

1623

NINA Rapport

Evaluerings av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Trøndelag i 2018

Redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva

Jon H. Magerøy og Bjørn Mejdell Larsen



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 annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

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 vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Trøndelag i 2018

Redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva,
Slørdalselva og Terningelva

Jon H. Magerøy
Bjørn Mejdell Larsen

Magerøy, J.H. & Larsen, B.M. 2019. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Trøndelag i 2018. Redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva. NINA Rapport 1623. Norsk institutt for naturforskning.

Oslo, februar 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3366-8

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Thomas Correll Jensen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Kristin Thorsrud Teien (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Trøndelag

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Anton Rikstad

FORSIDEBILDE

Redoksmålestasjon i Sagelva i Malvik kommune

© Jon H. Magerøy

NØKKELOORD

Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*), juvenile muslinger, habitatkvalitet, redokspotensial, bevaringstiltak, Fossingelva i Levanger kommune, Gråelvvassdraget i Stjørdal kommune, Sagelva i Malvik kommune, og Slørdalselva og Terningelva i Snillfjord kommune i Trøndelag.

KEY WORDS

Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*), juvenile mussels, habitat quality, redox potential, conservation measures, the rivers Fossingelva in Levanger Municipality, Gråelvvassdraget in Stjørdal Municipality, Sagelva in Malvik Municipality, and Slørdalselva and Terningelva in Snillfjord Municipality in Trøndelag County, Norway.

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

Sammendrag

Magerøy, J.H. & Larsen, B.M. 2019. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Trøndelag i 2018. Redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva. NINA Rapport 1623. Norsk institutt for naturforskning.

De største truslene mot elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) er endringer i miljøet som resulterer i reduksjon/tap av juvenile muslinger. En av hovedgrunnene til manglende rekruttering er eutrofiering og tilslamming av substratet, med påfølgende reduksjon i oksygennivået. Siden juvenile muslinger lever nedgravd i substratet, fører dette til økt eller total dødelighet i muslingenes første leveår. I Trøndelag sliter mange av bestandene med lav eller manglende rekruttering. Derfor er det gjennomført flere tiltak for å forbedre statusen til disse bestandene, inkludert produksjon av juvenile muslinger for utsetting (kultiveringsprogrammet).

På tross av den dårlige tilstanden til mange av bestandene, vet man relativt lite om årsakene til den reduserte overlevelsen av juvenile muslinger. For å forstå hvorfor rekrutteringen svikter og hvilke tiltak som er nødvendige for å øke den, ble det gjennomført redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva i 2018. Disse målingene gir et bilde på oksygennivået i substratet og habitatkvaliteten for juvenile muslinger i disse elvene.

I Fossingelva var tilstanden moderat til dårlig. Funnene viser at midtre og kanskje øvre deler av elven er egnet for juvenil musling. Tilstanden i elven kan i hovedsak forklares med høy nærings-tilførsel til elven, fra jordbruksaktivitet og punktkilder i den omliggende bebyggelsen. Tilførselen må reduseres for at større deler av elven skal bli egnet for juvenil musling igjen.

I Gråelvvassdraget var den generelle tilstanden moderat til dårlig, med moderat, moderat til dårlig og dårlig tilstand i henholdsvis Mæleselva, Brekkeelva og Borråselva. Allikevel var det god tilstand ved de fleste stasjonene i Mæleselva og en stasjon i nedre del av Brekkeelva. Tilstanden i vassdraget kan i hovedsak forklares med at vassdraget er regulert til kraftproduksjon. Ved nye konsesjonsbehandlinger bør man derfor fastsette krav om nødvendig minstevannføring og spyleflommer for å forbedre forholdene for både muslingen og vertsfisken (ørret) i elven.

I Sagelva var den generelle tilstanden god. Dette er overraskende, gitt at det er kjent at elven er sterkt preget av eutrofiering. Forklaringen på dette misforholdet kan være at redoksmålingene ble gjennomført på et tidspunkt som ikke representerte de verste forholdene man kan forvente å finne i elven. Dermed anbefaler vi at det gjennomføres nye redoksmålinger, for å få en bedre forståelse av habitatkvaliteten for juvenil musling i elven.

I Slørdalselva var den generelle tilstanden moderat til dårlig. Funnene viser at øvre deler av utbredelsesområdet til elvemuslingen er egnet for juvenil musling. Tilstanden i elven kan i hovedsak forklares med at elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon. Ved ny konsesjonsbehandling bør man derfor fastsette krav om nødvendig minstevannføring og spyleflommer for å forbedre forholdene for både muslingen og vertsfisken i elven.

I Terningelva var den generelle tilstanden dårlig til svært dårlig. Funnene tyder på at ingen deler av elven er egnet for juvenil musling. Tilstanden i elven kan i hovedsak forklares med at elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon. Ved ny konsesjonsbehandling bør man derfor fastsette krav om nødvendig minstevannføring og spyleflommer for å forbedre forholdene for muslingen i elven.

Mesteparten av redoksmålingene ble gjennomført senere enn det som må antas å være den perioden der oksygentilgangen er lavest i substratet. Allikevel viste alle elvene seg å ha problemer med tilgjengelig oksygen i substratet, med unntak av Sagelva.

Jon H. Magerøy, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, jon.mageroy@nina.no
Bjørn Mejdell Larsen, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no.

Abstract

Magerøy, J.H. & Larsen, B.M. 2019. Evaluation of habitat quality for juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in Trøndelag County in 2018. Redox measurements in the rivers Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva and Terningelva. NINA Report 1623. Norwegian Institute for Nature Research.

The greatest threats against the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) are environmental changes resulting in the reduction/loss of juvenile mussel recruitment. One main reason for reduced recruitment is eutrophication and siltation, resulting in reduced oxygen levels in the substrate. Since juvenile mussels live buried in the substrate, this leads to increased or total mortality among the juveniles. In Trøndelag County, many of the populations have reduced or no recruitment. Thus, measures have been taken to improve the status of these populations, including the inclusion of populations in the cultivation program for the mussel.

Despite the poor state of the populations, relatively little is known about the causes of the reduced recruitment of juvenile mussels. To understand why recruitment fails and the measures necessary to increase recruitment, redox potential was measured in the rivers Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva and Terningelva in 2018. These measurements give an understanding of oxygen availability in the substrate and habitat quality for juvenile mussels.

In Fossingelva the conditions were moderate to poor. The findings show that the middle and, possibly, upper reaches of the river are suitable for juvenile mussels. The poor state is mainly due to high levels of nutrient input to the river, from farming and the surrounding buildings. To improve the suitability of the habitat for the mussel, this input must be reduced.

In Gråelvvassdraget the conditions were moderate to poor, with moderate, moderate to poor and poor conditions in Mæleselva, Brekkeelva and Borråselva, respectively. Even so there were good conditions at most sites in Mæleselva and at one site in Brekkeelva. The poor state is mainly due to the river being used for hydropower production. During re-licensing one must require sufficient minimum flow and flush flows to improve the conditions for the mussel and trout.

In Sagelva the conditions were good. This is surprising, since it is known that the river is greatly impacted by eutrophication. The explanation for this discrepancy may be that the redox measurements were conducted at a time that does not reflect the worst conditions one may expect to find in the river. Therefore, we recommend that new redox measurements are conducted, to improve the understanding of the habitat quality for juvenile mussels in the river.

In Slørdalselva the conditions were moderate to poor. The findings show that the upper reaches of the mussel's distribution area are suitable for juvenile mussels. The poor state is mainly due to water being withdrawn by a local fish farm hatchery. During re-licensing it will be necessary to require sufficient minimum flow and flush flows to improve the conditions for both the mussel and the host fish in the river.

In Terningelva the conditions were poor to very poor and the findings suggest that no sites are suitable for juvenile mussels. The poor state is mainly due to water being withdrawn by a local fish farm hatchery. During re-licensing it will be necessary to require sufficient minimum flow and flush flows to improve the conditions for the mussel.

Most redox measurements were conducted later than what must be assumed to be the period with the lowest oxygen availability in the substrate. Even so, all the rivers had problems with the oxygen availability in the substrate, except for Sagelva.

Jon H. Magerøy, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, Norway, jon.mageroy@nina.
Bjørn Mejdell Larsen, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, Norway, bjorn.larsen@nina.no.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Redoksmålinger: Generell metodebeskrivelse	11
3 Fossingelva	13
3.1 Områdebeskrivelse	13
3.2 Elvemusling	14
3.3 Metodikk	15
3.4 Resultater	16
3.5 Diskusjon	16
4 Gråelvvassdraget	18
4.1 Områdebeskrivelse	18
4.2 Elvemusling	20
4.3 Metodikk	20
4.4 Resultater	23
4.5 Diskusjon	23
4.5.1 Mæleselva	23
4.5.2 Brekkeelva	25
4.5.3 Borråselva	27
4.5.4 Gråelvvassdraget oppsummert	30
5 Sagelva	32
5.1 Områdebeskrivelse	32
5.2 Elvemusling	35
5.3 Metodikk	35
5.4 Resultater	35
5.5 Diskusjon	35
6 Slørdalselva	39
6.1 Områdebeskrivelse	39
6.2 Elvemusling	41
6.3 Metodikk	42
6.4 Resultater	43
6.5 Diskusjon	43
7 Terningelva	46
7.1 Områdebeskrivelse	46
7.2 Elvemusling	48
7.3 Metodikk	49
7.4 Resultater	49
7.5 Diskusjon	49
8 Oppsummering	52
9 Referanser	56

10 Vedlegg.....	62
10.1 Fossingelva.....	62
10.2 Gråelvassdraget.....	63
10.3 Sagelva.....	64
10.4 Slørdalselva.....	65
10.5 Terningelva.....	66

Forord

I Trøndelag er det påvist manglende rekruttering av juvenile muslinger i mange av elvemuslingbestandene. Ved å måle redokspotensialet kan man vise om redusert oksygentilgang i substratet kan være årsaken til problemet eller hvorvidt andre faktorer er årsaken til den lave rekrutteringen. Redoksmålinger vil også kunne brukes til å evaluere hvilke deler av elvene som er best egnet som oppvekstområder for juvenile muslinger.

På bakgrunn av dette sendte NINA en søknad til Fylkesmannen i Trøndelag om tiltaksmidler fra Miljødirektoratet for å gjennomføre redoksmålinger i flere elver i fylket i 2018. Søknaden ble innvilget og de planlagte undersøkelsene i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva ble gjennomført. Vi vil gjerne takke Anton Rikstad (Fylkesmannen i Trøndelag) for et godt samarbeid under planlegging av prosjektet. Lokaltetene som ble undersøkt ble valgt ut basert på tidligere rapporter fra elvene og samtaler med Anton Rikstad.

25.02.2019, Jon H. Magerøy

1 Innledning

Det er godt kjent at den største trusselen mot elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) er endringer i miljøet som resulterer i reduksjon eller tap av rekruttering av juvenile muslinger. En av hovedgrunnene til et slikt tap av muslinger er eutrofiering og tilslamming av substratet som medfører reduksjon i oksygennivået i interstitiale rom i substratet. Siden juvenil elvemusling lever nedgravd i substratet, fører dette til økt eller total dødelighet blant de unge muslingene (Larsen 1997a; 2017a; 2018a).

I Trøndelag er det mange som har bidratt med å identifisere og beskrive statusen til bestandene med elvemusling, men man bør spesielt nevne Hans Mack Berger, Dag Dolmen, Morten Halvorsen, Kristian Julien, Lisbeth Jørgensen, Bjørn Mejdell Larsen, Anton Rikstad og Randi Saksgård. Dette arbeidet viser at mange av bestandene har redusert eller fullstendig manglende rekruttering. I tillegg er det påvist at flere bestander har dødd ut (oppsummert i Rikstad & Julien 2016, NINAs interne database upubl. mat.). Grunnlaget for å forstå hvorfor mange av disse bestandene sliter er først og fremst basert på ekspertevaluering av miljøforholdene rundt og i vassdragene (f.eks. Berger 2014, Berger & Julien 2009, Berger mfl. 2006, Esplund & Julien 2016, Larsen 2017b, Larsen & Saksgård 2010). I tillegg er vannprøver brukt til å øke forståelsen av nåværende status for elvemuslingen i noen av vassdragene (f.eks. Andersen 2014a, Christiansen mfl. 2005, Larsen 2008a; 2008b; 2017b, Larsen & Saksgård 2010).

Basert på statusen og miljøsituasjonen i vassdragene er det også i mange tilfeller foreslått eller gjennomført tiltak for å bedre situasjonen for elvemuslingen. Slike tiltak inkluderer f.eks. flytting av muslinger til egnede områder innenfor et vassdrag (Andersen 2014b, Berger 2010a, Kjærstad mfl. 2011, Larsen 1997b), kalking (Bjølstad & Klausen 2015, Klausen & Bjølstad 2015), hydromorfologiske endringer (Andersen 2014a; 2014b, Berger 2012a, Kjærstad mfl. 2011, Larsen 2017b), sikring av minstevannføring (Berger 2010a; 2012a, Larsen 2008b, Lorvik & Guttvik 2013, Rikstad & Julien 2012), reduksjon av næringstilførsel (Berger 2010a; 2010b, Christiansen mfl. 2005, Larsen 1997b; 2017b, Nyland 2006), forbedring av forholdene for vertsfisk (Andersen 2014a; 2014b, Larsen 2017b), utsetting av vertsfisk (Larsen 2017b, Larsen & Saksgård 2012a; 2012b), utsetting av infisert fisk (Andersen 2014b, Larsen 2009, Nyland 2006), fjerning av vandringshindre for fisk (Bakken & Barstad 2000), bekjemping av *Gyrodactylus salaris* (Bakken & Barstad 2000, Larsen 2001, Rikstad mfl. 2004) og reintroduksjon av elvemusling i vassdrag med utdødde bestander (Arnekleiv 1998, Berger 2011). I tillegg er muslinger fra Trøndelag tatt inn til oppformering i det nasjonale anlegget for gjenutsetting og styrking av bestander (kultiveringsprogrammet). Dette gjelder Drakstelva, Fossingelva, Lenna, Sagelva i Malvik, Semselva, Seterbekken (Åstelva), Slira, Slørdalselva, Tylda, Utvikelva og Åstelva (Jakobsen 2018; 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017).

Gjennomføring av redoksmålinger i elvemuslingvassdrag i Trøndelag vil gi en bedre forståelse for hvordan man skal forvalte denne arten i fylket. Slike målinger sammenligner reduksjonen av tilgjengelig oksygen i substratet og i de frie vannmassene. Hvis forskjellene er store mellom substratet og de frie vannmassene eller verdiene er lave i substratet indikerer dette at området ikke er egnet som habitat for juvenile muslinger (Geist & Auerswald 2007, Killeen 2006). Samtidig er disse målingene bedre egnet til å evaluere habitatkvalitet for juvenil elvemusling enn direkte målinger av oksygennivå og andre mer kvalitative vurderinger (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017). NINA har allerede tatt i bruk slike metoder for å evaluere habitatkvaliteten for juvenile muslinger i vassdrag i Norge (f.eks. Larsen 2012, Magerøy 2017; 2018), inkludert flere vassdrag i Trøndelag (Larsen 2012; 2017b, Larsen & Magerøy 2018).

Videreføring av redoksmålinger vil føre til en bedre forståelse av hvorfor rekruttering er delvis eller helt fraværende i mange elvemuslingvassdrag i Trøndelag. Lavt redokspotensial i substratet viser at oksygenmangel, pga. nedslamming av substratet, hindrer rekruttering. Dermed må tiltak gjennomføres for å endre på dette. Slike tiltak kan inkludere hydromorfologiske endringer, økt vannføring og spyleflommer i regulerte vassdrag, reduksjon av tilførsel av næringsstoffer, og re-



Figur 1.1. Oversiktskart over undersøkte vassdrag i Trøndelag. Fossingelva ligger i Levanger kommune. Gråelvvassdraget ligger i Stjørdal kommune. Sagelva ligger i Malvik kommune. Slørdalselva og Terningelva ligger i Snillfjord kommune. Hovedstrengene i vassdragene er markert med blå strek. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

duksjon av avrenning og erosjon (Larsen 2015c; 2018a; 2018b, Kålås mfl. 2016, Larsen & Österling 2012, Magerøy & Larsen 2018). Liten forskjell i redokspotensial mellom substratet og de frie vannmassene viser at det er andre faktorer enn oksygentilgang som hindrer rekruttering. Dermed er det nødvendig å gjennomføre tiltak for å øke oksygentilgangen i substratet. Isteden bør andre faktorer som kan forklare mangelen på rekruttering studeres nærmere.

Gjennomføring av redoksmålingene kan også få direkte konsekvenser for hvordan tiltak, som er under planlegging eller delvis gjennomført, bør modifiseres. Flytting av elvemusling innad i vassdrag, slipp av fisk infisert med muslinglarver, gjenutsetting av juvenile muslinger fra kultiveringsanlegg og reintroduksjon av musling til vassdrag med utdødde bestander bør bare gjennomføres ved lokaliteter som har godt redokspotensial. Hvis ikke slike lokaliteter finnes, bør man vurdere om tiltakene skal gjennomføres. Når det gjelder muslinger fra kultiveringsanlegget bør det f.eks. vurderes om muslingene må tilbringe mer tid i anlegget før utsetting, for å øke muslingenes evne til å tåle redusert oksygennivå. Slike målinger kan også brukes til å evaluere om det er gjennomførbart å reintrodusere elvemuslingen til vassdrag eller deler av vassdrag der den er dødd ut. Hvis redokspotensialet er høyt i substratet, kan slike reintroduksjoner være suksessfulle. Hvis redokspotensialet er lavt, bør tiltak gjennomføres for å øke oksygentilgangen i substratet og effekten av disse tiltakene evalueres før man reintroduserer muslingen.

Basert på en vurdering av nytteverdien til redoksmålinger i elvemuslingvassdragene i Trøndelag, etter samtale med Anton Rikstad, ble de aktuelle vassdragene gitt en prioriteringsrekkefølge. Fossingelva i Levanger kommune, Gråelvvassdraget i Stjørdal kommune, Sagelva i Malvik

kommune, og Slørdalselva og Terningelva i Snillfjord kommune (**figur 1.1**) ble valgt ut til undersøkelser i 2018: 1. Fossingelva ble valgt ut fordi rekrutteringen i elven har vært svært lav i senere tid, elven er påvirket av eutrofiering og den er regulert i forbindelse med drikkevannsforsyning (Berger mfl. 2006, Sjursen mfl. 2010, Skrøvseth 2009, pers. obs.). 2. Gråelvassdraget ble valgt ut fordi rekrutteringen har variert mellom forskjellige deler av vassdraget, deler av vassdraget er påvirket av eutrofiering og det er regulert i forbindelse med vannkraftproduksjon (Bergan 2012, Berger 2007; 2012b, Larsen 2008b, Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008, Moen mfl. 2003, VANNMILJØ 2019, Bjørn Mejdell Larsen upubl. mat.). 3. Sagelva ble valgt ut fordi rekrutteringen har vært svært lav i senere tid, store deler av elven er påvirket av eutrofiering, det har vært problemer med erosjon i elven og det har vært problemer med avrenning fra avfallsdeponi til elven (Bergan & Berger 2014, Berger 2010b, Berger mfl. 2007, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Nyland 2006, VANNMILJØ 2019, Anton Rikstad pers. med.). 4. Slørdalselva ble valgt ut fordi det har vært lav rekruttering i elven i senere tid, det har blitt og skal slippes fri kultivert juvenil elvemusling i elven, eutrofiering og erosjon er et potensielt problem i elven, og den er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskanlegg (Esplund & Julien 2016, Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjølstad 2015, Magerøy mfl. 2019, pers. obs.). 5. Terningelva ble valgt ut fordi det ikke har vært rekruttering i elven i senere tid, det er problemer med erosjon i elven og den er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskanlegg (Bjølstad & Klausen 2015).

I den etterfølgende teksten i rapporten vil tekstdeler og -avsnitt blir gjentatt under beskrivelsen av hver enkel elv, bare med mindre endringer for å tilpasse teksten til den aktuelle elven. Dette er gjort for at beskrivelsen av hver enkel elv skal være en selvstendig enhet som gjør det mulig å finne all informasjon om den aktuelle elven samlet på ett sted. Samtidig gjør lik struktur og tekst i beskrivelsene det lettere å sammenligne informasjon som omhandler det samme temaet mellom de forskjellige elvene.

2 Redoksmålinger: Generell metodebeskrivelse

Metodikken som er benyttet til redoksmålingene i Trøndelag i 2018 er basert på den metodikken som er beskrevet av Larsen (2012) i forbindelse med utprøvingen av redoksmålinger i Norge. Bakgrunnen for metodikken som er benyttet er erfaringer fra en workshop i Albacken i Sverige, 18.-20. mai 2011, med deltakere fra Länsstyrelsen i Jämtlands län, Länsstyrelsen i Norrbottens län, Länsstyrelsen i Västernorrlands län, NINA og Technische Universität München. I tillegg er erfaringer med redoksmålinger i Norge (Larsen 2013; 2015a; 2015b; 2017b, Larsen & Magerøy 2018, Magerøy 2017; 2018) og andre land i Europa (Denic & Geist 2015, Geist 2007, Geist & Auerswald 2007, Killeen 2006; 2011, Jürgen Geist pers. med.) brukt til å videreutvikle metodikken.

I 2018 ble redoksmålinger gjennomført i Fossingelva, Gråelvvassdraget, Sagelva, Slørdalselva og Terningelva (**figur 1.1**). Målingene var planlagt gjennomført i august for å fange opp de periodene der oksygentilførselen ville være minst, og produksjonen og oksygenforbruket størst (Geist & Auerswald 2007). Målet var å måle redokspotensialet i den perioden forholdene for elvemuslingene ville være dårligst. Dessverre kom det store nedbørsmengder i midten av august og målingene måtte utsettes til september. På grunn av de store nedbørsmengdene i perioden før målingene ble gjennomført og lavere vanntemperatur enn det som man kan forvente på sitt varmeste om sommeren, representerer ikke redoksmålingene det 'verste scenariet' som man ønsket å beskrive. Målingene har allikevel stor verdi, da de fremdeles kan benyttes til å identifisere problemer med oksygentilgjengelighet i elvene generelt og identifisere forskjeller mellom de spesifikke lokalitetene innad i elvene.

I Fossingelva, Sagelva og Terningelva ble redokspotensialet undersøkt ved fem stasjoner i hver av elvene. I Slørdalselva ble det undersøkt ved 10 stasjoner. I Gråelvvassdraget ble det undersøkt ved åtte stasjoner som en del av dette prosjektet, hvorav fire var i Mæleselva og fire var i Brekkeelva. I tillegg ble redokspotensialet undersøkt ved tre stasjoner i Borråselva i forbindelse med det nasjonale overvåkingsprogrammet og ved tre stasjoner i forbindelse med et NVE-prosjekt på habitatkvalitet for juvenil elvemusling i regulerte vassdrag (pers. obs.). Dessuten ble tre av disse stasjonene også undersøkt i forbindelse med utprøving av redoksmålingsmetodikken i Norge (Larsen 2012).

Ved hver stasjon ble det gjennomført målinger ved 15-16 punkter i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene, fordelt på flere transekter (**figur 2.1**). Målinger ble bare gjennomført i den delen av stasjonen som var vanndekt. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. to meter fra hverandre. Ved stasjoner der elven var mindre enn seks meter bred ble avstanden mellom målepunktene redusert til en meter. Denne tilnærmingen førte til at stasjonene bestod av fire-åtte transekter med to-fire målinger i hvert transekt. Unntaket fra denne tilnærmingen er målingene som ble gjennomført som en del av NVE-prosjektet. Ved hver stasjon ble det lagt ett en meter vidt transekt på tvers av hele elven. Dette transektet ble delt inn i 0,25 m² store rektangler. Deretter ble det gjennomført redoksmålinger i substratet i midten av hvert av disse rektanglene. I tillegg ble det tatt fem målinger i de frie vannmassene per stasjon.

Forskjellen i redokspotensial mellom substratet og de frie vannmassene ble registrert ved hjelp av et spesialbygget måleapparat, levert av Dr. Frank Krüger ved ELANA Boden Wasser Monitoring. Utstyret består av en ca. 1,5 m lang sonde med en platinaelektrode i den ene enden, en referanseelektrode og et voltmeter som registrerer målingene.

Ved måling av redokspotensialet i de frie vannmassene holdes begge elektrodene sammen i det øvre vannlaget. Ved måling av redokspotensialet i substratet blir platinaelektroden ført ned i ønsket dybde i substratet, mens referanseelektroden blir værende i de frie vannmassene (**figur 2.1**). Under denne undersøkelsen ble platinaelektroden ført fem til åtte centimeter ned i substratet, som anbefalt av Larsen (2012). Det er viktig at måleverdien stabiliserer seg før avlesning og dette tar som regel en del tid. Ved tidligere undersøkelser har det blitt funnet at målingene normalt stabiliserer seg etter ca. tre minutter (Larsen 2012) og dette er benyttet som standard på

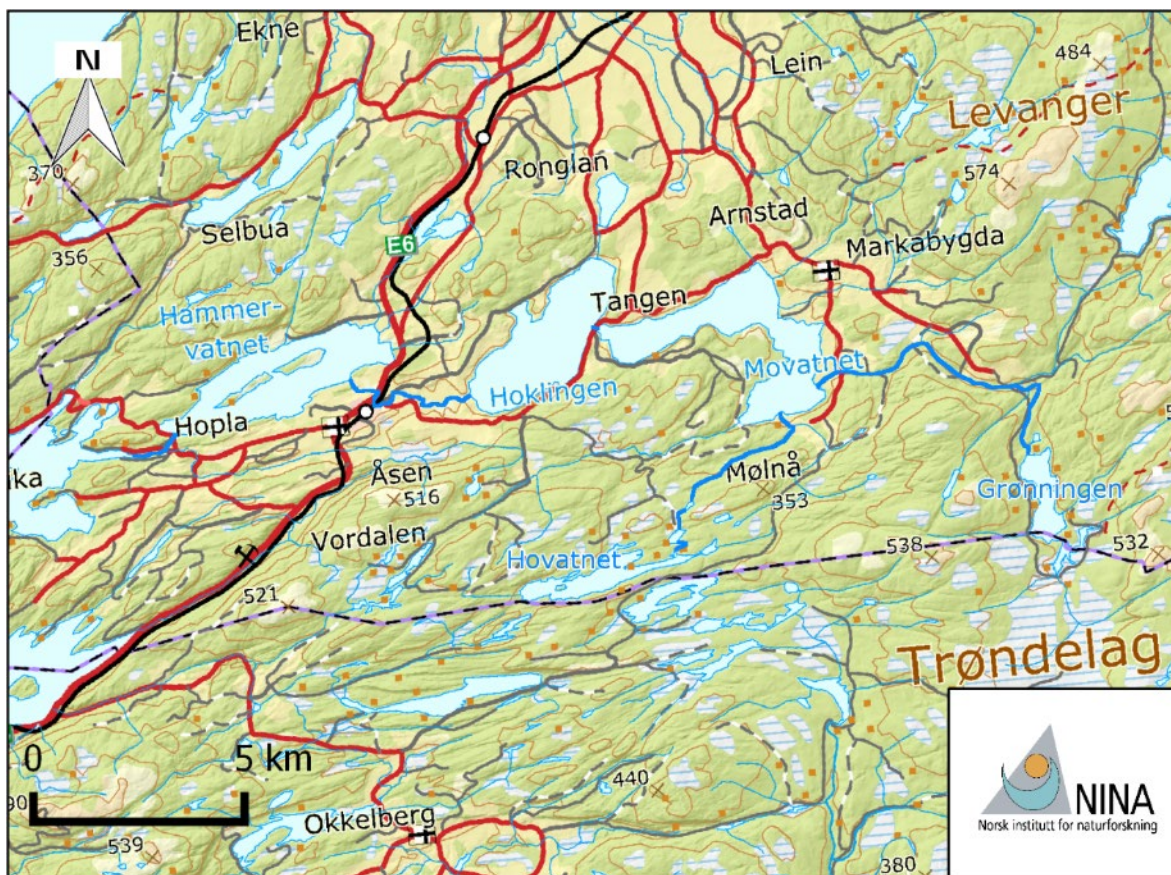


Figur 2.1. Redoksmåling. Fotografiet viser en redoksmålingsstasjon i Elstadelva i Grong kommune i Trøndelag. De svarte strekene og sirklene indikerer henholdsvis transektene og målepunktene ved stasjonen. Ved det ene målepunktet tas det en redoksmåling i substratet. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

alle stasjonene. På grunn av substratets bestanddeler (f.eks. stein eller leire) er det ofte umulig å føre platinaelektroden ned i substratet og dermed gjennomføre målingene nøyaktig på de utvalgte målepunktene i transektene. Hvis det er tilfellet, blir målingen gjennomført i umiddelbar nærhet til de utvalgte målepunktene.

For å evaluere resultatet av målingene er det benyttet to tilnærminger i rapporten: 1. Redokspotensialet i substratet: Verdier over 400, 400-300 og under 300 millivolt (mV) tilsier henholdsvis god, moderat og dårlig habitatkvalitet for juvenile elvemuslinger. 2. Reduksjonen i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet: Reduksjon på mindre enn 20, 20-30 og over 30 % tilsier henholdsvis god, moderat og dårlig habitatkvalitet for juvenile elvemuslinger. God, moderat og dårlig habitatkvalitet tilsier henholdsvis god, noe og ingen rekruttering av juvenil elvemusling (Geist & Auerswald 2007, Killeen 2006, Larsen 2012). Jürgen Geist (pers. med.) anbefaler å legge størst vekt på tilnærming 1, hvis de to tilnærmingene gir motstridende resultater. Dette anbefaler han fordi store mengder biologisk nedbrytbart organisk materiale vil påvirke redokspotensialet i både de frie vannmassene og substratet negativt, selv om påvirkningen i vannmassene som regel er mindre enn i substratet (Geist & Auerswald 2007). For eksempel kan en stasjon ha verdier på henholdsvis 600 og 300 mV i de frie vannmassene og substratet, mens en annen stasjon kan ha verdier på henholdsvis 400 og 200 mV. Da blir den relative nedgangen mellom vannmassene og substratet den samme (50 %), på tross av at forholdene er mye bedre ved den første stasjonen.

3 Fossingelva



Figur 3.1. Oversiktskart over Hoplavassdraget. Fossingelva renner mellom vannene Hoklingen og Hammervatnet. Hovedstrengen i vassdraget er markert med blå strek opp til Grønningen. Det viktigste sidevassdraget er markert fra Movatnet og opp til Hovatnet. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

3.1 Områdebeskrivelse

Fossingelva (delfelt 125.4C) utgjør en del av hovedstrengen i Hoplavassdraget (vassdragsnr. 125.4Z), og renner mellom Hoklingen (88 moh.) og Hammervatnet (25 moh.) ved Åsen i Levanger kommune (**figur 3.1**). Nedbørfeltet til Fossingelva drenerer områdene rundt Hoklingen og Movatnet (88 moh.). Hovedstrengen starter ovenfor Grønningen (295 moh.) i øst, før den renner gjennom Movatnet, Hoklingen og ut i Hammervatnet. En viktig sideelv (Ringfosselva) kommer inn fra Hovatnet (269 moh.) i sør. Nedbørfeltet inkluderer ca. 30 km elvelengde, og middelvannføringen er på 28,8 l/s/km². Høyeste punkt er 618 moh., og mer enn 50 % av nedbørfeltet ligger under 300 moh. Arealet er på ca. 165 km², og det består av 62,9 % skog, 12,4 % myr, 10,8 % innsjøer, 8,7 % dyrket mark, 1,6 % snau fjell og 0,2 % urban bebyggelse (NEVINA 2019). Berggrunnen består for det meste av næringsrike bergarter som fyllitt og grønnstein, og morenemasser. Rundt Hoklingen finnes det noe mer næringsfattige bergarter som polymikt konglomerat og metasandstein (BERGGRUNN 2019). Fossingelva er regulert i forbindelse med at Hoklingen er drikkevannskilde for Levanger (Skrøvseth 2009).

Begrensede bunndyrdata (Sjursen mfl. 2010) og vannkjemidata (Berger mfl. 2006) fra Fossingelva tyder på at eutrofiering er et problem i elven, mens forsuring ikke er det.



Figur 3.2. Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Fossingelva. Elvemusling er funnet i hele elven (de to asteriskene markerer ytterkantene av utbredelsesområdet). Tallene 1-5 indikerer lokaliseringen av stasjonene. Kartet dekker strekningen mellom Hoklingen og Hammervatnet. Det er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019). For UTM-koordinater for stasjonene, se Vedlegg 10.1 Tabell 1.

I Fossingelva er det påvist ørret, trepigget stingsild og ål, men det er også røye i innsjøene og laks på anadrom sone i vassdraget (Schartau mfl. 2018, VANNMILJØ 2019).

3.2 Elvemusling

Elvemuslingbestanden i Fossingelva er kjent fra 1994 (Roar Lund pers. med. i Dolmen & Kleiven 1997). I tillegg er det kjent at det er elvemusling i Ringfosselva, som er en viktig sideelv lenger oppe i vassdraget (Berger 2012c). Bestanden i Fossingelva ble undersøkt i 2006 (Berger mfl. 2006). Det ble funnet musling i hele elven (**figur 3.2**). Dette utgjør et utbredelsesområdet på ca. 4 km. Gjennomsnittlig tetthet ble estimert til 2,98 individer per m². Det ble ikke funnet muslinger <50 mm i 2006, men det ble funnet et fåtall muslinger på ca. 60 mm da og i 2018 (pers. obs.). Muslinger av denne størrelsen er ca. 10-12 år gamle i Fossingelva (pers. obs.). Dermed har ikke rekrutteringen vært fullstendig fraværende i den senere tid, men funnene tyder på at den har vært svært dårlig. Det er ikke blitt gjennomført undersøkelser av infeksjonsstatus på gjellene til fisk i elven, men ørret er eneste tilgjengelige vert. Tetthetsdata fra 2009 og 2010 tilsier at tettheten av ørret var høy nok til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). Fossingelva har vært med i kultiveringsprogrammet for elvemusling (Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017), men produksjonen av kultiverte muslinger fra elven må ansees som et pilotforsøk og var svært lav. I 2018 ble det sluppet fri ca. 50 kultiverte muslinger i elven (Magerøy mfl. 2019).



Foto 3.1. Redoksmålingsstasjoner i Fossingelva. Stasjon 1-5. Foto: Jon H. Magerøy.

3.3 Metodikk

I Fossingelva ble redoksmålinger gjennomført 19.09.2018. Det ble gjennomført målinger ved fem stasjoner i elven (**figur 3.2, foto 3.1, Vedlegg 10.1 Tabell 1**). Stasjonene ble valgt ut basert på funnene til Berger mfl. (2006) og er plassert i områder med forskjellige tetthet av musling. Det ble tatt 16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fire transekter per stasjon. For en mer utfyllende metodebeskrivelse henvises det til kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon. Dette ble gjort for å få en bedre forståelse av miljøforholdene i elven i perioden før og under undersøkelsene.

3.4 Resultater

Temperaturen i Fossingelva varierte mellom 12,3 og 12,9 °C. Vannføringen var middels. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i **figur 3.3** og **tabell 3.1**.

3.5 Diskusjon

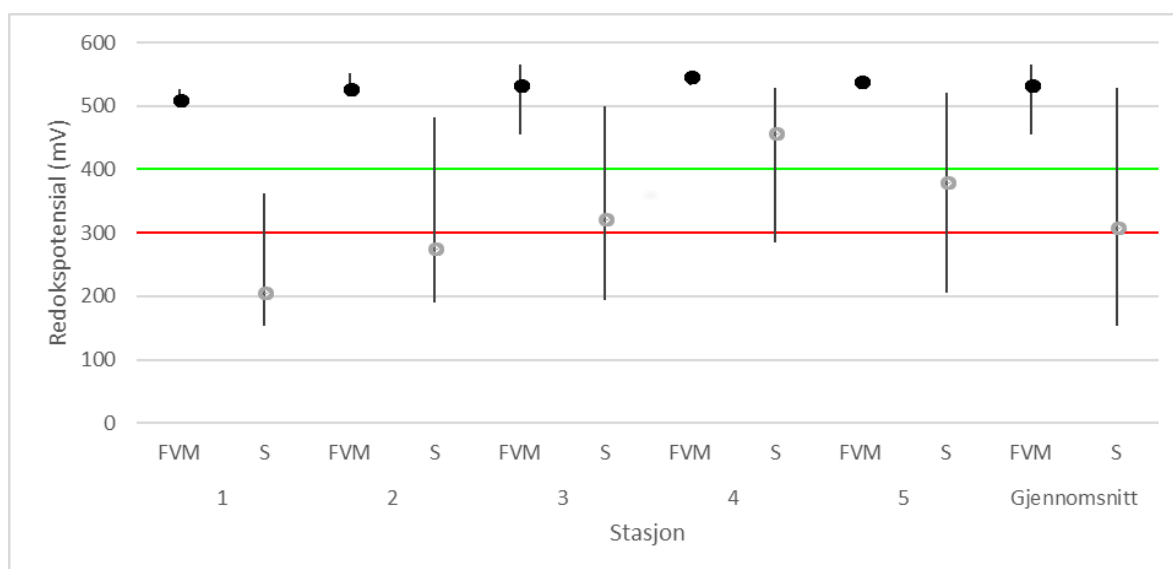
Perioden før undersøkelsene i 2018 var preget av høy nedbør og relativt lave temperaturer. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Fossingelva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen en god del høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven, selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av elven er regulert i forbindelse med drikkevannsuttak fra Hoklingen (Skrøvseth 2009). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Fossingelva i 2018 var 306 mV. Dette ligger godt under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerwald 2007), og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 42 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var også relativt lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenile elvemusling (33 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var moderat til dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Fossingelva i 2018, så er bildet noe mer nyanisert. Funnene tyder på at forholdene er bedre i midtre og øvre deler av elven. Stasjon 4 hadde god habitatkvalitet og stasjon 5 hadde moderat (til god) habitatkvalitet, mens de andre stasjonene hadde moderat til dårlig eller dårligere habitatkvalitet. Dermed er det sannsynlig at de kultiverte juvenile elvemuslingene som ble sluppet fri ved stasjon 4 i 2018 (Magerøy mfl. 2019) kan greie seg. Hvis bestanden tas inn igjen i kultiveringsprogrammet (Jakobsen 2018; 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017), bør de juvenile muslingene settes ut i midtre og øvre deler av elven. Framtidige undersøkelser av bestandens status bør også inkludere stasjoner i dette området, for å maksimere sjansene for å oppdage nyrekruttering i elven.

Den generelt moderate til dårlige tilstanden i Fossingelva i 2018 er som forventet. Rekrutteringen blant elvemuslingen har vært svært lav i senere tid (Berger mfl. 2006, pers. obs.). I tillegg tyder både bunndyrdata (Sjursen mfl. 2010) og vannkjemidata (Berger mfl. 2006) på at eutrofiering er et problem i elven. Kildene til næringstilførselen er antakelig først og fremst landbruket i området, men utslipp fra andre punktkilder som f.eks. kloakk kan muligens også være et problem. I tillegg kan reguleringen av Fossingelva (Skrøvseth 2009) også bidra til tilstanden i elven. Reguleringen kan føre til reduksjon i vanndeckt areal, redusert flom og endringer i temperatur. Alt dette kan bidra til økt nedslamming av substratet og påvirke elvemuslingen negativt (Larsen 2018a; 2018b, Larsen & Magerøy 2018, Larsen & Österling 2012).

For å forbedre forholdene i Fossingelva må tiltak gjennomføres for å redusere avrenning fra landbruket. Det er derfor viktig å opprettholde buffersonene med naturlig vegetasjon langs elven og om mulig øke disse (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). I tillegg vil det være ønskelig å redusere gjødslingen langs elven. Begge deler kan oppnås ved at det gis økonomisk støtte til bønder som reduserer gjødslingen og opprettholder en gjødsselfri dyrket/naturlig buffersone langs elven (Kålås mfl. 2016). Punktkilder til forurensning bør også identifiseres og utbedres. En god del av næringstilførselen til elven kommer antakelig fra Hoklingen og ikke bare fra områdene langs selve elven (pers. obs.). Dermed er det viktig at slike tiltak også fokuserer på områdene rundt innsjøen. For å redusere effekten av reguleringen av elven er det ønskelig å



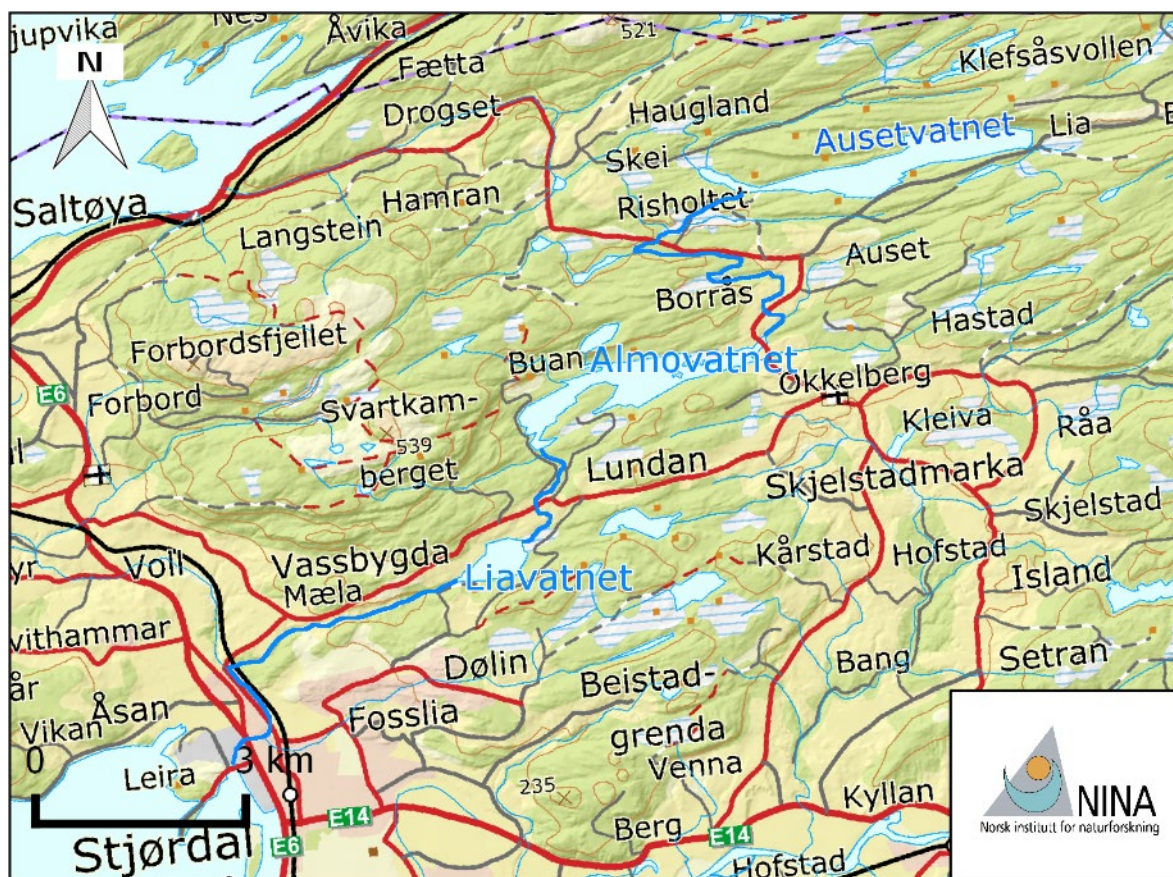
Figur 3.3. Resultater av redoksmålinger i Fossingelva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 3.2 og Vedlegg 10.1 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

oppretholde en minstevannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012).

Tabell 3.1. Resultater av redoksmålinger i Fossingelva. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for elven. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 3.2 og Vedlegg 10.1 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Gjennomsnitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	508 (500-526)	524 (515-551)	531 (456-565)	543 (533-552)	536 (526-546)	531 (456-565)
	Substrat	203 (153-362)	274 (190-483)	319 (195-499)	456 (284-529)	379 (206-520)	306 (153-529)
% reduksjon	NA	60	48	40	16	29	42
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	0	12	37	69	44	33
% 400-300 mV	Substrat	19	12	13	12	44	20
% ≤ 300 mV	Substrat	81	76	50	19	12	48

4 Gråelvassdraget

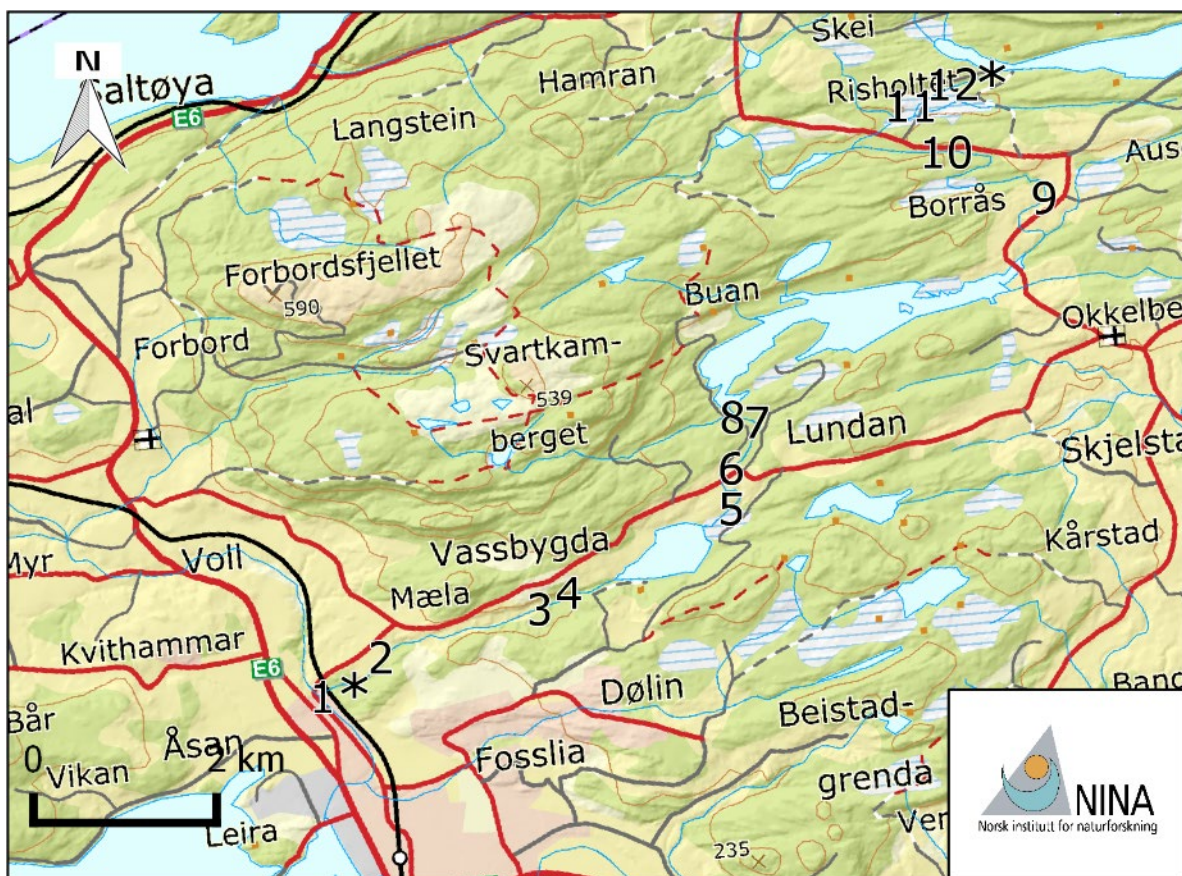


Figur 4.1. Oversiktskart over Gråelvassdraget. Vassdraget består av tre hovedelver: Borråselva som renner mellom Ausetvatnet og Almovatnet. Brekkeelva som renner mellom Almovatnet og Liavatnet. Mæleselva som renner mellom Liavatnet og sjøen, ved Stjørdal. Hovedstrengen i vassdraget er markert med blå strek opp til Ausetvatnet. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

4.1 Områdebeskrivelse

Gråelvassdraget er et eget vassdrag (vassdragsnr. 124.2Z) i Stjørdal kommune (**figur 4.1**). Hovedstrengen i vassdraget renner sørøstover, mot Stjørdal sentrum, og består av tre hovedelver: Borråselva som renner mellom Ausetvatnet (200 moh.) og Almovatnet (133 moh.). Brekkeelva som renner mellom Almovatnet og Liavatnet (103 moh.). Mæleselva som renner mellom Liavatnet og sjøen, ved Stjørdal. Nedbørfeltet drenerer områdene rundt de tre vannene, og den viktigste sideelven (Vollselva) drenerer sørøstlige deler av Skatvalhalvøya. Det inkluderer ca. 28 km elvelengde, og middelvannføringen er på 24,2 l/s/km². Høyeste punkt er 588 moh., og mer enn halvparten av nedbørfeltet ligger under 200 moh. Arealet er på ca. 95 km², og det består av 58,8 % skog, 21,0 % dyrket mark, 6,5 % myr, 4,6 % innsjøer, 3,0 % urban bebyggelse og 2,1 % snau fjell (NEVINA 2019). Berggrunnen i øvre del av nedbørfeltet består for det meste av næringsrik grønnstein. I midtre deler er den en blanding av næringsrik fyllitt og leirskifer, næringsfattig metasilt og -sandstein, og morenemasser. Nederst er det mest morenemasser (BERGGRUNN 2019). Gråelvassdraget er regulert i forbindelse med vannkraftproduksjon (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008, Moen mfl. 2003).

Det har blitt gjennomført diverse biologiske og vannkjemiske undersøkelser i Gråelvassdraget i de senere årene (Bergan 2012, Berger 2012b, Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008, VANNMILJØ



Figur 4.2. Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Gråelvvassdraget. Yttergrensene for utbredelsesområdet for elvemusling er markert med asterisker. Tallene 1-4, 5-8 og 9-12 indikerer lokaliseringen av stasjonene i henholdsvis Mæleselva, Brekkeelva og Borråselva. Stasjon 9, 10 og 12 tilsvarende stasjon 13, 8 og 2 i det nasjonale overvåkingsprogrammet (Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008, Bjørn Mejdell Larsen unpubl. mat.), og henholdsvis stasjon 3-1 i utprøvingen av redoksmålinger som metodikk i Norge (Larsen 2012). Kartet dekker strekningen mellom Almuvatnet og sjøen. Det er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019). For UTM-koordinater for stasjonene, se Vedlegg 10.2 Tabell 1.

2019). Bunndyrprøver i 2012 tilsier «god» økologisk tilstand i alle tre hovedelvene i vassdraget. Basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Europa (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017), tyder vannprøver på at hverken eutrofiering eller forsurening er et problem i Borråselva. I Brekkeelva tyder begrensede data på at partikkeltilførselen er noe høy, selv om det ikke er tegn på for høy næringstilførsel til denne delen av vassdraget. Heller ikke der er forsurening et problem. I Mæleselva tyder begrensede data på at eutrofiering er et problem, mens det ikke finnes data som gir informasjon om forurensingssituasjonen. Sannsynligvis er ikke forurensing et problem, gitt tilstanden i de høyereliggende hovedelvene.

Innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Gråelvvassdraget (**figur 4.2**) er ørret den dominerende fiskearten (Bergan 2012, Larsen mfl. 2008, Moen mfl. 2003), men det finns også canadarøye, elvenioye, karuss, laks, røye, skrubbe, trepigget stingsild og ål i vassdraget (Berger 2012b, Berger mfl. 2004, Moen mfl. 2003). Laks går ikke opp til utbredelsesområdet til muslingen.

4.2 Elvemusling

Elvemuslingbestanden i Gråelvvassdraget er kjent fra ca. 1940 (Laila Sorte pers. med. i Dolmen & Kleiven 1997).

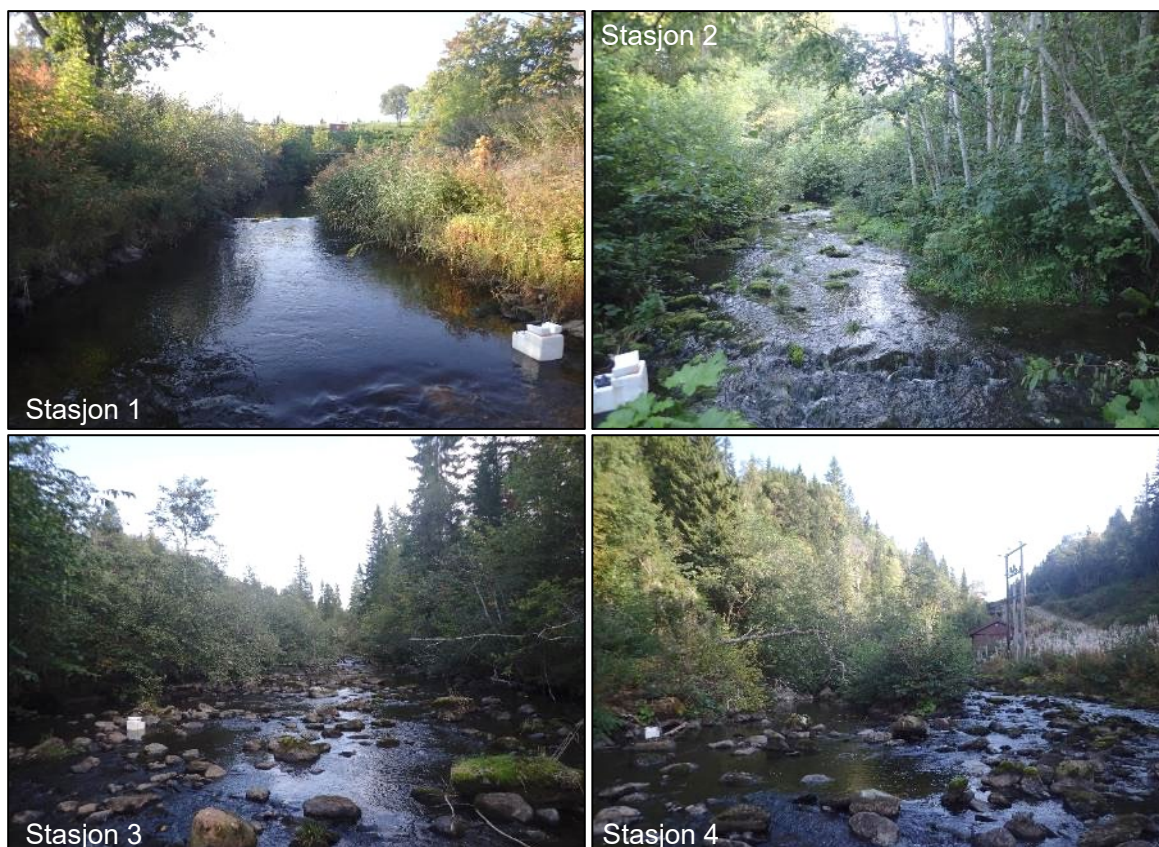
Mæleselva ble undersøkt i 2002 (Moen mfl. 2003). Det ble funnet elvemusling mellom Liavatnet og Gravvoll (**figur 4.2**). Dette utgjør et utbredelsesområdet på ca. 3,5 km. Hverken tetthet eller rekruttering ble undersøkt nærmere, men det ble funnet en ca. 10 år gammel musling i 2018 (pers. obs.). Det er ikke blitt undersøkt prevalens og intensitet hos potensiell vertsfisk, men ørret er eneste tilgjengelige vert innenfor utbredelsesområdet i elven. I 2011 var tettheten av ørret (Bergan 2012) for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994).

Brekkeelva ble undersøkt i 1997-1998 (beskrevet i Larsen 2008b), 2007 (Berger 2007) og 2008 (Larsen 2008b). Elvemusling finnes i hele elven (**figur 4.2**). Dette utgjør et utbredelsesområde på ca. 2 km. I 2008 var den gjennomsnittlige tettheten i øvre del av elven 10,4 individer per m². Nedre del har ikke blitt undersøkt. Det ble ikke funnet individer <50 mm i 2008, mens det ble funnet et fåtall små muslinger i 2007. Dermed ser rekrutteringen ut til å ha vært svært dårlig i senere tid. Det er ikke blitt undersøkt prevalens og intensitet hos potensiell vertsfisk, men ørret er eneste tilgjengelige vert i elven. I 2011 var tettheten av ungfish av ørret (Bergan 2012) i grenseland til å være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994).

Borråselva inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling og ble undersøkt i 1999-2000 (Larsen & Hårsaker 2001), 2006-2008 (Larsen mfl. 2008) og i 2018 (Bjørn Mejdell Larsen upubl. mat.). Deler av elven ble også undersøkt i 2008 i forbindelse med ulovlig anleggsarbeid i øvre del av elven (Larsen 2008b) og i 2018 i forbindelse med et NVE-prosjekt på habitattkvalitet for juvenil elvemusling i regulerte vassdrag (Bjørn Mejdell Larsen og Jon H. Magerøy upubl. mat.). Muslingen finnes i hele elven (**figur 4.2**). Dette utgjør et utbredelsesområde på ca. 8 km. I 2006-2008 var den gjennomsnittlige tettheten 9,77 individer per m², og bestanden ble estimert til ca. 535.000 individer. Det hadde vært en jevn rekruttering i elven i senere tid, men denne var ca. halvparten av det som er nødvendig for å opprettholde bestanden på sikt. Selv om dataene fra 2018 ikke er ferdiganalyser, virker det som statusen til bestanden er omtrent den samme som i 2008. Undersøkelser av prevalens og intensitet av glochidier på fisken indikerer at ørret fungerer som vert for muslingen i elven (Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008). Tettheten av ungfish av ørret var høy nok til å opprettholde bestanden av elvemusling (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994) mellom 2000 og 2018 (Bergan 2012, Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008, Bjørn Mejdell Larsen og Jon H. Magerøy upubl. mat.).

4.3 Metodikk

I Gråelvvassdraget ble redoksmålinger gjennomført 08., 09. og 18.09.2018. Det ble gjennomført målinger ved fire stasjoner i Mæleselva (stasjon 1-4, **figur 4.2, foto 4.1a, Vedlegg 10.2 Tabell 1**) og fire stasjoner i Brekkelva (stasjon 5-8, **figur 4.2, foto 4.1b, Vedlegg 10.2 Tabell 1**). Seks av stasjonene ble undersøkt på de tre første datoene, mens to stasjoner ble undersøkt på den siste datoen pga. problemer med utstyret på opprinnelig planlagt undersøkelsesdato. Stasjonene ble valgt ut basert på funnene til Moen mfl. (2003) og Larsen (2008b), og er fordelt utover forskjellige deler av elvene. Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fire-åtte transekter per stasjon. For en mer utfyllende metodebeskrivelse henvises det til kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon. Dette ble gjort for å få en bedre forståelse av miljøforholdene i elven i perioden før og under undersøkelsene.



Figur 4.1a. Redoksmålingsstasjoner i Mæleselva. Stasjon 1-4. Foto: Jon H. Magerøy.



Figur 4.1b. Redoksmålingsstasjoner i Brekkeelva. Stasjon 5-8. Foto: Jon H. Magerøy.

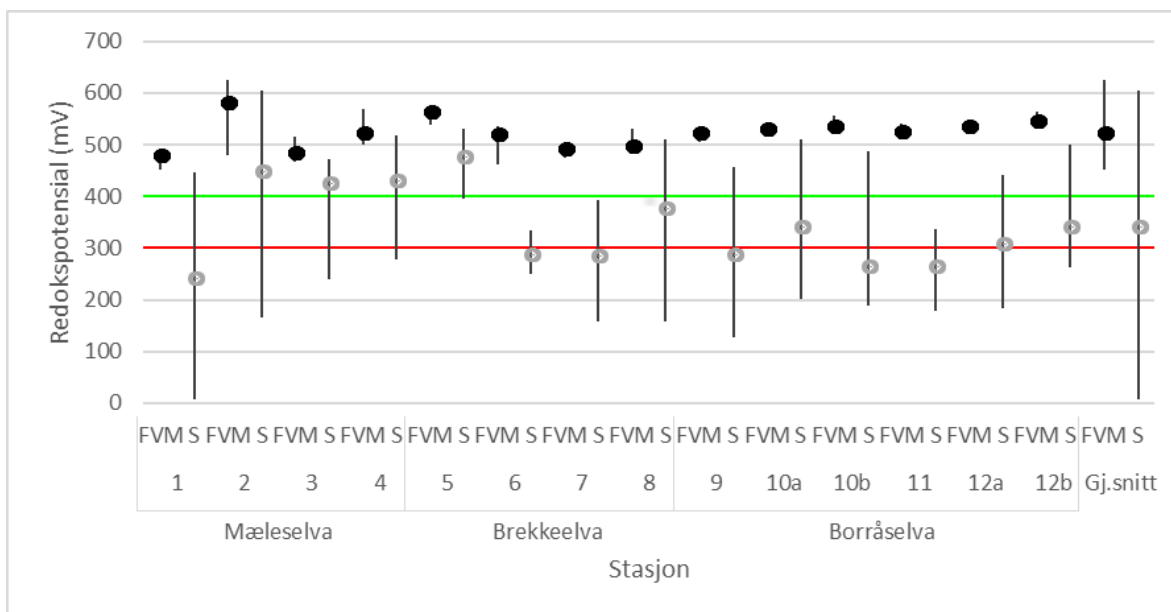


Figur 4.1c. Redoksmålingsstasjoner i Boråselva. Stasjon 9-12. Det ble ikke tatt foto av stasjon 11. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Det ble også gjennomført redoksmålinger 02.08.2018, som en del av det nasjonale overvåkingsprogrammet (pers. obs.). Disse målingene ble gjennomført ved tre stasjoner i Boråselva (stasjon 9, 10 og 12, **figur 4.2, foto 4.1c, Vedlegg 10.2 Tabell 1**). Det ble brukt de samme stasjonene som det ble tatt redoksmålinger ved i august 2011, som en del av utprøving av metodikken i Norge (Larsen 2012). Det ble tatt 16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fire transekter per stasjon. Målingene ble gjennomført etter samme metodikk som er beskrevet i kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved alle stasjonene, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

I tillegg ble det gjennomført redoksmålinger 20.-22.09.2018, som en del av et NVE-prosjekt på habitatkvalitet for juvenil elvemusling i regulerte vassdrag (pers. obs.). Disse målingene ble gjennomført ved tre stasjoner i Boråselva (stasjon 10-12, **figur 4.2, foto 4.1c, Vedlegg 10.2 Tabell 1**). I utgangspunktet var planen å bruke de samme stasjonene som ble undersøkt i august 2011 og 2018, men en av stasjonene var blitt demmet opp av bever mellom august og september 2018. Derfor ble en alternativ stasjon inkludert i undersøkelsene. Stasjonene er representative for de delene av elvene som har musling. Ved hver stasjon ble det lagt ett en meter vidt transekt på tvers av hele elven. Dette transektet ble delt inn i 0,25 m² store rektangler. Det ble gjennomført redoksmålinger i substratet i midten av hvert av disse rektanglene. Dette utgjorde 22-24 målinger ved stasjonene. I tillegg ble det tatt fem målinger i de frie vannmassene per stasjon. Ellers ble målingene gjennomført etter samme metodikk som er beskrevet i kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved alle stasjonene, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

Som nevnt ble det i 2011 gjennomført redoksmålinger i august (03.08.2011) ved de samme tre stasjonene som ble undersøkt i august 2018 i Boråselva (stasjon 9, 10 og 12, **figur 4.2, foto**



Figur 4.3. Resultater av redoksmålinger i Gråelvvassdraget i 2018. Stasjon 10 og 12 ble undersøkt to ganger (10a og 12a i august, og 10b og 12b i september). Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for vassdraget. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

4.1a-c, Vedlegg 10.2 Tabell 1). Det ble tatt 16-17 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fire transekter per stasjon. Målingene ble utført etter metodikken som er beskrevet i Larsen (2012), men den skiller seg ikke stort fra metodikken beskrevet i kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved alle stasjonene, men vannføring ble ikke evaluert.

4.4 Resultater

I Mæleselva varierte temperaturen mellom 13,5 og 14,8 °C, og vannføringen var middels-lav den 08.09.2018. I Brekkeelva var temperaturen 14,8 °C og vannføringen middels-lav den 09.09.2018. Temperaturen var 9,8 °C og vannføringen var middels den 18.09.2018. I Borråselva var temperaturen mellom 17,1 og 20,8 °C, og vannføringen middels-lav den 02.08.2018. Temperaturen var mellom 10,5 og 11,5 °C, og vannføringen var middels(-lav) den 20.-22.09.2018. Temperaturen var mellom 17,2 og 19,4 °C den 03.08.2011, men vannføring er ikke kjent. Resultatene av redoksmålingene fra Gråelvvassdraget i 2018 er beskrevet i **figur 4.3**, og **tabell 4.1a** (Mæleselva), **4.1b** (Brekkeelva) og **4.1c** (Borråselva). En sammenligning av redoksmålingene ved stasjon 9, 10 og 12 i Borråselva er framstilt i **figur 4.4**, og **tabell 4.2a&b**.

4.5 Diskusjon

4.5.1 Mæleselva

Perioden før undersøkelsene i 2018 var preget av litt nedbør og lavere temperaturer enn det man normalt sett opplever om sommeren. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Mæleselva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven, selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av at Gråelvvassdraget er regulert til kraftproduksjon (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008,

Moen mfl. 2003). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger noe over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Mæleselva i 2018 var 385 mV. Dette ligger noe under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier moderat (til god) habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 26 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var en god del av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenile elvemusling (56 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var moderat i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Mæleselva i 2018, så er bildet noe mer nyansert. De tre stasjonene (stasjon 2-4) som ligger innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen hadde god habitatkvalitet, mens stasjonen nedenfor utbredelsesområdet (stasjon 1) hadde dårlig habitatkvalitet. Disse funnene tyder på at det burde være gode muligheter for å finne juvenile muslinger i elven, men dette har ikke blitt undersøkt (Moen mfl. 2003).

Den gode tilstanden innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Mæleselva i 2018 er overraskende. Utenom en ca. 10 år gammel musling som ble funnet i 2018 (pers. obs.) er det ikke kjent om det har vært rekruttering i elven i senere tid (Moen mfl. 2003). Basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Europa (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017), tyder vannkjemidata fra elven (Bergan 2012, Berger 2012b, VANNMILJØ 2019) på at eutrofiering er et problem for muslingen. I tillegg er Gråelvvassdraget regulert (Larsen 2008b, Larsen mfl.

Tabell 4.1a. Resultater av redoksmålinger i Mæleselva i Gråelvvassdraget i 2018. Tabellen viser resultater for stasjon 1-4, gjennomsnittet for Mæleselva og gjennomsnittet for hele vassdraget. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Gjennomsnitt Mæleselva	Gjennomsnitt Gråelvvassdraget
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	478 (451-491)	580 (480-624)	481 (467-515)	521 (501-569)	515 (451-624)	522 (451-624)
	Substrat	240 (8-446)	447 (166-606)	423 (239-472)	428 (278-519)	385 (8-606)	340 (8-606)
% reduksjon	NA	50	23	12	18	26	36
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	31	56	62	75	56	32
% 400-300 mV	Substrat	6	31	25	19	20	28
% ≤ 300 mV	Substrat	63	13	13	6	24	40

2008, Moen mfl. 2003) og dette kan påvirke muslingen negativt (Larsen 2018a; 2018b, Larsen & Magerøy 2018, Larsen & Österling 2012). For flere detaljer knyttet til vassdragsregulering, se oppsummeringen for Gråelvvassdraget (delkapittel 4.5.4).

Grunnen til at redokspotensialet i Mæleselva var såpass høyt kan være todelt. Den lave nedbøren og den lavere temperaturen i perioden før undersøkelsene ble gjennomført kan ha bidratt til å forbedre forholdene i elven. I tillegg preges de tre stasjonene som lå innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen av relativt høy strømhastighet og lite finsubstrater. Dette er det generelle bildet for denne delen av elven. Dermed er det mulig at eutrofiering og reguleringen ikke fører til høy sedimentering i elven og at rekruttering av juvenile muslinger foregår. Det siste bør undersøkes nærmere.

Allikevel er det viktig å forbedre eller forhindre at forholdene blir verre for elvemuslingen i Mæleselva. Kildene til eutrofieringen er antakelig først og fremst landbruket i området, men utslipp fra andre punktkilder som f.eks. kloakk kan muligens også være et problem. For å forbedre forholdene i elven må tiltak gjennomføres for å redusere avrenning fra landbruket. Det er derfor viktig å opprettholde buffersonene med naturlig vegetasjon langs elven og muligens øke disse (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). I tillegg vil det være ønskelig å redusere gjødslingen langs elven. Begge deler kan oppnås ved at det gis økonomisk støtte til bønder som reduserer gjødslingen og opprettholder en gjødselfri dyrket/naturlig buffersone langs elven (Kålås mfl. 2016). Punktkilder bør også identifiseres og utbedres. Mye av næringstilførselen til elven kommer antakelig fra Liavatnet og ikke fra områdene langs selve elven (pers. obs.). Dermed er det viktig at slike tiltak også fokuserer på områdene rundt innsjøen. For potensielle tiltak knyttet til vassdragsregulering, se oppsummeringen for Gråelvvassdraget (delkapittel 4.5.4).

4.5.2 Brekkeelva

Perioden før undersøkelsene i begynnelsen av september 2018 var preget av litt nedbør og lavere temperaturer enn det man normal sett opplever om sommeren, mens perioden før undersøkelsene i midten av september var preget av mer nedbør og enda lavere temperaturer. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Brekkeelva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen en del høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven, selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av at Gråelvvassdraget er regulert til kraftproduksjon (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger noe over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Brekkeelva i 2018 var 356 mV. Dette ligger under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 32 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var relativt lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (34 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var moderat til dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Brekkeelva i 2018, så er bildet noe mer nyanisert. Stasjonen nederst i elven (stasjon 5) hadde god habitatkvalitet og stasjonen øverst i elven (stasjon 8) hadde moderat habitatkvalitet, mens de to andre stasjonene hadde dårlig til svært dårlig habitatkvalitet. Det er mulig at de gode forholdene ved stasjon 5 delvis kan forklares med at denne stasjonen ble undersøkt senere enn stasjon 7 og 8, ved lavere temperatur og høyere vannføring. Dette kan ha bidratt til bedre forhold ved stasjon 5, men forholdene var mye dårligere ved stasjon 6 som ble undersøkt samtidig. Framtidige undersøkelser av bestandens status bør også inkludere stasjoner i den nedre delen av elven, da redoksmålingene indikerer at

sannsynligheten er størst for å finne juvenil elvemusling der og siden denne delen av elven ikke har blitt undersøkt med henblikk på rekruttering før (Berger 2007, Larsen 2008b).

Den generelt moderate til dårlige tilstanden i Brekkeelva i 2018 er som forventet, da rekrutteringen blant elvemuslingen har vært svært lav i senere tid (Berger 2007, Larsen 2008b). Hovedårsaken til tilstanden i elven er sannsynligvis reguleringen av Gråelvassdraget (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008), siden vannkvaliteten (Larsen 2008b) tilsier at eutrofiering ikke er problem i elven basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a) og Skandinavia (Degerman mfl. 2009). For flere detaljer og potensielle tiltak knyttet til vassdragsregulering, se oppsummeringen for Gråelvassdraget (delkapittel 4.5.4). I tillegg ble det i 2008 gjennomført større anleggsvirksomhet i og langs øvre deler av elven i forbindelse med ombygging av dammen ved utløpet av Almovatnet. Dette har tilført finsedimenter og økt turbiditeten i elven (Larsen 2008b). Det er mulig at denne aktiviteten fremdeles påvirker forholdene i elven. På tross av den generelt moderate til dårlige tilstanden, var det en positiv overraskelse at tilstanden var god ved stasjonen i nedre del av elven (stasjon 5). Som nevnt kan noe av grunnen til dette være lavere temperatur og økt vannføring før undersøkelsene ved denne stasjonen, sammenlignet med de to øverste stasjonene. I tillegg preges stasjon 5 av relativt høy strømhastighet og lite finsubstrater. Dermed er det mulig at reguleringen av vassdraget har mindre effekt på nedslamming av substratet ved denne stasjonen. Anleggsarbeidene i 2008 kan også ha hatt mindre effekt på denne stasjonen enn de andre stasjonene, da den ligger lengst unna anleggsområdet.

Tabell 4.1b. Resultater av redoksmålinger i Brekkeelva i Gråelvassdraget i 2018. Tabellen viser resultater for stasjon 5-8, gjennomsnittet for Brekkeelva og gjennomsnittet for hele vassdraget. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8	Gjennomsnitt Brekkeelva	Gjennomsnitt Gråelvassdraget
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	561 (538-566)	518 (463-537)	490 (474-500)	494 (488-530)	516 (463-566)	522 (451-624)
	Substrat	478 (396-532)	287 (251-333)	283 (158-392)	375 (158-510)	356 (158-532)	340 (8-606)
% reduksjon	NA	15	47	42	24	32	36
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	94	0	0	37	34	32
% 400-300 mV	Substrat	6	31	47	25	28	28
% ≤ 300 mV	Substrat	0	69	43	38	38	40

4.5.3 Borråselva

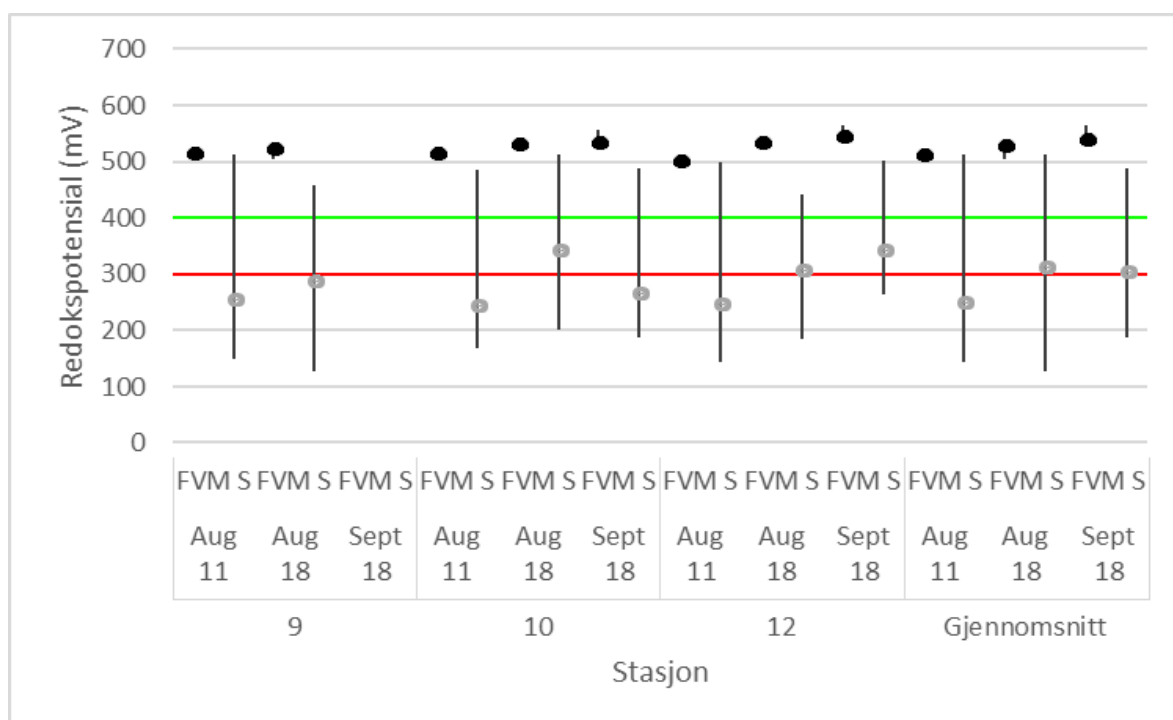
Perioden før undersøkelsene i begynnelsen av august 2018 var preget av svært lav nedbør og høye temperaturer. Perioden før undersøkelsene i slutten av september 2018 var preget av mye nedbør og lavere temperaturer. Perioden før undersøkelsene i august 2011 var preget av noe nedbør og relativt høye temperaturer. Dermed var temperaturen sannsynligvis opp mot maksimumstemperaturen i Borråselva (sannsynligvis over 20 °C), og vannføringen ned mot minimumsvannføringen i august 2018 og 2011. Våre observasjoner viser at temperaturen var mye lavere og vannføringen noe høyere i september 2018. Dette var tilfellet selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av at elven er regulert til kraftproduksjon (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet representerer tilnærmet de verste sommerforholdene i august 2018 og 2011, mens redokspotensialet i september 2018 ligger over dette.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Borråselva i 2018 var 300 mV. Dette ligger langt under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien ligger i grenseland mellom moderat og dårlig habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 44 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var svært lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenile elvemusling (13 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Borråselva i 2018, så er bildet ikke så mye mer nyansert. Stasjonen øverst i elven (stasjon 12) hadde moderat til dårlig habitatkvalitet både i

Tabell 4.1c. Resultater av redoksmålinger i Borråselva i Gråelvassdraget i 2018. Tabellen viser resultater for stasjon 9-12, gjennomsnittet for Borråselva og gjennomsnittet for hele vassdraget. Stasjon 10 og 12 ble undersøkt to ganger (10a og 12a i august, og 10b og 12b i september). De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 9	Stasjon 10a	Stasjon 10b	Stasjon 11	Stasjon 12a	Stasjon 12b	Gjennomsnitt Borråselva	Gjennomsnitt Gråelvassdraget
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	521 (505-532)	529 (520-534)	533 (527-556)	522 (515-542)	533 (524-539)	546 (543-564)	531 (505-564)	522 (451-624)
	Substrat	285 (128-458)	340 (202-512)	264 (188-487)	263 (179-338)	305 (185-441)	340 (263-501)	300 (128-512)	340 (8-606)
% reduksjon	NA	45	36	51	50	43	38	44	36
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	6	19	12	0	12	32	13	32
% 400-300 mV	Substrat	31	44	21	32	38	41	35	28
% ≤ 300 mV	Substrat	63	37	67	68	50	27	52	40



Figur 4.4. Sammenligning av redokspotensial i august 2011, august 2018 og september 2018 i Borråselva. Stasjon 9 ble ikke undersøkt i september 2019 pga. at en beverdemning hadde oversvømt stasjonen. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for undersøkelsestidspunktene. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

august og september. Stasjonen nest nederst i elven (stasjon 10) hadde moderat til dårlig habitatkvalitet i august, men dårlig habitatkvalitet i september. De to andre stasjonene hadde dårlig habitatkvalitet på tidspunktene de ble undersøkt.

Hvis man sammenligner forholdene i Borråselva i august 2011, august 2018 og september 2018, så finner man også visse forskjeller. Den generelle habitatkvaliteten ved stasjonene var dårlig i august 2011, mens den var (moderat til) dårlig i både august og september 2018. Det er allikevel vanskelig å konkludere med at forholdene i elven har blitt bedre mellom 2011 og 2018, da målingene i 2018 viser at habitatkvaliteten kan endre seg på en stasjon i løpet av relativt kort tid. Dermed kunne målinger på et annet tidspunkt i 2011 eller 2018 ført til en økning eller en reduksjon i redokspotensialet. Det er litt overraskende at de generelle forholdene i elven var like i august og september 2018, da det er forventet at forholdene ville være verst når temperaturen var høyest og vannføringen var lavest (Geist & Auerswald 2007). Ved den ene stasjonen ble forholdene bedre, mens ved den andre stasjonen ble forholdene dårligere, uten at vi har noen åpenbare forklaringer på dette.

På den ene siden er den generelt dårlige tilstanden i 2018 i Borråselva ikke overraskende, gitt at redoksmålingene i 2011 viser at tilstanden var dårlig. På den annen side har rekrutteringen i elven vært relativt høy (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008) sammenlignet med andre vassdrag med dårlig tilstand (Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012; 2017b; 2018b; 2019, Magerøy 2017; 2019, Kålås und. arb., denne rapporten). Larsen mfl. (2008) påpeker at rekrutteringen i elven ser ut til å foregå på svært begrensede områder og Larsen (2012) forklarer dette rekrutteringsmønsteret med at det finnes begrensede områder med god habitatkvalitet i elven. Redoksmålingene i 2018 viser et tilsvarende mønster.

Tabell 4.2a. Sammenligning av redokspotensial i august 2011, august 2018 og september 2018 i Borråselva. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene ved hvert tidspunkt, med unntak av stasjon 9 i september 2018 pga. at en beverdemning hadde oversvømt stasjonen. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 4.2 og Vedlegg 10.2 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 9		Stasjon 10			Stasjon 12		
		August 2011	August 2018	August 2011	August 2018	September 2018	August 2011	August 2018	September 2018
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	513 (506-522)	521 (505-532)	514 (502-520)	529 (520-534)	533 (527-556)	500 (498-513)	533 (524-539)	546 (543-564)
	Substrat	254 (148-514)	285 (128-458)	243 (168-485)	340 (202-512)	264 (188-487)	245 (145-500)	305 (185-441)	340 (263-501)
% reduksjon	NA	50	45	53	36	51	51	43	38
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	6	6	13	19	12	12	12	32
% 400-300 mV	Substrat	25	31	31	44	21	18	38	41
% ≤ 300 mV	Substrat	69	63	56	37	67	70	50	27

Tabell 4.2b. Sammenligning av gjennomsnittlig redokspotensial i august 2011, august 2018 og september 2018 i Borråselva. Tabellen viser gjennomsnittet av stasjonene ved hvert undersøkelsestidspunkt. Dataene for september 2018 er bare basert på stasjon 10 og 12, da stasjon 9 ikke ble undersøkt pga. at en beverdemning hadde oversvømt stasjonen. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen.

Parameter	Medium	Gjennomsnitt		
		August 2011	August 2018	September 2018
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	509 (498-522)	528 (505-539)	538 (527-564)
	Substrat	247 (145-514)	310 (128-512)	302 (188-487)
% reduksjon	NA	51	41	44
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100
	Substrat	10	12	22
% 400-300 mV	Substrat	25	38	31
% ≤ 300 mV	Substrat	65	50	47

Hovedårsaken til tilstanden i elven er sannsynligvis reguleringen av Borråselva (Larsen mfl. 2008), siden vannkvaliteten (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008) tilsier at eutrofiering ikke er problem i elven basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a) og Skandinavia (Degerman mfl. 2009). For flere detaljer og potensielle tiltak knyttet til vassdragsregulering, se oppsummeringen for Gråelvvassdraget (delkapittel 4.5.4). I tillegg ble det i 2008 gjennomført større anleggsvirksomhet i og langs øvre deler av elven i forbindelse med ombygging av dammen ved utløpet av Ausetvatnet. Dette har tilført fínsedimenter og økt turbiditeten i elven (Larsen 2008b). Det er mulig at denne aktiviteten fremdeles påvirker forholdene i elven.

4.5.4 Gråelvvassdraget oppsummert

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Gråelvvassdraget i 2018 var 340 mV. Dette ligger under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 36 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var relativt lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (32 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var moderat til dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de tre hovedelvene i Gråelvvassdraget i 2018, så er bildet noe mer nyansert. Trenden er at tilstanden blir dårligere oppover i vassdraget, med moderat tilstand i Mæleselva, moderat til dårlig tilstand i Brekkelva og dårlig tilstand i Borråselva. Faktisk så var tilstanden god innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Mæleselva og ved en stasjon i nedre del av Brekkeelva. Det er mulig at tidspunktet for når undersøkelsene ble gjennomført påvirker forholdet mellom tilstandene i de forskjellige elvene, da de ble undersøkt på forskjellige tidspunkt. Allikevel er det sannsynlig at tilstandene er sammenlignbare, da Mæleselva ble undersøkt i begynnelsen av september, Brekkelva ble undersøkt i begynnelsen og midten av september, og Borråselva ble undersøkt i begynnelsen av august og slutten av september. Miljøforskjellene burde være størst mellom begynnelsen av august og slutten av september. Siden Borråselva ble undersøkt på begge disse tidspunktene, så er det sannsynlig at gjennomsnittsverdiene for denne elven er sammenlignbare med de to elvene som ble undersøkt tidligere i september.

Den negative trenden i tilstand oppover i Gråelvvassdraget er noe overraskende, siden vannkjemidata (Bergan 2012, Berger 2012b, Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008, VANNMILJØ 2019) tilsier at eutrofiering bare er et problem i Mæleselva basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Europa (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017). Dette viser at reguleringen av vassdraget (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008, Moen mfl. 2003) sannsynligvis er den største årsaken til de relativt dårlige forholdene i øvre deler av vassdraget. Reguleringen kan føre til reduksjon i vanddekt areal, redusert flom og endringer i temperatur. Alt dette kan bidra til økt nedslamming av substratet og påvirke elvemuslingen negativt (Larsen 2018a; 2018b, Larsen & Magerøy 2018, Larsen & Österling 2012). Alle hovedelvene i vassdraget er regulerte, men den naturlige elvemorfologien skiller seg mellom disse tre elvene. Mæleselva er brattere med sterkere strøm og grovere substrat, Brekkelva er en mellomting med ganske stor variasjon mellom stasjonene, og Borråselva er mest stilleflytende med finere substrat (pers. obs.). Dermed er det sannsynlig at økt nedslamming av substratet som følge av reguleringen har hatt større effekt jo lenger opp i vassdraget man kommer. I tillegg ble det som nevnt utført anleggsarbeid i og langs øvre deler av både Brekkeelva og Borråselva i 2008 (Larsen 2008b). Dette kan ha hatt en langvarig negativ effekt på disse to elvene.

For å forbedre forholdene for elvemuslingen i Gråelvassdraget er det viktig å redusere effekten av reguleringen av vassdraget. Ved en ny konsesjonsbehandling bør det stilles krav som opprettholder en minste vannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). Det vil være viktigst å gjennomføre slike tiltak i Brekkelva og Borråselva, siden redoksmålingene viser at tilstanden er dårligst i disse to elvene. I Mæleselva er tettheten av ørret (Bergan 2012) for lav og i Brekkelva ligger tettheten av ørret (Bergan 2012) i grenseland til å være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). De nevnte tiltakene vil også være positive for fisken, men det kan være viktig å redusere vandringshindre i disse elvene og sette ut ørret (Larsen 2015c; 2018a, Larsen & Österling 2012) for å bedre rekrutteringen av juvenil musling.

5 Sagelva



Figur 5.1. Oversiktskart over Sagelva. Hovedstrengen i vassdraget er markert med blå strek. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

5.1 Områdebeskrivelse

Sagelva er et eget vassdrag (vassdragsnr. 123.3Z) i Malvik kommune (**figur 5.1**). Hovedstrengen renner fra Tulluan i sør til Torp i nord, ved sjøen. Nedbørfeltet drenerer områdene rundt flere små innsjøer mellom Tulluan og Hønstad, i tillegg til elvens umiddelbare nærområde. Det inkluderer ca. 11 km elvelengde, og middelvannføringen er på 16,8 l/s/km². Høyeste punkt er 396 moh., og mer enn halvparten av nedbørfeltet ligger under 250 moh. Arealet er på ca. 20 km², og det består av 70,0 % skog, 14,3 % dyrket mark, 11,1 % myr, 3,2 % innsjøer og 0,2 % urban bebyggelse (NEVINA 2019). Berggrunnen i øvre og midtre deler av vassdraget består av



Figur 5.2. Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Sagelva. Yttergrensene for utbredelsesområdet for elvemusling er markert med asterisker. Tallene 1-5 indikerer lokaliseringen av stasjonene. Kartet dekker strekningen mellom Hønstad og sjøen. Det er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019). For UTM-koordinater for stasjonene, se Vedlegg 10.3 Tabell 1.

en blanding av mer næringsrike bergarter, som fyllitt og grønnstein, og mer næringsfattige bergarter, som sandstein, ryolitt, kvartsitt og kvartsskifer. Nedre deler består for det meste av næringsrik fyllitt, med innslag av skifer og gråvakke (BERGGRUNN 2019).

Dette har blitt gjennomført diverse biologiske og vannkjemiske undersøkelser i Sagelva i de senere år (Bergan & Berger 2014, Berger mfl. 2007, Nyland 2006, VANNMILJØ 2019). Bunndyrprøver viser at nedre deler av utbredelsesområdet til elvemuslingen (**figur 5.2**) er påvirket av eutrofiering. Basert på kunnskap om vannkjemisk i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Europa (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017), tyder vannprøver på at både nedre og midtre deler av utbredelses-



Foto 5.1. Redoksmålingsstasjoner i Sagelva. Stasjon 1-5. Foto: Jon H. Magerøy.

området er for sterkt påvirket av eutrofiering for muslingen. Selv øvre del ser ut til å ha visse eutrofieringsproblemer. Det ser også ut som jerninnholdet i elven er for høyt for muslingen helt nederst i utbredelsesområdet. Derimot ser det ikke ut som om forsuring er et problem i elven.

Innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Sagelva er det bare påvist ørret, mens på anadrom strekning er det påvist laks, skrubbe og trepigget stingsild (Bergan & Berger 2014, Berger mfl. 2007).

5.2 Elvemusling

Elvemuslingbestanden i Sagelva er kjent fra 1974 (Roger Eide pers. med. i Dolmen & Kleiven 1997). Bestanden ble undersøkt i 1999 (Malvik Jeger og Fiskeforening 2000), 2005 (Nyland 2006) og 2009 (Berger 2010b). I 2009 ble det funnet musling mellom E6 og Hønstad (**figur 5.2**). Dette utgjør et utbredelsesområde på ca. 3,3 km. Gjennomsnittlige tetthet ble estimert til 1,12 individer per m², og bestanden ble estimert til ca. 17.000 individer. I 1999 og 2005 ble det ikke funnet muslinger <50 mm, mens det ble funnet et fåtall små muslinger i 2009. Dermed har rekrutteringen i elven vært svært dårlig i senere tid. Det er ikke blitt gjennomført undersøkelser av infeksjonsstatus på gjellene til fisk i elven, men ørret er eneste tilgjengelige vert innenfor utbredelsesområdet. Tettheten av ørret i nedre del av utbredelsesområdet var høy nok til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994) i 2006 (Berger mfl. 2007), men lå i grenseland i 2012 (Bergan & Berger 2014). Sagelva har vært med i kultiveringsprogrammet for elvemusling, men produksjonen har vært liten og dødeligheten har vært stor. Ved slutten av 2018 var det bare en juvenil musling igjen i anlegget (Jakobsen 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017).

5.3 Metodikk

I Sagelva ble redoksmålinger gjennomført 03. og 04.09.2018. Det ble gjennomført målinger ved fem stasjoner innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen (**figur 5.2, foto 5.1, Vedlegg 10.3 Tabell 1**). Stasjonene ble valgt ut basert på funnene til Berger (2010b) og er representative for de delene av elven som har musling. Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fem-åtte transekter per stasjon. For en mer utfyllende metodebeskrivelse henvises det til kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon. Dette ble gjort for å få en bedre forståelse av miljøforholdene i elven i perioden før og under undersøkelsene.

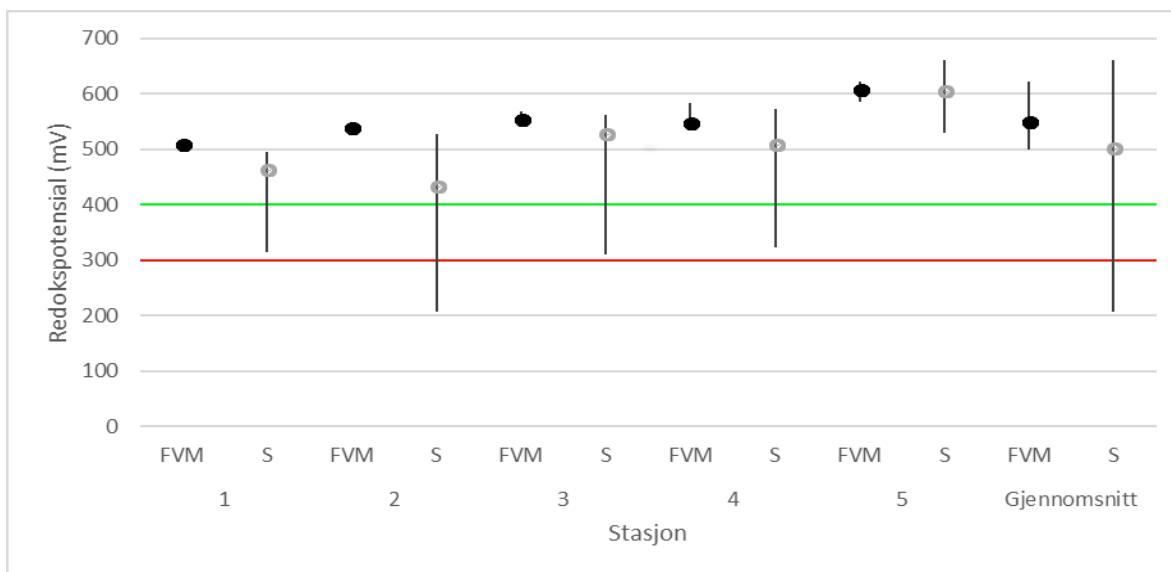
5.4 Resultater

Temperaturen i Sagelva varierte mellom 12,4 og 15,4 °C. Vannføringen var middels. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i **figur 5.3** og **tabell 5.1**.

5.5 Diskusjon

Perioden før undersøkelsene i 2018 var preget av høy nedbør, inkludert en flom (Ivar Fossen pers. med.), og relativt lave temperaturer. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Sagelva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen en god del høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Sagelva i 2018 var 499 mV. Dette ligger godt over minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier god habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 9 %. En slik liten reduksjon i redokspotensialet ansees som uproblematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var også svært mye av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenile elvemusling (80 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var god i 2018.



Figur 5.3. Resultater av redoksmålinger i Sagelva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 5.2 og Vedlegg 10.3 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Sagelva i 2018, så er bildet noe mer nyansert. Funnene tyder på at den generelle trenden er at forholdene blir bedre oppover i elven. Allikevel hadde alle stasjonene god habitatkvalitet, med unntak av stasjon 2 som hadde god (til moderat)

Tabell 5.1. Resultater av redoksmålinger i Sagelva. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for elven. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 5.2 og Vedlegg 10.3 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Gjennomsnitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	506 (499-514)	536 (525-547)	552 (546-568)	544 (536-583)	604 (585-623)	546 (499-623)
	Substrat	461 (315-496)	430 (208-527)	526 (311-561)	505 (323-573)	603 (529-661)	499 (208-661)
% reduksjon	NA	9	20	5	7	0	9
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	80	56	75	93	100	80
% 400-300 mV	Substrat	20	25	25	7	0	16
% ≤ 300 mV	Substrat	0	19	0	0	0	4

habitatkvalitet. Hvis bestanden tas inn igjen i kultiveringsprogrammet (Jakobsen 2018; 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017), bør de øvre delene av elven prioriteres ved utsetting, men de kultiverte juvenile elvemuslingene bør greie seg i nedre deler også.

Den generelt gode tilstanden i Sagelva i 2018 er svært overraskende. Rekrutteringen blant elvemuslingen har vært svært lav i senere tid (Berger 2010b, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Nyland 2006). I tillegg tyder bunndyrdata (Bergan & Berger 2014, Berger mfl. 2007) på at eutrofiering er et problem i elven. Det samme gjør vannkjemidata (Bergan & Berger 2014, Nyland 2006, VANNMILJØ 2019), sammenlignet med vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Europa (Norsk Standard NS-EN 16859: 2017). Dette gjelder spesielt nedre og midtre deler av utbredelsesområdet til muslingen, men også til dels øvre deler. I tillegg har det vært problemer med erosjon i elven (Berger 2010b). Dermed hadde man forventet at dette skulle reflekteres i redokspotensialet i Sagelva.

Årsakene til at det ser ut til å være liten sammenheng mellom redokspotensialet og eutrofieringsproblematikken i Sagelva kan være delte. Redoksundersøkelser ved de samme stasjonene under forskjellige år viser at det kan være store forskjeller i redokspotensial mellom tidspunkt og at dette sannsynligvis påvirkes av miljøforholdene i perioden før undersøkelsene (Magerøy 2019). Dermed er det mulig at redoksmålingene ikke er representative for de verste forholdene man kan forvente å finne i elven. Høy nedbør, inkludert flom (Ivar Fossen pers. med.), og relativt lave temperaturer i perioden før redoksmålingene ble gjennomført kan ha resultert i høyere redokspotensial enn forventet. Morfologien til elven kan også gjøre at eutrofieringen ikke fører til så mye nedslamming av substratet som forventet. Ved stasjon 2, 4 og 5 var strømmen ganske sterk og substratet ganske grovt. Ved stasjon 1 og 3 var substratet relativt ustabil og det blir sannsynligvis vasket ut i forbindelse med flom. Dermed er det ikke sikkert at disse to substrattypene fanger opp slammet som tilføres elven gjennom økt næringstilførsel. Hvis det er tilfellet, så må det være andre årsaker til at rekrutteringen i elven har vært svært liten i senere tid (Berger 2010b, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Nyland 2006). Slike alternative årsaker kan inkludere for lav tetthet av vertsfisk, siden tetthetsdata fra elven (Bergan & Berger 2014, Berger mfl. 2007) tilsier at tettheten av ørret kan være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). I tillegg kan forurensning fra deponier helt nederst i utbredelsesområdet til muslingen være et problem, siden vannkjemidata viser at jerninnholdet i elven (Nyland 2006) er for høyt for muslingen sammenlignet med kunnskap om jerninnhold i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a).

Siden det ser ut til å være liten sammenheng mellom redokspotensialet og eutrofieringsproblematikken i Sagelva, anbefaler vi at det gjennomføres nye redoksmålinger i elven. Dette vil gi et bedre svar på om eutrofiering eller andre årsaker forklarer den lave rekrutteringen av juvenil elvemusling i elven (Berger 2010b, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Nyland 2006). Hvis det viser seg at tilslamming av substratet er et problem i elven, er det sannsynlig at hovedkildene til næringstilførselen er landbruket i området, men utslipp fra andre punktkilder som f.eks. kloakk kan muligens også være et problem. Det er derfor viktig å opprettholde buffersonene med naturlig vegetasjon langs elven og muligens øke disse (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). I tillegg vil det være ønskelig å redusere gjødslingen langs elven. Begge deler kan oppnås ved at det gis økonomisk støtte til bønder som reduserer gjødslingen og opprettholder en gjødselfri dyrket/naturlig buffersone langs elven (Kålås mfl. 2016). Punktkilder bør også identifiseres og utbedres. Redusert eutrofiering kan også bidra til å øke tettheten av vertsfisk for muslingen i elven. Andre tiltak for å øke tettheten av ørret kan også være aktuelle. Siden substratet er ustabil i deler av elven (bl.a. ved stasjon 1 og 3) kan det være ønskelig å tilføre større steiner eller liknende til elvebunnen. Større heterogenitet i substratet vil kunne endre sedimenteringsdynamikken og føre til økt variasjon i sedimentering i elven. Dermed kan enkelte områder blir mer egnet som habitat for juvenil musling og vertsfisk (ørret) (Larsen 2015c, Quinlan mfl. 2015, Roni mfl. 2002, Smokorowski & Pratt 2007, Vannote & Minshall 1982). I tillegg er det ønskelig å

redusere avrenningen fra deponiene i nederste del av utbredelsesområdet til muslingen, for å redusere jerninnholdet i elven.

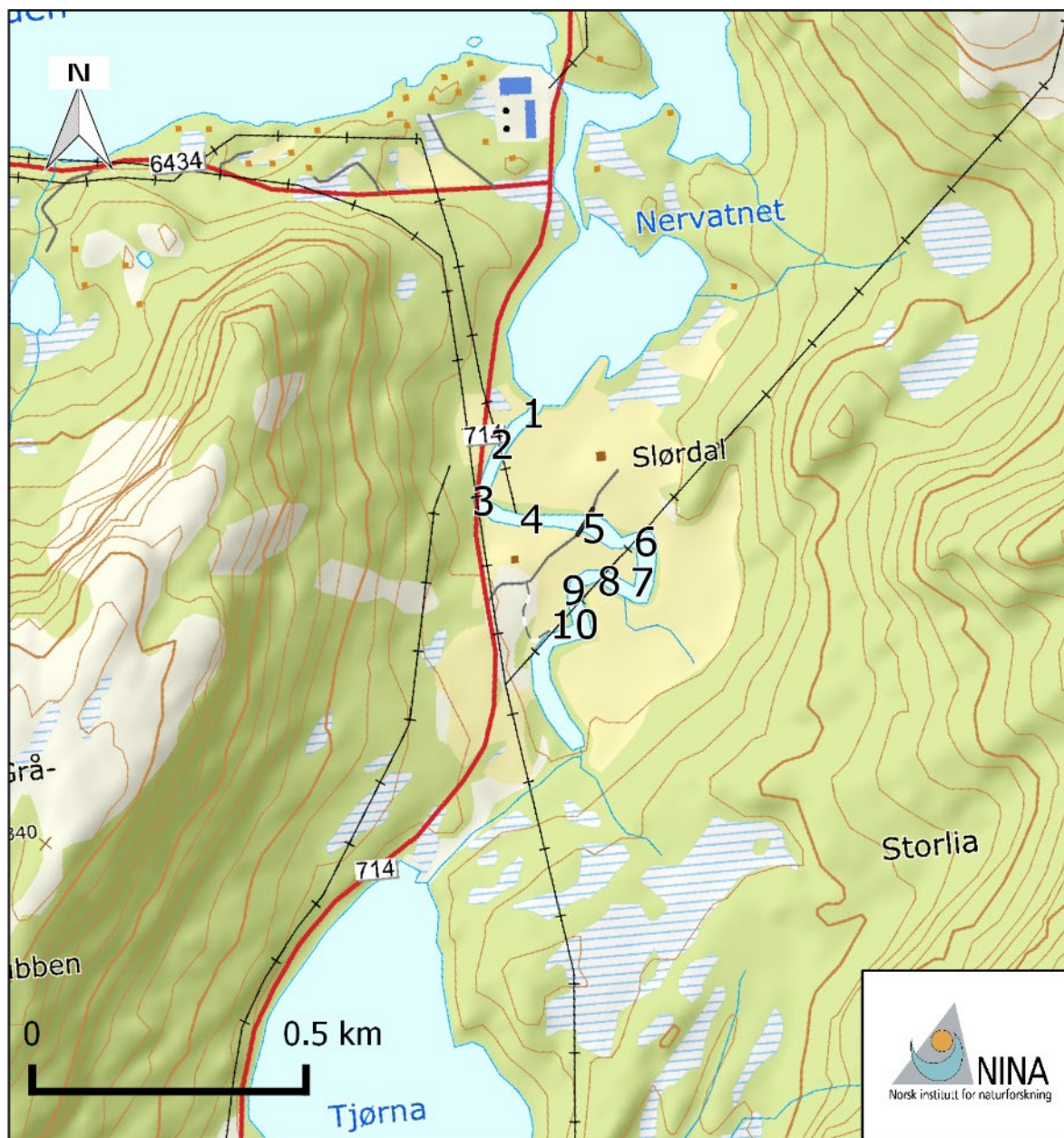
6 Slørdalselva



Figur 6.1. Oversiktskart over Slørdalselva. Hovedstrengen i vassdraget er markert med blå strek. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

6.1 Områdebeskrivelse

Slørdalselva er et eget vassdrag (vassdragsnr. 119.61Z), som renner ut innerst i Åstfjorden i Snillfjord kommune (**figur 6.1**). Hovedstrengen i vassdraget starter ved Svarthammaren og renner gjennom Slørdalsvatnet (90 moh.), Tjørna (38 moh.) og Nervatnet (6 moh.) på sin vei til sjøen. Vassdraget drenerer indre deler av Tannvikhalvøya og selve Slørdalen. Nedbørfeltet inkluderer ca. 13 km elvelengde, og middelvannføringen er på 42,1 l/s/km². Høyeste punkt er 572 moh., og mer enn halvparten av nedbørfeltet ligger under 400 moh. Arealet er på ca. 35 km², og det består av 48,7 % snaufjell, 33,0 % skog, 9,2 % innsjøer, 6,1 % myr og 0,7 % dyrket mark



Figur 6.2. Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Slørdalselva. Tallene 1-10 indikerer lokaliseringen av stasjonene. Yttergrensene for utbredelsesområdet for elvemusling er stasjon 1 og 10. Kartet dekker strekningen mellom Tjørna og sjøen. Det er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019). For UTM-koordinater for stasjonene, se Vedlegg 10.4 Tabell 1.

(NEVINA 2019). Berggrunnen består for det meste av næringsfattig gneis og granitt, men det er noe innslag av mer næringsrik glimmerskifer og amfibolitt (BERGGRUNN 2019). Det blir tatt ut vann fra Slørdalsvatnet i forbindelse med settefiskanlegget i Slørdal (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjølstad 2015).

I 2014 ble både bunndyrfaunaen og vannkvaliteten i Slørdalselva undersøkt (Klausen & Bjølstad 2015). Bunndyrprøvene indikerer god tilstand i elven. Basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a), tyder derimot vannkvaliteten på at forurenging har en viss negativ effekt på muslingbestanden i elven. I tillegg er høye



Foto 6.1a. Redoksmålingsstasjoner i Slørdalselva. Stasjon 1-6. Foto: Jon H. Magerøy.

kopperverdier et problem i Slørdalsvatnet, uten at årsaken til dette er kjent. Ingenting er kjent om eutrofieringssituasjonen i elven.

Innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Slørdalselva er det påvist laks, stingsild, ørret og ål. I tillegg er det røye i Slørdalsvatnet (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjølstad 2015).

6.2 Elvemusling

Elvemuslingbestanden i Slørdalselva er kjent fra ca. 1925 (Dolmen & Kleiven 1997). Den første grundige undersøkelse ble gjennomført i 2008 (Johnsen mfl. 2008) og elven ble undersøkt igjen i 2015 (Esplund & Julien 2016). Det ble funnet musling fra Nervatnet og opp til strykpartiet neden-

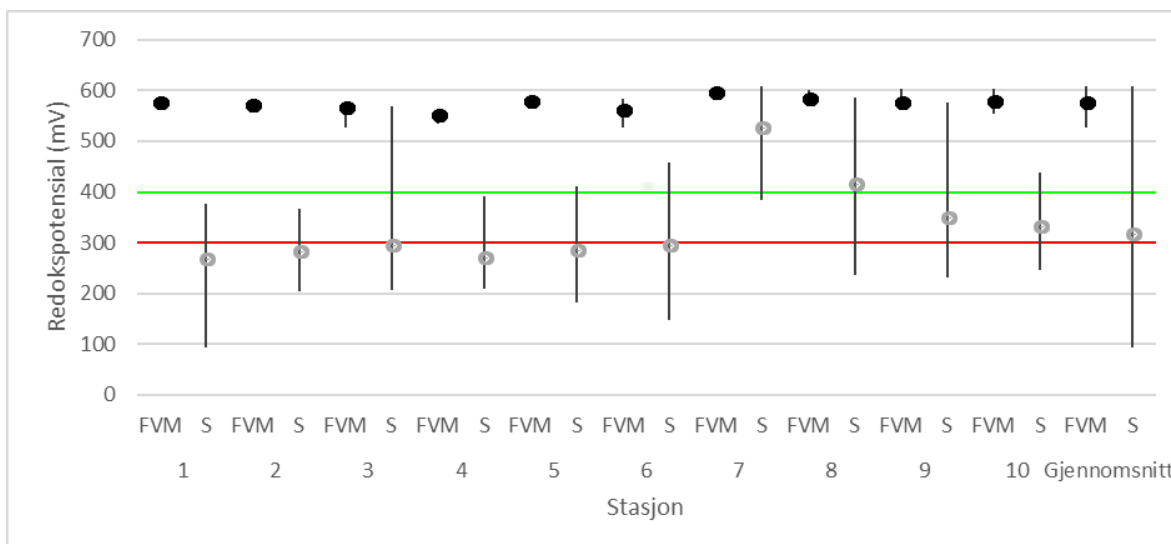


Foto 6.1b. Redoksmålingsstasjoner i Slørdalselva. Stasjon 7-10. Foto: Jon H. Magerøy.

for Tjørna (**figur 6.2**). Dette utgjør er utbredelsesområde på ca. 2,8 km. Til sammen ble det funnet ca. 3600 muslinger i elven i 2015. Tettheten av musling ble anslått til ca. 1,5 individer per m². Undersøkelsene tyder på at det har vært lav rekruttering i elven i senere tid, siden det bare ble funnet et fåtall individ <50 mm i 2015. Undersøkelser av prevalens og intensitet av glochidier på fisken indikerer at laks sannsynligvis er (hoved)verten i elven, men datagrunnlaget er svært tynt (Johnsen 2009). Tetthetsundersøkelser av laksefisk i elven tyder på at tettheten av laks var for lav i 2008 (Johnsen mfl. 2008), men høy nok i 2014 (Klausen & Bjørstad 2015), til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). Hvis ørret derimot skulle vise seg å være en funksjonell vert i elven, så var tetthetene høye nok til å opprettholde muslingbestanden både i 2008 og 2014. Slørdalselva har vært med i kultiveringsprogrammet for elvemusling (Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017). I 2018 ble det sluppet fri ca. 240 kultiverte juvenile muslinger i elven, og i 2019 er det planlagt å slippe fri ca. 250 muslinger til (Magerøy mfl. 2019).

6.3 Metodikk

I Slørdalselva ble redoksmålinger gjennomført 04.-06.09.2018. Det ble gjennomført målinger ved ti stasjoner innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen (**figur 6.2, foto 6.1a&b, Vedlegg 10.4 Tabell 1**). Stasjonene ble valgt ut basert på funnene til Esplund & Julien (2016) og er representative for de delene av elven som har musling. Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fire-fem transekter per stasjon. For en mer utfyllende metodebeskrivelse henvises det til kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon. Dette



Figur 6.3. Resultater av redoksmålinger i Slørdalselva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 6.2 og Vedlegg 10.4 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

ble gjort for å få en bedre forståelse av miljøforholdene i elven i perioden før og under undersøkelsene.

6.4 Resultater

Temperaturen i Slørdalselva varierte mellom 12,4 og 14,2 °C. Vannføringen var middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i **figur 6.3** og **tabell 6.1a&b**.

6.5 Diskusjon

Perioden før undersøkelsene i 2018 var preget av høy nedbør og relativt lave temperaturer. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Slørdalselva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven, selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Slørdalselva i 2018 var 314 mV. Dette ligger godt under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 45 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var også lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (23 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var moderat til dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Slørdalselva i 2018, så er bildet noe mer nyanisert. Funnene tyder på at forholdene er bedre i øvre deler av utbredelsesområdet til elve-

Tabell 6.1a. Resultater av redoksmålinger i Slørdalselva. Tabellen viser resultater for stasjon 1-5 og gjennomsnittet for hele elven. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 6.2 og Vedlegg 10.4 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Gjennomsnitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	574 (571-575)	569 (564-580)	550 (535-557)	564 (527-569)	575 (563-587)	574 (527-609)
	Substrat	267 (94-377)	281 (205-367)	268 (208-391)	293 (207-570)	282 (181-411)	314 (94-608)
% reduksjon	NA	53	51	51	48	51	45
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	0	0	0	19	7	23
% 400-300 mV	Substrat	33	47	31	31	40	33
% ≤ 300 mV	Substrat	67	53	69	50	53	44

Tabell 6.1b. Resultater av redoksmålinger i Slørdalselva. Tabellen viser resultater for stasjon 6-10 og gjennomsnittet for hele elven. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV tatt med i tabellen. Se figur 6.2 og Vedlegg 10.4 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

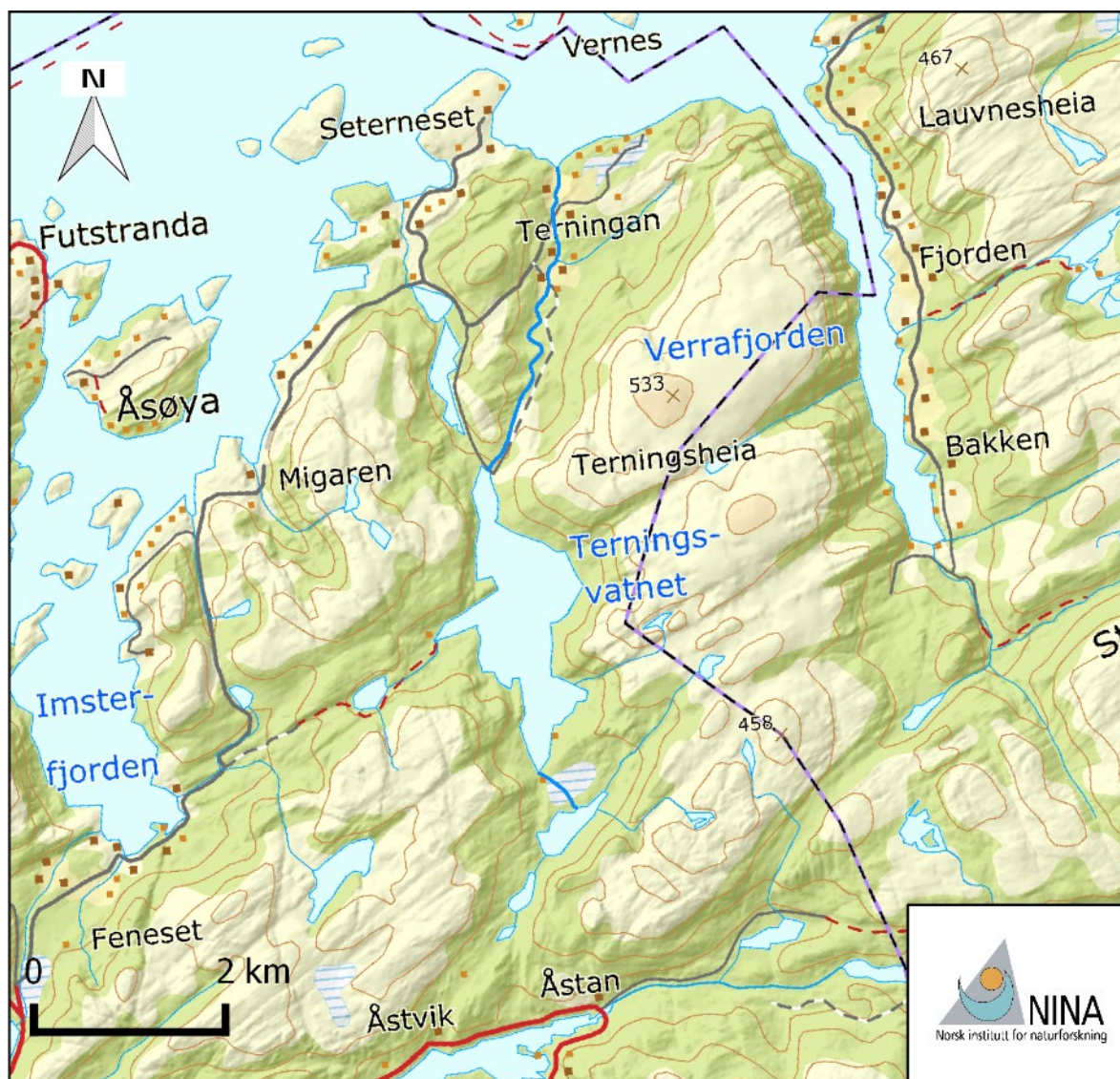
Parameter	Medium	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8	Stasjon 9	Stasjon 10	Gjennomsnitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	558 (527-584)	594 (580-609)	582 (574-601)	574 (565-603)	577 (554-603)	574 (527-609)
	Substrat	294 (148-459)	524 (383-608)	414 (235-585)	346 (231-577)	330 (246-438)	314 (94-608)
% reduksjon	NA	47	12	29	40	43	45
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	13	87	53	37	19	23
% 400-300 mV	Substrat	33	13	27	25	44	33
% ≤ 300 mV	Substrat	54	0	20	38	37	44

muslingen. Stasjon 7 hadde god habitatkvalitet, stasjon 8 hadde god (til moderat) habitatkvalitet, og stasjon 9 og 10 hadde moderat til dårlig habitatkvalitet. De andre stasjonene i elven hadde dårlig habitatkvalitet. Dermed er det sannsynlig at de kultiverte juvenile muslingene som ble sluppet fri i øvre del av utbredelsesområdet til muslingen i 2018 (Magerøy mfl. 2019) kan greie seg. De kultiverte muslingene som er planlagt sluppet fri i 2019 (Magerøy mfl. 2019) bør også settes ut i dette området. Framtidige undersøkelser av bestandens status bør også inkludere gravestasjoner i dette området, for å maksimere sjansene for å oppdage nyrekruttering i elven.

Den generelt moderate til dårlige tilstanden i Slørdalselva i 2018 er som forventet, da rekrutteringen blant elvemuslingen har vært svært lav i senere tid (Esplund & Julien 2016, Johnsen mfl. 2008). Hovedårsaken til den moderate til dårlige tilstanden i elven er sannsynligvis reguleringen av elven i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015). Reguleringen kan føre til reduksjon i vanddekt areal, redusert flom og endringer i temperatur. Alt dette kan bidra til økt nedslamming av substratet og påvirke elvemuslingen negativt (Larsen 2018a; 2018b, Larsen & Magerøy 2018, Larsen & Österling 2012). I tillegg er det mulig at eutrofiering er et problem i elven, pga. næringstilførsel fra landbruksaktivitet og kloakk fra hyttefelt i området (pers. obs.), men dette har ikke blitt undersøkt. Det er også mulig at forhøyet partikkeltilførsel kan være et problem i elven, både pga. hogst langs elven (Esplund & Julien 2016, pers. obs.) og anleggsarbeid i ovenfor Tjørna i forbindelse med ny fylkesveg 714 (pers. obs.).

For å forbedre forholdene for elvemuslingen er det ønskelig å redusere effekten av reguleringen av Slørdalselva. Ved en ny konsesjonsbehandling bør det stilles krav som opprettholder en minstevannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). Det bør også gjennomføres vannkjemiske undersøkelser av turbiditet, fargetall, totalt fosfor og nitrat for evaluere om eutrofiering og partikkeltilførsel er et problem i elven. Uansett bør kantvegetasjonen langs elven gjenopprettes, da det er viktig å opprettholde buffersoner med naturlig vegetasjon for å redusere både partikkel- og næringstilførselen (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). Hvis det viser seg at eutrofiering er et problem i elven, vil det være ønskelig å redusere gjødslingen langs elven. Økt kantvegetasjon og redusert gjødsling kan oppnås ved at det gis økonomisk støtte til bønder som reduserer gjødslingen og opprettholder en gjødsselfri dyrket/naturlig buffersone langs elven (Kålås mfl. 2016). Både tiltak som reduserer effekten av reguleringen og mulig eutrofiering kan ha en positiv effekt på verstfisker til muslingen. Dette kan også bidra til å øke rekrutteringen av juvenil musling i elven, da tetthetsdata fra elven (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015) tilsier at tettheten av laks kan være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). Vassdraget kalkes i forbindelse med settefiskproduksjonen (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015), men vannkjemidata (Klausen & Bjørstad 2015) tilsier at pH-verdiene er noe lave sammenlignet med vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Norge (Larsen 2017a). Dermed er økt kalking også et aktuelt tiltak i Slørdalselva.

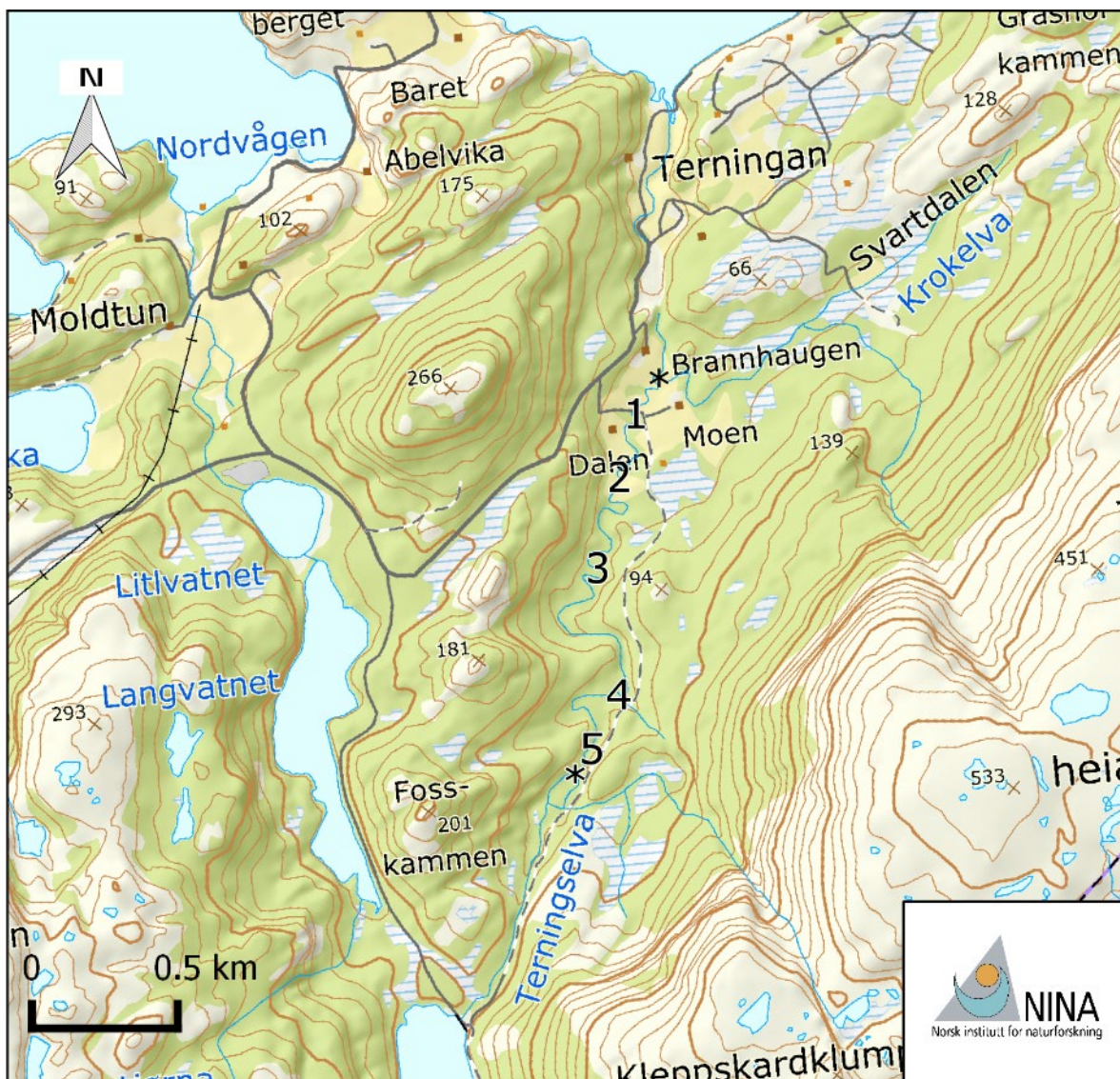
7 Terningelva



Figur 7.1. Oversiktskart over Terningelva. Hovedstrengen i vassdraget er markert med blå strek. Kartet er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019).

7.1 Områdebeskrivelse

Terningelva er et eget vassdrag (vassdragsnr. 119.8Z), som renner ut i Verrafjorden i Snillfjord kommune (**figur 7.1**). Hovedstrengen i vassdraget starter oppstrøms Terningsvatnet (93 moh.) og renner nordover til sjøen. Vassdraget drenerer områdene rundt innsjøen og selve elven. Nedbørfeltet inkluderer ca. 12 km elvelengde, og middelvannføringen er på 34,8 l/s/km². Høyeste punkt er 531 moh., og mer enn halvparten av nedbørfeltet ligger under 250 moh. Arealet er på ca. 25 km², og det består av 46,5 % skog, 30,0 % snau fjell, 10,9 % innsjøer, 3,9 % myr og 0,9 % dyrket mark (NEVINA 2019). Berggrunnen består for det meste av næringsfattig gneis og granitt, men det er noe innslag av mer næringsrik glimmerskifer og amfibolitt (BERGGRUNN 2019). Det blir tatt ut vann fra Terningsvatnet i forbindelse med settefiskanlegget i Terningan (Bjølstad & Klausen 2015).



Figur 7.2. Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Terningelva. Yttergrensene for utbredelsesområdet for elvemusling er markert med asterisker. Tallene 1-5 indikerer lokaliseringen av stasjonene. Kartet dekker strekningen mellom Terningsvatnet og sjøen. Det er generert i QGIS 2.18.0 (QGIS Developmental Team 2018) og kartgrunnlaget er hentet fra GeoNorge (2019). For UTM-koordinater for stasjonene, se Vedlegg 10.5 Tabell 1.

Bunndyrprøver fra Terningelva i 2014 tilsier at hverken forsurening eller eutrofiering er et problem i den delen av elven som det finnes elvemusling i (**figur 7.2**), mens prøvene tyder på noe eutrofiering på anadrom sone (Bjølstad & Klausen 2015). Basert på kunnskap om vannkjemi i vassdrag med rekrutterende bestander av elvemusling i Skandinavia (Degerman mfl. 2009) og Norge (Larsen 2017a), tyder vannprøvene fra samme året (Bjølstad & Klausen 2015) heller ikke på at forsurening eller eutrofiering er et problem for muslingen. Derimot var både jern- og kopperinnholdet så høyt at det kan påvirke muslingen negativt, uten at årsaken til de høye verdiene er kjent. At det ikke er problemer med forsurening i elven er ikke overraskende, siden vassdraget kalkes i forbindelse med settefiskanlegget i Terningan (Bjølstad & Klausen 2015).

Innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen i Terningelva er det bare påvist ørret. I tillegg er det røye i Terningsvatnet og laks på anadrom sone i elven (Bjølstad & Klausen 2015).

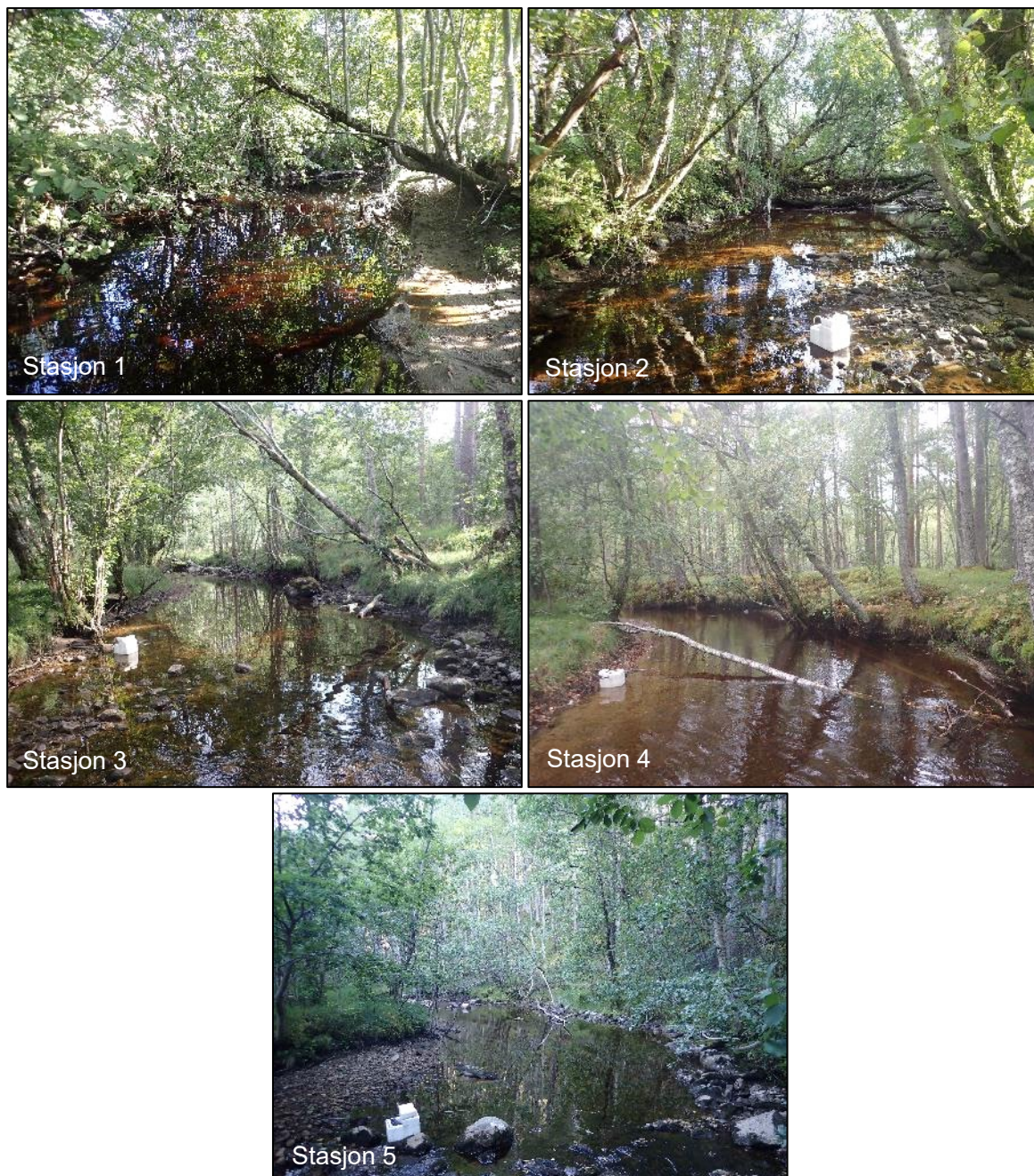


Foto 7.1. Redoksmålingsstasjoner i Terningelva. Stasjon 1-5. Foto: Jon H. Magerøy.

7.2 Elvemusling

Elvemuslingbestanden i Terningelva ble undersøkt i 2014 (Bjølstad & Klausen 2015) og bestanden hadde ikke blitt innrapportert før dette. Det ble funnet musling mellom Terningsvatnet og anadrom sone (**figur 7.2**). Mer spesifikt så er utbredelsesområdet fra der Kleppskardbekken til der Krokkelva kommer inn i Terningelva. Dette utgjør et utbredelsesområdet på ca. 2,6 km. Tettheten i store deler av elven ble anslått til å ligge mellom 10 og 20 individer per m². Det har ikke blitt funnet tegn på at bestanden har hatt rekruttering i de senere år, da minste musling som ble funnet var 78 mm lang. Det er ikke blitt gjennomført undersøkelser av infeksjonsstatus på gjellene til fisk i elven, men ørret er eneste tilgjengelige vert innenfor utbredelsesområdet. Det ble ikke gjennomført tetthetsundersøkelser av ørret innenfor utbredelsesområdet til muslingen i 2014, men tetthetene av ungfisk både nedenfor og ovenfor utbredelsesområdet til muslingen var

høyere enn det som er nødvendig for å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994).

7.3 Metodikk

I Terningelva ble redoksmålinger gjennomført 06., 07. og 18.09.2018. Det ble gjennomført målinger ved fem stasjoner mellom Terningsvatnet og Brannhaugen (**figur 7.2, foto 7.1, Vedlegg 10.5 Tabell 1**). Fire av stasjonene ble undersøkt de to første datoene, men en stasjon ble undersøkt den siste datoen pga. problemer med utstyret på opprinnelig planlagt undersøkelsesdato. Stasjonene ble valgt ut basert på funnene til Bjølstad & Klausen (2015) og er representative for de delene av elven som har elvemusling. Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på åtte transekter per stasjon, med unntak av stasjon 2 der målingene fordelte seg på fem transekter. For en mer utfyllende metodebeskrivelse henvises det til kapittel 2 (side 11-12). I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon. Dette ble gjort for å få en bedre forståelse av miljøforholdene i elven i perioden før og under undersøkelsene.

7.4 Resultater

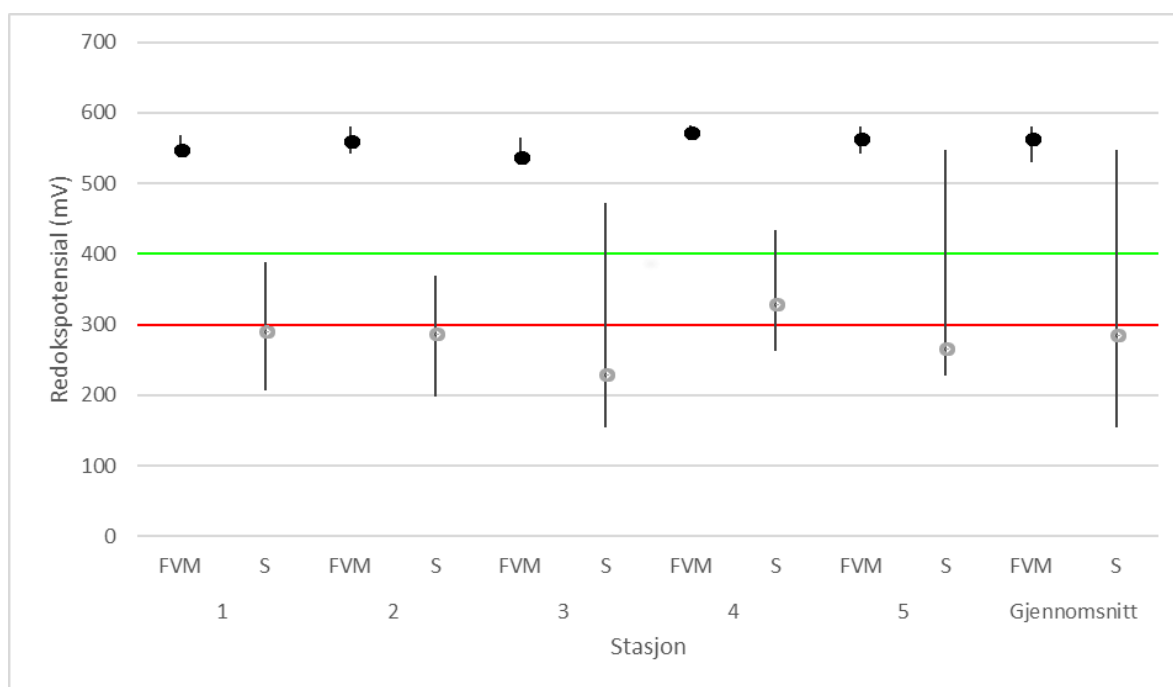
Temperaturen i Terningelva varierte mellom 11,3 og 11,4 °C den 06. og 07.09.2018, mens den var 10,0 °C den 18.09.2018. Vannføringen var middels-lav den 06. og 07.09.2018, mens den var middels den 18.09.2018. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i **figur 7.3** og **tabell 7.1**.

7.5 Diskusjon

Perioden før undersøkelsene i 2018 var preget av høy nedbør og relativt lave temperaturer. Dermed var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i Terningelva (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven, selv om vannføringsdynamikken vil være påvirket av elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Bjølstad & Klausen 2015). Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for redokspotensialet i substratet i Terningelva i 2018 var 283 mV. Dette ligger langt under minimumsgrensen for de nivåene som er nødvendige for at rekrutteringen av juvenil musling skal være stor nok til å opprettholde elvemuslingbestanden (Geist & Auerswald 2007), og verdien tilsier dårlig habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var 50 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var også svært lite av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (4 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier målingene at den generelle tilstanden i elven var dårlig til svært dårlig i 2018.

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Terningelva i 2018, så er bildet ikke så veldig mye mer nyansert. Det er en liten tendens til at forholdene ble bedre oppover i elven, da det ikke ble funnet noe substrat med god habitatkvalitet for juvenil elvemusling på de to nederste stasjonene. Allikevel hadde alle stasjonene dårlig til svært dårlig habitatkvalitet. Unntaket er stasjon 4, som hadde moderat til dårlig habitatkvalitet. Grunnen til den bedre tilstanden kan være at stasjonen ble undersøkt senere enn de andre stasjonene, med noe lavere temperatur og en del høyere vannføring. Ellers er det ingen åpenbare årsaker til hvorfor denne stasjonen skulle ha bedre forhold enn den andre stasjonen i øvre del av elven. Hvis bestanden tas inn i kultiverings-



Figur 7.3. Resultater av redoksmålinger i Terningelva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 7.2 og Vedlegg 10.5 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Tabell 7.1. Resultater av redoksmålinger i Terningelva. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for elven. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 7.2 og Vedlegg 10.5 Tabell 1, for lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Gjennomsnitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	545 (537-568)	558 (542-581)	536 (530-565)	570 (561-583)	561 (542-581)	561 (530-583)
	Substrat	290 (207-388)	286 (198-370)	229 (154-472)	327 (262-434)	265 (228-548)	283 (154-548)
% reduksjon	NA	47	49	57	43	53	50
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	0	0	6	6	6	4
% 400-300 mV	Substrat	44	40	6	69	25	37
% ≤ 300 mV	Substrat	56	60	88	25	69	59

programmet (Jakobsen 2018; 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017), gjør den dårlige tilstanden ved alle stasjonene i elven det vanskelig å anbefale lokaliteter for utsetting av juvenil elvemusling, selv om forholdene var noe bedre ved stasjon 4 og 5. Det kan allikevel godt hende at muslingene fra kultiveringsprogrammet vil klare seg i elven, da de er større og mindre sårbare for lavt oksygennivå enn naturlig produserte juvenile muslinger (Per Jakobsen, pers. med.). Resultatet av utsetting (Magerøy mfl. 2019) i vassdrag med lavt redokspotensial (Larsen 2017b; 2019, Kålås und. arb., denne rapporten) tyder på dette. Man bør vurdere om muslingene må tilbringe mer tid enn normalt i anlegget før utsetting (Magerøy mfl. 2019), for å øke muslingenes evne til å tåle redusert oksygennivå.

Den generelt dårlige til svært dårlige tilstanden i Terningelva i 2018 er ikke overraskende, da det ikke har blitt funnet tegn på at bestanden har hatt rekruttering i de senere tid (Bjølstad & Klausen 2015). Hovedårsaken til den dårlige tilstanden i elven er sannsynligvis reguleringen av elven i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Bjølstad & Klausen 2015). Reguleringen kan føre til reduksjon i vanndekt areal, redusert flom og endringer i temperatur. Alt dette kan bidra til økt nedslamming av substratet og påvirke elvemuslingen negativt (Larsen 2018a; 2018b, Larsen & Magerøy 2018, Larsen & Österling 2012). I tillegg er erosjon et problem i elven, både på grunn av ras i området og beiteaktivitet i elven (Bjølstad & Klausen 2015, pers. obs.). Det har foregått hogst i nedbørfeltet (pers. obs.), som også kan bidra til å økt tilførsel av partikler til elven.

For å forbedre forholdene for elvemuslingen er det ønskelig å redusere effekten av reguleringen av Terningelva. Ved en ny konsesjonsbehandling bør det stilles krav som opprettholder en minstevannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). Kantvegetasjonen langs elven bør også gjenopprettes, da det er viktig å opprettholde buffersoner med naturlig vegetasjon for å redusere partikkeltilførselen (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). For å oppnå dette kan det gis økonomisk støtte til bønder som setter opp gjerder mellom elven og de omliggende beiteområdene, etter mal for redusert gjødsling og opprettholdelse av naturlige buffersoner langs elvemuslingvassdrag i Hordaland (Kålås mfl. 2016).

8 Oppsummering

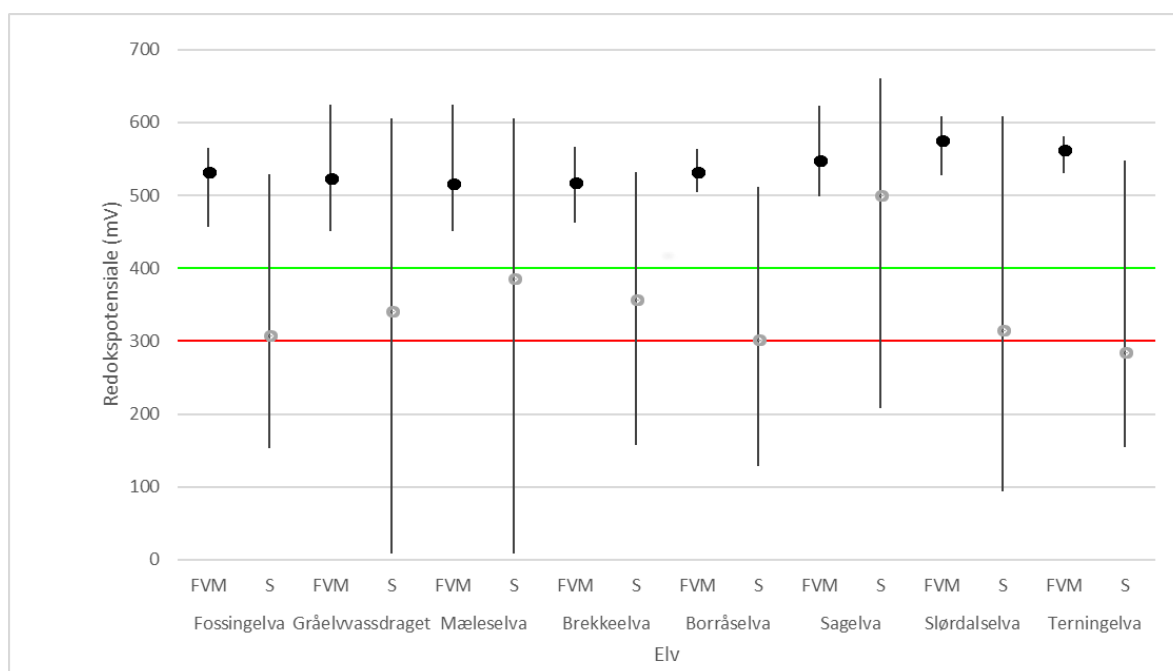
Redoksmålingene viser at alle de undersøkte elvene hadde problemer med tilgjengelig oksygen i substratet, med unntak av Sagelva. Dette viste seg å være tilfellet selv om målingene ble gjennomført ved vanntemperaturer og vannføring som ikke er representativt for de verste forholdene man kan forvente å finne i disse elvene. Dermed kan man forvente at redokspotensialet er enda lavere i disse elvene i løpet av en normal sommer.

Fossingelva hadde generelt moderat til dårlig tilstand og var en av elvene som hadde dårligst tilstand i 2018 (**figur 8.1** og **tabell 8.1**). Allikevel var tilstanden bedre i midtre og øvre del av elven, med henholdsvis god og moderat (til god) habitatkvalitet. Dermed er det sannsynlig at juvenil elvemusling vil kunne klare seg i denne delen av elven, og framtidige undersøkelser av bestandens status bør også inkludere stasjoner i dette området.

Den moderate til dårlige tilstanden i Fossingelva kan i hovedsak forklares med høy næringstilførsel til elven fra jordbruksaktivitet og, i mindre grad, punktkilder i den omliggende bebyggelsen. I tillegg kan reguleringen av elven i forbindelse med at Hoklingen er drikkevannskilde for Levanger (Skrøvseth 2009) også bidra til tilstanden i elven. For å redusere avrenningen fra landbruket er det viktig å opprettholde gjødslingsfrie buffersoner med naturlig vegetasjon langs elven (Larsen 2015c; 2018a, Kålås mfl. 2016, Magerøy & Larsen 2018). For å redusere effekten av reguleringen er det viktig å opprettholde en minste vannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012).

Gråelvvassdraget som helhet hadde moderat til dårlig tilstand i 2018, men det var store forskjeller mellom hovedelvene i vassdraget (**figur 8.1** og **tabell 8.1**). Mæleselva hadde moderat tilstand og hadde nest best tilstand av de undersøkte elvene. Tilstanden var god innenfor utbredelsesområdet til elvemuslingen. Dermed er det sannsynlig at juvenile muslinger vil kunne klare seg i denne delen av elven. Siden det ikke har blitt undersøkt om det foregår rekruttering i elven, bør dette gjøres. Brekkeelva hadde moderat til dårlig tilstand, men var allikevel den elven som hadde tredje best tilstand. Årsaken til dette var bl.a. at stasjonen i nederste del av elven hadde god habitatkvalitet. Dermed er det sannsynlig at juvenile muslinger vil kunne klare seg i denne delen av elven, og framtidige undersøkelser av bestandens status bør også inkludere stasjoner i dette området. Borråselva hadde dårlig tilstand, og det var ikke vesentlige forskjeller i tilstand mellom målingene i august 2011, august 2018 eller september 2018. Elven hadde nest dårligst tilstand av de undersøkte elvene. Den dårlige tilstanden er noe overraskende siden rekrutteringen i elven har vært relativt høy (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008) sammenlignet med andre vassdrag med dårlig tilstand (Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012; 2017b; 2018b; 2019, Magerøy 2017; 2019, Kålås und. arb., denne rapporten). Dette kan muligens forklares med at rekrutteringen i Borråselva er begrenset til små områder med god vanngjennomstrømning (Larsen 2012; Larsen mfl. 2008).

Den moderate til dårlige tilstanden i Gråelvvassdraget kan i hovedsak forklares med at alle hovedelvene i vassdraget er regulerte til vannkraftproduksjon (Larsen 2008b, Larsen mfl. 2008, Moen mfl. 2003). At tilstanden allikevel er så forskjellig mellom hovedelvene kan antakelig forklares med at Mæleselva er brattere med sterkere strøm og grovere substrat, Brekkeelva er en mellomting med ganske stor variasjon mellom stasjonene, og Borråselva er mest stilleflytende med finere substrat (pers. obs.). Dermed er det sannsynlig at økt nedslamming av substratet har hatt større effekt jo lenger opp i vassdraget man kommer. I tillegg kan anleggsarbeid i og langs øvre deler av både Brekkeelva og Borråselva i 2008 (Larsen 2008b) ha hatt en langvarig negativ effekt på disse to elvene. For å redusere påvirkningen fra reguleringen er det viktig at det ved ny konsesjonsbehandling av kraftverkene i vassdraget stilles krav som opprettholder en minste vannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). Det vil også være ønskelig å gjennomføre andre tiltak for å øke tettheten av vertsfisk i Mæleselva og Brekkeelva, siden tetthetsdata fra de to elvene (Bergan 2012) tyder på at tettheten av ørret kan



Figur 8.1. Gjennomsnittresultater av redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget (inkludert Mæleselva, Brekkeelva og Borråselva), Sagelva, Slørdalselva og Terningelva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Se figur 1.1, for lokalisering av elvene.

Tabell 8.1. Gjennomsnittresultater av redoksmålinger i Fossingelva, Gråelvvassdraget (inkludert Mæleselva, Brekkeelva og Borråselva), Sagelva, Slørdalselva og Terningelva. De to øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Erfaringsmessig ligger alle målinger over 400 mV i de frie vannmassene. Derfor er ikke prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene tatt med i tabellen. Se figur 1.1, for lokalisering av elvene.

Parameter	Medium	Fossing- elva	Gråelv- vassdraget	Mæles- elva	Brekke- elva	Borrås- elva	Sag- elva	Slørdals- elva	Terning- elva
Gjennomsnittlig redokspotensial (min-max) (mV)	FVM	531 (456-565)	522 (451-624)	515 (451-624)	516 (463-566)	531 (505-564)	546 (499-623)	574 (527-609)	561 (530-583)
	Substrat	306 (153-529)	340 (8-606)	385 (8-606)	356 (158-532)	300 (128-512)	499 (208-661)	314 (94-608)	283 (154-548)
% reduksjon	NA	42	36	26	32	44	9	45	50
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	33	32	56	34	13	80	23	4
% 400-300 mV	Substrat	20	28	20	28	35	16	33	37
% ≤ 300 mV	Substrat	48	40	24	38	52	4	44	59

være for lav til å opprettholde bestandene av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994).

Sagelva hadde generelt god tilstand i 2018 og var den elven som hadde best tilstand (**figur 8.1** og **tabell 8.1**). Innad i elven var trenden at forholdene ble bedre jo lenger opp i utbredelsesområdet til elvemuslingen man kom, men tilstanden tilsier at juvenile muslinger bør klare seg innenfor hele området.

Den gode tilstanden i Sagelva er svært overraskende, gitt at rekrutteringen i elven har vært svært lav i senere tid og eutrofiering har blitt ansett som hovedårsaken til dette (Berger 2010b, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Nyland 2006). Årsaken til dette misforholdet kan være at redoksmålingene ikke ble gjennomført på et tidspunkt som er representativt for de verste forholdene i elven, spesielt siden det var flom i elven rett før målingene ble gjennomført (Ivar Fossen pers. med.). Dersom redoksmålingene er representative for tilstanden i elven, må det være andre grunner til at det har vært svært lav rekruttering i elven. Blant annet tyder tetthetsdata fra elven (Bergan & Berger 2014, Berger mfl. 2007) på at tettheten av ørret kan være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). For å få et bedre svar på om eutrofiering eller andre årsaker forklarer den lave rekrutteringen i elven anbefaler vi at det gjennomføres nye redoksmålinger i elven.

Slørdalselva hadde generelt moderat til dårlig tilstand og var en av elvene som hadde dårligst tilstand i 2018 (**figur 8.1** og **tabell 8.1**). Allikevel var tilstanden bedre i øvre del av elven, med god habitatkvalitet ved enkelte stasjoner. Dermed er det sannsynlig at juvenil elvemusling vil kunne klare seg i denne delen av elven, inkludert de kultiverte muslingene som ble sluppet fri der i 2018. Muslingene som er planlagt sluppet fri i 2019 (Magerøy mfl. 2019) bør også slippes fri i denne delen av elven, og framtidige undersøkelser av bestandens status bør inkludere gravestasjoner i dette området.

Den moderate til dårlige tilstanden i Slørdalselva kan i hovedsak forklares med at elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015). I tillegg er det mulig at økt nærings- og partikkeltilførsel er et problem i elven, men dette har ikke blitt undersøkt. For å redusere påvirkningen fra reguleringen er det viktig at det ved ny konsesjonsbehandling av vannuttaket i vassdraget stilles krav som opprettholder en minstevannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). Slike tiltak vil kunne ha en positiv effekt på fisken i elven. Dette kan også bidra til å øke rekrutteringen i elven, da tetthetsdata fra elven (Johnsen mfl. 2008, Klausen & Bjørstad 2015) tilsier at tettheten av laks kan være for lav til å opprettholde bestanden av elvemusling (5-25 0+ eller >5 1+ per 100 m²) (Söderberg mfl. 2008, Ziuganov mfl. 1994). I tillegg bør det undersøkes om økt nærings- og partikkeltilførsel er et problem i elven, gjennom vannkjemiske undersøkelser.

Terningelva hadde generelt dårlig tilstand og var den elven som hadde dårligst tilstand i 2018 (**figur 8.1** og **tabell 8.1**). Allikevel er det en liten tendens til at forholdene var bedre oppover i elven, men sannsynligheten for at juvenil elvemusling vil kunne klare seg i elven er liten. Uansett kan det være aktuelt å ta bestanden inn i kultiveringsprogrammet (Jakobsen 2018; 2019, Jakobsen & Jakobsen 2014; 2016, Jakobsen mfl. 2013; 2015; 2017), da de kultiverte muslingene er større og mindre sårbare for lavt oksygennivå enn naturlig produserte juvenile muslinger (Per Jakobsen, pers. med.). Resultatet av utsetting (Magerøy mfl. 2019) i vassdrag med lavt redokspotensial (Larsen 2017b; 2019, Kålås und. arb., denne rapporten) tyder på dette.

Den moderate til dårlige tilstanden i Terningelva kan i hovedsak forklares med at elven er regulert i forbindelse med vannuttak til settefiskproduksjon (Bjørstad & Klausen 2015). I tillegg er økt partikkeltilførsel til elven sannsynligvis et problem, pga. ras og beiteaktivitet i elven og hogst i nedbørfeltet (Bjørstad & Klausen 2015, pers. obs.). For å redusere påvirkningen fra reguleringen er det viktig at det ved ny konsesjonsbehandling av vannuttaket i vassdraget stilles krav som opprettholder en minstevannføring og et normalt temperaturregime i elven. I tillegg bør det

gjennomføres spyleflommer for å forhindre nedslamming av substratet (Larsen 2015c; 2018b, Larsen & Österling 2012). For å redusere partikkeltilførselen til elven er det viktig å gjenopprette buffersoner med kantvegetasjon langs elven (Larsen 2015c; 2018a, Magerøy & Larsen 2018). For å oppnå dette kan det gis økonomisk støtte til bønder som gjerder av elven fra de omliggende beiteområdene, etter mal for redusert gjødsling og opprettholdelse av naturlige buffersoner langs elvemuslingvassdrag i Hordaland (Kålås mfl. 2016).

En av hovedårsakene til manglende rekruttering i elvemuslingbestander er redusert oksygentilgang i substratet pga. økt tilslamming (Larsen 1997a; 2017a; 2018a). Alle de undersøkte elvene, til dels med unntak av Borråselva i Gråelvvassdraget, har hatt liten eller ingen rekruttering i senere tid (Berger 2007; 2010b, Berger mfl. 2006, Bjølstad & Klausen 2015, Esplund & Julien 2016, Johnsen mfl. 2008, Larsen 2008b, Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008, Malvik Jeger og Fiskeforening 2000, Moen mfl. 2003, Nyland 2006, pers. obs.). Dermed er det ikke overraskende at målingene viser at redokspotensialet er problematisk lavt i alle disse elvene, med unntak av Sagelva og til dels Mæleselva i Gråelvvassdraget. Hovedårsaken til lavt redokspotensial er som regel økt næringstilførsel som fører til økt nedslamming av substratet (Denic & Geist 2015, Geist & Auerswald 2007, Killeen 2006; 2011, Larsen 2012, Magerøy 2017; 2019), men i de fleste elvene som ble undersøkt i Trøndelag er sannsynligvis vassdragsregulering til forskjellige formål hovedårsaken til det lave redokspotensialet. Dette er tilfellet i Gråelvvassdraget inkludert Brekkeelva og Borråselva, Slørdalselva og Terningelva. I Mæleselva i Gråelvvassdraget var redokspotensialet bare lavt ved en stasjon, men den stasjonen er både påvirket av eutrofiering og vassdragsregulering. I Fossingelva er sannsynligvis økt næringstilførsel det største problemet, men regulering bidrar sannsynligvis også til det lave redokspotensialet. I Sagelva ble det bare målt høyt redokspotensial, men eutrofiering er sannsynligvis den største påvirkningsfaktoren. Uansett bør tiltak gjennomføres for å redusere nedslammingen av substratet i alle elvene, kanskje med unntak av Sagelva.

9 Referanser

Andersen, L.E. 2014a. Reetablering av elvemuslingbestand i Bruelva og Langvasselva i Hitra kommune. Sweco Rapport 581161-1.

Andersen, L.E. 2014b. Reetablering av elvemuslingbestanden i øvre del av Drakstelve i Selbu kommune. Sweco Rapport 581171-1.

Arnekleiv, J.V. 1998. Registrering av elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.) i Tevla, Meråker. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Laboratoriet for ferskvannsøkologi og innlandsfiske, Zoologisk Notat 1998-1.

Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000. Utbredelse, bestandsstatus og reproduksjon hos elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Figga. Kandidatoppgave, Høgskolen i Nord-Trøndelag, Steinkjer, Nord-Trøndelag.

Bergan, M.A. 2012. Vannøkologiske undersøkelser i Nord Trøndelag. Yngel/ungfisk, bunndyr og klassifisering av økologisk tilstand i mindre vassdrag. NIVA Rapport Løpenr. 6390-2012.

Bergan, M.A. & Berger, H.M. 2014. Vannøkologiske undersøkelser i vannområde Nea i 2012. NIVA Rapport Løpenr. 6650-2014.

Berger, H.M. 2007. Kjøretrase over Brekkelve nedstrøms regulerte Buvatnet/Buandammen. feltBio Notat.

Berger, H.M. 2010a. Kartlegging av elvemusling i 11 små vassdrag i Sør-Trøndelag, 2010. Sweco Rapport 576122-1.

Berger, H.M. 2010b. Kartlegging av elvemusling i 10 små vassdrag i Sør-Trøndelag: 2009. Sweco Rapport 576121-1.

Berger, H.M. 2011. Tevla i Meråker. Overlevelse av utsetting av elvemusling og sjekk om påslag av larver på fisk. Sweco Notat 1.

Berger, H.M. 2012a. Kartlegging av elvemusling i to vassdrag på Hitra i Sør-Trøndelag, 2011. Sweco Rapport 576123-1.

Berger, H.M. 2012b. Vannøkologisk overvåking i 4 innsjøer i Stjørdal i Nord-Trøndelag. Sweco Rapport 581081-1.

Berger, H.M. 2012c. Kartlegging av elvemusling i Nord-Trøndelag 2011. Sweco Rapport 1-580941.

Berger, H.M. 2014. Inventering av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i 10 utvalgte vassdrag i Sør-Trøndelag 2013. Utbredelse, lengde-fordeling, rekruttering, tetthet, populasjonsstørrelse og verneverdi. NIVA Rapport Løpenr. 6713-2014.

Berger, H.M. & Julien, K. 2009. Økologisk tilstand i Horvenelva i Nærøy kommune, Nord-Trøndelag 2008. Vannkvalitet. Laksefisk som bioindikator. Elvemusling. feltBIO Rapport 1-2009.

Berger, H.M., Hesthagen, T., Fløystad, L., Jensås, J.G. & Hamstad, A. 2004. Fiskebestander i Ausetvatnet, Buan-Almovatnet og Liavatnet i Gråelvavassdraget i Nord-Trøndelag, med vekt på introduksjon av kanadarøye (*Salvelinus namaycush*). NINA Oppdragsmelding 828. Norsk institutt for naturforskning.

Berger, H.M., Lehn, L.O. & Skjøstad, M.B. 2006. Elvemuslingen i Fossingelva i Levanger kommune. Tilstand. Utbredelse. Lengdefordeling. Tetthet. Rekruttering. feltBIO Rapport 3-2006.

Berger, H.M., Bergan, M.A., Skjøstad, M.B. & Melkersen, D. 2007. Sjøørretbekker i Malvik kommune, Sør-Trøndelag 2006. Tilstand for bunndyr og fisk. feltBIO Rapport 3-2007.

BERGGRUNN. 2019. Nasjonal berggrunnsdatabase. Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim, Norge.

Bjølstad, O.K.H. & Klausen, T. 2015. Kjemisk og biologisk undersøkelse av Terningsvassdraget. Sweco Rapport 10610001-1.

Christiansen, I., Solfeldt, H. & Svendsen, K.B. 2005. Vidga. Kan elvemuslingen leve her? Fagoppgave, Melhus vgs., Melhus, Sør-Trøndelag.

Degerman, E., Alexanderson, S., Bergengren, J., Henrikson, L., Johansson, B.-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restaurering av flodpärlmusselvatten. WWF Sverige, Solna, Sverige.

Denic, M. & Geist, J. 2015. Linking stream sediment deposition and aquatic habitat quality in pearl mussel streams. Implications for conservation. River Research and Applications 31: 943-952.

Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 2. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 1997-2.

Esplund, A. & Julien, K. 2016. Flodpärlmussla i Slørdalselva, Snillfjord kommune i Sør Trøndelag. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag Rapport 2-2016.

Geist, J. 2007. Untersuchungen zur Substratqualität in der Our (Luxemburg). EUProjekt LIFE05Nat/L/000116 "Restauration des populations des moules perlières en Ardennes". Upublisert Rapport.

Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physiochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Freshwater Biology 52: 2299-2316.

GeoNorge. 2019. Norge Digitalt. Kartverket, GEOVEKST og kommunene.

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.

Jakobsen, P. (red.) 2019. Samlerapport om kultivering og utsetting av elvemusling 2018. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland.

Jakobsen, P. & Jakobsen, R.A. 2014. Rapport 2013 for prosjektet. Storskala kultivering av elvemusling som bevaringstiltak. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet.

Jakobsen, P. & Jakobsen, R. 2016. Årsrapport 2015. Kultivering av elvemusling for utsetting. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet.

Jakobsen, P., Bjånesøy, T. & Marwaha, J. 2013. Storskala produksjon av elvemusling (*Magaritifera margaritifera*) for utsetting. 2012. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet.

Jakobsen, P., Jakobsen, R.A. & Bjånesøy, T. 2015. Årsrapport 2014. Kultivering av elvemusling for gjenutsetting. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet.

Jakobsen, P., Wathne, I. & Jakobsen, R. 2017. Storskala produksjon av elvemusling som bevaringstiltak 2016. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland.

Johnsen, G.H. 2009. Om rekruttering av elvemusling i Slørdalselva 2009. Rådgivende Biologer Notat.

Johnsen, G.H., Tveranger, B. & Kålås, S. 2008. Dokumentasjonsvedlegg til søknad om konsesjon for uttak av vann ved Marine Harvest Norway AS Avd. Slørdal (reg. nr. ST/Si 0004). Konsekvensutredning for fisk og elvemusling. Rådgivende Biologer Rapport 1123.

Killeen, I.J. 2006. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) in the River Ehen, Cumbria. Report on the 2006 survey. Unpublished report to the Environment Agency, Penrith, England.

Killeen, I.J. 2011. Monitoring substrate and interstitial quality of the River Our, Luxembourg. EU-Project LIFE05Nat/L/000116 "Restauration des populations des moules perlières en Ardennes". Upublisert Rapport.

Kjærstad, G., Bergan, M.A., Hassel, K., Thingstad, P.G., Aanes, K.J. & Arnekleiv, J.V. 2011. Biologiske og vannkjemiske undersøkelser i forbindelse med planlagt rassikring av Hofstadelva, Stjørdal. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Zoologisk Notat 2011-7.

Klausen, T. & Bjølstad, O.K.H. 2015. Kjemisk og biologisk undersøkelse av Slørdalsvassdraget. Sweco Rapport 10610001-2.

Kålås, S. Under arbeid. Undersøkingar av elvemusling i 2018 og status for arten i Hordaland. Rådgivende Biologer Rapport.

Kålås, S., Haavik, T.B., Steinsvåg, M.J. & Vatshelle, Ø. 2016. Tiltak i landbruket for å verne bestandar av elvemusling i Hordaland. Rådgivende Biologer Rapport 2293.

Larsen, B.M. 1997a. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.). Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus. NINA Fagrapport 28. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 1997b. Forekomst av elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Hofstadelva i Stjørdal, Nord-Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 463. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2001. Overvåking av elvemusling i forbindelse med rotenonbehandling av Steinkjervassdraget våren 2001. NINA Oppdragsmelding 710. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2008a. Overvåking av elvemusling i Ognå, Steinkjervassdraget i forbindelse med kjemisk behandling for å fjerne *Gyrodactylus salaris* fra vassdraget i 2006 og 2007. NINA Rapport 352. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2008b. Elvemusling i Borråselva og Brekkelva, Nord-Trøndelag. Undersøkelser og bedømmelse av skadeomfang etter anleggsarbeid i 2008. NINA Minirapport 243. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2009. Forsøk med reetablering av elvemusling ved utsetting av ørret infisert med muslinglarver. NINA Rapport 510. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2012. 3. Redokspotensial som metode for å kartlegge substratkvalitet for elvemusling. S. 46-65 i: Larsen, B.M. (red.). Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer. En kunnskapsoppsummering. Rapport Miljøbasert Vannføring 8-2012.

Larsen, B.M. 2013. Problemkartlegging med tilknytning til elvemusling i Håelva og forslag til tiltaksplan for å ta vare på og styrke bestanden i vassdraget. NINA Rapport 911. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2015a. Tiltaksanalyse for elvemusling i Begna. Hvilke kritiske faktorer finnes og hva kan vi gjøre for å sikre arten i Begna? NINA Rapport 1167. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2015b. Problemkartlegging og tiltaksutredning for elvemusling i Fallselva, Oppland. NINA Rapport 1166. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2015c. En oppsummering av tiltak for elvemusling i Norge iverksatt gjennom handlingsplanen eller tilskuddsordningen for prioriterte arter. NINA Rapport 1208. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2017a. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999-2015. NINA Rapport 1350. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2017b. Problemkartlegging og tiltaksutredning for elvemusling i Utvikelva, Nord-Trøndelag. NINA Rapport 1325. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2018a. Handlingsplan for elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.) 2019-2028. Miljødirektoratet Rapport M-1107.

Larsen, B.M. 2018b. Elvemusling og fisk i Fulldøla, Telemark. Kartlegging i forbindelse med Follsjå kraftverk. NINA Rapport 1600. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. 2019. Problemkartlegging og tiltaksutredning for elvemusling i Semselva (Langhåmmårelva), Trøndelag. NINA Rapport 1634. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. & Hårsaker, K. 2001. Borråselva i Gråelvvassdraget, Nord-Trøndelag (vassdragsnr. 124.2Z). S. 25-35 i: Larsen, B.M. (red.) 2001. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge: Årsrapport 2000. NINA Oppdragsmelding 725. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2010. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport 2009. Grytelv-vassdraget, Sør-Trøndelag. NINA Rapport 581. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. & Österling, E.M. 2012. 2. Litteraturstudie om vannkraftregulerin og elvemusling. S. 29-45 i: Larsen, B.M. (red.). Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer: En kunnskapsoppsummering. Rapport Miljøbasert Vannføring 8-2012.

Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2012a. Utsetting av laksyngel i Figga og Onga, Nord-Trøndelag i 2010. Et tiltak for å øke rekrutteringen hos elvemusling. NINA Minirapport 365. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2012b. Utsetting av laksyngel i Forneselva, Nord-Trøndelag 2011. Et tiltak for å øke rekrutteringen hos elvemusling. NINA Minirapport 393. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M. & Magerøy, J.H. 2018. Elvemusling og fisk i Elstadelva, Nord-Trøndelag. Kartlegging i forbindelse med Knutfoss kraftverk. NINA Rapport 1451. Norsk institutt for naturforskning.

Larsen, B.M., Berger, H.M. & Julien, K. 2008. Borråselva i Gråelvvassdraget, Nord-Trøndelag (vassdragsnr. 124.2Z). S. 39-54 i: Larsen, B.M. (red.) 2008. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2006 og 2007. NINA Rapport 417. Norsk institutt for naturforskning.

Lorvik, M. & Guttvik, K.T. 2013. Høring. Tillatelse til bygging av Vigda kraftverk. Melhus og Skaun kommuner. Fylkesmannen i Sør-Trøndelag Høringsnotat.

Magerøy, J.H. 2017. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder. Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken. NINA Rapport 1419. Norsk institutt for naturforskning.

Magerøy, J.H. 2018. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Akershus. Redoksmålinger i Askerelva, Movassbekken, Raudsjøbekken og Sognsvannsbekken. NINA Rapport 1418b. Norsk institutt for naturforskning.

Magerøy, J.H. 2019. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Akershus i 2017 og 2018. Redoksmålinger i Askerelva, Movassbekken, Nitelva, Raudsjøbekken og Sognsvannsbekken. NINA Rapport 1540. Norsk institutt for naturforskning.

Magerøy, J. & Larsen, B.M. 2018. Handlingsplan for elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Agder. Status, trusler og tiltak. NINA Rapport 1424. Norsk institutt for naturforskning.

Magerøy, J.H., Kålås, S., Wathne, I., Rikstad, A. & Julien, K. 2019. Del 2. Utsetting av kultivert elvemusling. 2016-2018. S. 13-111 i: Jakobsen, P. (red.). 2019. Samlerapport om kultivering og utsetting av elvemusling. 2018. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi, Rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland.

Malvik Jeger og Fiskeforening. 2000. Rapport om elveperlemusling i Sagelva. Rapport.

Moen, A., Lund, E. & Røkke, E. 2003. Konsekvensrapport for mikrokraftverk i Mælesleva. Biosmart Rapport 1-2003.

NEVINA. 2019. Nedbørfelt-vannføring-indeks-analyse. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge.

Nyland, H.N. 2006. Vurdering av vannkvalitet og forurensningskilder i to elver i Malvik kommune. Bacheloroppgave, Høgskolen i Nord-Trøndelag, Steinkjær, Nord-Trøndelag.

QGIS Developmental Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.osegeo.org>

Quinlan, E., Gibbins, C., Malcolm, I., Batalla, R., Vericat, D. & Hastie, L. 2015. A review of the physical habitat requirements and research priorities needed to underpin conservation of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 25: 107-124.

Rikstad, A. & Julien, K. 2012. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Flatanger kommune, Nord-Trøndelag. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag Miljøvernavdelingen Rapport 3-2012.

Rikstad, A. & Julien, K. 2016. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Nord-Trøndelag. Utbredelse og status. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag Rapport 5-2016.

Rikstad, A., Gording, K., Julien, K. & Winje, B. 2004. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Nord-Trøndelag. Utbredelse og status. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag Miljøvernavdelingen Rapport 3-2004.

Roni, P., Beechie, T.J., Bilby, R.E., Leonetti, F.E., Pollock, M.M. & Pess, G.R. 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwestern watersheds. North American Journal of Fisheries Management 22: 1-20.

Schartau, A.K., Mjelde, M., Bækkeli, K.A.E., Dokk, J.G., Moe, T.F., Jensen, T.C., Jenssen, M.S., Persson, J., Pettersen, O., Saksgård, R., Sandlund, O.T., Skjelbred, B., Thrane, J.E. & Walseng, B. 2018. ØKOFERSK delprogram Midt. Basisovervåking av utvalgte innsjøer i 2017. Overvåking og klassifisering av økologisk tilstand. Miljødirektoratet Overvåkningsrapport M-1054.

Sjursen, A.D., Rønning, L. & Kjærstad, G. 2010. Elver i Nord-Trøndelag. Vurdering av økologisk tilstand. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 1.

Skrøvseth, A.F. 2009. Levanger kommune. Hovedplan vannforsyning 2011-2019. RG-Prosjekt AS Rapport.

Smokorowski, K.E. & Pratt, T.C. 2007. Effects of a change in physical structure and cover on fish habitat in freshwater ecosystems. A review and meta-analysis. Environmental Reviews 15: 15-41.

Söderberg, H., Norrgrann, O., Törnblom, J., Andersson, K., Henrikson, L. & Degerman, E. 2008. Vilka faktorer ger svaga bestånd av flodpärlmussla? En studie av 111 vattendrag i Västernorrland. Länsstyrelsen Västernorrland, Kultur- och Naturavdelningen, Rapport 8-2008.

VANNMILJØ. 2019. Vannmiljø. Registrering og analyse av tilstand i vann. Miljødirektoratet, Trondheim, Norge.

Vannote, R.L. & Minshall, G.W. 1982. Fluvial processes and local lithology controlling abundance, structure, and composition of mussel beds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 79: 4103-4107.

Ziuganov, V., Zotin, A., Nezlin, L. & Tretiakov, V. 1994. *The Freshwater Pearl Mussels and Their Relationships with Salmonid Fish*. VNIRO Publishing House, Moskva, Russland. 104 s.

10 Vedlegg

10.1 Fossingelva

Tabell 1. Stasjoner i Fossingelva. Tabellen viser UTM-koordinater for redoksmålingsstasjonene i elven. For posisjonering av stasjonene, se Figur 3.1.

Stasjon	UTM
1	32 V 0601470 7055797
2	32 V 0601547 7055661
3	32 V 0602146 7055317
4	32 V 0602425 7055499
5	32 V 0603671 7055349

10.2 Gråelvvassdraget

Tabell 1. Stasjoner i Gråelvvassdraget. Tabellen viser UTM-koordinater for redoksmålingsstasjonene i vassdraget, fordelt på de tre hovedelvene. 9a, 10a og 12a ble undersøkt i august 2018, 10b og 12b ble undersøkt i september 2018, og 9c, 10c og 12c ble undersøkt i august 2011. Stasjon 9, 10 og 12 tilsvarer stasjon 13, 8 og 2 i det nasjonale overvåkingsprogrammet (Larsen & Hårsaker 2001, Larsen mfl. 2008, Bjørn Mejdell Larsen upubl. mat.), og henholdsvis stasjon 3-1 i utprøvingen av redoksmålinger som metodikk i Norge (Larsen 2012). For posisjonering av stasjonene, se Figur 4.1.

Stasjon	Elv	UTM
1	Mæleselva	32 V 0594487 7041208
2		32 V 0595125 7041493
3		32 V 0596813 7042125
4		32 V 0597272 7042311
5	Brekkeelva	32 V 0598921 7043644
6		32 V 0599015 7043248
7		32 V 0599101 7044228
8		32 V 0598977 7044258
9a	Borråselva	32 V 0602437 7046661
9c		32 V 0602437 7046650
10a		32 V 0601309 7047140
10b		32 V 0601325 7047136
10c		32 V 0601327 7047132
11		32 V 0601203 7047798
12a		32 V 0601384 7047852
12b		32 V 0601400 7047853
12c		32 V 0602437 7046650

10.3 Sagelva

Tabell 1. Stasjoner i Sagelva. Tabellen viser UTM-koordinater for redoksmålingsstasjonene i elven. For posisjonering av stasjonene, se Figur 5.1.

Stasjon	UTM
1	32 V 0584298 7033724
2	32 V 0584329 7032662
3	32 V 0584322 7031900
4	32 V 0584314 7031607
5	32 V 0584316 7030995

10.4 Slørdalselva

Tabell 1. Stasjoner i Slørdalselva. Tabellen viser UTM-koordinater for redoksmålingsstasjonene i elven. For posisjonering av stasjonene, se Figur 6.1.

Stasjon	UTM
1	32 V 0524562 7036885
2	32 V 0524519 7036820
3	32 V 0524488 7036734
4	32 V 0524569 7036715
5	32 V 0524689 7036717
6	32 V 0524792 7036661
7	32 V 0524787 7036590
8	32 V 0524711 7036590
9	32 V 0524661 7036570
10	32 V 0524663 7036534

10.5 Terningelva

Tabell 1. Stasjoner i Terningelva. Tabellen viser UTM-koordinater for redoksmålingsstasjonene i elven. For posisjonering av stasjonene, se Figur 6.1.

Stasjon	UTM
1	32 V 0525013 7047421
2	32 V 0524959 7047188
3	32 V 0524873 7046893
4	32 V 0524948 7046477
5	32 V 0524853 7046278

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: 978-82-426-3366-8

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger