

# Økologisk tilstand i Glomma nedenfor Sarpsfossen 2009-2010 - undersøkelser i forbindelse med Borregaards utslipp av organisk materiale



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Økologisk tilstand i Glomma nedenfor Sarpsfossen 2009-2010 - undersøkelser i forbindelse med Borregaards utslipp av organisk materiale	Løpenr. (for bestilling) 6099-2010	Dato 28.2.2011
	Prosjektnr. Undemr. 29182	Sider Pris 30 s + fotovedlegg
Forfatter(e) Atle Rustadbakken Torleif Bækken Maia Røst Kile Thrond Haugen	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Borregaard Industries Ltd.	Oppdragsreferanse 4500311002/ 13.5.2009
--	---

**Sammendrag**

Etter utbrudd av Legionella-smitte i Østfold sommeren 2008, ble trinn II i det biologiske renseanlegget til Borregaard Fabrikker stengt. KOF-utslippet fra Borregaard har økt med 31 % siden 2008 og lå pr 2010 på høyeste nivå siden 1993. BOF-utslippet for samme periode har økt med 130 %. Dette organiske materialet vil bl.a. kunne bidra til et betydelig oksygenforbruk i resipienten, og dermed også påvirke biologien nedstrøms utslippet. NIVA har i 2009 og 2010 sett på den økologiske tilstanden i Glomma utenfor Borregaard. Dette er gyte- og oppvekstområder for laks, men også fem andre fiskearter er tidligere påvist her. Basert på begroings- og bunndyrstatusasjonen alene, synes den økologiske tilstanden på grusørene utenfor Borregaard å ligge mellom dårlig og moderat. Utslippene fra Borregaard ser ut til å bidra vesentlig til den organiske belastningen. Utslippspunktet ligger sentralt i gyte- og oppvekstområdene til laksen i Glomma. Undersøkelsene har avdekket en urovekkende lav tetthet av fisk på de antatt beste ungfiskområdene i forhold til tidligere års registreringer. Dårlig overlevelse her kan ha stor betydning for den årlige produksjonen av laksesmolt.

Fire norske emneord 1. Utslipp 2. Fisk 3. Bunndyr 4. Begroing	Fire engelske emneord 1. Discharges 2. Fish 3. Benthic fauna 4. Periphyton
---	--



Atle Rustadbakken  
Prosjektleder



Unn Hilde Refseth  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Økologisk tilstand i Glomma  
nedenfor Sarpsfossen 2009-2010**

- undersøkelser i forbindelse med Borregaards  
utslipp av organisk materiale

## Forord

Foreliggende rapport beskriver de økologiske forholdene i Glomma utenfor Borregaard Industries Ltd. (senere omtalt som Borregaard). Borregaards bestilling (4500311002/13.5.2009) kom som svar på vårt tilbud av 3. april s.å. Undersøkelsene ble igangsatt med bakgrunn i Borregaards pålagte stans av rensing av prosessvann, noe som har medført ekstraordinært utslipp av organisk materiale til Glomma i forhold til planlagt reduksjon de siste tre åra.

Undersøkelsene har bestått av fire deler:

Fiskeundersøkelser (ansvarlig: Atle Rustadbakken og Thronnd Haugen)

Oksygenmålinger i gytesubstrat (ansvarlig: Thronnd Haugen)

Bunndyrundersøkelser (ansvarlig: Torleif Bækken)

Begroingsundersøkelser (ansvarlig: Susanne Claudia Schneider og Maia Røst Kile)

Borregaard initierte prosjektet og deres John Erlend Mosbye har vært kontaktperson mot NIVA under gjennomføringen. Borregaards Kjersti Garseg har bidratt med kvalitetsikring av rapporten. Høy vannføring under feltsesongen både i 2009 og 2010 har medført noen justeringer i undersøkelsesprogrammet. Det har vært et strengt HMS-fokus ved feltarbeid i tilknytning til sterkt strømmende vann. Borregaard har på dette feltet bidratt med både utfordringer og konstruktive innspill underveis i prosessen. Borregaard har også stilt mannskap til rådighet for beredskap ved prøveinnsamling. Spesielt takkes John Erlend Mosbye og Cato Kristoffersen for deltakelse og bidrag underveis, samt Fredrikstad Brannvesen for å stille opp med et eget beredskapslag under feltarbeidet i november 2010. Glommens og Laagens Brukseierforening ved Grete Finstad takkes for tilgang til vannførings- og vanntemperaturdata for nedre Glomma i den aktuelle perioden.

Hamar, 28. februar 2011

*Atle Rustadbakken*

---

# Innhold

<b>1. Bakgrunn</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og metode</b>	<b>8</b>
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 HMS-forhold	8
2.3 Vannføring	8
2.4 Stasjonene	9
2.5 Substratkvaliteten i undersøkelsesområdet	10
2.6 Vannkvalitet	11
2.6.1 Adsorbent organisk bundet halogen (AOX)	11
2.6.2 Kobber	11
2.6.3 Aluminiumtoksisitet og blandsoneproblematikk	11
2.6.4 Oksygentilgang i gyte- og oppvekstområder	11
2.7 Klassifiseringssystemet	13
2.7.1 Vannforskriften gjennomfører Vanddirektivet i norsk rett	13
2.7.2 Nedre Glomma som vannforekomst	14
2.7.3 Nytt vs. tidligere klassifiseringssystem	14
2.8 Begroing	14
2.9 Bunndyr	15
2.10 Fisk	15
2.11 Oksygen i substrat	15
<b>3. Resultater med vurderinger</b>	<b>16</b>
3.1 Begroing	16
3.1.1 Biologisk mangfold	16
3.1.2 Økologisk tilstand	17
3.2 Bunndyr	19
3.2.1 Forekomst og tetthet	19
3.2.2 Biologisk mangfold	19
3.2.3 Økologisk tilstand	20
3.3 Fisk	21
3.4 Oksygen i substrat	23
<b>4. Konklusjoner</b>	<b>25</b>
<b>5. Forslag til avbøtende tiltak</b>	<b>25</b>
5.1 Flytte utslippstrømmen forbi grusørene	25
5.2 Kompenserende utsetting av lakseunger	26
<b>6. Referanser</b>	<b>27</b>
<b>7. Datavedlegg</b>	<b>28</b>
7.1 Taxaliste for begroingsorganismer	28
7.2 Taxaliste for bunndyr	29
<b>8. Fotovedlegg</b>	<b>31</b>

---

## Sammendrag

Etter utbrudd av Legionella-smitte i Østfold sommeren 2008, ble trinn II i det biologiske renseanlegget til Borregaard Fabrikkers industriområde i Sarpsborg konstatert som viktig smittekilde.

Helsemyndighetene har derfor pålagt bedriften å stenge denne delen av renseanlegget mens bedriften utreder risikoreduserende tiltak eller alternative rensemetoder. Som følge av dette har det siden september 2008 vært et større utslipp av organisk materiale til Glomma i forhold til den planlagte reduksjonen i forbindelse med renseprosessen. Dette organiske materialet vil bl.a. kunne bidra til et betydelig oksygenforbruk i resipienten, og dermed også påvirke biologien nedstrøms utslippet.

I denne undersøkelsen har vi sett på den økologiske tilstanden i nedre del av Glomma utenfor Borregaard. Dette er gyte- og oppvekstområder for atlantisk laks (*Salmo salar*), men også fem andre fiskearter er påvist ved tidligere fiskeundersøkelser i samme område. Tilstandsvurderingene er gjort i henhold til gjeldende klassifiseringsveileder for vannforskriften.

Ut fra dagens klassifiseringssystem ligger den økologisk tilstanden på grusørene utenfor Borregaard et sted mellom dårlig og moderat. KOF- og BOF-utslippet fra Borregaard bidrar vesentlig til den organiske belastningen i nedre Glomma. Spesielt oppblomstringen av bakterien med det norske navnet lammehaler (*Sphaerotilus natans*), men også sammensetningen av bunndyr indikerer stor organisk belastning nedstrøms Borregaards utslippspunkt i forhold til referansestasjonen oppstrøms. KOF-utslippet fra Borregaard har økt med 31 % siden stenging av trinn 2 i det biologiske renseanlegget september 2008 og lå pr 2010 på høyeste nivå siden 1993. BOF-utslippet for samme periode har økt med 130 %.

Utslippspunktet ligger sentralt i gyte- og oppvekstområdene til laksen i Glomma. Gytebestandsmålet for Glomma er på 96 hunnlaks. Siden det er vanskelig å gjennomføre gytefisk- og gytegroppregistrering i denne delen av elva, legger driftsplanen for laksen i elva opp til at fangstregistreringer fra fiskere hvert år skal brukes til å evaluere målet. Supplerende el.fiskeundersøkelser på faste stasjoner skal dokumentere produksjonen av ungfisk. NIVAs fiskeundersøkelser i 2009 og 2010 har avdekket en urovekkende lav tetthet av fisk på de antatt beste ungfiskområdene. Oksygenmålinger i substratet tyder på et overforbruk av oksygen i vannmassene. Siden tilgjengelig strekning for reproduksjon av laks i Glomma er svært begrenset, oppstrøms av Sarpsfossen og nedstrøms av sakteflytende elvestrekninger med saltvannspåvirkning ned mot sjøen, vil dårlig overlevelse her ha stor betydning for den årlige produksjonen av laksesmolt. Frafall av enkeltårganger vil kunne bufres med den stående bestanden av laks i oppvekst i sjøen. Men ved flere års svikt i rekrutteringen, vil faren for alvorlig tap av genetisk materiale være stor som følge av at bestanden reduseres under gytebestandsmålet.

# Summary

Title: Assessment of the ecological status of River Glomma, downstream of Sarpsfossen, SE Norway 2009-2010 – the impact of organic discharge from Borregaard industrial treatment plant.

Year: 2011

Author: Atle Rustadbakken, Torleif Bækken, Maia Røst Kile and Thrond Haugen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5834-9

A part of the biological treatment plant; Borregaard Industries Ltd, was shut down in 2008 due to an outbreak of *Legionella* infection. Since this incident the COD-emissions from Borregaard have increased by 31 %, to the highest level recorded since 1993. The BOD-emissions for the same period have increased by 130 %. This discharge of organic compounds may contribute significantly to the oxygen demand in the recipient River Glomma, thus negatively impacting upon the ecological status of the river.

NIVA surveyed the River Glomma adjacent to Borregaard in 2009 and 2010, in order to assess the ecological status. The assessments were made according to the current classification guidelines for the European Water Framework Directive. Based on the periphyton and the macroinvertebrate fauna only, the ecological status of the river downstream of the factory outlet was assessed to be between poor and moderate. Emissions from Borregaard appear to contribute significantly to the pressure from organic pollution in the river.

The discharge outlet of Borregaard is located adjacent and upstream of known Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning and nursery areas. Five other fish species have also been recorded within the vicinity of Borregaard. Fish surveys conducted during 2009 and 2010 report very low fish densities compared to previously reported surveys of the same area. Available areas for salmon reproduction in River Glomma are restricted between the upstream migration barrier of Sarpsfossen hydroelectric dam and the slow-running water downstream. Therefore reduced survival of salmon eggs and fry within the vicinity of Borregaard may significantly reduce the annual, salmon smolt production.

# 1. Bakgrunn

Etter utbrudd av *Legionella*-smitte i Østfold sommeren 2008, ble trinn II i det biologiske renseanlegget til Borregaard Fabrikkers industriområde i Sarpsborg pekt på som en viktig smittekilde. Biodammene ved Borregaard har vært involvert i spredningen av bakterien til Glomma den aktuelle perioden. Brukere av urensset Glommavann nedstrøms utslippspunktet (eks. industrivann, fontener og vanningsanlegg) har så spredt bakterien til befolkningen i området. Helsemyndighetene har derfor pålagt bedriften å stenge denne delen av renseanlegget mens bedriften utreder risikoreduserende tiltak eller alternative rensemetoder. Som følge av dette har det siden september 2008 vært et større utslipp av organisk materiale til Glomma i forhold til en planlagt reduksjon i forbindelse med renseprosessen. Dette organiske materialet vil bl.a. kunne bidra til et betydelig oksygenforbruk i resipienten, og dermed også påvirke biologien nedstrøms utslippet.

Borregaard er bedt om å utrede nødvendig overvåkingsbehov og evt. også gjennomføre avbøtende tiltak. NIVA, NINA, LFI med flere, har de siste årene gjennomført flere undersøkelser i Glommas munningsområde samt giftighetstester av avløpsvann fra Borregaard (Karlsen 1997; Saltveit m. fl. 1999; Aasestad 2000; Berge m. fl. 2003a; Berge m. fl. 2003b; Källqvist m. fl. 2005; Källqvist og Romstad 2008; Aasestad 2008; Berge m. fl. 2009; Tobiesen 2009). I denne undersøkelsen har vi sett på den økologiske tilstanden i nedre del av Glomma utenfor Borregaard. Dette er gyte- og oppvekstområder for atlantisk laks (*Salmo salar*), men også fem andre fiskearter er påvist ved tidligere fiskeundersøkelser i samme område (Karlsen 1997; Aasestad 2000; 2008). Tilstandsvurderingene er gjort i henhold til gjeldende klassifiseringsveileder for vannforskriften (Direktoratsgruppa m.fl. 2009).



## 2. Materiale og metode

### 2.1 Områdebeskrivelse

Glomma er Norges lengste og mest vannrike elv, 601 km lang og gjennomsnittlig vannføring på 673 m<sup>3</sup>/s ved utløpet av Øyeren. Glomma har sitt kildeområde i fjelltraktene nordøst for Røros i Sør-Trøndelag, og sitt utløp ved Fredrikstad i Østfold.

I nedre Glomma fra utløpet av Øyeren, går Glomma vestover og danner en rekke fosser. Dette skyldes oppdemming av det naturlige avløpet mot sør av en mektig morene ved sørenden av Øyeren. Også ved Sarpsborg tvinger en morene elva ut av sitt naturlige løp og østover, der den danner Sarpsfossen. Like nord for Sarpsfossen deler elva seg i to. Hovedløpet er det østre gjennom Sarpsborg; det vestre løpet går gjennom Mingevatnet, Vestvatnet og Visterflo og er gitt navnet Aagaardselva. Denne løper sammen med hovedløpet igjen i Rolvsøysund sørvest for Sarpsborg. Fra Aagaardselva grener et tredje løp ut, Kjølbergelva gjennom Skinnerflo, men dette har minimal vannføring og er stedvis nesten gjengrodd. Dette løpet munner ut i Vesterelva i Fredrikstad. Utløpet ved Fredrikstad er delt i et vestre og et østre løp (Vesterelva og Østerelva), et på hver side av Kråkerøy. Kilde: Store Norske leksikon



**Figur 1.** Oversiktskart over Glommas nedbørsfelt. Kilde Statens Kartverk

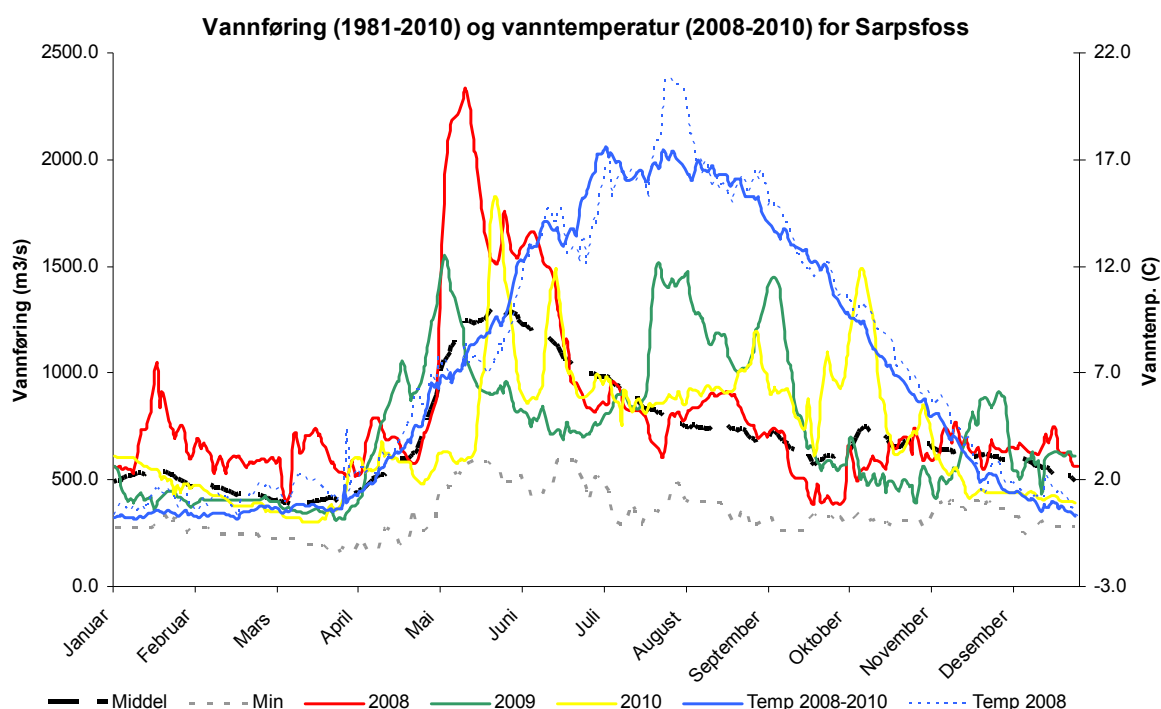
### 2.2 HMS-forhold

I forbindelse med planlagt feltarbeid i Glomma med sterkt strømmende vann utenfor Borregaards fabrikk, ble det høsten 2009 gjennomført en sikker jobb analyse (SJA). Målet med denne var å identifisere og evaluere risiko som ansatte i NIVA og Borregaard og evt. andre involverte utsettes for i forbindelse med det planlagte feltarbeidet. Ansvarsoppgaver ble fordelt og nødvendige sikkerhetsprosedyrer og rutiner for melding og behandling av avvik ble etablert. SJA ble gjennomgått og revidert i fellesskap mellom Borregaard og NIVA i forkant av hver feltrunde.

### 2.3 Vannføring

I følge data fra Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) er gjennomsnittvannføringen ved Sarpsfossen målt over hele året for perioden 1981-2010 ca. 700 m<sup>3</sup>/s. Elva er typisk i flom med vannføringer på 1000-1500 m<sup>3</sup>/s i perioden april-juni. Ellers i året ligger vannføringen normalt på 400-800 m<sup>3</sup>/s med bunn normalt i perioden februar-mars. Minimumsvannføring kan i begrensede perioder

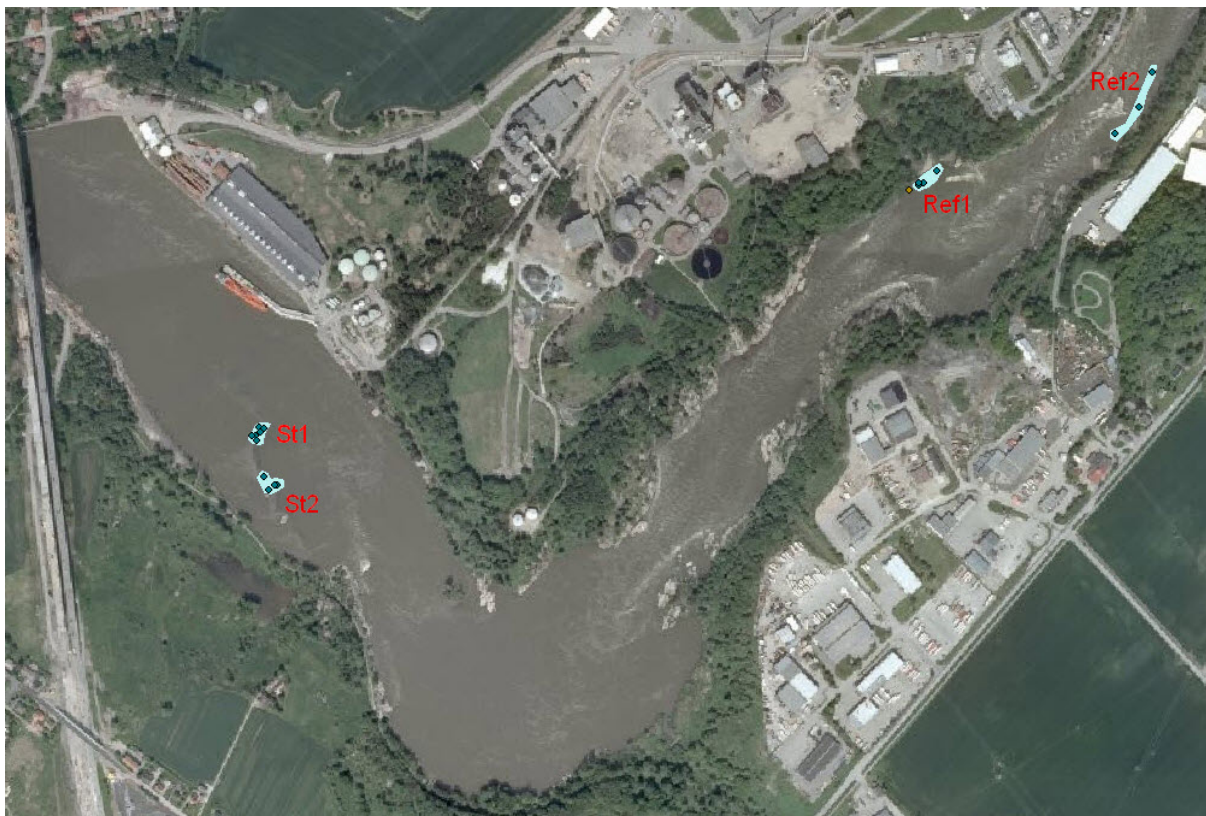
ligge godt under 250 m<sup>3</sup>/s i perioden desember-mars. Vanntemperaturen basert på de siste tre årene ligger normalt over 5 °C i mai-oktober og over 10 °C i juni-september (Figur 2).



**Figur 2.** Vannføring (1981-2010) og vanntemperatur (2008-2010) målt ved Sarpsfossen. Kilde: GLB.

## 2.4 Stasjonene

Med utgangspunkt i resultatene fra SJA (kap. 2.2), ble det avgjort at tre områder kunne undersøkes uten unødvendig risiko i 2009. To av disse ligger nedstrøms utslippspunktet for det urensede prosessvannet. Disse stasjonene, St1 og St2 (Figur 3), utgjør således de påvirkede stasjonene. Disse ble valgt ut på grunnlag av hydromorfologiske forhold i elva samt substratkvaliteter som her ligger til rette for gyting og oppvekst av lakseunger. Tidligere undersøkelser hadde også vist at lakseunger benytter dette området (Karlsen 1997; Aasestad 2000; 2008). I følge Driftsplan for laks i Glomma og Aagaardselva, ligger gyteområdene i hovedsak noe oppstrøms Sannesundbrua og nordover forbi Domberg og Gripen (Anonym 2009). Det sies videre at man ikke kan utelukke at laksen også gyter lenger opp mot Sarpsfossen. De undersøkte grusørene utenfor Borregaard ligger sentralt i dette området. Det tredje undersøkte området ligger oppstrøms utslippspunktet på vestsiden av elva, Ref1 (Figur 3), og var planlagt som referansestasjon. Denne stasjonen ble imidlertid forkastet etter at 2009-undersøkelsene avdekket at denne var uegnet som referanse. En ny referansestasjon oppstrøms utslippspunktet på østsiden av elva, Ref2 (Figur 3), ble derfor valgt ut for undersøkelsene i 2010. Det er imidlertid flere påviste og sannsynlig ikke påviselige påvirkningsfaktorer i områdene nedstrøms Sarpsfossen. Borregaard har derfor satt spørsmål ved egnetheten på referansestasjonene. Vi mener Ref2 er en relevant referansestasjon for begroing og bunndyr, men det synes vanskelig å finne egnede referansestasjoner for fisk oppstrøms utslippspunktet da disse domineres av strømrrike partier og grovt substrat mot elvekantene. Glommaovervåkingen som gjennomføres på oppdrag fra fylkesmennene i Hedmark, Oslo og Akershus samt Østfold, strekker seg fra Alvdal (Sjulhusbrua) i nord og helt ned til Sarpsfossen. Den nederste undersøkte stasjonen her kan til dels også fungere som en referanse for begroing og bunndyr for Borregaardundersøkelsen, men ikke for fisk, siden laksen ikke kan forsere Sarpsfossen. Det gjøres ikke oksygenmålinger i substrat i Glommaovervåkingen (Bækken, m.fl. 2011 NIVA rap 6131 under bearbeidelse).



**Figur 3.** Lokalisering av stasjonene undersøkt i 2009 og 2010. Referansestasjonen Ref1 ble forkastet etter at 2009-undersøkelsene avdekket at denne var uegnet som referanse. Referansestasjonen Ref2 ble benyttet vår og høst i 2010. De påvirkede stasjonene St1 og St2 ligger på grusorene nedstrøms utslippspunktet.

## 2.5 Substratkvaliteten i undersøkelsesområdet

Bunnssubstratet ble karakterisert ved kornfordeling etter internasjonal standard (Tabell 1). Ut fra fordelingen av størrelsesgrupper ble det beregnet en gjennomsnittlig kornstørrelse angitt i mm og som phi-verdi. Phi-verdien beregnes som  $-\log_2$  av kornstørrelsen basert på % fordeling av kornstørrelsesgruppene (Wentworth 1922). Phi-verdien har derfor mindre vekt på de ekstreme verdiene. Mellomstor stein dominerte på St1 og St2. På Ref2 dominerte stor stein, men det var også stort innslag av blokk.

**Tabell 1.** Kornfordeling (% dekning) i bunnssubstratet på ulike stasjoner. Gruppens teoretiske grenseverdier er oppgitt i mm. For forklaring av phi-verdi, se tekst. Vurderingen er basert på skjønn.

	Blokk: >512	Stor stein: 256-512	Mellom stor stein: 64-256	Små stein: 16-64	Grus: 2-16	Sand: 0,063-2	Silt og leire: <0,063	Middel verdi korn	Phi-verdi korn
St1	5	35	40	15	5			201.5	-6.83
St2	5	35	40	15	5			210.5	-6.83
Ref1	5	40	30	10	5	5	5	216.7	-5.93
Ref2	25	30	20	15	5	5		271.7	-6.90

## 2.6 Vannkvalitet

Vannkjemiske undersøkelser er ikke inkludert i dette prosjektet. Foreliggende data oppsummert nedenfor er ikke fullstendig, og andre enn kjemisk og biokjemisk oksygenforbruk er ikke diskutert videre i rapporten. Som grunnlag for innblandingsberegningene er 250 m<sup>3</sup>/s brukt for lavvannføring, mens normalvannføringen er satt til 600 m<sup>3</sup>/s.

### 2.6.1 Adsorbent organisk bundet halogen (AOX)

AOX er en generell betegnelse på organisk bundet halogen. Utslippene av AOX fra Borregaard stammer i all hovedsak fra bleking av cellulosemasse hvor det brukes klordioksid og hypokloritt. Selv etter stenging av trinn to i det biologiske renseanlegget er utslippsnivåene innenfor grenseverdiene i konsesjonene gitt av Klif. Estimert utslipp AOX fra Borregaard i 2009 lå på 127 tonn (Olstad og Bremset 2010). Dette tilsvarer en gjennomsnittlig konsentrasjonsøkning i elva utafor Borregaard (forutsatt full innblanding) på 0.007 mg/l ved normalvannføring eller 0.016 mg/l ved lavvannføring.

### 2.6.2 Kobber

Forhøyete konsentrasjoner av kobber vil kunne ha direkte toksisk effekt for laks. Kobberverdier over 6 µg/l betegnes som "meget sterkt forurenset", etter Klifs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen m. fl. 1997). På grunn av varierende vannkvalitet (pH, hardhet, partikler, humusinnhold) samt variasjonsmønster i metallinnhold, biotilgjengelighet, fiskesammensetning og gytemuligheter, er det imidlertid vanskelig å operere med noen eksakt terskelverdi for forventet reell toksisk effekt (Olstad og Bremset 2010). Ifølge Nivas tidligere undersøkelser er det i Glomma ved Sarpsfossen en bakgrunnskonsentrasjon av kobber i størrelsesorden 1.5-2 µg/l (Berge m. fl. 2003b). Dette tilsvarer tilstandsklasse III "markert forurenset". Tilleggsbidraget fra Borregaard har i løpet av de siste 15 år hatt et jevnt avtagende trend, fra 0.6-1.4 µg/l i 1995 til 0.3-0.8 µg/l i 2009 (Olstad og Bremset 2010). Borregaard planlegger i løpet vinteren 2010 å ha klart et anlegg for kobbergjenvinning, noe som vil omtrent halvere utslippet i forhold 2009-målingene.

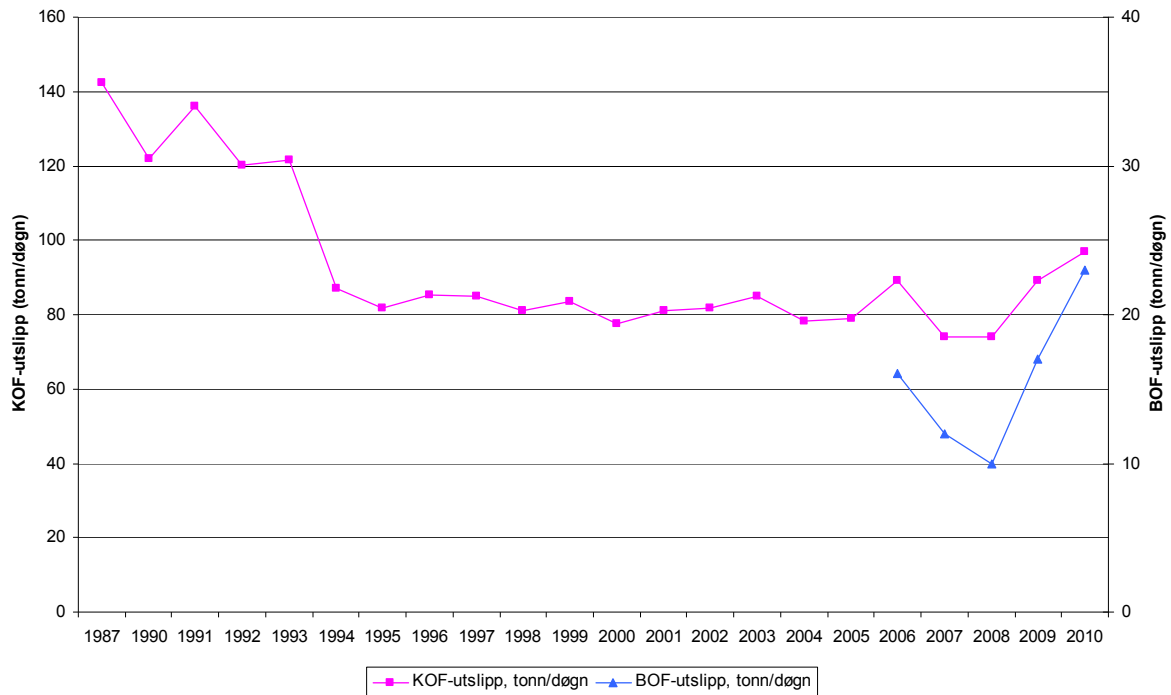
### 2.6.3 Aluminiumtoksisitet og blandsoneproblematikk

Ifølge Borregaards egne opplysninger holder utslippsvannet til tider pH ned mot 2. På grunn av innblanding i elvevannet, vil dette ha svært begrenset effekt på Glommas nedre del sett under ett. Lokalt kan det imidlertid innebære et problem, da aluminium er vist å være spesielt giftig for fisk i slike blandsoner. Olstad og Bremset (2010) påpeker at dersom evt. giftige blandsoner i Glomma finner sted over en strekning med potensielle laksehabitater, burde en videre vurdering av effekter baseres på analyser av aluminiumsfraksjoner i innblandingssonen.

### 2.6.4 Oksygentilgang i gyte- og oppvekstområder

Etter stopp av trinn 2 i det biologiske renseanlegget i begynnelsen av september 2008, forventes en økning i utslipp til Glomma av stoffer som gir økt kjemisk oksygenforbruk (KOF) og biokjemisk oksygenforbruk (BOF). De innrapporterte verdiene fra Borregaard viser en økning på 31 % for KOF-utslipp og 130 % for BOF-utslipp fra 2008 til 2010. KOF-utslippet ble i 2010 målt til 97 tonn/døgn, noe som er høyeste verdi siden 1993 (Figur 4), men før 1993 lå alle målte verdier over 120 tonn/døgn. KOF-utslippet lå i 2010 om lag 20 % over gjennomsnittet for perioden 1994-2008.

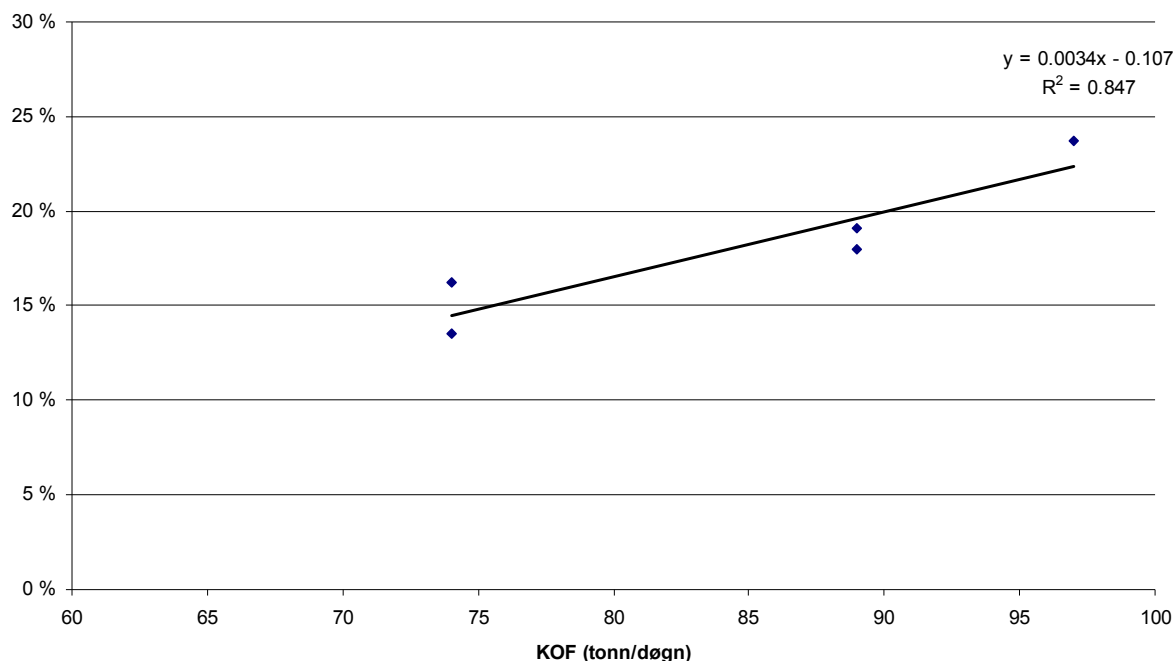
### Rapporterte utslipp fra Borregaard



**Figur 4.** Utslppsrapport fra Borregaard på kjemisk oksygenforbrukende stoff (KOF) og biokjemisk oksygenforbrukende stoff (BOF) målt som døgnmiddelverdier pr år.

Klif har utarbeidet egne klassegrenser for  $KOF_{(Mn)}$  i vann. Grensen mellom god og moderat tilstand ligger på 3.5 mg  $O_2/l$ , mens grensen mellom moderat og dårlig tilstand ligger på 6.5 mg  $O_2/l$  (Andersen m. fl. 1997). Borregaards egne  $KOF_{(Cr)}$ -verdier i utslipsstrømmen kan brukes til å beregne en teoretisk KOF etter innblanding i Glomma ved gitte vannføringer. Dette forutsetter imidlertid at  $KOF_{(Mn)} = KOF_{(Cr)}$  ved analyse av samme prøve med begge metoder, noe som ikke er testet i dette tilfellet. Et KOF-utslipp fra Borregaard tilsvarende rapporterte verdier for 2010 ville, gitt forutsetningene over, bidra med  $KOF = 4.49$  mg  $O_2/l$  ved lavvannføring og  $KOF = 1.87$  mg  $O_2/l$  ved normalvannføring. Bakgrunnsverdier for KOF oppstrøms Borregaards utslippspunkt er imidlertid ikke kjent så hva som er faktisk status i elva er ikke undersøkt. Sammensetningen av det organiske materialet som slippes ut vil også ha stor betydning for hvor tilgjengelig det er for alger og bakterier i elvevannet. Mens kjemisk oksygenforbruk beregnes fra oksygenering ved hjelp av kaliumpermanganat (Mn) eller kaliumdikromat (Cr), måles biokjemisk oksygenforbruk ved bakteriedyrking. BOF representerer den delen av materialet som er lett biotilgjengelig. Sammensetningen av det organiske materialet som slippes fra Borregaard er ikke oppgitt. Men ut fra de rapporterte verdiene ser vi at fraksjonen  $BOF/KOF$  øker med økende utslippsmengde (Figur 5). Den rapporterte økningen på 130 % i BOF kan dermed være mer relevant enn 31 % økning i KOF i forhold til våre målte effekter umiddelbart nedstrøms utslippspunktet. De økologiske effektene av utslippene vil imidlertid igjen være temperatur- og vannføringsavhengige. De rapporterte utslippene er døgnmiddelverdier over lengre perioder. Fluktuasjoner i utslippsmengde mot vannføring og vanntemperatur er dermed ikke vurdert her.

### BOF-fraksjon mot KOF-utslipp i Borregaards utslippsstrøm



**Figur 5.** Fraksjonen BOF/KOS har økt med økende KOF-utslipp i Borregaards utslippsstrøm i perioden 2006-2010. Dette indikerer at sammensetningen av organisk materiale endrer seg med utslippmengden, mot en høyere andel lett biotilgjengelig stoff.

## 2.7 Klassifiseringssystemet

### 2.7.1 Vannforskriften gjennomfører Vanddirektivet i norsk rett

Direktivet har som hovedformål å gi rammer for fastsettelse av miljømål som sikrer en mest mulig helhetlig beskyttelse av vannmiljøet, og bærekraftig bruk av vannforekomstene. Direktivet legger derfor konkrete føringer på prosess og kriterier for forvaltning av vannressursene. Gjennomføringen av vanddirektivet forutsetter at Norge utarbeider et klassifiseringssystem. Dette er en pågående prosess som per i dag er gitt i en foreløpig veileder (Direktoratsgruppa m.fl. 2009). Klassifiseringssystemet vil også være en del av grunnlaget for å avgjøre om en vannforekomst skal utpekes som naturlig eller sterkt modifisert. Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann er at de skal ha minst god økologisk og kjemisk tilstand. Sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) er så påvirket av samfunnsnyttige fysiske inngrep at miljømålet ”god økologisk tilstand” ikke med rimelighet kan oppnås.

SMVF er ikke et unntak, men en egen kategori med egne, tilpassede økologiske miljømål og klassegrenser, som tar hensyn til det fysiske inngrepet. Miljømålet for SMVF kalles ”godt økologisk potensial” (GØP), men i tillegg er det også krav om minst god kjemisk tilstand på linje med naturlige vannforekomster. Det vil bli satt tilpassede økologiske klassegrenser som vil variere fra vannforekomst til vannforekomst, avhengig av det tilpassede miljømålet (Godt Økologisk Potensial). Klassegrensene for kjemisk tilstand (prioriterte stoffer) gjelder likevel for alle overflatevannforekomster, også de som utpekes som SMVF. Fastsettelsen av miljømål for SMVF vil bli nærmere beskrevet i egen veiledning tilgjengelig på [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no) (Direktoratsgruppa m.fl. 2009).

Vanddirektivet og Vannforskriften krever at land som har felles vanttper skal interkalibrere sine klassifiseringssystemer. Dette for å sikre at systemene er sammenlignbare, og at landene har

sammenlignbare grenseverdier for god økologisk tilstand. Fase 1 av dette arbeidet er per 2009 ferdig, men mye gjenstår før alle delene av klassifikasjonssystemene er interkalibrert.

### **2.7.2 Nedre Glomma som vannforekomst**

Grusørene utenfor Borregaard tilhører vannområdet Glomma sør som strekker seg fra Øyeren i nord til Oslofjorden i sør. Forvaltningsenheten i vannforskriftssammenheng vil imidlertid være vannforekomst. En vannforekomst defineres som ”En avgrenset og betydelig mengde av overflatevann, som for eksempel innsjø, magasin, elv, bekk, kanal, fjord eller kyststrekning, eller deler av disse, eller en avgrenset mengde grunnvann innenfor en eller flere akviferer”. Direktivets/forskriftens miljømål er knyttet til den enkelte vannforekomst, og en vannforekomst skal dermed ha samme vanntype og tilstands-/risikoklasse. Størrelsen til en vannforekomst bør være slik at den er et fornuftig forvaltningsobjekt, og for ferskvannforekomster er det angitt veiledende nedre grense for størrelsen.

Definering av vannforekomster i Glomma sør er et pågående arbeid. Det ligger imidlertid an til at Glomma sør for Sarpsfossen ned til utløpet i Fredrikstad, evt. ned til samløpet med Visterflo, vil bli definert som egen vannforekomst (Håvard Hornnæs pers. med.). Dette skal avklares i løpet av 2011. I Vann-Nett ([www.vann-nett.no](http://www.vann-nett.no)) skal en til enhver tid kunne se det som er vurdert i forhold til miljøtilstand og påvirkningsfaktorer i vannforekomstene. Ta evt. kontakt med den ansvarlige vannregionmyndigheten for å sjekke status i dette arbeidet.

### **2.7.3 Nytt vs. tidligere klassifiseringssystem**

De tidligere klassifikasjonssystemene for ferskvann og kystvann var basert på forskjellige påvirkningstypers innvirkning på utvalgte fysiske-kjemiske parametere. For hver virkningstype ble kun ett sett med grenseverdier brukt for alle vann typer, og det var ikke basert på avvik fra naturtilstanden. I det nye klassifikasjonssystemet legges det vekt på biologiske kvalitetselementer, indikatorer og parametere i tillegg til fysiske og kjemiske parametere. Spesifikke grenseverdier settes for ulike vann typer og avvik fra naturtilstand brukes som ett av målene. Det nye systemet vil bli mer presist enn det gamle, og gir en evaluering av ”helsetilstanden” for økosystemet gjennom å vurdere effektene på levende organismer. Systemet vil gi et sikrere beslutningsgrunnlag for tiltak, og for å måle effekter av iverksatte tiltak.

## **2.8 Begroing**

Prøvetaking av bakterier og bentiske alger utenfor Borregaard ble gjennomført vår og høst 2010 (hhv. 11.5.2010 og 9.11.2010). På hver stasjon ble en elvestrekning på ca. 10 meter undersøkt ved bruk av vannkikkert. Det ble tatt prøver av alle makroskopisk synlige bentiske alger og bakterier, og de ble lagret i separate beholdere (dramsglass). Dekningsgrad av alle makroskopisk synlige elementer ble estimert som ”% dekning”. For prøvetaking av kiselalger og andre mikroskopiske alger, ble 10 steiner med diameter 10-20 cm innsamlet fra hver stasjon. Et areal på ca. 8 ganger 8 cm, på oversida av hver stein, ble børstet med en tannbørste. Det avbørstede materialet ble så blandet med ca. 1 liter vann. Fra blandingen ble det tatt en delprøve som ble konserveret med formaldehyd. Innsamlede prøver ble senere undersøkt i mikroskop, og tettheten av de mikroskopiske algene som ble funnet sammen med de makroskopiske elementene ble estimert som hyppig (xxx), vanlig (xx) eller sjelden (x).

For hver stasjon ble eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status; Direktoratgruppen m.fl. 2009) beregnet. PIT er basert på indikatorverdier for bentiske alger (ekskludert kiselalger) og brukes til å beregne den delen av totalfosfor-konsentrasjonen som umiddelbart kan tas opp av algene og som dermed kan kalles ”eutrofieringsrelevant”. Utregnede indeksverdier strekker seg over en skala fra 1.83 til 4.41, hvor lave PIT verdier tilsvarer lave fosforverdier (oligotrofe forhold), mens høye PIT verdier indikerer høye fosforkonsentrasjoner (eutrofe forhold).

Begroingsalger bør samles inn i august eller september da det fortsatt er gode vekstbetingelser og algene har fått sommeren til å vokse og utvikle seg. Pga. vannføringsmessige forhold lot ikke dette seg gjøre i 2009 og 2010.

## 2.9 Bunndyr

Bunndyrundersøkelser ble gjennomført høst 2009 samt vår og høst 2010 (hhv. 29.10.2009, 11.5.2010 og 9.11.2010). Prøvene ble tatt med standardisert sparkemetode (NS-ISO 7828). Metoden er, i henhold til forslag i veileder for klassifiseringen, konkretisert til flere enkeltprøver og i sterkere grad bundet opp til areal enn tid (Direktoratsgruppa m. fl. 2009). Det gjør metoden mer stringent, mindre avhengig av skjønn og lettere etterprøvbare. Hver prøve tas over en strekning på én meter. Det anvendes 20 sekund pr. 1 m prøve, 3 slike pr. minutt, samlet 9 én meters prøver på 3 minutter (gir 3x1 minutt som har vært vanlig tidsforbruk i mange undersøkelser). For å unngå tetting av håven og tilbakespyling, tømmes håven etter 3 enkeltprøver (1 minutt). Alle prøvene samles til en blandprøve.

Økologisk tilstand på elvestasjonene er vurdert etter foreløpige kriterier, i henhold til status i utviklingen av norske vurderingssystemer for elver. Til dette er det anvendt bunndyrindeksen ASPT som også ble brukt som ”norsk vurderingssystem” ved interkalibreringen av bunndyrssystemer i EU. EQR (Ecological Quality Ratio) er forholdet mellom målt ASPT på en lokalitet og referanse ASPT for den aktuelle vanntypen (Direktoratsgruppa m. fl. 2009).

I tillegg er det gjort en vurdering av biologisk mangfold basert på opptelling av antall arter i gruppene døgnfluer (*Ephemeroptera*), steinfluer (*Plecoptera*) og vårfluer (*Trichoptera*) (EPT) i materialet. Det ble også gjort en vurdering av tettheten av grupper og arter i bunndyrsamfunnet.

Bunndyr bør samles inn to ganger i året; vår (etter snøsmeltinga) og høst (oktober/november).

## 2.10 Fisk

Fiskeundersøkelser ble gjennomført høst 2009 og høst 2010 (hhv. 29.10.2009 og 9.11.2010). Fisketettheten ble undersøkt ved el.fiske med apparat type Iomega, FA2, etter metode beskrevet i Norsk Standard og europeisk CEN standard (CEN 2003). Strøm fra el.fiskeapparatet lokker fisken mot anoden og når fisken kommer tilstrekkelig inn i det elektriske feltet, svimeslås den en kort stund slik at den kan fanges opp med håv. All fisk samles inn og oppbevares i bøtter med vann inntil registrering. Fiskene bestemmes til art, telles opp og lengdemåles til nærmeste millimeter før de slippes levende ut igjen etter endt undersøkelse. Ut fra størrelsesstruktur kan fisken ofte sorteres i årsunger, 1-åringer og eldre fisk. Fisketetthet med tilhørende presisjonsestimert (standardfeil) pr 100 m<sup>2</sup> elveareal estimeres etter Bohlin et. al (1989). Ved fangst av færre enn 10 individer i første el.fiskerunde på 100 m<sup>2</sup>, gjennomføres ikke gjentatt fiske. Vi søker heller da å el.fiske et større areal én omgang, alternativt oppsøke andre stasjoner.

Fiskeundersøkelser i elver som Glomma bør foregå i august-september for å sikre at årets yngel er store nok til å være fangbare med el.fiske samt at vann temperaturen ikke er blitt for lav.

## 2.11 Oksygen i substrat

Det ble målt oksygenprofiler ved å hamre en hul jernstang, en såkalt pigg, med sammenslått tupp ned i grusen. Tuppen var perforert med 5 mm hull som vann nede i grusen kunne strømme inn i. En sonde som måler oksygenkonsentrasjon ble trødd ned i røret helt ned til tuppen. Oksygenivået ble notert når verdien stabiliserte seg etter ca. ett minutt. Profilene ble målt ned mot 20 cm i grusen – som er typiske deponeringsdyp for lakseeegg. Oksygenmålinger er øyeblikksbilder av en kjemisk tilstand. For å få et representativt bilde av denne tilstanden, må flere målinger gjøres gjennom den delen av sesongen som eggene er deponert i grusen (september-mai).

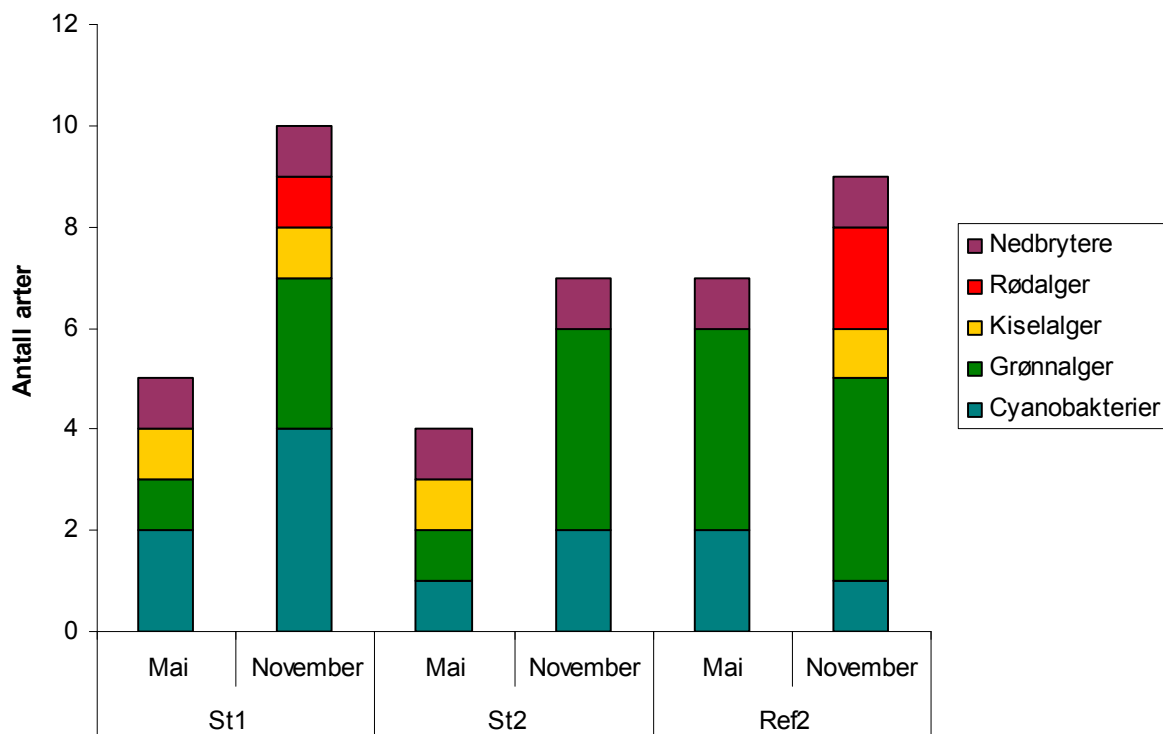


## 3. Resultater med vurderinger

### 3.1 Begroing

#### 3.1.1 Biologisk mangfold

Det biologiske mangfoldet, målt som antall arter/slekter av nedbrytere, rødalger, grønnalger, cyanobakterier og kiselalger, var lavt både vår og høst på St1, St2 og Ref2. Det varierte fra 4-10 taksa. På alle stasjonene dominerte grønnalger og cyanobakterier i artsantall etter at vekstsesongen var avslutta (Figur 6). Antall arter observert på enkeltlokaliteter avhenger blant annet av lys og strømhastighet, og varierer noe gjennom året. I denne undersøkelsen ble prøvene samlet inn i mai, som er før eller helt i begynnelsen av algenes vekstsesong, og i november, som er såpass sent at temperatur og lysforhold medfører at nedbrytning av algene har startet. Dette kan være en medvirkende årsak til den lave diversiteten som ble observert. En annen medvirkende årsak til den lave observerte diversiteten på Ref2 kan også være dårlige lysforhold for prøvetaking (høstens prøver ble tatt etter mørkets frembrudd). Vekstbetingelsene for algene forventes å være bedre høyere opp i vassdraget, noe som gir en forventning om høyere biodiversitet på referansestasjonen.

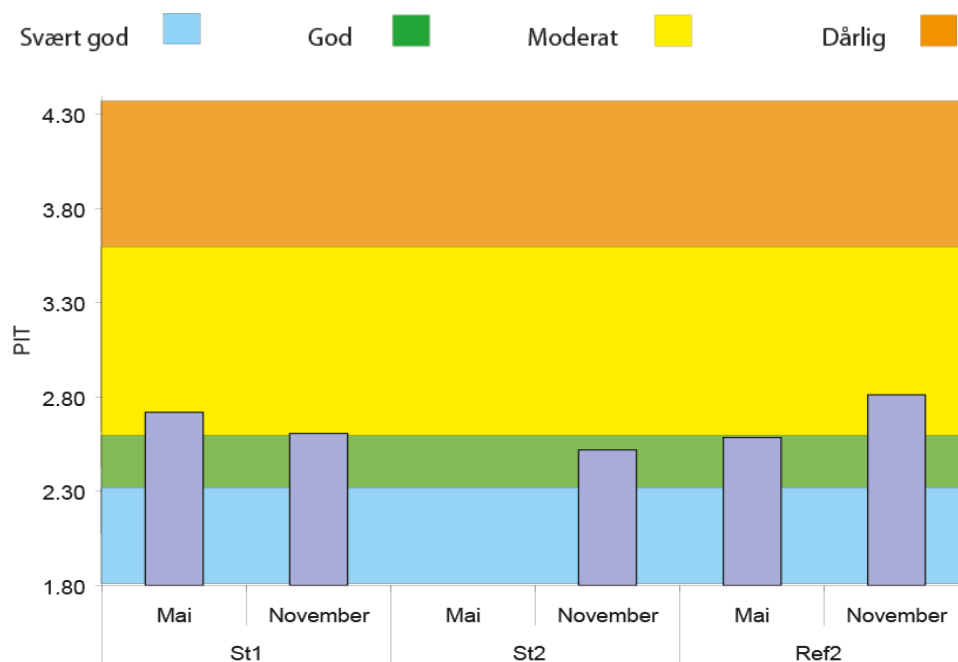


**Figur 6.** Antall nedbrytere, rødalger, grønnalger, kiselalger og cyanobakterier på tre stasjoner utenfor og ovenfor Borregaard, vår og høst 2010. Ref2: Referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp, St1 og St2: Grusørene nedstrøms fabrikkens utslipp, påvirkede stasjoner.

Av de registrerte artene dominerte bakterien med det norske navnet lammehaler (*Sphaerotilus natans*) og cyanobakterien *Phormidium autumnale* i både vår- og høstprøvene på de påvirkede stasjonene (Datavedlegg 1). I vårprøvene på referansestasjonen dominerte grønnalgene *Ulothrix zonata* og *Microspora amoena* samt kiselalgen *Tabellaria flocculosa*. Høstens prøver ble samlet inn etter mørkets frembrudd og det er derfor ikke grunnlag til å anslå hvilke arter som dominerte nevnte prøver.

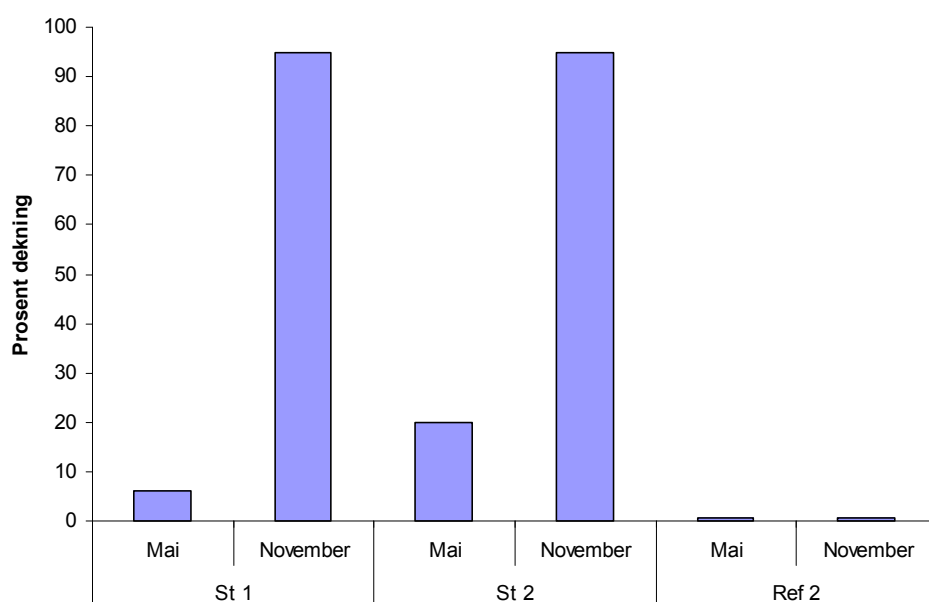
### 3.1.2 Økologisk tilstand

Eutrofieringsindeksen PIT blir brukt til å beregne den delen av total fosfor som er relevant for eutrofiering på prøvestedet. Lave verdier indikerer oligotrofe forhold, mens høye verdier indikerer eutrofe forhold. I denne undersøkelsen varierte indeksverdiene lite mellom stasjonene; fra 2.52-2.81 (Figur 7). Dette tilsvarer moderat og god økologisk tilstand, der stasjonene med verdier under 2.6 er klassifisert til god økologisk tilstand mens stasjonene med verdier over 2.6 er moderat. På St1 ble det observert moderat økologisk tilstand både vår og høst. Tilstanden på St2 ble klassifisert som god på høsten, mens vårprøvene ikke inkluderte noen indikatorarter og derfor ikke kunne klassifiseres på grunnlag av PIT. Stasjonen Ref2 ble klassifisert til god økologisk tilstand fra vårprøvene, mens den fra høstens prøver ble klassifisert som moderat. Ut fra algesammensetningen å bedømme, kan det dermed se ut til at eutrofitilstanden er omtrent den samme nedstrøms som oppstrøms utslippet. Tidspunktene for prøvetaking var imidlertid uegnet både vår og høst, noe som kan ha forårsaket en ikke helt representativ artssammensetning i algeprøvene. Når det i tillegg var få indikatorarter pr stasjon, øker usikkerheten rundt den økologiske klassifiseringen.



**Figur 7.** Eutrofieringsindeks PIT (Periphyton Index of Trophic status) beregnet for 3 stasjoner utenfor Borregaard 2010, der PIT-verdi angir økologisk tilstand. Ref2 er referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp. St1 og St2 ligger nedstrøms fabrikkens utslipp og er påvirkede stasjoner.

PIT måler kun eutrofi og tar ikke organisk materiale med i beregningen. Bakterien med det norske navnet lammehaler (*Sphaerotilus natans*) er en indikatorart for organisk belastning. Tilstedeværelsen av lammehaler i store mengder på de påvirkede stasjonene (Figur 8) sannsynliggjør effekter av utslippet fra Borregaard. Særlig i høstprøvene var dette markant, med opp mot 100 % dekning av lammehaler. På referansestasjon Ref2 var den også til stede, men der ble den ikke observert makroskopisk verken om våren eller høsten.



**Figur 8.** Dekningsgrad av bakterien lammehaler (*Sphaerotilus natans*) for 3 stasjoner utenfor Borregaard 2010. Ref2 er referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp. St1 og St2 ligger nedstrøms fabrikkens utslipp og er påvirkede stasjoner.

Den økologiske tilstanden beregnet vha eutrofi-indeksen (PIT) ser ut til å være omtrent lik på de tre besøkte stasjonene. Det er ingen markant endring på stasjonene nedstrøms utslippet sammenlignet med referansestasjonen. Dette kan imidlertid skyldes suboptimale forhold under prøvetakingen både vår og høst, som kan ha ført til at artssammensetningen var lite representativ og dermed få registrerte indikatorarter. Videre viser det at Glomma allerede er forurenset ovenfor Borregaard.

Det er samtidig viktig å være klar over at eutrofi og organisk belastning ikke nødvendigvis er lineært relatert til belastningen. Et punkt nås hvor økt organisk påvirkning fører til nedgang i trofinivå. Av den grunn er det ikke nødvendigvis en motsetning at eutrofinivået omtrent er likt oppstrøms og nedstrøms utslippet, mens den organiske belastningen helt klart øker. Effekter på eutrofi av organisk belastning forventes først å opptre et stykke nedstrøms utslippspunktet. Ved Borregaard renner elva ut i brakkvannsområdet ned mot havet før denne avstanden er nådd.

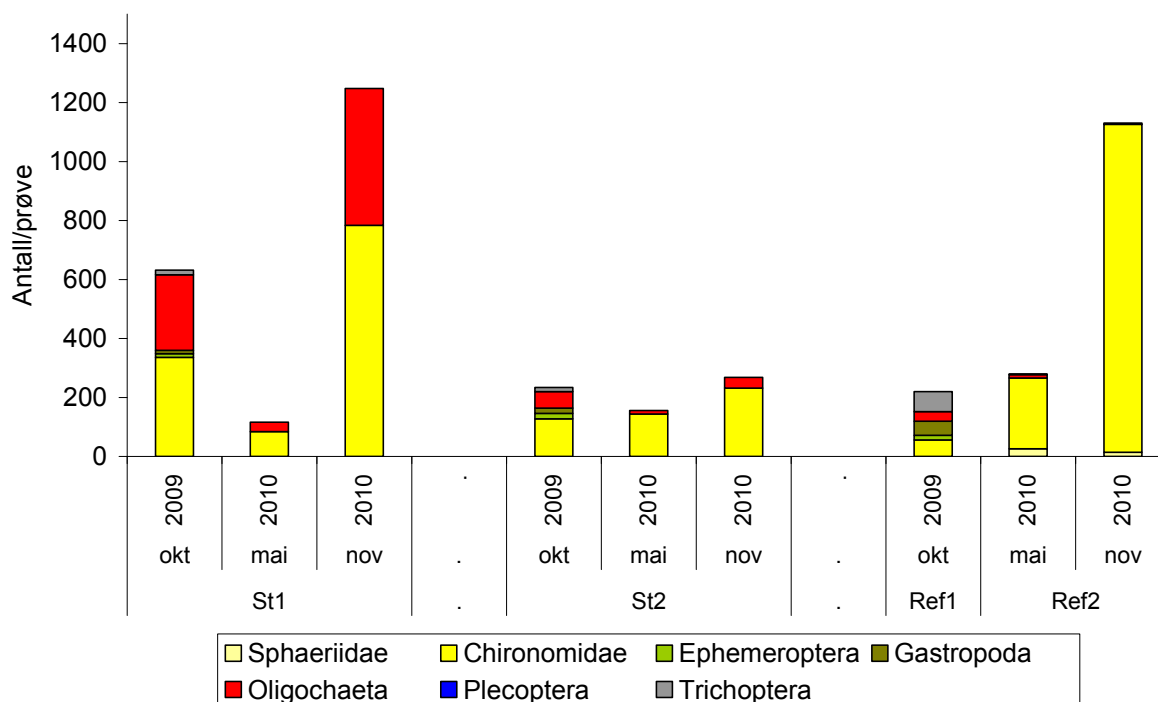
Aasestad (2008) påpeker (dokumentert med bilde i rapporten) et 10-15 cm tykt lag med det han betegner som alger ved el.fiskeundersøkelsen i 2008. Ut fra bildet, vurderer vi dette som bakterier eller sopp. Mest sannsynlig er dette også bakterien lammehaler som vi dokumenterte med nær 100 % dekning omkring grusørene ved St1 og St2. I følge Aasestad (2008) var det ikke slik ved el.fiskeundersøkelsen i 2000. Fiskeforvalter hos Fylkesmannen i Østfold bekrefter dette med observasjoner på slutten av 90-tallet da substratet var fritt for denne type begroing (L. R. Karlsen pers. med.).

Den store oppblomstringen av bakterien lammehaler på de påvirkede stasjonene, tyder på effekter av organisk utslipp oppstrøms dette området. Tilnærmet fravær av lammehaler oppstrøms utslippstrømmen fra Borregaard, sannsynliggjør at utslippet herfra er hovedårsaken til den observerte oppblomstringen. Bakterievekst avhenger hovedsakelig av næringstilgang og temperatur. Ved optimale forhold formerer bakterier seg eksponentielt og således mye raskere enn begroingsalger. Noen få uker er tilstrekkelig tid for at lammehaler skal kunne oppnå høy dekningsgrad ved gunstig næringssituasjon i Glomma utenfor Borregaard, gitt tilstrekkelig høy vanntemperatur (>10-15 °C).

## 3.2 Bunndyr

### 3.2.1 Forekomst og tetthet

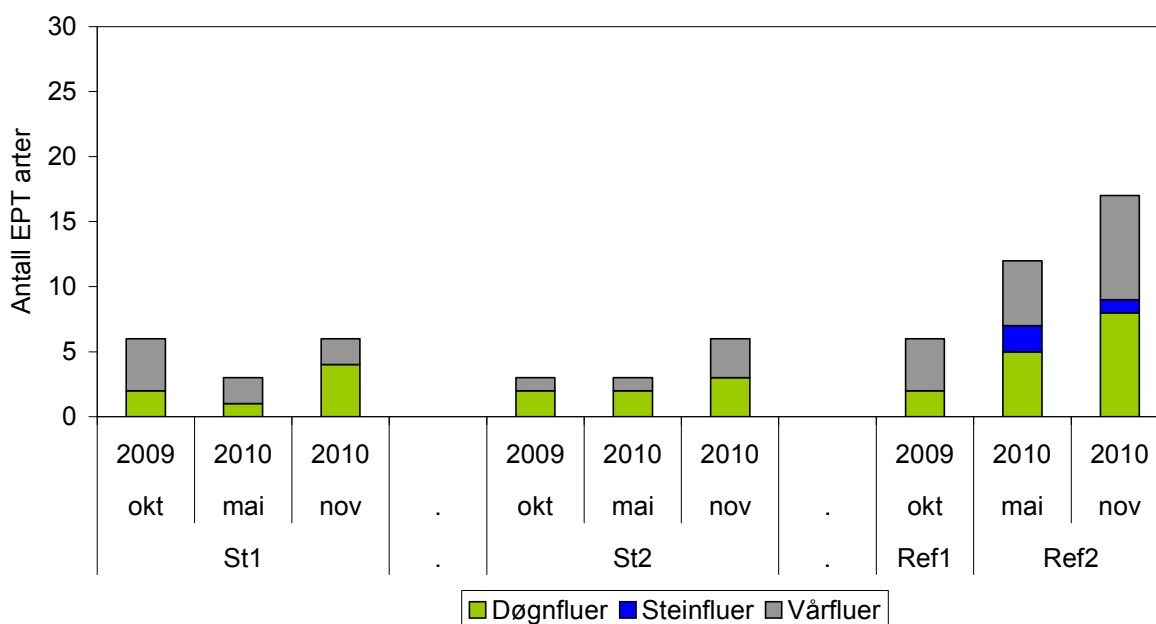
Bunndyrprøvene i Glomma utenfor Borregaard hadde alle sammen lave tettheter med fra ca. 150 til ca. 1200 ind./prøve alle prøvene sett under ett (Figur 9). Ved de to påvirkede stasjonene, St1 og St2 dominerte fjærmygglarver (*chironomidae*) og fåbørstemark (*oligochaeta*). Særlig ved St1 var det stort innslag av fåbørstemark. Denne dyregruppen er tolerant overfor organisk belastning og øker sin andel av faunaen under slike betingelser. Døgnfluer (*ephemeroptera*), vårfluer (*trichoptera*) og snegler (*gastropoda*) ble funnet i moderate/lave tettheter på alle stasjonene. Referansestasjonen hadde det minste innslaget av fåbørstemark og det største innslaget av vårfluer. Steinfluer (*plecoptera*), som tåler lite forurensninger, ble registrert med få individer på referansestasjonen i 2010 (Datavedlegg 2).



**Figur 9.** Hovedgrupper i bunndyrsamfunnene på de tre stasjonene utenfor Borregaard. Ref2 er referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp. St1 og St2 ligger nedstrøms fabrikkens utslipp og er påvirkede stasjoner.

### 3.2.2 Biologisk mangfold

Det biologiske mangfoldet, målt som antall arter/slekter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT-verdier), var meget lavt ved St1 og St2 med verdier mellom 3 og 6 (Figur 10). Referansestasjonen i 2009 (Ref1) ble vurdert som uegnet. Ved den nye referansestasjonen anvendt i 2010 (Ref2), var EPT verdiene 12 og 17 i henholdsvis mai og november. Dette er heller ikke høye verdier, men langt høyere enn på St1 og St2. Det ble registrert flere døgnfluearter i elva utenfor Borregaard, med *Baetis rhodani* og *Ephemerella mucronata* som de vanligste. Førstnevnte er den vanligste døgnfluen i norske elver. Steinfluer ble bare observert på referansestasjonen i 2010. Det antyder også betydelig forurensning av stasjonene nedenfor. En av steinflueartene var den rødlistede arten *Perlodes dispar*. Det ble registrert mellom 4 og 8 vårfluearter ved referansestasjonen i undersøkelsesperioden, men bare 1-4 ved St1 og St2. De vanligste artene var *Agapetus ochripes* og *Psychomyia pusilla*. Utover EPT arter, ble det registrert snegler ved alle stasjonene hvorav toppluesneglen, *Ancylus fluviatilis*, og vanlig damsnegl *Radix sp.* var de vanligste. Sett ut fra mangfoldet av EPT arter, var bunndyrsamfunnet også påvirket ved den nye referansestasjonen Ref2. Biologiske prøver fra området oppstrøms Sarpsfossen (FM overvåking av Glomma) har vist at også disse delene av Glomma er forurenset.

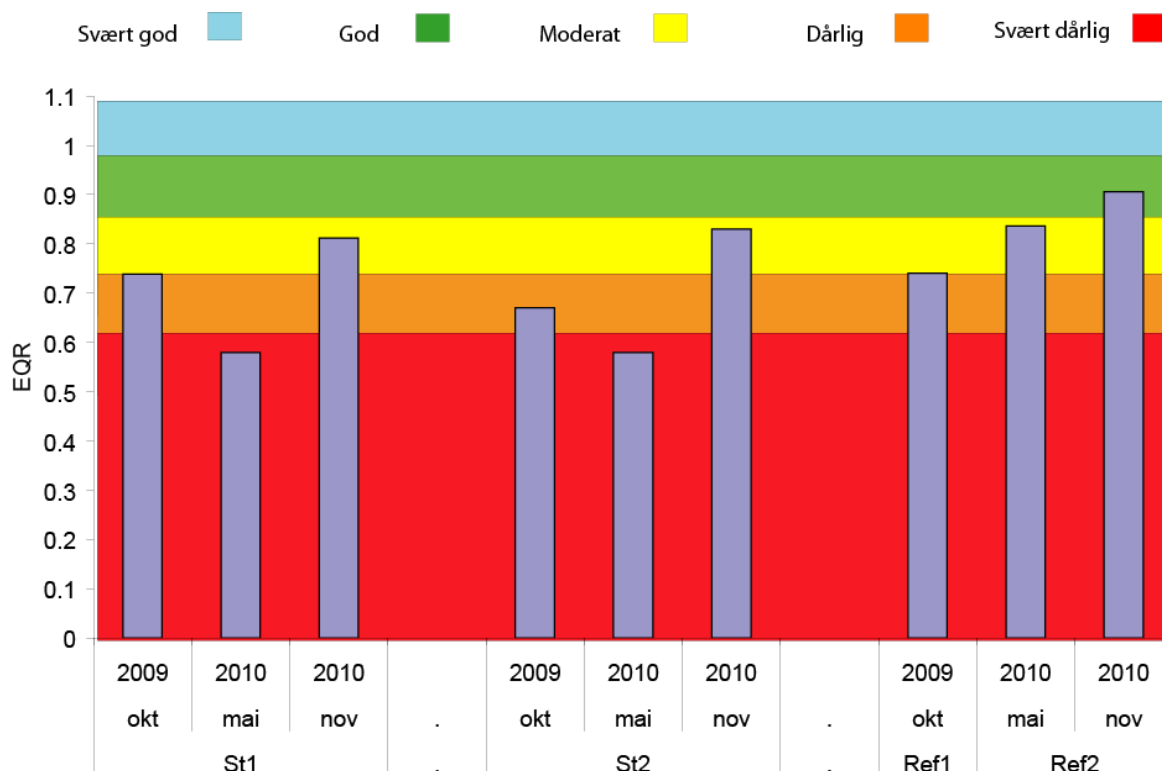


**Figur 10.** EPT verdier (antall arter/slekter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer) i Glomma på tre stasjoner utenfor Borregaard i oktober 2009 samt mai og november 2010. Ref1 ble vurdert som uegnet referansestasjon i 2009. Ref2 er ny referansestasjon i 2010 på østsiden oppstrøms fabrikkens utslipp. St1 og St2 ligger nedstrøms fabrikkens utslipp og er påvirkede stasjoner.

### 3.2.3 Økologisk tilstand

ASPT-indeksen måler den gjennomsnittlige forurensningstoleransen for familiene i bunndyrsamfunnet (ASPT = Average Score Per Taxon). ASPT måler først og fremst virkning av eutrofi og organisk stoff. ASPT er pr. i dag indeksen som skal anvendes på bunndyrmateriale i henhold til Vanndirektivet. Forholdet mellom målt ASPT og vanntypespesifikk referanse, ASPT-verdi angir økologisk tilstand som EQR (Ecological Quality Ratio).

I henhold til EQR verdiene var den økologiske tilstanden på de to påvirkede stasjonene (St1 og St2) utenfor Borregaard svært dårlig, dårlig eller moderat økologisk tilstand. Det ble observert forskjell mellom årstidene i 2010. Det ble observert svært dårlig tilstand om våren og moderat tilstand om høsten. Referansestasjonen i 2009 (Ref1) hadde tilnærmet samme økologiske tilstand som nederste påvirkede stasjon (St1). Det ble observert et annet utslipp fra Borregaard like oppstrøms denne stasjonen. Den ble derfor senere forkastet som referansestasjon. Ny referansestasjonen for 2010 (Ref2) ble valgt ut på motsatt elvebredd og litt lengre oppstrøms. Tilstanden her var bedre med verdier omkring grenseverdien mellom moderat og god tilstand på våren, mens høstprøvene viste god tilstand. Resultatene for økologisk tilstand samsvarte dermed med resultatene for det biologiske mangfoldet (Figur 11).



**Figur 11.** ASPT indeksen måler den gjennomsnittlige forurensningstoleransen for familiene i bunndyrsamfunnet (ASPT = Average Score Per Taxon). EQR angir økologisk tilstand (Ecological Quality Ratio). Ref1 ble vurdert som uegnet referansestasjon i 2009. Ref2 er ny referansestasjon i 2010 på østsiden oppstrøms fabrikkens utslipp. St1 og St2 ligger nedstrøms fabrikkens utslipp og er påvirkede stasjoner.

### 3.3 Fisk

Til sammen ble kun to arter og tre fisker registrert i 2009 og 2010 (to laks og en steinsmett).

På St1 og St2 til sammen ble det begge årene el.fisket > 20 minutter og > 250 m<sup>2</sup> uten at en eneste laks ble observert. Dette til tross for svært gode el.fiskeforhold, med klart vann og gunstig vannføring i elva i 2009. På referansestasjonen, ble det observert to ungfisker av laks av samme størrelse i 2009, hvorav én ble fanget og målt til 9.5 cm. I 2010 ble det ikke registrert ungfisk av laks i det hele tatt, verken på de påvirkede stasjonene eller referansestasjonene. I 2010 ble kun én steinsmett fanget på St1. Det ble observert en del gytefisk i elva utenfor Ref1 i 2009. I 2010 observerte vi ikke gytefisk i overflata.

De lave fangstene av ungfisk står i kontrast til tidligere el.fiskeundersøkelser gjennomført omkring St1 og St2. I 2008 ble det fanget 21 lakseunger i løpet av 21 minutters el.fiske omkring grusørene ved St1 og St2 (Aasestad 2008). Det ble da totalt påvist fem fiskearter (laks, steinsmett, hork, ål og skrubbe). Tilsvarende fangster ble også oppnådd under el.fiske i 2000 (Aasestad 2000), mens litt lavere fangster ble resultatet i 1997 og 1998 (Karlsen 1997; Saltveit m. fl. 1999). Dette innebærer at alle tidligere el.fiskeundersøkelser i det samme området (og særlig ved St1 og St2) har gitt fangster av lakseyngel og opptil fire andre arter. Også ved de tidligere el.fiskeundersøkelsene betegnes el.fiskeforholdene å være vanskelige i de øvre delene av undersøkelsesområdet opp mot Sarpsfossen, grunnet mye grovt substrat og smal strandsone ut mot hovedstrømmen i elva.

Tettheten av fisk i 2009 og 2010 var urovekkende lav. Begge feltsesongene var imidlertid preget av lange perioder med mye vann. Under feltarbeidet i 2009 var imidlertid el.fiskeforholdene tilfredsstillende både med tanke på vanntemperatur (6.1 °C) og vannføring (465 m<sup>3</sup>/s). I 2010 var vanntemperaturen veldig lav (3.5 °C), noe som kan ha medført lav fangbarhet på fiskeungene. Vannføringen var imidlertid OK (ca. 600 m<sup>3</sup>/s). Tross til dels suboptimale el.fiskeforhold, forventet vi allikevel å kunne fange fisk dersom de hadde vært tilstede i nevneverdig tetthet.

Nedre Glomma og Omland Fiskeadministrasjon (NGOFA) forvalter fisket i Nedre Glomma på vegne av Nedre Glomma Elveeierlag sine 160 medlemmer. NGOFA leverte en periode på 80-tallet gytefisk av laks fra Glomma nedenfor Sarpsfossen til genbanken. Det ble der konkludert med at ”glommalaksen” er en genetisk unik stamme, med en kort og dyp kroppsfasong (Anonym 2009). Nytt materiale for gentesting fra både Glomma og Aagaardselva ble i 2008 levert inn til analyser, men foreløpig har det ikke kommet noe svar på disse (Anonym 2009; Kjell Cato Strand pers. med.). NGOFA har utarbeidet driftsplan for laks i Glomma og Aagaardselva for perioden 2008-2018. Denne påpeker flere potensielt begrensende faktorer for produksjon og overlevelse av laks i Glomma nedenfor Sarpsfossen (Anonym 2009):

- Raskt variabel vannføring som følge av regulering
- Begroing av gyte- og oppvekstområder for laks pga forurensning
- Rømt oppdrettslaks som blander seg inn i gytingen
- Fisksykdommer/parasitter (eks. *Gyrodactylus salaris*)
- Predasjon av varmblodige dyr

Som ett av de foreslåtte tiltakene har NGOFA allerede i gangsett rognutsetting nedstrøms Sarpsfossen. Men både flom og tørrlegging som følge av reguleringen har medført problemer for forsøkene. Det er også påpekt behov for klekkeri og settefiskanlegg for å kunne gjennomføre kompensasjonsutsettinger i Glomma og Aagaardselva.

Datamaterialet på fisk er for usikkert til å kunne konkludere at uteblivelse av yngel i både 2009 og 2010 skyldes rekrutteringssvikt. Men uteblivelse av yngel på grusørene i både 2009 og 2010 er uventet da alle tidligere undersøkelser har dokumentert lakseyngel der sammen med flere andre fiskearter. De dokumenterte oksygennivåene i grus vil medføre forventet dødelighet på lakseeegg fram til klekking (Greig et al. 2007) - mest i 2009, men også nær 40–45 % dødelighet dersom 2010-nivåene er representative. Under gode oksygenforhold er det normalt svært lav dødelighet i denne fasen hos laks, og i en strømrisk elv som Glomma må en kunne forvente full oksygenmetning i de bevegelige vannmassene ved god økologisk tilstand. Men til forskjell fra de andre indikatormålene på begroing og bunndyr, er oksygennivåene i substratet kun øyeblikksbilder på en kjemisk situasjon. Vi kan ikke utelukke ytterligere oksygenfall eller -økning gjennom resten av perioden frem til klekking utpå våren. Dersom Glommalaksen har en oppvekstperiode på to år i elv før smoltifisering, deretter to år i sjøen før kjønnsmodning, vil en forventet effekt av evt. frafall av årsklasser vise seg som reduksjon i oppgangen av gytefisk fra og med 2012. En flerårig svikt i rekrutteringen vil kunne redusere gytebestanden betraktelig for perioden 2012-2015.

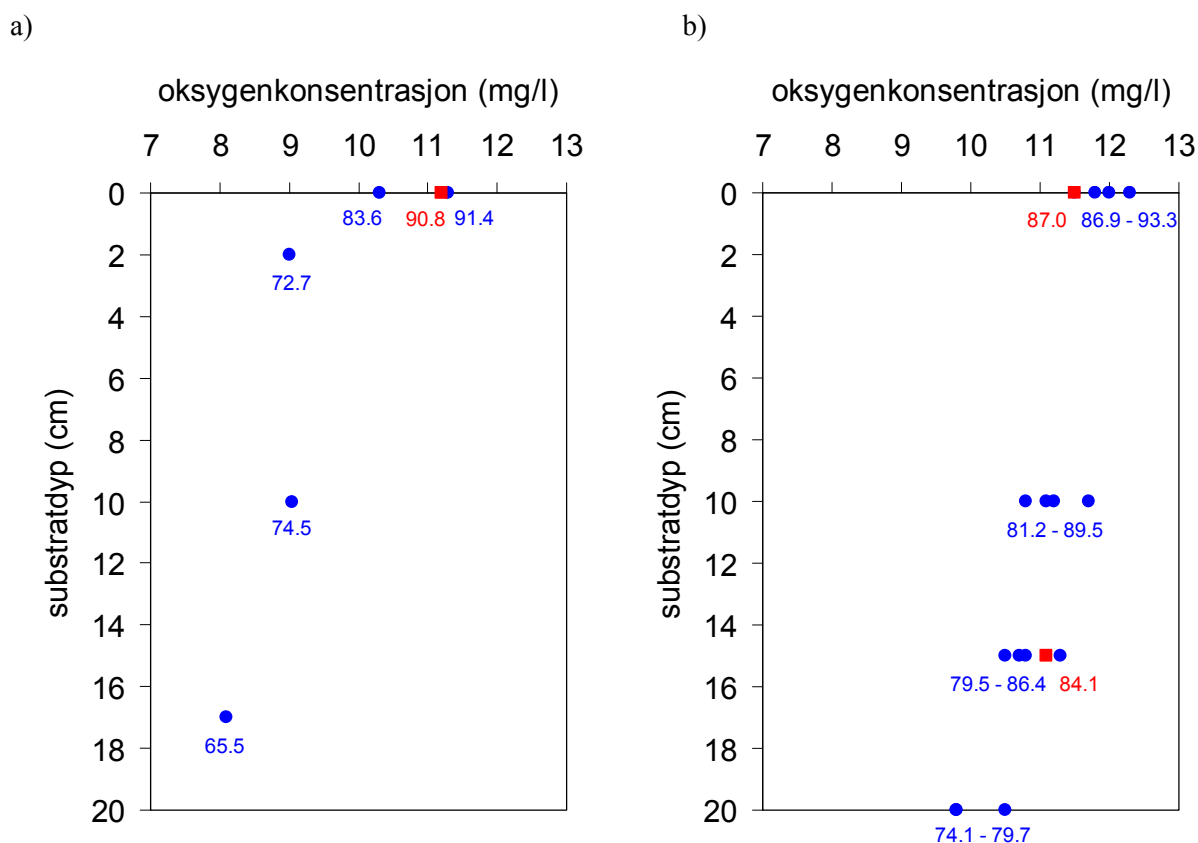
Innsamling av fiskedata på grusørene bør videreføres med standardisert el.fiske med ryggbært apparat i hht. Driftsplanen (Anonym 2009), for å avdekke om fraværet av fisk i 2009 og 2010 er resultat av år til år variasjoner eller sviktende rekruttering. Det bør også vurderes å supplere med annen innsamlingsmetodikk som ikke er like vannføringsavhengig som el.fiske med ryggbært apparat. Med el.fiskebåt vil en kunne fange fisk i dypere partier i elva og i andre perioder hvor en ikke kommer til med vanlig ryggbært apparat på grusørene. Vi antar imidlertid ut fra tidligere resultater, hydromorfologiske vurderinger og eksisterende lokalkunnskap (Kjell Cato Strand, NGOFA pers. med.), at grusørene er viktige gyte- og oppvekstområder for lakseunger rekruttert i området. Store deler av strekningen fra Sarpsfossen og ned til de stilleflytende partiene nedstrøms Borregaard er grovstenete og strømssterke, uten typiske ungfiskhabitater. Men det antas at suksessfull gyting fortsatt finnes i tilknytning til kulpene oppstrøms grusørene. Det er sannsynlig også andre oppvekstområder,

eksempelvis langs land på flere strekninger der substratet er for grovt til at el.fiskeundersøkelser fungerer optimalt. Et forsøk på gjennomføring av gytefiskregistrering og gytegroptelling i 2009 ble avblåst etter at sikker-jobb-analyser avdekket uforholdsmessig stor risiko knyttet til snorkling her. Per i dag synes det ikke å være forsvarlig å gjennomføre denne type feltundersøkelser i disse områdene uten etablering av omfattende sikkerhetsinnstallasjoner mot land.

### 3.4 Oksygen i substrat

Oksygenprofilene ved St1 og St2 i 2009 viste at oksygenkonsentrasjonen (% metning) falt fra ca. 10.2 mg/l (88 %) ved overflata av grusen til 8 mg/l (65.5 %) 18 cm nede i grusen (Figur 12 a). Ved referansestasjonen ble oksygenkonsentrasjon på overflata av grusen målt til 11.2 mg/l (91 %), men pga betydelig leireinnslag i substratet var det ikke mulig å få målt profiler nedover i relevante grusforekomster i dette området.

Oksygenkonsentrasjonen (% metning) var noe lavere ved grusoverflaten på referansestasjonen i 2010 enn i 2009 (11.5 mg/l, 87 %; Figur 12 b), mens konsentrasjonen ved de påvirkede stasjonene varierte mellom 11.5 og 12.3 mg/l (87–93 %) ved grusoverflaten. Oksygenprofilen nedover i grusen viste et mer moderat fall i 2010 enn i 2009 og på 20 cm dyp i grusen ble det målt verdier mellom 9.8 og 10.5 mg/l (74–80 % metning) på de påvirkede stasjonene.



**Figur 12.** Oksygenprofiler ved stasjonene i 2009 (a) og 2010 (b). Røde punkter er fra referansestasjonene Ref1 i 2009 og Ref2 i 2010. Tallene som er oppgitt ved hvert punkt angir metningsgrad i prosent. Ref1 hadde leire i substratet og var uegnet som referanse.

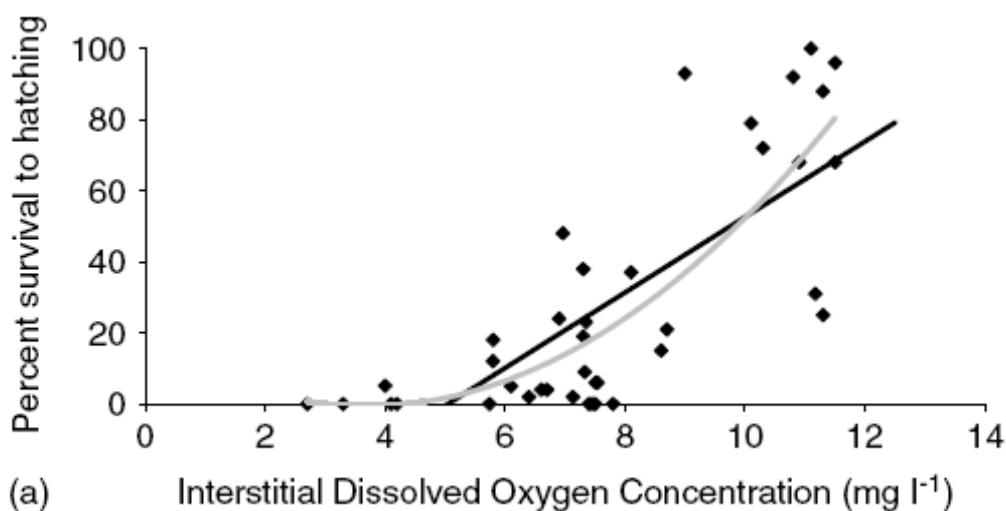
Ved 9 mg/l forventes en overlevelse fram til klekking på under 40 % (Greig m. fl. 2007). Typiske dyp for egglegging hos laks er 20–30 cm. Dette betyr at egg lagt her ligger på områder med oksygenkonsentrasjoner godt under 8 mg/l, med påfølgende forventet overlevelse til klekking på under



20 %. For 2010 var forholdene noe bedre og ved 20 cm grusdyp var oksygenkonsentrasjonen rund 10 mg/l. Dette tilsvarer en forventet overlevelse fram til klekking på 55–60 %.

Selv om spesielt våre oksygenmålinger utført i oktober 2009 gir grunn til bekymring i forhold til forventet overlevelse hos lakserogn og lakselarver i denne delen av Glomma, må det påpekes at vi ikke kjenner til oksygennivåene seinere på vinteren og utover mot våren. Målingene i 2010 må settes inn i denne sammenhengen fordi disse ble foretatt i november ved langt lavere vanntemperaturer enn i 2009 (3.5 °C i 2010 vs. 6.2 °C i 2009). Under så kalde forhold vil organisk nedbryting være lav og forbruket av oksygen er følgelig mindre. Dette kan forklare hvorfor oksygenforholdene var bedre i grusen i 2010 sammenlignet med 2009. Målingene viser imidlertid at det uomtvistelig er et overforbruk av oksygen i vannmassene i området – og særlig viser målingene ved grusoverflaten at dette er tilfellet. En skal forvente full metning av oksygen i de frie vannmassene i en elv som dette. Men det at en måler en oksygenmetning på bare 87–93 % ved substratoverflaten i referansestasjonene i både 2009 og 2010 tyder på at oksygenstresset ikke utelukkende kan knyttes til utslippene fra Borregaard. Under innsamlingsrunden i 2009 ble det observert også andre utslipp rett oppstrøms referansestasjonen. Blant annet kom det ut en hvit sky av ”ett eller annet” rett utenfor denne stasjonen.

Det er behov for flere oksygenmålinger fra området for eventuelt å kunne utdype de lave verdiene til utslipp i området. For å vurdere forventede effekter av oksygenkonsentrasjonen på egg og fiskelarver trengs målinger på ettervinteren som relateres til kritiske faser i laksens utvikling (øyedannelse og klekking). Det er også mulig å gjennomføre forsøk med utsetting av øyerogn i forsøkskasser på utvalgte steder for kvantifisering av overlevelse frem til klekking utpå våren.



**Figur 13.** Forventet overlevelse (svart og grå linje) fram til klekking som funksjon av oksygenkonsentrasjon målt nede i grusen hos laks fra fire britiske elver (observasjoner utgjøres av punktene). Figuren er hentet fra Greig m. fl. (2007).

## 4. Konklusjoner

Ut fra dagens karakteriseringssystem for begroing og bunndyr, vil økologisk tilstand på grusørene utenfor Borregaard ligge et sted mellom dårlig og moderat, basert på innsamlede høstprøver i 2009 og 2010. Utslipp fra Borregaard bidrar vesentlig til den organiske belastningen i nedre Glomma. Spesielt oppblomstringen av bakterien med det norske navnet lammehaler, men også sammensetningen av bunndyr indikerer stor organisk belastning nedstrøms Borregaards utslippspunkt i forhold til referansestasjonen oppstrøms. KOF-utslippet fra Borregaard har økt med 31 % siden stenging av trinn 2 i det biologiske renseanlegget september 2008 og lå pr 2010 på høyeste nivå siden 1993. BOF-utslippet for samme periode har økt med 130 %. Utslippspunktet ligger sentralt i gyte- og oppvekstområdene til laksen i Glomma. Gytebestandsmålet for Glomma er på 96 stk hunnlaks. Da det er vanskelig å gjennomføre gytefisk- og gytegruppregistrering i denne delen av elva, skal fangstregistreringer fra fiskere hvert år brukes til å evaluere målet. Supplerende el.fiskeundersøkelser på faste stasjoner skal dokumentere produksjonen av ungfisk. Fiskeundersøkelsene i 2009 og 2010 har avdekket en urovekkende lav tetthet av laks på de antatt beste ungfiskområdene. Oksygenmålinger i substratet tyder på et overforbruk av oksygen i vannmassene. Siden tilgjengelig strekning for reproduksjon av laks i Glomma er svært begrenset, oppstrøms av Sarpsfossen og nedstrøms av sakteflytende elvestrekninger med saltvannspåvirkning ned mot sjøen, vil dårlig overlevelse her kunne ha stor betydning for den årlige produksjonen av laksesmolt. Frafall av enkelte årsklasser vil kunne bufres med den stående bestanden av laks i oppvekst i sjøen. Men ved flere års svikt i rekrutteringen, vil faren for alvorlig tap av genetisk materiale være stor som følge av at bestanden reduseres under gytebestandsmålet.

## 5. Forslag til avbøtende tiltak

Å utrede avbøtende tiltak ligger ikke i mandatet bak denne rapporterte undersøkelsen. Men dersom tilfredsstillende rensing ikke er mulig på kort sikt, ønsker vi allikevel å foreslå et par potensielle strakstiltak.

### 5.1 Flytte utslippstrømmen forbi grusørene

Ved å legge utslippspunktet nedstrøms gyte- og oppvekstområdene til laksen i Glomma, vil en kunne redusere den organiske belastningen tilsvarende KOF-utslippet fra Borregaard. En forflytning av utslippspunktet vil kunne legges på land eller forankres i elveløpet. Strekningen målt via elveløpet er ca. 1 km (Figur 14). Sårbare områder (eks. gytesubstrat) oppstrøms grusørene samt blandsoneproblematikk i de mer laminære strømpartiene nedstrøms grusørene, må imidlertid vurderes nærmere.



**Figur 14.** Utslippspunktet fra Borregaard kan legges nedstrøms grusørene via en sjøkabel på ca 1 km forankret i elveløpet.

## 5.2 Kompenserende utsetting av lakseunger

Kunstig produksjon og utsetting av fisk er et velutprøvd avbøtende tiltak i forbindelse med vassdragsinngrep som skader naturlige rekruttering. For laksen i Glomma er det flere forhold som påvirker den naturlige reproduksjonen, der tekniske inngrep, kunstige vannføringsfluktuasjoner og forurensning antas å være blant de viktigste. En stor elv som Glomma tiltrekker seg også feilvandrende laks fra andre elver, samt et stadig innsig av rømt oppdrettslaks. En relativt liten gytebestand kan være svært sårbar ovenfor slike påvirkninger. NGOFA har allerede igangsatt rognutsetting oppstrøms utslippspunktet til Borregaard, men resultatene påvirkes negativt av uforutsigbar vannføring med gjentatte flomskader og tørrlegging av rognkassene. Det er også mulig å legge rognkassene i mer stabil vannføring lengre ned i Glomma. Men der vil en kunne forvente problemer med begroing og ekstraordinært oksygenforbruk pga høy organisk belastning samt også saltvannspåvirkning nedstrøms grusørene. Tidligere registreringer av lakseunger i Glomma viser at årsyngelen har en lengde på 7-12.5 cm (Aasestad 2008). Det synes derfor ikke å være tetthetsbegrenset vekst på dette stadiet. Den gode veksten skyldes sannsynligvis god næringsdyrproduksjon fra ovenforliggende vann. Ved utsetting av settefisk av stedegen stamme, elimineres dødeligheten på rogn og larvestadiet. Settefisken bør preges av Glommavann i anlegg for å sikre god tilbakevandring. Den bør også merkes ved fettfinneklipping for å kunne evaluere tilslaget av tilbakevandrende gytefisk. Vi vil imidlertid poengtere at vi anser dette kun som et midlertidig tiltak for å opprettholde en produksjon av laksesmolt gjennom en periode med forhøyet ungfiskdødelighet. Det kan være risikofylt å ta ut stamfisk fra en allerede pressa populasjon som Glommalaksen med et gytebestandsmål så lavt som 96 stk hunnfisk.

## 6. Referanser

- Andersen, J. R., Bratli, J. L., Fjeld, E., Faafeng, B. A., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B. O. og Aanes, K. J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn. 1468/1997. 31 s.
- Anonym. 2009. Driftsplan for laks i Glomma og Aagaardselva 2008-2018. NGOFA i samarbeid med Naturplan.
- Berge, J. A., Helland, A., Bokn, T., Magnusson, J., Rygg, B., Tjomsland, T. og Walday, M. 2003a. Utslipp til Glomma fra Borregaard Industries Ltd. - betydning for nedre Glomma og Hvalerområdet. Norsk institutt for vannforskning. 4637. 84 s.
- Berge, J. A., Källqvist, T., Romstad, R. og Tobiesen, A. 2003b. Utslipp fra Borregaard Industries Limited til Glomma - økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann og innhold av kobber og halogenforbindelser i Glomma og Hvalerområdet. NIVA. Rapport 4751. 79 s.
- Berge, J. A., Walday, M., Nilsson, H. C. og Gitmark, J. 2009. Overvåking av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg. NIVA. 5892-2009. 45 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. og Saltveit, S. J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173:9-43.
- CEN. 2003. Water quality - Sampling of fish with electricity. European Committee for Standardization. EN 14011:2003.
- Direktoratsgruppa m.fl. 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanndirektivet. 180 s.
- Greig, S., Sear, D. og Carling, P. 2007. A field-based assessment of oxygen supply to incubating Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryos. *Hydrological Processes* 21(22): 3087-3100.
- Karlsen, L. R. 1997. Rapport fra el-fiske i Glomma nedenfor Sarpsfossen den 26.08.1997. Fylkesmannen i Østfold, Fiskeforvalteren. 2 s.
- Källqvist, T. og Romstad, R. 2008. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Borregaard Industries Limited, Sarpsborg. NIVA. Rapport 5582. 31 s.
- Källqvist, T., Tobiesen, A. og Romstad, R. 2005. Økotoksikologisk testing av direkteutslipp til Glomma fra Borregaard fabrikker, Sarpsborg. NIVA. Rapport 5108. 40 s.
- NS-ISO\_7828. 1994. Metoder for biologisk prøvetaking - Retningslinjer for prøvetaking med håv av akvatiske bunndyr.
- Olstad, K. og Bremset, G. 2010. Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter. Framdriftsrapport august 2010. NINA Minirapport 300. 13 s.
- Saltveit, S. J., Pavels, H., Heggenes, J. og Bremnes, T. 1999. Oppvekst- og produksjonsmuligheter for laks i Glomma nedstrøms Vamma og i Ågårdselva, Østfold. LFI. Rapport 186. 22 s.
- Tobiesen, A. 2009. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Borregaard Industries Limited, Sarpsborg i 2009. NIVA. Rapport 5826. 65 s.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geology* 30: 377-392.
- Aasestad, I. 2000. Rapport fra el-fisket nedstrøms Sarpefossen. Naturplan. 6 s.
- Aasestad, I. 2008. Rapport fra el-fisket nedstrøms Sarpefossen og Aagaardselva, 2008. Naturplan. 11 s.

## 7. Datavedlegg

### 7.1 Taxaliste for begroingsorganismer

Begroingsorganismer fra fire stasjoner utenfor Borregaard, samlet inn vår og høst 2010. Hyppigheten er angitt som prosent dekningsgrad og organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: x=observert, xx=vanlig, xxx=hyppig. Ref2: Referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp, St1 og St2: Nedstrøms fabrikkens utslipp, påvirkede stasjoner.

TaxaGroup	St1		St2		Ref2	
	Mai 2010	November 2010	Mai 2010	November 2010	Mai 2010	November 2010
<b>Cyanobakterier</b>						
Calothrix spp.		x		10		
Chamaesiphon confervicola					x	
Chamaesiphon rostafinskii						
Cyanophanon mirabile						
Heteroleibleinia spp.		xx				
Homoeothrix janthina	x					
Homoeothrix varians		xxx				
Phormidium autumnale	7	20	25	60	x	
Phormidium sp. (5-6m, strek grønn, l/b<1)						
Phormidium spp.						x
Tolypothrix penicillata						
<b>Grønnalger</b>						
Chaetophorales ubestemt		x				
Draparnaldia glomerata						
Microspora abbreviata						<1
Microspora amoena		<1		1	5	<1
Oedogonium b (13-18u)				x		
Oedogonium d (29-32u)						
Spirogyra a (20-42u,1K,L)						
Spirogyra sp1 (11-20u,1K,R)						
Spirogyra sp2 (30-38u,2K,R)						x
Stigeochlonium spp.	20			x	x	
Stigeochlonium tenue		<1				
Ulothrix tenerrima					xxx	
Ulothrix zonata			X	x	5	xx
<b>Kiselalger/Diatomeer</b>						
Didymosphenia geminata						x
Tabellaria flocculosa	x	x	Xx		5	
<b>Rødalger</b>						
Audouinella calybaea						
Audouinella hermannii						<1
Audouinella spp.		x				
Batrachospermum spp.						<1
<b>Nedbrytere</b>						
Sphaerotilus natans	6	95	20	95	xxx	xxx

## 7.2 Taxaliste for bunndyr

Bunndyr fra fire stasjoner utenfor Borregaard, samlet inn vår og høst 2009 og 2010. Verdiene angir antall dyr i prøvene. Ref2: Referansestasjon oppstrøms fabrikkens utslipp, St1 og St2: Nedstrøms fabrikkens utslipp, påvirkede stasjoner.

TaxaGroup	St1			St2			Ref1	Ref2	
	Okt. 2009	Mai 2010	Nov. 2010	Okt. 2009	Mai 2010	Nov. 2010	Okt. 2009	Mai 2010	Nov. 2010
<b>Bivalvia</b>									
Pisidium sp									4
Sphaeriidae								26	14
Sphaerium sp									2
<b>Coleoptera</b>									
Coleoptera indet ad								1	
Gyrinidae									1
<b>Crustacea</b>									
Asellus aquaticus	4	8	8		8	2		6	24
<b>Diptera</b>									
Ceratopogonidae								6	
Chironomidae	336	84	784	128	144	232	56	240	1112
Empididae indet									1
Simuliidae		6	8		16	8		6	64
<b>Ephemeroptera</b>									
Ameletus inopinatus									1
Baetidae indet									1
Baetis rhodani	8		4	14	10	4	16	216	416
Ephemerella mucronata	4	1	6	4	4	8	8	1	152
Ephemeroptera	12			18			16		
Heptagenia sulphurea			4			2		1	22
Heptageniidae indet			2						1
Kageronia fuscogrisea								1	6
Nigrobaetis niger								1	1
<b>Gastropoda</b>									
Ancylus fluviatilis	4		4	16		16	24		
Gastropoda	12			18			48		
Physa fontinalis				2			4		
Radix labiata	8	1			12		20	1	
Radix sp			8			16			24
<b>Hirudinea</b>									
Erpobdella sp				2					
Hirudinea				2					
<b>Hydrachnidia</b>									
Hydrachnidia	16	8	32	8	2	16	12	6	76
<b>Nematomorpha</b>									
Nematomorpha		10				3		2	2
<b>Oligochaeta</b>									
Oligochaeta	256	32	464	56	12	36	32	12	1
<b>Plecoptera</b>									
Isoperla sp									4
Perlodes dispar								1	
Perlodidae indet								1	
Plecoptera								2	4

<b>Trichoptera</b>						
Agapetus ochripes	4	6	4	36	1	16
Athripsodes sp				8		
Chaetopteryx villosa						1
Cheumatopsyche nevae						1
Glossosoma sp		1				
Halesus digitatus/tesselatus					2	
Hydropsyche sp						1
Lepidostoma hirtum						10
Leptoceridae indet					1	
Limnephilidae indet					1	
Neureclipsis bimaculata			1			
Plectrocnemia conspersa					1	
Polycentropodidae indet	4			16		
Psychomyia pusilla	4		14	12		2
Psychomyiidae indet		2				1
Rhyacophila nubila	4	4		6		6
Trichoptera	16		14	68		
Trichoptera indet				8		

## 8. Fotovedlegg



El.fiske ved St1 i 2009.



Bunndyrprøvetaking og begroingsundersøkelse ved St2 i 2010.





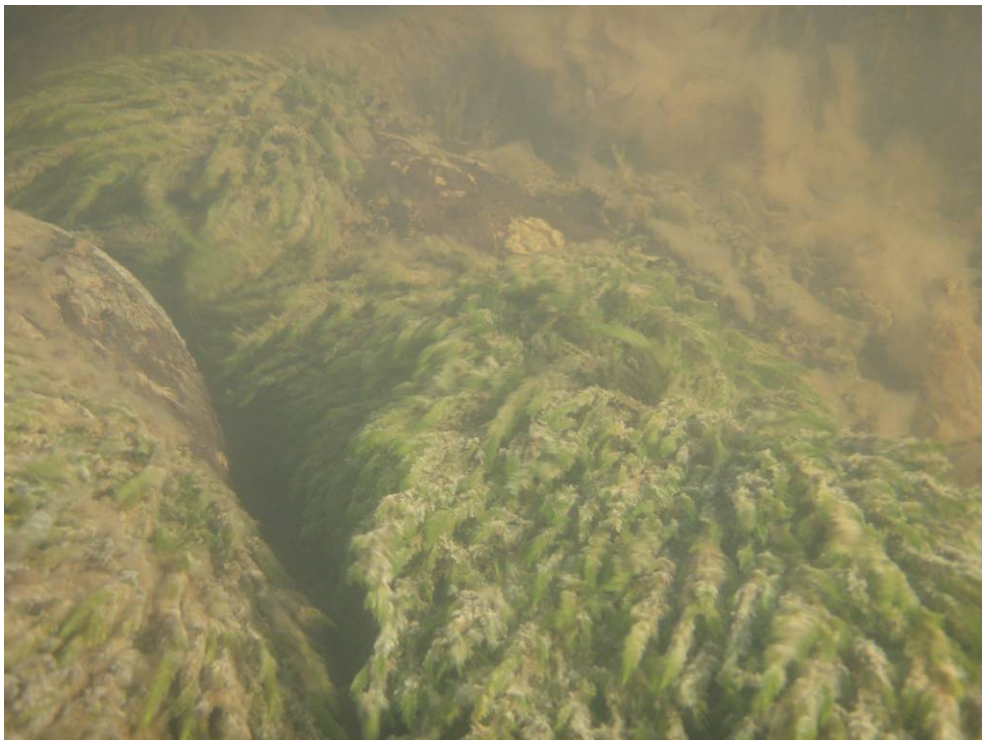
Oksygenmåling i substrat ved St1 i 2009.



Substratforhold ved St2 i 2009.



En av to laks påvist ved el.fiske i 2009.



Sedimentering av finpartikulært organisk materiale ved St1 i 2009. Bakteriepåvekst sees i bakgrunnen.



Referansestasjon Ref1 i 2009.



Bakteripåvekst og elvemose ved St1 i 2009.



Påvekst av bakterier og alger ved St1 i 2009.



Beredskapslag fra Borregaard og Fredrikstad Brannvesen november 2010.

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)