

## Partikkelutslipp fra skiferindustri i Drivavassdraget

Undersøkelser av påvirkning på fisk og bunndyr

Eva M. Ulvan, Øyvind Solem, Agnar Kvellestad og Terje Bongard



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs 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. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. 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.

# Partikkelutslipp fra skiferindustri i Drivavassdraget

Undersøkelser av påvirkning på fisk og bunndyr

Eva M. Ulvan  
Øyvind Solem  
Agnar Kvellestad  
Terje Bongard

Ulvan, E.M., Solem, Ø., Kvellestad, A. & Bongard, T. 2014. Partikkelutslipp fra skiferindustri i Drivavassdraget. Undersøkelser av påvirkning på fisk og bunndyr. - NINA Rapport 1040. 53 s.

Trondheim, mai, 2014

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2656-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Trygve Hesthagen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Tor F. Næsje

OPPDRAGSGIVERE/BIDRAGSYTERE

Minera Skifer AS, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Oppdal kommune, Fylkesmannen i Møre og Romsdal og Sunndal kommune

KONTAKTPERSONER HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTERE

Sivert Sæteren, Knut Erik Godtland, Iver Tanem, Arild Hoel, Leif Magnus Sættem og Carl. S. Bjurstedt

FORSIDEBILDE

Oppbevaringsbur for fisk i Driva ved Drivstua. Foto: Øyvind Solem

NØKKEWORD

- Norge, Sør-Trøndelag, Oppdal kommune
- Driva
- Sjørret (*Salmo trutta*)
- Bunndyr
- Konsekvensutredning
- Økologisk tilstand
- Utslipp
- Skiferindustri
- Suspenderte partikler
- Patologi

KEY WORDS

Norway, River Driva, Brown trout (*Salmo trutta*), benthic fauna, emissions, slate industry, suspended solid, pathology.

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**

Framsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00

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

## Sammendrag

Ulvan, E.M., Solem, Ø., Kvellestad, A. & Bongard, T. 2014. Partikkelutslipp fra skiferindustri i Drivavassdraget. Undersøkelser av påvirkning på fisk og bunndyr. – NINA Rapport 1040. 53 s.

Drivavassdraget har bestander av sjøvandrende laksefisk på en om lag 85 kilometer lang elvestrekning mellom Sunndalsøra og absolutt vandringshinder 580 meter over havet i Drivdalen. Etter at lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble introdusert på 1970-tallet har ungfisbestandene av laks (*Salmo salar* L.) blitt kraftig redusert, og i løpet av de siste 10 årene har også ungfisbestandene av ørret (*Salmo trutta* L.) hatt en betydelig nedgang. En mulig medvirkende årsak til sistnevnte er utslipp fra skiferindustrien i Drivdalen.

Formålet med undersøkelsene var å undersøke om utslippene fra skiferindustrien i) påvirker bunnfaunaen negativt og ii) er en medvirkende årsak til en observert nedgang i mengde ørretunger i senere år.

For å kartlegge forekomsten av bunndyr ble det tatt åtte sparkeprøver (fire prøver ved to tidspunkt) på stasjoner oppstrøms, nedstrøms og i selve influensområdet. ASPT-indeks, EPT, Forsuringsindeks 1 og Forsuringsindeks 2 for stasjonene ble beregnet. Alle bunndyrlokalitetene hadde «god økologisk tilstand» eller bedre. Midt i utslippsområdet var artsantall og forekomster lavere enn referansestasjonene, men denne effekten var borte allerede ved nedre deler av anleggsområdet.

For å vurdere effekten av partikkelutslippet på ørret ble ungfisk plassert i bur på stasjoner oppstrøms, nedstrøms og i selve utslippsområdet. Forsøket pågikk i 14 dager, fisken ble observert daglig, og det ble tatt prøver for histologiske undersøkelser ved to tidspunkt. All fisk overlevde forsøket. Fiskens adferd var tilsynelatende normal på alle stasjonene med unntak av stasjonen i utslippsområdet, hvor fisken ofte ble observert svømmende helt i overflata. Ved histologiske undersøkelser ble det ikke påvist partikler i gjeller og indre organer, men mulige partikkelinduserte sykdomsforandringer ble påvist hos fisk fra utslippsområdet.

Det ble på samtlige stasjoner tatt vannprøver for analyser av fysiske og vannkjemiske parametere, samt forekomst av termotolerante koliforme bakterier. I vannprøven fra utslippet ble det påvist svært forhøyede konsentrasjoner av partikler, kobber og totalt fosfor.

På bakgrunn av undersøkelsen foreslås følgende tiltak for å bedre situasjonen i de øvre delene vassdraget:

- Bygging av små sedimenteringsdammer, som kan tømmes med jevne mellomrom, eller ved behov.
- Kartlegging av kildene til de forhøyede verdiene av kobber og fosfat i utslippsvannet.
- Innsamling av vannprøver på stasjoner for å overvåke konsentrasjonene av vannkjemiske parametere på lav vannføring.

Eva M. Ulvan, Øyvind Solem & Terje Bongard, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. Agnar Kvellestad, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Postboks 5003, 1432 Ås

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Beskrivelse av vassdraget</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Metoder og materiale</b> .....	<b>12</b>
3.1 Stasjonsutvalg.....	12
3.2 Bunndyrundersøkelser.....	17
3.3 Burforsøk med ørret.....	18
3.3.1 Observasjon av fisk.....	19
3.3.2 Prøvetaking av ørret.....	19
3.3.3 Undersøkelse av fisk.....	20
3.4 Vannprøver.....	20
<b>4 Resultater</b> .....	<b>22</b>
4.1 Bunndyrundersøkelser.....	22
4.2 Burforsøk med ørret.....	27
4.2.1 Observasjon av fisk.....	27
4.2.2 Undersøkelse av fisk.....	27
4.3 Vannprøver.....	29
<b>5 Diskusjon</b> .....	<b>33</b>
5.1 Bunndyrundersøkelser.....	33
5.1.1 Effekter av partikkelutslipp på bunndyrfaunaen.....	33
5.1.2 Eutrofiering og forsurening.....	34
5.2 Burforsøk med ørret.....	34
5.2.1 Observasjon av fisk.....	34
5.2.2 Undersøkelse av fisk.....	35
5.3 Vannprøver.....	36
<b>6 Konklusjoner</b> .....	<b>37</b>
<b>7 Forslag til tiltak</b> .....	<b>38</b>
<b>8 Referanser</b> .....	<b>39</b>
8.1 Vitenskaplige publikasjoner og rapporter.....	39
8.2 Elektroniske kilder.....	41
<b>9 Vedlegg</b> .....	<b>42</b>
Vedlegg 1. Rådata fra analyseresultatene av vannprøver tatt 1. september 2013.....	42
Vedlegg 2. Rådata fra analyseresultatene av vannprøver tatt 9. september 2013.....	45
Vedlegg 3. Analyseresultater av bakterier fra vannprøver tatt 1. september 2013.....	48
Vedlegg 4. Analyseresultater av bakterier fra vannprøver tatt 9. september 2013.....	50
Vedlegg 5. Histologisk undersøkelse av organer fra ørretunger som eksperimentelt ble eksponert i 14 dager for suspenderte partikler/svevepartikler fra skiferindustri sluppet ut i elva Driva.....	52
Vedlegg 6. Vannføring ved Risfossen forsøksperioden 2013.....	53
Vedlegg 7. Vannføring ved Risfossen februar 2014.....	54

## Forord

Undersøkelsene er finansiert av Minera Skifer AS, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Oppdal kommune og Sunndal kommune. I tillegg bidro NINA med egne midler. Vi takker alle for oppdraget og for godt samarbeid underveis.

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU). Feltarbeidet i forbindelse med undersøkelsene ble gjennomført av Øyvind Solem, Eva M. Ulvan og Terje Bongard fra NINA. I tillegg ble feltundersøkelsene assistert av Frode Aalbu fra SNO. Vi vil med dette rette en stor takk for deltagelse og hjelp under feltarbeidet. Undersøkelser av fisk ble foretatt av Agnar Kvellestad fra NMBU. Ann Kristin Schartau fra NINA har bidratt med faglige innspill.

Trondheim, mai 2014

Øyvind Solem  
Prosjektleder



# 1 Innledning

Laks og sjørretbestandene i Drivavassdraget er svært spesiell, ikke bare nasjonalt, men også internasjonalt i og med at den har en svært lang elvevandring som bringer en del av bestanden høyt til fjells (Korsen og Gjøvik 1978). Bevaring av sjørretbestanden i vassdraget er derfor ikke bare viktig lokalt, men også nasjonalt og internasjonalt (Anonym 2002). Undersøkelser viser at det er signifikante genetiske forskjeller hos ørret innad i vassdraget (Solem mfl. 2012 & K. Hindar og S. Karlsson, NINA, pers. medd.). Størst var forskjellen mellom øvre del og nedre del. Disse undersøkelsene viser at sjørretbestanden i vassdraget består av flere subpopulasjoner som er genetisk forskjellige, noe som gjør det enda viktigere å bevare sjørreten i hele vassdraget.

I de senere årene har også tettheten av ungfisk av sjørret i Drivavassdraget blitt svært redusert. Ungfiskundersøkelser utført av NINA viser at nedgangen har vært størst i de øvre deler av elva, noe som tyder på at det også er andre faktorer enn forhold i sjøen som påvirker bestanden (Solem mfl. 2011).

Det anses derfor som viktig å få undersøkt om utslipp av slipe- og sagestøv fra skiferindustri er en medvirkende årsak til tilbakegangen av ørretunger i øvre deler av den anadrome delen av Drivavassdraget. For å fastsette økologisk tilstand i området ble det også foretatt bunndyrundersøkelser, samt sett på begroing i elva. Drivavassdraget har subpopulasjoner av ørret, er varig vernet og er i tillegg et nasjonalt laksevassdrag. Det tilhører derfor «beskyttede områder» i henhold til vannforskriften (§ 16 og vedlegg IV). Dette krever at potensielt svært skadelige trusler på sjørretbestanden må kartlegges, og tiltak for å unngå eventuelle framtidige skader må settes inn. Formålet med undersøkelsene var derfor å undersøke omfanget av partikkelutslippet i Driva og eventuelle økologiske effekter av dette, for deretter å foreslå nødvendige tiltak som kan forebygge eventuelle skader.

Under ungfiskundersøkelser i Drivavassdraget høsten 2011 (Solem mfl. 2011), og gytefisketellinger samme høst (Bremset mfl. 2012), ble det i øvre deler av vassdraget registrert at sikten i elva ble betydelig redusert utover formiddagen. Nærmere undersøkelser viste at dette med stor sannsynlighet skyldtes utslipp av slipe- og sagestøv fra skiferindustrien i Drivdalen. Disse utslippene har pågått mer eller mindre regelmessig siden 1974 da saging i større målestokk ble startet opp. Etter at det i 2005 ble montert et anlegg for kalibrering av skifer, har mengden slam økt ytterligere. Utslippene har tidvis et relativt stort omfang siden vassdraget får en betydelig redusert sikt, selv ved en vannføring på over 10 m<sup>3</sup>/s.

Suspenderte organiske og uorganiske partikler (SP) er partikler som holder seg svevende i vann. SP er hevdet å være en av de mest skadelige former for vannforurensing, og kan inneholde organiske og uorganiske miljøgifter (Kemp mfl. 2011).

Effekten av partikler på vannlevende organismer avhenger av eksponeringens varighet og konsentrasjon, kjemiske sammensetning, størrelse og form (Bilotta & Brazier 2008). Suspenderte partikler kan også påvirke den kjemiske vannkvaliteten ved å avgi til eller ta opp stoffer fra vannet (Bilotta & Brazier 2008, Hessen mfl. 1989, Bjerknes mfl. 1996).

Mekanismene for effekter på vannlevende organismer kan virke via endret kjemisk vannkvalitet, mekaniske skader på organer eller vev hos organismer, nedslamming av leveområder inkludert områder viktige for reproduksjon og redusert fødetilgang.

Eksponering kan, avhengig av art og livsstadium, resultere i forandret oppførsel, unngåelsesreaksjoner, redusert fødeopptak og redusert vekst, redusert toleranse i forhold til andre påvirkninger, tegn til sykdom, fysiologiske og patologiske forandringer, dødelighet og redusert populasjonsstørrelse (Newcombe & Jensen 1996, Kemp mfl. 2011).

Studier av partikeleffekter på fisk har særlig konsentrert seg om gjellene, som har en stor ytre overflate. Men også huden og andre overflater kan påvirkes. Eksperimentelt er det vist at leirpartikler (kaolin) blir tatt opp i gjellene til regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) eksponert 4-32 dager for høye konsentrasjoner (171 – 4887 mg/L, men ikke 36 mg/L) (Goldes mfl. 1986). Det er også påvist opptak av uorganiske partikler som biotitt og mica (glimmer), feltspat, chrysotil (hvit asbest) og kaolin (leire) (Martens & Servizi 1993), karbonpartikler (Woodhead 1981) og plastpartikler (Kiryu mfl. 2000).

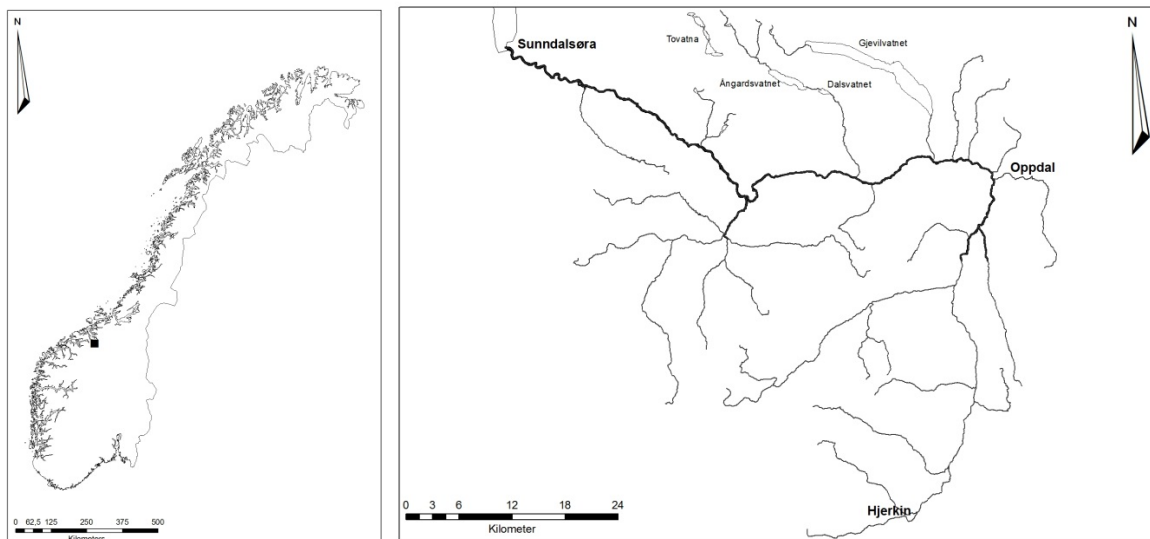
I de fleste studier hvor histologiske undersøkelser er benyttet, er det påvist gjelleforandringer som er tolket som en respons på påvirkning fra eksponeringen (Herbert & Merkens 1961, Newcomb & Flagg 1983, Woodhead mfl. 1983, Servizi & Martens 1987, Ferguson mfl. 1992, Martens & Servizi 1993, Lake & Hinch 1999, Au mfl. 2004, Baba mfl. 2006, Humborstad mfl. 2006, Sutherland & Meyer 2007), men det er i en del av disse studiene benyttet relativt høye konsentrasjoner av SP. For eksempel er partikler fra sprengstein vist å kunne øke slimutsendingen fra fiskens gjeller, og påvirke populasjoner av ungfisk og bunndyr i vassdrag (Hessen mfl. 1989). I noen studier er det derimot ikke påvist histologiske forandringer (McLeay mfl. 1987, Redding mfl. 1987, Reid mfl. 2003). Fisk kvitter seg tilsynelatende raskt med akkumulerte SP i gjellene (Servizi & Martens 1987).

Opptak av SP gjennom gjellene er indikert, men ikke verifisert, ved at det i noen tilfeller er påvist partikler i indre organer, spesielt nyre. Det gjelder asbest av typen amphibol (Batterman & Cook 1981), og av typen chrysotil (Woodhead mfl. 1983), fragmenter fra kiselalger (Batterman & Cook 1981), samt uorganiske mineralpartikler (Martens & Servizi 1993).

## 2 Beskrivelse av vassdraget

Drivavassdraget (**figur 1**) har utspring i fjellområdene mellom Sør-Trøndelag og Oppland, ved Snøhetta og Åmotsdalsfjellene, og munner ut i Sunndalsfjorden i Møre og Romsdal. Vassdraget har et naturlig nedslagfelt på 2 493 km<sup>2</sup> (Gjøvik 1981). Elva er regulert med overføringstunnel fra Gjevilvatnet til Driva kraftverk. Vassli pumpestasjon pumper tilsiget fra Ångardsvatnet og Dalsvatnet inn på tilløpstunnelen og videre opp i Gjevilvatnet. I tillegg ledes en rekke delfelter (Otta, Tovatna, Lonebekken og Storbekken) via sjakter og tunneler inn på tilløpstunnelen til Lillefale 23 km oppstrøms utløpet i fjorden hvor Driva kraftverk ligger. Kraftverket ble satt i drift i 1973, og totalt 373 km<sup>2</sup> av vassdragets nedbørfelt på nord-sida av elva er regulert gjennom dette (Gjøvik 1981).

Vassdragets totale anadrome strekning er oppgitt til 98 km. Det er laks (*Salmo salar* L.) og sjørørret (*Salmo trutta* L.) på en 85 km lang trekning i hovedelva og på en 5 km lang strekning i sideelva Grøa. I tillegg går det opp sjørørret i deler av Grøa, Vinstra, Vekveelva, Dørumselva, Ålma og Bjørbekken (Gjøvik 1981, Thorstad mfl. 2001, Johnsen mfl. 2005). Driva faller 6,6 m pr. km på lakseførende strekning, og er det vassdraget i verden hvor atlantisk laks og sjørørret vandrer høyest over havet (580 m o.h), uten hjelp av laksetrappet eller andre innretninger (Korsen og Gjøvik 1978). Vassdraget er vernet mot ytterligere vassdragsregulering, og er vedtatt som et nasjonalt laksevassdrag (Anonym 2002).



**Figur 1.** Oversiktskart over Drivavassdraget. Strekning med anadrom laksefisk er markert med en tykkere strek. Bakgrunnskart er hentet fra Norge Digitalt.

Vassdraget hadde tidligere et betydelig laksefiske, men ble på midten av 1970-tallet infisert med lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* (Johnsen mfl. 1999). Dette har ført til at laksebestanden i dag er kraftig redusert. Fra 1995 til 2013 har fangsten av laks variert mellom 1297 kg (1996) til 8701 kg (2012) ([www.ssb.no](http://www.ssb.no)). Forekomsten av *Gyrodactylus salaris* har gjort det aktuelt å bygge en langtids fiskesperre i nedre del for å fjerne langtidsvertene fra ovenforliggende vassdragsområder (Thorstad mfl. 2001). Til tross for dette er Driva, i konkurranse med Surna, Møre og Romsdals største lakse- og sjøørretvassdrag både med hensyn til nedbørfeltets størrelse, lengde på lakseførende strekning og fangster av laks og sjøørret (Thorstad mfl. 2001, [www.ssb.no](http://www.ssb.no), [www.nve.no](http://www.nve.no)).

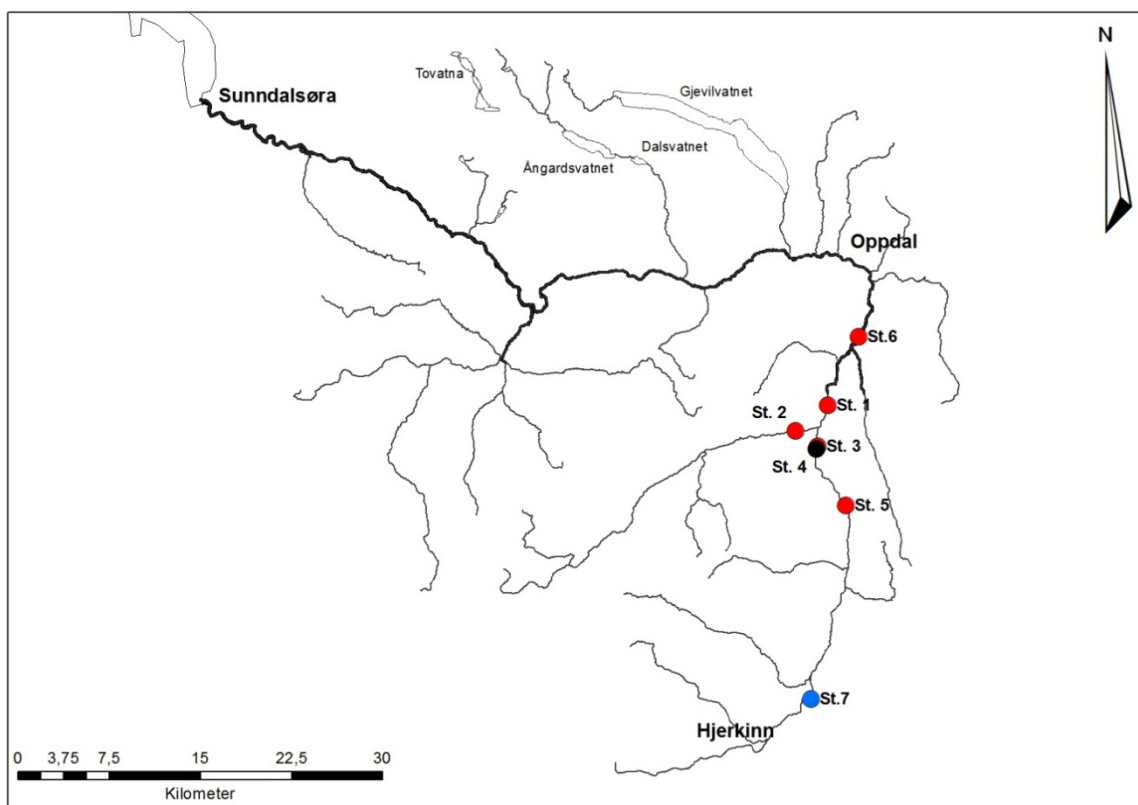
De siste 9-10 årene har det vært en jevnt nedadgående trend hos sjøørretbestanden i Driva, og elvefangst av sjøørret har i flere av disse årene vært under 10 % av nivået på de største fangstene rundt årtusenskiftet. Det kan være mange årsaker til denne reduksjonen, men trolig ligger hovedforklaringen til nedgangen i sjøen (Direktoratet for naturforvaltning 2009). Lakselus, sykdommer, klimaendringer og redusert mattilgang er noen av de årsakene som har vært foreslått. Innslaget av hybrider mellom laks og ørret har vært til dels høyt i Driva (Johnsen mfl. 2005; Arnekleiv mfl. 2006, 2010). Rømt oppdrettslaks kan være en av årsakene til dette, i tillegg til at bestanden av villaks er på et svært lavt nivå som følge av *Gyrodactylus salaris*. Det er usikkert hvor stor negativ innvirkning hybridisering har på bestanden av sjøørret. Det er antatt at det negative potensialet for sjøørret er størst dersom artshybridisering er vidt utbredt og dersom sjøørret er morfisk i hybridiseringen (Solem mfl. 2013).

## 3 Metoder og materiale

### 3.1 Stasjonsutvalg

Ørret ble fanget ved bruk av elektrisk fiskeapparat i et område (stasjon 7), ca. 25 km oppstrøms partikkelutslippet fra Minera Skifer (stasjon 4), se **figur 2** og **tabell 1**. Ørreten ble deretter fraktet i stamper og satt i bur på stasjoner oppstrøms, nedstrøms og på det aktuelle partikkelutslippsstedet, samt i den upåvirka sideelva Åmotsa (**figur 2**). Bunndyr ble samlet inn på områder i tilknytning til burstasjonene (**figur 3**).

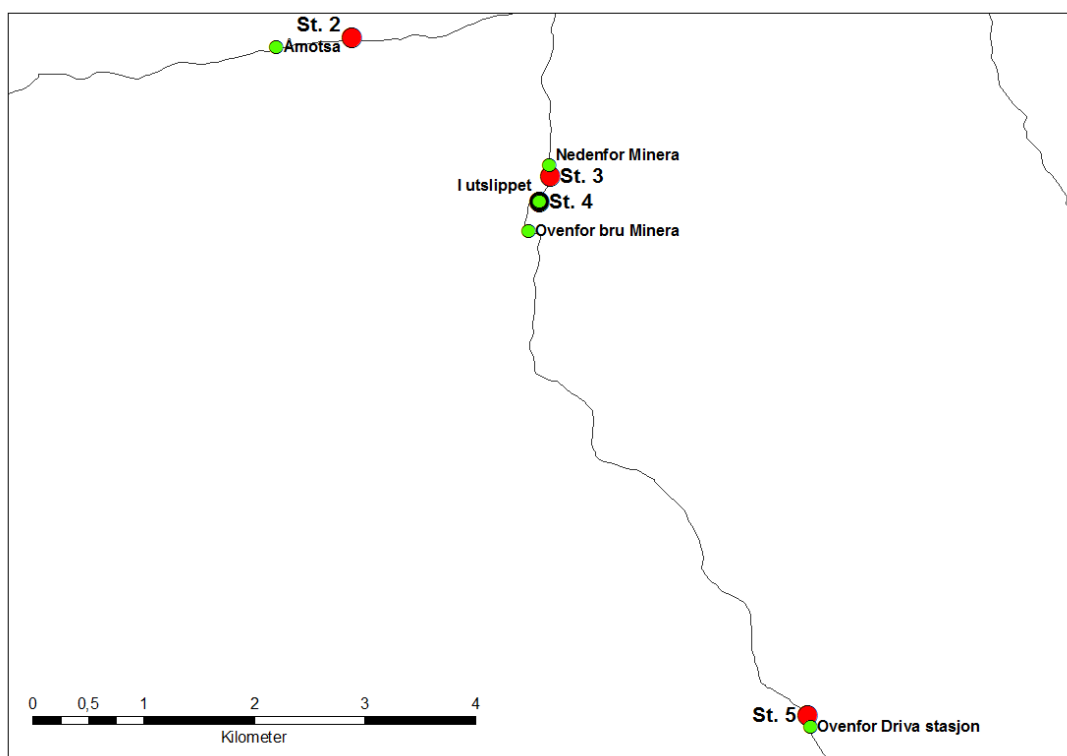
Stasjon 4, stedet for Minera Skifers partikkelutslipp, ligger ved Klevan, og denne stasjonen er hovedfokuset i rapporten med tanke på bunndyr, fisk og vannprøver (**figur 2**, **figur 3** og **tabell 1**). I partikkelutslippet var vannet opakt, og på elvebunnen var det et tykt lag med slam uten begroing (**figur 4**).



**Figur 2.** Oversiktskart over Drivavassdraget med lokalitetene vist som fargede sirkler. Den tykke svarte streken viser anadrom strekning i vassdraget, den svarte sirkelen (St. 4) viser utslippsstedet, de røde sirkelene viser resten av lokalitetene hvor ørret ble holdt i bur, og den blå sirkelen (St. 7) viser hvor fisken i forsøkene ble samlet inn.

**Tabell 1.** Stasjonsnummer, stasjonsnavn og koordinater for stasjonene (gitt i UTM 33) fra undersøkelsen av partikkelutslipp i Driva, gjennomført høsten 2013. Utslippsområdet fra skiferindustri er ved stasjon 4, mens ungfisk benyttet i forsøket ble fanget på stasjon 7.

Stasjonsnr.	Sasjonsnavn	UTM33 Øst	UTM33 Nord
1	Magalaupe camping	221233	6941044
2	Åmotsa	218594	6938906
3	Klevan nedre	220386	6937659
4	Klevanøvre	220287	6937429
5	Drivstua	222713	6932804
6	Skoremsfossen	223804	6946645
7	Jærosbekken	219864	6916874



**Figur 3.** Bunnedyrlokalitetene (grønne sirkler) vist i forhold til burlokalitetene for eksponeringsforsøk fisk (røde sirkler).



**Figur 4.** Stasjon 4. Utslippet kommer ut gjennom et avløpsrør i sidebekken til venstre i bildet, og derfra videre inn i hovedstrengen av Driva. Elvebunnen var dekt med et tykt lag grått slam. Den røde ringen viser hvor buret med ørreten befant seg. Foto: Øyvind Solem.

For å undersøke effektene av Minera Skifers partikkelutslipp ble det opprettet to kontrollstasjoner i upåvirkede områder. På stasjon 5 (**figur 2**, **figur 3** og **tabell 1**) oppstrøms utslippsområdet hadde elvebunnen tett mosebegroing langs land, mens det i djupålen ikke ble observert noe elvemose (**figur 5**). Dette kan tyde på omfattende sedimenttransport i flomsituasjoner. Noe grått slam ble observert også her, men betydelig mindre enn på stasjon 4. På stasjon 2 (**figur 2**, **figur 3** og **tabell 1**), i den upåvirkede sideelva Åmotsa ble det observert noe algebegroing (**figur 6**).





**Figur 5.** Stasjon 5. Upåvirket sone oppstrøms utslippet. Elva har tett mosebe-  
groing langs land, i djupålen er det ikke mose. Foto: Terje Bongard.



**Figur 6.** Stasjon 2. Upåvirket sone i sideelva Åmotsa. Den røde ringen viser  
buret med ørreten som ligger ved en stor stein. Foto: Øyvind Solem.

For å kontrollere hvor langt nedstrøms stasjon 4 utslippet eventuelt påvirker fisken, bunn-dyrene og vannkvaliteten, ble det også opprettet stasjoner nedstrøms utslippsområdet. På stasjon 3, som lå ca. 300 m nedstrøms stasjon 4 (**figur 2**, **figur 3** og **tabell 1**), ble det også funnet grått slam som dekket steinene. Elvebunnen hadde betydelig algebegroing, men lite mose (**figur 7**).



**Figur 7.** Stasjon 3, kun 300 m nedstrøm utslippsstedet. Elvebunnen er av alger og grått slam. Det var lite mose på lokaliteten. Foto: Terje Bongard.

I tillegg til de ovenfornevnte stasjonene ble det tatt prøver ved stasjon 1 ca. 4,3 km nedstrøms utslippsområdet (**figur 2**, **tabell 1** og **figur 8**), og på stasjon 6 som lå på anadromstrekning ca. 8,7 km nedstrøms utslippsstedet (**figur 2** og **tabell 1**). Substratet på stasjon 1 er velegnet for eldre fiskeunger (>1+), og består av stort sett av rullestein og grov grus, med noe finere grus innimellom. Stasjon 6 ble opprettet som en ekstra stasjon for å kartlegge hvor langt nedstrøms stasjon 4 utslippet eventuelt kunne detekteres.



**Figur 8.** Stasjon 6, Skoremsfossen. Buret med ørret var plassert nedstrøms fossen, markert med en rød sirkel i bilde. Foto: Øyvind Solem.

### 3.2 Bunndyrundersøkelser

Det ble tatt til sammen åtte fireminutters sparkeprøver med håndholdt håv i elva. Håven ble ført langs bunnen med åpningen mot strømmen, og bunnssubstratet blir virvlet opp ved at man sparker med den ene foten (Frost mfl. 1971). Materialet er behandlet og analysert etter metode utviklet av Bongard mfl. (2011).

Det ble tatt prøver fra til sammen fem lokaliteter oppstrøms, nedstrøms og i selv utslippsområdet, se **figur 3**). Stasjonene 2-4 ble undersøkt på to tidspunkt, 22. august og 12. september 2013. Stasjon 1 like oppstrøms utslippet ble kun prøvetatt 22. august, mens stasjon 5 kun ble prøvetatt 12. september.

For å vurdere økologisk tilstand i bunndyrsamfunnet ved de forskjellige prøvelokalitetene ble ASPT-indeksen (ASPT; Average Score per Taxon), EPT (antall taksa innenfor døgn-

fluer, steinfluer og vårfluer) og Forsuringsindeks 1 og Forsuringsindeks 2 (Raddum 1999) for lokalitetene beregnet. Endringer i disse indeksene indikerer endringer i artssammensetningen i bunndyrsamfunnet.

ASPT- indeksen (**tabell 2**) er basert på at ulike bunndyrfamilier gis ulike verdi avhengig av deres toleranse ovenfor organisk belastning eller næringssaltanrikning (Anonym 2013).

EPT angir hvor mange arter døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) det er funnet på lokaliteten. En reduksjon i antall EPT-taksa i forhold til forventet antall vil tilsa at lokaliteten er påvirket.

Forsuringsindeks 1 beskriver forsurningsnivået ved middels til sterk forsuring. Den tar ikke hensyn til subletale effekter, og gir derfor liten informasjon ved moderat eller begynnende forsuring. Forsuringsindeks 2 er mer egnet for å fange opp begynnende forsuring. Denne er basert på de samme indikatorene som Forsuringsindeks 1, men justert for forholdet mellom antallet av de mest følsomme artene av døgnfluer og de tolerante steinfluene (Anonym 2013). Klassifisering etter ASPT og de to forsurningsindeksene er basert på avvik fra forventet naturtilstand («svært god økologisk tilstand»).

**Tabell 2.** Klassegrenser for ASPT-indeksen for tilstandsvurdering av bunndyrfaunaen i rennende vann i forhold til organisk belastning/eutrofiering (Anonym 2009).

<i>Bunndyrfauna i elver, ASPT, økologiske tilstandsklasser</i>					
Referanseverdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
ASPT	ASPT	ASPT	ASPT	ASPT	ASPT
6.9	>6.8	6.8-6.0	6.0-5.2	5.2-4.4	<4.4

### 3.3 Burforsøk med ørret

For å undersøke om og i hvilken grad ungfisk blir påvirket av partikkelutslipp fra skiferindustri, ble ungfisk av ørret plassert i bur (modifiserte ørekyteruser) oppstrøms og nedstrøms det aktuelle partikkelutslippet, på utslippsstedet og i en sideelva Åmotsa. Ørreten brukt i forsøket ble samlet inn 26. august, 25 km oppstrøms utslippsstedet. Dette for å sikre at forsøkene på alle lokalitetene startet med ørret som tidligere ikke hadde vært utsatt for partikler fra utslippet (uberørt ørret). Ørret ble samlet inn ved hjelp av elektrisk fiskeappa-

rat, i henhold til gjeldende norsk standard for elektrisk fiske (Anonym 2003). Etter innsamling ble ørreten fraktet til stasjonene (**figur 2**), og satt i burene.

Forsøket ble startet 26. august 2013, og avsluttet 9. september 2013 på alle stasjoner med unntak av stasjon 6, Skoremsfossen der forsøket ble avsluttet 25. september 2013.

### 3.3.1 Observasjon av fisk

Det ble foretatt daglige inspeksjoner av fisken og burene. Burene ble sjekket for påvekst og gjenklogging. Fisken ble observert for å se om det var tegn til unormal adferd og avvik i ytre farge. På utslippsstedet var vannet så uklart at det var vanskelig å observere fisken uten å løfte på buret. For ikke å forstyrre fisken for mye ble dette gjort hver tredje dag. For at de skulle ha litt skjul ble det lagt inn noen steiner i hvert bur.

### 3.3.2 Prøvetaking av ørret

Det ble tatt ut 12 ørret fra de forskjellige lokalitetene ved to tidspunkt, 1. september og 9. september. Ved hvert tidspunkt ble ørreten først avlivet ved slag i hodet, lengdemålt og lagt på 10 % fosfatbufret formalin. Etter avlivning og før fiksering fikk ørreten blø ut, ved at halen ble kappet av i bakkant av fettfinnen (**figur 9**). Bakerste del av venstre gjellelokk og hele venstre bukvegg ble fjernet (**figur 9**). Til slutt ble svømmeblæra trukket nedover for å blottlegge nyrene. Dette ble gjort for å sikre bedre fiksering av gjeller og nyre.



**Figur 9.** Prøvetaking av ørretunger fra Driva. Ørreten fikk blø ut ved at halen ble kappet av i bakkant av fettfinnen (svart og hvit linje). Bakerste del av venstre gjellelokk ble fjernet ved å snitte langs mørkblå linje. Venstre bukvegg ble fjernet ved å snitte langs røde linjer. Foto: Øyvind Solem.

### 3.3.3 Undersøkelse av fisk

Histologiske undersøkelser ble utført ved hjelp av standard metoder (Culling mfl. 1985, Kvellestad & Larsen 1999). Undersøkelsene ble gjort på fisk fra hver av stasjonene; stasjon 5, 4 og 3. Andre gjellebue på venstre side, biter fra lever, milt og midtnyre (3x10 fisk) og hud/muskulatur (3x5 fisk) fra venstre side av ryggen mellom hode og ryggfinnen ble dissekert ut og støpt i parafin. Histologiske snitt fra parafinblokkene (5-10 µm tykke) ble farget med hemalum (hematoksylin) og eosin. Snittene ble undersøkt ved hjelp av lysmikroskopi uten kjennskap til individnummer eller hvilken stasjon fisken kom fra. Det ble først beskrevet typer av forandringer som var vanlige eller mest vanlige, og omfanget av disse ble deretter semikvantifisert på en skala fra 0-3. Null er ingen påviste forandringer og 1-3 er henholdsvis sparsomme, moderate og uttalte forandringer eller henholdsvis få, moderat antall og mange dersom det er snakk om antall (for eksempel celler). Gradering 1 ble benyttet når det måtte letes en del for å finne forandringene, 3 ble benyttet når forandringer fantes over alt og 2 for det som lå imellom. Visse normalt forekommende celletyper ble også semikvantifiserte i henhold til den samme skalaen.

Siden det ble målt høye kobberkonsentrasjoner i vann fra utslippsområdet ble gjellesnitt fra fem fisk farget med rubeanic acid (dithiooxamide) (Culling mfl. 1985). Rubeanic acid danner fargede komplekser med ulike metaller, og med kobber en karakteristisk mørkegrønn farge. En følsomhet på 6 ng er antydning for kobber (Perase 1985).

Histologiske snitt ble også undersøkt ved hjelp av polarisasjonsmikroskopi for påvisning av partikler.

Sporden fra 29 fisk fra de tre stasjonene ble undersøkt ved hjelp av stereomikroskop.

## 3.4 Vannprøver

Det ble tatt vannprøver ved lokalitetene ved to tidspunkt, 1. september og 9. september (**tabell 3**). Prøvene ble oppbevart på vannprøvefalsker, og levert til Analysesenteret til Trondheim kommune (akkreditert laboratorium) for analyser av fysiske og vannkjemiske parametere samt termotolerante koliforme bakterier. Metoder og parametere brukt for analysene fremgår av **vedleggene 1-4**.

Det er viktig å merke seg av vannprøven ved stasjon 4 (i utslippsområdet) ble tatt direkte fra utslippsrøret, og ikke fra elva. På stasjon 5 og stasjon 2, som var kontrollstasjoner henholdsvis ved Drivstua og i sideelva Åmotsa, ble vannprøven tatt ved buret. Det samme gjelder for stasjonene nedstrøms utslippsstedet. Stasjon 3 lå like nedstrøms utslippet (~300 m), stasjon 1 lå 4,3 km nedstrøms utslippsstedet og stasjon 6 lå på anadrom strekning ca. 8,7 km nedstrøms utslippsstedet.

**Tabell 3.** Tidspunkt for vannprøvetaking ved de forskjellige lokalitetene i Driva.

<b>Stasjonsnr.</b>	<b>Lokalitetsnavn</b>	<b>01.09.2013</b>	<b>09.09.2013</b>
<b>1</b>	Magalaupet camping	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>2</b>	Åmotsa	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>3</b>	Klevan nedre	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>4</b>	Klevan øvre	-	<b>x</b>
<b>5</b>	Drivstua	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>6</b>	Skoremsfossen	-	<b>x</b>

Ifølge Vann-nett ([www.vann-nett.no](http://www.vann-nett.no)) tilhører Driva, fra Rundhaugen til Mågålaupet vanntype kalkfattig, klar med TOC 2-5 mg/l. Vannforekomsten er angitt å ha «moderat økologisk tilstand».

## 4 Resultater

### 4.1 Bunndyrundersøkelser

På stasjon 4 ble det 22. august og 12. september 2013 funnet henholdsvis 59 og 256 antall dyr per minutt sparkeprøve (R1), se **tabell 4** og **figur 10**. På stasjon 2 var de tilsvarende tallene 38 og 651 (**tabell 4** og **figur 10**), mens det på stasjon 3 ble funnet på 86 og 143 individer (**tabell 4** og **figur 10**). Stasjonen like oppstrøms utslippet, ved brua til Minera Skifer, ble kun undersøkt 22. august, og da var antallet 49 (**tabell 4** og **figur 10**). Den 12. september 2013 ble det tatt en sparkeprøve lengre oppstrøms utslippsområdet, på stasjon 5, og her ble det funnet 308 dyr per minutt sparkeprøve (**tabell 4** og **figur 10**).

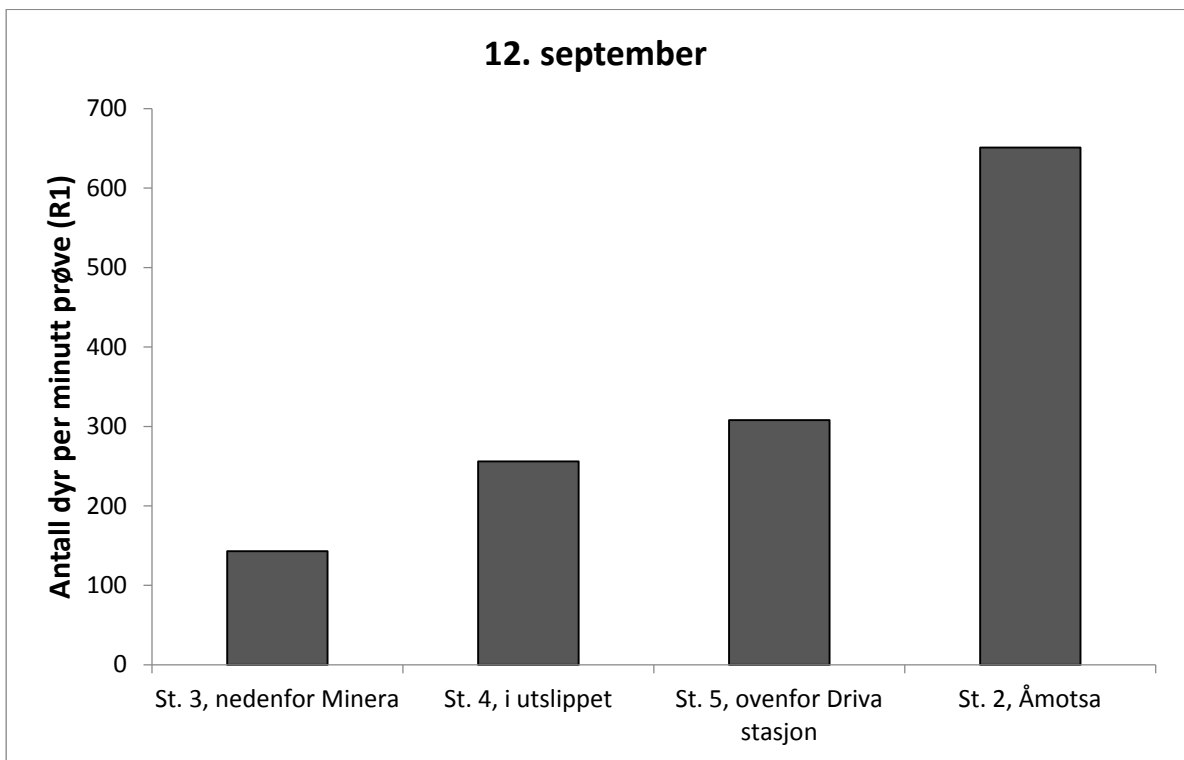
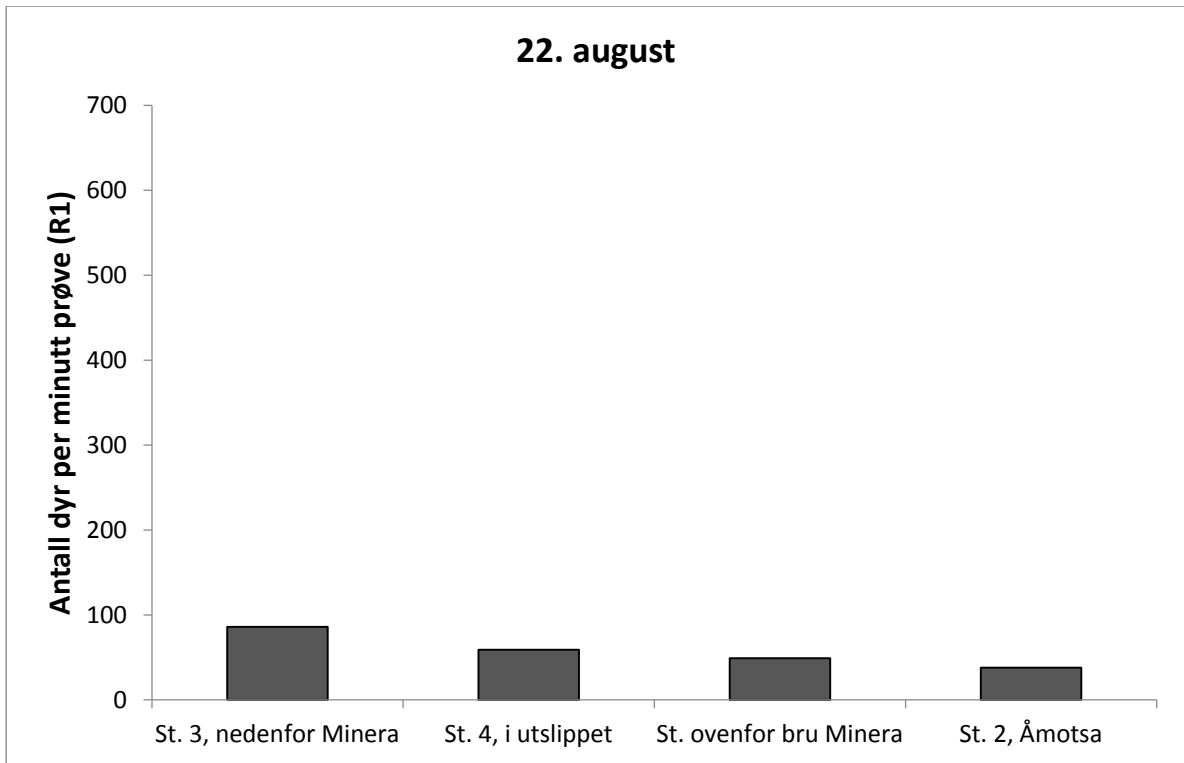
Når det gjelder antall EPT-taksa ble det i prøvene tatt 22. august 2013 funnet fem på stasjon 4, sju på stasjon 2, seks på stasjon 3 og åtte på stasjonen like oppstrøms utslippet (**tabell 4** og **figur 11**). Det samme mønsteret, med noe færre EPT-taksa i utslippet, ble også funnet i prøvene tatt 12. september 2013. Fire taksa på stasjon 4, 11 på stasjon 2, åtte på stasjon 3 og ni på stasjon 5, se **tabell 4** og **figur 11**.

ASPT-indeksen viste fra «god økologisk tilstand» til «svært god økologisk tilstand». 22. august ble stasjonen like oppstrøms utslippet og stasjon 2 klassifiserte med en ASPT indeks over 6,8 som tilsvarer «svært god økologisk tilstand», mens stasjon 4 og stasjon 3 ble klassifisert til «god økologisk tilstand» (**tabell 4** og **figur 12**). Ved prøvetakningen 13. september hadde stasjon 4 en ASPT indeks på 6,5 som tilsvarer «god økologisk tilstand», mens de andre stasjonene alle hadde en indeks på over 6,9, og dermed «svært god økologisk tilstand».

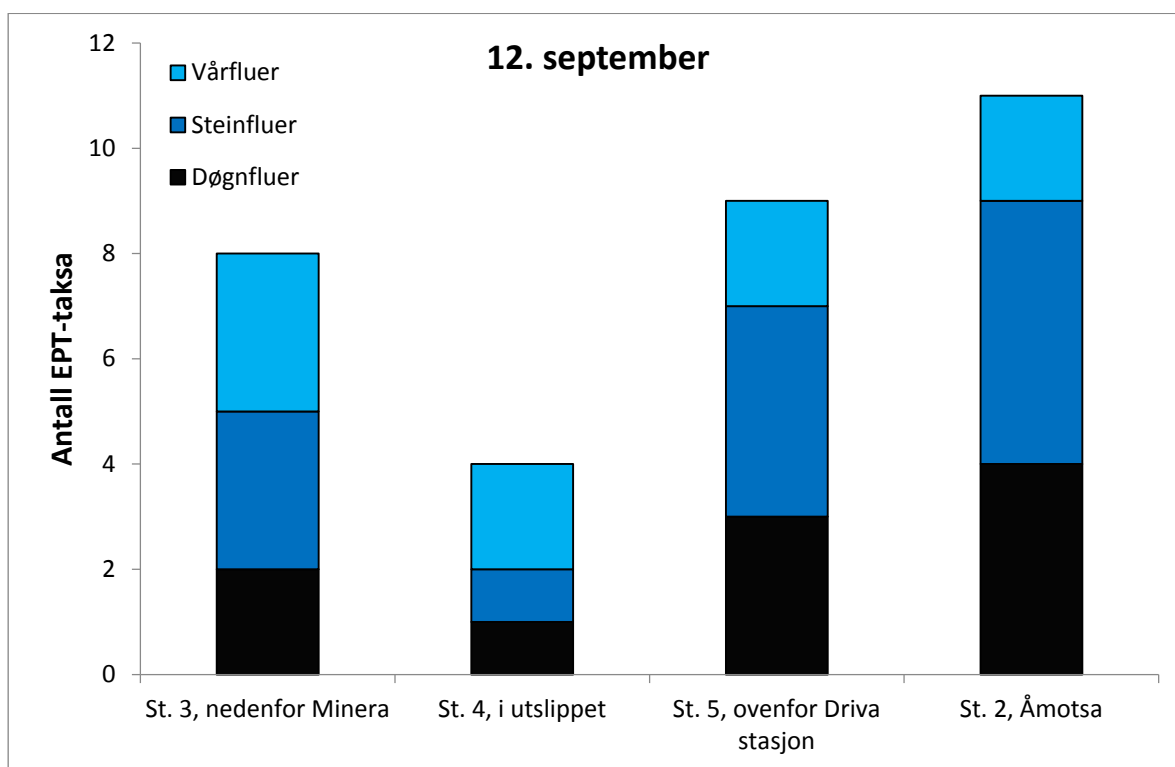
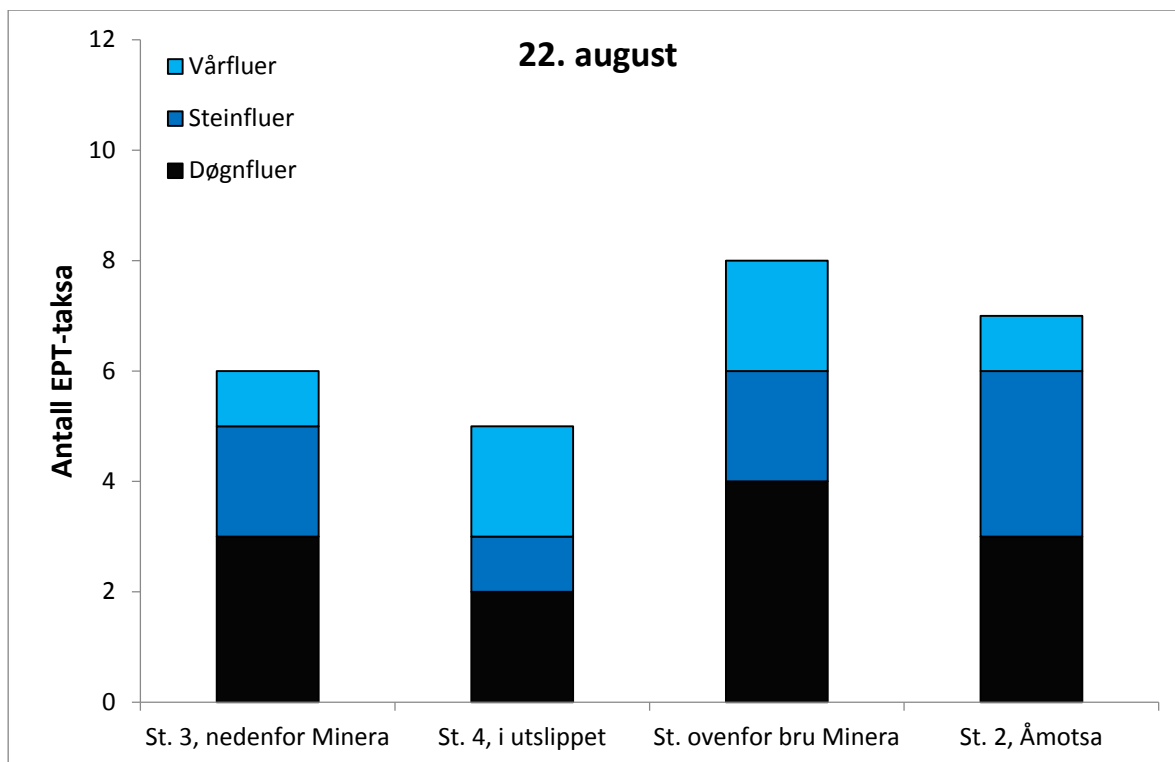


**Tabell 4.** Forekomster av bunndyr og indeksverdier for lokalitetene i Driva og Åmotsa i 2013. Antall per R1 betyr antall dyr per minutt prøve. EPT-taksa forteller hvor mange arter døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) det er funnet på lokaliteten. ASPT (Average Score per Taxon) indeksen brukes til vurdering av den økologiske tilstanden av bunndyrsamfunnet med hensyn til organisk belastning/eutrofiering.

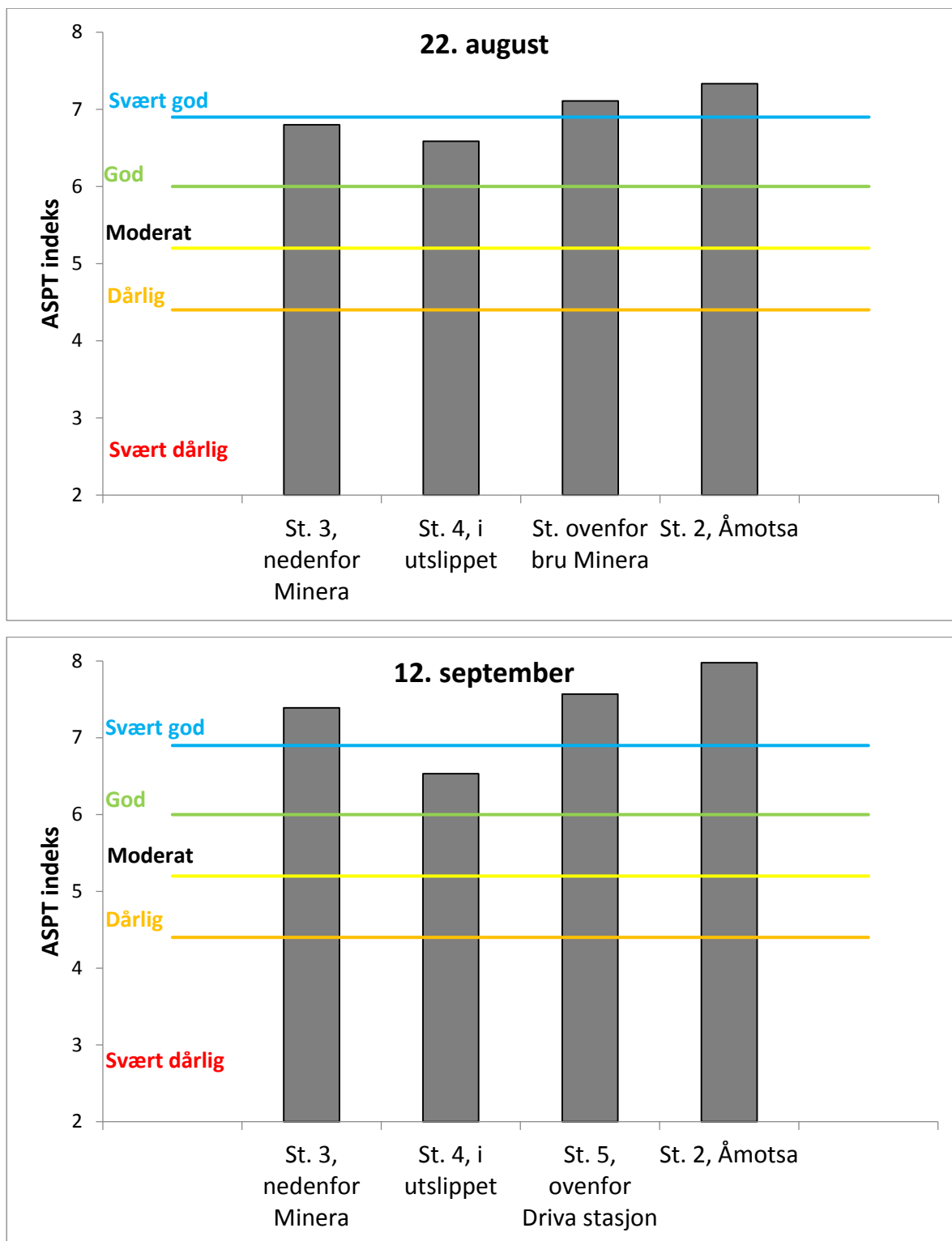
DATO	22.08.2013				12.09.2013			
	Ovenf. bru Minera	I utslippet, St. 4	Nedenf. Minera, St. 3	Åmotsa, St. 2	Ved Drivstua, St. 5	I utslipp, St. 4	Nedenf. r. Minera, St. 3	Åmotsa, St. 2
LOKALITET								
<b>Fåbørstemark</b>	2	2	2	2	5	5	1	1
<b>Midd</b>	3	18	13	3	15	11	3	5
<b>Døgnfluer</b>								
<i>Ameletus inopinatus</i>							2	35
<i>Baetis subalpinus</i>	2		1	8				
<i>Baetis rhodani</i>	5	13	35	6	190	210	90	520
<i>Heptagenia dalecarlica</i>	1				2			2
<i>Ephemerella aroni</i>	12	2	1	2	20			4
<b>Steinfluer</b>								
<i>Diura nanseni</i>	15	6	19	3	4	2	10	2
<i>Isoperla sp.</i>					6			6
<i>I. grammatica</i>				2				
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>				2	3		2	4
<i>Brachyptera risi</i>					2			2
<i>Capnia atra</i>							3	25
<i>Leuctra fusca</i>	2		1					
<b>Klobiller <i>Elmis aenea</i></b>					2			
<b>Vårfluer</b>								
<i>Rhyacophila nubila</i>	2	4	6	2	12		4	2
<i>Limnephilidae</i>						2		
<i>Apatania stigmatella</i>	1							
<i>Potamophylax sp.</i>		8			1			
<i>P. latipennis</i>							1	
<i>Chaetopteryx villosa</i>							1	1
<i>Micrasema setiferum</i>						1		
<b>Stankelbeinmygg</b>					1			
<b>Knott</b>							1	2
<b>Fjærmygg</b>	4	5	7	8	45	25	25	40
<i>Sviknottlarver</i>		1	1					
<b>Antall per R1</b>	<b>49</b>	<b>59</b>	<b>86</b>	<b>38</b>	<b>308</b>	<b>256</b>	<b>143</b>	<b>651</b>
<b>Antall EPT-taksa</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
<b>ASPT</b>	<b>7,1</b>	<b>6,6</b>	<b>6,8</b>	<b>7,3</b>	<b>7,6</b>	<b>6,5</b>	<b>7,4</b>	<b>8,0</b>
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>



**Figur 10.** Antall dyr per minutt sparkeprøve (R1) tatt ved to ulike tidspunkt i 2013.



**Figur 11.** Antall taksa av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT) i bunndyrprøver tatt ved to ulike tidspunkt i 2013.



**Figur 12.** Økologisk tilstand vurdert ut i fra ASPT i Driva, oppstrøms og nedstrøms det aktuelle partikkelutslippet og på utslippsstedet tatt ved to ulike tidspunkt i 2013.

---

## 4.2 Burforsøk med ørret

### 4.2.1 Observasjon av fisk

Fisken ble gjennom hele forsøksperioden observert daglig. På alle stasjoner med unntak av stasjonen i utslippsområdet oppholdt fiskene seg på hvert observasjonstidspunkt rolig og fint i nedre deler av buret. Det ble ikke observert avvikende atferd hos ungfisk på disse stasjonene. På stasjonen i utslippsområdet ble buret med fisk plassert midt i utslippet (**figur 4**). Her ble det ved flere anledninger observert fisk som svømte i overflaten, og ved en anledning ble det også observert fisk utenfor buret med lignede atferd. Det ble ikke observert dødelighet under førsøket. Ved prøvetaking ble det observert avvik i ytre farge ved at de var svært lyse i fargen i forhold til fisk på de andre stasjonene.

### 4.2.2 Undersøkelse av fisk

Det ble spesielt vurdert morfologi som kunne tenkes å variere mellom gruppene, eller som kunne relateres til partikkeleksponeringen. Alle resultatene fra undersøkelsene av fisk er fra stasjon 3-5.

Histologisk ble det påvist ulike typer av patologiske forandringer i gjelle og nyre fra all undersøkt fisk, samt mulige patologiske forandringer i lever og milt (**tabell 5 og vedlegg 5**). Hud var vanskelig å vurdere på grunn av skader som lett kan oppstå ved håndtering av fisken under prøvetaking, og noen konklusjon kunne ikke trekkes. Ingen av typene forandringer som er beskrevet i det følgende ble påvist i bare én av de tre undersøkte gruppene, og ingen kan sies å være spesifikke for partikkeleksponering. Men andelen av fisk med ulike grader av forandring varierte mellom gruppene.

**Tabell 5.** Histologisk undersøkelse av organer fra ørretunger som eksperimentelt ble eksponert i 14 dager for suspenderte partikler/svevepartikler fra skiferindustri sluppet ut i elva Driva. Mhc = melaninholdige celler i lammelenes kapillærer (hårrørskar), MMF = melanomakrofager, EF = erytrofagocytose (makrofaglignende celler med rester av røde blodlegemer), Par = Parasittlignende strukturer (muligens myxosporidier). Stasjon 5 = oppstrøms utslipp, stasjon 3 = nedstrøms utslipp, stasjon 4 = utslippssted. Null er ingen påviste forandringer og 1-3 er henholdsvis sparsomme, moderate og uttalte forandringer eller henholdsvis få, moderat antall og mange dersom det er snakk om antall (for eksempel celler).

Organ	Forandring	Stasjonsnr.	Semikvantifisering av histologiske forandringer			
			0	1	2	3
<b>Gjelle</b>	Mhc	5	3	6	1	0
		3	2	6	2	0
		4	1	3	4	2
<b>Lever</b>	MMF	5	0	7	3	0
		3	0	4	6	0
		4	0	2	7	1
<b>Nyre</b>	EF	5	0	5	4	1
		3	0	2	4	4
		4	0	0	1	9
<b>Nyre</b>	MMF	5	0	0	7	3
		3	0	0	4	6
		4	0	0	1	9
<b>Nyre</b>	Par	5	4	6	0	0
		3	3	4	3	0
		4	1	6	0	3
<b>Milt</b>	MMF	5	0	2	8	0
		3	0	1	7	2
		4	0*)	0*)	4*)	5*)

\*) Fra denne gruppen ble det undersøkt 9 fisk.

Det ble påvist ulike typer av forandringer i gjellene fra all fisk (**tabell 5**), og oppsummert kan bildet karakteriseres som betennelse. Det var varierende mengder av ulike typer betennesceller i gjelleepitelet (gjellenes dekkcellelag) og/eller underliggende vev. Det ble også påvist betennelse i lever fra all fisk (**tabell 5**), men den var sparsom.

Melaninholdige celler inkludert melanomakrofager deltar i immunresponser og betennelse (Agius & Roberts 2003), og er på grunn av sin farge lettere å vurdere i snitt. Disse ble derfor kvantifisert i gjellene og andre organer. Tendensen er påvisning av et høyt antall melaninholdige celler inkludert melanomakrofager i gjeller, lever, milt og nyre hos en høyere andel av fisken fra utslippsområdet enn fra de to andre stasjonene (**tabell 5**).

Videre ble det i nyre hos nesten all fisk påvist makrofaglignende celler med rester av røde blodlegemer (erytrofagocytose). Erytrofagocytosen ble gradert som uttalt hos de fleste fis-

kene fra utslippsområdet, i motsetning til under halvparten fra de to andre stasjonene (**tabell 5**).

Parasittlignende strukturer, muligens myxosporidier, ble påvist i tubulilumina hos flere fisk (**tabell 5**). Resultatet kan indikere høyest parasittforekomst hos fisken fra utslippsområdet, men det må understrekes at den histologiske metoden er lite egnet selv for semikvantifisering av parasittforekomsten, da parasittene ikke var særlige tydelige i snittene.

Det ble ikke påvist farging for kobber i gjellene. Krystallstrukturer, som kunne indikere mineralpartikler, ble ikke påvist med sikkerhet ved bruk av polarisasjonsmikroskopi.

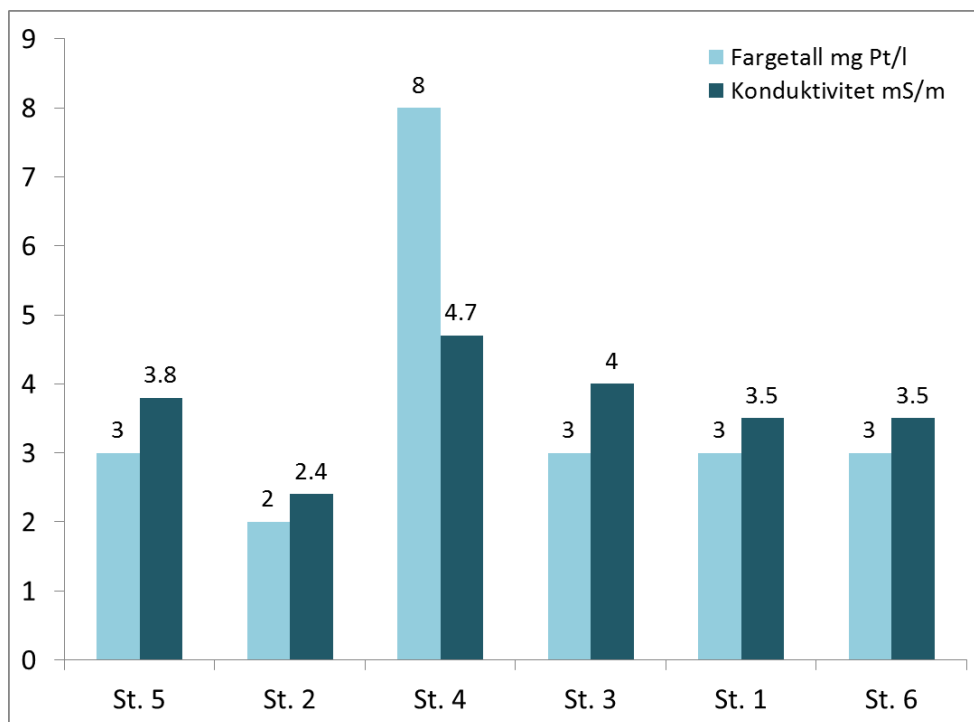
Det ble hos all fisk påvist en viss oppflising av sporden ved at det fra bakkanten gikk hakk framover mellom finnestrålene. Det gjennomsnittlige antall hakk per fisk var henholdsvis 14,2, 7,4 og 18,6 hos den fra stasjon 5, stasjon 3 og stasjon 4. Det var stor variasjon mellom individene. Uregelmessigheter i pigmentering ble påvist hos fisk fra alle tre stasjonene.

### 4.3 Vannprøver

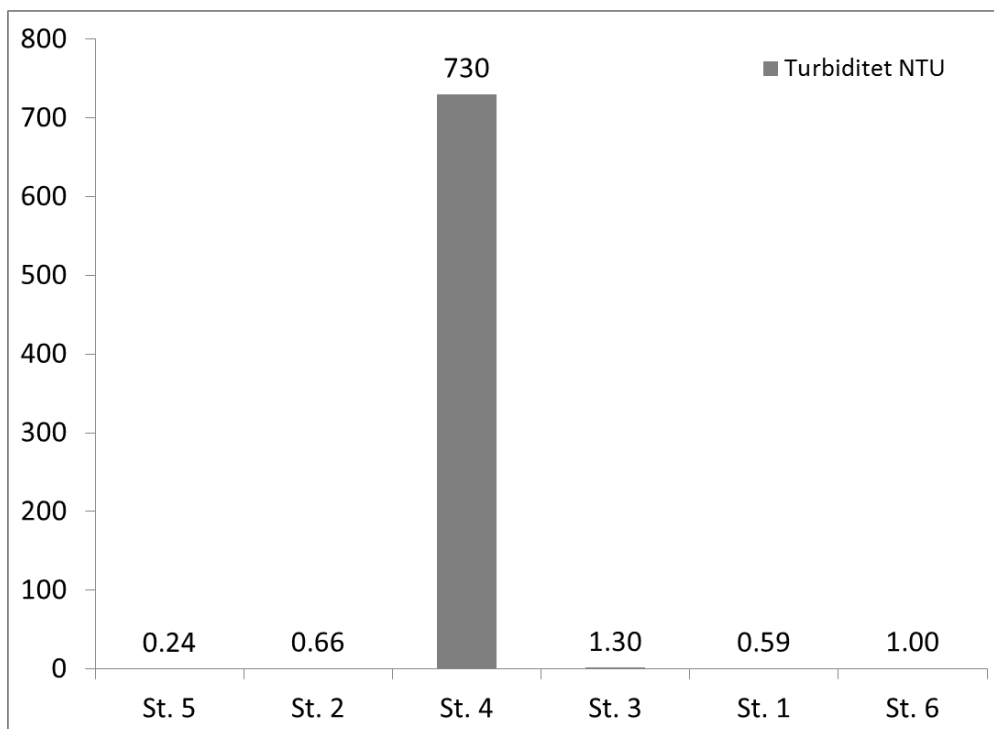
Da det kun ble tatt vannprøve ved i utslippsområdet 9. september (**tabell 3**), blir kun resultatene for vannprøvene tatt ved dette tidspunktet fremstilt her. For analyseresultat for vannprøvene tatt 1. september, se **vedlegg 1** og **vedlegg 3**.

Klassifiseringsveilederen til direktoratsgruppa (Anonym 2013) oppgir kjemiske, fysiske og biologiske parametere som er av betydning for miljøforhold i elver. Disse parameterne danner et grunnlag for å avklare den samlede økologiske og kjemiske tilstanden for en vannforekomst. Veilederen anbefaler månedlig prøvetaking, og da dette datagrunnlaget mangler i denne undersøkelsen, ble ikke stasjonene kategorisert i en av de fem klassene fra «svært god» til «svært dårlig».

Det ble ved stasjon 4 funnet forhøyede verdier for alle parametere som ble analysert, bortsett fra for totalt nitrogen og termotolerante koliforme bakterier, sammenlignet med de andre stasjonene (**figur 13**, **figur 14**, **figur 15**, **figur 16**, **figur 17** og **figur 18**).

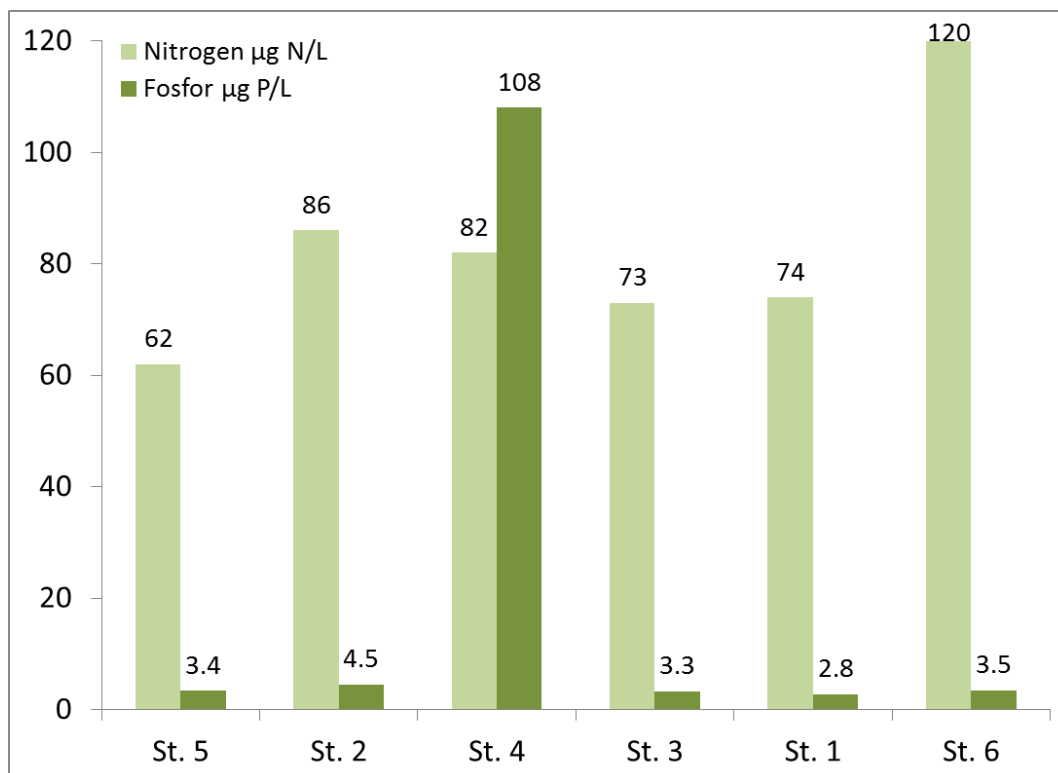


**Figur 13.** Fargetall og konduktivitet for vannprøvene ved de ulike stasjonene. Stasjon 4 (St.4) er utslippsområdet, Stasjon 5 og stasjon 2 er kontrollstasjoner hhv. ved Drivstua og i sideelva Åmotsa. Stasjon 3 er like nedstrøms (~300 m) utslippsstasjonen, stasjon 1 lå 4,3 km nedstrøms utslippsstedet, og stasjon 6 lå på anadrom strekning ca. 8,7 km nedstrøms utslippsområdet.

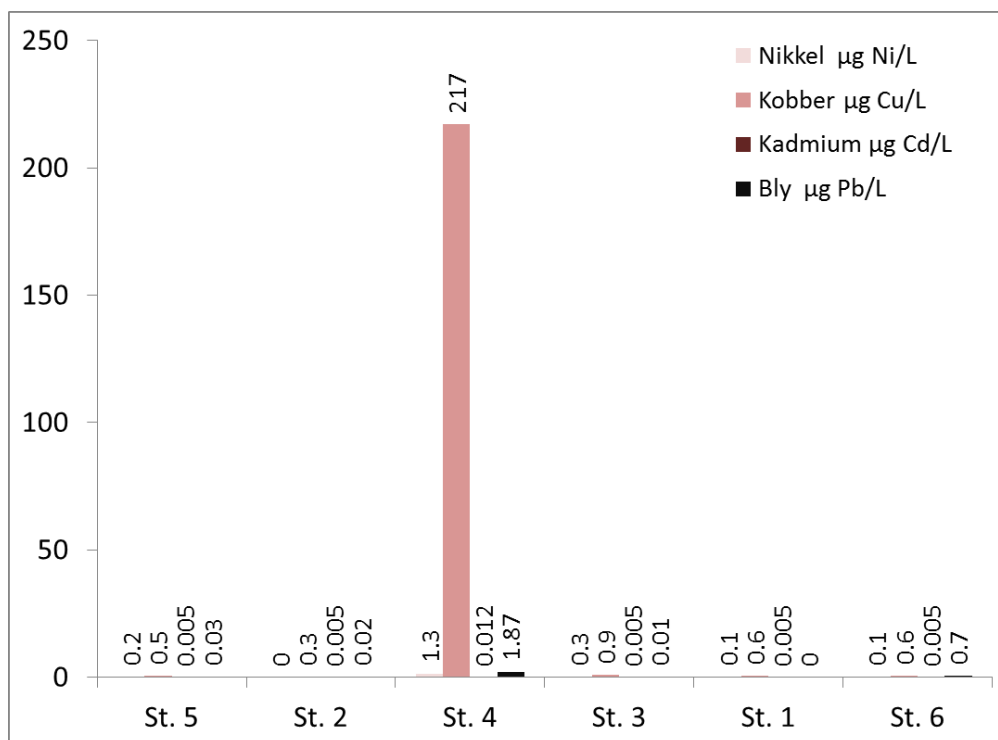


**Figur 14.** Turbiditet for vannprøvene ved de ulike stasjonene. Se figur 13 for nærmere informasjon om stasjonene.

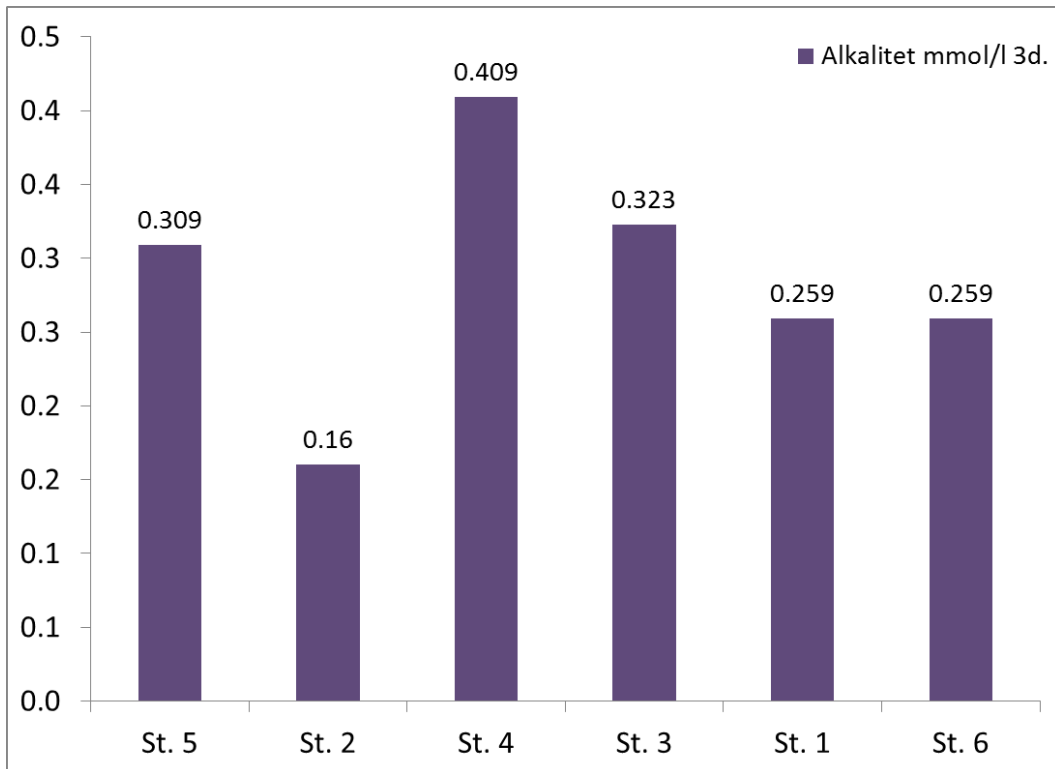




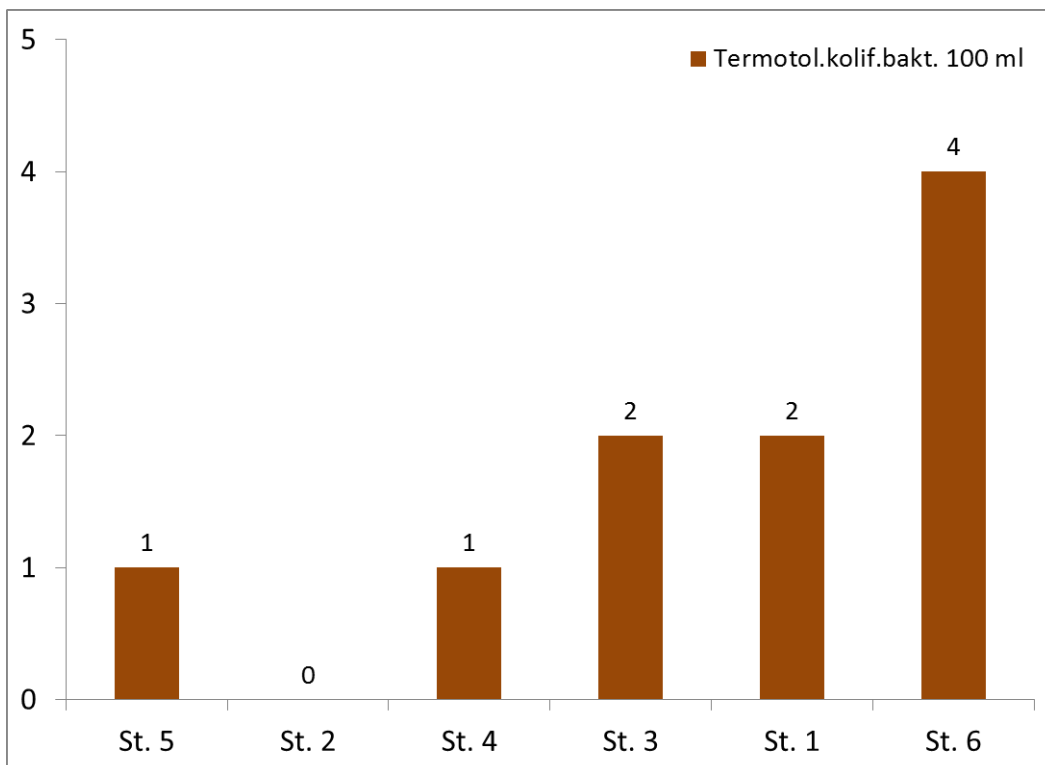
**Figur 15.** Totalt nitrogen og totalt fosfor innholdet for vannprøvene ved de ulike stasjonene. Se figur 13 for nærmere informasjon om stasjonene.



**Figur 16.** Verdier for nikkel, kobber, kadmium og bly for vannprøvene ved de ulike stasjonene. Se figur 13 for nærmere informasjon om stasjonene.



**Figur 17.** Alkalitet i vannprøvene ved de ulike stasjonene. Se figur 13 for nærmere informasjon om stasjonene.



**Figur 18.** Verdier for termotolerante koliforme bakterier fra vannprøvene ved de ulike stasjonene. Se figur 13 for nærmere informasjon om stasjonene.

## 5 Diskusjon

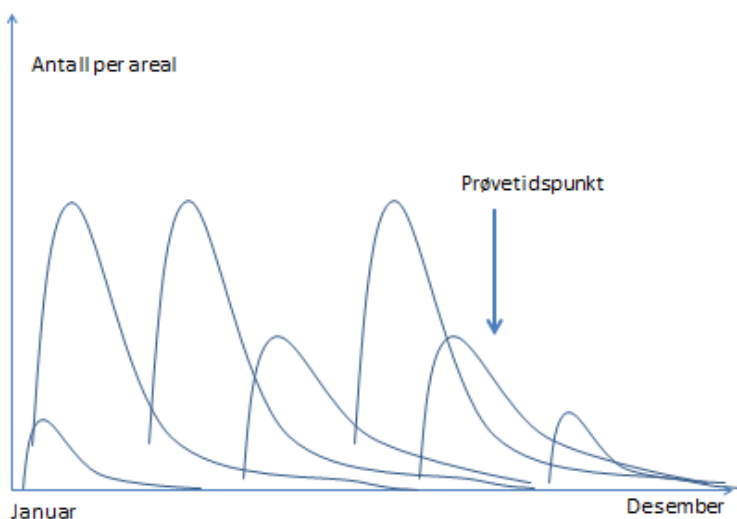
### 5.1 Bunndyrundersøkelser

#### 5.1.1 Effekter av partikkelutslipp på bunndyrfaunaen

Generelt er det slik at alle former for påvirkning vil endre det biologiske artsmangfoldet, som regel redusere det. Alle indekser er basert på dette prinsippet, også ASPT-indeksen og forsuringindeksene. I tillegg til disse indeksene har vi her vurdert artsforekomstene.

Det var lave artsantall og forekomster i prøvene, noe som kanskje kan være generelt for Oppdal (Bongard 2013). Alle de påviste artene er vanlig forekommende. Det ble ikke funnet snegl, noe som tyder på kalkfattige forhold.

Undersøkelser av biologisk mangfold i elver er krevende ved at bunnfaunaens arter har livssykluser som krever prøvetaking gjennom året for å registrere flest mulig arter. **Figur 19** illustrerer hvordan forekomsten av de ulike artenes vannlevende stadier varierer gjennom sesongen. I Norge finnes det omkring 280 arter av døgn-, stein- og vårfluer, og kanskje tre ganger så mange fjærmyggarter i rennende vann, som opptrer etter dette mønsteret. Den foreliggende undersøkelsen må derfor vurderes ut fra dette forholdet, da det til sammen kun ble tatt åtte sparkeprøver fra stasjonene ved to tidspunkt.



**Figur 19.** Forekomster av insektarter i rennende vann gjennom året. Ved et gitt prøvetidspunkt kan en bare registrere de artene som er til stede som larver og nymfer. Prøvestørrelsen er avgjørende for arter med lave antall per areal. Høye vannføringer gir også registrering av færre arter.

I tillegg til artsantallet må forekomst per art vurderes. Mange av disse artene bør forekomme i mengder som er innenfor visse grenser. Svært lave antall i prøvene gir usikre konklusjoner. Masseoppblomstringer, særlig av tolerante former og arter som fåbørstemark og midd, tyder på at lokaliteten kan være påvirket av eutrofiering. Slike forhold ble ikke funnet i denne undersøkelsen. Gjennomsnittlig antall bunndyr i upåvirkete lokaliteter i Sør-Trøndelag i september bør erfaringsmessig ligge omkring 500 individer per minutt prøve, fordelt på døgn-, stein- og vårfluearter (EPT-arter), fjærmygg og andre grupper. I august ble det som forventet funnet lavere forekomster, fordi mange arter har flygetid i juli. I september har for eksempel en ny kohort av døgnfluen *Baetis rhodani* klekket i store mengder.

### **5.1.2 Eutrofiering og forsuring**

ASPT-indeksen og forsuringindeksene 1 og 2 brukes for å vurdere økologisk tilstand for elver relatert til henholdsvis organisk belastning/eutrofiering og forsuring (jf. Vannforskriften). Alle prøvene fra den foreliggende undersøkelsen havner i området «god» til «svært god økologisk tilstand» med hensynt til eutrofiering, og «svært god økologisk tilstand» med henhold til forsuring (Anonym 2013).

Alle indekser baseres på om arter registreres eller ikke, og er dermed tilsvarende sårbare med hensyn til prøvestørrelse og antall prøvetidspunkter. Det ultimate målet på alle former for påvirkninger er endret biomangfold, enten det er forsuring, eutrofiering eller andre typer forurensinger. Eutrofiering registreres enten ved unormale skjevheter i forekomster eller ved at følsomme arter blir borte. Begge deler er avhengig av at man kjenner naturtilstanden, som EUs skala baserer seg på. Kunnskap om naturlig forventet artsmangfold for områder og regioner generelt i Norge er svært mangelfull, og må derfor ofte baseres på ekspertvurderinger.

## **5.2 Burforsøk med ørret**

### **5.2.1 Observasjon av fisk**

Ingen dødelighet, samt observasjoner av tilsynelatende samme adferd hos fisken på alle tidspunkter og på alle stasjoner, med unntak av utslippsområdet, tyder på at forsøksbetingelsene var gode nok til å trekke konklusjoner. Det er derfor rimelig å forklare den endrede adferden hos fisk i utslippsområdet som et resultat av eksponeringen. Volumet på

utslippet fra Minera Skifer AS er for store deler av året lavt i forhold til den naturlige vannmengden i elva. Uttynningseffekten vil derfor, som vannprøvene viser, være stor. Fisk som lever fritt i elva vil raskt kunne svømme ut av de verste områdene, og ut i svært mye mindre påvirket vann. Det er imidlertid knyttet noe usikkerhet til hvordan fortynningseffekten er ved lav vannføring i de kaldeste periodene på vinteren.

### 5.2.2 Undersøkelse av fisk

Tidligere publiserte studier viser at det er stor variasjon i hvilke arter som er eksponert, eksponeringstider og konsentrasjoner, samt partiklenes kjemiske sammensetning, form og størrelse. Derfor er det vanskelig å finne undersøkelser som vår studie kan sammenlignes direkte med.

Gjelleforandringer som kan knyttes til eksponeringen ble ikke påvist, men det må tilføyes at gjellebetennelse hos all fisk utgjør en "bakgrunnsstøy" som gjør det vanskeligere å oppdage eventuelle partikkel-induserte forandringer, og isolert sett ble det ikke påvist slike forandringer. Opptak av partikler i vevet kan ikke utelukkes selv om det ikke ble påvist, dette på grunn av at den brukte metoden (polarisasjonsmikroskopi) har begrenset følsomhet.

Den mulig økte erytrofagocytosen (nedbrytningen av røde blodlegemer) i nyre hos fisk fra utslippsstedet kan bety redusert hematokrit på utslippsstedet. Redusert hematokrit kan oppstå av flere årsaker, som ved infeksjøs lakseanemi (Aamelfot mfl. 2014), og har blitt observert etter eksponering for vannbårne partikler i en studie (Bergtstedt & Bergersen 1997), men ikke i to andre studier (McLeay mfl. 1987, Reid mfl. 2003).

Melaninholdige celler inkludert melanomakrofager forekommer tilsynelatende normalt i flere organer hos fisk, men de øker i antall ved forskjellige kroniske sykdommer og kronisk stress (Wolke 1992, Agius & Roberts 2003). Andelen fisk med høyere gradering av antall slike celler i alle undersøkte organer (gjeller, lever, milt og nyre) var høyest på utslippsstedet, noen som indikerer en reell forskjell. Dette samsvarer med økt forekomst av slike celler hos fisk med kronisk sykdom.

Den mulig høyere parasittforekomsten på fisken på utslippsstedet kan være et resultat av nedsatt immunforsvar på grunn av stress.

Oppflising av finner kan sees hos fisk holdt i fangenskap. I tillegg til partiklene kan forskjeller i hydrologiske forhold som strømningshastighet, type strøm og vanddyb variere fra bur til bur, og disse kan gjennom forskjeller i aktivitet hos fisken indirekte påvirke finnene.

Oppsummert er det indikert morfologiske forskjeller mellom fisk fra de tre stasjonene, og disse kan være partikkel-induserte.

### 5.3 Vannprøver

Resultatene fra analysene av de vannfysiske og vannkjemiske parameterne viste at det som karakteriserte vannet i utslippet var svært forhøyede konsentrasjoner av partikler, kobber og totalt fosfat, moderat høyere konsentrasjon av elektrolytter og en moderat høyere alkalitet. Verdiene for totalt nitrogen og termotolerante koliforme bakterier lå derimot innenfor variasjonen blant de andre stasjonene.

Parameterne for alle stasjonene både oppstrøms og nedstrøms utslippet, samt i sideelva Åmotsa, viser verdier som ligger innenfor forventet variasjon i naturlig vann. Dette skyldes trolig at vassdragets naturlige vannføring fortynner vannet fra utslippet, slik at det ikke oppstår uakseptable verdier med tanke på overlevelsen hos fisk i elva (F. Kroglund, NIVA, pers. medd.). Ved prøvetidspunktet lå vannføringa ved målestasjonen ved Risfossen mellom 7 og 12 m<sup>3</sup>/s (**vedlegg 6**). På vinterstid er det ikke uvanlig at vannføringa ved Risfossen er mellom 0,3 og 0,8 m<sup>3</sup>/s (**vedlegg 6**), og da vil utslippet kunne ha betydning for fisk.

## 6 Konklusjoner

- Alle bunndyrlokalitetene har «god økologisk tilstand» eller bedre status, både ut fra vannkjemiske eutrofieringsparametere som totalt fosfor og totalt nitrogen, og ut fra sammensetningen av bunndyrsamfunnene. Midt i utslippsområdet er artsantall og forekomster av bunndyr lavere enn på referansestasjoner, men denne effekten er borte allerede i nedre del av anleggsområdet. Arter med ytre, sårbare gjeller er til stede i betydelige antall midt i utslippsområdet. Det er en mulig gjødslingseffekt av slammet som gir økt algebegroing nedenfor utslippet, og det er en nedgang i tetthet av elvemose nedenfor utslippet.
- Fisk i burforsøk så ikke ut til å være preget av eksponering, med unntak av buret i utslippsområdet. Observasjoner av fisk i buret i utslippsområdet tyder på at fisken opplevde ubehag som følge av utslippet. Det ble hos fisk på utslippsstedet påvist høyere forekomst av melaninholdige celler i gjeller og indre organer, samt nyreforandringer som kan tyde på økt nedbrytning av røde blodlegemer. Disse forandringene kan være partikkelinduserte.
- I utslippet ble det funnet svært forhøyede konsentrasjoner av partikler, kobber og totalt fosfor. Det ble observert en trend med dårligere økologisk tilstand ved stasjonen i utslippet, men fortynningseffekter i elva gjør at klare effekter ikke kunne observeres ved stasjonene nedstrøms utslippet.

## 7 Forslag til tiltak

Resultatene gir ingen klar indikasjon på at dette partikkelutslippet har stor effekt på fiskebestander i de øvre delene av Drivavassdraget. Trolig stammer de høye kobberkonsentrasjonene fra verktøy brukt i sage- og slipeprosessen av skiferen. Vi anbefaler at kildene til de høye konsentrasjonene av kobber og fosfor som ble målt i vannprøven fra utslippsvannet med sikkerhet kartlegges, og når disse er kartlagt bør tiltak for å redusere dette utslippet vurderes og eventuelt iverksettes.

Vintervannføringa kan være mindre enn 10 % av vannføringa under feltforsøket høsten 2013 (**vedlegg 6** og **vedlegg 7**). Dette kan potensielt føre til så høye konsentrasjoner at det har skadelige effekter på fisk og bunndyr nedover i vassdraget. Det anbefales derfor at det blir samlet inn vannprøver på de to stasjonene nedstrøms utslippet vinterstid for å kartlegge uttynningseffekten ved vintervannføring.

Videre anbefales det som en føre-var tilnærming å bygge flere sedimenteringsbassenger på rad, like ved utslippet, med en form for sand- og grusfilter, med tilstrekkelig oppholdstid for avløpsvannet. Da kan man ved behov renske ut disse dammene, og dermed hindre en større innblanding av slipe- og sagestøv i ellevannet, spesielt i perioder med lav vannføring. Vårflom vil trolig oversvømme området, men da vil vannføringa være så stor at uttynningseffekten vil være høy. Minera Skifer AS har etter forsøkene startet arbeidet med å bygge en sedimenteringsdam (**figur 20**), og det er en videreføring og utbedring av dette arbeidet som anbefales.



**Figur 20.** Områdene ved stasjon 4 etter at Minera Skifer AS har gjort tiltak. Foto: Sivert Sæteren.



## 8 Referanser

### 8.1 Vitenskaplige publikasjoner og rapporter

- Aamelfot, M., Dale O.B. & Falk, K. 2014. Infectious salmon anaemia - pathogenesis and tropism. *Journal of Fish Diseases* 37 (4): 291-307.
- Agius, C. & Roberts, R.J. 2003. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. *Journal of Fish Diseases* 26 (9): 499-561.
- Anonym 2002. Om opprettelse av nasjonale laksevasdrag og laksefjorder. St.prp. nr. 79: 1-143. Det kongelige miljøverndepartement.
- Anonym 2003. Vannundersøkelse – Innsamling av fisk ved bruk av elektrisk fiskeapparat. Norsk standard, NS – EN 14011.
- Anonym 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann, Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet, 180 s.
- Anonym 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013. Utgitt av Direktoratgruppen for gjennomføring av Vanndirektivet. 263 s.
- Arnekleiv, J.V., Koksvik, J., Hindar, K., Rønning, L. & Kjærstad, G. 2006. Smoltundersøkelser i Driva i 2005 i forbindelse med endring av manøvreringsreglement for Driva kraftverk.- NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 2006-2: 1-23.
- Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Forseth, T., Fiske, P., Koksvik, J., Hindar, K. & Kjærstad, G. 2010. Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Rapport 2010-5: 1-55.
- Au, D.W.T., Pollino, C.A., Wu, R.S.S., Shin, P.K.S., Lau, S.T.F. & Tang, J.Y.M. 2004. Chronic effects of suspended solids on gill structure, osmoregulation, growth, and triiodothyronine in juvenile green grouper *Epinephelus coioides*. *Marine Ecology. Progress Series* 266: 255-264.
- Baba, Y., Kawana, K., Handa, T., Iwata, N. & Namba, K. 2006. Eco-physiological effects of suspended solids on fish - Effects of smectite on the survival of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 72 (3): 408-413.
- Batterman, A.R. & Cook, P.M. 1981. Determination of mineral fiber concentrations in fish tissues. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 952-959.
- Bergstedt, L.C. & Bergersen, E.P. 1997. Health and movements of fish in response to sediment sluicing in the Wind River, Wyoming. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54 (2): 312-319.
- Bilotta, G.S. & Brazier, R.E. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research* 42 (12): 2849-2861.
- Bjerknes, V., Kvellestad, A. & Berntssen, M. 1996. Igangkjøring av Hekni kraftverk. 3. Undersøkelse av partikkeleffekter på vannkjemi, Byglandsfjordbleke og vassdragsøkologi. NIVA rapport 3519-96, 37 s.
- Bongard, T. 2013. Ferskvannsundersøkelser i Álma, Festa og Dørreselva, Oppdal kommune, i forbindelse med oppfølgingen av Vanndirektivet. - NINA Minirapport 461. 18 s.
- Bongard, T., Diserud, O.H., Sandlund, O.T. & Aagaard, K. 2011. Detecting Invertebrate Species Change in Running Waters: An Approach Based on the Sufficient Sample Size Principle. *Bentham Open Environmental & Biological Monitoring Journal*. 4: p. 72-82.
- Bremset, G., Berg, M., Diserud, O., Solem, Ø. & Ulvan E.M. 2012. Fisketelling i Driva høsten 2012. Forekomst og fordeling av gytemoden sjøaure og laks før planlagt etablering av langtidssperre i Snøvasfossen. NINA rapport 781. 49s.
- Culling, C.F.A., Allison, R.T. & Barr, T. 1985. *Cellular Pathology Technique*, London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington: Butterworths & Co. (Publishers) Ltd.

- Direktoratet for naturforvaltning 2009. Bestandsutvikling hos sjørret og forslag til forvaltningstiltak. DN Notat 2009-1: 1-28.
- Ferguson, H.W., Morrison, D., Ostland, V.E., Lumsden, J. & Byrne, P. 1992. Responses of mucus-producing cells in gill disease of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Comparative Pathology* 106 (3): 255-265.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* 49: 167-173.
- Gjøvik, J.A. 1981. Undersøkelser av laks- og sjørrettfisket i Gaula og Driva 1979 og 1980. Fiskerikonsulenten i Midt-Norge. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.
- Goldes, S.A., Ferguson, H.W., Daoust, P.Y. & Moccia, R.D. 1986. Phagocytosis of the inert suspended clay kaolin by the gills of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases* 9: 147-151.
- Herbert, D.W.M. & Merckens, J.C. 1961. The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. *International Journal of Air and Water Pollution* 5 (1): 46-55.
- Hessen, D., Bjerknes, V., Bækken, T. & Aanes, K.J. 1989. Økt slamføring til Vetlefjorden som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA rapport 2226. 36 s.
- Humborstad, O.B., Jørgensen, T. & Grotmol, S. 2006. Exposure of cod *Gadus morhua* to resuspended sediment: an experimental study of the impact of bottom trawling. *Marine Ecology-Progress Series* 309: 247-254.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. - NINA Oppdragsmelding 617: 1-129.
- Johnsen, B.O., Hindar, K., Balstad, T., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Jensås, J.G., Syversveen, M. & Østborg, G. 2005. Laks og *Gyrodactylus* i Vefsna og Driva. Årsrapport 2004. – NINA Rapport 34: 1-34.
- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P. & Jones, I. 2011. The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological Processes* 25 (11): 1800-1821.
- Kiryu, I., Ototake, M., Nakanishi, T. & Wakabayashi, H. 2000. The uptake of fluorescent microspheres into the skin, fins and gills of rainbow trout during immersion. *Fish Pathology* 35 (1): 41-48.
- Korsen, I. & Gjøvik, J.A. 1978. Undersøkelser i 10-årsverna vassdrag. Årsrapport 1977. Drivavassdraget. Todalsvassdraget. Rapport 114 s. Fiskerikonsulenten i Midt-Norge, DVF.
- Kvellestad, A. & Larsen, B.M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller frå fisk som del av overvaking av ungfiskbestandar i lakseførande vassdrag (Histologic examination of fish gills as part of monitoring of juvenile fish populations in salmon-rearing stretch of rivers). NINA Fagrapport 36: 1-76.
- Lake, R.G. & Hinch, S.G. 1999. Acute effects of suspended sediment angularity on juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56 (5): 862-867.
- Martens, D.W. & Servizi, J.A. 1993. Suspended sediment particles inside gills and spleens of juvenile Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50 (3): 586-590.
- McLeay, D.J., Birtwell, I.K., Hartman, G.F. & Ennis, G.L. 1987. Responses of arctic grayling (*Thymallus arcticus*) to acute and prolonged exposure to Yukon placer mining sediment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 44 (3): 658-673.
- Newcomb, T.W. & Flagg, T.A. 1983. Some effects of Mt. St. Helens volcanic ash on juvenile salmon smolts. *Marine Fisheries Review* 45 (2): 8-12.
- Newcombe, C.P. & Jensen, O.T. 1996. Channel suspended sediment and fisheries: A synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of Fisheries Management* 16(4): 693-727.

- Pearse, A.G.E. 1985. Histochemistry, Theoretical and Applied. Volume two: Analytical Technology, Edinburgh:Churchill Livingstone.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. – S. 7- 16 i: Raddum, G.G., Rosseland, B.O. & Bowman, J. (red.). Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models. - ICP-Waters Rapp. 50/99. NIVA, Oslo.
- Redding, J.M., Schreck, C.B. & Everest, F.H. 1987. Physiological effects on coho salmon and steelhead of exposure to suspended solids. Transactions of the American Fisheries Society 116:737-744.
- Reid, S.M., Isaac, G., Metikosh, S. & Evans, J. 2003. Physiological response of rainbow trout to sediment released during open-cut pipeline water crossing construction. Water Quality Research Journal of Canada 38 (3): 473-481.
- Servizi, J.A. & Martens, D.W. 1987. Some effects of suspended Fraser River sediments on sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). In: Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management., edited by H. D. Smith, L. Margolis, and C. C. Wood, s. 254-264.
- Solem, Ø., Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Hindar, K., Rønning, L., Kjærstad, G., Aalbu, F., Karlsson, S. & Olstad, K. 2013. Kartlegging av ungfiskbestander i Drivavassdraget. Årsrapport 2010. - NINA Rapport 742. 29 s.
- Solem, Ø., Johnsen, B.O. & Hindar, K. 2011. Foreløpige resultater fra ungfiskundersøkelser i Driva i september 2011. NINA-notat. 4 s.
- Solem, Ø., Karlsson, S., Eide, O. & Johnsen, B.O. 2012. Kartlegging av ungfiskbestander i Litledalselva. - NINA Rapport 824. 24 s.
- Sutherland, A.B. & Meyer, J.L. 2007. Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Appalachian minnows. Environmental Biology of Fishes 80 (4): 389-403.
- Thorstad, E.B., Johnsen, B.O., Forseth, T., Alfredsen, K., Berg, O.K., Bremset, G., Fjeldstad, H.P., Grande, R., Lund, E., Myhre, K.O. & Ugedal, O. 2001. Fiskesperrer som supplement eller alternativ til kjemisk behandling i vassdrag infisert med *Gyrodactylus salaris*. Utdredning for DN nr. 2001-9: 1-66.
- Wolke, R.E. 1992. Piscine macrophage aggregates: A review. Annual Review of Fish Diseases 2: 91-108.
- Woodhead, A.D. 1981. Penetration and distribution of carbon particles in a teleost fish, *Poecilia formosa* (Girard), the Amazon molly. Journal of Fish Biology 19: 237-242.
- Woodhead, A.D., Setlow, R.B. & Pond, V. 1983. The effects of chronic exposure to asbestos fibers in the Amazon molly *Poecilia formosa*. Environment International 9: 173-176.

## 8.2 Elektroniske kilder

<http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=NVEAtlas>

<http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=109-198-R>

<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=ElvefiskeVassdrag&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=jord-skog-jakt-og-fiskeri&KortNavnWeb=elvefiske&StatVariant=&checked=true>

## 9 Vedlegg

### Vedlegg 1. Rådata fra analyseresultatene av vannprøver tatt 1. september 2013



Norsk Institutt for naturforsk  
Postboks 5685 Sluppen  
7485 TRONDHEIM  
v/Øyvind Solem

Dato: 20.01.2014  
Prøve: 2013-5746  
ver 1

Gjelder: **13726000**

#### ANALYSERESULTATER

Prosjekt: NINA-prosjekt-13726000  
Ordre: 13726000

Provemottak: 02.09.13

Analyseperiode: 02.09.13 - 17.01.14

2013-5746-1

#### Stasjon 2

Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: .

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>2</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>2,2</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,29</b>	NTU
Nitrogen, total	Intern metode	<b>47</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>3,4</b>	µg P/L
Sink ICP-MS	Intern metode	<b>0,3</b>	µg Zn/L
Aluminium ICP-MS	Intern metode	<b>18,5</b>	µg Al/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,1</b>	µg Ni/L
Krom ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Cr/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,3</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,02</b>	µg Pb/L
ICP-7	ICP-MS	<b>ok</b>	
-Aluminium totalt monomert tmal	Intern metode	<b>13</b>	µg Al/L
-Aluminium organisk monomert omal	Intern metode	<b>11</b>	µg Al/L
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,154</b>	mmol/l 3d.
pH,surhetsgrad, oppgitt med to desimaler	NS 4720	<b>7,11</b>	2 des.

2013-5746-2

Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: **Stasjon 1**

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>4</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,3</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,23</b>	NTU
Nitrogen, total	Intern metode	<b>67</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>2,2</b>	µg P/L
Sink ICP-MS	Intern metode	<b>0,3</b>	µg Zn/L
Aluminium ICP-MS	Intern metode	<b>10,7</b>	µg Al/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Ni/L
Krom ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Cr/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,5</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,01</b>	µg Pb/L
ICP-7	ICP-MS	<b>ok</b>	
-Aluminium totalt monomert tmal	Intern metode	<b>13</b>	µg Al/L
-Aluminium organisk monomert omal	Intern metode	<b>11</b>	µg Al/L
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,255</b>	mmol/l 3d.
pH,surhetsgrad, oppgitt med to desimaler	NS 4720	<b>7,34</b>	2 des.

Side 1 av 3

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysecenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
www.trondheim.kommune.no/analysecenteret

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60



Dato: 20.01.2014  
 Prove: 2013-5746  
 ver 1

2013-5746-3

**Stasjon 5**

Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: :

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>5</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,8</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,31</b>	NTU
Nitrogen, total	Intern metode	<b>58</b>	µg N/L
Fosfor, total	Intern metode	<b>2,4</b>	µg P/L
Sink ICP-MS	Intern metode	<b>0,6</b>	µg Zn/L
Aluminium ICP-MS	Intern metode	<b>12,8</b>	µg Al/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,2</b>	µg Ni/L
Krom ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Cr/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,6</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,02</b>	µg Pb/L
ICP-7	ICP-MS	<b>ok</b>	
*Aluminium totalt monomert tmal	Intern metode	<b>13</b>	µg Al/L
*Aluminium organisk monomert omal	Intern metode	<b>11</b>	µg Al/L
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,302</b>	mmol/l 3d.
pH.surhetsgrad, oppgitt med to desimaler	NS 4720	<b>7,43</b>	2 des.

2013-5746-4

**Stasjon 3**

Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: :

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>4</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,7</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,33</b>	NTU
Nitrogen, total	Intern metode	<b>65</b>	µg N/L
Fosfor, total	Intern metode	<b>&lt;2,0</b>	µg P/L
Sink ICP-MS	Intern metode	<b>0,5</b>	µg Zn/L
Aluminium ICP-MS	Intern metode	<b>12,0</b>	µg Al/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,2</b>	µg Ni/L
Krom ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Cr/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,5</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,05</b>	µg Pb/L
ICP-7	ICP-MS	<b>ok</b>	
*Aluminium totalt monomert tmal	Intern metode	<b>13</b>	µg Al/L
*Aluminium organisk monomert omal	Intern metode	<b>11</b>	µg Al/L
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,290</b>	mmol/l 3d.
pH.surhetsgrad, oppgitt med to desimaler	NS 4720	<b>7,42</b>	2 des.

\*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen

&lt; betyr: Mindre enn

Målesikkerhet: Vi henviser til [www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret) eller ved henvendelse til laboratoriet.  
 Resultatene gjelder bare for prøvene i rapporten. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig tillatelse.

Side 2 av 3

Postadresse  
 NO-7004 Trondheim  
 analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
 www.trondheim.kommune.no/analysesenteret

Leder  
 Erik Lunde  
 Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
 Telefaks +47 72 54 10 31  
 Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
 Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60



Dato: 20.01.2014  
Prove: 2013-5746  
ver 1

Med hilsen

*Arne M. Jensen*

Arne Magnus Jensen  
Fagleder  
72 54 10 64

*Camilla Moen*

Camilla Moen  
Ingeniør  
72 54 10 68

Side 3 av 3

---

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysecenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
www.trondheim.kommune.no/analysecenteret

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60

## Vedlegg 2. Rådata fra analyseresultatene av vannprøver tatt 9. september 2013



Norsk Institutt for naturforsk  
Postboks 5685 Sluppen  
7485 TRONDHEIM  
v/Øyvind Solem

Dato: 19.11.2013  
Prove: 2013-5987  
ver 1

Gjelder: **13726000**

### ANALYSERESULTATER

Prosjekt: NINA-prosjekt-13726000

Provemottak: 10.09.13

Analyseperiode: 10.09.13 - 19.11.13

2013-5987-1

#### Stasjon 5

Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>3</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,8</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,24</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,309</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>62</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>3,4</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,2</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,5</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,03</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

2013-5987-2

#### Stasjon 4

Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>8</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>4,7</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>730</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,409</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>82</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>108</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>1,3</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>217</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,012</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>1,87</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

Side 1 av 3

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysecenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
www.trondheim.kommune.no/analysecenteret

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60



Dato: 19.11.2013  
 Prove: 2013-5987  
 ver 1

2013-5987-3

**Stasjon 3**

Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>3</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>4,0</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>1,3</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,323</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>73</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>3,3</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,3</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,9</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,01</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

2013-5987-4

**Stasjon 2**

Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>2</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>2,4</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,66</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,160</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>86</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>4,5</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,1</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,3</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,02</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

2013-5987-5

**Stasjon 1**

Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>3</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,5</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>0,59</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,259</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>74</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>2,8</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,6</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,01</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

Side 2 av 3

Postadresse  
 NO-7004 Trondheim  
 analysecenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
 www.trondheim.kommune.no/analysecenteret

Leder  
 Erik Lunde  
 Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
 Telefaks +47 72 54 10 31  
 Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
 Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60





2013-5987-6

**Stasjon 6**

Dato: 19.11.2013  
 Prove: 2013-5987  
 ver 1  
 Tatt ut: 09.09.13

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Fargetall, 410 nm	NS 4787	<b>3</b>	
Konduktivitet	NS ISO 7888	<b>3,5</b>	mS/m
Turbiditet	NS-EN ISO 7027	<b>1,0</b>	NTU
Alkalitet, beregnet vha Henriksens metode	Intern metode	<b>0,259</b>	mmol/l 3d.
Nitrogen, total	Intern metode	<b>120</b>	µg N/L
Fosfor, totalt	Intern metode	<b>3,5</b>	µg P/L
Nikkel ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,1</b>	µg Ni/L
Kobber ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,6</b>	µg Cu/L
Kadmium ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>&lt;0,005</b>	µg Cd/L
Bly ICP-MS	NS-EN ISO 17294-2	<b>0,70</b>	µg Pb/L
ICP-4	ICP-MS	<b>ok</b>	

Målesikkerhet: Vi henviser til [www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret) eller ved henvendelse til laboratoriet.  
 Resultatene gjelder bare for prøvene i rapporten. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig tillatelse.

Med hilsen

Arne Magnus Jensen  
 Fagleder  
 72 54 10 64

Camilla Moen  
 Ingeniør  
 72 54 10 68

Side 3 av 3

Postadresse  
 NO-7004 Trondheim  
[analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no](mailto:analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no)  
[www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret)

Leder  
 Erik Lunde  
 Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
 Telefaks +47 72 54 10 31  
 Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
 Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60

## Vedlegg 3. Analyseresultater av bakterier fra vannprøver tatt 1. september 2013



Norsk Institutt for naturforsk  
Postboks 5685 Sluppen  
7485 TRONDHEIM  
v/Øyvind Solem

Dato: 05.09.2013  
Prove: 2013-5734  
ver 2

### ANALYSERESULTATER

Ordre:: 13726000

Denne analyserapporten erstatter den tidligere utsendte versjon 1.  
Det er gjort en korrigering av resultatet på prøve 5734-2

Provemottak: 02.09.13 Analyseperiode: 02.09.13 - 05.09.13

**2013-5734-1** Bekker og elver Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: Stasjon 2

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	<sup>12)</sup> NS 4792	0	100 ml

**2013-5734-2** Bekker og elver Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: Stasjon 1

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	<sup>12)</sup> NS 4792	2	100 ml

**2013-5734-3** Bekker og elver Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: Stasjon 5

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	<sup>12)</sup> NS 4792	2	100 ml

**2013-5734-4** Bekker og elver Tatt ut: 01.09.13

Kundemerking: Stasjon 3

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	<sup>12)</sup> NS 4792	2	100 ml

<sup>12)</sup> Måleusikkerhet er ikke beregnet. Resultatene er oppgitt som cfu.

Måleusikkerhet: Vi henviser til [www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret) eller ved henvendelse til laboratoriet.  
Resultatene gjelder bare for prøvene i rapporten. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig tillatelse.

Side 1 av 2

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
[www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret)

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60



TRONDHEIM  
KOMMUNE



ANALYSESENTERET  
vann, mat, miljø, luft



Dato: 05.09.2013  
Prove: 2013-5734  
ver 2

Med hilsen

*Astrid Lian*

Astrid Lian  
Fagleder  
72 54 10 56

*Amund Johnsen*

Amund Johnsen  
Analytiker  
72 54 10 33

Kopi til  
Norsk Institutt for naturforsk, Oyvind Solem, v/Oyvind Solem (E-mail)

Side 2 av 2

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysecenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
www.trondheim.kommune.no/analysecenteret

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60

## Vedlegg 4. Analyseresultater av bakterier fra vannprøver tatt 9. september 2013



Norsk Institutt for naturforsk  
Postboks 5685 Sluppen  
7485 TRONDHEIM  
v/Øyvind Solem

Dato: 12.09.2013  
Prove: 2013-5967  
ver 1

### ANALYSERESULTATER

Ordre:: 13726000

Provemottak: 10.09.13

Analyseperiode: 10.09.13 - 12.09.13

**2013-5967-1** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 6

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>4</b>	100 ml

**2013-5967-2** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 3

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>2</b>	100 ml

**2013-5967-3** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 4

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>&lt;2</b>	100 ml

**2013-5967-4** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 1

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>2</b>	100 ml

**2013-5967-5** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 5

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>1</b>	100 ml

**2013-5967-6** Bekker og elver

Tatt ut: 10.09.13

Kundemerking: Stasjon 5

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Termotol.kolif.bakt.MF,vann	12) NS 4792	<b>0</b>	100 ml

Side 1 av 2

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no  
www.trondheim.kommune.no/analysesenteret

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60



Målesikkerhet: Vi henviser til [www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret) eller ved henvendelse til laboratoriet. Resultatene gjelder bare for prøvene i rapporten. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig tillatelse.

Med hilsen

*Astrid Lian*

Astrid Lian  
Fagleder  
72 54 10 56

*Amund Johnsen*

Amund Johnsen  
Analytiker  
72 54 10 33

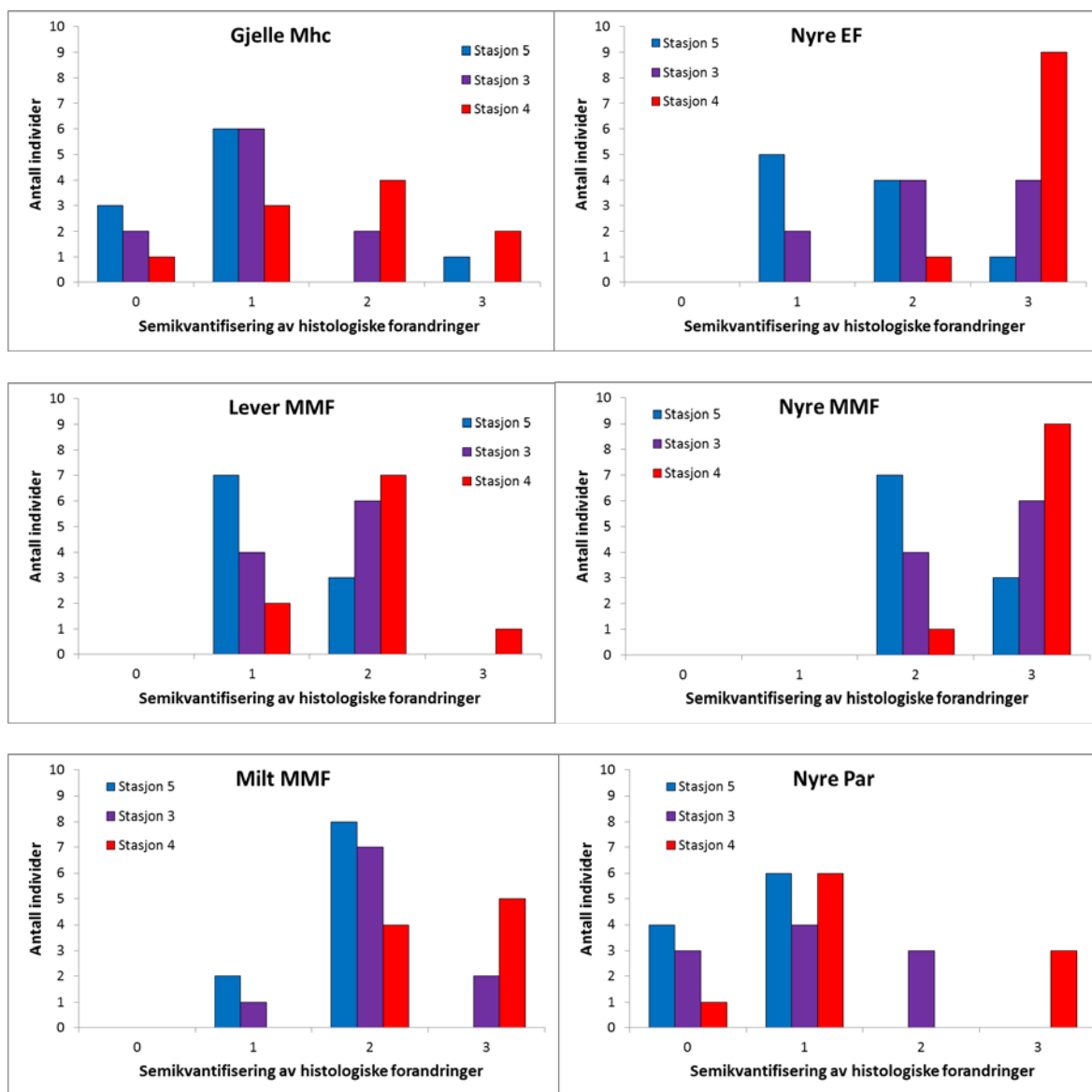
Side 2 av 2

Postadresse  
NO-7004 Trondheim  
[analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no](mailto:analysesenteret.postmottak@trondheim.kommune.no)  
[www.trondheim.kommune.no/analysesenteret](http://www.trondheim.kommune.no/analysesenteret)

Leder  
Erik Lunde  
Telefon +47 72 54 10 51

Telefon +47 72 54 10 30  
Telefaks +47 72 54 10 31  
Telefon Mikrobiologisk lab: +47 72 54 10 53  
Telefon Kjemisk lab: +47 72 54 10 60

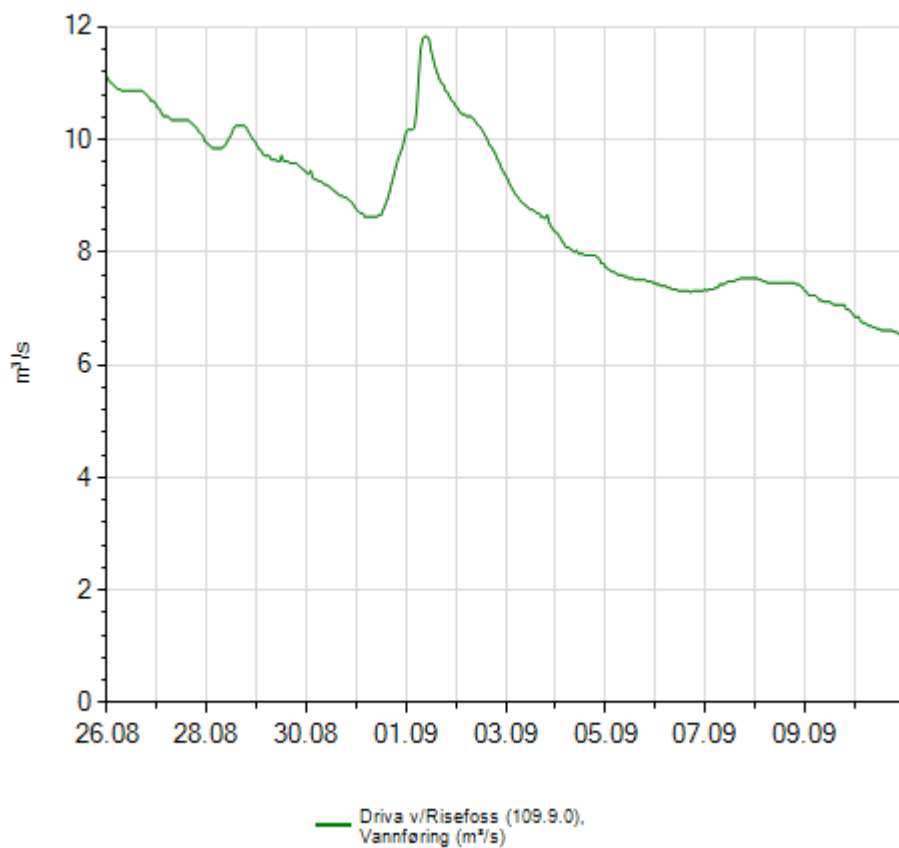
## Vedlegg 5. Histologisk undersøkelse av organer fra ørretunger som eksperimentelt ble eksponert i 14 dager for suspenderte partikler/svevepartikler fra skiferindustri sluppet ut i elva Driva.



\*) Mhc = melaninholdige celler i lammelenes kapillærer (hårrørskar), MMF = melanomakrofager, EF = erytrofagocytose (makrofagliggende celler med rester av røde blodlegemer), Par = Parasittlignende strukturer (muligens myxosporidier). Stasjon 5 = oppstrøms utslipp, stasjon 3 = nedstrøms utslipp, stasjon 4 = utslippssted. Null er ingen påviste forandringer og 1-3 er henholdsvis sparsomme, moderate og uttalte forandringer eller henholdsvis få, moderat antall og mange dersom det er snakk om antall (for eksempel celler).

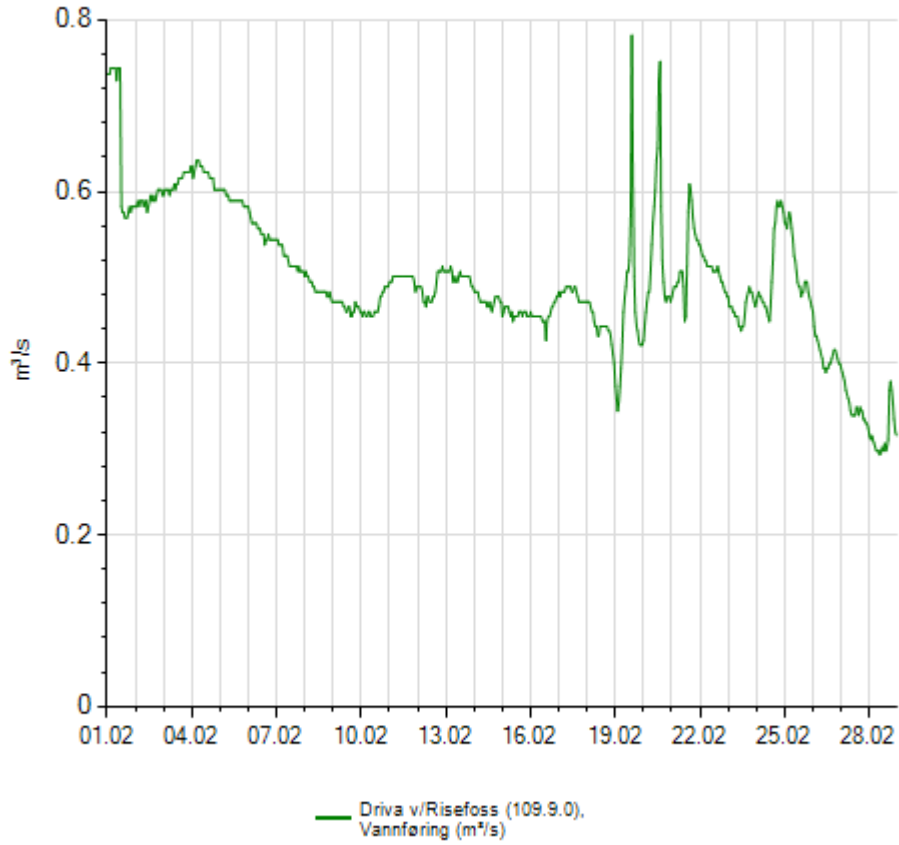
## Vedlegg 6. Vannføring ved Risfossen forsøksperioden 2013.

Figuren er hentet fra <http://sildre.nve.no/>.



## Vedlegg 7. Vannføring ved Risfossen februar 2014

Figuren er hentet fra <http://sildre.nve.no/>.









*Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.*

*NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.*

*Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2656-1

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger