

Gaute Kjærstad og Anette G. Davidsen

# Klorbehandling av Driva mot *Gyrodactylus salaris*. Effekter på bunndyr

NTNU Vitenskapsmuseet  
naturhistorisk notat 2022-5





NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2022-5

Gaute Kjærstad og Anette G. Davidsen

**Klorbehandling av Driva mot *Gyrodactylus salaris*. Effekter på bunndyr**

## NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Botanisk notat og Zoologisk notat. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Notatserien benyttes til rapportering fra mindre prosjekter og utredninger, datadokumentasjon, statusrapporter, samt annet materiale som ikke har en endelig bearbeidelse.

**Tidligere utgivelser:** <http://www.ntnu.no/web/museum/publikasjoner>

### Referanse

Kjærstad, G. & Davidsen, A.G. 2022. Klorbehandling av Driva mot *Gyrodactylus salaris*. Effekter på bunndyr – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2022-5: 1-21.

Trondheim, september 2022

### Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet  
Institutt for naturhistorie  
7491 Trondheim  
Telefon: 73 59 22 80  
e-post: [post@vm.ntnu.no](mailto:post@vm.ntnu.no)

### Ansvarlig signatur

Ingrid Ertshus Mathisen (instituttleder)

### Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

### Forsidefoto

Fiskesperra i Driva ved Snøvassmelan. Foto: G. Kjærstad

[www.ntnu.no/museum](http://www.ntnu.no/museum)

ISBN 978-82-8322-319-4  
ISSN 1894-0064

# Sammendrag

Kjærstad, G. & Davidsen, A. G. 2022. Klorbehandling av Driva mot *Gyrodactylus salaris*. Effekter på bunndyr – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2022-5: 1-21.

Notatet presenterer resultater fra bunndyrundersøkelser i forbindelse med klorbehandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Driva i august 2021. Drivprøver ble tatt like før og i starten av behandlingen, samt helt mot slutten og like etter behandling. Sparke- og Surberprøver ble tatt like før og like etter behandlingen. For alle innsamlingsmetodene ble det prøvetatt både på behandlet og ubehandlet område.

Resultatene tyder på at klorbehandling totalt sett hadde liten innvirkning på bunndyr, bortsett fra på døgnfluearten *Baetis rhodani*, der antall individer ble sterkt redusert etter behandlingen. Nedgangen for denne arten var størst i nedre del av elva der klorbelastningen var stor. *B. rhodani* er vanlig også oppstrøms klorbehandlet område og forventes raskt å rekolonisere nedenforliggende områder.

En del bunndyr økte i antall etter behandlingen, noe som trolig skyldes mer gunstige innsamlingsforhold med lavere vannføring og mindre vanddekt areal, sammenlignet med like før behandlingen da vannføringen var høy.

Nøkkelord: Monokloramin - Bunndyr - *Baetis* - Driva

Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim  
Anette G. Davidsen, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

# Innhold

Sammendrag .....	3
Forord .....	5
1 Innledning .....	6
2 Behandlinga .....	7
3 Metoder .....	8
3.1 Stasjoner .....	8
3.2 Innsamlingsmetoder .....	10
3.2.1 Drivprøver .....	10
3.2.2 Sparkeprøver .....	11
3.2.3 Surberprøver .....	11
3.3 Dataanalyser .....	11
4 Resultater og diskusjon .....	12
4.1 Drivprøver .....	12
4.2 Sparkeprøver .....	13
4.3 Surberprøver .....	15
4.4 Konklusjon .....	16
5 Referanser .....	17
Vedlegg .....	18

## Forord

NTNU Vitenskapsmuseet har på oppdrag fra Miljødirektoratet v/Jarle Steinkjer gjennomført bunn-  
dyrundersøkelser i Driva forbindelse med monokloraminbehandling mot *Gyrodactylus salaris*. Takk  
til Hanne Bjørnås Krogstie, NTNU Vitenskapsmuseet, for bistand under feltarbeidet og Anders G.  
Hagen, NIVA, for god informasjon og koordinering i forbindelse med behandlingen. Marc Daverdin,  
NTNU Vitenskapsmuseet, har laget kart over studieområdet.

Trondheim, august 2022

Gaute Kjærstad

# 1 Innledning

Tradisjonelt har rotenon vært det mest brukte kjemiske middelet i forbindelse med bekjempelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. Rotenon har imidlertid stor negativ effekt på en del andre organismer enn *G. salaris* og det ble derfor utviklet behandlingsmetoder med andre stoffer som aluminiumsulfat (Hindar m.fl. 2015), og senere klor med monokloramin som virkestoff (Hagen m.fl. 2018, 2021). Da parasitten har lavere toleranse for disse stoffene enn fisk, er det mulig å utrydde parasitten uten å ta livet av fisken. Disse metodene brukes som regel i kombinasjon med rotenon, der rotenon benyttes mest i ferskvannlokaliteter tilknyttet hovedelva som dammer, sig og mindre bekker.

En rekke undersøkelser har vist at bunndyrs respons overfor rotenonbehandlinger varierer sterkt. Noen arter og grupper er tolerante med liten eller ingen dødelighet, mens andre er middels tolerant med eller svært sensitive med høy dødelighet (f.eks. Fjellheim 2004, Vinson et al. 2010, Kjærstad et al. 2015). Generelt ser toleransen for rotenon ut til å være lavere enn for aluminiumsulfat der kun de mest forsuringsfølsomme artene blir negativt påvirket (Eriksen et al. 2009). Også utslipp av klorforbindelser som natriumhypoklortitt kan ha stor negativ innvirkning på flere bunndyrgrupper, samt edelkreps, laks og ørret (Bækken m.fl. 2011). Når det gjelder bunndyrs toleranse overfor klor i form av monokloramin er det kun gjort en undersøkelse her til lands, fra elva Glitra (Eriksen 2018). Den viste totalt sett små effekter, men individer innenfor døgnfluefamilien Baetidae fikk reduserte tettheter etter behandlingen. Også utenlandske undersøkelser bekrefter at døgnfluer er spesielt sensitive for klorforbindelser (Williams m. fl. 2003, Kefford 2018, Kefford m.fl. 2012, Miltner 2021).

I dette notatet presenteres resultater fra klorbehandlingen mot *Gyrodactylus salaris* i Driva i august 2021, som var den første fullskala testbehandlingen med monokloramin. For å få mest mulig sammenlignbare resultater ble det benyttet samme innsamlingsmetoder som i Eriksen (2018).

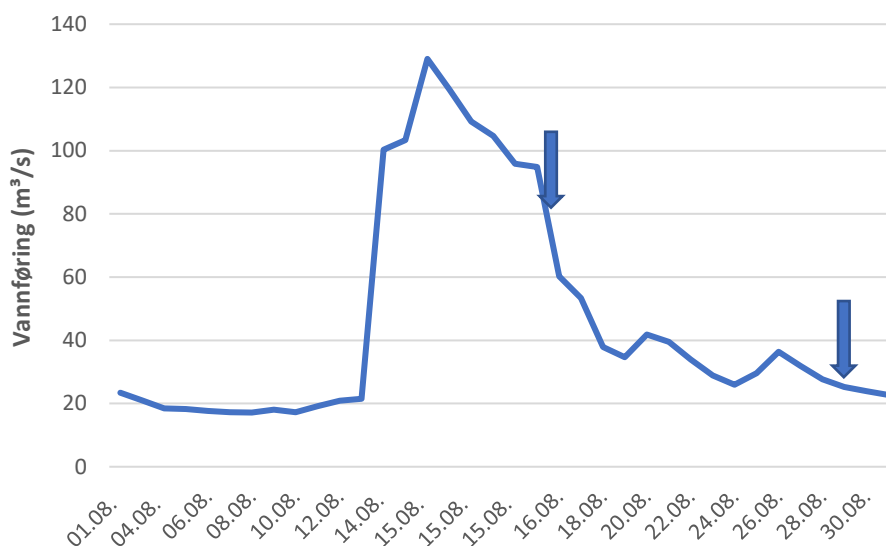


## 2 Behandlinga

Driva ble behandlet med klor (monokloramin) over en tolvdagersperiode fra 16.08 til 28.08. 2021. Under behandlinga ble det tilsatt en blanding av natriumhypokloritt ( $\text{NaClO}_2$ ) og ammoniumklorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Kontrollert blanding av disse stoffene medfører dannelsen av monokloramin.

Øverste utslippspunkt var ved fiskesperra ved Snøvassmelan, ca. 24 km fra utløpet i fjorden. Det var også flere påfriskningsstasjoner nedover i elva (Fale bru, Brooklyn bru, Elverhøy bru og Kiklingbrekkbrua), samt fra Driva og Grøa kraftverk. I tillegg var det doseringsstasjoner i sidebekker. I hovedelva var målsetningen for doseringen til enhver tid å ha en klorkonsentrasjon på minst 10-15  $\mu\text{g}/\text{klor}$  per liter (Hagen m.fl. 2022).

Som følge av flere tunge regnværsperioder var det svært varierende vannføring under behandlinga (figur 1), noe som medførte at mengden tilsatt klor måtte justeres for til enhver tid å opprettholde ønsket klorkonsentrasjon. I starten av behandlinga lå vannføringen ved Grensehølen på rundt 80  $\text{m}^3$ , men falt deretter raskt og under mesteparten av behandlinga lå den på mellom 20 og 40  $\text{m}^3$  (figur 1). Etter endt behandling hadde alle målestasjoner i hovedelva oppnådd en samlet belastning på minimum 90 mikrogramdøgn klor, noe som erfaringsvis er tilstrekkelig for å utrydde *G. salaris* under kontrollerte betingelser (Hagen m.fl. 2022). Ny og endelig klorbehandling av vassdrag i Driva-regionen ble gjennomført høsten 2022.



**Figur 1.** Vannføring i Driva ved Grensehølen i august 2021. Piler markere starten og avslutninga av klorbehandlinga. Data fra Norges vassdrags- og energidirektorat.

## 3 Metoder

### 3.1 Stasjoner

Det ble opprettet fem stasjoner for innsamling av bunndyr. Stasjon 1 og 2 ligger oppstrøms fiske-sperra og er referansestasjoner, mens stasjon 3-5 ligger i behandlet område. Opprettelse av stasjon 3 ved Myren camping ble gjort på bakgrunn av at dette området var forventet å få høye klorkonsentrasjoner siden den ligger bare 1 km nedstrøms hovedutslippet ved fiske-sperra. Stasjon 4, som ligger like oppstrøms Fale bru, og like oppstrøms påfriskningsstasjonen, var forventet å få de laveste klorkonsentrasjonene. Stasjon 5 ble anlagt relativt langt nedstrøms i elva, ca. 150 m nedstrøms påfriskningsstasjonen ved Kiklingbrekk bru og var forventet å få høye klorkonsentrasjoner. Substratet på stasjon 1, 4 og 5 var dominert av grov grus og stein med kornstørrelse på 3-15 cm (bilde 1, 4 og 5), mens substratet på stasjon 2 og 3 var dominert av blokk på >25 cm (bilde 2 og 3). Vannhastigheten lå på 20-70 cm/s.



Bilde 1. Stasjon 1 ved Kjekjesteinhølen (referanse), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 2. Stasjon 2 ved Romfo (referanse), oversiktsbilde med drivfelle t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 3. Stasjon 3 ved Myren camping (klorbehandlet), oversiktsbilde med drivfelle t.v. og substratbilde t.h.



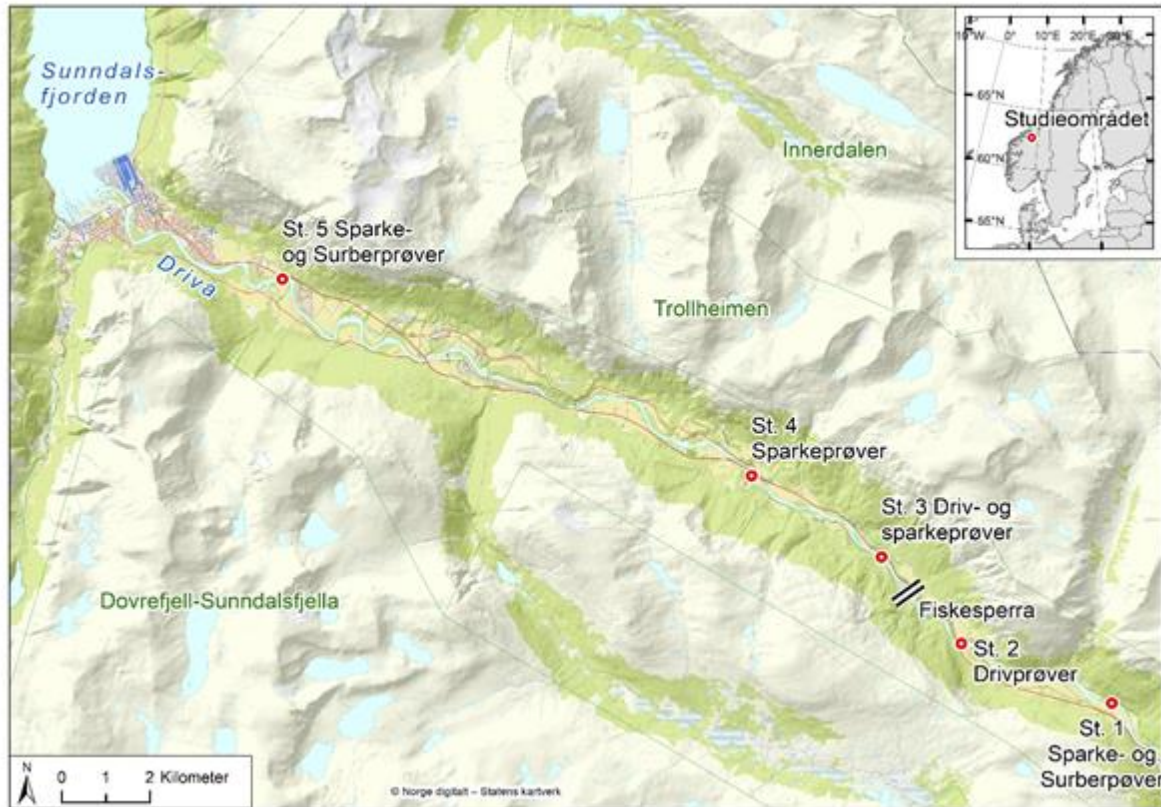
Bilde 4. Stasjon 4 ved Fale (klorbehandlet), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 5. Stasjon 5 ved Kiklingbrekk (klorbehandlet), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.

## 3.2 Innsamlingsmetoder

Det ble benyttet tre metoder for innsamling av bunndyr; drivprøver, sparkeprøver og Surberprøver. Figur 2 gir en oversikt over stasjonenes beliggenhet og hvilke metoder som ble benyttet, mens tabell 1 i tillegg viser tidspunkt for prøvetaking.



Figur 2. Oversikt over nedre del av Driva med stasjoner og prøvetakingsmetoder.

Tabell 1. Oversikt over når og hvor prøvetaking ble gjennomført, fordelt på prøvetakingsmetoder

Tidspunkt	Drivprøver	Sparkeprøver	Surberprøver
16.08., før behandlinga	St. 2 og 3	St. 1, 3, 4 og 5	St. 1 og 5
16.08., starten av behandlinga	St. 2 og 3		
28.08., slutten av behandlinga	St. 2 og 3		
29.08., dagen etter behandlinga	St. 2 og 3	St. 1, 3, 4 og 5	St. 1 og 5

### 3.2.1 Drivprøver

Drivfeller, som fanger bunndyr som kommer drivende fritt i vannmassene, ble satt opp på stasjon 2 ved Romfo, like oppstrøms fiskesperra, samt på stasjon 3 ved Myren Camping, ca. 1 km nedstrøms fiskesperra. Fellene bestod av tre sidestilte håvposer som var montert på en stålramme ca. 20 cm fra bunnen. Stålramma var igjen montert på et stativ der nedre del, som består av to 40 cm lange pigger, ble presset ned i og forankret i elvebunnen. Hver håvpose hadde en åpning på 10 cm, var 1 m lang og hadde en maskevidde på 0,25 mm. Ved utsett og inntak av fellene ble vannhastigheten målt foran hver håvpose med en vannhastighetsmåler av typen MiniAir. Gjennomsnittshastigheten for hver felle ble brukt i beregning av drivtetthet (antall individer/m<sup>3</sup>).

### 3.2.2 Sparkeprøver

Sparkeprøver ble brukt til å se på sammensetningen av arter og grupper. Prøvene ble tatt på stasjon 1 (referanse) og stasjon 3, 4 og 5 (klorbehandlet) like før og like etter behandlinga. For hver stasjon og tidspunkt ble det tatt tre replikate prøver på strykpartier. Hver prøver ble tatt på tid à 1 minutt varighet og over en strekning på ca. 3 m ble prøvetatt ved å bevege seg oppstrøms. Håven hadde en ramme på 25x25 cm og en maskevidde på 0,25mm.

### 3.2.3 Surberprøver

Surberprøver ble benyttet for å få et kvantitativt mål på bunnlevende invertebrater (antall individer pr. m<sup>2</sup>) og ble tatt på stasjon 1 og stasjon 5, like før og like etter behandlinga. På hver stasjon ble det i begge innsamlingsrundene tatt fem replikate prøver på strykparti. Surberen hadde en ramme på 30x30 cm og en maskevidde på 0,25 mm.



Bilde 6. Benyttede prøvetakingsmetoder; drivprøver (t.v.), sparkeprøver (midten) og Surberprøver (t.h).

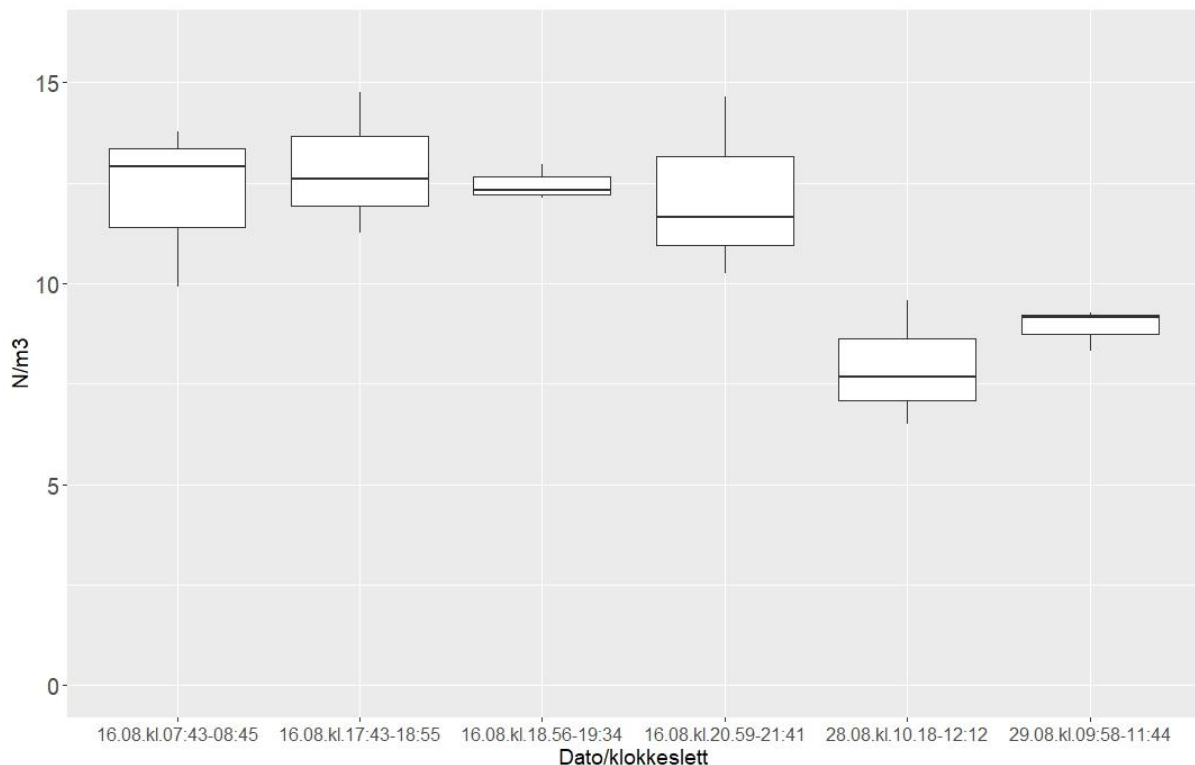
## 3.3 Dataanalyser

Alle dataanalyser ble gjort i R (R Development Core Team 2022), versjon 02.1. For å teste tetthetsforskjeller over tid mellom drivprøver ble det benyttet ANOVA med Tukey's Honestly Significant Difference. For å teste forskjeller i sammensetningen av bunndyr (Bray-Curtis ulikhet) i sparkeprøver og Surberprøver før og etter behandlinga, ble dataene analysert ved hjelp av ANOSIM i R-pakken Vegan (versjon 2.5-7). Hvilke arter/grupper som eventuelt hadde en signifikant endring i antall etter behandling i Surberprøver ble testet med Indicator Species Analyses i R-pakken indicpecies (versjon 1.7.12).

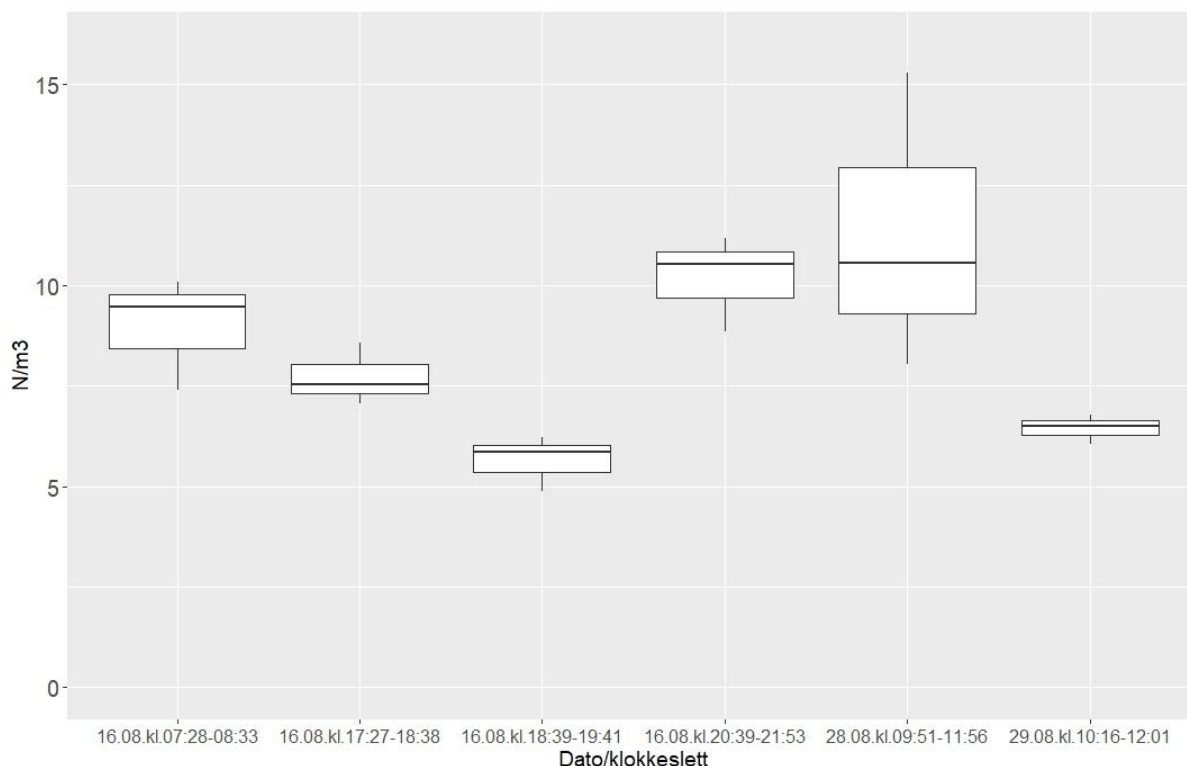
## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Drivprøver

Drivtettheten (antall individer pr.  $m^3$ ) på ubehandlet område var jevn og lå på mellom 12 og 13 individer før og under behandlinga første behandlingsdagen den 16.08., mens den sank noe til 8-9 individer helt i slutten og like etter behandling (figur 3). På behandlet område var det en gradvis reduksjon i drivtetthet første behandlingsdag, fra like før behandling til helt i starten av behandlinga, men med en økning på slutten av første behandlingsdag (figur 4). Samme drivtetthet ble registrert helt i slutten av behandlinga den 28.08. for deretter å bli redusert dagen etter behandling. Drivtettheten var ikke spesielt høy på noen av målingene og endringene mellom ulike tidspunkt må karakteriseres som små og var ikke signifikante (ANOVA, Tukey HSD,  $p > 0,05$ ). De høyeste drivtetthetene på behandlet område var på slutten av første behandlingsdag og siste behandlingsdag, mens dette ikke er tilfelle på ubehandlet område. Dette kan skyldes en effekt av behandlinga med noe økt drivtetthet etter noen timer med klorutslipp. Dette er i samsvar med Eriksen (2018) som fant en økning i drivtetthet etter noen timer med kloreksponering. En slik utvikling skiller seg ut fra rotenonbehandling der drivtettheten øker umiddelbart etter utslippet og med mye høyere drivtettheter enn det som ble registrert i Driva. Nedgangen i total drivtetthet de første timene inn i behandlinga på behandlet område skyldes i hovedsak nedgang i den dominante bunndyrgruppa fjærmygg (vedlegg 1). Årsaken til denne nedgangen er imidlertid usikker. For den antallsmessig dominante døgnfluen *Baetis rhodani*, som var nest mest forekommende i drivet etter fjærmygg var endringene over tid mellom behandlet og ubehandlet område relativt lik og ser følgelig ut til å være lite påvirket av behandlinga, i alle fall i de periodene drivfellene var operative. For øvrige arter og grupper var drivtetthetene så lave at man ikke kan si noe sikkert om årsakene til eventuelle endringer i tetthet over tid.



**Figur 3.** Drivtetthet (antall individer pr.  $m^3$ ) på stasjon 2 (ubehandlet område). Prøvene ble tatt før og helt i starten av behandlinga (16.08.), mot slutten av behandlinga (28.08.) og dagen etter behandlinga (29.08.). I boks-plottene er medianverdien angitt med svart horisontal strek i boksen, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Vertikale linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier.



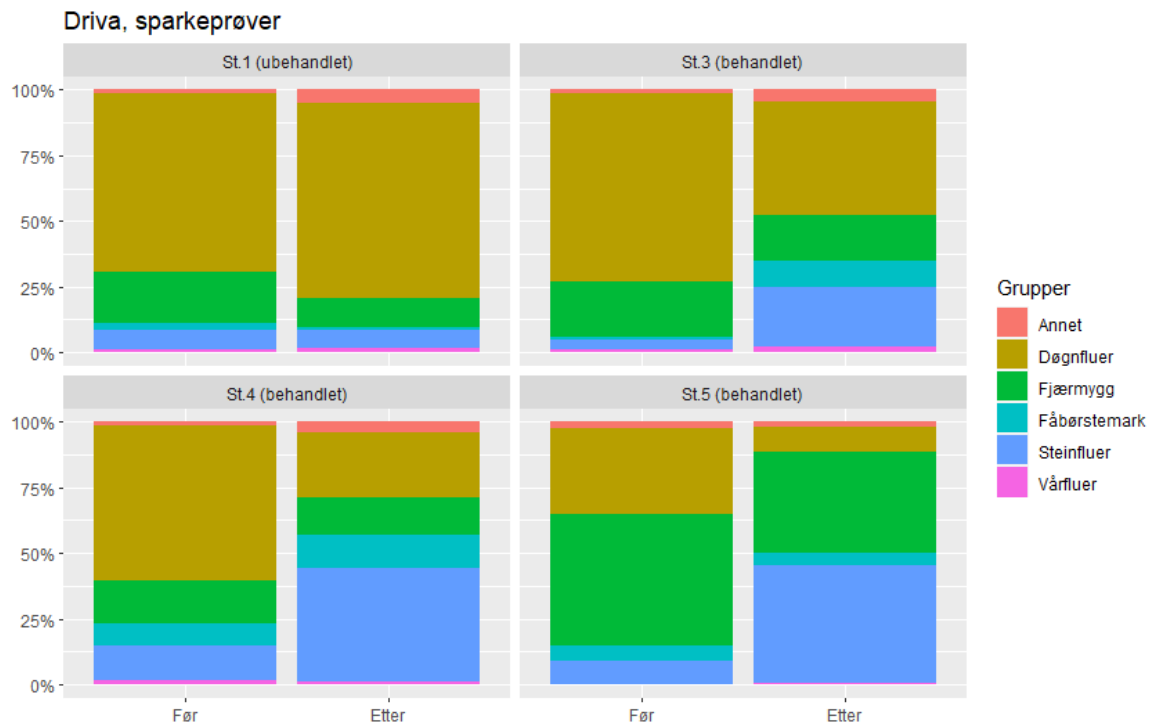
**Figur 4.** Drivtetthet (antall individer pr. m<sup>3</sup>) på stasjon 3 (klorbehandlet område). Prøvene ble tatt før og helt i starten av behandlinga (16.08.), mot slutten av behandlinga (28.08.) og dagen etter behandlinga (29.08.). I boks-plottene er medianverdien angitt med svart horisontal strek i boksen, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Vertikale linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier.

## 4.2 Sparkeprøver

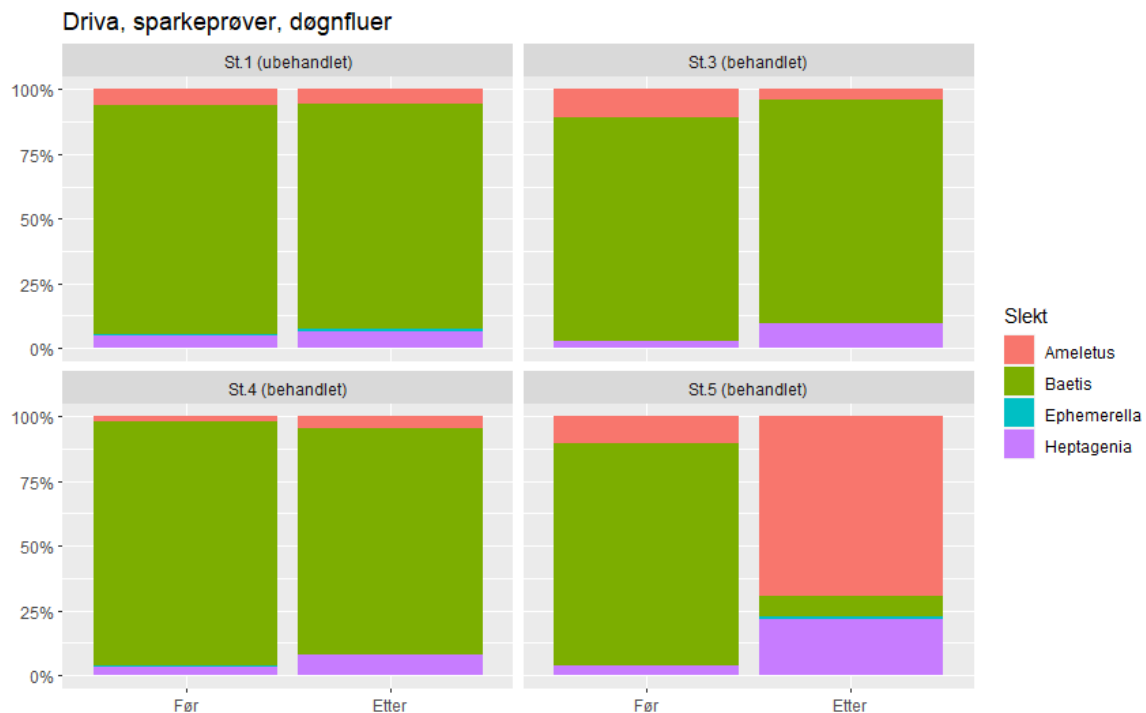
Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i sammensetning av bunndyr uttrykt som Bray-Curtis ulikhet på noen av stasjonene etter klorbehandlinga (ANOSIM,  $p > 0,05$ ). Det ble også registrert små endringer i prosentvis sammensetning av dominerende bunndyrgrupper på stasjon 1 (ubehandlet) før sammenlignet med etter behandlinga (figur 5). På samtlige behandlede stasjoner (st. 3-5) avtok imidlertid andelen døgnfluer etter behandlinga (figur 5). Reduksjonen i andelen døgnfluer var minst på stasjon 3 som lå nærmest hovedutslippet ved fiskesperra og økte nedover i elva på stasjon 4 og var størst på stasjon 5 ved Kiklingbrekk. Målinger av klorkonsentrasjon fra vannprøver i form av mikrogramdøgn (summen av enkeltmålinger gjennom utslippsperioden) viste høyere konsentrasjon nedstrøms Kiklingbrekk bru (vår stasjon 5) med 160-170 mikrogramdøgn enn f.eks. oppstrøms Fale bru, som tilsvarer vår stasjon 4 som hadde 109 mikrogramdøgn (Hagen m.fl. 2022). Større klorbelastning på stasjon 5 enn stasjon 4 stemmer godt overens med våre resultater der bunndyrene var mest negativt påvirket på stasjon 5.

Blant døgnfluene var slekten *Baetis* dominerende på samtlige stasjoner (figur 6). Denne slekta bestod nesten utelukkende av arten *Baetis rhodani*, mens det var innslag av *B. muticus*, *B. subalpinus* og *B. fuscatus/scambus*. Blant døgnfluene endret andelen av slekter seg lite etter behandlinga sammenlignet med før behandlinga, bortsett fra på stasjon 5 ved Kiklingbrekk der andelen *Baetis* ble sterkt redusert etter behandling, mens andelen av *Ameletus inopinatus* økte sterkt i samme periode. Reduksjonen av andelen *Baetis* skyldes at denne stasjonen lå like nedstrøms påfriskningsstasjonen på Kiklingbrekk og trolig har blitt utsatt for relativt høy klorbelastning. Dersom vi sammenligner andelen *B. rhodani* med totale bunndyrmengder ble det påvist en reduksjon i både andel og antall individer på samtlige stasjoner i behandlet område, og med størst reduksjon på st. 5 nederst i elva (vedlegg 2 og 3). For fjærmygg, som også var tallrik blant bunndyrene, var det kun en mindre nedgang i andel på både behandlet og ubehandlet område og mindre endringer i antall

individer. Fjærmygg ble derfor sannsynligvis mindre påvirket av behandlingen enn døgnfluer. Steinfluene økte sin andel etter behandlingen på de behandlede stasjonene (figur 5). Det samme gjaldt for antall individer, men her ble det registrert en økning på samtlige stasjoner, inkludert på referansestasjonen (vedlegg 3). Endringene kan derfor ikke relateres til behandlingen.



**Figur 5.** Andel av bunndyrgrupper på stasjon 1 (ubehandlet) og stasjon 3-5 (klorbehandlet) i Driva før (16. august) og like etter (29. august) av klorbehandlinga.



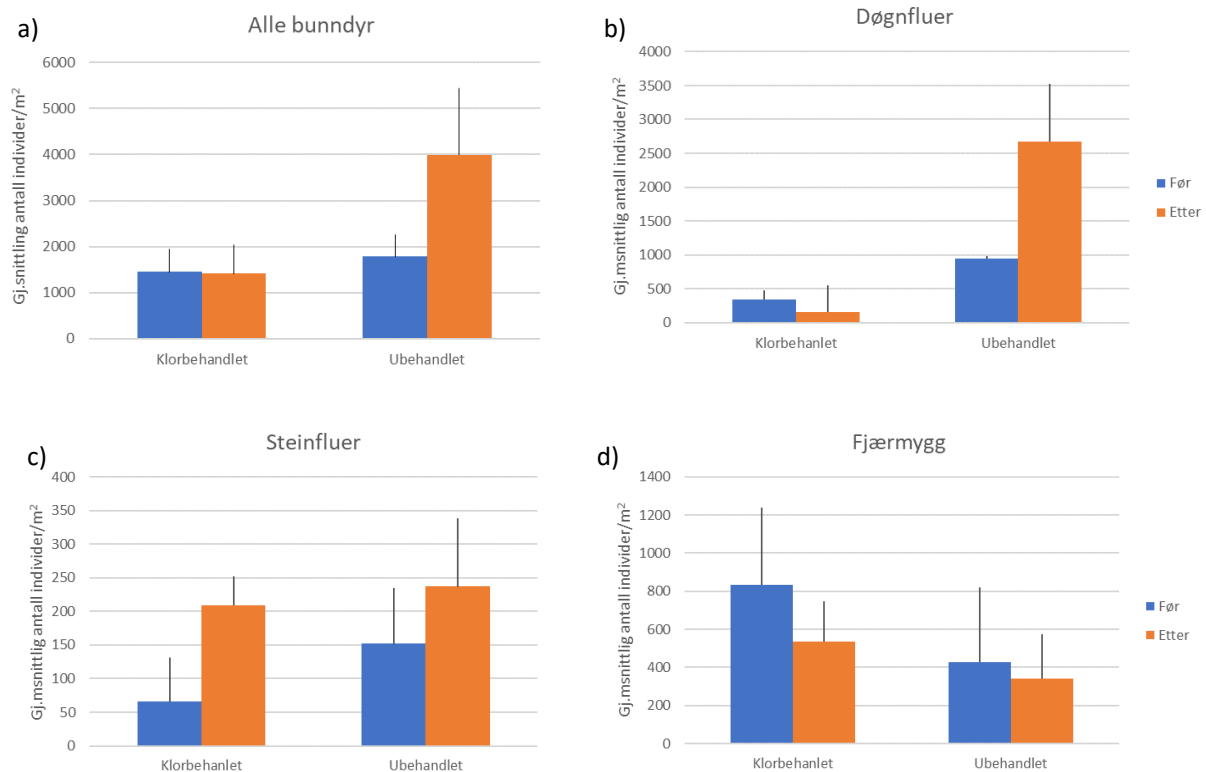
**Figur 6.** Andel av døgnflueslekter på stasjon 1 (ubehandlet) og stasjon 3-5 (klorbehandlet) i Driva før (16. august) og like etter (29. august) av klorbehandlinga.



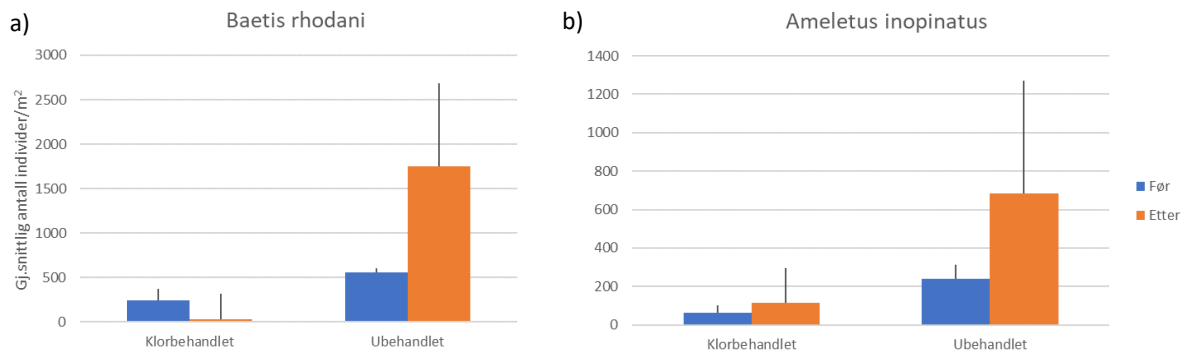
### 4.3 Surberprøver

Tettheten (antall individer av bunndyr pr. kvadratmeter) var uforandret på klorbehandlet område like etter behandlinga sammenlignet med like før behandlinga, mens på ubehandlet område var antallet mer enn fordoblet i samme periode (figur 7a). Den sterke økninga i antall bunndyr på ubehandlet område skyldes nok først og fremst den mye lavere vannføringa etter behandling som gjør prøvetakinga mer effektiv samtidig som vanddekket areal reduseres med påfølgende økt bunndyrtetthet. Noe av årsaken til at vi ikke registrerte den samme økningen på klorbehandlet område etter behandlinga kan skyldes negative effekter av behandlinga. Dette gjelder spesielt for døgnfluer der antall individer ble halvert på klorbehandlet område etter behandling (figur 7b). Når det gjelder sammensetningen av bunndyr ble det ikke påvist noen signifikante endringer i Surberprøvene etter behandlinga, hverken på behandlet eller ubehandlet område (ANOSIM,  $p > 0,05$ ).

Det ble registrert en økning i tettheten av steinfluer og en reduksjon av fjærmygg både på behandlet og ubehandlet område etter behandlinga (henholdsvis figur 7c og 7d). Sammenfallende trender på behandlet og ubehandlet område for de to nevnte gruppene tyder på at mye av endringene over tid skyldes naturlige variasjoner. En sterkere reduksjon i antall fjærmygg på behandlet sammenlignet med ubehandlet område kan indikere en mulig mindre effekt av behandlinga på denne gruppen. Den dominante døgnfluearten *Baetis rhodani* ble sterkt redusert på behandlet område og ble påvist med kun få individer etter behandling, mens det var en sterk økning på ubehandlet område (figur 8a). For den nest mest dominerende døgnfluearten *Ameletus inopinatus* ble det påvist en økning etter behandling både på behandlet og ubehandlet område (figur 8b). At behandlinga hadde en sterk negativ påvirkning på *B. rhodani*, mens *A. inopinatus* så ut til å være upåvirket, samsvarer godt med resultatene fra sparkeprøvene.



**Figur 7.** Gjennomsnittlig antall bunndyr pr. kvadratmeter (sd) på stasjon 5 ved Kiklingbrekk (klorbehandlet) og stasjon 1 ved Kjerkesteinhølen (ubehandlet) før og etter behandlinga. a) alle bunndyr, b) døgnfluer, c) steinfluer, d) fjærmygg.



**Figur 8.** Gjennomsnittlig antall bunndyr pr. kvadratmeter (sd) på stasjon 5 ved Kiklingbrekk (klorbehandlet) og stasjon 1 ved Kjerkesteinhølen (ubehandlet) før og etter behandlinga. a) *Baetis rhodani*, b) *Ameletus inopinatus*.

Tettheten hos noen grupper og arter av bunndyr, f.eks. rundormer og steinfluene *Diura nanseni*, *Amphinemura borealis* og *Capnia* sp. økte etter behandlinga, både på behandlet og ubehandlet område. For *Capnia* var denne økningen signifikant (Indicator Species Analyses,  $p < 0,05$ ). Det ble imidlertid ikke funnet signifikante endringer i tetthet for andre arter eller grupper etter behandling. De påviste endringene representere neppe en reell tetthetsøkning, men heller en bedring i innsamlingsforholdene med lavere vannføring og mindre vanddekt areal etter behandling. I tillegg til *B. rhodani* ble det registrert en reduksjon i tetthet av vannmidd og vårfly *Hydroptila* etter behandling, mens dette ikke var tilfelle på ubehandlet område. Disse bunndyrene kan derfor har blitt noe negativt påvirket av behandlinga.

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*), som vanligvis ikke registreres i bunndyrprøver, ble funnet i to av Surberprøvene i behandlet område like etter behandling. Individene har trolig falt av fisken som følge av klorbehandlinga.

## 4.4 Konklusjon

Generelt hadde klorbehandling i Driva i august 2021 relativt liten innvirkning på bunndyr. I likhet med Eriksen (2018) bekrefter denne undersøkelsen at klorbehandling kan ha negativ innvirkning på enkelte bunndyr, spesielt innen døgnfluefamilien Baetidae, men at de negative effekter er langt svakere enn det som normalt er registrert ved rotenonbehandling. Den mest påvirkede døgnfluearten i Driva, *Baetis rhodani*, finnes også oppstrøms det behandlede område og vil raskt rekolonisere nedenforliggende behandlede områder gjennom driv.

Hos en del bunndyr ble det registrert en økning i antall individer etter behandling, både på behandlet og ubehandlet området. Årsaken til dette er trolig en bedring i innsamlingsforholdene etter behandling med lavere vannføring og mindre vanddekt areal. Dette vil resultere i flere bunndyr i prøvene.

## 5 Referanser

- Bækken, T., A. Rustadbakken, S. Schneider, H. Edvardsen, T. Eriksen, K. Sandaas & H. Billing, 2011. Virkninger av utslippet av natriumhypokloritt på økosystemet i Akerselva NIVA rapport 6240-2011. 69s.
- Eriksen, T. E. 2018. Korttidseffekter på elvelevende bunnfauna av kloraminbehandling mot parasitten *Gyrodactylus salaris* i Glitra. NIVA-rapport 7237-2018. 28 s.
- Eriksen, T. E., J. V. Arnekleiv & G. Kjærstad. 2009. Short-Term Effects on Riverine Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera of Rotenone and Aluminum Sulfate Treatment to Eradicate *Gyrodactylus salaris*. J. Freshw. Ecol. 24(4): 597-607.
- Fjellheim, A., 2004. Virkning av rotenonbehandling på bunndyrsamfunnene i et område ved Stingstu, Hardangervidda. LFI, Universitet i Bergen Rapport nr. 122. 60s.
- Hagen, A.G., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø., Darrud, M., Holter, T., Svendsen, J., Mo, T.A., Escudero, C., Martinez-Francés, E. & Gjessing, M. 2018. Forsøksbehandling med monokloramin mot *Gyrodactylus salaris* i elva Glitra. NIVA-rapport 7238-2018. 27 s.
- Hagen, A.G., Becsan, I., Escudero, C., Garmo, Ø.A., Grønneberg, E., Hansen, P.S., Holter, T., Hytterød, S., Martinez-Frances, E., Olstad, K., Ribeiro, A.L., Rusch, J., 2021. Forsøksbehandling med monokloramin mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Driva. NIVA-rapport 7575-2021. 40 s.
- Hagen, A. G., Holter, T., Olstad, K., Garmo, Ø., Hansen, P. S., Høgberget, R., m.fl. 2022. Storskala utprøving av klordosering i Driva 2021. NIVA-rapport 7724-2022. 55 s.
- Hindar, A., Hagen, A.G., Hytterød, S., Høgberget, R., Moen, A. & Olstad, K. 2015. Tiltak med AIS for utryddelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011 og 2012. NIVA-rapport 6701-2015. 75 s.
- Kefford, B.J. 2019 Why are mayflies (Ephemeroptera) lost following small increases in salinity? Three conceptual osmophysiological hypotheses. Phil. Trans. R. Soc. B 374: 20180021.
- Kefford, B.J., Hickey, G.L., Gasith, A., Ben-David, E., Dunlop, J.E., m.fl. 2012. Global Scale Variation in the Salinity Sensitivity of Riverine Macroinvertebrates: Eastern Australia, France, Israel and South Africa. PLoS ONE 7(5): e35224.
- Kjærstad, G., Arnekleiv, J.V. & Speed, J.D.M. 2015. Effects of three consecutive rotenone treatments on the benthic macroinvertebrate fauna of River Ognå, Central Norway. River Research and Applications 32: 572–582.
- Miltner, R. 2021. Assessing the Impacts of Chloride and Sulfate Ions on Macroinvertebrate Communities in Ohio Streams. Water 13: 1815.
- Vinson, M. R., Dinger, E. C., & Vinson, D. K. 2010. Piscicides and invertebrates: After 70 years, does anyone really know? Fisheries 35: 61–71.
- Williams, M. L., Palmer, C. G. & Gordon, A. K. 2003. Riverine macroinvertebrate responses to chlorine and chlorinated sewage effluents - Acute chlorine tolerances of *Baetis harrisoni* (Ephemeroptera) from two rivers in KwaZulu-Natal, South Africa. Water SA 29 (4): 483-488.

## Vedlegg

**Vedlegg 1.** Drivtetthet (gjennomsnittlig antall individer pr. m<sup>3</sup>) av bunndyr på stasjon 2 ved Romfo bru (ubehandlet) og stasjon 3 ved Myren camping (klorbehandlet område).

	Kl. 07.43-08.45	Kl. 17.43-18.55	Kl. 18.56-19.34	Kl. 20.59-21.41	Kl. 10.18-12.12	Kl. 09.58-11.44	Kl. 07.28-08.33	Kl. 17.27-18.38	Kl. 18.39-19.41	Kl. 20.39-21.53	Kl. 09.51-11.56	Kl. 10.16-12.01
	16.08.	16.08.	16.08.	16.08.	28.08.	29.08.	16.08.	16.08.	16.08.	16.08.	28.08.	29.08.
	St. 2	St. 2	St. 2	St. 2	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3	St. 3	St. 3	St. 3	St. 3
Nematoda	0.10	0.27	0.54	0.76	0.04	0.12	0.28	0.14	0.13	0.15	0.01	0.00
Oligochaeta	0.82	0.94	0.70	0.94	0.20	0.10	0.60	0.56	0.36	0.36	0.10	0.09
Hydrachnidia	0.16	0.15	0.12	0.09	0.08	0.15	0.20	0.12	0.08	0.06	0.09	0.14
Ostracoda	1.30	1.11	0.51	1.22	0.13	0.08	0.64	0.64	0.24	0.37	0.07	0.12
Ameletus inopinatus	0.29	0.48	0.44	0.58	0.10	0.12	0.29	0.25	0.28	0.44	0.22	0.06
Centroptilum luteolum	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Baetis fuscatus/scambus	0.05	0.05	0.09	0.05	0.00	0.05	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Baetis muticus	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Baetis rhodani	3.16	3.38	3.20	2.72	5.46	6.24	1.60	1.45	1.28	2.26	8.17	3.80
Heptagenia sp.	0.06	0.20	0.06	0.05	0.02	0.00	0.10	0.03	0.00	0.16	0.02	0.02
Ephemerella sp.	0.05	0.12	0.12	0.00	0.15	0.12	0.03	0.00	0.02	0.06	0.12	0.08
Perlodidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diura nanseni	0.05	0.05	0.00	0.04	0.00	0.08	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
Isoperla sp.	0.03	0.03	0.03	0.04	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02
Brachyptera risi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphinemura borealis	0.00	0.12	0.03	0.22	0.10	0.18	0.00	0.07	0.00	0.08	0.24	0.13
Nemoura sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
Capnia sp.	0.00	0.03	0.08	0.09	0.12	0.05	0.02	0.04	0.00	0.15	0.28	0.23
Leuctra sp.	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Leuctra fusca	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dytiscidae	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00
Hydrophilidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Elmis aenea	0.03	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03
Rhyacophila nubila	0.08	0.05	0.10	0.09	0.06	0.10	0.02	0.10	0.00	0.00	0.09	0.09
Hydroptila sp.	0.03	0.10	0.13	0.00	0.00	0.03	0.14	0.09	0.04	0.07	0.02	0.02
Oxyethira sp.	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Plectrocnemia conspersa	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limnephilidae	0.11	0.03	0.00	0.00	0.08	0.02	0.26	0.24	0.09	0.12	0.08	0.05
Diptera	0.08	0.03	0.05	0.09	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00
Chironomidae	5.63	5.48	6.21	4.92	1.31	1.30	4.27	3.81	3.04	5.60	1.61	1.56
Simuliidae	0.03	0.05	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	0.03	0.02	0.07	0.00	0.01
Psychodidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Ceratopogonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Dixidae	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Culicidae	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Sum</b>	<b>12.20</b>	<b>12.86</b>	<b>12.47</b>	<b>12.18</b>	<b>7.92</b>	<b>8.92</b>	<b>8.99</b>	<b>7.72</b>	<b>5.65</b>	<b>10.18</b>	<b>11.29</b>	<b>6.45</b>

**Vedlegg 2.** Prosentvis fordeling av bunndyr pr. tre-minutts sparkeprøve i Driva på stasjon 1 (ubehandlet område) og stasjon 3-5 (klorbehandlet område) like før og like etter behandlinga

		St. 1 (ubehandlet)		St. 3 (behandlet)		St. 4 (Behandlet)		St. 5 (Behandlet)	
		Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter
Nematoda	Rundormer	0,4	0,1	0,6	0,8	0,3	0,1	0,2	0,9
Oligochaeta	Fåbørstemark	2,6	0,9	0,8	10,1	8,0	12,8	5,9	4,8
Hydrachnidia	Vannmidd		1,3	0,2	1,2	0,6	2,4	1,1	
Ostracoda	Muslingkreps	0,1	2,8	0,2	1,7	0,2	0,6	0,8	0,3
Ameletus inopinatus	Døgnflue	4,3	4,2	8,0	1,9	1,1	1,1	3,4	6,4
Baetis fuscatus/scambus	Døgnflue	1,1	0,1	2,2		1,8			
Baetis muticus	Døgnflue		0,6	0,1					
Baetis rhodani	Døgnflue	57,6	63,7	58,3	37,2	53,5	21,4	27,3	0,7
Baetis subalpinus	Døgnflue	1,7	0,2	1,2	0,2	0,4		0,7	
Heptagenia	Døgnflue	3,0	3,5	1,8	3,1	1,1	1,1	1,1	1,0
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	0,5	0,9	0,1	0,9	0,4	0,4		0,9
Heptagenia sulphurea	Døgnflue		0,2		0,1	0,4	0,4	0,1	0,1
Ephemerella aurivillii	Døgnflue	0,1	0,1		0,2	0,1			
Ephemerella mucronata	Døgnflue	0,1	0,9			0,3	0,1		0,1
Diura nanseni	Steinflue	4,3	1,7	1,5	3,2	3,9	4,5	4,8	4,9
Isoperla	Steinflue	0,3				0,3	0,1	0,1	0,2
Siphonoperla burmeisteri	Steinflue					0,1	0,1	0,1	
Taeniopteryx nebulosa	Steinflue					0,1			
Brachyptera risi	Steinflue						0,7		
Amphinemura borealis	Steinflue	2,0	4,6	0,7	8,5	3,6	10,0	2,3	14,4
Protonemura meyeri	Steinflue						0,1		
Capnia	Steinflue	0,1	0,7	1,2	10,8	5,2	26,3	1,5	23,9
Leuctra	Steinflue					0,1	1,6		1,5
Leuctra fusca	Steinflue	0,9	0,1	0,2		0,1	0,1	0,1	
Hydrophilidae (larve)	Bille	0,1						0,1	
Elmis aenea	Bille	0,1	0,7	0,2			0,4	0,1	
Rhyacophila nubila	Vårflue	0,7	1,3		2,3	0,4	1,1	0,1	0,5
Glossosoma intermedium	Vårflue					0,1		0,1	
Hydroptila	Vårflue	0,1		0,1					
Limnephilidae	Vårflue	0,1	0,1			0,1		0,1	
Apatania	Vårflue	0,3	0,2	1,2	0,1	1,4			
Apatania stigmatella	Vårflue					0,1			
Chaetopteryx/Annitella	Vårflue			0,1		0,1			
Tipulidae	Stankelbein	0,1	0,1		0,1	0,1			
Chironomidae	Fjærmygg	19,2	11,2	20,9	17,0	16,5	14,2	49,8	38,3
Simuliidae	Knott	0,1	0,1	0,1		0,1	0,2	0,1	
Psychodidae	Sommerfuglmygg	0,1		0,1		0,1	0,4		
Ceratopogonidae	Sviknott		0,1	0,1					0,1
Dicranota	Småstankelbein	0,6	0,2	0,1	0,8	0,2	0,1		1,0
Empididae	Småstankelbein		0,1					0,1	
Radix balthica	Damsnegl							0,1	
<b>Sum</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Vedlegg 3.** Antall individer av bunndyr pr. tre-minutts sparkeprøve i Driva på stasjon 1 (ubehandlet område) og stasjon 3-5 (klorbehandlet område) like før og like etter behandlinga

		St. 1 (ubehandlet)		St. 3 (behandlet)		St. 4 (Behandlet)		St. 5 (Behandlet)	
		Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter
Nematoda	Rundormer	11	3	10	10	12	1	2	11
Oligochaeta	Fåbørstemark	80	50	13	130	290	370	60	60
Hydrachnidia	Vannmidd		70	4	15	20	70	11	
Ostracoda	Muslingkreps	3	150	3	22	9	18	8	4
Ameletus inopinatus	Døgnflue	130	230	130	24	40	33	35	80
Baetis fuscatus/scambus	Døgnflue	32	2	36		65			
Baetis muticus	Døgnflue		31	1					
Baetis rhodani	Døgnflue	1740	3470	950	480	1940	620	280	9
Baetis subalpinus	Døgnflue	50	12	20	2	13		7	
Heptagenia	Døgnflue	90	190	30	40	40	32	11	13
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	14	50	2	12	15	13		11
Heptagenia sulphurea	Døgnflue		11		1	13	11	1	1
Ephemerella aurivillii	Døgnflue	1	3		2	2			
Ephemerella mucronata	Døgnflue	2	50			11	1		1
Diura nanseni	Steinflue	130	90	25	41	140	130	49	62
Isoperla	Steinflue	10				10	1	1	3
Siphonoperla burmeisteri	Steinflue					2	1	1	
Taeniopteryx nebulosa	Steinflue					1			
Brachyptera risi	Steinflue						21		
Amphinemura borealis	Steinflue	60	250	11	110	130	290	24	180
Protonemura meyeri	Steinflue						1		
Capnia	Steinflue	2	40	20	140	190	760	15	300
Leuctra	Steinflue					1	46		19
Leuctra fusca	Steinflue	28	2	4		3	1	1	
Hydrophilidae (larve)	Bille	3						1	
Elmis aenea	Bille	2	40	4			11	1	
Rhyacophila nubila	Vårflue	22	70		30	13	31	1	6
Glossosoma intermedium	Vårflue					1		1	
Hydroptila	Vårflue	1		2					
Limnephilidae	Vårflue	2	1			2		1	
Apatania	Vårflue	10	10	20	1	50			
Apatania stigmatella	Vårflue					1			
Chaetopteryx/Annitella	Vårflue			1		1			
Tipulidae	Stankelbein	1	1		1	3			
Chironomidae	Fjærmygg	580	610	340	220	600	410	510	480
Simuliidae	Knott	1	1	1		1	5	1	
Psychodidae	Sommerfuglmygg	1		1		2	12		
Ceratopogonidae	Sviknott		1	1					1
Dicranota	Småstankelbein	17	11	1	10	7	2		12
Empididae	Småstankelbein		1					1	
Radix balthica	Damsnegl							1	
<b>Sum</b>		<b>3023</b>	<b>5450</b>	<b>1630</b>	<b>1291</b>	<b>3628</b>	<b>2891</b>	<b>1024</b>	<b>1253</b>

**Vedlegg 4.** Gjennomsnittlig antall individer av bunndyr pr. kvadratmeter, samt lakselus, i Surberprøver fra Driva på klorbehandlet stasjon (st. 5 ved Kiklingbrekk) og på ubehandlet stasjon (st. 1 ved Kjerkesteinhølen) like før og like etter behandlinga

		Klorbehandlet		Ubehandlet	
		Før	Etter	Før	Etter
Nematoda	Rundormer	32	214	28	56
Oligochaeta	Fåbørstemark	60	259	103	92
Hydrachnidia	Vannmidd	39		4	34
Ostracoda	Muslingkreps	21	24	109	492
Lepeophtheirus salmonis	Lakselus		2		
Ameletus inopinatus	Døgnflue	62	116	242	684
Baetis fuscatus/scambus	Døgnflue	4	2	68	26
Baetis muticus	Døgnflue			2	
Baetis rhodani	Døgnflue	244	28	556	1754
Baetis subalpinus	Døgnflue	4		11	
Heptagenia sp.	Døgnflue	4	2	13	90
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	2	2	26	75
Heptagenia sulphurea	Døgnflue	4		26	
Ephemerella mucronata	Døgnflue		6	2	45
Ephemerella aurivillii	Døgnflue	24			2
Diura nanseni	Steinflue	34	66	90	107
Isoperla sp.	Steinflue		2	2	
Amphinemura borealis	Steinflue	24	36	45	66
Capnia sp.	Steinflue	2	79	6	60
Leuctra sp.	Steinflue	4	26	4	
Leuctra fusca	Steinflue	2		4	
Leuctra nigra	Steinflue				4
Hydrophilidae	Bille	4	4	2	
Elmis aenea	Bille		2	2	21
Rhyacophila nubila	Vårflue	9	2		
Hydroptila sp.	Vårflue	26			
Limnephilidae	Vårflue		4		24
Apatania sp.	Vårflue				21
Tipulidae	Stankelbein		2		
Chironomidae	Fjærmygg	834	535	428	342
Simuliidae	Knott		2		
Ceratopogonidae	Sviknott			2	2
Dixidae	U-mygg	2			
Dicranota sp.	Småstankelbein	6		9	
Empididae	Småstankelbein	2			
Sphaeriidae	Erte/kulemusling			2	
<b>Sum</b>		<b>1450</b>	<b>1416</b>	<b>1786</b>	<b>3998</b>







**NTNU Vitenskapsmuseet** er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-319-4  
ISSN 1894-0064

© NTNU Vitenskapsmuseet  
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

[www.ntnu.no/museum](http://www.ntnu.no/museum)