

# Undersøkelse av bunndyrfaunaen i Otra i forbindelse med utvidelse av Iveland kraftverk



# Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske

Uni Research Miljø  
Nygårdsgaten 112  
5008 Bergen

Telefon: 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN 1892-8889

LFI-rapport nr: 286

**Tittel:** Undersøkelse av bunndyrfaunaen i forbindelse med utvidelse av Iveland kraftverk.

**Dato:** 13.02.2017

**Forfattere:** Godtfred A. Halvorsen. Arne Johannessen & Torunn Landås

**Geografisk område:** Setesdal, Aust-Agder

**Oppdragsgiver:** Agder Energi Produksjon AS

**Antall sider:** 18

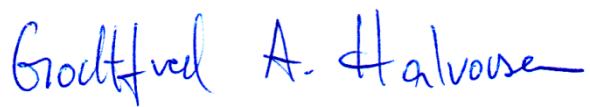
**Emneord:** Bunndyr, suspendert stoff, sprengstein, tunelldriving

**Forsidefoto og alle foto i rapporten:** Uni Research Miljø LFI  
Restfeltet i Otra nedenfor Gåseflådammen ved Iveland kraftverk sett fra brua

## Forord

Agder Energi Produksjon AS ble pålagt å undersøke eventuelle effekter på bunndyrfaunaen i restfeltet av Otra nedstrøms Gåseflådammen i forbindelse med utviding av Iveland Kraftverk. Uni Research Miljø, LFI takker for oppdraget.

Bergen, 13.02.2017



Godtfred Anker Halvorsen

Forsker, prosjektansvarlig

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	3
<b>1 Innledning</b> .....	4
<b>2 Materiale og metode</b> .....	5
2.1 Beskrivelse av lokalitetene .....	6
2.2 Metode .....	7
<b>3 Resultat</b> .....	8
<b>4 Diskusjon</b> .....	11
<b>5 Referanser</b> .....	14
<b>6 Vedlegg</b> .....	16

## Sammendrag

Anleggsarbeidet i forbindelse med utvidelsen av Iveland kraftverk har ikke påvirket bunndyrfaunaen i restfeltet av Otra nedenfor Gåseflådammen. 'Principle Curves' analysen (PRC) viste ingen signifikant endring i bunndyrsamfunnet over tid på den berørte lokaliteten fra før anleggsarbeidet startet, og det var ingen forskjell på samfunnet før og etter anleggsarbeidet. Det var heller ingen reduksjon i filtrerende arter nedstrøms utløpet av bekken fra Moltekjerr, og ASPT-indeksen indikerte ingen organisk anriking fra nitratrester etter tunell-drivingen.

Den eneste utviklingen i bunndyrsamfunnet som ble observert var at sammensetningen av arter ble likere på de to lokalitetene under anleggsarbeidet enn både før og etter. Dette skyldtes vannføringen i Otra med overløp fra Gåseflådammen. Under anleggsarbeidet gikk det mer vann i restfeltet, og bunndyrsamfunnet på kontroll-lokaliteten var derfor mer dominert av arter som foretrekker sterkere strøm enn det var før og etter anleggsarbeidet. På den påvirkede lokaliteten var det relativt sterk strøm på alle tidspunktene prøvene ble tatt.

# 1 Innledning

I forbindelse med utvidelsen av Iveland kraftverk ble Uni Research Miljø, LFI bedt om å gjøre undersøkelser av effekten av steinstøv fra tunelldrivingen på bunndyrsamfunnet i restfeltet av Otra nedstrøms Gåseflådammen. Tidligere undersøkelser i forbindelse med åpningen av Hekni Kraftverk (Bjerknes m. fl., 1996) indikerte at bunndyrsamfunnet kunne ta skade av partiklene. Andre analyser av silting i forbindelse med byggingen av en veitunell i Granvin (Pulg m. fl., 2013), og tunelldriving i forbindelse med Brokke Nord/Sør prosjektet i Otra (Halvorsen m. fl. 2015) viste imidlertid ingen effekter av tunelldrivingen på bunndyrfaunaen på strykstrekninger.

Fylkesmannen satte som krav at eventuelle effekter på bunndyrfaunaen skulle undersøkes i forbindelse med tunelldrivingen. Vi valgte derfor å undersøke en kontroll-lokalitet oppstrøms utløpet av Moltekjerrbekken til Otra, og en lokalitet nedstrøms utløpet. Det ble tatt prøver i Otra til tre tidspunkt, en før tunelldrivingen startet, en gang mens tunelldrivingen pågikk, og en gang etter at tunelldrivingen var avsluttet.

Prøvene fra Otra ble analysert med en multivariat metode (Principal Reaction Curves, PRC) som kan påvise signifikante endringer i bunndyrsamfunnet på berørte lokaliteter i forhold til endringer på en kontroll-lokalitet. Se neste kapittel for en beskrivelse av metoden.



## 2 Materiale og metode

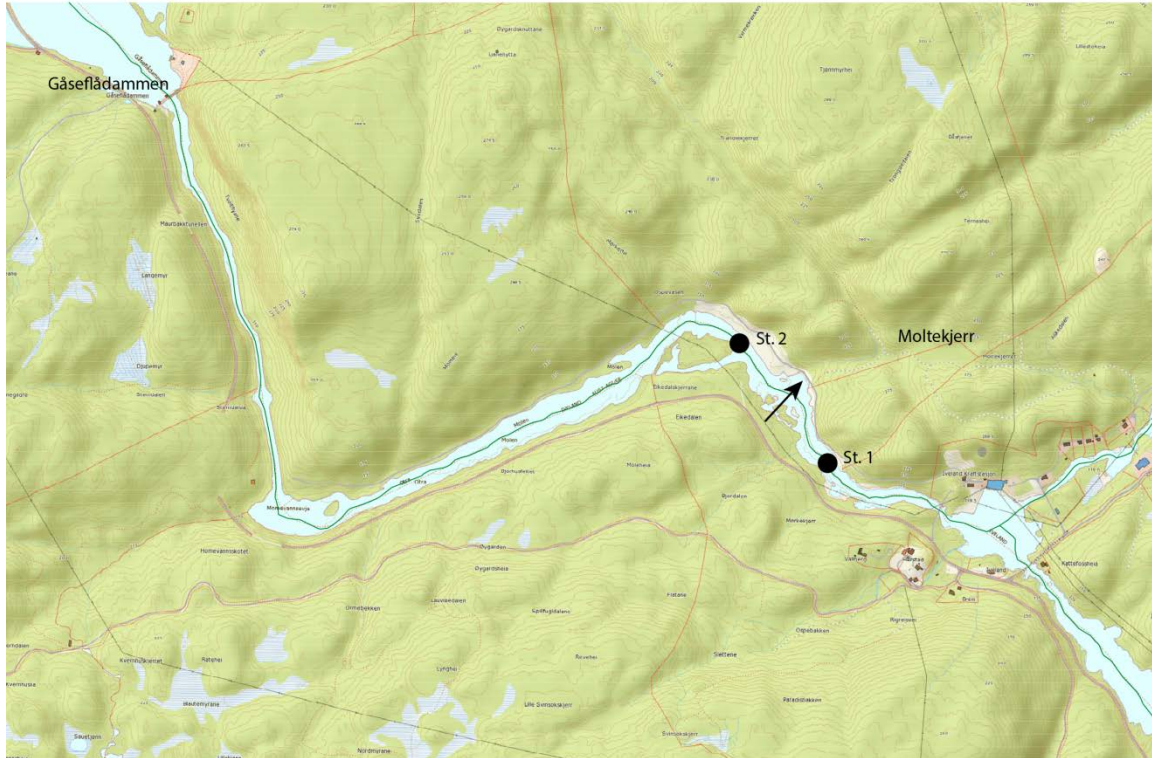
Figur 1 viser det aktuelle området av Otra der utbyggingen av Iveland 2 foregikk.



**Figur 1.** Oversiktskart over det aktuelle området av Otra med Iveland kraftverk.

## 2.1 Beskrivelse av lokalitetene

Det ble valgt ut 2 lokaliteter i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen, en lokalitet (Stasjon 1) nedstrøms bekken fra tippen ved Moltekjerr (påvirket lokalitet), og en lokalitet (Stasjon 2) oppstrøms bekken ved østre ende av Tveitøyna (kontroll-lokalitet) (Figur 2).



**Figur 2.** Kart over restfeltet i Otra nedstrøms Gåseflådammen. Pil viser utløpet av bekken fra Moltekjerr.

**Stasjon 1** – berørt lokalitet nedstrøms bekken fra Moltekjerrdalen - UTM ref. (Sone 32) Øst 434900.192 Nord 6472792.115. Strykparti med stor stein og grus, mose og algebelegg på steinene.

**Stasjon 2** – kontroll-lokalitet oppstrøms utløpet fra tippen, i øvre ende av gammel tipp – UTM ref. (Sone 32) Øst 434674.041 Nord 6473105.713. Elveparti med noe stryk og noe mer sakteflytende vann (kulper), blokker, stor stein og grus, lite mose og alger på steinene.

Under feltarbeidet var det mye vann i Gåseflådammen. Av sikkerhetsgrunner måtte lukene i dammen stenges manuelt, og feltarbeidet måtte gjøres hurtig. Det ble derfor ikke tatt bilder av de to lokalitetene.

## 2.2 Metode

Førprøver ble samlet inn på begge lokaliteter 11. juni 2013 før tunelldrivingen startet. Videre ble det samlet inn et nytt sett med prøver under arbeidet med tunnelen den 4. juni 2014. Deretter ble det tatt prøver den 26. september i 2016 etter at tunelldrivingen og anleggsarbeidet var ferdig. Det var planen å ta etter-prøvene om våren 2016, men da feltarbeidet skulle gjøres (15.06.2016) rant det så lite vann i restfeltet at prøvetakingen måtte utsettes til høsten og ble tatt den 26. september.



Bunndyrmaterialet bestod av fire separate kvalitative prøver (sparkeprøver, (Frost m.fl. 1971)) fra hver lokalitet. Prøvene ble samlet inn med håv med 250 µm maskevidde, og konserverv på alkohol. Det ble sparket i substratet foran håven i ca. 3 meters lengde. Hver prøve ble sortert på laboratoriet i en time, for så å bli artsbestemt.

Man kan anta at filtrerere i bunndyrfaunaen blir påvirket av steinstøv i vannet. Identifikasjonen av filtrerere følger Moog (1995). Antallet filtrerere ble summert, og består av antall individer av knott (Simuliidae), antall individer av vårflueartene i familien Hydropsychidae, og antallet individer av artene i vårfluefamilien Polycentropodidae.

For å undersøke om steinstøvet inneholder forsurende elementer ble forsurningsindeks 1 og 2 for hver lokalitet beregnet (Fjellheim & Raddum, 1990; Raddum, 1999). Forsurningsindeksene ble beregnet for den totale prøven på hver lokalitet ved at de fire delprøvene ble slått sammen. Den totale prøven ble også brukt i utregningen av ASPT indeksen (Average Score Per Taxon) (Armitage m. fl., 1983). Dette er en indeks som angir organisk belastning, eller såkalt eutrofiering, på en lokalitet. Ved belastning og gjødsling med organisk stoff og næringssalter, for eksempel fra ikke omsatt nitrogen fra sprengstøv, vil oksygenforholdene i elvebunnen kunne reduseres, og dette kan påvirke bunnfaunaen.

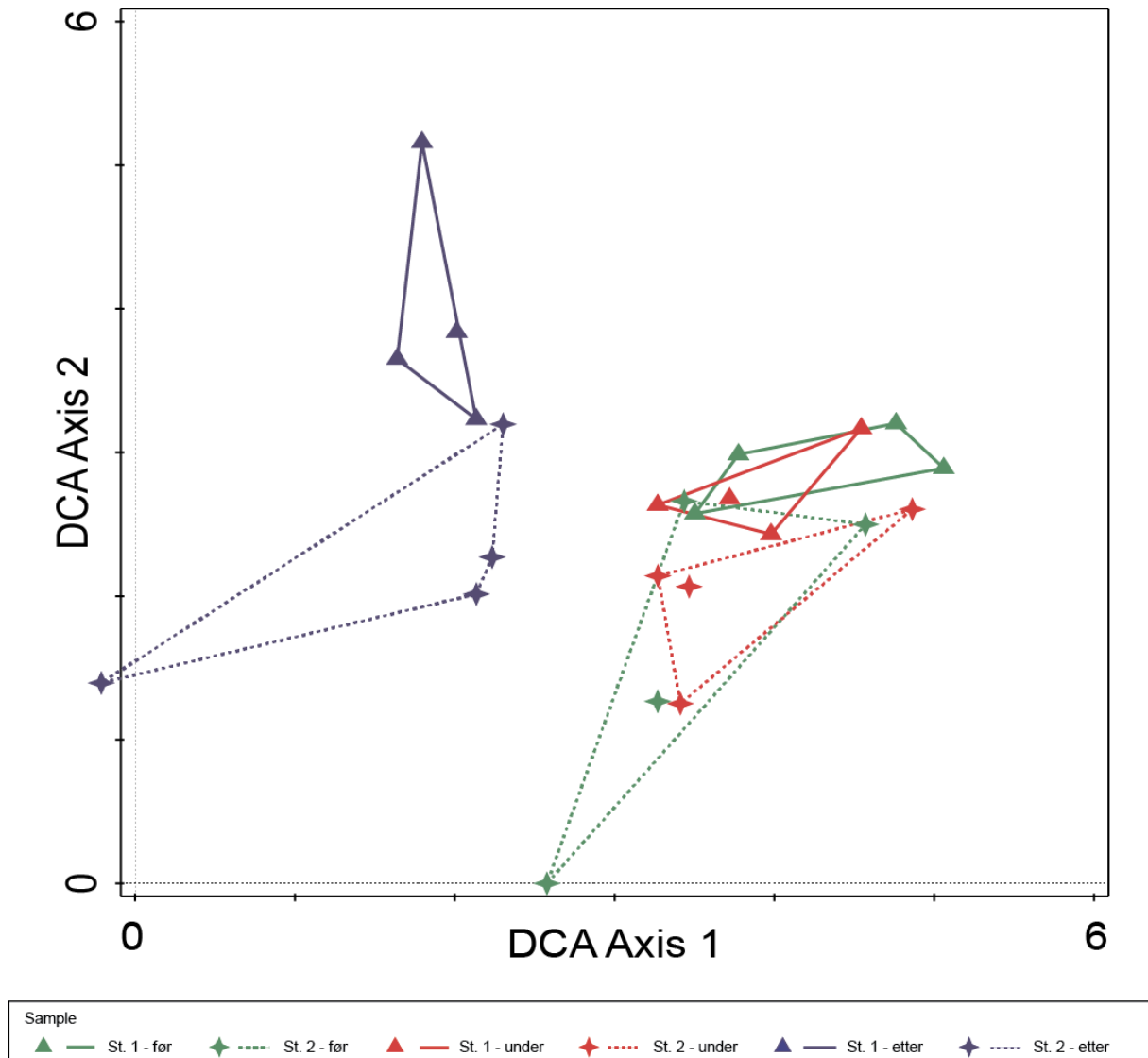
En multivariat ordinasjonsanalyse, 'Detrended Correspondance Analysis (DCA)', ble brukt for å få et bilde av faunasammensetningen på lokalitetene til de forskjellige tidspunktene. Denne analysen grupperer de forskjellige prøvene fra de to lokalitetene basert på likhet i faunasammensetningen.

'Principal Responce Curves (PRC)' ble brukt for å undersøke eventuelle endringer i bunndyrsamfunnet. Dette er en multivariat statistisk metode som undersøker endringer i artssammensetningen på forskjellige lokaliteter over tid, justert for endringer som skjer i en kontroll-lokalitet. Metoden bygger på 'Partial Redundancy Analysis' (partiell RDA), og har blitt utviklet for økotoksikologiske studier for å teste og synliggjøre effekter av forskjellige former for behandling over tid. Metoden er beskrevet i van den Brink & ter Braak (1997, 1998, 1999) og i ter Braak & Smilauer (2012). I korthet går metoden ut på at endringer i påvirkede lokaliteter blir sammenlignet med endringer i kontroll-lokaliteter. Variasjon over tid som f. eks. kan skyldes klekking, blir eliminert ved at analysen justerer for variasjon i kontroll-lokaliteten. Dermed fokuserer metoden på tids-avhengige effekter av en påvirkning. Dette blir illustrert ved at 'the principal component' blir plottet mot tid i et PRC diagram. Variasjonen i kontroll-lokalitetene blir "nullet ut", slik at utviklingen i disse blir liggende i  $Y = 0$  (x-aksen). Avstanden fra x-aksen til den påvirkede lokaliteten gir derfor et bilde av effektene av påvirkningen. Utviklingen på den påvirkede lokaliteten blir deretter testet med en permutasjons-test med 'split-plot' design, der hvert tidspunkt eller innsamling er et 'whole plot', og hver lokalitet er et 'split plot'. De forskjellige lokalitetene blir 'permutert' eller stokket innenfor hvert tidspunkt for å teste om utviklingen i den påvirkede lokaliteten er signifikant forskjellig fra utviklingen i kontroll-lokalitetene, dvs. om vi kan få det samme resultatet ved en tilfeldighet. 'Species scores' fra den partielle RDA analysen gir informasjon om hvilke arter det er som gir vekt i analysen, dvs. hvilke arter som øker eller minker som følge av påvirkningen. Testen ble utført i dataprogrammet Canoco 5.0 (ter Braak & Smilauer 2012).

Artsdataene brukt i analysene ble gitt som relativ abundans (i prosent). De ble  $\ln(n+1)$  transformert for å normalisere artsfordelingen. Små individer som ikke kunne bestemmes til art ble enten tatt ut av datamatriksen (f. eks. Polycentropodidae indet.), eller slått sammen med de artsbestemte individene til et mer inklusivt taxon eller gruppe. Krepser som kommer fra stillestående vann, ble ikke inkludert i noen av analysene.

### 3 Resultat

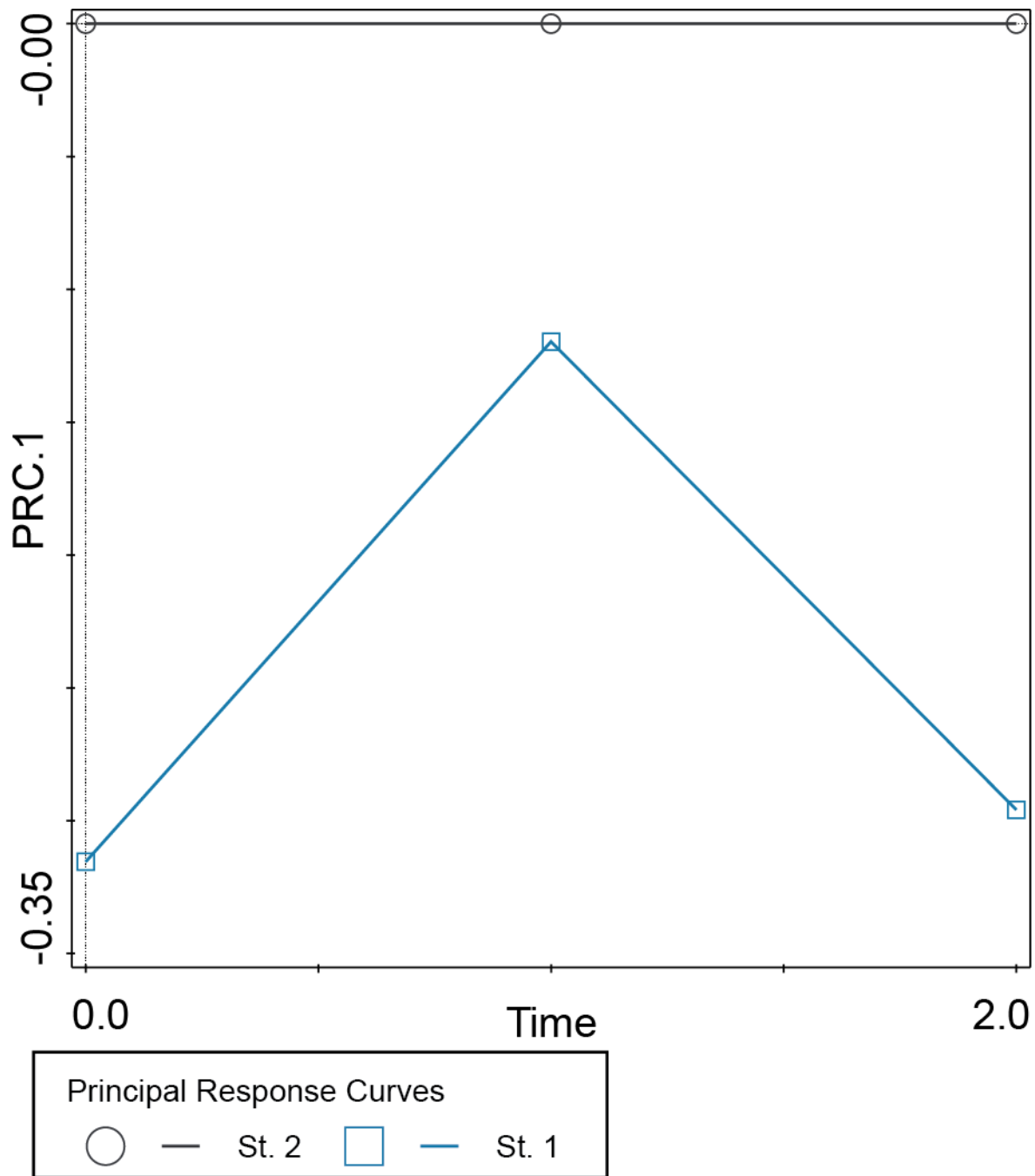
Artene som ble funnet på de to lokalitetene (St. 1 og St. 2) er vist i vedlegg 1 – 3. DCA analysen (Figur 3) viser at det er en forskjell på lokalitetene i utgangspunktet. Spredningen mellom de separate prøvene på kontroll-lokaliteten St. 2 er større enn spredningen på den berørte lokaliteten (St. 1).



**Figur 3.** Detrended correspondence analyse (DCA) av de forskjellige delprøvene på St. 1 (berørt lokalitet) og St 2 (kontroll) i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen tatt den 11.06.2013 (grønne symboler), 4.06.2014 (røde symboler) og den 23.09.2016 (blå symboler).

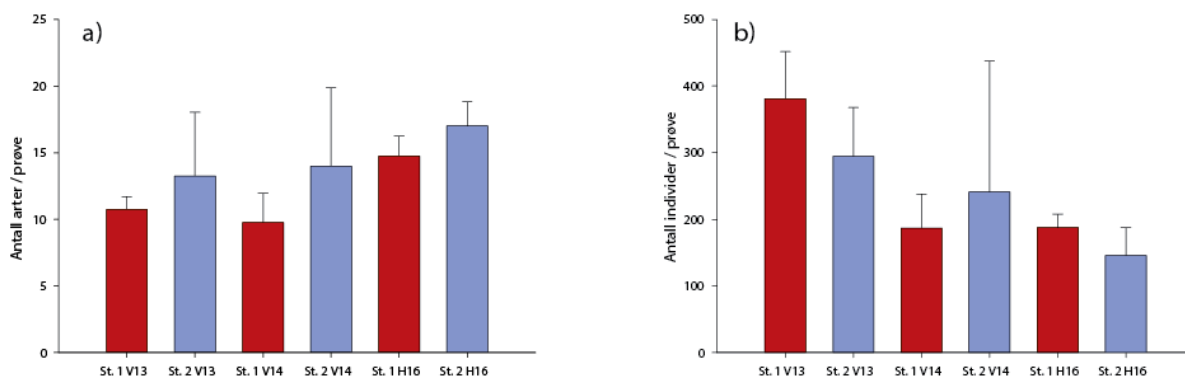
I tillegg er det forskjell i artssamfunnet mellom de to prøvesettene som ble tatt på våren og det som ble tatt på høsten.

PRC-analysen (Figur 4) viste ingen signifikant forskjell i utviklingen i artssamfunnet over tid på den berørte lokaliteten (St. 1) sammenlignet med utviklingen på kontroll-lokaliteten (St. 2) ( $F=3,2$   $p=0,094$ ). Figuren viser imidlertid at artssamfunnet på den berørte lokaliteten St. 1 var likere artssamfunnet på kontroll-lokaliteten (St. 2) under anleggsarbeidet enn før og etter.

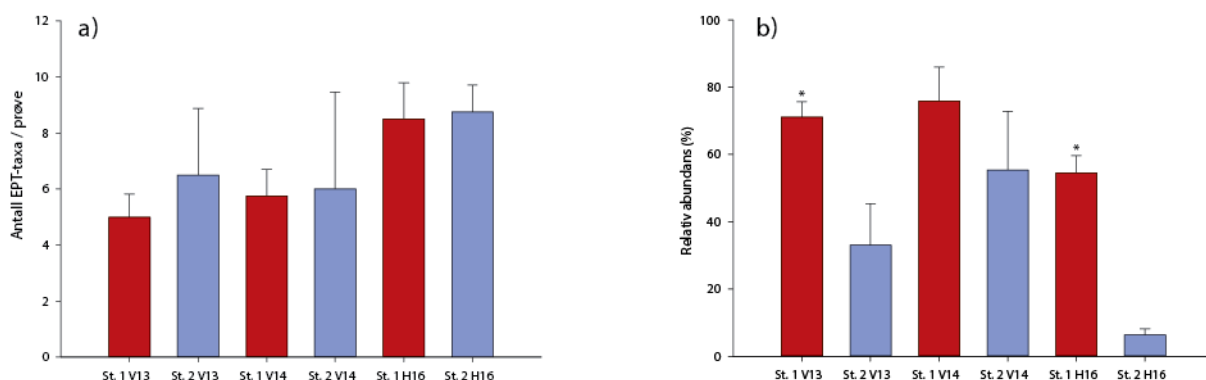


**Figur 4.** PRC-diagram over utviklingen av artssamfunnet på den berørte lokaliteten (St. 1) i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen, sammenlignet med utviklingen på kontroll-lokaliteten (St. 2) før, under og etter anleggsarbeidet.

Figur 5 viser antall arter/taxa og antall individer pr. prøve på de to lokalitetene til forskjellig tidspunkt. Det var ingen signifikant forskjell mellom kontroll-lokaliteten (St. 2) og den berørte lokaliteten (St. 1) på noe tidspunkt (Mann-Whitney U test). Figur 6 viser antallet EPT-taxa pr. prøve (a) og den relative abundansen av filtrerere på de to lokalitetene. Det var ingen signifikant forskjell i antall EPT-taxa, men det var en signifikant større dominans av filtrerere på den berørte lokaliteten før og etter anleggsarbeidet enn det var på kontroll-lokaliteten (Mann-Whitney U test,  $p = 0,029$  på begge tidspunkt). Under anleggsarbeidet var det ingen signifikant forskjell i dominans av filtrerere mellom de to lokalitetene.

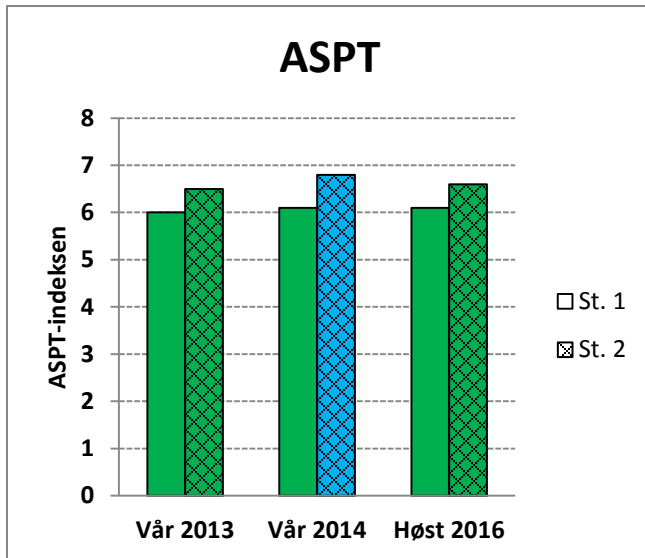


**Figur 5.** Gjennomsnitt antall arter/taxa (a) og antall individer (b) pr. prøve med standardavvik på St. 1 og St. 2 i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen. St. 1 er den berørte lokaliteten (røde søyler), og St. 2 er kontroll-lokalitet (blå søyler). \*  $p \leq 0,05$



**Figur 6.** Gjennomsnitt antall EPT-taxa (Døgnfluer (Ephemeroptera), Steinfluer (Plecoptera) og Vårfluer (Trichoptera)) pr. prøve (a), og relativ abundans av filtererere (b) pr. prøve med standardavvik på St. 1 og St. 2 i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen. St. 1 er den berørte lokaliteten (røde søyler), og St. 2 er kontroll-lokalitet (blå søyler). \*  $p \leq 0,05$

Figur 7 viser ASPT-indeksen på de to lokalitetene ved hver innsamling. Indeksen viser god tilstand på St. 1 gjennom hele perioden, mens den viser god tilstand på St. 2 før og etter anleggsarbeidet og svært god tilstand på denne lokaliteten under anleggsarbeidet.



**Figur 7.** ASPT-indeksen på St. 1 (åpne søyler, berørt lokalitet) og St. 2 (skraverte søyler, kontroll-lokalitet) i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen. Grønn farge viser 'god økologisk tilstand', og blå farge viser 'svært god tilstand' etter kriteriene i Vanndirektivet.

## 4 Diskusjon

Våre analyser viser at bunndyrsamfunnet ikke har reagert på noe utslipp av suspendert stoff på lokaliteten nedenfor utløpet av Moltekjerrbekken. Det er heller ingen indikasjon på at det har lekket ut så mye nitrogen eller andre stoffer fra tippene i Moltekjerrdalen at det har hatt noen påvirkning på bunndyrsamfunnet. Forsuringssindeksene (vedlegg 1 – 3) viser i tillegg at vi har den samme forsuringssituasjonen i restfeltet (moderat forsuringsskade) som vi har hatt i Otra på innløpet til Gåseflådammen i alle målingene i Blekeprosjektet fra 2010 til 2016 (Barlaup m.fl., 2016), så en eventuell endring i forsuringssituasjonen har ikke påvirket bunndyrfaunaen. Det kan dermed slås fast at anleggsarbeidet i forbindelse med utvidelsen av Iveland kraftverk ikke har hatt negative effekter på bunndyrfaunaen på strykstrekninger i restfeltet av Otra nedstrøms Gåseflådammen.

Den endringen vi ser i restfeltet er at faunaen på de to lokalitetene blir likere under anleggsarbeidet, men endringen er ikke signifikant (Figur 4). Dette skyldes sannsynligvis at faunasammensetningen på kontroll-lokaliteten har endret seg i dette tidsrommet. DCA analysen (Figur 3) viste at spredningen mellom enkeltprøvene var større på kontroll-lokaliteten enn på lokaliteten lengre nede i elva før og etter anleggsarbeidet, mens spredningen mellom enkeltprøvene var mindre under anleggsarbeidet. Spredningen på den berørte lokaliteten var noenlunde lik på alle tre tidspunktene. Dette er en følge av forholdene på lokalitetene. Mens St. 1 var en strykstrekning med god strøm på alle tidspunktene, var kontroll-lokaliteten (St. 2) mye mer heterogen med større områder med mer sakteflytende partier. Det var ikke mulig å finne raskt rennende vann for alle fire enkeltprøvene på denne lokaliteten alle tidspunktene. At spredningen var mindre ved innsamlingen under anleggsarbeidet i 2014 indikerer dermed at det da rant mer vann over Gåseflådammen, og at forholdene på de to lokalitetene var likere. Data fra Agder Energi viser også dette. I 2013 var det overløp over Gåseflådammen i det meste av januar og sporadisk i februar. Deretter gikk det ikke overløp over



dammen før i midten av april. Dette varte sammenhengende til og med 13. juni, 2 dager etter at prøvetakingen ble gjort. I 2014 gikk det overløp kontinuerlig fra midten av desember 2013 til og med 13. juni 2014. Prøvene våren 2014 ble tatt den 4. juni. Dermed fikk bunndyrsamfunnet på kontroll-lokaliteten mer form av et rennende-vanns samfunn med mindre innslag av arter som foretrekker sakteflytende eller stillestående vann.

I 2015 gikk det mye vann over Gåseflådammen med til dels store vannmengder fram til og med februar 2016. Etter dette var det bare sporadiske overløp, og da etter-prøvene skulle tas den 15. juni var det så lite vann i restfeltet at prøvene ikke kunne tas. Derfor ble etter-prøvene tatt den 22. september. Da var minstevannføringen etablert og hadde gått siden begynnelsen av måneden.

At det var større vannføring og sterkere strøm under anleggsperioden antyder også andelen av filtrerende organismer på de to lokalitetene. Det var en signifikant større andel filtrerere på den berørte lokaliteten (St. 1) enn på kontroll-lokaliteten (St. 2) før og etter anleggsarbeidet, mens det under anleggsarbeidet ikke var noen signifikant forskjell på lokalitetene. Filtrerere trenger strøm, og er fåtallige på strekk med sakteflytende vann. Vi har ikke kvantitative data, men Figur 6 viser at andelen filtrerere økte på kontroll-lokaliteten sammenlignet med situasjonen før og etter anleggsarbeidet.

Andelen av filtrerere på den berørte lokaliteten (St. 1) viser liten forskjell på de tre tidspunktene. Hvis større utslipp av suspendert stoff hadde forekommet under anleggsarbeidet, skulle andelen filtrerere på St. 1 ha sunket, men vi ser heller en liten økning på dette tidspunktet. At andelen synker i prøvene på begge lokalitetene etter anleggsarbeidet skyldes sannsynligvis sesongforskjeller, og at vannføringen i restfeltet hadde vært svært liten siden februar i 2016.

Resultatene fra undersøkelsen i restfeltet nedstrøms Gåseflådammen viser det samme som undersøkelsene i Bjørnaråa, Fjellskardåna, og restfeltet i Otra nedstrøms Heknidammen (Halvorsen m.fl. 2015) i forbindelse med Brokke Nord/Sør utbyggingen. Den viser også samme resultat som undersøkelsen i forbindelse med byggingen av en veitunell i Granvin der prosessvann fra tunelldrivingen ble rensset og ført ut i Storelva i Granvin (Pulg m.fl. 2013). I disse undersøkelsene ble det heller ikke registrert noen effekt på bunndyrsamfunnet i elvene av utslipp av prosessvann. I Brokke Nord/Sør prosjektet var grenseverdien for suspendert stoff i avløpsvannet fra tunelldrivingen 200 mg/l for Bjørnaråa og Fjellskardåna, og 400 mg/l for prosessvannet til Lisle Myklevatn. I restfeltet nedstrøms Gåseflådammen var grenseverdien satt til 10 mg/l. Det har ikke blitt rapportert at verdiene i restfeltet har overskredet grenseverdien (kvartalsrapporter fra Agder Energi til Fylkesmannen i Aust-Agder). Hessen m.fl. (1989) dokumenterte endringer i bunnfaunaen i Vetlefjordselva i Sogn etter deponering av sprengstein i forbindelse med utbyggingen av Mel kraftverk. Her varierte imidlertid mengden suspendert tørrstoff i elva under anleggsperioden fra 21 mg/l til 679 mg/l. Dette er mye høyere verdier enn grenseverdiene som var satt for restfeltet i Otra, og de kunne også se effektene av deponeringen i hele elva med mye silting i bunnsubstratet. De gangene vi var inne i restfeltet nedenfor Gåseflådammen så vi ingen antydninger til silting i elva nedenfor Moltekjerrbekken. I Otra ble det gjort analyser av bunndyrfaunaen og effekter av steinstøv i forbindelse med igangkjøringen av Hekni kraftverk. Her ble imidlertid resultatene forstyrret av nedbør og en økende vannføring i elva etter åpningen av kraftverket slik at eventuelle effekter av partikler på bunndyra ble maskert, og en konklusjon kunne ikke gis (Bjerknes m.fl. 1996). Mengden suspendert tørrstoff i Otra var også lavt under igangkjøringen (maks. 4,75 mg/l, medianverdi i

perioden 1,25 mg/l) slik at de endringene som ble sett ble vurdert til hovedsakelig å skyldes vannstandsendringen. En tilsvarende situasjon fant sted i forbindelse med sprengingen og senkningen av utløpet av Vangsvatnet i Vosso (Bjerknes m. fl. 1991). Her ble også bunndyrundersøkelsen forstyrret med svært varierende vannføring i løpet av anleggsarbeidet, og de kunne ikke separere effektene av sprengstøv fra effektene av vannstandsendringer. I dette tilfellet var verdiene av suspendert uorganisk tørrstoff høyere (maks. 118,6 mg/l, middelvei 37,9 mg/l nærmest anleggsområdet).

Oppsummert viser de norske undersøkelsene at effekter av partikler etter sprenging og deponering av sprengstein på bunndyrsamfunnet bare har blitt klart påvist en gang. Dette var i Vetlefjordselva, og her var også konsentrasjonen av suspendert materiale i elva høyest. Holdes mengden suspendert materiale som slippes ut i resipienten lavt nok, ser det ikke ut til at bunndyrsamfunnet får skader. Vi kan imidlertid ikke si noe om hvor denne grensen skal ligge, da dette er helt avhengig av vannføringen og strømforholdene i resipienten.

Det ble heller ikke registrert noen endring i bunndyrsamfunnet som følge av en økning av næringsstoff som lekket ut fra tippene i Moltekjerrdalen. ASPT-indeksen indikerte 'god økologisk tilstand' på alle tre tidspunktene på den berørte lokaliteten (St. 1) (Figur 7). Dette samsvarer med målingene av nitrat i restfeltet (kvartalsrapporter fra Agder Energi til Fylkesmannen i Aust-Agder).

## 5 Referanser

- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., & Furse, M. T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333–347.
- Barlaup B.T., Skoglund H., Skår B., Gabrielsen S.-E., Halvorsen G.A., Isaksen T.E., Haraldstad T., Hobæk A., Høgberget R., Kroglund F., Lehmann G., Martinsen B.O., Straume Normann E., Kaste Ø., Kile N.B., Pulg U., Skancke L.B., Velle G., Vollset K.W., Vethe A., Wiers T. [Blekeprosjektet. Status og tiltak 2010-2014](#). LFI-rapport 249, 91 s.
- Bjerknes, W., Aanes, K.J., & Bækken, T. 1991. Flomsikring av Vangsvatn. Miljøvirkninger av anleggsarbeid. NIVA-rapport 2676-91, 38 s.
- Bjerknes, W., Kvellestad, A., & Berntssen, M. 1996. Igangkjøring av Hekni Kraftverk. 3. Undersøkelser av partikkeleffekter på vannkjemi, Byglandsfjordbleke og vassdragsøkologi. NIVA-rapport 3519-96, 37 s.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science of the Total Environment*. 96: 57-66.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. (1971). Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.*, 49: 167-173.
- Halvorsen, G. A., Velle, G., Johannessen, A., & Landås, T. 2015. Undersøkelser av bunndyr i forbindelse med Brokke Nord/Sør utbyggingen i Otra. LFI-rapport nr. 240, 39 s.
- Hessen, D., Bjerknes, W., Bækken, T., & Aanes, K.J. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA-rapport 2226-89, 36 s.
- Moog, O. (Ed.). 1995. *Fauna Aquatica Austriaca, Version 1995*. A comprehensive species inventory of Austrian aquatic organisms with ecological notes. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Fortswirtschaft, Wien.
- Pulg, U., Gabrielsen, S-E., Halvorsen, G.A., Skoglund, H., & Skår, B. 2013. Overvåking av sediment, fisk og bunndyr i øvre Granvinsvassdraget 2009 – 2013. LFI-rapport 226, 49s.
- Raddum, G. G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. In Raddum, G. G., Rosseland, B. O. & Bowman, J. (eds.) *Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models*. ICP-Waters Report 50/99, pp.7-16, NIVA, Oslo.
- ter Braak, C.J.F., Smilauer P. 2002. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 500 sider.
- van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1997. Ordination of responses to toxic stress in experimental ecosystems. *Toxicology and Ecotoxicology News*, 4: 174-178.

van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1998. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principle Response Curves and similarity analysis. *Aquatic Ecology*, 32: 163-178.

van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1999. Principle Response Curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of a biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 138-148.

## 6 Vedlegg

**Vedlegg 1.** Arter / taxa funnet i sparkeprøvene på St. 1 og St. 2 den 11.06.2013 før anleggsarbeidet startet. \* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

Prøve nr.	St. 1 (påvirket)				St. 2 (Kontroll)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>						8	1	3
<b>Oligochaeta</b>	13	17	5	3		7	43	5
<b>Crustacea</b>								
<i>Asellus aquaticus</i> **								2
<i>Bosmina</i> sp.	3	4	5		1	4		7
Calanoida indet.		1	1			5		6
Chydoridae indet.						1		
Cyclopoida indet.	1	1		2	1			2
<b>Acari</b>								2
<b>Ephemeroptera</b>								
<i>Leptophlebia vespertina</i>								3
<i>Siphonurus</i> sp. **						2		3
<b>Plecoptera</b>								
<i>Amphinemura borealis</i>	6	8	4	7			3	1
<i>Amphinemura standfussi</i>				1				
<i>Amphinemura sulcicollis</i>		2						
<i>Diura</i> sp. **		2			2		1	2
<i>Isoperla</i> sp. **				1				
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	2		2	1	2	22	2	5
<i>Nemoura cinerea</i>			1				1	
<b>Odonata</b>								
<i>Enallagma cyathigerum</i>								1
<b>Coleoptera</b>								
<i>Cyphon</i> sp.		1						
<b>Trichoptera</b>								
<i>Cyrnus trimaculatus</i>								2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	1		1		1	1	1	1
<i>Oxyethira</i> sp.						1		2
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	1		1					2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>				1	1	4		25
<i>Rhyacophila nubila</i>	2			1	1		2	
Polycentropodidae indet.			2					1
<b>Diptera</b>								
Chironomidae indet.	113	87	59	82	177	136	165	127
Ceratopogonidae indet.		1		1				
Simuliidae indet.	289	258	199	330	151	73	147	5
Empididae indet.		1	4			1	4	
Diptera indet.		1						
<b>Antall individ</b>	<b>431</b>	<b>384</b>	<b>284</b>	<b>430</b>	<b>337</b>	<b>265</b>	<b>370</b>	<b>207</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>20</b>
<b>Antall filtrerere</b>	<b>291</b>	<b>258</b>	<b>203</b>	<b>331</b>	<b>153</b>	<b>78</b>	<b>148</b>	<b>36</b>
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>	<b>12</b>				<b>12</b>			
<b>Totalt antall arter / taxa</b>	<b>21</b>				<b>25</b>			
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0,5</b>				<b>0,5</b>			
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>-</b>				<b>-</b>			
<b>ASPT</b>	<b>6,0</b>				<b>6,5</b>			



**Vedlegg 2.** Arter / taxa funnet i sparkeprøvene på St. 1 og St. 2 den 4.06.2014 under anleggsarbeidet.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

Prøve nr.	St. 1 (påvirket)				St. 2 (Kontroll)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>		1	5		1		5	1
<b>Oligochaeta</b>	3		2			2	7	48
<b>Crustacea</b>								
<i>Asellus aquaticus</i> **							1	1
<i>Bosmina</i> sp.					1		1	
<i>Bythotrephes longimanus</i>								2
<i>Holopedium gibberum</i>								1
Calanoida indet.					1	1	1	30
Cyclopoida indet.								1
<b>Acari</b>	1	1			3		1	1
<b>Ephemeroptera</b>								
<i>Leptophlebia vespertina</i>								1
<b>Plecoptera</b>								
<i>Amphinemura borealis</i>	1		1	1		2		1
<i>Amphinemura standfussi</i>		1						1
<i>Amphinemura sulcicollis</i>			1					1
<i>Diura</i> sp. **					1		1	
<i>Isoperla</i> sp. **	1							
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	7	2	2	2	1	3	17	13
<i>Nemoura cinerea</i>			1					
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>					2		2	
<b>Trichoptera</b>								
<i>Ceraclea</i> sp.								1
<i>Cyrnus trimaculatus</i>							1	1
<i>Hydropsyche siltalai</i> **	1	2	1	3				
<i>Neureclipsis bimaculata</i>								2
<i>Oxyethira</i> sp.		1						2
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	3			1				
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	4				2	1	3	2
<i>Rhyacophila nubila</i>	2	2	3	1	5			8
<b>Diptera</b>								
Chironomidae indet.	51	25	30	21	37	45	63	120
Ceratopogonidae indet.	1							
Simuliidae indet.	146	109	96	211	101	158	57	190
Empididae indet.			2		2	1	1	6
<b>Antall individ</b>	<b>221</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>240</b>	<b>157</b>	<b>213</b>	<b>161</b>	<b>434</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>22</b>
<b>Antall filtrerere</b>	<b>154</b>	<b>111</b>	<b>97</b>	<b>215</b>	<b>103</b>	<b>158</b>	<b>60</b>	<b>194</b>
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>11</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>	<b>10</b>				<b>13</b>			
<b>Totalt antall arter / taxa</b>	<b>18</b>				<b>25</b>			
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0,5</b>				<b>0,5</b>			
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>-</b>				<b>-</b>			
<b>ASPT</b>	<b>6,1</b>				<b>6,8</b>			

**Vedlegg 3.** Arter / taxa funnet i sparkeprøvene på St. 1 og St. 2 den 23.09.2016 etter anleggsarbeidet. \* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

Prøve nr.	St. 1 (Påvirket)				St. 2 (Kontroll)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>	1				1	1	8	2
<b>Oligochaeta</b>	22	33	43	31	3	25	24	8
<b>Crustacea</b>								
<i>Asellus aquaticus</i> **		1						7
<i>Bosmina</i> sp.	1	1			1		14	3
<i>Eurycercus lamellatus</i>								2
<i>Holopedium gibberum</i>					2			3
<i>Sida crystalina</i>							1	3
Chydoridae indet.	4						9	29
Cyclopoida					1	1	2	12
Macrotrichidae indet.							1	
<b>Acari</b>			1	1		1		2
<b>Ephemeroptera</b>								
<i>Leptophlebia vespertina</i>						1	1	2
<b>Plecoptera</b>								
<i>Amphinemura borealis</i>	1		1	1	1	1	2	
<i>Isoperla</i> sp. **		2	1	2				
<i>Leuctra fusca</i>						1		
<i>Nemoura</i> sp.							2	
<i>Protonemura meyeri</i>			1					
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>		1						
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>			4	1				
<b>Trichoptera</b>								
<i>Hydropsyche siltalai</i> **	3	17	5		2	1	2	
<i>Hydropsyche</i> sp. **								1
<i>Ithytrichia lamellaris</i> **	3	2	1	3	1		3	1
<i>Lepodostoma hirtum</i> **								2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	59	35	55	45	14	8	6	2
<i>Oecetis testacea</i> **								1
<i>Oxyethira</i> sp.	4	4	2	3	2	1	1	7
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	3			1	3	3		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	29	39	30	55	7	37	29	30
<i>Rhyacophila nubila</i>	4		3	1	3	8	1	
<i>Tinodes waeneri</i> **						1		
Polycentropodidae indet.							4	2
<b>Diptera</b>								
Chironomidae indet.	76	28	27	37	46	42	31	83
Simuliidae indet.	16	25	7	3	14	2	4	
<i>Tipula</i> sp.			1	2				
Empididae indet.			1	1				
Muscidae indet.		2		1				
<b>Antall individ</b>	<b>226</b>	<b>190</b>	<b>183</b>	<b>188</b>	<b>101</b>	<b>134</b>	<b>145</b>	<b>202</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
<b>Antall filtrerere</b>	<b>110</b>	<b>116</b>	<b>97</b>	<b>104</b>	<b>40</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>33</b>
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>	<b>12</b>				<b>14</b>			
<b>Totalt antall arter / taxa</b>	<b>23</b>				<b>27</b>			
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0,5</b>				<b>0,5</b>			
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>-</b>				<b>-</b>			
<b>ASPT</b>	<b>6,1</b>				<b>6,1</b>			



## Ferskvannsekologi - laksefisk - bunndyr

LFI ble opprettet i 1969, og er nå en seksjon ved Uni Research Miljø, en avdeling i Uni Research AS, et forskningsselskap eid av universitetet i Bergen og stiftelsen Universitetsforskning Bergen. LFI Uni Research Miljø tar oppdrag som omfatter forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannsekologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være til stede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Effekter av fiskeoppdrett, lakselus og rømming
- Forsuring og kalking
- Habitattanalyser
- Vassdragsrestaurering
- Miljødesign og habitattiltak
- Effekter av klimaendringer
- Fiskepassasjer
- Gassovermetning

Oppdragsgivere er offentlig forvaltning, kraftselskap, forskningsråd og andre. Viktige samarbeidspartnere er andre nasjonale og internasjonale forskningsinstitusjoner og FoU miljø hos oppdragsgivere.

Våre internettsider finnes på <http://uni.no/nb/uni-miljo/> eller ved søk på Uni Research Miljø.