

Miljøundersøkelse i Aulivassdraget, oppfølging i 2015



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Miljøundersøkelse i Aulivassdraget, oppfølging i 2015	Løpenr. (for bestilling) 6950-2016	Dato 04.01.2016
	Prosjektnr. Undernr. 14277	Sider 37 s.
Forfatter(e) Eirik Fjeld, Ian Allan, Jonas Persson, Espen Lund, Jens Thaulow og Sissel Ranneklev.	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Revac AS	Oppdragsreferanse Jørn Svinsholt
------------------------------	-------------------------------------

Sammenheng

Det rapporteres her fra en oppfølgende miljøundersøkelse i Aulivassdraget, Tønsberg, etter brannen i utendørs lager av plast iblandet fraksjoner av EE-avfall, på gjenvinningsbedriften Revac AS på Linnestad industriområde i Vestfold i 2014. Etter brannen forårsaket forurenset slukkevann fiskedød i vassdraget. Konsentrasjonene av undersøkte tungmetaller og organiske miljøgifter i sedimentprøver fra vassdraget (2014) og i blåskjell og sedimenter fra Ilene/Tønsbergfjorden (2014/2015) var lavere enn miljøkvalitetsstandarden til vannforskriften (EQS-verdiene) og oppfylte således kravene til god kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter og god økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene. Konsentrasjonene av de undersøkte miljøgifter i en jordprøve fra utløpsområdet for slukkevannet (2014) kvalifiserte for Klasse 1 «Meget god» til Klasse 3 «Moderat» vurdert i forhold til tilstandsklasser for forurenset grunn, med unntak for krom hvor klassifiseringen er mer uvisst avhengig av tilstandsformen til krom. Undersøkelser høsten 2015 viser at bunndyrsamfunnene i vassdraget har fortsatt å restituere seg etter utslippet i 2014. I nedre deler av vassdraget er økologisk tilstand vesentlig dårligere enn forventet naturtilstand, noe som i større grad antas å være forårsaket av andre lokale påvirkninger enn utslippet fra Revac AS. Etter utslippet og fiskedøden i 2014 har det nå skjedd en rekolonisering av fisk i vassdraget. Det ble i august 2015 fanget ørret på alle undersøkte strekninger i vassdraget, fra referanseområdet ovenfor utslippet i Bjunebekken og ned mot utløpsområdet til Aulielva.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Tungmetaller	1. Heavy metals
2. Organiske miljøgifter	2. Organic pollutants
3. Ferskvann	3. Freshwater
4. Biota	4. Biota


Eirik Fjeld
Prosjektleder


Elisabeth Lie
Forskningsleder

Miljøundersøkelse i Aulivassdraget, oppfølging i 2015

Forord

Mandag 21. juli 2014 begynte det å brenne i et utendørs lager av plast iblandet fraksjoner av EE-avfall på gjenvinningsbedriften Revac AS på Linnestad industriområde i Vestfold. Det forurensede slukkevannet rant ut i Aulivassdraget og førte til akutt fiskedød. NIVA fikk i oppdrag å utrede konsekvensene av brannen på akvatisk miljø. Oppdragsgiver var bedriften, Revac AS. I denne rapporten presenterer og drøfter vi våre funn fra oppfølgende og komplementerende undersøkelser.

En takk rettes til Miljøvernavdelingen i Vestfold og til Revac AS for all velvillig hjelp og assistanse i forbindelse med planleggingen og gjennomføringen av prosjektet. Våre kontaktpersoner her har vært henholdsvis senioringeniør Tor Fredrik Holt og HSE Manager Jørn Svinsholt.

Oslo, 04.01.2016

Eirik Fjeld
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	7
2.1 <i>Beskrivelse av vassdraget</i>	7
2.2 <i>Prøvetaking av sedimenter, jord og brannrester</i>	7
2.3 <i>Prøvetaking av blåskjell og fiskeundersøkelser</i>	8
2.4 <i>Analysen av tungmetaller og organiske miljøgifter</i>	8
2.5 <i>Bunndyr</i>	10
2.6 <i>Innsamling av fisk</i>	12
3. Tungmetaller og PAH i muslinger	15
4. Tungmetaller i sedimenter, jord og brannrester	16
5. Organiske miljøgifter i jord, sedimenter og brannrester	17
6. Bunndyr	25
6.1 <i>Resultater</i>	25
6.2 <i>Vurderinger</i>	25
7. Forekomst av fisk	30
8. Konklusjoner	35
8.1 <i>Miljøgifter i muslinger, jord og sedimenter</i>	35
8.2 <i>Forekomst av bunndyr og fisk</i>	36
9. Referanser	37

Sammendrag

En brann i et utendørs lager av plast iblandet fraksjoner av elektronikkavfall ved gjenvinningsbedriften til Revac AS i Vestfold 21. juli 2014 førte til utslipp av forurenset slukkevann i Aulivassdraget med påfølgende akutt fiskedød. Etter ulykken fikk NIVA i oppdrag å utrede forekomst og effekter av miljøgifter og andre forurensinger som ble tilført vassdraget som følge av brannen. Etter hovedrapporten (Fjeld et al. 2014) ble bedriften pålagt oppfølgende undersøkelser som innebar nye analyser av sediment- og jordprøver, samt ytterligere registreringer av bunndyr og fisk for å kartlegge restitueringen av samfunnene. Vi rapporterer her resultatene fra den oppfølgende undersøkelsen.

Konsentrasjonene av de undersøkte tungmetaller og organiske miljøgifter i samtlige sedimentprøver fra vassdraget (2014), i jordprøven fra utløpsområdet (2014) og i blåskjell fra Ilene/Tønsbergfjorden (2014/2015) var lavere enn miljøkvalitetsstandarden til vannforskriften (EQS-verdiene) og oppfylte således kravene til god kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter og god økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene.

Konsentrasjonene av tungmetaller og organiske miljøgifter i jordprøven kvalifiserte for Klasse 1 «Meget god» til Klasse 3 «Moderat», vurdert i forhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset grunn, med unntak for krom hvor klassifiseringen er mer uvisst avhengig av tilstandsformen.

Undersøkelser høsten 2015 viser at bunndyrsamfunnene i vassdraget har fortsatt å restituere seg etter utslippet i 2014. I nedre deler av vassdraget er økologisk tilstand vesentlig dårligere enn forventet naturtilstand, noe som i større grad antas å være forårsaket av andre lokale påvirkninger enn utslippet fra Revac AS. Etter utslippet og fiskedøden i 2014 har det nå skjedd en rekolonisering av fisk i vassdraget. Det ble i august 2015 fanget ørret på alle undersøkte strekninger i vassdraget, fra referanseområdet ovenfor utslippet i Bjunebekken og ned mot utløpsområdet til Aulielva.

1. Innledning

Mandag 21. juli 2014 begynte det å brenne i et utendørs lager bestående av 1250 tonn hardplast iblandet fraksjoner av elektronikkavfall på gjenvinningsbedriften Revac AS på Linnestad industriområde i Re kommune i Vestfold. Forurenset slukkevann ble ledet gjennom bedriftens system for håndtering av overflateavrenning og drenert via anleggets tette betongdekke til kumsystem med tilhørende sandfang/oljeutskiller. Deretter ble det ført ut i en godkjent utslippsløsning og videre ut i en liten bekk som via et dreneringsrør til slutt munnet ut i Bjunebekken i Aulivassdraget. Vassdraget renner ut i Tønsbergfjorden ved Ilene naturreservat.

Etter brannen ble det observert akutt fiskedød i vassdraget, og NIVA ble engasjert for å utrede de viktigste konsekvensene på akvatisk miljø som brannen forårsaket.

I NIVAs hovedrapport (Fjeld et al. 2014) har vi redegjort for de viktigste konsekvensene på akvatisk miljø som brannen forårsaket. Vi har i denne presentert og drøftet konsentrasjoner av tungmetaller og utvalgte organiske miljøgifter i vann, sediment og askerester, samt vurdert effektene utslippet av tungmetaller, organiske miljøgifter og brannskum hadde på fisk, bunndyr og begroingsalger i vassdraget. Vi går her ikke nærmere inn på konklusjonene fra rapporten, men henviser den interesserte leser til denne.

I NIVAs rapport fra 2014 baserte vi de organiske analysene av sedimenter på en blandprøve satt sammen av delmateriale fra fire prøver tatt nedover vassdraget. Begrunnelsen for dette var at vi ønsket en første «screening» for et bredt utvalg av aktuelle organiske miljøgifter. Dette anbefalte vi for å unngå å unødige ressursbruk hvor samtlige prøver ble analysert for et stort utvalg forbindelser hvor mange av disse kunne forekomme i miljømessig ubetydelige eller ikke-kvantifiserbare konsentrasjoner.

Etter NIVAs rapport i 2014 ble Revac AS pålagt å gjøre en oppfølgende miljøundersøkelse (brev fra Fylkesmannen i Vestfold, datert 11.12.14 og 17.04.15). I ovennevnte pålegg blir bedriften bedt om å (i) gjennomføre oppfølgende undersøkelser på fisk og bunndyr, (ii) å gjennomføre et utvidet kjemisk analyseprogram på de allerede innsamlede sedimentprøvene og en antatt forurenset jordprøve, (iii) å innsamle og analysere nye prøver av blåskjell og en sedimentprøve fra Ilene. Resultatene og vurderingene fra disse oppfølgende undersøkelsene blir presentert i foreliggende rapport.

2. Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av vassdraget

Aulivassdraget har utløp sentralt i Tønsbergfjorden ved Ilene naturreservat. Vassdraget deler seg like nord for E18 ved Sem i to hovedelver, Storelva i øst og Merkedamselva i vest. Storelva forgreiner seg ytterligere ved Bjune hvor Bjunebekken (også kalt Vesleelva) møter Storelva. Bjunebekken med sidegreiner drenerer et nedbørfelt som strekker seg nordøst for Bjune, mens Storelva drenerer de nordvestre områdene.

Vassdraget er et lavlandsvassdrag, der de høyeste partiene ligger omlag 400 m o.h. I nord grenser vassdraget mot Eikernvassdraget. Nedbørfeltet dekker ca. 363 km², og omfatter sentrale deler av Vestfold fylke med Holmestrand i nord og Tønsberg i syd.

Geologisk hører Aulivassdraget til det såkalte Oslofeltet og berggrunnen domineres av rombeporfyr, men har betydelige innslag av granitter og kvartsitt sentralt i feltet. Store deler av nedbørfeltet er dekket av marin leire og glasifluviale israndsavsetninger. Dette betyr at det er relativt høye naturlige konsentrasjoner av næringssalter i avrenningsvannet. Marin grense ligger på omlag 185 moh.

Vassdraget er sterkt påvirket av jordbruk, og andelen jordbruksareal utgjør omlag 36 % av nedbørfeltet. Det meste av jordbruksarealene finnes i den østre delen av området, rundt Raet og på marine avsetninger langs Storelva og Merkedamselva.

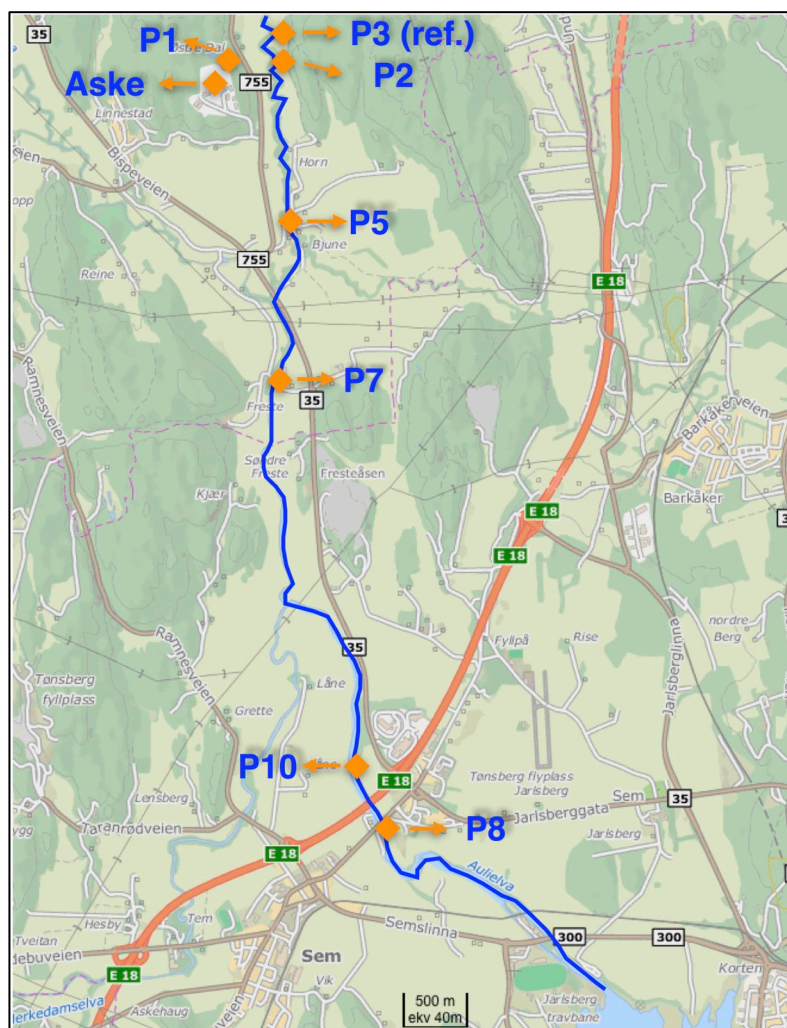
Vannportalen (2013) beskriver vassdraget som et viktig sjørøretvassdrag, særlig er de østre grenene av vassdraget viktige gyte- og oppvekstområder.

2.2 Prøvetaking av sedimenter, jord og brannrester

Formålet var å identifisere hvilke forurensninger og miljøgifter som har blitt sluppet ut med slukkevannet og blitt tilført grunn (jord) og vassdraget som følge av brannen og konsentrasjonene av disse i ulike matrikser. Prøvetakingspunktene er gitt i Figur 1.

NIVA tok sedimentprøver fra vassdraget den 30. juli og 7. august, 2014. Sedimentprøvene, som besto av det øvre 0–1 cm sedimentsjikt, ble tatt med rørhenter (30. juli) eller en van Veen bunngrabb (7. august), med unntak av en prøve nederst i vassdraget (7. august) hvor den ble skrapet opp med skje fra sedimentene da det her var vanskelig å komme til med en grabb. I tillegg har vi 16. juli 2015 tatt sedimentprøver i Ilene i Tønsbergfjorden, omlag 200–300 m utenfor utløpet av Aulivassdraget (4 prøver tatt med en rørhenter langs et 200 m tversgående transekt, øvre 1 cm sjikt, satt sammen til en blandprøve), samt en prøve av blåskjell ved Smørberg utenfor Ilene naturreservat.

En jordprøve, fra omlag øvre 2 cm sjikt i jordprofilen, ble 30. juli 2014 tatt utenfor Revacs industriområdet, der hvor slukkevann fra bedriften rant ut i terrenget. Prøver av aske/brannrester, fra ti ulike steder nederst i haugen av brent materiale på industriarealet til Revac AS, ble tatt under vår befaring 7. august 2014. Materialet ble blandet og grovere partikler ble siktet fra ved NIVAs laboratorium. Analysene er gjort på fraksjonen <1 mm, som vi antar er representativ for partikler som kan ha blitt fraktet fra brannstedet og nedover elva.



Figur 1. Prøvetakingsstasjoner (prøvepunkter) for prøvene av aske, jord (P1) og sedimenter tatt i Aulivassdraget etter brannen ved Revac AS 21. juli 2014.

2.3 Prøvetaking av blåskjell og fiskeundersøkelser

For å undersøke hvorvidt forurensingene fra Aulivassdraget hadde ført til økte konsentrasjoner av miljøgifter i blåskjell i Tønsbergfjorden, ble det den 30. juli 2014 innsamlet prøver fra nær utløpet til Aulivassdraget (Smørberg) og antatt upåvirkede prøver omlag 5 km lenger ute i fjorden ved Melsomvik (Himalaya). Muslingene ble sortert i to størrelsesgrupper (større eller mindre enn 30 mm) og det ble analysert på bløtdeler minus lukkemuskler, slik som beskrevet i Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997). Nye blåskjellprøver ble innsamlet 17. august 2015 ved Smørberg i Tønsbergfjorden.

Ved to anledninger etter brannen har det blitt gjort fiskeundersøkelser i Aulivassdraget med elektrisk fiskeapparat. Første prøvafiske ble utført like etter brannen den 14.-15. august 2014 (Fjeld et al. 2014), mens en oppfølgende undersøkelse ble gjort året etter 13.-14. august. Vi rapporterer her om forekomsten av fisk fra 2015-undersøkelsen.

2.4 Analyser av tungmetaller og organiske miljøgifter

Tungmetaller og organiske miljøgifter ble analysert i sedimentprøver fra stilleflytende partier i elva og fra utløpsområdet til Aulivassdraget ved Ilene, i en jordprøve fra området der slukkevannet fra brannen rant

ut i terrenget, i brannrester, samt i muslinger fra fjorden. Prøvene av sediment, jord og brannrester ble oppbevart mørkt ved 4 °C fram til de ble analysert, mens muslingene ble oppbevart nedfrost ved -20 °C.

Prioriterte tungmetaller var arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink.

De organiske miljøgiftene det i denne oppfølgende undersøkelsen ble fokusert på, var følgende:

- Forbindelser som kan ha vært tilstede i det opprinnelige materialet. Disse inkluderer forskjellige flammehemmere (bromerte, klorerte og fosforbaserte), kort- og medium-kjedede klorparafiner (S/MCCP), polyklorerte bifenyler (PCB), dioksiner og ftalater (DEHP).
- Forbindelser som kan ha blitt produsert under forbrenning. Disse inkluderer polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte dibenzo-p-dioksiner og furaner (PCDD/Fs)

For de nye analysene fra 2015 ble følgende analyselaboratoriene benyttet:

- Recetox/Masaryk University, Brno, Tsjekkia: Analyser av for ulike flammehemmere, klorerte parafiner, PCB, PAH og dioksiner i sedimenter og jord ved.
- NILU: Analyser for flammehemmerene TBBPA og HBCDD i sedimenter og jord
- NIVA: Ftalaten DEHP fra en jordprøve
- EUROFINS AS: Analyser av PAH i blåskjell og tungmetaller i sediment og jord

Alle laboratoriene har gjennomført analysene etter standard prosedyrer for å sikre tilfredsstillende kvalitetssikring og kontroll.

På grunn av lite restmaterialet i sedimentprøvene etter det omfattende analyseprogrammet kunne partikkelstørrelse/fordeling og TOC ikke bestemmes.

2.5 Bunndyr

Bunndyr er følsomme ovenfor forurensning av elver og brukes derfor mye i vurdering av negative effekter, for eksempel ved utslippet av natriumhypokloritt til Akerselva i 2011 (Bækken et al. 2011/NIVA-rapport 6240-2011). Bunndyr skal i henhold til overvåkingsveilederen 02:2009 (Direktoratsgruppen, 2010) prøvetas i oktober-november, da en mer stabil høstsituasjon er etablert og de tilstedeværende bunndyrene er tilstrekkelig store for sikker identifisering

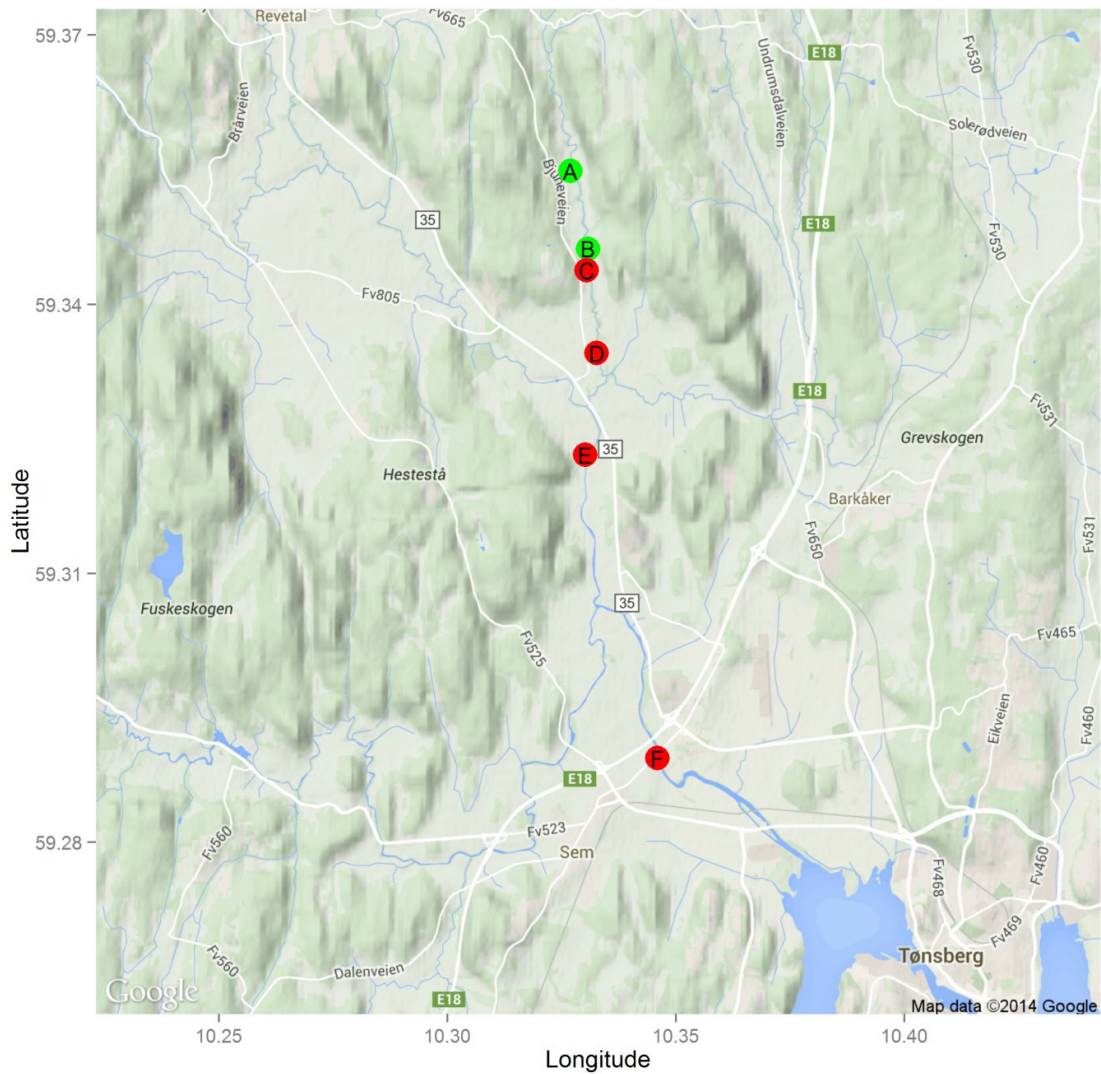
Bunndyr har blitt prøvetatt ved tre anledninger: i 8. august etter brannen i 2014 og 26. november, samt som ledd i den nye oppfølgende undersøkelsen 20. november i 2015. Resultatene fra 2014 er rapportert i Fjeld et al. (2014) og Persson (2015). Koordinater og kart for prøvetakingslokalitetene er gitt i Tabell 1 og Figur 2, og fotografier av lokalitetene er vist i Figur 3. Bunndyrundersøkelsene er gjort av Jonas Persson (NIVA). Prøver fra august er tatt for tidlig på sesongen for å sikkert vurdere miljøtilstand basert på ASPT/nEQR i henhold til den reviderte Veilederen for Vanndirektivet 02:2013 (Direktoratsgruppen, 2013).

Metodikk

NIVAs innsamlingsmetode for bunndyr er i henhold til den reviderte Veilederen for Vanndirektivet 02:2013 (Direktoratsgruppen, 2013), der det ved innsamling av bunndyrmateriale anbefales bruk av en såkalt sparkemetode (NS-EN ISO 10870:2012). Prøvene blir tatt i strykpartier når det er mulig, da klassegrensene i vurderingssystemet ikke er tilpasset sakteflytende elver. Prøvene blir konservert i felt med etanol. Bunndyrmaterialet blir så talt og bestemt i laboratoriet etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop. Det taksonomiske nivået varierer, men individer i de tre hovedgruppene døgnfluer (*Ephemeroptera*), steinfluer (*Plecoptera*) og vårfluer (*Trichoptera*), de såkalte EPT taksa, blir så langt det er mulig identifisert til art/slekt.

Vurdering av forurensningsbelastning og økologisk tilstand baseres på indeksen ASPT (Average Score Per Taxon; Armitage et al. 1983). Denne indeksen gir gjennomsnittlig forurensningstoleranse for familiene i bunndyrsamfunnet og anvendes som vurderingssystem i vanndirektivet. For ASPT gjelder at forholdet mellom målt verdi og referanseverdi kalles EQR (Ecological Quality Ratio). Indeksverdiene kan også regnes om til normaliserte EQR-verdier (nEQR) for enklere sammenligning med andre indekser og andre europeiske land. ASPT-indeksen har vært gjennom en interkalibreringsprosess; det vil si at grensene mellom de økologiske tilstandsklassene tilsvarer grensene hos andre nord-europeiske land. Alle klassegrenser for økologisk tilstand er i henhold til vanndirektivet.

Når det gjelder belastning knyttet til organisk materiale og næringssalter så vil dette i en bekk som er forsuret gi det resultat at taksa som skårer lavt for ASPT (bl.a. snegler og igler som indikerer organisk belastning) forsvinner, mens de gruppene som skårer høyt (f.eks. steinfluer) blir igjen. Dette gjør at økologisk tilstand basert på ASPT blir kunstig høy og misvisende under slike forhold. I kalkfattige områder er det derfor viktig at man i tillegg til ASPT vurderer effekten av forsuring, og dette vil her bli gjort ved å benytte Raddum 2-indeksen for bunndyr.



Figur 2. Kart over prøvetakingslokalitetene for bunndyr. Referansestasjoner er markert med grønn farge og stasjoner nedstrøms utslippet med rød farge. Produsert med ggmap (Kable & Wickham 2013) i R (R Core Team 2014, versjon 3.1.1) på Google maps©.

Tabell 1. Koordinater for prøvetakingslokalitetene.

Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad
A (referanse)	10.32688	59.35485
B (referanse)	10.33072	59.34621
C	10.33045	59.34378
D	10.33269	59.33456
E	10.33013	59.32322
F	10.34598	59.28939



Figur 3. Fotografier fra stasjonene ved prøvetakingen i november 2015. (Foto: J. Persson)

2.6 Innsamling av fisk

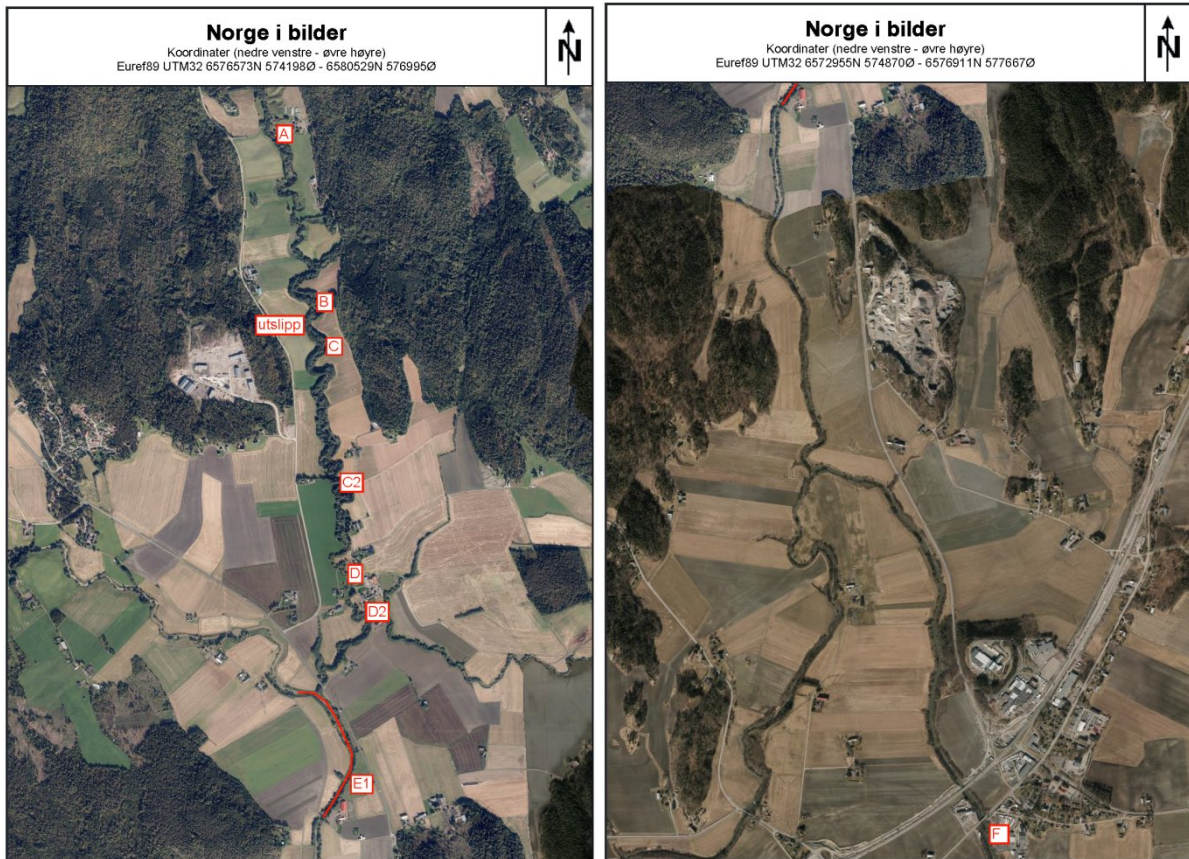
Det ble utført el-fiske i deler av Aulivassdraget 13.–14. august 2015. Fiskeundersøkelsen var en oppfølging av el-fisket i samme område i august 2014. Hensikten var den samme som i 2014: å skaffe informasjon om forekomst av fisk på elvestrekninger som kan ha blitt påvirket av utslipp fra brannen hos Revac AS den 21. juli 2014. Sammenlignet med 2014, ble det i 2015 undersøkt større arealer i Bjunebekken (Vesleelva/Dalselva) og mindre arealer i Aulielva.

Det ble fisket på åtte strekninger i august 2015 (Tabell 2 og Figur 4). De to øverste strekningene i Bjunebekken (A og B) var referanse-strekninger som ligger oppstrøms utslippspunktet og antakelig ikke ble påvirket av brannen. Strekingen rett nedstrøms utslippet i Bjunebekken (C) ble utvidet, der ble det fisket en strekning på 180 meter. Videre nedover i Bjunebekken ble det fisket tre strekninger i området Bjune-Bjunegrenda (C2, D og D2). I Storelva ble en lengre strekning fisket fra båt pga. vanskelige forhold for vanlig vading (E1). Nederste strekning var nedstrøms bruene i Aulielva (F). På grunn av lavere vannføring var det der mulig å fiske et mer egnet område enn i 2014. I 2014 var det kun mulig å fiske langs kantene, mens det i 2015 var mulig å fiske et grunt strykparti midt i elva (bilde 15).

I august 2015 var det lav vannføring og bedre forhold for el-fiske enn i 2014, men brunt/grått vann med dårlig sikt gjorde at forholdene likevel var noe vanskelige. Flere områder er dessuten meget heterogene, med varierende dybde og mange trestokker i elva. Fisken var ofte ujevnt fordelt, f.eks. med ansamlinger under stokker i dype kulper. Fangbarheten var antakelig varierende og stedvis lav. Alle strekninger ble fisket én gang. Det ble fisket med apparattype GeOmega FA-4 (Terik Technology AS, Levanger, Norge).

Tabell 2. *El-fiske i Aulivassdraget 13.-14. august 2015: informasjon om strekninger. Bredder og areal er et omtrentlig gjennomsnitt.*

Strekning	Kode	Lengde (m)	Bredde (m)	Areal (m ²)	Lednings- evne (µS/cm)	Temp (°C)	Kommentar
Ref. 1	A	90	2,5	225	235	13,5	Mer grus og stein. Mer stryk.
Ref. 2	B	80	3,5	280	248	13,0	Mye stokk. Noe grus. Fiskefelle.
Utslipp	C	180	3,5	630	247	12,2	Mye stokk. Leire. Noe grus/sand.
Utslipp2	C2	70	4,5	315	253	13,3	Leire og lite variasjon. Løs bunn.
Bjune	D	70	2,0	140	246	13,7	Litt dyp. Løs bunn.
Bjune2	D2	50	2,5	125	260	14,2	Mye stokk og kvist. Løs bunn.
Storelva	E1	750			219	15,6	Dyp. Brukte båt. Fisket langs kantene.
Bruene	F	10	17	170	182	15,2	Steinete, grunne strykområder.



Figur 4. Kart over strekninger som ble el-fisket 13.-14. august 2015.

3. Tungmetaller og PAH i muslinger

Bløtdeler fra blåskjellene fra Tønsbergfjorden, innsamlet 30. juli 2014 og 16. juli 2015 ble analysert for tungmetaller og PAH. For tungmetallene og PAH-ene som omfattes av vannforskriften (Miljødirektoratet 2014) tilfredsstilte konsentrasjonene kravet til god miljøtilstand (konsentrasjoner lavere enn EQS-verdiene).

Prøvene ble innsamlet fra nær utløpet til Aulivassdraget (Smørberg, potensielt forurensede prøver) og omlag 5 km lenger ute i fjorden ved Melsomvik (Himalaya, antatt upåvirkede prøver). Muslingene ble sortert i to størrelsesgrupper (større eller mindre enn 30 mm) og det ble analysert på bløtdeler minus lukkemuskler, slik som beskrevet i Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997).

Tabell 3. Konsentrasjoner av tungmetaller og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i muslinger fra Tønsbergfjorden, innsamlet 30. juli 2014 og 16. juli 2015. Det er analysert på små (< 30 mm) og store individer (≥ 30 mm). Andelen tørrstoff (TTS) i prøven er oppgitt. BAP: benzo(a)pyren; PAH16: sum av 16 PAH-forbindelser; KPAH: sum av kreftframkallende PAH. EQS: miljøkvalitetsstandard jfr. vannforskriften. Konsentrasjonene for metaller og PAH er oppgitt på henholdsvis tørrvekt- og våtvektbasis for å kunne sammenliknes med gjeldende EQS-verdier.

År	Lokalitet	Merking	TTS, %	Tungmetaller, mg/kg tørrvekt							PAH, µg/kg våtvekt		
				Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	BAP	PAH16	KPAH
2014	Smørberg	små	18	1,1	<0,2	9,4	0,09	0,6	1,1	106	<0,05	<33,88	<8,51
2014	Smørberg	store	18	1,1	<0,2	8,3	0,09	0,6	1,1	117	<0,05	<40,81	<7,71
2014	Himalaya	små	20	0,7	<0,2	9,5	0,08	0,8	0,8	85	<0,05	<16,90	<4,63
2014	Himalaya	store	18	1,1	1,7	8,3	0,11	0,6	0,9	100	<0,05	<15,86	<4,48
2015	Smørberg	store	16	0,9	1,4	8,1	0,09	1,3	0,9	100	<0,05	12	<3,0
EQS				5,0	10	30	0,50	20	15	400	5,0	200	

4. Tungmetaller i sedimenter, jord og brannrester

Den 30. juli og 7. august 2014 ble det tatt prøver av sedimenter nedover vassdraget, samt av en jordprøve ved avrenningen fra industriområdet til Revac AS (30. juli) og av aske- og brannrester fra industriområdet (7. aug). I sedimentene var det for kadmium, kvikksølv, bly og sink en økning i forhold til nivåene ved referansestasjonen (Tabell 4). Særlig var økningen markant for kadmium. For de andre elementene var det mer usystematiske og mindre variasjoner mellom prøvene. I en elv, hvor ulike strømningsforhold lett kan påvirke sedimentenes sammensetning med hensyn til partikkelstørrelse og organisk innhold, vil lokale og tilfeldige variasjoner lett kunne opptre. For nikkel og krom bør derfor de moderate forskjellene mellom referansestasjonen og stasjonen nedstrøms utslippet ikke tillegges noen stor vekt.

Sett i forhold til de nylig publiserte klassifikasjonsgrensene til Miljødirektoratet (2014) var imidlertid miljøtilstanden god for samtlige elementer i sedimentprøvene, det vil si at de ikke overskred verdiene for miljøkvalitetsstandarden (EQS-verdiene) gitt i vannforskriften.

Jordprøven er vurdert i forhold til tilstandsklasser for forurenset grunn (SFT, 2009) og ble klassifisert som følgende:

As, Hg, Ni:	Kl. 1 «Meget god»
Cd, Cu:	Kl. 2 «God»
Pb, Zn:	Kl. 3 «Moderat»
Cr:	Kl. 1 «Meget god» vurdert som Cr(III), Kl. 4 «Dårlig» vurdert som Cr(VI)

For krom (Cr) kreves det at det skilles på henholdsvis treverdig (III) og seksverdig (VI) krom for vurdering av tilstandsklasse for forurenset grunn. Seksverdig er betydelig mer giftig enn treverdig, men foreligger vanligvis i vesentlig lavere konsentrasjoner i miljøet. Forholdet mellom Cr(III) og Cr(VI) i jordprøven vet vi ikke, og vi kan derfor ikke vurdere nærmere hvilken tilstandsklasse den kvalifiserer for.

Aske- og brannrestene viste til dels svært høye konsentrasjoner av flere tungmetaller, særlig av kobber, bly og sink.

Tabell 4. *Konsentrasjoner av tungmetaller (mg/kg tørrvekt) i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. For angivelse av prøvepunkter i vassdraget, se kart i Figur 1. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Miljøkvalitetsgrensene (tilstandsklasse for jord og EQS for sedimenter) er angitt. Ref: referansestasjon.*

Prøvepunkt	dato	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
P1 (jord)	30.07.14	8,3	10,3	59	106	0,268	48	148	713
Tilstandsklasse		Kl.1	Kl.2	Kl.1/4	Kl.2	Kl.1	Kl.1	Kl.3	Kl.3
P3 (ref.)	30.07.14	8,5	0,14	60	21	0,051	30	12	86
P2		9,2	0,14	19	6,4	0,056	6,0	10	38
Ilene, Tønsbergfjorden	12.06.15	5,9	0,24	32	7,1	0,071	6,7	7,5	58
EQS, sediment, marint		18	2,5	660	84	0,52	42	150	139
P3 (ref.)	07.08.14	5,2	0,14	20	16	0,012	20	12	67
P2		6,1	0,80	11	16	0,023	12	28	93
P5		5,4	0,75	14	14	0,021	14	19	90
P7		6,1	0,23	12	8,1	0,014	11	16	65
P8		1,8	0,19	8,3	7,1	0,008	8,1	10	47
EQS, sediment, ferskvann		18	2,5	112	210	0,52	42	66	139
Aske/brannrester	30.07.14	27	67	49	17 000	15,3	600	12 000	6 400

5. Organiske miljøgifter i jord, sedimenter og brannrester

I den første rapporten til Fjeld et al. (2014) ble det analysert organiske miljøgifter i én prøve av aske/brannrester og i én blandprøve av sedimenter fra vassdraget, tatt 7. august 2014. Askeprøven representerer partikler (< 1 mm) som kan ha blitt fraktet fra brannstedet og videre nedover elva. Blandprøven ble fremstilt av det øvre 1 cm sedimentsjiktet fra fire forskjellige prøvepunkter (P2, P5, P7 og P8) nedstrøms tilførselsområdet (dreneringsrøret) der avrenningen fra industriområdet nådde vassdraget (fra og med prøvepunkt P2). En fraksjon av dette sedimentsjiktet kan antas å inneholder partikler som stammer fra brannstedet.

I foreliggende rapport har vi i tillegg analysedata fra:

- i) en jordprøve nedenfor utslippsrøret fra industritomten hvor slukkevannet fra bedriften rant ut i terrenget før det nådde Aulivassdraget, tatt 30. juni 2014.
- ii) de to sedimentprøvene som NIVA tok 30. juni 2014 i Aulivassdraget ved prøvepunkt P2 og P3, dvs. like nedstrøms og oppstrøms utslippspunktet til elva.
- iii) de enkelte sedimentprøvene fra vassdraget tatt 7. august 2014, dvs. en referanseprøve oppstrøms utslippspunktet (P3), samt tre av de fire sedimentprøvene som inngikk i den allerede analyserte blandprøven (P2, P5 og P7). Det var òg planlagt å analysere restmaterialet fra sedimentprøven fra prøvepunkt P8 nedstrøms brua hvor E18 krysser vassdraget, men mengden materiale som var igjen var for lite til at det lot seg gjøre.
- iv) en blandprøve av sedimenter fra Ilene, dvs. området i Tønsbergfjorden hvor Aulielva har sitt utløp, tatt 12.06.15

Stoffene som det ble analysert for omfatter kjemikalier som tilsettes plasten under produksjon (f. eks. flammehemmere eller myknere) og stoffer som dannes under forbrenning (så som PAH). Analyseresultatene for aske- og blandprøvene er vist i tabellene nedenfor, oppgitt på tørrvektbasis. For data angitt som «mindre enn», indikerer verdien som følger etter symbolet < at de i de fleste tilfeller er under kvantifikasjonsgrensen. Utvalget av analyserte forbindelser som kunne bestemmes for de nye analysene av enkeltprøvene som ble gjort i 2015 var av tekniske grunner noe lavere enn de som ble gjort av askeprøven og blandprøven i 2014.

Bromerte flammehemmere (BFR)

Som ventet inneholdt askeprøven betydelige konsentrasjoner av bromerte flammehemmere som er vanlig bruk i plast og elektronisk utstyr, og flere av disse forbindelsene finner vi også igjen forholdsvis høye konsentrasjoner i jordprøven (Tabell 5).

For sedimentprøvene har vi miljøkvalitetskriterier for bromerte flammehemmere i henhold til vannforskriften (Miljødirektoratet 2014). For polybromerte difenyletere (PBDE) skal summen av kongenerene med mellom 4 og 7 bromatomer være under 31 og 62 µg/g tørrvekt i henholdsvis ferskvanns- og marine sedimenter (EQS-verdiene) for at miljøtilstanden skal være god. For vårt utvalg av kongenerer betyr det kongenerene fra BDE28 til BDE154. For tetrabrombisfenol-A (TBBPE) skal konsentrasjonene i ferskvanns- og marine sedimenter ikke overskride 108 ng/g, og for HBCDD er de tilsvarende grensene henholdsvis 172 og 34 ng/g. Ingen av sedimentprøvene overskred disse EQS-verdiene.

Jordprøven hadde et tydelig forhøyet nivåer av TBBPA, og i noe mindre grad også av okta- og deka-PBDE (BDE196 og -209). For disse forbindelsene finnes det imidlertid ikke noen tilstandsklasser for forurenset grunn.

Tabell 5. *Konsentrasjoner av bromerte flammehemmere i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggete rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Ref: referansestasjon.*

Dato:	Konsentrasjon, ng/g tørrvekt									
	07.08.14		30.07.14			07.08.14				12.06.15
Forbindelse	Aske	Sed. bland	P1 jord	P3 ref.	P2	P3 ref.	P2	P5	P7	llene
BDE17	110	0,062								
BDE28	430	0,24	5,2	<0,01	0,03	<0,05	0,42	0,14	0,01	<0,01
BDE47	2 100	1,5	27,4	0,09	0,25	0,05	4,00	1,41	0,15	0,03
BDE49	500	0,32								
BDE66	550	0,34	7,2	<0,01	<0,04		0,94	0,29	<0,02	<0,01
BDE71	71	<0,06								
BDE77	120	0,075								
BDE85	100	<0,2	2,0	<0,02	0,04	<0,02	0,20	<0,12	<0,03	<0,01
BDE99	2 000	1,7	38,3	0,02	0,27	0,03	4,58	1,74	0,16	0,02
BDE100	250	0,25	6,0	<0,01	0,05	<0,01	0,84	0,33	0,02	<0,01
BDE119	<80	<0,1								
BDE126	<80	<0,1								
BDE138	140	<0,2								
BDE153	1 100	0,69	16,3	<0,02	0,13	<0,01	2,00	0,53	0,05	<0,01
BDE154	370	0,24	5,2	<0,01	0,05	<0,01	0,78	0,24	0,03	<0,01
BDE156	<120	<0,2								
BDE183	2 500	1,7	46,8	0,02	0,39	<0,02	5,30	1,37	0,12	<0,013
BDE196	430	<0,6	154,0	0,14	1,20	0,08	19,00	6,05	0,54	0,05
BDE197	1 000	0,75								
BDE206	840	<2								
BDE207	1 600	<2								
BDE209	23 800	10	141,0	<0,37	1,15	<0,30	18,20	4,93	0,94	<0,53
HBCDD	430	2,7	13,6	<0,08	<0,08	<0,06	2,41	0,51	<0,09	<0,07
TBBPA	45 800	36,9	1863	2,6	4,34	0,25	70,6	22,8	1,87	<0,26

Nye bromerte flammehemmere (NBFR)

Disse bromerte flammehemmere er tatt i bruk som følge av utfasing av andre flammehemmere, slik som for eksempel PBDE. De brukes i et bredt spekter av produkter og materialer, inkludert kabelisolasjon, plast og elektronisk utstyr.

Konsentrasjonen av de fleste av disse nye flammehemmerene var under metodens kvantifikasjonsgrenser (Tabell 6). Pentabromobenzene, pentabromotoluene, tribromfenyl-eter, 1,2-bis (2,4,6-tribromophenozy) etan, og s/a-Dechlorane Plus (som er en klorert flammehemmer) var i konsentrasjoner mellom 0,077 og 3,6 ng/g tørrvekt i blandprøven av sedimenter fra Aulielva. Analysene av enkeltprøvene fra vassdraget viste høyeste nivåer av Deklorane Plus ved stasjon P2 hvor slukkevannet fra brannen rant ut i vassdraget (sum: 6,26 ng/g), men avtok betydelig lenger nede i vassdraget (P7: 0,4 ng/g).

Til tross for at DBPDE var de av disse nye flammehemmerene som ble funnet i den høyeste konsentrasjon i askeprøven, så kunne den ikke påvises i kvantifiserbare mengder i blandprøven av sedimenter fra vassdraget. For BTBPE var konsentrasjon på 3,6 ng/g i blandprøven av sedimenter fra vassdraget og 7,9 ng/g ved P2, noe som tilsvarer det øvre konsentrasjons-området som har blitt rapportert for sedimenter i Great Lakes i Nord-Amerika og nivået i kloakkslam fra Bayern i Tyskland (EFSA, 2012).

Tabell 6. Konsentrasjoner av nye bromerte flammehemmere i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Ref: referansestasjon

		Konsentrasjon, ng/g tørrvekt									
Dato:		07.08.14		30.07.14			07.08.14				12.06.15
Forbindelse	Forkortelse	Aske	Sed. bland	P1 jord	P3 ref.	P2	P3 ref.	P2	P5	P7	Ilene
2,4,6-tribromophenyl allyl ether	ATE	3,0	<0,01	0,06	0,04	0,04	0,01	0,04	0,04	0,03	<0,01
tetrabromoethylcyclohexane	TBECH	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,5,6-tetrabromo-p-xylene	p-TBX	4,9	<0,01	0,032	0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoallyl 2,4,6-tribromophenyl ether	BATE	5,8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2,5,6-Tetrabromocyclooctane	TBCO	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pentabromobenzene	PBBZ	24	0,08								
2,3,4,5-tetrabromo-6-chloromethylbenzene	TBCT	3,8	<0,01								
Dechlorane Plus mono Adduct	DPMA	46	<0,01								
pentabromotoluene	PBT	23	0,08	3,09	0,04	0,04	0,03	0,15	0,05	0,03	0,02
pentabromoethylbenzene	PBEB	3,0	<0,01	0,27	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01	<0,01	0,003
pentabromoethylbenzene	PBEB	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
tribromophenyl ether	HBB	104	0,92	11,10	0,01	0,05	0,01	1,72	0,14	0,02	0,02
Pentabromobenzyl acrylate	PBBA	0,65	<0,01								
Hexachlorocyclopentadienyldibromocyclooctane	HCDBCO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-ethylhexyl-2,3,4,5-tetrabromobenzoate	EHTBB	49	<0,01	1,11	0,08	0,07	0,02	0,13	0,05	<0,01	0,02
1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane	BTBPE	1 500	3,6	67,8	0,08	0,59	<0,01	7,85	2,17	0,24	<0,01
s/a-Dechlorane Plus	s-DP	780	1,4	14,6	0,003	0,08	0,07	1,52	0,62	0,13	0,004
s/a-Dechlorane Plus	a-DP	910	2,8	34	0,02	0,25	0,20	4,74	1,85	0,27	0,02
Bis(2-ethyl-1-hexyl)-tetrabromophthalate	BEHTBP	3,6	<0,01								
1,2-bis(pentabromophenyl)ethane	DBDPE	17 000	<0,02								

Ftalater

Ftalater er estere av ftalsyre og brukes hovedsakelig som mykgjørere i plast for å øke deres fleksibilitet, transparens, holdbarhet og levetid. De anvendes først og fremst for å mykgjøre polyvinylklorid (PVC). Ftalater med lav molekylvekt (3-6 karbonatomer i alkylkjeden knyttet til grunnstrukturen) blir etterhvert nå erstattet med høy-molekylvekt ftalater (6 karbonatomer i alkylkjedene). Ftalater er generelt fysisk bundet i plast, men kan frigjøres ved oppvarming. DEHP er oppført som en prioritert stoff i vannforskriften, og er også en forbindelse som det er gitt tilstandsklasser for i veilederen for forurenset grunn (SFT 2009). Vi har i denne oppfølgende undersøkelsen komplementert de tidligere analysene av ftalater med en analyse av DEHP i jordprøven fra P1.

Som forventet ble ftalater funnet i mg/kg-nivå i askeprøven, mens de i blandprøven av elvesedimenter ble påvist i konsentrasjoner under kvantifikasjonsgrensen – med unntak av diisodecylftalat som hadde en

konsentrasjon på 5 mg/kg. Dersom ftalater skulle kunne påvises i sedimentprøven ville det kreve en forbedring av metodens kvantifikasjonsgrenser.

Konsentrasjonen av DEHP i sedimentprøven var <1 µg/g tørrvekt som er mindre enn EQS-verdien på 10 µg/g. Konsentrasjonen av DEHP i jordprøven var 20 µg/g, hvilket kvalifiserer for tilstandsklasse 2 «God» for forurenset grunn (2,8 – 25 µg/g).

Tabell 7. Konsentrasjoner av ftalater i sedimenter fra i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014)

Dato:	Konsentrasjon, µg/g tørrvekt		
	07.08.14		30.07.2014
Forbindelse	Aske	Sediment, blandprøve	Jord
Butylbenzylphthalate	3,1	<0,1	20
Dibutyl adipate	<0,3	<0,3	
Dibutylphthalate	7,9	<0,5	
Bis(2-ethylhexyl) adipate	<0,3	<0,3	
Diethylphthalate	0,55	<0,3	
Diethylhexyl adipate	1,8	<0,5	
Diethylhexylphthalate (DEHP)*	520	<1	
Di-isobutyl adipate	<0,3	<0,3	
Diisobutylphthalate	4,2	<0,5	
Diisodecylphthalate	38	5	
Disiheptylphthalate	<5	<5	
Dimethylphthalate	0,59	<0,1	
1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl ester	1,6	<0,5	
Di-n-octylphthalate	3,1	<0,3	
Tributylphosphate	0,11	<0,1	

*EQS-verd i sedimentyeri: 10 µg/g tørrvekt

Kort og mellomklorparafiner (S/MCCP)

Klorerte parafiner er en kompleks blanding av klorerte n-alkaner av ulike kloreringsgrad og karbonkjedelengde. Disse stoffene har siden 1930-tallet blitt brukt som flammehemmere og mykgjørere. Klorerte parafiner er oppført som prioritert stoffer i vannforskriften.

Konsentrasjonene av klorparafiner, og da særlig de mellomkjededede, var høye i askeresten, hvilket illustrerer at dette er vanlig forekommende forbindelser i ulike plasttyper. I blandprøven av sedimenter var imidlertid nivåene lave. For kortkjededede (SCCP) var konsentrasjonene under metodens kvantifikasjonsgrenser, mens de for mellomkjededede klorparafiner (MCCP) var bare litt over grensene. Disse konsentrasjonene tilsvarer de laveste konsentrasjonene ble rapportert for sedimenter fra Mjøsa i 2006 (Fjeld et al. 2006). Øvre estimat for SCCP-konsentrasjonen i blandprøven av sedimenter fra Aulivassdraget (76 ng/g) var vesentlig lavere enn forskriftens EQS-verdi på 800 ng/g. Det samme gjaldt også for MCCP hvor estimatet (38–76 ng/g tørrvekt) var betydelig lavere enn EQS-verdien på 4600 ng/g. Jordprøven viste heller ikke spesielt høye nivåer med konsentrasjoner av S/MCCP på henholdsvis 47 og 136 ng/g.

Tabell 8. Konsentrasjoner av kort- og mellomkjededede klorerte parafiner (S/MCCP) i aske, sediment- og jordprøver. Skyggelagte søyler er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014).

Dato:	Konsentrasjon, ng/g tørrvekt		
	07.08.14		30.07.14
forbindelse	Aske	Sediment blandprøve	Jord
SCCPs	4 270	< 13	47
MCCPs	42 600	38 – 76	136

Organofosfat-forbindelser (OPC)

Organofosfat-baserte flammehemmere utgjorde omlag 20% av forbruket av flammehemmere i Europa i 2006. Disse har i økende grad blitt brukt som erstatning for PBDE.

I blandprøven av sedimenter varierte konsentrasjonene av OPC fra under kvantifikasjonsgrensene til 1300 ng/g tørrvekt for TCPP. I de nye analysene av enkeltprøvene av sedimenter og jord var imidlertid nivåene av TCPP vesentlig lavere (37-224 ng/g). Dette, samt at konsentrasjonen av TCPP i askeprøven (viktig kilde for forurensingene) var av omlag samme størrelse som i blandprøven, indikerer at resultatet fra blandprøven ikke er representativt. Årsak til dette kan være at prøven har vært inhomogen og et fragment av kontaminert plast har blitt med i analysen, eventuelt eller at det har skjedd en kontaminering under denne.

Den høyeste konsentrasjonen av OPC i askeprøven var for cresyl-difenyfosfat (CDP), og denne forbindelsen ble målt i blandprøven av sedimenter i en konsentrasjon på 109 ng/g tørrvekt. Denne forbindelsen lyktes det ikke å få resultater på i de nye analysene av sedimenter og jord. Svært få data er rapporter for dette kjemikaliet (Van der Veen og de Boer, 2012). Konsentrasjonen av TPhP er i samme området som tidligere påvist i sedimenter (Van der Veen og de Boer, 2012). For TCEP er det laget en EQS-verdi for sedimenter (ferskvann/marint: 72 ng/g) og konsentrasjonene i de analyserte sedimentene (<0,8 ng/g tørrvekt) lå betydelig lavere enn denne.

Tabell 9. Konsentrasjoner av organofosfatforbindelser i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Ref: referansestasjon.

Dato:	Konsentrasjon, ng/g tørrvekt										
	07.08.14		30.07.14			07.08.14				12.06.15	
	Aske	Sed. bland	P1 jord	P3 ref.	P2	P3 ref.	P2	P5	P7	Ilene	
Tri isobutyl phosphate	TiBP	<170	<170	3,8	5,8	6,2	1,21	3,1	1,2	1,7	1,1
tri(n-butyl)phosphate	TnBP	<90	<90	10,8	14,9	18,0	3,8	8,7	3,4	5,1	4,0
2-carboxyethyl)phosphine hydrochloride	TCEP	22	18	26,3	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tris(chloropropyl)phosphate	TCPP	1 500	1 300	224	144	63	91	98	37	123	35
dibutylphenyl phosphate	DBPP	nd	nd	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Bis(diphenylphosphate)	BDPP	0,2	nd	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tris-(2-chloro-, 1-chloromethyl-ethyl)-phosphate	TDCPP	250	22	396	<0,8	<0,8	<0,8	10,2	5,1	1,16	<0,8
triphenyl phosphate	TPhP	5 500	24	824	7,0	10,7	7,8	113	17,3	3,5	1,7
2-ethylhexyl diphenyl phosphate	2EHDPP (EDP)	1 800	nd	10,6	5,6	1,2	6,2	3,8	2,6	3,8	0,9
Tris(2-butoxyethyl) phosphate	TBEP	5,4	<2	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Cresyl diphenyl phosphate	CDP	767 000	109								
Tris(2-ethylhexyl) phosphate	TEHP	5,0	6,1	12,1	6,9	5,8	3,2	12,4	2,6	3,1	4,6
tri-o-tolyl phosphate	ToTP	170	2,1	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tri-m-tolyl phosphate	TmTP	29 400	11	8,9	<0,8	<0,8	<0,8	0,9	<0,8	<0,8	<0,8
tri-p-tolyl phosphate	TpTP	6 61	5,1	2,0	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tris(2-isopropylphenyl) phosphate	TIPPP	1 400	7,4	4,4	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tris(3,5-dimethylphenyl) phosphate	TDMPP	280	4,4	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
tris(2,3-dibromopropyl) phosphate	TDBPP	340	nd								
Tri(p-tert butyl phenyl) phosphate	TpTBPP	260	9,4								

Polyklorerte bifenylar (PCB)

Polyklorerte bifenylar ble mye brukt som dielektriske medier og kjølevæsker, f. eks i elektriske apparater. På grunn av sin giftighet og persistens og bioakkumulerende egenskaper ble produksjon og bruk forbudt internasjonalt i følge Stockholm-konvensjonen om persistente organiske miljøgifter i 2001.

Selv om summen av syv vanlig målte PCB (PCB7, indikatorforbindelser) var relativt høy i askeprøven (438 ng/g tørrvekt), var konsentrasjonen i elvesedimenter omlag 1-2 ng/g tørrvekt. Dette er en størrelsesorden lavere enn konsentrasjonene målt i suspenderte sedimenter i Alnaelven i 2013 (Skarbøvik et al. 2014). Nivået av PCB7 i sedimentprøvene var lavere enn vannforskriftens EQS-verdi for sum PCB7 på 4,1 ng/g (Miljødirektoratet 2014).

Jordprøven (P1) med en sum PCB7 på 9,85 ng/g klassifiserte for tilstandsklasse 1 «Meget god» (<10 ng/g) i henhold til veilederen for forurenset grunn (TA-2553, Miljødirektoratet 2009).

Tabell 10. Konsentrasjoner av PCB i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Ref: referansestasjon.

Dato:	Konsentrasjon, ng/g tørrvekt									
	07.08.14		30.07.14			07.08.14				12.06.15
	Aske	Sed. bland	P1 jord	P3 ref.	P2	P3 ref.	P2	P5	P7	llene
PCB 28	101	0,16	1,72	0,21	0,13	0,16	0,28	0,21	0,17	0,07
PCB 52	103	0,20	1,57	0,24	0,14	0,16	0,36	0,24	0,18	0,08
PCB 101	64	0,11	1,67	0,39	0,18	0,20	0,42	0,24	0,19	0,12
PCB 138	55	0,09	1,38	0,23	0,17	0,18	0,35	0,23	0,18	0,10
PCB 153	60	0,17	1,51	0,29	0,21	0,22	0,41	0,30	0,25	0,18
PCB 180	43	0,09	0,78	0,11	<0,07	0,07	0,18	0,11	0,08	<0,07
sum PCB7	438	0,91	9,85	1,65	0,97	1,09	2,24	1,47	1,19	0,61

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH er generelt produsert under ufullstendig forbrenning av organisk materiale (f. eks branner, eksos mm). Flere av PAH-forbindelsene (f. eks fluoranten, benzo(a)pyren) er på listen over prioriterte stoffer i vannforskriften.

Som forventet var konsentrasjoner av PAH i asken relativt høye. Summen av konsentrasjoner for 16 vanlig målte PAH-forbindelser (PAH16) var over 35 000 ng/g tørrvekt i askeprøven og 600 ng/g i blandprøven av sedimenter fra vassdraget. Konsentrasjoner av PAH i blandprøven av sedimenter er omlag de samme som de målt i suspenderte partikler fra Drammenselva og Glomma (Skarbøvik et al. 2014). Imidlertid viste de nye analysene av de enkelte sedimentprøvene betydelig lavere konsentrasjoner av PAH16 (67-24 ng/g) enn blandprøven. Vi fikk dessverre ikke analysert prøven fra P8 pga. lite restmateriale). Denne prøven, som er tatt like nedstrøms brua der E18 krysser vassdraget, inngikk i blandprøven, og det er ikke urimelig å tro at den kan være svært påvirket av PAH-forurensinger fra veitrafikk.

Konsentrasjonene av PAH-forbindelser i enkeltprøvene av sedimenter overskrider ingen av EQS-verdiene som er gitt i vannforskriften. Eksempelvis var høyeste konsentrasjon av benzo(a)pyren, som benyttes som PAH-markør i vannforskriften, på 2,6 ng/g, målt ved P2 i prøven tatt 7. august, mens EQS-verdien i vannforskriften er 180 ng/g.

Jordprøven (P1) med en sum PAH16 på 1170 ng/g klassifiseres for tilstandsklasse 1 «Meget god» (<2000 ng/g) i henhold til veilederen for forurenset grunn (TA-2553, Miljødirektoratet 2009). Også for benzo(a)pyren tilfredsstilte den kravet for tilstandsklasse 1.

Tabell 11. Konsentrasjoner av PAH i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) og aske/brannrester fra industriområdet til Revac AS. Skyggelagte rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014). Ref: referansestasjon.

Forbindelse	Konsentrasjon, ng/g tørrvekt									
	07.08.14		30.07.14			07.08.14				12.06.15
	Aske	Sed. bland	P1 jord	P3 ref.	P2	P3 ref.	P2	P5	P7	llene
Naphtalene	5 900	43	33,3	3,2	3,8	3,8	4,5	3,4	2,7	2,4
Acenaphthylene	3 200	18	37,6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	<0,06
Acenaphthene	210	6,3	7,34	0,1	<0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1
Fluorene	2 000	35	89	1,6	0,5	0,6	1,3	0,5	0,4	0,1
Phenantrene	6 900	127	358	10,8	7,1	8,6	13,4	8,8	7,4	3,3
Antracene	2 050	13	40,3	0,7	0,4	0,7	1,2	0,7	0,4	0,2
Fluoranthene	4 200	99	163	7,9	4,3	9,9	11,2	6,3	6,0	5,5
Pyrene	2 700	59	101	6,5	3,9	6,6	9,8	4,8	4,9	5,7
Benzo(a)anthracene	2 200	44	76,9	0,7	0,7	4,3	4,4	1,6	0,8	0,5
Chrysene	2 200	58	73	1,1	0,9	3,8	4,5	2,0	1,3	0,7
Benzo(b)fluoranthene	1 600	49	79,1	1,5	1,1	5,6	6,1	2,8	1,8	1,3
Benzo(k)fluoranthene	400	13	17,9	0,3	0,3	1,9	1,7	0,6	0,5	0,3
Benzo(a)pyrene	840	19	34,7	0,2	0,4	2,1	2,6	0,8	0,6	0,4
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	360	7,3	30,5	0,2	0,4	1,2	2,9	1,2	0,9	0,6
Dibenzo(ah)antracene	88	2,0	6,4	<0,04	<0,04	<0,04	0,8	0,3	0,2	<0,04
Benzo(ghi)perylene	7,6	< 3	24,7	0,5	0,4	1,1	2,2	1,0	1,0	0,7
Biphenyl	3 800	43	120	1,6	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6
Retene	160	<300	26,6	21,2	8,4	10,2	15,6	9,4	6,6	6,6
Benzo(b)fluorene	1 300	24	50,1	0,2	0,2	0,7	1,5	0,4	0,2	0,2
Benzonaphthothiophene	17	4,6	2,34	0,5	0,3	1,2	0,5	0,2	0,4	0,3
Benzo(ghi)fluoranthene	810	19	30,2	0,5	0,3	1,2	2,0	0,8	0,5	0,4
Cyclopenta(cd)pyrene	690	3,1	10,5	<0,07	<0,07	<0,07	0,7	0,2	0,1	<0,07
Triphenylene	710	20	32,2	1,1	0,7	2,9	2,7	1,2	0,9	0,7
Benzo(j)fluoranthene	830	15	38,4	0,5	0,5	2,3	2,4	0,9	0,7	0,5
Benzo(e)pyrene	800	18	38,7	1,1	0,8	3,5	3,3	1,5	1,4	1,0
Perylene	120	60	5,64	<0,1	2,1	18,7	4,1	6,5	10,2	3,4
Dibenzo(ac)antracene	120	2,7	6,79	<0,05	<0,05	<0,05	0,7	0,2	0,1	<0,05
Anthanthrene	51	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Coronene	25	<9	12,8	0,3	<0,2	0,4	1,0	0,4	0,6	0,4
Sum 16 PAH	35 000	600	1170	35	24	51	67	35	29	22

Polyklorerte dibenzo-p-dioksiner og furaner (PCDD/F)

Disse klorerte stoffene er hydrofobe, persistente og bioakkumulering, og de har blitt lagt til listen over vanddirektivets prioriterte stoffer. De produseres utilsiktet ved forbrenning, særlig av klorholdige materialer, slik som plast av polyvinylklorid (PVC).

PCDD/F-konsentrasjonen i sediment fra Aulielva var generelt lav og på linje med de som i 2008 ble målt i suspenderte partikler i Alnaelven (Ranneklev et al. 2009). Konsentrasjon i blandprøven, omregnet til toksiske ekvivalenter (TEQ) var 0,35 pg TEQ/g tørrvekt var lavere enn vannforskriftens EQS-verdi på 0,86 pg/g.

Jordprøven (P1) med en TEQ på 6,69 pg/g klassifiserte for tilstandsklasse 1 «Meget god» (< 10 pg/g) i henhold til veilederen for forurenset grunn (TA-2553, SFT 2009).

Tabell 12. Konsentrasjoner av dibenzo-p-dioksiner og furaner i sedimenter ved ulike prøvepunkter i Aulivassdraget, samt i jord (P1) fra industriområdet til Revac AS. Skyggete rader er tidligere rapportert i Fjeld et al. (2014).

Dato:	Konsentrasjon, pg/g tørrvekt		
	07.08.14		30.07.14
Forbindelse	Aske	Sediment blandprøve	Jord
2378-TCDD	23	<0,2	0,205
12378-PeCDD	80	<0,1	0,979
123478-HxCDD	32	<0,2	1,59
123678-HxCDD	62	0,14	4,51
123789-HxCDD	39	<0,2	3,37
1234678-HpCDD	580	2,4	109
OCDD	2 400	14	44,4
2378-TCDF	220	0,21	3,32
12378-PeCDF	390	0,32	4,15
23478-PeCDF	270	0,18	3,67
123478-HxCDF	300	0,31	4,68
123678-HxCDF	380	0,23	4,33
234678-HxCDF	180	0,33	4,30
123789-HxCDF	22	<0,04	1,45
1234678-HpCDF	530	1,1	21,2
1234789-HpCDF	130	0,16	2,91
OCDF	240	1,8	44,4
WHO-PCDD/F-TEQ (mb)**	308	0,35	6,69
TEQ PCDD/F+PCB (mb)			7,66

6. Bunndyr

6.1 Resultater

Det var relativt roligflytende vann og fint bunnssubstrat på stasjon C, D og E. Med hensyn til substratet på lokalitetene (Tabell 1) var forholdene på stasjon A best som referanse for D og F da disse tre domineres av mellomstor eller større stein. Referansestasjon B var mest lik stasjonene C og E, som har relativt mye sand og silt i bunnssubstratet. Bunnssubstratet ved stasjonene B og C var dominert av sand og silt, noe som gjør at normalisert EQR (nEQR) fra disse er usikre.

Resultat fra august 2014

ASPT/EQR verdiene var ikke egnet i dette tilfellet da prøvene ikke er tatt på rett tidspunkt mht årstid. Utslipet tilknyttet brannen på REVAC AS hadde en tydelig, negativ, effekt på bunndyrsamfunnet på de fire stasjonene som ligger nedstrøms utslippet. Antall EPT taksa var merkbart høyere på de to referansestasjonene enn de stasjoner som ligger nedstrøms utslippet (Figur 5). I august, tre uker etter utslippet, var alle EPT-taksa (dyregruppene døgn-, stein- og vårfluer) helt fraværende fra de påvirkede lokalitetene med unntak av en eneste steinflue på stasjon D og E. Disse to steinfluene hadde mest sannsynlig blitt transportert hit med vannet fra oppstrøms liggende upåvirkede lokaliteter.

Fjærmygglarver og fåbørstemark var dominerende på de fleste lokalitetene, dette er en naturlig og vanlig forekommende situasjon. Disse dyregrupper lever nede i bunnssubstratet, og kan derfor ha blitt noe beskyttet og hatt økt overlevelse. Tre uker er tilstrekkelig tid til at flere av artene skulle ha kunnet øke i mengde og/eller rekolonisert de påvirkede stasjonene etter utslippet. Men dette var altså ikke tilfelle for EPT-taksene som fortsatt var fraværende.

Resultat fra november 2014

Raddum 2's forsuringindeks påviste ikke noen problemer med forsuring i november 2014, alle hadde indeksverdier på over 1,5 som tilsvarer svært god tilstand. nEQR antyder at den økologiske statusen har økt på alle stasjonene fra prøvetakingen i august 2014 (Figur 6). De relativt pålitelige verdiene fra november for stasjon D og F antyder henholdsvis moderat og svært dårlig økologisk tilstand. EPT-taksa, som var fraværende i august, er igjen til stede i november (Figur 5). Dette er et godt tegn på at tilstanden har blitt bedre. At bunndyrsamfunnene fortsatt domineres av fjærmygglarver og fåbørstemark (Figur 8, Tabell 13) er en normal situasjon i denne type lokaliteter.

Resultat fra november 2015

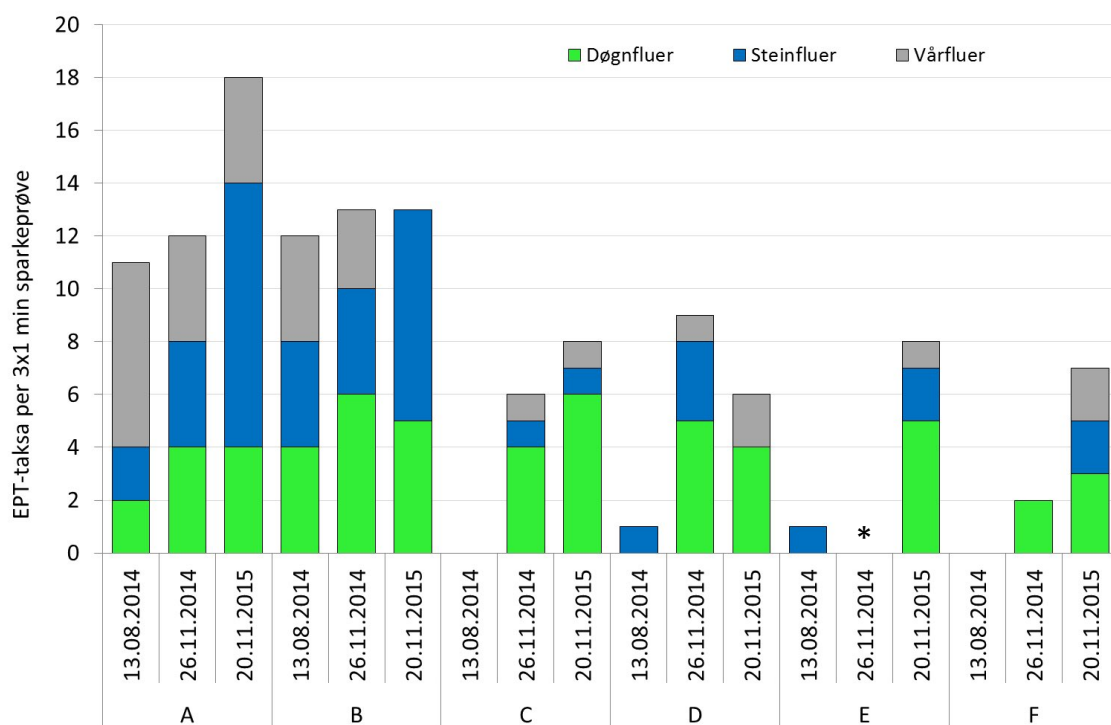
Forsuringsfølsomme døgnfluer er i november 2015 tilbake på alle stasjoner og Raddum 2's forsuringindeks påviste ikke noen problemer med forsuring i november 2015. nEQR antyder at den økologiske statusen i november er omtrent den samme i 2015 som i 2014 på referansestasjonene A og B (Figur 6). På nesten alle stasjoner som ligger nedstrøms utslippet har nEQR fortsatt å øke sammenlignet med tidligere prøvetakinger (Figur 6). Stasjon D har i 2015 betydelig lavere nEQR enn i 2014, noe som tyder på en negativ påvirkning på denne strekningen i 2015. EPT-taksa er fortsatt til stede i november 2015, og da på lignende nivåer som i november 2014 (Figur 5).

6.2 Vurderinger

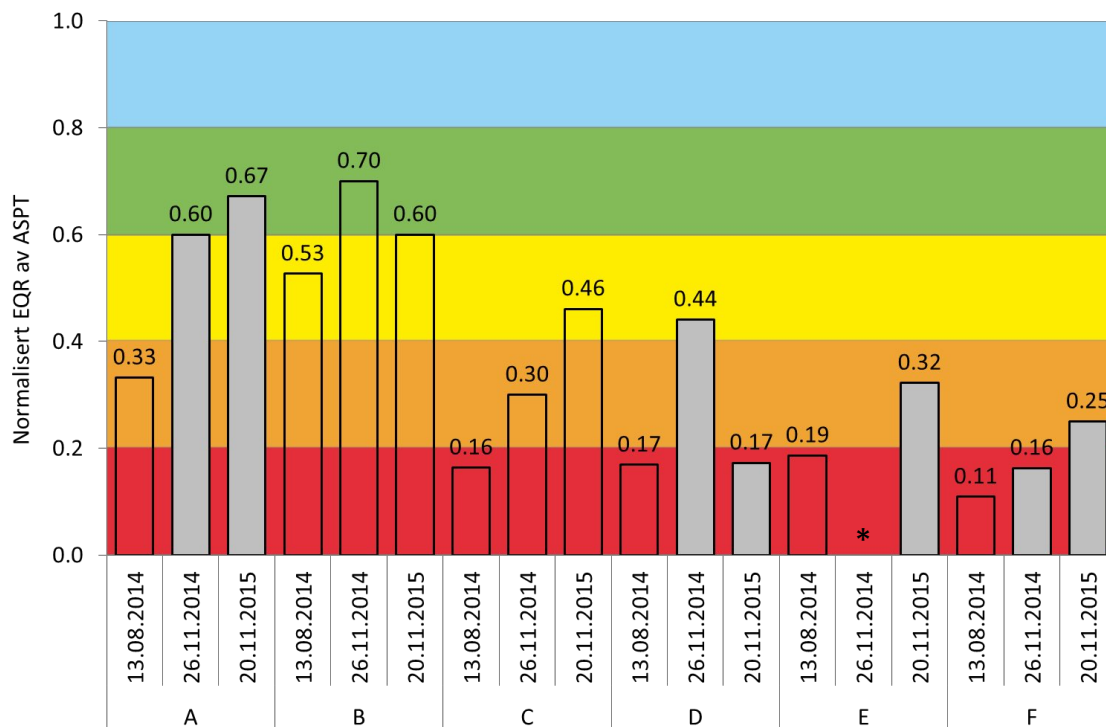
Resultatene fra november 2015 viser at bunndyrsamfunnene har fortsatt å restituere seg etter utslippet i 2014. Ut fra en sammenlikning med bunndyrsamfunnene på referansestasjonene, var den økologiske tilstanden nedstrøms utslippet fortsatt dårligere enn forventet. nEQR på Stasjonene C, E og F viser en positiv økende trend, noe som tyder på at gjenopprettingen i bunndyrsamfunnene fortsatte i 2015. Stasjon D har derimot en betydelig lavere nEQR i 2015 enn i 2014, hvilket tyder på en negativ påvirkning i 2015. Imidlertid kan ikke samme negative påvirkning vises for stasjon C, som ligger mellom utslippspunktet i

2014 og stasjon D, og dette indikerer at årsaken til nedgangen i nEQR ved stasjon D skyldes en mer nærliggende kilde.

Gjenopprettelsen av bunndyrsamfunnene ser ut at gå langsommere på de stasjoner som ligger lengre ned i systemet. Dette hører mest sannsynlig sammen med at disse stasjoner ikke kan forventes nå samme, bedre, tilstand som de høyereliggende stasjonene. Ut fra analyser av begroingsprøver fra tilsvarende stasjoner i 2014 konkluderte (Fjeld et al. 2014) at «begrøingssamfunnene bærer ellers preg av eutrofiering og en høy organisk belastning, særlig i Aulielvas nedre områder, noe som ikke kan relateres til utslippene etter brannen ved Revac AS.» Den dårlige tilstanden vi fortsatt registrer i bunndyrsamfunnet på stasjon D, E og F kan derfor nå i større grad være forårsaket av andre lokale påvirkninger enn utslippet fra Revac AS.



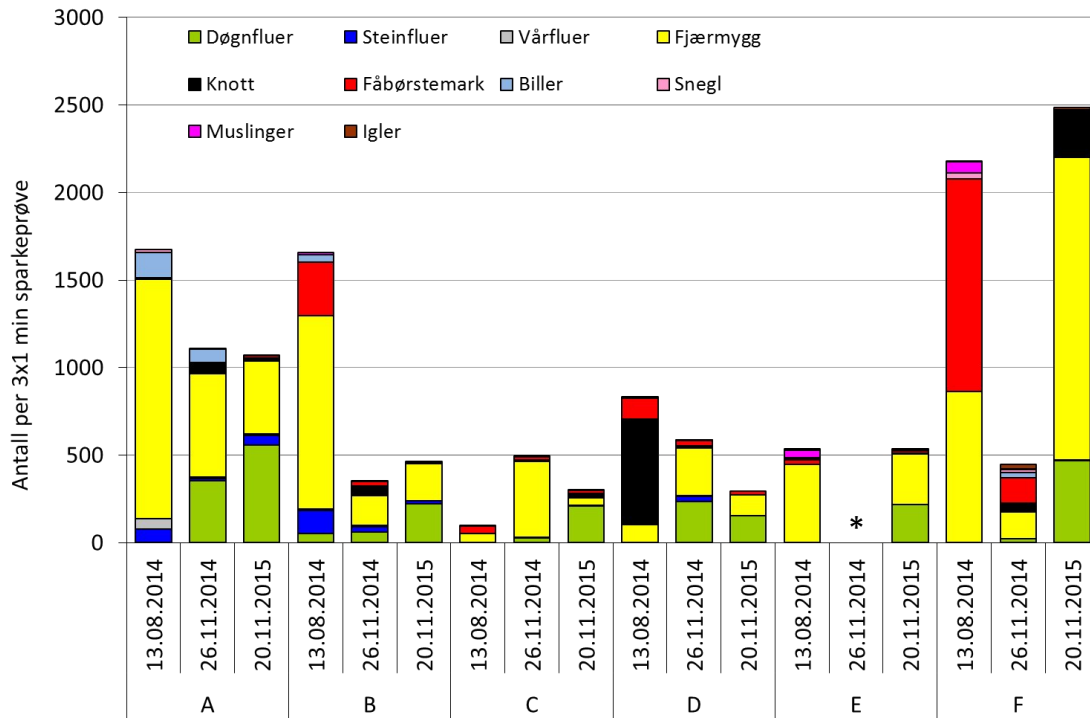
Figur 5. Antall EPT-taksa på stasjonene. *Det var ikke mulig å ta prøver fra stasjon E i november 2014 på grunn av høy vannføring.



Figur 6. Økologisk tilstand (normalisert EQR av ASPT). nEQR basert på prøvene fra august kan være misvisende og vises uten fyll i søylene i figuren. Også for stasjon B og C i november er søylene uten fyll, da bunnssubstratet her var dominert av sand og silt, noe som gir en usikker nEQR. *Det var ikke mulig å ta prøver fra stasjon E i november 2014 på grunn av for høy vannføring.

Figur 7. Generelle normative definisjoner for de økologiske tilstandsklassene. (Tabell 3-1 i Revidert klassifiseringsveileder, Direktoratetsgruppen 2013).

Tilstandsklasse	Normativ definisjon
Svært god	Det er ingen, eller bare ubetydelige, menneskeskapt endringer i verdiene for fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer for den aktuelle typen overflatevannforekomst i forhold til dem som normalt forbindes med denne typen under uberørte forhold. Verdiene for biologiske kvalitetselementer for overflatevannforekomsten tilsvarer dem som normalt forbindes med denne typen under uberørte forhold, og viser ingen, eller ubetydelige, tegn på endring. Det dreier seg om typespesifikke forhold og samfunn.
God	Verdiene for biologiske kvalitetselementer for den aktuelle typen overflatevannforekomst viser nivåer som er svakt endret som følge av menneskelig virksomhet, men avviker bare litt fra dem som normalt forbindes med denne typen overflatevannforekomst under uberørte forhold. De fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementene når ikke nivåer som er utenfor intervallet som er fastsatt for å sikre at det typespesifikke økosystemet fungerer, og for at verdiene angitt for god tilstand for de biologiske kvalitetselementene oppnås.
Moderat	Verdiene for biologiske kvalitetselementer for den aktuelle typen overflatevannforekomst avviker moderat fra dem som normalt forbindes med denne typen overflatevannforekomst under uberørte forhold. Verdiene viser moderate tegn på endring som følge av menneskelig virksomhet og er vesentlig mer endret enn under forholdene for god tilstand. Forholdene for de fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementene er slik at verdiene for de biologiske kvalitetselementene angitt for moderat tilstand kan oppnås.
Dårlig	Verdiene for biologiske kvalitetselementer for den aktuelle typen vannforekomst viser tegn på omfattende endringer, og avviker vesentlig fra det som normalt forbindes med typen overflatevannforekomst under uberørte forhold.
Svært dårlig	Verdiene for biologiske kvalitetselementer for den aktuelle typen vannforekomst viser tegn på alvorlige endringer, og store deler av de relevante biologiske samfunnene som normalt forbindes med typen overflatevannforekomst under uberørte forhold er fraværende.



Figur 8. Bunndyrsamfunnets sammensetning. *Det var ikke mulig å ta prøver fra stasjon E i november 2014 på grunn av høy vannføring.

Tabell 13. Sammensetningen av bunndyrsamfunnene

		A			B			C			D			E		F		
		13.08.2014	26.11.2014	20.11.2015	13.08.2014	26.11.2014	20.11.2015	13.08.2014	26.11.2014	20.11.2015	13.08.2014	26.11.2014	20.11.2015	13.08.2014	26.11.2015	13.08.2014	26.11.2014	20.11.2015
Amphipoda	<i>Gammaridae</i> indet												1					
Aranea	<i>Argyroneta aquatica</i>						1											
Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>				14			1					44	8	64	2	2	
Coleoptera	<i>Coleoptera</i> indet adult			1														
Coleoptera	<i>Dytiscidae</i> indet lv				4													
Coleoptera	<i>Elmidae</i> indet lv	48		1	22			1	1	1				1			30	
Coleoptera	<i>Elmis asna</i> ad	6	30		1					2								
Coleoptera	<i>Elmis asna</i> lv	60	28		8	1		1		2			3				3	1
Coleoptera	<i>Hydraena</i> sp ad	18	18	1	8					1								1
Coleoptera	<i>Limnius volckmari</i> Ad	12								1	1							
Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	120	1	1	34	10	18	51	20		30	3	1	104	52	4	3	12
Diptera	<i>Chironomidae</i>	1368	592	416	1104	168	212	51	432	42	104	272	116	448	288	864	152	1728
Diptera	<i>Diptera</i> indet		1		2				1	2	1	1	1					1
Diptera	<i>Limoniidae/Pediciidae</i> indet	6		12	160	22	6		8	6	1	10	5					1
Diptera	<i>Muscidae</i> indet	30																1
Diptera	<i>Psychodidae</i> indet	3	8			1		12	2			3		6	1			5
Diptera	<i>Simuliidae</i>		54	18		56	6	1	8	24	600	12			2		50	256
Diptera	<i>Tabanidae</i>				6			3										
Diptera	<i>Tipulidae</i> indet	12			40			5	1		1		1	6			1	
Ephemeroptera	<i>Alainites muticus</i>		14	40		1	30			16		6	6					2
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i> indet	1	30	48	38		40		2	10		18	8		26			
Ephemeroptera	<i>Baetis rhodani</i>	1	304	464	8	48	52		22	164		188	132		16		22	464
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i>				1													
Ephemeroptera	<i>Centroptilum lutesolum</i>					3	26		1	6		10			160			
Ephemeroptera	<i>Ephemera danica</i>				6	2			1									
Ephemeroptera	<i>Ephemera vulgata</i>														1			
Ephemeroptera	<i>Ephemrella</i> sp																	1
Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i> indet					2												
Ephemeroptera	<i>Nigrobastis niger</i>		8	8		6	74		3	14		14	8		14			2
Gastropoda	<i>Ancylus fluviatilis</i>	6	1															2
Gastropoda	<i>Lymnaeidae</i> indet	6											6		32	14	2	
Gastropoda	<i>Planorbidae</i> indet	3																2
Hirudinea	<i>Eryobdella</i> sp												2		4	18	12	
Hirudinea	<i>Glossiphonia</i> sp							2		1	1		6				10	
Hydrachnidia	<i>Hydrachnidia</i>	36	6		6	1			1									1
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>					1												12
Isopoda	<i>Isopoda</i>																	84
Megaloptera	<i>Stalis</i> sp				2													
Oligochaeta	<i>Oligochaeta</i>	9	10	12	304	28	10	45	18	18	120	30	24	26	16	1216	144	10
Plecoptera	<i>Amphinemura borealis</i>				12	1	8											
Plecoptera	<i>Amphinemura</i> sp		1	12		2									1			
Plecoptera	<i>Brachyptera risi</i>		6	2		2	1					5						2
Plecoptera	<i>Capnia atra</i>			1														
Plecoptera	<i>Capnia bifrons</i>		2			24			4	3		24						
Plecoptera	<i>Capnia</i> sp						1											
Plecoptera	<i>Isoperla difformis</i>			1														
Plecoptera	<i>Isoperla obscura</i>			10														
Plecoptera	<i>Isoperla</i> sp			10	1													
Plecoptera	<i>Leuctra fusca</i>	18			20													
Plecoptera	<i>Leuctra hippopus</i>			2		1												
Plecoptera	<i>Leuctra</i> sp	60	2	4	104	1							1					
Plecoptera	<i>Nemoura avicularis</i>						1								1			
Plecoptera	<i>Nemoura cinerea</i>											1						
Plecoptera	<i>Plecoptera</i>			1		1	1											
Plecoptera	<i>Plecoptera</i> indet				8						1							1
Trichoptera	<i>Hydropsyche</i> sp	3	2		6													
Trichoptera	<i>Ithytrichia</i> sp	3																
Trichoptera	<i>Lepidostoma hirtum</i>					1			1									
Trichoptera	<i>Limnephilidae</i> indet		2	1	1	8												
Trichoptera	<i>Polycentropodidae</i> indet	18	2			1												
Trichoptera	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	21	1		1													
Trichoptera	<i>Rhyacophila fasciata</i>	3	2	1														
Trichoptera	<i>Rhyacophila nubila</i>	3	2							1		2	1		1			1
Trichoptera	<i>Rhyacophila</i> sp	6	2										1					1

7. Forekomst av fisk

Det ble i alt fanget seks arter fisk under prøvetakingen i august 2015 (Tabell 14), og ørret fantes på alle stasjonene. I august 2015 hadde strekning C, rett nedstrøms utslippsrøret, omtrent samme tetthet av ørret (antall/areal) som de upåvirkede referanse-strekningene A og B oppstrøms utslippet (Tabell 15). Lengre ned i elva hadde også strekningene D, D2 og F tettheter av ørret på nivå med referansene. Fangstene indikerer at de påvirkede strekningene hadde betydelig flere ørret i august 2015 enn i august 2014, og at strekningene benyttes av ørret i mange størrelsesklasser i 2015 (Figur 9).

Det ble fanget årsyngel og fjorårsyngel av ørret på alle strekninger unntatt E1 i Storelva (Figur 9). Fangst av årsyngel i de påvirkede strekningene betyr at det har skjedd en naturlig reproduksjon der, med gyting høsten 2014 og klekking våren 2015. Årsyngel antas å være relativt stasjonær, så gyting har trolig skjedd i de områdene hvor årsyngelen ble fanget. Det må derfor antas, at gytemoden sjørøret har vandret opp i Bjunebekken etter utslippet og el-fisken i juli–august 2014. I august 2014 ble det ikke funnet årsyngel av ørret i de påvirkede områdene. Antakelig var det gyting og klekking der i 2013–2014 også, men utslippet tok trolig livet av denne årsyngelen.

Det ble også fanget fjorårsyngel i de påvirkede områdene. Siden det ikke ble påvist årsyngel der i 2014, er det sannsynlig at disse fiskene har kommet inn fra upåvirkede områder. Eldre yngel er mindre stasjonær, og forflytningene kan ha skjedd vår-sommer 2015. Det er også mulig at noen årsyngel i påvirkede områder ikke ble registrert i august 2014 på grunn av vanskelig fiskeforhold og lav fangbarhet, særlig for små fisk, men det er ikke sannsynlig at dette gjelder mange individer.

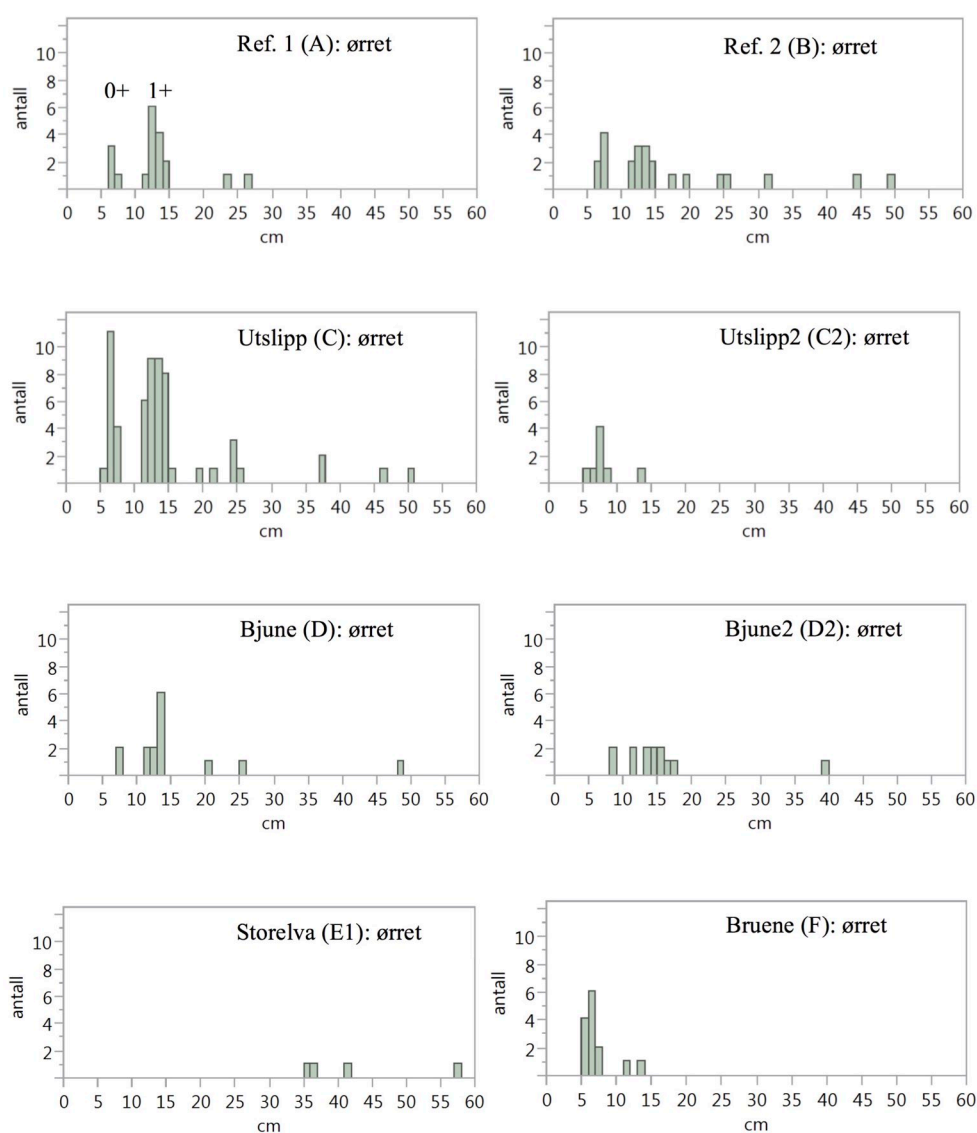
Det ble fanget seks arter av fisk i 2015 (ørret, laue, gullbust, ørekyt, trepigget stingsild, skrubbe), mot tre arter i 2014 (ørret, laue, gullbust). Ørekyt og stingsild ble ikke påvist i 2014, men i 2015 ble de funnet i både påvirkede og upåvirkede strekninger (Tabell 14). At disse småvokste artene ikke ble funnet i referanse-strekningene i 2014, kan skyldes tilfeldigheter og/eller vanskelige fiskeforhold. I 2015 ble det også fanget mange små individer av skrubbe på strekning F (bilde 16). Disse ble ikke påvist i 2014, men på grunn av lavere vannføring og endret fiskeområde i 2015, er ikke resultatene fra strekning F sammenlignbare mellom årene 2014 og 2015.

Tabell 14. Fiskefangster under el-fiske i Aulivassdraget 13.-14. august 2015: antall og lengdeintervaller (cm, avrundet) for hver art innen strekninger (kode). Stingsild = trepigget stingsild.

Kode	Ørret	cm	Laue	cm	Gullbust	cm	Ørekyt	cm	Stingsild	cm	Skrubbe	cm
A	19	6–26			1	21	2	8–10				
B	23	7–50					12	5–8	1	3		
C	59	6–50			5	18–20	8	4–7	2	3		
C2	8	6–14										
D	15	8–48					3	5–7				
D2	13	8–40					1	4				
E1	4	35–57	>100		1	17						
F	14	5–13	>20	5–11					2	2	>10	6–8

Tabell 15. Fangster av ørret under el-fiske i Aulivassdraget 2015 og 2014: antall og antall/areal for all ørret og for årsyngel. E1 var dyp elv som ble fisket fra båt, og arealene derfra er ikke sammenlignbare med de andre strekningene.

Kode	2015				2014			
	Totalt	Totalt/areal	Årsyngel	Årsyngel/areal	Totalt	Totalt/areal	Årsyngel	Årsyngel/areal
A	19	0,08	4	0,02	20	0,11	12	0,06
B	23	0,08	6	0,02	9	0,03	5	0,02
C	59	0,09	16	0,03	2	0,01		
C2	8	0,03	7	0,02				
D	15	0,11	2	0,01				
D2	13	0,10	2	0,02	2	0,01		
E1	4							
F	14	0,08	12	0,07				



Figur 9. Lengdefordelinger for fangst av ørret fra åtte strekninger under el-fisken i Aulivassdraget 13.-14. august 2015. Årsyngel (0+) og fjorårsyngel (1+) antas å ha lengder 5–10 cm og ca. 10–15 cm, henholdsvis.

Bilder, 13.–14. august 2015



Bilde 1: strekning A



Bilde 2: strekning A



Bilde 3: strekning B



Bilde 4: strekning B: ørret



Bilde 5: strekning C: ørret årsyngel



Bilde 6: strekning C: ørret årsyngel



Bilde 7: strekning C



Bilde 8: strekning C: trepigget stingsild



Bilde 9: strekning C2



Bilde 10: strekning D



Bilde 11: strekning D2



Bilde 12: strekning D2: ørret



Bilde 13: strekning E1



Bilde 14: strekning E1: ørret



Bilde 15: strekning F



Bilde 16: strekning F: skrubbe

8. Konklusjoner

8.1 Miljøgifter i blåskjell, jord og sedimenter

Generell vurdering

Konsentrasjonene av de undersøkte tungmetaller og organiske miljøgifter i samtlige sedimentprøver fra vassdraget og i blåskjell fra Ilene var lavere enn miljøkvalitetsstandarden gitt i vannforskriften (EQS-verdiene) og oppfylte således kravene til god kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter og god økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene.

Konsentrasjonene av tungmetaller og organiske miljøgifter i jordprøven kvalifiserte for Klasse 1 «Meget god» til Klasse 3 «Moderat», vurdert i forhold til tilstandsklasser for forurenset grunn, med unntak for krom hvor klassifiseringen er mer uviss avhengig av tilstandsformen.

Miljøgifter i blåskjell

For de undersøkte metallene og PAH-ene som omfattes av vannforskriften tilfredsstilte konsentrasjonene i blåskjell fra Tønsbergfjorden kravet til god kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter og god økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene, med konsentrasjoner lavere enn EQS-verdiene.

Tungmetaller i sedimenter og jord

Konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentet var lavere enn miljøkvalitetsstandarden til vannforskriften (EQS-verdiene) og kvalifiserer for god kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter og god økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene.

Konsentrasjonene i jordprøven kvalifiserte i hovedsak for Klasse 1 «Meget god» til Klasse 3 «Moderat», vurdert i forhold til tilstandsklasser for forurenset grunn. For krom, hvor total konsentrasjon ble bestemt, vil klassifiseringen kunne variere mellom Klasse 1 og 4 «Dårlig», alt avhengig av forholdet mellom tre- og seksverdig krom.

Organiske miljøgifter i sedimenter og jord

Bromerte flammehemmere av gruppene PBDE, HBCDD og TBBPA forekom i konsentrasjoner under EQS-verdiene til vannforskriften. Jordprøven hadde et tydelig forhøyet nivå av TBBPA.

Nyere bromerte flammehemmere fantes i lave konsentrasjonene i sedimentene, men i jordprøven var nivåene moderat forhøyet for noen forbindelser. For den klorerte flammehemmeren Dechlorane Plus var nivåene i sedimentene generelt lave, men en økning kunne registreres mot utslippsstedet for slukkevannet.

DEHP, en ftalat-forbindelsen brukt som mykgjører i plast, ble analysert i jordprøven. Konsentrasjonen kvalifiserte for tilstandsklasse 1 «Meget god» for forurenset grunn.

S/MCCP, eller kort og mellomkjededede klorerte parafiner, ble påvist i noe forhøyede nivåer i sedimenter og jord. Sammenliknet med klassifiseringen i vannforskriften, var nivåene i sedimenter vesentlig lavere enn EQS-verdiene.

OPC eller organofosfatforbindelser fantes hovedsakelig i svært lave eller i ikke-kvantifiserbare nivåer i sedimentene, med unntak av moderate verdier av TCPP. For TCEP var nivåene i sedimentprøvene vesentlig lavere enn EQS-verdien. Jordprøven hadde noe forhøyede verdier, særlig av TCPP, TDCPP og TPHP.

PCB, PAH og dioksiner forekom i konsentrasjoner under EQS-verdien i alle sedimentprøvene. I jordprøven kvalifiserte konsentrasjonene til tilstandsklasse 1 «Meget god» for forurenset grunn.

8.2 Forekomst av bunndyr og fisk

Bunndyr

Resultatene fra nye undersøkelser i november 2015 viser at bunndyrsamfunnene i vassdraget har fortsatt å restituere seg etter utslippet i 2014. I nedre deler av vassdraget er økologisk tilstand vesentlig dårligere enn forventet naturtilstand, noe som i større grad antas å være forårsaket andre lokale påvirkninger enn utslippet fra Revac AS.

Fiskesamfunnet

Etter utslippet og fiskedøden i 2014 har det nå skjedd en rekolonisering av fisk i vassdraget. Det ble fanget ørret på alle undersøkte strekninger i vassdraget, fra referanseområdet ovenfor utslippet i Bjunebekken og ned mot utløpsområdet til Aulielva. Årsyngel og fjorårsyngel ble òg fanget på nær samtlige elvestrekninger, og det må antas at gytemoden sjørret har vandret opp og gytt i Bjunebekken høsten etter utslippet.

9. Referanser

- Fjeld, E.; Allan, I.; Bæk, K.; Garmo, Ø. A.; Lund, E.; Moe, T.F.; Persson, J.; Thaulow, J.; Veiteberg Braaten, H.F. 2014. Miljøundersøkelse i Aulivassdraget, konsekvenser av brannen ved Revac AS i 2014. NIVA Report.
- Bækken, T., A. Rustadbakken, S. Schneider, H. Edvardsen, T. E. Eriksen, K. Sandaas og H. Billing. 2011. Virkninger av utslippet av natriumhypokloritt på økosystemet i Akerselva. NIVA-rapport 6240-2011.
- Direktoratsgruppen. 2010. Veileder 02:2009 Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking iht. kravene i Vannforeskriften. <http://www.vannportalen.no>. 122 s.
- Direktoratsgruppen. 2013. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. <http://www.vannportalen.no>. 263 s.
- EFSA Panel on contaminants in the food chain (Contam). 2012. Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (Bfrs) in Food. European Food Safety Authority Journal 10: 2908 (133 pp).
- Fjeld, E., Rognerud, S., Enge, E.K., Borgen, A.R., Dye, C., 2006. Miljøgifter i sedimenter fra Mjøsa, 2005-2006. Norwegian Institute for Water Research. NIVA-Rapport 5313. 53 pp.
- Kahle, D. & Wickham, H. 2013. ggmap: A package for spatial visualization with Google Maps and OpenStreetMap. R package version 2.3. <http://CRAN.R-project.org/package=ggmap>
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT -rapport TA-1467/1997. 36 s.
- NS-EN ISO 10870: 2012. Vannundersøkelse. Veiledning i valg av prøvetakingsmetoder og utstyr til bentiske makroinvertebrater i ferskvann. Standard Norge.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Ranneklev, S., Allan, I., Enge, E.K. 2009. Kartlegging Av Miljøgifter I Alna Og Akerselva. Norwegian Institute for Water Research. NIVA-Rapport 5776. 116 pp.
- Skarbøvik, E., Austnes, K., Allan, I.J., Stålnacke, P., Høgåsen, T., Nemes, A., Selvik, J.R., Garmo, Ø.A., Beldring, S. 2014. Elvetilførsler og direkte tilførsler til Norske kystområder – 2013. Norwegian Environment Agency. Miljødirektoratet Rapport M-264. 79 pp.
- Persson, J. 2015. Effekter på, og reetablering av, bunnfaunaen etter utslipp av forurenset slukkevann i Aulivassdraget fra brannen ved Revac AS i juli 2014. Oppfølging i november 2014. NIVA Rapport 6801.
- van der Veen, I., de Boer, J., 2012. Phosphorus Flame Retardants: Properties, Production, Environmental Occurrence, Toxicity and Analysis. Chemosphere, 88: 1119-53.
- Miljødirektoratet. 2014. Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder. Rapport M-241 |2014. 170 s.
- SFT. 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder. SFT Rapport TA-2553/2009. 27 s.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no