke kalking som tiltak for elvemusling i vassdrag som i dag ikke kalkes som virkemiddel for å reetablere og styrke bestander av elvemusling.

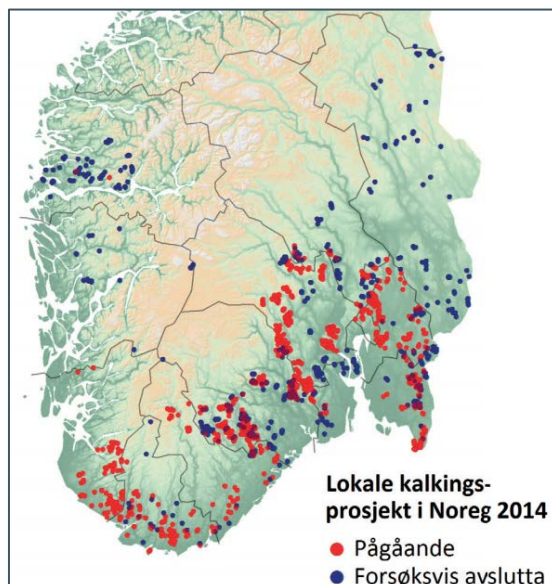
Det finnes et ukjent antall vassdrag i Norge der forsuring fortsatt kan være en begrensende faktor for rekruttering og overlevelse for bestander av elvemusling. I mange forsuringsutsatte nedbørfelt, bl.a. på Østlandet, er innsjøer kalket for å reetablere og/eller øke fiskebestandene (**figur 1**). Med utstrakt kalkingsvirksomhet har vi i enkelte tilfeller fått en sekundæreffekt nedover i vassdragene som har kommet elvemuslingen til gode (bl.a. Larsen & Eken 2009, Sandaas mfl. 2011, Larsen 2019). Når det nå skjer en reduksjon i omfanget av denne innsjøkalkingen (jf. **figur 1**) kan den positive tendensen for elvemusling bli reversert.

Det er en rekke andre faktorer som også kan virke negativt på overlevelse og rekruttering hos elvemusling, f.eks. høy tilførsel av næringsstoff (eutrofiering), vassdragsreguleringer (endringer i vannføring/vanntemperatur), erosjon fra land- og skogbruksområder, kanalisering, bekkelukking, snauhogst, drenering av myrer og annen utmark, graving og byggeaktiviteter med høyt partikkelutslipp, avrenning fra veier, giftutslipp og klimavariasjoner (Larsen 1997; 2017; 2018). Tidligere var også plukking av muslinger og perlefiske en alvorlig trussel.

Når det gjelder forsuring er de fleste arter av snegler og småmuslinger mer forsuringfølsomme enn fisk, og forsvinner når pH blir lavere enn 6,0 (Økland & Økland 1986). Hos elvemusling kan voksne muslinger overleve ved pH ned mot 5,0 (Henrikson 1996), men kan dø ved langt høyere pH når andre faktorer (f.eks. aluminiumsforgiftning) kommer i tillegg. Forsuring skaper i tillegg en ubalanse i kalsiumopptaket slik at muslingen etter hvert tærer på eget skall. Dette gir størst negative effekter hos unge muslinger da tilveksten er størst i de første leveårene (Heming mfl. 1988). I Västernorrlands län, Sverige, ble vannkvaliteten i elver med og uten elvemusling analysert (E. Petersson mfl. upubl. materiale, referert hos Henrikson & Söderberg 2018). Sannsynligheten for å påtreffe elvemusling var størst i elver med pH  $\geq 6,2$  og vannfarge mindre enn 125 mg Pt/l. Elver med livskraftige, rekrutterende bestander hadde enda høyere pH-verdi (rundt 6,7) og

fargetall mindre enn 75 mg Pt/l. I Storelva (Vegårvassdraget) i Agder er det fra 2017 gjort forsøk med å øke pH-målet for kalkingen til pH 6,4 hele året for å unngå eventuelle effekter av økt labil aluminium på elvemusling (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder 2017).

I det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling er det stor variasjon i gjennomsnittsverdien for pH i de ulike lokalitetene (6,47–7,68 (min og maks alle prøver: 6,13 - 8,51); Larsen 2017), men de fleste lokaliteter med elvemusling har årsgjennomsnitt for pH som ligger mellom 6,4 og 7,2 (B.M. Larsen, upublisert materiale).



**Figur 1.** Innsjøer og bekker som ble kalka per 2014, er merket med rødt. I de blåmerka innsjøene og bekkene er kalkinga forsøksvis avslutta, men lokalitetene blir fortsatt overvåket med tanke på at kalkinga kanskje må tas opp igjen. Fra Miljødirektoratet (2016).

Forsuring kan også føre til skade på lokale fiskebestander, noe som også påvirker elvemuslingen negativt. Elvemuslingens larver har et obligatorisk stadium på gjellene til fisk (Larsen 2005). En bestand av «laksemusling» kan bare overleve på lang sikt i vassdrag som samtidig har en god bestand av laks, og tilsvarende er en bestand av «ørretmusling» avhengig av ørret. Reduserte fiskebestander kan dermed føre til redusert mulighet for rekruttering hos elvemusling.

Kalsium, som er viktig i oppbyggingen av skallet, reduserer den giftige effekten av aluminium (Brown 1983). Det er heller ikke årsgjennomsnittet som er viktig, men heller forekomsten av suboptimale episoder av kort eller lang varighet i løpet av året. I enkelte lokaliteter kan kalsiuminnholdet være lavere om vinteren enn om sommeren (Larsen 2018b), men det er ikke sikkert det betyr noe da muslingene også har lavest aktivitet om vinteren. Det finnes ingen opplysninger i litteraturen som sier noe om hvor mye kalsium vannet må inneholde for at muslingene skal ha optimale forhold. Som oftest vil også årsaken til manglende rekruttering ligge i et samspill av flere faktorer.

I det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling er det stor variasjon i gjennomsnittsverdien for kalsium i de ulike lokalitetene (1,3–15,9 mg/l; Larsen 2017), men de fleste lokaliteter med elvemusling har årsgjennomsnitt som ligger mellom 2,0 og 4,0 mg/l (B.M. Larsen, upublisert materiale).

### 2.2.1 Vannkvalitetsmål for elvemusling:

- pH >6,4 (6,2) og kalsium >2,0 mg Ca/l

## 2.3 Røye (ørret)

Sur nedbør har vært ansett som en av de største truslene mot ferskvannsfisk i Norge (Overrein mfl. 1980), og det har vært betydelige skader på bestander av innlandsfisk (Hesthagen mfl. 1994). Videre har studier vist at røye (*Salvelinus alpinus*) er en av de mest forsuringfølsomme artene av ferskvannsfisk. En studie av Hesthagen & Sandlund (1995), viste at over 200 bestander av røye var ansett som tapt, mens nær 300 bestander hadde gått tilbake på grunn av forsuring. De fant også at pH og konsentrasjonen av labilt aluminium var de kjemiske parameterne som best forklarte status til røyebestandene. I denne studien var gjennomsnittlig pH-verdi 6,15 for «upåvirkede» bestander, pH = 5,44 for bestander som var «påvirket» og pH = 5,13 for bestander som var «utdødde». En studie av røye i Rondvatnet viste at bestander kan klare seg bra ved pH-verdier fra 5,7-6,0, men får problemer ved pH <5,5 (Hesthagen & Saksgård 2018a). Hesthagen & Saksgård (2018b), diskuterer at Atnsjøen, som har blitt overvåket over mange år, kanskje kunne brukes som en referansesjø opp mot forsuring. Her har pH ligget rundt 6,0 i perioden 1985-2012, og i den perioden har røyebestandens struktur og størrelse i liten grad endret seg.

I en studie på ørret av Lund mfl. (2018) var det indikasjoner på at terskelverdier for reproduksjon lå så lavt som pH = 5,1, LAI = 26µ/l og ANCoaa = 10 µekv/l. Dette er imidlertid en nedre grense for reproduksjon og ikke en optimal vannkjemi for ørret. I en studie av Nyberg mfl. (1986) fant man at tettheten av ungfisk av ørret økte etter at pH-verdiene økte til over 5,5 som følge av kalking. Det er imidlertid flere faktorer som påvirker effekten av forsuring, f.eks. vil arter som abbor kunne få økt tetthet (se ovenfor), noe som vil endre predasjons- og konkurranseforhold. For fisk, da særlig røye og ørret, tok Garmo mfl. (2019) som utgangspunkt at pH bør ligge over 6,0 og labilt aluminium under 20 µg/l når de vurderte forsuring som forklaring på endringer i populasjoner.

I tillegg til den generelle vannkjemien, kan vannkvaliteten i kortere perioder være såpass dårlig at den kan være skadelig for fisk. I forbindelse med snøsmelting om våren, kan det f.eks. dannes et surt vannlag (surstøtepisoder) like under isen (f.eks. Hasselrot mfl. 1987). Denne perioden er ofte sammenfallende med den forsuringfølsomme øyerogn- og klekkefasen til røyeeyngelen (Peterson mfl. 1980, Gunn & Noakes 1987).

De siste årene har det også vært en økende oppmerksomhet rundt økte nivåer av humus og organisk materiale i innsjøer (f.eks. Finstad mfl. 2016). Dette kan føre til tilslamming av gyteområder for røye, og kan redusere overlevelsen til rogn gjennom redusert oksygentilførsel og redusert transport av avfallsstoffer (Cooper 1965). Generelt vil laksefisk unngå å gyte i substrat med mye finsediment (Burner 1951, Crisp & Carling 1989). I en undersøkelse i Øyangen (mellom Gran og Hurdal kommuner) fant Johnsen mfl. (2016) at nedslamming foregikk over muddergrensen, og at man ikke kunne utelukke at dette hadde negative effekter på overlevelsen i rognstadiet.

### 2.3.1 Vannkvalitetsmål for røye (årsmiddel):

- pH > 6,0

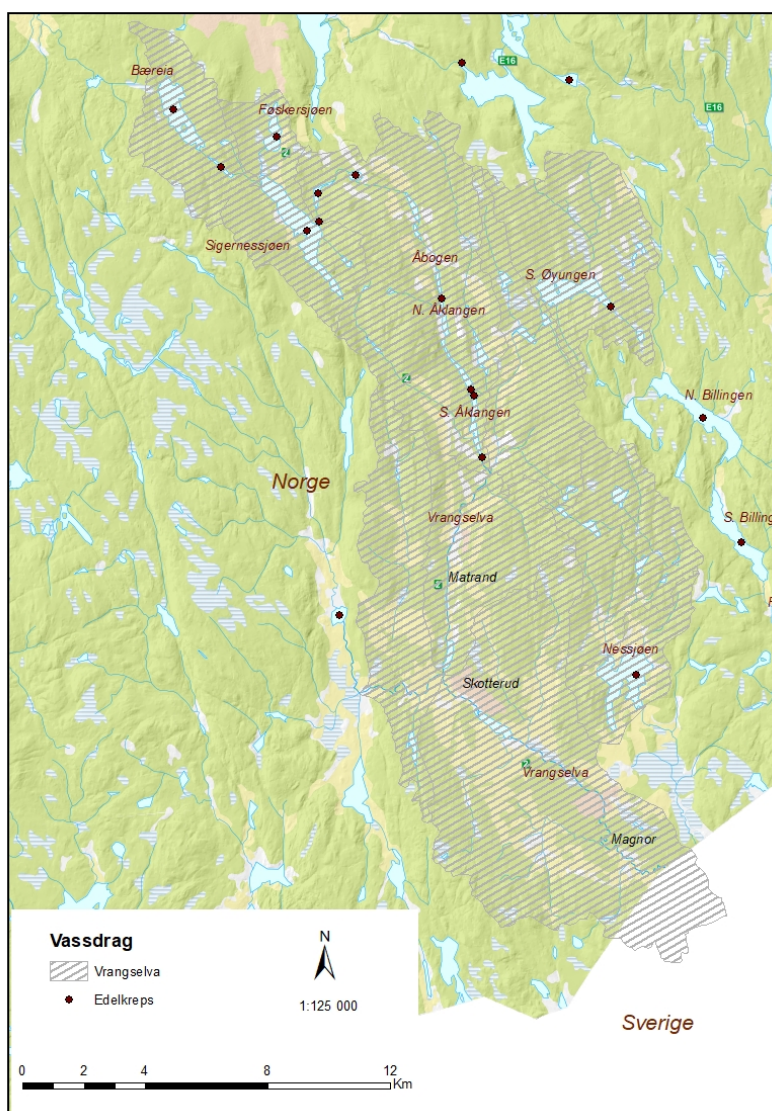
### 3 Forekomst av aktuelle arter i vassdragene

#### 3.1 Vrangselva

I henhold til bestillingen fra Fylkesmannen skal det være et særlig fokus på Søndre Øyungen med utløpselv (Grønnbekken), Bæreia og Nessjøen med utløpselv.

##### 3.1.1 Edelkreps

Det er flere lokaliteter med edelkreps i Vrangselvavassdraget (**figur 2**).

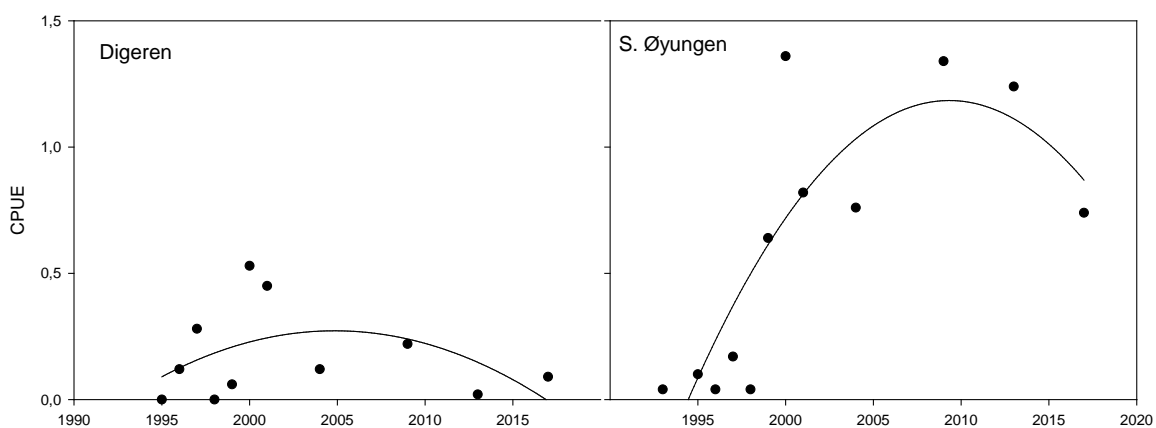


**Figur 2.** Kart over Vrangselvas nedbørfelt og registrerte bestander av edelkreps.

Bæreia som ligger øverst i Vrangselva var historisk regnet som en god krepselokalitet (Taugbøl 2005). I henhold til NINA sin database var det en middels tett bestand av edelkreps i Bæreia rundt 1940. På grunn av forsurening gikk bestanden tilbake på slutten av 1980-årene. Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen gikk kraftig ned, og størrelsen på krepsen holdt seg relativt liten også flere år etter at kalkingen startet i 1991 (Taugbøl 2005). Dykkeundersøkelser på 1990-tallet viste at tettheten holdt seg stabilt på rundt 40 kreps per dykketime, men viste en dobling i 2004. Teinefangstene var imidlertid lave og lå på rundt én kreps per teinenatt. Det var en relativt stor beskatning tidligere, men selv om det krepses noe i dag er uttaket trolig lite (egne observasjoner).

Resultater og vurderinger fra prøvekrepsingen i 2015 og 2017 viser med teinefangster på  $CPUE_{2015} = 0,44$  og  $CPUE_{2017} = 0,08$  og dykkefangster på  $CPUE_{dykk} = 21$ , at edelkrepsbestanden i Bæreia er svært tynn, og at det var en stor nedgang i relativ tetthet fra 2004 til 2015 og videre til 2017. Det var ingenting unormalt i forhold til skallskifte (egne obs.), og det ble fisket på de samme stasjonene som tidligere (Taugbøl, 2005). Nivåene for kalsium i Bæreia har de siste årene falt en god del, og i 2016 og 2017 var nivåene ned mot 1,7 mg Ca/l (Garmo mfl. 2019). Dette er så lavt at krepsen kan få problemer i forbindelse med skallskifte, og dette kan være en forklaring på nedgangen i relativ tetthet fra 2015 til 2017. I det nærliggende vannet Skårillen (se Garmo mfl. 2019) var det imidlertid tilsvarende verdier i kalsiumkonsentrasjon uten at dette påvirket tettheten negativt. Eventuelle endringer i fiskesamfunnet (konkurrenter/predatorer) kan også være en medvirkende årsak. Edelkrepsbestanden i Bæreia har imidlertid gått kraftig tilbake etter 2004. Sammenlignet med f. eks. S. Øyungen (se under) synes effekten av kalkingen i Bæreia å ha vært mindre tydelig.

Med unntak av Søndre Øyungen er de andre lokalitetene i Vrangselva lite undersøkt med tanke på bestandstetthet de siste årene. Krepsebestanden i Søndre Øyungen er en av de bestandene hvor man kan se en god effekt av kalkingen. Denne lokaliteten er også med på den nasjonale overvåkingen av edelkreps (Johnsen mfl. 2019), og dette har sikret en viss kontinuitet i datainnsamling. Sammenlignet med en annen nærliggende overvåkingslokalitet (Digeren) ser vi effekten av kalking og kalkingshistorikk (**figur 3**). Før kalkingen begynte i 1994 var pH = 5,5 og kalsiumnivået på 2,15 mg Ca/l i S. Øyungen. I Digeren var tilsvarende verdier 5,4 og 1,6 mg Ca/l. Med andre ord var vannkjemiske forhold ikke gode for kreps. Digeren ble kalket fra 1994-1998, og man ser at etter en positiv effekt frem til rundt år 2000, så har bestanden gått kraftig tilbake (**figur 3**). I S. Øyungen var tettheten av kreps på samme nivå som i Digeren før kalkingen begynte. Her fortsatte imidlertid den gode utviklingen frem til kalkingen ble avsluttet i 2013. Om nedgangen i fangstene fra 2013 til 2017 skyldes vannkjemiske endringer er vanskelig å si, da både naturlige svingninger og en viss kalkhaleeffekt kan spille inn. Det er imidlertid sannsynlig at kalkingen av S. Øyungen har hatt en positiv effekt.



**Figur 3.** Utvikling i antall kreps per teinenatt (CPUE) i Digeren (venstre) og S. Øyungen (høyre) i perioden 1994-2017 (fra Johnsen mfl. 2019).



### 3.1.2 Elvemusling

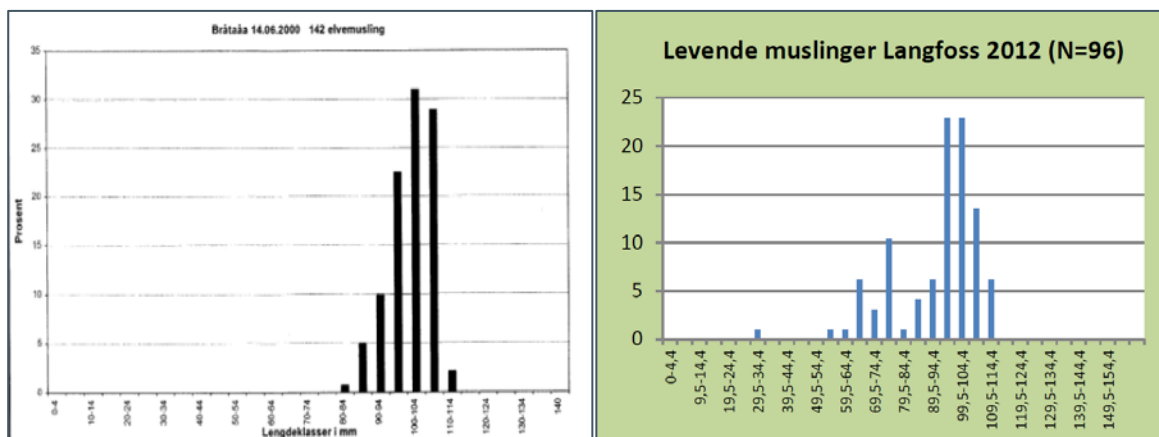
I nedbørfeltet til Vrangselva er det bare registrert elvemusling i Bråtaåa (Larsen & Magerøy 2019). Vrangselva ved Magnor samt bekkene Børjåa, Bekk ved Gulli gård, Leirbekken og Veksa som alle drenerer til Vrangselva ble undersøkt i 2011, men uten funn av elvemusling (Enerud 2001, Sandaas & Enerud 2011). Det ble dessuten undersøkt to lokaliteter i Vrangselva i 2013 nedenfor utløpet av Søndre Åklangen (Sandaas & Enerud 2013), men det ble bare påvist andemusling (*Anodonta anatina*).

Bråtaåa har sitt utspring fra Søndre Øyungen og renner gjennom Merstjennet og Plassetjennet. I de øvre delene kalles elva for Øyungselva og Grønnbekken. Elvemusling ble beskrevet fra Bråtaåa første gang i 1999 (Meland 1999) og ble kartlagt av Enerud (2001) i 2000. Skallengden til levende elvemusling som ble observert i juni 2000 varierte fra 80 til 114 mm (Enerud 2001). I august 2000 fant V. Meland (pers.med.) en musling i Grønnbekkenåa som bare var 34 mm. Senere er det gjort undersøkelser av ørret og elvemusling i Bråtaåa i 2011 og 2012 (Sandaas & Enerud 2012a). Det ble ikke funnet infestering av muslinglarver på gjellene til ørret samlet inn i 2012 (N = 14) (Sandaas & Enerud 2012a), slik det heller ikke ble i 2000 (N = 6) (Enerud 2001). Ved et kultiveringsforsøk i 2015/2016 ble ørret infestert med muslinglarver og sluppet tilbake til elva (se Sandaas & Enerud 2016b). Ved elfiske våren 2016 ble 13 ørretunger undersøkt, men bare én eldre ørretunge var infestert (men med flere hundre larver). Fiskearter registrert i Bråtaåa i 2015/2016 var ørret, ørekyte, bekkeniøye, mort og steinulke (Sandaas & Enerud 2016b).

Skallengden til levende elvemusling som ble observert i 2012 varierte fra 32 til 112 mm i 2012 (Sandaas & Enerud 2012a). En sammenstilling av lengdefordelinger fra et område ved Langfoss for 2000 og 2012 viser en overvekt av eldre individer, men med en høyere andel yngre muslinger i 2012 (**figur 4**). Rekrutteringen er imidlertid svak og varierende mellom år.

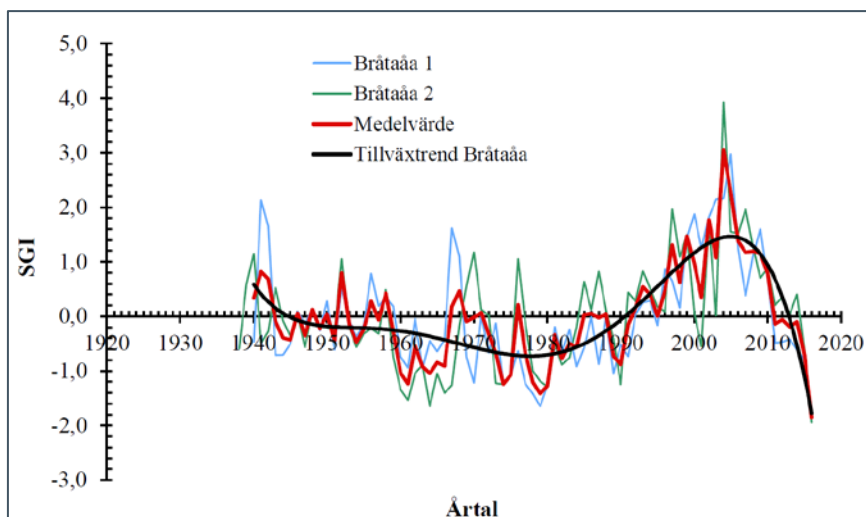
Bestanden er anslått til mindre enn fem tusen individer (Sandaas & Enerud 2012a).

Det er aldersbestemt to muslinger som ble samlet inn fra Bråtaåa i 2016. Disse var 103 og 104 mm lange og henholdsvis 93 og 97 år (Meret & Sandaas 2016). Muslingene viste en høyere tilvekst enn forventet mellom 1995 og 2010 (Meret & Sandaas 2016), men fra 2010 ble tilveksten betydelig redusert (**figur 5**). Muslingene i Bråtaåa følger en lav tilvekstkurve (Meret & Sandaas 2016). Tilvekst eller alder til noen av de yngre muslingene i Bråtaåa er ikke undersøkt.



**Figur 4.** Lengdefordeling av elvemusling ved Langfoss i Bråtaåa i 2000 (til venstre) og 2012 (til høyre). Fra Enerud (2001) og Sandaas & Enerud (2012a).





**Figur 5.** Årlig tilvekst hos to elvemusling fra Bråtaåa i perioden ca. 1940-2015. Fra Meret & Sandaas (2016).

I lengdefordelingen fra 2012 er det relativt mange muslinger i lengdegruppene 65-80 mm. Vekstdata fra lokalitetene i det norske overvåkingsprogrammet viser at det er store vekstforskjeller mellom de ulike lokalitetene og en gitt lengde vil omfatte et stort aldersspenn (Larsen 2017). Men sammenligner vi med vekstkurvene til andre ørretmuslingbestander vil en musling på 80 mm være et sted rundt 20 år gammel. Når vi vet at kalkingen i Bråtaåa startet i 1994 er det nærliggende å se økende rekruttering hos elvemusling i sammenheng med kalkingstiltaket. Senere har imidlertid rekrutteringen avtatt igjen, og i 2012 ble det bare funnet ett individ som var mindre enn 50 mm. Det kan derfor se ut til at effekten av kalkingstiltaket har vært kortvarig, og nær null med hensyn til rekruttering hos elvemusling allerede rundt år 2000.

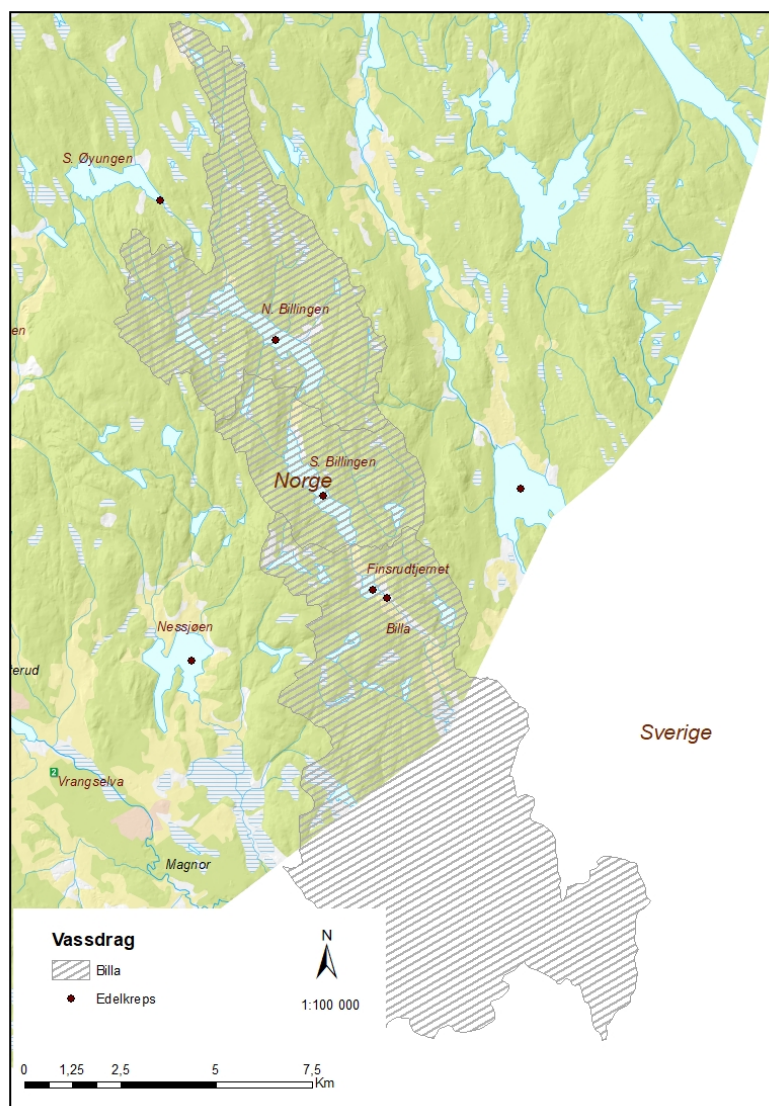
Sandaas & Enerud (2016b) konkluderer med at uten tiltak for å bedre vannkvaliteten og å øke bestanden av vertsfisk står muslingene i Bråtaåa i fare for å dø ut over tid.

## 3.2 Billavassdraget

Fra Fylkesmannens side skal det særlig vurderes N. og S. Billingen og elva nedstrøms fra disse.

### 3.2.1 Edelkreps

Det er registrert edelkreps i begge Bellingenvannene, Finnsrudtjernet og i alle delstrekninger av Finnsrudelva/Billa nedstrøms N. Bellingen (**figur 6**). Edelkrepsbestanden er imidlertid slått ut som følge av krepsepest i Billa fra norsk-svensk grense og nedstrøms (Garmo mfl. 2019, Johnsen mfl. 2019). Under vises noe av dataene som ble samlet inn av Garmo mfl. (2019).

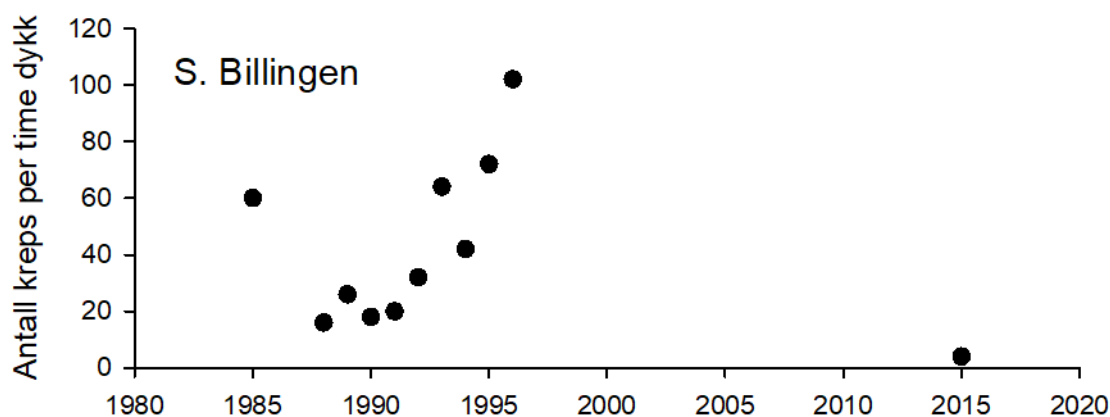


**Figur 6.** Kart over Billas nedbørfelt og registrerte bestander av edelkreps.

## Søndre Bellingen

I henhold til NINA sin database var det en middels tett bestand av edelkreps i S. Bellingen i 1960. På grunn av forsuring gikk bestanden tilbake på slutten av 1980-årene. Flere dykkeundersøkelser på 1980- og 1990-tallet bekrefter denne nedgangen, men viser også at bestanden av småkreps (vanlig med små kreps i dykkeundersøkelser) utviklet seg veldig bra frem mot 1997 (**figur 7**). Dykkeundersøkelsen i 2015 er også innlemmet i figuren og viser at bestanden har gått fra en svært tett til en svært tynn bestand.

Det var også et tradisjonsrikt fiske i begge Bellingenvannene tidligere, men trolig et lite uttak i dag. Interessen faller fort når fangstene avtar. Fangst er ikke antatt som en trusselfaktor mot en krepsbestand, selv om et hardt fangsttrykk kan påvirke bestanden.



**Figur 7.** Antall kreps per time dykk i S. Bellingen i enkelte år i perioden 1985-2015.

### Resultater og vurderinger fra prøvekrepsingen i 2015 og 2017

Fangstene fra teinefisket ( $CPUE_{2015} = 0,14$ ,  $CPUE_{2017} = 0,24$ ) og dykkeundersøkelsen i 2015 ( $CPUE_{dykk} = 4$ ) tyder på at edelkrepsbestanden i S. Bellingen er svært tynn (**tabell 1**). I forbindelse med at forsøringsproblematikken tiltok utover 1980-tallet ble det, som i mange forsøringslokaliteter (se Taugbøl, 2005) fanget lite stor kreps i teiner, mens det fortsatt ble fanget brukbart med mindre kreps under dykkeundersøkelsene. Vannkvaliteten de siste årene (også etter at kalkingen har opphørt) har vært såpass bra at de ikke kan forklare den observerte nedgangen i fangster under dykkeundersøkelsene. Det er derfor ukjent hvorfor bestanden har gått såpass tilbake, men dette er et mønster man ser i flere skogsvann i Norge og Sverige. Elfiskedata fra utløpselva viste imidlertid relativt gode tettheter av kreps i områder med skjul (Johnsen mfl. 2019). Om økt oksygenivå på grunn av rennende vann, eller om fravær av predatorer på elvestrekningene er årsak til økte tettheter er usikkert.

**Tabell 1.** Antall kreps per teinenatt ( $CPUE$ -teine) og dykkesstund ( $CPUE$ -dykk) i S. Bellingen i 2015.

År	$CPUE$ -teine (antall teinenetter)	$CPUE$ -dykk (antall minutter dykk)
2015	0,14 (50)	4 (15)
2017	0,24 (50)	-

## Nordre Bellingen

I henhold til NINA sin database var det en middels tett bestand av edelkreps i N. Bellingen i 1960. Som for S. Bellingen gikk bestanden tilbake på slutten av 1980-årene pga. forsurening. Det eksisterer ikke andre historiske data fra N. Bellingen enn et resultatløst prøvefiske med 10 teiner (gjennomført av Austmarka Vestre Utmarkslag) i 1993. Beskatningen i N. Bellingen var som for S. Bellingen.

### Resultater og vurderinger fra prøvekrepsingen i 2015 og 2017

Både temperaturforhold og vannkjemi skulle være relativt likt mellom Nordre- og Søndre Bellingen. Teinefangstene var bedre i Nordre Bellingen enn i Søndre Bellingen i 2015, men helt like i 2017 (**tabell 2**). Bestanden må klassifiseres som svært tynn, og trolig langt tynnere enn på 1960-tallet. Også her var ikke vannkvaliteten helt optimal for krepseproduksjon, men allikevel såpass god at en kunne forventet en del større fangster.

**Tabell 2.** Antall kreps per teinenatt (CPUE-teine) og dykktid (CPUE-dykk) i N. Bellingen i 2015.

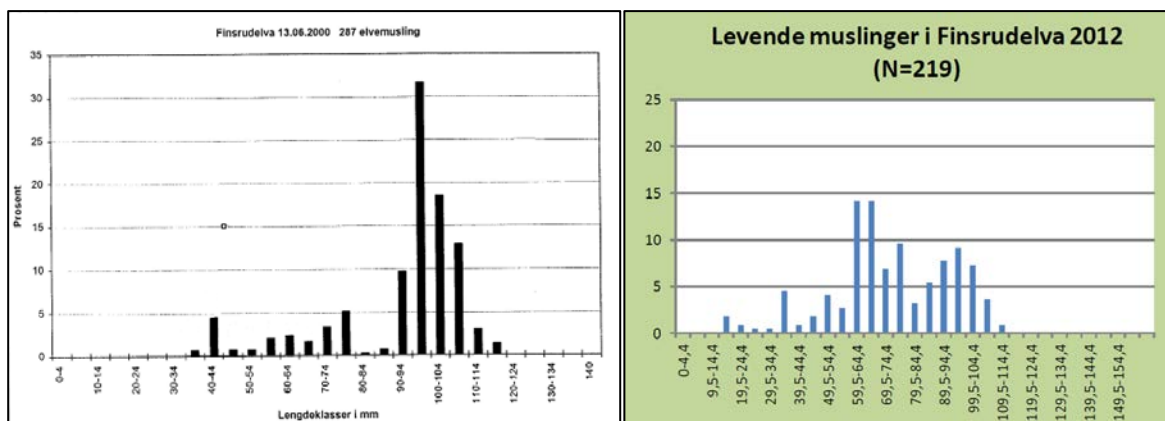
År	CPUE-teine (antall teinenetter)	CPUE-dykk (antall minutter dykk)
2015	0,38 (50)	0 (15)
2017	0,24 (50)	-

### 3.2.2 Elvemusling

I nedbørfeltet til Billavassdraget er det bare registrert elvemusling i Finnsrudelva (Billaelva) nedenfor Finnsrudtjennet (Larsen & Magerøy 2019). I tillegg er utløpsbekken fra både Nordre og Søndre Bellingen undersøkt i 2011, men uten funn av elvemusling (Sandaas & Enerud 2011).

Billavassdraget drenerer fra Nordre og Søndre Bellingen via Finnsrudtjennet sørover til Sverige der vassdraget endrer navn til Billan. Elvemusling ble beskrevet fra Finnsrudelva første gang i 1999 (Meland 1999) og ble kartlagt av Enerud (2001) i 2000. Meland (1999) undersøkte strekningen mellom Nystuen og Fagerli og fant muslinger med størrelse ned til 3-4 cm. Skallengden til levende elvemusling som ble observert i juni 2000 varierte fra 37 til 117 mm (N = 287) (Enerud 2001), og 5,9 % av individene var mindre enn 50 mm. Gjennomsnittlig tetthet basert på tellinger på tre stasjoner var 1,02 individ pr. m<sup>2</sup>. Wollebæk (2003) (referert i Sandaas & Enerud 2012b) undersøkte Finnsrudelva i 2002 og fant en skallengde som varierte fra 40 til 116 mm, det samme som Enerud (2001). Senere er det gjort undersøkelser av ørret og elvemusling i Finnsrudelva i 2011 og 2012 (Sandaas & Enerud 2012b). Det ble funnet infestning av muslinglarver på gjellene til 57 % av all ørret samlet inn i 2012 (N = 23) (Sandaas & Enerud 2012b). Andre registrerte fiskearter var ørekyte og gjedde.

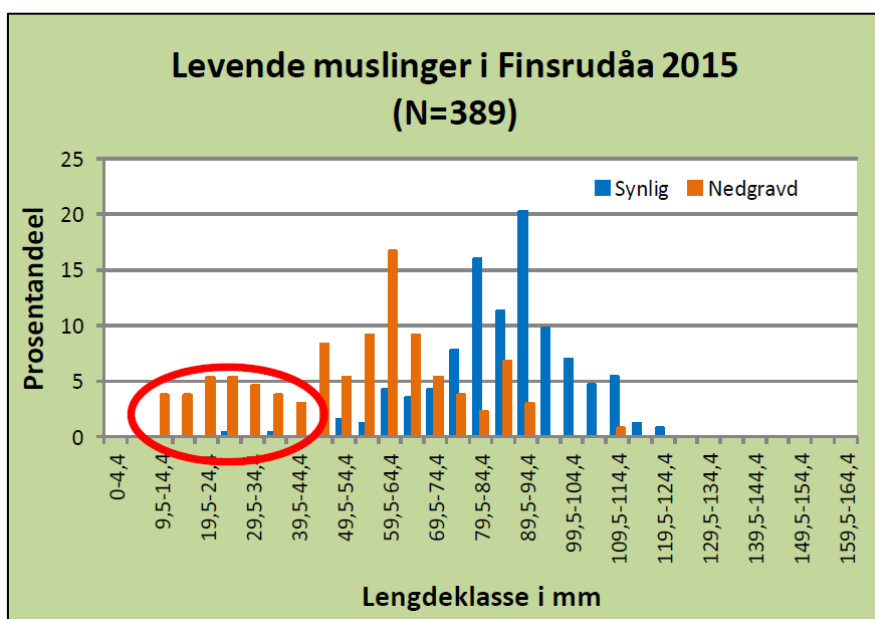
Skallengden til levende elvemusling som ble observert i 2012 varierte fra 15 til 114 mm (N = 219) (Sandaas & Enerud 2012b). En sammenstilling av lengdefordelinger fra Finnsrudelva for 2000 og 2012 viser en større overvekt av eldre individer i 2000 enn i 2012. I 2012 var det en høy andel yngre muslinger med flest individer i lengdegruppene 60-80 mm (**figur 8**). Mer enn 10 % av individene var mindre enn 50 mm i 2012 og i tillegg ble det påvist muslinger mindre enn 20 mm (nyrekruttering) (Sandaas & Enerud 2012b). Lengdefordelingene fra 2000 og 2012 viser bare muslinger som ble oppdaget uten å grave i substratet. I rekrutterende bestander vil en stor del av individene oppholde seg nedgravd i substratet og andelen nedgravde individer blir større jo større andelen av små muslinger er i vassdraget (Young mfl. 2001). I det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling ble det funnet at om lag en firedel av alle muslinger var nedgravd eller gjemt under steiner (Larsen 2017). Enkelte steder kunne andelen være så høy som 50-60 %.



**Figur 8.** Lengdefordeling av elvemusling fra Finnsrudelva i 2000 (til venstre) og 2012 (til høyre). Fra Enerud (2001) og Sandaas & Enerud (2012b).

Finnsrudelva ble undersøkt på nytt i 2015 på et større antall stasjoner som også inkluderte graving i substratet. Skallengden til levende elvemusling varierte fra 11 til 121 mm (N = 389) og andelen nedgravde muslinger var 33,9 % (Sandaas & Enerud 2016a) (**figur 9**). Bestanden har utviklet seg fra en situasjon med overvekt av eldre individer til en bestand med vedvarende god rekruttering. Denne positive utviklingen kan delvis være en konsekvens av bedre metodikk over tid, men basert på resultatene fra 2015 framstår Finnsrudelva som en velfungerende lokalitet med svært god økologisk tilstand basert på elvemusling som indikator.

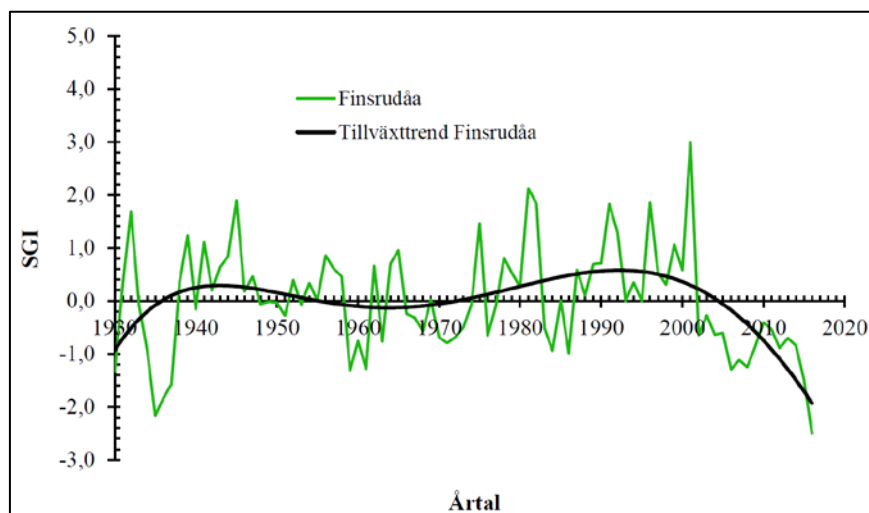
Bestanden er anslått til mellom 40.000 og 50.000 individer (Sandaas & Enerud 2012b).



**Figur 9.** Lengdefordeling av elvemusling fra Finnsrudelva i 2015. Det var 257 levende muslinger som var synlige på bunnen og 132 levende muslinger som ble funnet nedgravd i substratet. Fra Sandaas & Enerud (2016a).

Det er aldersbestemt bare én musling som ble samlet inn fra Finnsrudelva i 2016. Denne var 115 mm lang og 104 år (Meret & Sandaas 2016). Muslingen viste en normal tilvekst fram til 2002 for deretter å avta kraftig (Meret & Sandaas 2016) (**figur 10**). Muslingen fulgte tilnærmet en

normal tilvekstkurve (Meret & Sandaas 2016). Tilvekst eller alder til noen av de yngre muslingene i Finnsrudelva er ikke undersøkt.



**Figur 10.** Årlig tilvekst hos en elvemusling fra Finnsrudelva i perioden ca. 1930-2015. Fra Meret & Sandaas (2016).

I lengdefordelingen fra 2015 er det relativt mange små muslinger med lengde ned mot 10 mm. Nå er **figur 9**, noe misvisende siden prosentandelen nedgravde og synlige muslinger er beregnet som to uavhengige grupper på henholdsvis 132 og 257 individer. For å få et riktig bilde av lengdefordelingen og andelen unge individer burde materialet ha vært behandlet som en gruppe. Det er likevel relativt mange muslinger i lengdegruppen 60-65 mm, men flest individer er det i lengdegruppene 80-95 mm. Sammenligner vi med vekstkurvene til ørretmuslingbestander i det norske overvåkingsprogrammet vil en musling på 80 mm være omkring 20 år gammel (Larsen 2017). Nedbørfeltet til Finnsrudelva er kalket fra 1998 til 2013, men det ser ut til at bestanden rekrutterte allerede før kalkingen ble påbegynt, men at rekrutteringen økte ved årtusenskiftet. I 2012 var det mange muslinger mellom 60 og 70 mm. Disse var sannsynligvis 14-15 år gamle, noe som sammenfaller med oppstart av kalkingstiltakene. Senere har rekrutteringen holdt seg stabil på et noe lavere nivå, men fortsatt var ca. 13 % av individene mindre enn 50 mm i 2015. Muslinger på 30-35 mm vil mest sannsynlig være yngre enn åtte-ti år og funn av muslinger ned til 11 mm er et godt tegn på en velfungerende rekruttering. Det betyr at oppvekstforholdene har vært gode i hvert fall fram til 2010. At det ikke er funnet muslinger mindre enn 10 mm er ikke uvanlig, og er like mye et metodisk problem som et miljøproblem.

Finnsrudelva er vurdert å være tidligere Hedmark fylkes viktigste lokalitet for elvemusling (Sandaas & Enerud 2016a), men Nøkkelvassåa har senere vist seg å ha Hedmarks største bestand av elvemusling (Sandaas & Enerud 2017a).

### **3.3 Höljan**

Sidevassdrag til Klarälven hvor laksen går helt opp til grensen. To grener av dette vassdraget ble kalket på norsk side med innsjøkalking i Rysjøen og Höljesjøen (bekostet av Norge), og en doserer ved Søndagsmyrdammen som er helfinansiert fra svensk hold.

#### **3.3.1 Vänerlaks**

Ingen selvreproduserende bestand på norsk side.

#### **3.3.2 Edelkreps**

Det er ikke registrert bestander av edelkreps i dette vassdraget i henhold til NINAs database.

#### **3.3.3 Elvemusling**

Det er ingen kjente lokaliteter med elvemusling i nedbørfeltet til Höljan (Larsen & Magerøy 2019).

## 3.4 Rotnavassdraget

Kjerkesjåa, et sidevassdrag til Rotna, renner fra Kalsjøen på norsk side, inn i Nyckelvatnet/Nøklevatnet som deles av grensen, for deretter å renne tilbake til Norge og ned i Kjerkesjøen og ut i Rotna. Det finnes elvemusling i hele sidevassdraget på norsk side. Røyebestandene er ansett som en "ur-bestand" av røye som vandret inn og etablerte seg etter at isen trakk seg tilbake.

### 3.4.1 Røye

Det er særlig i Kalsjøen det har vært kjent at det var en god røyebestand, og at bestanden hadde bedret seg kraftig som følge av kalkingen som startet i 1989 (Løvik & Kjølvik 2001, Garmo mfl. 2019). To runder med prøvefiske i Kalsjøen i perioden 2015-2018 viste imidlertid at røyebestanden var relativt tynn (Garmo mfl. 2019).

### 3.4.2 Edelkreps

Det er ikke registrert bestander av edelkreps i Rotnavassdraget i henhold til NINAs database.

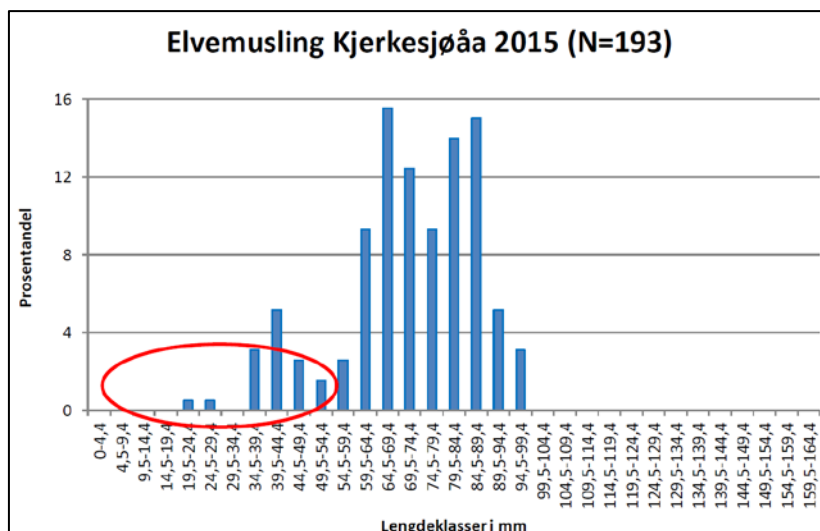
### 3.4.3 Elvemusling

I nedbørfeltet til Rotnavassdraget er det bare registrert elvemusling i Kjerkesjåa og Nøkkelvassåa som er regnet som en og samme lokalitet (Larsen & Magerøy 2019). I tillegg er Brusbarbekken og Kongstjernbekken som drenerer til Kjerkesjøen og Vennersbekken som drenerer til Nøklevatnet undersøkt uten funn av elvemusling i 2017 (Sandaas & Enerud 2017b). En tilløpsbakk til Kalsjøen (Kalsjøbekken) ble undersøkt i 2017, men uten funn av elvemusling (Sandaas & Enerud 2017b). I tillegg er Rotna undersøkt i 2007 mellom Rotnesjøen og Helgen (Enerud 2007) og i 2015 mellom samløpet med Kjerkesjåa og svenskegrensa (Sandaas & Enerud 2016c) uten at verken levende muslinger eller tomme skall/fragmenter ble funnet.

Elvemusling ble beskrevet fra Kjerkesjøa første gang i 1983 i ei bok om Rotna og Rotna fellesfløtningsforening (Ryen 1983). I beskrivelsen av Kjerkesjøa nevnes det at nær utløpet i Rotna «kunne en finne noe så sjeldent på Finnskogen som ferskvannsmusling». Kjerkesjøa er senere kartlagt av Sandaas & Enerud (2016c) i 2014 og 2015. Skallengden til levende elvemusling som ble observert i 2014 varierte fra 39 til 98 mm (N = 19) (Sandaas & Enerud 2016c). En grundigere kartlegging i 2015 viste en lengdefordeling med to topper; en gruppe eldre individer og en gruppe yngre muslinger (**figur 11**). Skallengden varierte fra 24 til 99 mm (N = 193). Om lag 12 % av individene var mindre enn 50 mm. Tettheten av muslinger var svært lav; sannsynligvis godt under 0,5 individ pr. m<sup>2</sup>, men sannsynligvis nærmere 0,1 individ pr. m<sup>2</sup> (Sandaas & Enerud 2016c). Det er også gjort undersøkelser av vertsfisk og forsøk med infestering av ørret ble gjennomført høsten 2015. Tre ettårige ørretunger ble undersøkt og de hadde i gjennomsnitt ca. 250 muslinglarver på gjellene (Sandaas & Enerud 2016c). Det er ikke opplyst om funn av andre fiskearter enn ørret.

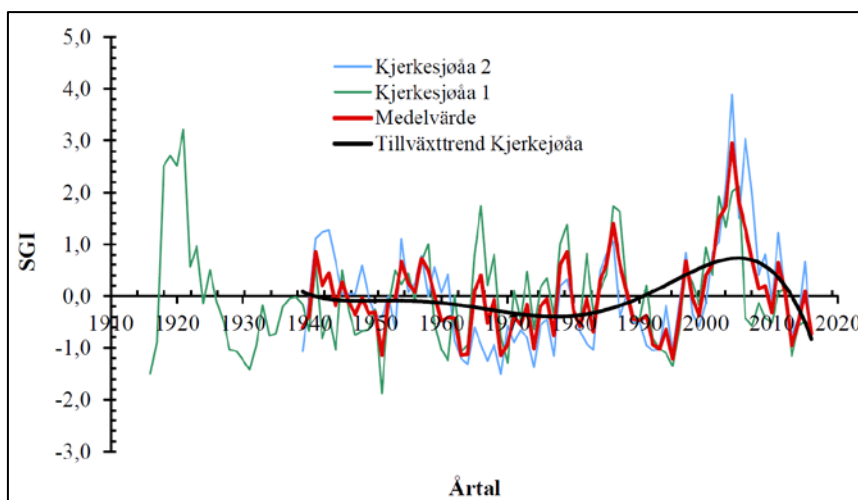
Totalt antall individer i bestanden er anslått å ligge mellom 2000 og 4000 individer (Sandaas & Enerud 2016c).





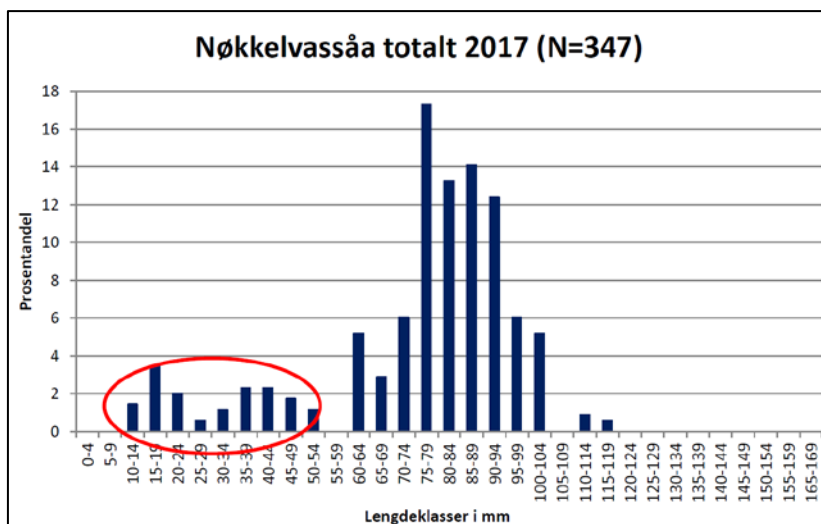
**Figur 11.** Lengdefordeling av elvemusling fra Kjerkesjøåa i 2015. Fra Sandaas & Enerud (2016c).

Det er aldersbestemt to muslinger som ble samlet inn fra Kjerkesjøåa i 2016. Disse var 96 og 94 mm lange og henholdsvis 132 og 92 år (Meret & Sandaas 2016). Muslingene viste en noe høyere tilvekst enn forventet mellom 2002 og 2008 (Meret & Sandaas 2016), men fra 2008 ble tilveksten betydelig redusert (**figur 12**). Muslingene i Kjerkesjøåa følger en lav tilvekstkurve (Meret & Sandaas 2016). Tilvekst eller alder til noen av de yngre muslingene i Kjerkesjøåa er ikke undersøkt.



**Figur 12.** Årlig tilvekst hos en elvemusling fra Kjerkesjøåa i perioden ca. 1915-2015. Fra Meret & Sandaas (2016).

Elvemusling i Nøkkelvassåa ble første gang beskrevet av Sandaas & Enerud (2016d). En grundigere kartlegging i 2017 viste en lengdefordeling med to toppar; en gruppe eldre individer og en gruppe yngre muslinger (**figur 13**) (Sandaas & Enerud 2017a) – sammenlignbart med det som ble observert i Kjerkesjøåa. Skallengden varierte fra 11 til 117 mm (N = 347) (Sandaas & Enerud 2017a). Om lag 15 % av individene var mindre enn 50 mm og noen av disse var også mindre enn 20 mm.

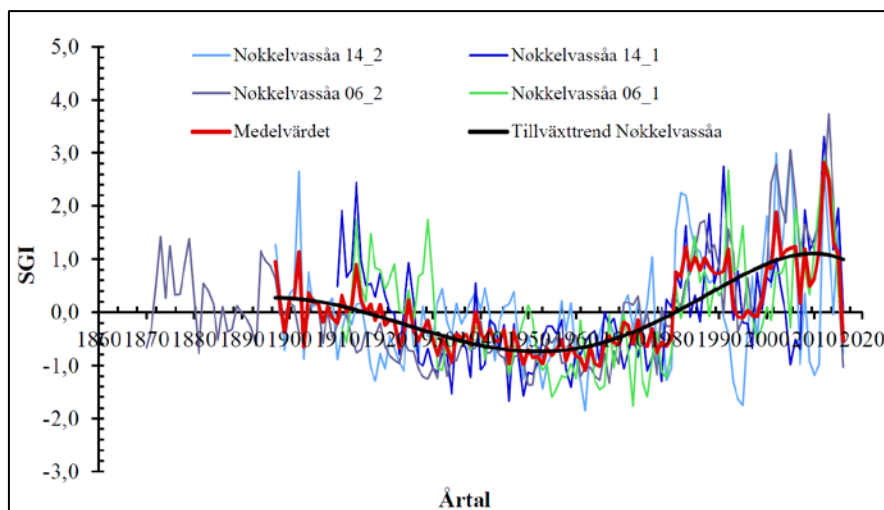


**Figur 13.** Lengdefordeling av elvemusling fra Nøkkelvassåa i 2017. Fra Sandaas & Enerud (2017a).

Tettheten av muslinger var høy. Tellingene på stasjonene ga et gjennomsnitt på 7,9 individ pr. m<sup>2</sup>, men kan være så høy som 10-20 muslinger pr. m<sup>2</sup> (Sandaas & Enerud 2017a). Det ble funnet infestering av muslinglarver på gjellene til 33 % av all ørret samlet inn i 2017 (N = 24) (Sandaas & Enerud 2017a). Antallet muslinglarver varierte fra et par stykker til anslagsvis 300 individer. Det er ikke opplyst om funn av andre fiskearter enn ørret.

Totalt antall muslinger i Nøkkelvassåa er anslått å ligge mellom 50 000 og 100 000 individer (Sandaas & Enerud 2017a).

Det er aldersbestemt fire muslinger som ble samlet inn fra Nøkkelvassåa i 2016. Disse var 105, 101, 117 og 99 mm lange og henholdsvis 122, 135, 119 og 162 år (Meret & Sandaas 2016). Muslingene viste en noe lavere tilvekst enn forventet mellom 1920 og 1980, men etter 1980 økte den årlige tilveksten og har holdt seg relativt stabil siden den gang. Variasjoner mellom år er normalt, men det kan likevel se ut som om veksten var noe lavere i noen år fra midten av 1990-tallet (**figur 14**) (Meret & Sandaas 2016). Muslingene i Nøkkelvassåa følger alt vesentlig en lav tilvekstkurve (Meret & Sandaas 2016). Tilvekst eller alder til noen av de yngre muslingene i Nøkkelvassåa er ikke undersøkt.



**Figur 14.** Årlig tilvekst hos en elvemusling fra Nøkkelvassåa i perioden ca. 1870-2015. Fra Meret & Sandaas (2016).

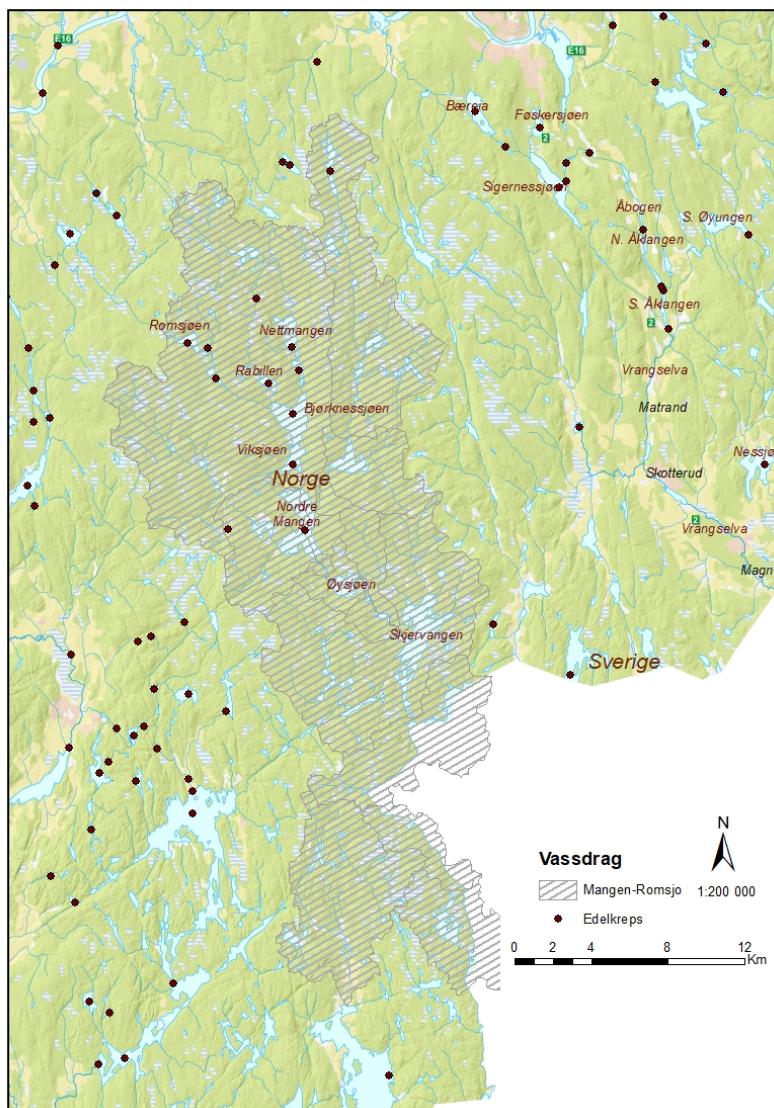
Lengdefordelingen for Kjerkesjøa og Nøkkelvassåa har klare likhetstrekk. Det er relativt mange muslinger i lengdegruppen <55 mm i begge elvene, men flest i Nøkkelvassåa. Muslinger som var større enn 90 mm varierte i alder fra 92 til 162 år. Sammenligner vi med vekstkurvene til ørretmuslingbestander i det norske overvåkingsprogrammet vil en musling på 50-60 mm være omkring 11-16 år gammel (Larsen 2017). Det er kalking i nedbørfeltet til Kjerkesjøa/Nøkkelvassåa i perioden 1994-2012. Økningen i rekruttering ser ikke ut til å ha kommet før på begynnelsen av 2000-tallet, forutsatt at veksten til muslingene i vassdraget følger «normalen». De voksne muslingene vokser relativt dårlig (få individer >100 mm), og det kan bety at også de unge muslingene har en lavere årlig tilvekst enn «normalen». Det kan bety at muslinger på 50-60 mm kan være nærmere 20 år gamle. Det vil i så fall kunne bety at kalkingstiltaket i større grad kan samsvare med økningen i rekruttering. I Nøkkelvassåa har rekrutteringen holdt seg og funn av musling ned til 11 mm er et godt tegn. Det betyr at oppvekstforholdene har vært gode i hvert fall fram til 2012. At det ikke er funnet muslinger mindre enn 10 mm er ikke uvanlig, og er like mye et metodisk problem som et miljøproblem.

## 3.5 Mangenvassdraget

Vassdraget renner fra norsk side inn i Sverige. På norsk side er det registrert edelkreps i Nettmangen, i den øvre delen av vassdraget, men det er sannsynlig at det er edelkreps også videre i vassdraget. Det er registrert elvemusling i Rabillsfløyta og Fagertjernbekken (tynne bestander). Vassdraget er meget artsrikt på fisk, spesielt innsjøen Mangen.

### 3.5.1 Edelkreps

Det er registrert edelkreps i flere vann i Mangenvassdraget (**figur 15**). Dette gjelder blant annet i innsjøene Romsjøen, Nettmangen, Rabillen, Bjørknessjøen og Nordre Mangen. Felles for disse lokalitetene er at de huser tynne edelkrepsbestander (NINAs database og Ole Christian Østreng pers. med.), og at det foreligger lite innsamlede data fra overvåking eller enkeltstående runder med prøvefiske. Generelt synes Mangenvassdraget å ha dårlige vannkjemiske forhold for kreps, med lav pH og lave kalsiumnivåer, og bestandsstatusen til krepsbestandene reflekterer trolig dette.



**Figur 15.** Kart over Mangenvassdragets nedbørfelt og registrerte bestander av edelkreps.

### 3.5.2 Elvemusling

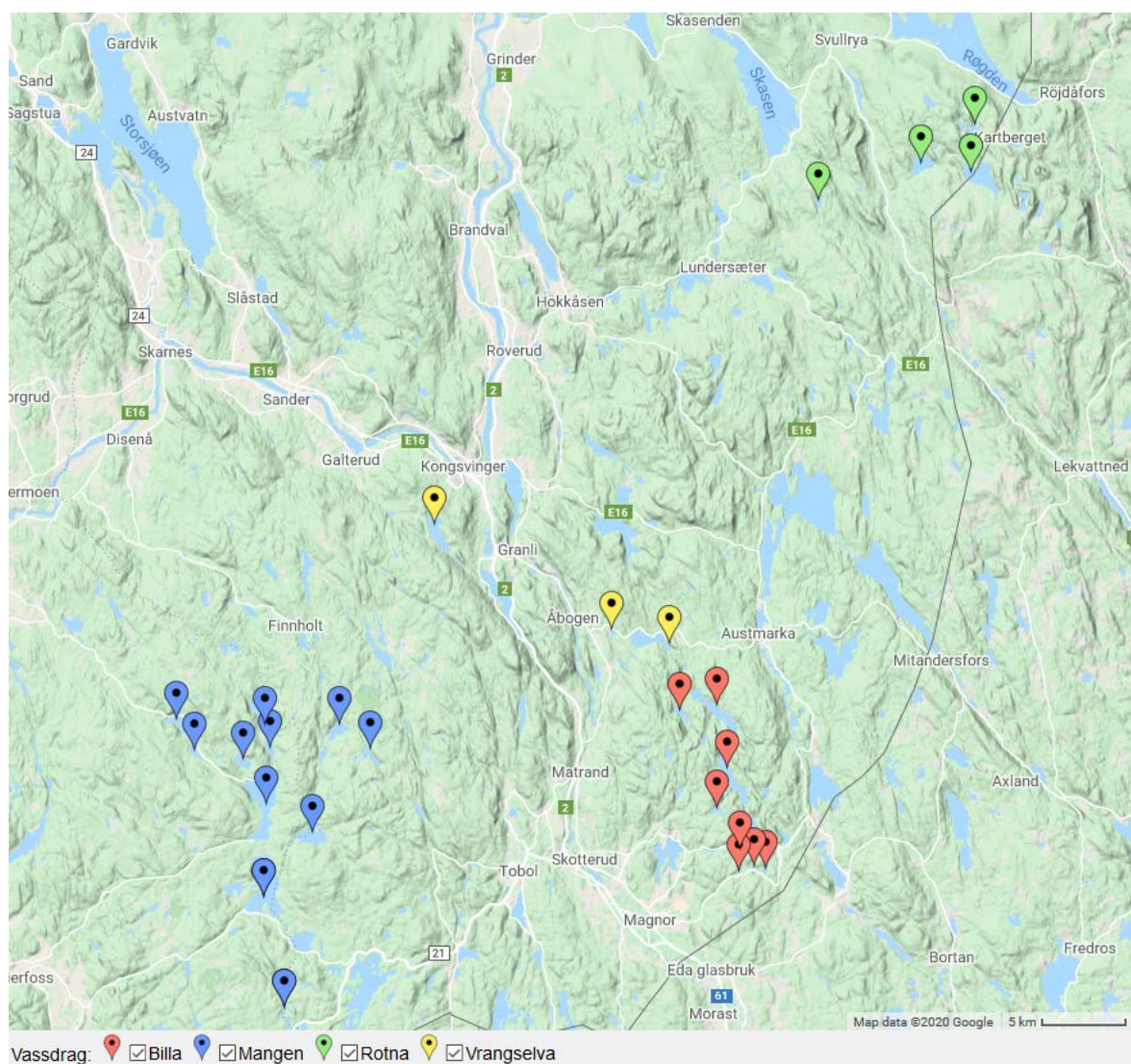
I nedbørfeltet til Mangenvassdraget inngår et område i østlige Aurskog-Høland og sørøstlige Nes kommuner som er omringet av elvemuslinglokaliteter (Magerøy mfl. 2019). Allikevel hadde man ikke kjennskap til noen nåværende eller historiske lokaliteter med elvemusling i dette området tidligere. I 2018 ble det analysert miljø-DNA-prøver fra 10 lokaliteter i Halden- og Mangenvassdraget i Aurskog-Høland og Nes kommuner i tidligere Akershus fylke. Analysene gav en positiv indikasjon på at det forekom elvemusling i Mangbekken (med Fagerlitjernbekken) ved Søndre Mangel i Aurskog-Høland og indikerte at det også kunne finnes elvemusling i Rabbillfløyta ved Nedre Rakeie i Nes (Magerøy mfl. 2019). I 2019 ble det gjennomført nye miljø-DNA-analyser i de to vassdragene. Analysene gav en indikasjon på at det forekom musling i midtre og øvre del av Mangbekken, men ga ingen bekreftelse på at det forekom musling i Rabbillfløyta (Magerøy mfl. 2019). I Mangbekken (med Fagerlitjernbekken) ble det ikke funnet elvemusling ved vadesøk i 2019. Men positive signal for miljø-DNA fra elvemusling både i 2018 og 2019 sannsynliggjør likevel at det finnes et fåtall musling i Mangbekken. I Rabbillfløyta ble det funnet en 30-40 år gammel elvemusling ved vadesøkene i 2019, rett nedenfor Rabbillen. Det er sannsynlig at muslingene i bekken er et resultat av utsetting av ørret infestert med elvemuslinglarver fra OFAs fiskeanlegg ved Sørkedalselva på slutten av 1980-tallet fram til midten av 1990-tallet. Det samme er antatt kan ha skjedd i Mangbekken. Det betyr i så fall at Mangenvassdraget ikke har hatt noen opprinnelig, naturlig bestand av elvemusling.



## 4 Utvikling i kalsiumkonsentrasjon, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH i de aktuelle vassdragene

### 4.1 Data og metode

Vannkjemiske data for de aktuelle vassdragene ble hentet fra NIVAs database og Miljødirektoratets database Vannmiljø. Data som inkluderte TOC/DOC/farge, hovedioner og pH, og som var fra 2011 eller senere, ble prioritert. Det ble kun funnet relevante data fra innsjøer (**figur 16**). Resultatene kommer fra kalkingsovervåkingen i Hedmark (Garmo mfl. 2012; Garmo mfl. 2017; 2019), fra kalkingsovervåkingen i Oslo og Akershus og fra svensk overvåking på norsk side. Alle disse innsjøene har vært kalket. For flere av innsjøene fantes det bare data fra én høstprøve (**tabell 3**). I noen av innsjøene var det tatt både vårprøver og høstprøver.



**Figur 16.** Innsjøer med vannkjemiske data som var med i vurderingen.

For hver enkelt vannprøve ble ukalka kalsiumnivå beregnet med sammenhengene gitt i Garmo & Austnes (2012) og Garmo mfl. (2011). Usikkerheten ble anslått til +/- 0,6 mg kalsium/l da modellene ble laget. Videre ble ukalka ANC beregnet ut fra antagelsen om at kalkingen ikke har påvirket konsentrasjonene av magnesium, kalium, natrium, klorid, sulfat eller nitrat. Ukalka pH ble estimert med modellen beskrevet av Hruška mfl. (2003) under antagelsen av at metningen av karbondioksid var en lineær funksjon av DOC (Sobek mfl., 2003). Beregningene ble basert på gjennomsnitt fra perioden 2015-2018 dersom data for hovedioner var tilgjengelig. Siden innsjøene lå relativt nær riksgrensen ble det ansett som forsvarlig å benytte seg av Sveriges MAGIC-bibliotek til å estimere førindustriell vannkjemi (år 1860) og forventet utvikling i nær framtid (år 2030). Sverige har et «bibliotek» hvor vannkjemisk utvikling i 2438 innsjøer har blitt modellert med MAGIC, som er en dynamisk modell for endringer i jord- og vannkjemi som respons på surt nedfall (Cosby mfl., 1985). En algoritme brukes til å koble en ikke-modellert innsjø til den innsjøen i biblioteket som har en beliggenhet, avrenning og vannkjemi som ligner mest (Moldan mfl. 2020). Endringer i vannkjemi (ukalka kalsium, ANC og pH) antas å samsvare i de koblede innsjøene. MAGIC simulerer ikke dynamikken til organiske syrer. Denne ble antatt å være konstant lik middelveiden i vannprøvene. Det var middelveidene for de vannkemiske parameterne, inkludert beregnet ukalka kalsium, ANC og pH som ble brukt til koblingen i MAGIC-bibliotek. For perioden 2015-2018 ble 2017 angitt som prøvetakingsår til paringen.

## 4.2 Resultater

Resultatene er framstilt i **tabell 3**. I versjonen av MAGIC bibliotek som tillater opplasting av data fra mange innsjøer i samme fil, ble resultatene angitt for år 1860, 2010 og 2030. Gjennomsnittsverdier for hvert enkelt vassdrag finnes i **tabell 4**. Ytterligere informasjon om datagrunnlaget og koblingen til svenske innsjøer er gitt i **vedlegg 1 og 2**. Alle innsjøene er humøse til svært humøse etter norske forhold, noe som betyr høy konsentrasjon av organiske syrer. Estimert ukalka kalsiumkonsentrasjon var i gjennomsnitt 1,4 mg/l. Sulfatkonsentrasjonen lå mellom 1 og 2 mg/l og var nær antatte bakgrunnsnivåer. Nitratkonsentrasjonene var lave, 30-100 µg N/l. Til sammen var det ifølge modellen likevel nok til å senke pH med i gjennomsnitt 0,4 enheter sammenlignet med antatt pH år 1860. En pH-senkning på 0,4 enheter tilsvarer god/moderat-grensen som brukes i Sverige (HVFMS, 2013), men er godt innenfor det som regnes som god tilstand ifølge den norske vannforskriften (Direktoratsgruppa, 2018). Modellert kalsiumnivå (ukalka) var i gjennomsnitt 0,11 mg/l lavere i 2010 enn i 1860. Det var ikke stor forskjell mellom vassdragene, men i gjennomsnitt var Mangelvassdraget noe mer forsuret enn de tre andre (**tabell 4**). Datagrunnlaget var hovedsakelig fra tiden kalkingen fortsatt pågikk eller da vannkemien fortsatt kan ha vært påvirket, noe som framgår av forskjellen mellom målte og estimerte ukalka kalsiumkonsentrasjoner. Kalkingen ble avsluttet før 2013, og målinger fra de siste årene nærmer seg antagelig ukalka nivå. Det antas at pH skal øke med omtrent 0,1 enhet fram til 2030, mens kalsiumkonsentrasjonen forventes å bli ca. 0,1 mg/l lavere sammenlignet med ukalka nivå.

Tallene over refererer til årsmiddel basert på én høstprøve, som for innsjøer antas å ligge nær årsmiddel (Henriksen & Posch, 2001), eller høst og vårprøve. I innsjøene var det ingen klar tendens til at vårprøvene var vesentlig surere enn høstprøvene. I elver og bekker vil variasjonen i pH og øvrig vannkjemi være større. Det er likevel en sammenheng mellom årsmidler og episoder, som begge har bedret seg samtidig som det har blitt mindre surt nedfall (Garmo mfl. 2020).

**Tabell 3.** Gjennomsnittlig målt pH (tilbakeregnet fra H<sup>+</sup>-konsentrasjon) og kalsiumkonsentrasjon, estimert ukalka pH, kalsiumkonsentrasjon og ANC fra tiden vannprøvene ble tatt, samt estimert endring fra år 1860 til 2010 og videre til år 2030. Prediksjonen for år 2030 tar ikke hensyn til eventuell fortsatt kalkingseffekt i dag og er hentet fra den ukalkede «matchen». N angir antall vannprøver som estimatene er basert på.

Vass- drag	Vass- dragsnr.	Nr-navn	N	Målt pH		Estimert pH			Målt kalsiumkons. (mg/l)		Estimert kalsiumkons. (mg/l)			Estimert ANC (µekv/l)		
				pH (2015- 2018)	pH (2011)	Ukal k.	dpH (2010- 1860)	dpH (2030- 2010)	Gj.snt. 2015- 2018	20 11	Ukal k.	dCa (2010- 1860)	dCa (2030- 2010)	Ukal k.	dANC (2010- 1860)	dANC (2030- 2010)
Rotna	312.AE0	4044-Steins- vatnet	1	6.4	7.0	5.1	-0.2	0.0	2.3	4.8	1.08	0.13	-0.08	71	-14	3
Rotna	312.AEA	4013 Kjerke- sjøen	1		6.7	5.8	-0.4	0.1		2.7	1.24	0.05	-0.13	82	-27	6
Rotna	312.AEB	351-Nøklevat- net	1		6.7	5.9	-0.4	0.1		2.5	1.24	0.05	-0.13	85	-27	6
Rotna	312.AEC	3996-Kalsjøen	4	6.4		6.5	-0.3	0.1	1.4		1.35	0.02	-0.15	94	-31	6
Billa	313.B1A A	4401 Vålvat- net	1		6.5	5.7	-0.3	0.1		2.7	1.40	0.02	-0.15	88	-31	6
Billa	313.B1A A	3046-Vinter- tjern	1		6.5	5.2	-0.6	0.1		3.6	1.52	-0.36	0.02	110	-40	8
Billa	313.B1A A	3056-V. Strå- tjern	1		6.8	4.9	-0.5	0.1		6.3	1.32	-0.18	-0.11	122	-37	5
Billa	313.B1A A	3054-Ø. Strå- tjern	1		6.7	5.4	-0.6	0.1		5.2	1.59	-0.36	0.02	135	-40	8
Billa	313.B1A A	3053-Nottjern	1		5.5	5.3	-0.4	0.0		1.4	1.52	-0.04	-0.06	129	-21	3
Billa	313.B1A B	362-S. Bel- lingen	7	6.6		6.3	-0.3	0.1	2.5		1.51	0.02	-0.15	111	-31	6
Billa	313.B1A C	4335-Bak- sjøen	1		6.5	5.9	-0.3	0.1		2.8	1.44	0.02	-0.15	101	-31	6
Billa	313.B1A C	363-N. Bel- lingen	7	6.5		6.2	-0.3	0.1	2.2		1.43	0.02	-0.15	105	-31	6
Vrangs- elva	313.B1D A	4273-Bak- sjøen	1		6.5	5.0	-0.5	0.1		6.5	1.41	-0.18	-0.11	113	-37	5
Vrangs- elva	313.B1D B	369-S. Øyungen	7	6.2		6.1	-0.3	0.1	1.9		1.55	0.02	-0.15	119	-31	6
Vrangs- elva	313.B1G	4203-Bæreia	6	6.6		6.6	-0.3	0.0	2.0		1.68	-0.21	-0.18	116	-47	5
Mange- n	313.F	3122-Langsjø- lungen	6	5.9		5.3	-0.6	0.1	1.7		1.35	-0.36	0.02	96	-40	8



Vass- drag	Vass- dragsnr.	Nr-navn	N	Målt pH		Estimert pH			Målt kalsiumkons. (mg/l)		Estimert kalsiumkons. (mg/l)			Estimert ANC (µekv(l))		
				pH (2015- 2018)	pH (2011)	Ukal k.	dpH (2010- 1860)	dpH (2030- 2010)	Gj.snt. 2015- 2018	20 11	Ukal k.	dCa (2010- 1860)	dCa (2030- 2010)	Ukal k.	dANC (2010- 1860)	dANC (2030- 2010)
Mange n	313.H1B	357-Havsjøen	4	6.0		5.5	-0.4	0.1	1.3		1.30	0.05	-0.13	89	-27	6
Mange n	313.H1C	4374-Steineia	1	5.5	6.0	4.8	-0.4	0.0	1.6	2.2	1.03	-0.04	-0.06	79	-21	3
Mange n	313.H1C	4359-Store Børen	1	5.8	7	4.8	-0.4	0.0	1.8	4.4	1.06	-0.04	-0.06	77	-21	3
Mange n	313.H2	354-Mangen	7	6.0		5.4	-0.8	0.4	1.7		1.34	-0.36	0.03	80	-56	17
Mange n	313.J	4362-Rom- sjøen	6	6.5		6.1	-0.3	0.1	2.1		1.55	0.02	-0.15	90	-31	6
Mange n	313.J	4371-Hau- ketjenn	6	6.2		5.8	-0.6	0.1	1.9		1.58	-0.36	0.02	99	-40	8
Mange n	313.J	4384-Rabbil- len	5	6.1		5.9	-0.4	0.1	1.6		1.46	0.05	-0.13	87	-27	6
Mange n	313.J	4347-Nett- mangen	1	6.0	7	4.8	-0.4	0.0	2.2	4.6	1.20	-0.04	-0.06	89	-21	3
Mange n	313.J	66968-Butjen- net	5	5.9		5.5	-0.6	0.1	1.5		1.50	-0.36	0.02	100	-40	8
Mange n	313.J	355-Viksjøen	5	6.1		5.3	-0.6	0.1	1.7		1.55	-0.36	0.02	99	-40	8

**Tabell 4.** Gjennomsnittsverdier for hvert enkelt vassdrag (se tabelltekst for **Tabell 3** for ytterligere forklaring).

Vassdrag	Ukalk. pH	dpH (2010-1860)	dpH (2030-2010)	Ukalk. Ca	dCa (2010-1860)	dCa (2030-2010)	Ukalk. ANC	dANC (2010-1860)	dANC (2030-2010)
Rotna	5.82	-0.36	0.08	1.2	0.06	-0.12	83	-25	5
Billa	5.62	-0.42	0.09	1.5	-0.11	-0.09	113	-33	6
Vrangselsva	5.92	-0.38	0.06	1.5	-0.12	-0.14	116	-38	6
Mangen	5.38	-0.49	0.13	1.4	-0.16	-0.04	90	-33	7

## 5 Vurdering av kalkingsbehov i de enkelte vassdrag

I det følgende foreslår vi eventuell igangsetting av «ordinær» innsjø og bekkekalking. Alternative kalkingsstrategier for edelkreps, gjennom utlegging av kalkstein vil i hovedsak gi mer «lokale» effekter. Effekter av kalksteinsutlegging undersøkes nå gjennom andre prosjekter og eventuelle anbefalinger om utlegging av kalkstein bør sees i lys av erfaringer fra disse prosjektene.

### 5.1 Vrangselva

I Vrangselva bør det vurderes å gjenoppta kalking i S. Øyungen med utløpsbekk. Basert på vannkjemiske beregninger er det særlig de fremtidige lave kalsiumnivåene (mulig under 1,5 mg Ca/l, mot 1,9 mg Ca/l i dag) som kan føre til bestandsnedgang for elvemusling og edelkreps. pH-beregningene synes å være i grenseland, med estimer på rundt 6,2. I de nedre deler av utløpsbekken ned mot Vrangselvas «hovedstreng» kalles den Bråtaåa. I denne nedre delen konkluderes det med at uten tiltak for å bedre vannkvaliteten og å øke bestanden av vertsfisk står muslingene i Bråtaåa i fare for å dø ut over tid. Da det i tillegg kan synes som om bestanden av edelkreps har respondert positivt på tidligere kalking, mener vi at innsjøkalking av S. Øyungen med en tilleggsdosering lengre ned i vassdraget for å styrke bestanden av elvemusling i Bråtaåa hadde vært positivt for begge disse artene. Det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst), en tre-fire års syklus for edelkreps og en seks års syklus for elvemusling. Undersøkelsene for edelkreps i selve S. Øyungen og øvre deler av utløpsbekken dekkes i dag opp av det nasjonale overvåkingsprogrammet for edelkreps.

For Bæreia synes også beregnede fremtidige kalsiumnivåer å være under de artsspesifikke målene (se kapittel 2), med mulige verdier på rundt 1,5 mg Ca/l, mens pH er forventet å ligge rundt 6,6. Det anbefales ikke å igangsette kalking i Bæreia på nåværende tidspunkt, med dagens vannkjemiske forhold (pH = 6,6 og 2,0 mg Ca/l), men det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst) og en overvåking av edelkrepsbestanden med en tre til fireårig syklus. Det vil vurderes å foreslå å innlemme Bæreia (med etablerte stasjoner) i det nasjonale overvåkingsprogrammet for edelkreps.

### 5.2 Billa

Dagens vannkjemiske verdier med pH rundt 6,5 er bra, men kalsiumnivåene på 2,2-2,5 mg Ca/l er noe dårligere med tanke på edelkreps. Det er imidlertid de estimerte fremtidige verdiene for kalsium som er de mest foruroligende, med mulig kalsiumnivå ned mot 1,5 mg Ca/l. Fremtidige pH-nivåer synes å ligge i området som er akseptabelt for edelkreps. Det anbefales ikke kalking i Billa på nåværende tidspunkt, men det foreslåes en årlig overvåking av vannkjemiske forhold (vår og høst), en overvåking av edelkrepsbestanden med en tre til fireårig syklus og elvemuslingbestanden med en seksårig syklus. Billa vil innlemmes som lokalitet i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling allerede fra 2021. For edelkreps er én elfiskestasjon og eDNA innsamling innlemmet i det nasjonale overvåkingsprogrammet. Det bør vurderes å innlemme ett av Bellingenvannene også i dette overvåkingsprogrammet.

### 5.3 Høljavassdraget

I følge en utredning fra Länsstyrelsen i Värmland (Askling m.fl. 2019) dekkes behovet for kalking av hensyn til laksen i Klarälven i Høljanvassdraget av kalkingstiltakene på svensk side.

## 5.4 Rotnavassdraget

Det er særlig i Kalsjøen det har vært kjent at det var en god røyebestand, og lokalbefolkningen mente bestanden hadde bedret seg kraftig som følge av kalkingen som startet i 1989. Undersøkelser i 2015-2018 viste imidlertid at røyebestanden var tynn. Med pH verdier fra 2015-2018 på 6,4 og estimerte fremtidige pH verdier rundt 6,5 er pH målet for røye oppnådd.

En eventuell bestandsnedgang for røye i Kalsjøen kan skyldes en økt grad av humifisering og rekrutteringssvikt hos røye (se kapittel 3). Videre undersøkelser er imidlertid nødvendig for å følge opp dette.

Med tanke på elvemuslingen i elvepartiene nedstrøms Nøklevatnet anbefales det per i dag ikke kalking. Det bør imidlertid gjennomføres en årlig oppfølging av vannkjemien i utløpet av Nøklevatnet og Kjerksjøen (vår og høst) og en seksårig undersøkelsessyklus for elvemusling.

## 5.5 Mangenvassdraget

Mangenvassdraget har trolig ikke hatt noen opprinnelige naturlige bestander av elvemusling. Funnene gjort i vassdraget er også helt sporadiske, og bevaringsverdien til elvemuslingen i dette systemet er trolig minimal.

Generelt synes Mangenvassdraget å ha dårlige vannkjemiske forhold for kreps, med lav pH og lave kalsiumnivåer, og bestandsstatusen til krepsebestandene reflekterer trolig dette. Generelt ligger målte pH-verdier (2015-2018) noe lavt, og målte kalsiumverdier de senere år er generelt lavere enn 2,0. Beregninger frem i tid viser at både pH- og kalsiumverdier i vassdraget ligger langt under de anbefalte vannkjemiske grensene for edelkreps. Dette synes å være et svært lite egnet vassdrag for edelkreps fra naturens side (1860-nivå), og ønsker man å ivareta edelkreps i dette vassdraget bør det lages en helhetlig kalkingsplan.

## 6 Referanser

- Appelberg, M. 1984. Early development of the crayfish *Astacus astacus* L. in acid water. Report from the Institute of Freshwater Research, Drottningholm 61: 48-59.
- Appelberg, M. 1985. Changes in haemolymph ion concentration of *Astacus astacus* L. and *Pacifastacus leniusculus* Dana after exposure to low pH and aluminum. *Hydrobiologia*
- Appelberg, M. 1990. Population regulation of the crayfish *Astacus astacus* L. after liming an oligotrophic, low-alkaline, forest lake. *Limnologica* 20: 319-327.
- Appelberg, M. 1992. Liming as measure to restore crayfish populations in acidified lakes. *Finnish Fisheries Research* 14: 93-105.
- Appelberg, M. & Odelström, T. 1990. Kräfter i sura och kalkade vann. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 4: 1-25.
- Araujo, R. & Ramos, M.A. 2000. Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Conservation* 96: 233-239.
- Asking (den svenske utredningen som jeg sendte deg som del av grunnlaget
- Burner, C. J. 1951. Characteristics of spawning nests of Columbia river salmon. U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull. 52, 97-110.
- Brown, D.J.A. 1983. Effects of calcium and aluminium concentration on survival of brown trout (*Salmo trutta*) at low pH. – *Environ. Contam. Toxicol.* 30: 382-387.
- Cooper, A. 1965. The effect of transported stream sediment on the survival of sockeye and pink salmon eggs and alevins. *Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Bull.* 18, 1-71.
- Cosby, B.J., Hornberger, G.M., Galloway, J.N., Wright, R.E., 1985. Time scales of catchment acidification. A quantitative model for estimating freshwater acidification. *Environ. Sci. Technol.* 19, 1144–1149.
- Crisp, D. T. & Carling, P. A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish. Biol.* 34, 119-134.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Dunca, E., Söderberg, H. & Norrgrann, O. 2011. Shell growth and age determination in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden. Natural versus limed streams. *Ferrantia* 64: 48–58.
- Enerud, J. 2001. Registrering av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Finsrudelva, Bråtaåa, Fløyta og Børjåa. Eidskog kommune, Hedmark fylke 2000. – Upublisert notat. 15 s.
- Enerud, J. 2007. Resultater fra kartleggingen av elvemusling i Grue kommune i 2007. – Fisk- og miljøundersøkelser. Notat av 30. november 2007. 3 s.
- Finstad, A.G., Andersen, T., Larsen, S., Tominaga, K., Blumentrath, S., de Wit, H.A., Tømmervik, H. & Hessen, D.O. 2016. From greening to browning: Catchment vegetation development and reduced S-deposition promote organic carbon load on decadal time scales in Nordic lakes. *Sci. Rep.* 6, 31944. doi: 10.1038/srep31944.
- Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder 2017. Endring av pH-krav i Vegårvassdraget. – Brev av 13. juni 2017 til Vegårshei kommune. 2016/1765.
- Garmo, Ø.A., Austnes, K., 2012. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Hedmark. NIVA-rapport OR-6304.
- Garmo, Ø.A., Johnsen, S.I., Dokk, J.G., Holter, T.H., Håll, J., Løvik, J.E. & Olstad, K. 2019. Vannkjemisk utvikling og biologisk tilstand etter kalkslutt i innsjøer i Hedmark. NIVA rapport 7400.

- Garmo, Ø.A., Johnsen, S.I., Eriksen, T.E., Løvik, J.E., Olstad, K., 2017. Vannkjemisk utvikling og biologisk tilstand etter kalkslutt i innsjøer i Hedmark. NIVA-rapport 7174.
- Garmo, Ø.A., Kroglund, F., Austnes, K., 2011. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. NIVA-rapport OR-6151.
- Garmo, Ø.A. m.fl. Trends and patterns in surface water chemistry in Europe and North America between 1990 and 2016, with particular focus on changes in land use as a confounding factor for recovery. Under utarbeidelse
- Geist, J. 2010. Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.). A synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia* 644: 69-88.
- Gunn, J. M. & Noakes, D. L. G. 1987. Latent effects of pulse exposure to aluminum and low pH on size, ionic composition, and feeding efficiency of lake trout (*Salvelinus namaycush*) alevins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, 1418-1424.
- Hasselrot, B., Andersson, I. B., Alenäs, I. & Hultberg, H. 1987. Response of limed lakes to episodic acid events in southwestern Sweden. *Water Air Soil Polut.* 32, 341-362.
- Heming, T.A., Vinogradov, G.A., Klerman, A.K. & Komov, V.T. 1988. Acid-base regulation in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. - *J. Exp. Biol.* 137: 501-511.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken, Trondheim, Norge.
- Henriksen, A., Posch, M., 2001. Steady-state models for calculating critical loads of acidity for surface waters. *Water, Air, Soil Pollut. Focus* 1, 375–398.
- Henrikson, L. 1996. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (Bivalvia) in southern Sweden - effects of acidification and liming. - I: Henrikson, L. Acidification and liming of freshwater ecosystems - examples of biotic responses and mechanisms. Zoologisk Institut, Universitetet i Gøteborg. Doktorgradsavhandling.
- Henrikson, L. & Söderberg, H. 2018. Åtgärdsprogram för flodpärlmussla *Margaritifera margaritifera*. – Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018-xx. 104 s.
- Hesthagen, T., Saksgård, R. 2018a. Vellykket reetablering av røye i Rondvatnet etter redusert forsuring. PH-Status 3/2018.
- Hesthagen, T., Saksgård, R. 2018b. Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) re-established in a formerly acidified and highly dilute mountain lake under declining acidic deposition. *Fauna norvegica* 2018 Vol. 38: 30–36.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1995. Current Status and Distribution of Arctic Char *Salvelinus alpinus* (L.) in Norway: The effects of Acidification and Introductions. *Nordic J. Freshw. Res.* 71, 275-295.
- Hruška, J., Köhler, S., Laudon, H., Bishop, K., 2003. Is a universal model of organic acidity possible: Comparison of the acid/base properties of dissolved organic carbon in the boreal and temperate zones. *Environ. Sci. Technol.* 37, 1726–1730.
- HVMFS, 2013. Havs- og vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Jakobsen, P. & Jakobsen, R. 2018. Produksjon i kultiveringsanlegget. 2017. S. 6-14 i: Jakobsen, P. (red.) 2018. Samlerapport om kultivering og utsetting av elvemusling 2017. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland.
- Johnsen, S. I. 2010. Nasjonal overvåking av edelkreps - presentasjon av overvåkingsdata og bestandsstatus - NINA Rapport 492. 94 s +vedlegg.
- Johnsen, S.I., Olstad, K., Andersen, O., Lie, E.F. & Garmo, Ø.A. 2016. Vurdering av flaskehals for røyebestanden i Øyangen, Hurdal/Gran kommuner. NINA rapport 1296, 25 s.

- Johnsen, S.I., Strand, D., Hansen, M., Biering, E. & Vrålstad, T. 2011. Signalkreps og krepsepest i Skittenholvatnet og Oppsalvatnet, Hemne kommune - Kartlegging, vurdering av spredningsrisiko og forslag til tiltak. - NINA Rapport 753.
- Johnsen, S.I., Strand, D.A., Rusch, J. & Vrålstad, T. 2019. Nasjonal overvåking av edelkreps og spredning av signalkreps - presentasjon av overvåkingsdata og bestandsstatus. NINA Rapport 1590.
- Johnsen, S.I. & Vrålstad, T. 2017. Edelkreps (*Astacus astacus*). Naturfaglig utredning og forslag til samordning av overvåkingsprogrammene for edelkreps og krepsepest. NINA rapport 1339, 39 s.
- Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter 2010. Artsdatabanken, Trondheim, Norge.
- Larsen, B.M. 1997. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.). Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus. NINA Fagrapport 28. Norsk institutt for naturforskning.
- Larsen, B.M. 2005. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. – NINA Rapport 122. 33 s.
- Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999-2015. NINA Rapport 1350. Norsk institutt for naturforskning.
- Larsen, B.M. 2018a. Handlingsplan for elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.) 2019-2028. Miljødirektoratet Rapport M-1107.
- Larsen, B.M. 2018b. Overvåking av elvemusling i Ogna, Rogaland. Tiltaksovervåking kalking 2017–2018. NINA Rapport 1582. Norsk institutt for naturforskning.
- Larsen, B.M. 2019. Elvemusling i Simoa, Buskerud. Årsrapport for 2017 og en oppsummering av tidligere undersøkelser i vassdraget. NINA Rapport 1645. Norsk institutt for naturforskning.
- Larsen, B.M. & Eken, M. 2009. Elvemusling i Sogna, Buskerud. Forundersøkelse i forbindelse med utbygging av Rv7 på strekningen Ramsrud-Kjeldsbergsvingene. NINA Rapport 459. Norsk institutt for naturforskning.
- Larsen, B.M. & Magerøy, J.H. 2019. Elvemuslinglokaliteter i Norge. En beskrivelse av status som grunnlag for arbeid med kartlegging og tiltak i handlingsplanen for 2019-2028. NINA Rapport. 1451. Norsk institutt for naturforskning.
- Lopes-Lima, M., Sousa, R., Geist, J., Aldridge, D.C., Araujo, R., Bergengren, J., Bernal, Y., Bódis, E., Burlakova, L., Van Damme, D., Douda, K., Froufe, E., Georgiev, D., Gumpinger, C., Karatayev, A., Kebapçı, Ü., Killeen, I., Lajtner, J., Larsen, B.M., Lauceri, R., Legakis, A., Lois, S., Lundberg, S., Moorkens, E., Motte, G., Nagel, K.-O., Ondina, P., Outeiro, A., Paunovic, M., Prié, V., von Proschwitz, T., Riccardi, N., Rudzite, M., Rudzitis, M., Scheder, C., Seddon, M., Şereflışan, H., Simić, V., Sokolova, S., Stoeckl, K., Taskinen, J., Teixeira, A., Thielen, F., Trichkova, T., Varandas, S., Vicentini, H., Zajac, K., Zajac, T. & Zogaris, S. 2017. Conservation status of freshwater mussels in Europe. State of the art and future challenges. *Biological Reviews* 92: 572-607.
- Malley, D.F. 1980. Decreased survival and calcium uptake by the crayfish *Orconectes virilis* in low pH. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 364-372.
- Magerøy, J.H., Bækkelie, K.A.E., Mo, T.A., Brandsegg, H., Sivertsgård, R. & Fossøy, F. 2019. Elvemusling i Aurskog-Høland og Nes kommuner. Lokalitetsfastsetting med miljø-DNA og oppfølgende vadesøk i Mangbekken, Haretonelva og Rabillfløyta. - Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1707.
- Meland, V. 1999. Utbredelse av store ferskvannsmuslinger i Eidskog kommune, Hedmark. En foreløpig oversikt. – Eidskog Skogeierlag. Notat utarbeidet for Eidskog kommune. 8 s.
- Meret, E.A. & Sandaas, K. 2016. Skaltillvæxt hos flodpärilmusslor från Hedmark fylke, Norge. – Bivalvia. Rapport nr. 14/2016. 18 s.
- Miljødirektoratet. 2016. Plan for kalking av vassdrag i Noreg 2016–2021. Miljødirektoratet Rapport M-488|2016.

- Moldan, F., Stadmark, J., Jutterström, S., Kronnäs, V., Blomgren, H., Cosby, B.J., 2020. MAGIC library – A tool to assess surface water acidification. *Ecological Indicators* 112, 106038.
- Moorkens, E. 2011. *Margaritifera margaritifera*. The IUCN red list of threatened species 2011.
- Overrein, L.N., Seip, H.M. & Tollan, A. 1980. Acid precipitation - effects on forest and fish. Final report on the SNSF-project 1972-1980. SNSF-project FR 19/80. 175 s.
- Peterson, R.H., Daye, P.G. & Metcalfe, J.L. 1980. Inhibition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) hatching at low pH. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 770-774.
- Ryen, J. 1983. Rotna og Rotna Fellesfløtningsforening. – Rotna Fellesfløtningsforening. Bok. 120 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2011. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Hedmark fylke 2010 og 2011. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 12 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2012a. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Bråtaåa 2000-2012. Eidskog kommune, Hedmark 2012. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 17 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2012b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Finsrudelva 2000-2012. Eidskog kommune, Hedmark 2012. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 15 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2013. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. Hedmark fylke 2010, 2011, 2012 og 2013. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 20 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2016a. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Finsrudåa 2012-2015. Eidskog kommune, Hedmark. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 20 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2016b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Bråtaåa 2000-2016. Eidskog kommune, Hedmark 2016. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 19 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2016c. Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Kjerkesjøåa og Rotna. Grue kommune, Hedmark 2015. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 15 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2016d. Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Nøkkelvassåa 2016. Grue kommune, Hedmark. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 14 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2017a. Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Nøkkelvassåa. Grue kommune, Hedmark 2017. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 21 s.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2017b. Kartlegging av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i utvalgte deler av Åsnes, Kongsvinger og Grue kommuner. Hedmark 2017. – Naturfaglige konsulent tjenester og Fisk- og miljøundersøkelser. Rapport 15 s.
- Sandaas, K., Enerud, J. & Wivestad, T. 2011. Elvemusling i Kampåa, Nes kommune i Akershus 2008-2010. Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvern avdelingen. Rapport x/2011.
- Sobek, S., Algesten, G., Bergstrom, A.K., Jansson, M., Tranvik, L.J., 2003. The catchment and climate regulation of pCO<sub>2</sub> in boreal lakes. *Glob. Change Biol.* 9, 630–641.
- Söderberg, H., Karlberg, A. & Norrgrann, O. 2008. Status, trender och skydd för flodpärlmuslan i Sverige. – Länsstyrelsen Västernorrland. Kultur- och naturavdelningen. Rapport 12-2008. 80 s.
- Taugbøl, T. 2005. Effekter av kalking på forsursrammede krepsebestander. Overvåking av 5 lokaliteter over en 10-15 års periode. NINA Rapport 98, 50 s.
- Westman, K. Savolainen, R. & Pursiainen, M. 1999. Development of the introduced North American signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), population in a small Finnish forest lake in 1970–1997. *Boreal Environment Research* 4: 387–407.

Young, M., Hastie, L. & al-Mousawi, B. 2001. What represents an "ideal" population profile for *Margaritifera margaritifera*? – s. 35-44 i: Wasserwirtschaftsamt Hof & Albert-Ludwigs Universität Freiburg. Die Flussperlmuschel in Europa – Bestandssituation und Schutzmassnahmen.

Økland, J. & Økland, K.A. 1986. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. - Experimentia 42: 471-486.



## 7 Vedlegg

Vedlegg 1. Nedbørfeltinformasjon og middelverdier fra innsjøene. Resultatene er ikke korrigert for kalkeeffekt.

Vassdrag	Nr-navn	Lat	Long	Ho h	Sjøareal (km <sup>2</sup> )	Cl (mg/l)	Mg (mg/l)	DOC (mg/l)	Avrenning (m/år)	SO4 (mg/l)	pH	Ca (mg/l)	Data fra	Kilde
Billa	4401 Vålvatnet	60.0089	12.2706	239	0.24	1.7	0.48	10.6	0.4	1.8	6.5	2.7	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	3046-Vintertjern	59.9868	12.2947	207	0.21	2.0	0.48	17.4	0.4	1.6	6.5	3.6	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	3056-V. Stråttjern	59.9750	12.2934	183	0.04	1.3	0.54	21.8	0.4	1.0	6.8	6.3	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	3054-Ø. Stråttjern	59.9776	12.3097	180	0.04	1.7	0.60	19.2	0.4	1.4	6.7	5.2	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	3053-Nottjern	59.9765	12.3231	172	0.09	1.6	0.47	19.6	0.4	1.1	5.5	1.4	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	362-S. Bellingen	60.0301	12.2812	182	1.36	1.8	0.55	8.0	0.4	1.7	6.6	2.5	2015-2018	Garmo et al. 2017; 2019
Billa	4335-Baksjøen	60.0604	12.2308	203	0.43	1.3	0.48	11.1	0.4	1.8	6.5	2.8	2011	Garmo & Austnes 2012
Billa	363-N. Bellingen	60.0636	12.2701	196	1.76	1.7	0.49	8.3	0.4	1.6	6.5	2.2	2015-2018	Garmo et al. 2017; 2019
Mangen	3122-Langsjøl- ungen	59.9018	11.8070	227	0.72	2.0	0.42	14.4	0.5	1.4	5.9	1.7	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	357-Havsjøen	59.9954	11.8376	220	1.60	1.5	0.37	12.2	0.5	1.2	6.0	1.3	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	4374-Steineia	60.0399	11.8995	273	0.45	1.4	0.43	16.5	0.5	1.1	5.5	1.6	2011	Garmo & Austnes 2012.
Mangen	4359-Store Børen	60.0532	11.8666	247	0.69	1.2	0.42	15.6	0.5	1.3	5.8	1.8	2011	Garmo & Austnes 2012.
Mangen	354-Mangen	59.9615	11.7852	194	4.13	2.2	0.41	11.3	0.5	1.4	6.0	1.7	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	4362-Romsjøen	60.0562	11.6928	234	0.63	2.0	0.43	8.2	0.5	1.6	6.5	2.1	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	4371-Hauketjenn	60.0397	11.7115	230	0.39	2.1	0.44	11.2	0.5	1.5	6.2	1.9	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	4384-Rabbillen	60.0346	11.7637	213	0.50	1.8	0.41	9.6	0.5	1.6	6.1	1.6	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	4347-Nettmangen	60.0531	11.7875	203	1.20	1.5	0.48	17.9	0.5	1.3	6.0	2.2	2011	Garmo & Austnes 2012.
Mangen	66968-Butjennet	60.0411	11.7925	201	0.35	1.8	0.41	13.6	0.5	1.2	5.9	1.5	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Mangen	355-Viksjøen	60.0109	11.7884	198	3.84	2.0	0.44	15.1	0.5	1.3	6.1	1.7	2015-2018	Kalkingsovervåking O&A
Rotna	4044-Steinsvatnet	60.3320	12.3786	354	0.21	0.8	0.28	12.4	0.3	1.1	6.4	2.3	2011	Garmo & Austnes 2012
Rotna	4013 Kjerkesjøen	60.3511	12.4892	316	0.96	0.9	0.35	9.4	0.4	1.3	6.7	2.7	2011	Garmo & Austnes 2012
Rotna	351-Nøklevatnet	60.3468	12.5425	352	0.40	0.9	0.38	8.9	0.4	1.3	6.7	2.5	2011	Garmo & Austnes 2012
Rotna	3996-Kalsjøen	60.3720	12.5460	381	0.69	1.1	0.37	5.1	0.4	1.4	6.4	1.4	2015-2018	Garmo et al. 2017; 2019
Vrangs- elva	4273-Baksjøen	60.1037	12.1583	197	0.16	1.8	0.53	19.3	0.4	1.2	6.5	6.5	2011	Garmo & Austnes 2012
Vrangs- elva	369-S. Øyungen	60.0963	12.2194	194	1.36	1.8	0.55	11.1	0.4	1.5	6.2	1.9	2015-2018	Garmo et al. 2017; 2019
Vrangs- elva	4203-Bæreia	60.1597	11.9678	231	1.38	1.8	0.49	5.2	0.4	1.8	6.6	2.0	2015-2018	Garmo et al. 2017; 2019

Vedlegg 2. Innsjøer koblet i MAGIC bibliotek.

Sjø/vattendragsnavn	Data for matchad sjø/vattendrag									1860		Provtagningsår		2030	
	Sjø/vattendragsnavn	X-koordinat	Y-koordinat	Län	Sjöarea km <sup>2</sup>	omsättningstid år	andel skog i tillrings-	andel våtmark i	markdjup [m]	deposition svavel kg/ha/år	deposition kväve kg/ha/år	deposition svavel kg/ha/år	deposition kväve kg/ha/år	deposition svavel kg/ha/år	deposition kväve kg/ha/år
4401 Vålvatnet	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
3046-Vintertjern	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
3056-V. Stråttjern	Mölnerudstjärn	6614910	1291060	Värml. län	0.04	0.50	77.60	18.81	0.42	0.10	0.13	1.44	4.09	0.73	3.01
3054-Ø. Stråttjern	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
3053-Nottjern	Sarklamp	6666920	1322720	Värml. län	0.15	0.82	64.13	17.49	1.07	0.03	0.04	0.48	1.29	0.24	0.94
362-S. Bellingen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
4335-Baksjøen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
363-N. Bellingen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
3122-Langsjølungen	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
357-Havsjøen	Ämten	6652070	1320830	Värml. län	0.52	0.96	75.74		0.89	0.07	0.09	1.04	3.00	0.52	2.18
4374-Steineia	Sarklamp	6666920	1322720	Värml. län	0.15	0.82	64.13	17.49	1.07	0.03	0.04	0.48	1.29	0.24	0.94
4359-Store Børen	Sarklamp	6666920	1322720	Värml. län	0.15	0.82	64.13	17.49	1.07	0.03	0.04	0.48	1.29	0.24	0.94
354-Mangen	Dammtjärnet	6637480	1284360	Värml. län	0.10	2.42	67.45	4.26	0.28	0.11	0.14	1.57	4.34	0.78	3.32
4362-Romsjøen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
4371-Hauketjenn	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
4384-Rabbillen	Ämten	6652070	1320830	Värml. län	0.52	0.96	75.74		0.89	0.07	0.09	1.04	3.00	0.52	2.18
4347-Nettmangen	Sarklamp	6666920	1322720	Värml. län	0.15	0.82	64.13	17.49	1.07	0.03	0.04	0.48	1.29	0.24	0.94
66968-Butjennet	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
355-Viksjøen	Lögetjärnet	6643330	1283780	Värml. län	0.06	0.81	72.30	10.85	0.28	0.07	0.08	0.98	2.70	0.49	2.06
4044-Steinsvatnet	Västra Råttjärn	6652360	1340430	Värml. län	0.12	1.48	66.79	5.48	1.07	0.03	0.04	0.45	1.28	0.22	0.93
4013 Kjerkesjøen	Ämten	6652070	1320830	Värml. län	0.52	0.96	75.74		0.89	0.07	0.09	1.04	3.00	0.52	2.18
351-Nøklevatnet	Ämten	6652070	1320830	Värml. län	0.52	0.96	75.74		0.89	0.07	0.09	1.04	3.00	0.52	2.18
3996-Kalsjøen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
4273-Baksjøen	Mölnerudstjärn	6614910	1291060	Värml. län	0.04	0.50	77.60	18.81	0.42	0.10	0.13	1.44	4.09	0.73	3.01
369-S. Øyungen	Östra Lomtjärnet	6645260	1296840	Värml. län	0.08	0.75	84.89	6.06	0.64	0.11	0.14	1.55	4.45	0.77	3.31
4203-Bæreia	Vässlefjorden	6612040	1287430	Värml. län	0.06	0.50	89.77		0.46	0.13	0.17	1.90	5.41	0.97	3.98







*Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.*

*NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.*

*NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-4563-0

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger