

# Tiltaksrettet overvåking av Glomma ved Borregaard 2016



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: [www.niva.no](http://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 Tiltaksrettet overvåking av Glomma ved Borregaard 2016	Løpenummer 7100-2016	Dato 2.12.2016
Forfatter(e) Markus Lindholm, Maia Røst Kile, Espen Lund, Jens Thaulow og Merethe Hemb Myren	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Borregaard Fabrikker, Sarpsborg	Oppdragsreferanse Kjersti Garseg Gyllensten
	Heftenr.:

**Sammendrag**

Rapporten sammenfatter resultatene fra NIVAs tiltaksrettede overvåking av Glomma ved Borregaard fabrikker i Sarpsborg 2016. Med heterotrof begroing som kvalitetselement (målt ved hjelp av indeksen HBI, og den modifiserte versjonen HBI2) oppnår vannforekomsten etter vannforskriften svært dårlig tilstand, og det er ingen klare endringer i forhold til tidligere års klassifisering. Data for  $KOF_{Mn}$  gjennom sesongen avdekket ingen forskjeller mellom referansestasjonen ovenfor Sarpefossen (stasjon 1) og de to utvalgte målepunktene utenfor og nedenfor bedriftens utslipp (stasjon 4B, stasjon 6).  $BOF_7$  ble analysert for alle stasjoner i august, og denne kartleggingen viste en svak respons, med noe forhøyete verdier nedstrøms referansestasjonen. Det ble fanget 44 årsyngel av laks på grusørene ved elektrofiske, og tetthetene av laks er trolig omtrent den samme som de to foregående år. Selv om tetthetene ikke er høye, ser det ut til at forholdene for laks på grusørene fortsatt er betydelig bedre enn i 2009–2010, samt at årene 2015–2016 muligens har hatt litt bedre forhold enn 2013–2014. Det meste av lakseyngelen som ble fanget kom fra naturlig rekruttering. Oksygennivåene i sedimentene var generelt lave, men i en gyttegrøp fra laks ble det målt oksygenkonsentrasjoner som er tilfredsstillende rognas oksygenbehov. Det gis anbefalinger for oppfølgende overvåking, der det bør legges vekt på å identifisere hvilke former for organisk stoff som særlig fremmer heterotrof begroing.

<b>Fire emneord</b>	<b>Four keywords</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiltaksrettet overvåking</li> <li>2. KOF og BOF</li> <li>3. Heterotrof begroing</li> <li>4. Laks</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operational monitoring: Borregaard</li> <li>2. KOD and BOD</li> <li>3. Filamentous bacteria</li> <li>4. salmon</li> </ol>

  
Markus Lindholm

Prosjektleder

  
Sissel B. Ranneklev

Kvalitetssikrer

  
Thorjorn Larsen

Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6835-5

NIVA-rapport ISSN 7100-2016

**Tiltaksrettet overvåking av Glomma ved  
Borregaard 2016**

## Forord

Denne rapporten presenterer undersøkelsene av Glomma ved Sarpsborg i 2016, knyttet til den tiltaksrettede overvåkingen som ble utført på oppdrag fra Borregaard Fabrikker.

Undersøkelsene er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Borregaard i forlengelsen av Miljødirektoratets pålegg om tiltaksrettet overvåking til norsk industri. Markus Lindholm har vært prosjektleder på NIVA og har hatt kontakt mot oppdragsgiver. Kontaktperson hos bedriften har vært Kjersti Garseg Gyllensten.

Takk til kolleger ved NIVA som har bidratt i prosjektet. Arbeidet ble fordelt som følger:

- Feltarbeid og/eller opparbeiding av prøver: Maia Kile, Espen Lund, Jens Thaulow og Markus Lindholm
- Klargjøring og vedlikehold av prøvetakingsutstyr og båter: Ingar Bescan og Kirk Meyer ved NIVAs utstyrssentral
- Kjemiske analyser: Line Roaas, Trine Olsen, Anne Luise Ribeiro og deres kolleger ved NIVAs laboratorium.
- BOF7-analyser: Merethe Hemb Myren
- Biologiske analyser: Maia Kile
- Skriftlig vurdering og rapportering: Maia Kile, Espen Lund, Merethe Hemb Myren, Jens Thaulow og Markus Lindholm
- Datahåndtering og overføring av data til Miljødirektoratets database Vannmiljø: Tron Hansen Syverud
- Faglig kvalitetssikring av rapporten er utført av Sissel Ranneklev.

En stor takk rettes også til Gjert Olav Olsen og Christian Sylte på Borregaard, for viktig og praktisk bistand ved alt feltarbeid.

Vi har hatt en prosjektgruppe, som med bidrag fra mange kolleger på NIVA, har arbeidet med utvikling av verktøy og tilrettelegging i forbindelse med den tiltaksrettede overvåkingen for industrien:

- Hovedkoordinator: Eirin Pettersen
- Utvikling av klassifiseringsverktøyet NIVAClass: Jannicke Moe
- Utarbeidelse av mal for kartproduksjon og tilrettelegging av datahåndtering: John Rune Selvik, Jens Vedal
- Utarbeidelse av rapportmal: Eirin Pettersen, Sissel Brit Ranneklev, Mats Walday, Anne Lyche Solheim
- Dokumentstyring: Guro Ladderud Mittet og Kathrine Berge Brekken.

En stor takk rettes til alle medarbeidere og involverte for et godt samarbeid.

Oslo, 6.desember 2016

Markus Lindholm

## Sammendrag

Denne rapporten sammenfatter og vurderer resultatene fra NIVAs tiltaksrettede overvåking av Glomma ved Borregaard fabrikk i Sarpsborg 2016. Med bakgrunn i bestilling av 22. april 2016 har NIVA gjennomført overvåking knyttet til bedriftens utslipp, fra april til november. Overvåkingen er en fortsettelse av tidligere års oppdrag, men er noe justert for bedre å fange opp mulige effekter av bedriftens utslipp.

Med heterotrof begroing som kvalitetselement (målt ved hjelp av indeksen HBI, og den modifiserte versjonen HBI2) oppnår vannforekomsten etter vannforskriften svært dårlig tilstand, og det er ingen klare endringer i forhold til tidligere års klassifisering. Fra å ha meget god eller god tilstands oppstrøms utslippspunktene fra Borregaard faller tilstanden drastisk på stasjonene langs og nedstrøms disse. Det er store vannmasser i bevegelse langs strekningen, og vanskelig å være sikker på om alle stasjonene befinner seg utenfor det som kan antas å være innblandingssonen til et av de mange utslippene fra bedriften. Med økende avstand fra utslippsområdet er det imidlertid en svak trend i retning av redusert heterotrof begroing.

Heterotrof begroing responderer på tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff, som kan måles enten som  $KOF_{Mn}$  eller som  $BOF_7$ . Data for  $KOF_{Mn}$  gjennom sesongen avdekket ingen forskjeller mellom referansestasjonen ovenfor Sarpefossen (stasjon 1) og de to utvalgte målepunktene utenfor og nedenfor bedriftens utslipp (stasjon 4B, stasjon 6).  $BOF_7$  ble analysert for alle stasjoner i august, og denne kartleggingen viste en svak respons, med noe forhøyete verdier nedstrøms referansestasjonen.

Det er ikke utviklet noen dose-respons-kurve for forholdet mellom organisk belastning og heterotrof begroing. På tross av at HBI2 indeksen viste en kraftig respons langs og nedstrøms utslippspunktene, ble det ikke påvist noen sammenheng med konsentrasjonene av KOF, som faktisk var like høye på referansestasjonen som på stasjon 4B og 6. Også  $BOF_7$ -analysene kan i beste fall bare betraktes som indikative for påvirkningen som HBI2 reflekterte, da  $BOF_7$ -nivået allerede var forhøyet på stasjon 2, der HBI2 viste god økologisk tilstand.

Det er behov for en bedre dokumentasjon av sammenhengen mellom KOF,  $BOF_7$  og HBI2, eller å kunne relatere overvåkingen til mere spesifikke utslippskomponenter. Dette ville også gjøre det enklere å estimere reduksjonen i utslipp som må til for å løfte økologisk tilstand i Glomma ved Borregaard over miljømålet. Dessverre er altså en dose-respons-sammenheng fortsatt utenfor rekkevidde, og det er dermed per i dag ikke mulig å si noe om hvilke utslippsreduksjoner som må til for å oppnå god økologisk tilstand i vannforekomsten.

Elektrofiske (el-fiske) ble utført på de samme stasjonene som i tidligere år. Det ble fanget 44 årsyngel av laks på grusørene. Vi antar dermed at tettheten på grusørene i 2016 var lavere enn i 2015, men høyere enn i 2014. Selv om tetthetene ikke er høye, ser det ut til at forholdene for laks på grusørene fortsatt er betydelig bedre enn i 2009–2010, samt at årene 2015–2016 muligens har hatt litt bedre forhold enn 2013–2014. Fargemerkede 0+ laks (settefisk) utgjorde ca. 3 % av de undersøkte 0+ laks. Det antyder at det i 2016 hovedsakelig var naturlig produsert laks på grusørene. At grusørene i 2016 har tettheter av laks på nivå med 2014 og 2015, mens andelen villfisk er større, kan tyde på at produksjonen av villfisk har vært større i 2016 enn i 2014 og 2015.

Som del av vurderingene knyttet til rekruttering av laks ble oksygenkonsentrasjonen i sedimentene omkring grusørene målt n oksygensonde. Generelt var oksygennivåene i sedimentene lave, men i en gytegrep fra laks ble det målt oksygenkonsentrasjoner som er fullt tilfredsstillende for rognas oksygenbehov. Men gytegropa var sannsynligvis nylig gravd, og med den begroinga som er påvist i elva, er det sannsynlig at gytegropa vil bli begrodd igjen i løpet av vinteren.

## Summary

Title: Operational monitoring of Glomma – emissions from Borregaard Ind. Ltd.

Year: 2016

Authors: Markus Lindholm, Maia Røst Kile, Espen Lund, Jens Thaulow og Merethe Hemb Myren

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6835-5

The report sums up the results of the operational monitoring of the river Glomma at Borregaard industries in Sarpsborg, conducted by NIVA during 2016. Using heterotrophic growth as quality element (measured by the indices HBI and the improved version HBI2) showed that the vannforekomst achieved poor or bad ecological status. The status recorded this year is in line with the surveys reported during the past years. Data on COD<sub>Mn</sub> revealed no differences between the reference station upstream Borregaard and stations further downstream. BOD7 was mapped in August from ten different stations, and we recorded a weak increase from the reference site upstream, but the data could not be specifically related to the known pollutant discharge points along the stretch. 44 juvenile salmon were sampled on station 5 “grusørene”, and densities of salmon is assumed to be in line with previous two years, and the density has clearly increased since the years 2009-2010. Most fish were untagged and hence associated with natural spawning. Oxygen concentration in sediments and gravel around station 5 was generally below the assumed minimum levels needed by salmon eggs, but showed significantly increased levels in a fresh spawning pit, indicating that spawning itself could possibly improve egg survival. – Recommendation for possible follow up monitoring activities are given.

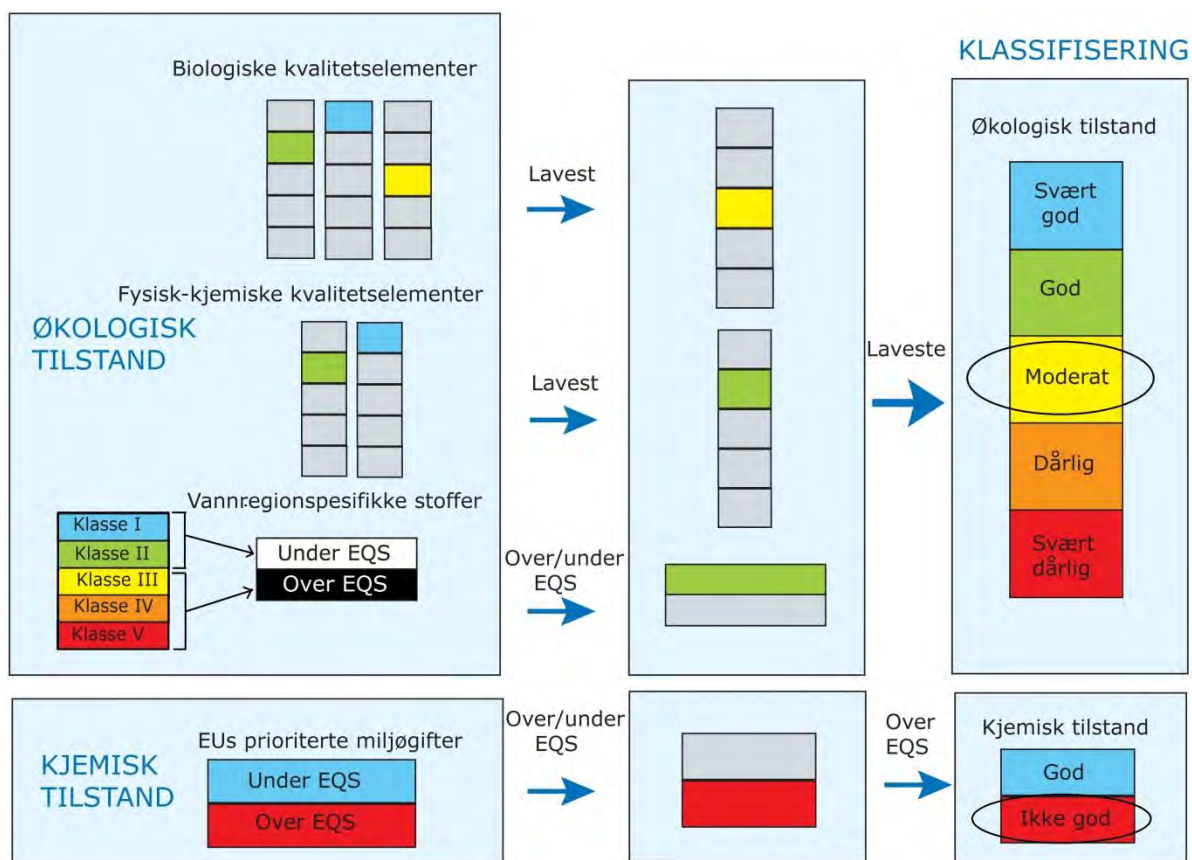
# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunnsinformasjon om virksomheten .....	9
1.1.1 Renseinstallasjoner .....	9
1.1.2 Utslippstillatelser og utslippshistorikk .....	9
1.2 Vannforekomsten .....	11
1.3 Utslippspunkter, stasjonsvalg og andre kilder til forurensninger i vannforekomsten .....	11
<b>2 Materiale og metoder .....</b>	<b>15</b>
2.1 Bedriftens tiltaksrettede overvåkingsprogram .....	15
2.2 Prøvetakingsmetodikk og analysemetoder .....	16
2.2.1 Heterotrof begroing .....	16
2.2.2 Elektro-fiske .....	18
2.2.3 Oksygen i sedimenter på Grusørene .....	19
2.2.4 Fysisk-kjemiske støtteparametere .....	20
2.3 Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand .....	21
2.3.1 NIVAClass .....	22
<b>3 Resultater .....</b>	<b>23</b>
3.1 Økologisk tilstand – organisk belastning .....	23
3.1.1 Heterotrof begroing .....	23
3.1.2 Betydningen av UV stråling .....	24
3.1.3 Revidert heterotrof begroingsindeks (HBI2) - Organisk belastning .....	25
3.1.4 Sammenligning av de to metodene .....	25
3.1.5 Konklusjoner – heterotrof begroing .....	26
3.2 Elektro-fiske .....	27
3.2.1 Konklusjoner elektro-fiske .....	30
3.3 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer, BOF <sub>7</sub> og oksygen i sediment .....	31
3.3.1 Oksygenkonsentrasjoner i sedimenter på Grusørene .....	34
3.4 Vannregionspesifikke stoffer .....	36
3.5 Kjemisk tilstand .....	37
3.6 Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner .....	38
<b>4 Konklusjoner og videre kunnskapsbehov .....</b>	<b>39</b>
<b>5 Referanser .....</b>	<b>40</b>
<b>6 Vedlegg .....</b>	<b>42</b>

# 1 Innledning

Ved implementeringen av vannforskriften har alle vannforekomster fått konkrete og målbare miljømål, ved at minimum «god tilstand» skal oppnås. Vannforskriften har som mål å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette tiltak for at miljømålene nås.

Fundamentalt i vannforskriften er karakteriseringen og klassifiseringen av vannforekomster. Karakteriseringen inndeler vannforekomster i vann typer, identifiserer belastninger og miljøvirkninger av belastningene, mens klassifiseringen ved hjelp av systematisk overvåking definerer den faktiske tilstanden i en vannforekomst. **Figur 1** viser en oversikt over klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i en vannforekomst.



**Figur 1.** Prinsippskisse som viser klassifisering av miljøtilstand i en vannforekomst. Kvalitetselementer som inngår i vurdering av økologisk tilstand og EUs prioriterte miljøgifter som inngår i kjemisk tilstandsvurdering er indikert. EQS-verdier (Environmental Quality Standards) angir miljøkvalitetsstandarder, også kalt grenseverdier. Piler påtegnet «Laveste», betyr at det kvalitetselementet som får dårligste tilstand styrer. Prinsippet omtales ofte som «Det verste styrer». Dette er eksemplifisert i figuren ved at det kvalitetselementet som gir lavest tilstand, her Moderat (farget gult), styrer den økologiske tilstanden. For kjemisk tilstand er det om målte konsentrasjoner av EUs prioriterte miljøgifter er under eller over EQS-verdier som bestemmer den kjemiske tilstanden. I figuren er dette eksemplifisert ved at målt konsentrasjon av en eller flere miljøgifter er over EQS-verdi, slik at Ikke god kjemisk tilstand oppnås (farget rødt).



For å fastslå tilstanden til en vannforekomst er det i vannforskriften lagt føringer for forvaltningen i forhold til overvåkingen, og det opereres med tre ulike overvåkingsstrategier: basisovervåking, tiltaksorientert overvåking og problemkartlegging. Tiltaksorientert overvåking iverksettes i vannforekomster som anses å stå i fare for ikke å nå miljømålene, eventuelt for å vurdere endringer i tilstanden som følge av iverksatte tiltak. Overvåkingen iverksettes av Miljødirektoratet eller annen forurensningsmyndighet og bekostes av forurenser, etter prinsippet om at «påvirker betaler».

Utformingen av et tiltaksorientert overvåkingsprogram er karakterisert av at man har flere overvåkingsstasjoner som plasseres for eksempel etter utslippspunktene beliggenheter, hydromorfologiske egenskaper<sup>1</sup> og eventuelle endringer i vannforekomsten som følge av tiltak.

Prøvetakningsfrekvensen skal være så hyppig at man pålitelig kan fastsette miljøtilstanden. Som retningslinje bør overvåkingen finne sted med intervaller som ikke overstiger dem som er angitt i **Tabell 1**, med mindre større intervaller er berettiget ut fra tekniske kunnskaper og ekspertvurderinger.

**Tabell 1.** Oversikt over intervaller mellom prøvetaking i vannforskriften (Vannforskriften, 2015).

Kvalitetsэлеment	Elver	Innsjøer	Brakkvann	Kystvann
<i>Biologisk</i>				
Planteplankton	6 måneder	6 måneder	6 måneder	6 måneder
Annen akvatisk flora	3 år	3 år	3 år	3 år
Makroinvertebrater	3 år	3 år	3 år	3 år
Fisk	3 år	3 år	3 år	
<i>Hydromorfologisk</i>				
Kontinuitet	6 år			
Hydrologi	Kontinuerlig	1 måned		
Morfologi	6 år	6 år	6 år	6 år
<i>Fysisk-kjemisk</i>				
Temperaturforhold	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Oksygenforhold	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Saltholdighet/ledningsevne	3 måneder	3 måneder	3 måneder	
Næringsstofftilstand	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Forsuringstilstand	3 måneder	3 måneder		
Vannregionspesifikke stoffer	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Prioriterte stoffer, farlige stoffer og andre EU-utvalgte stoffer i vannsøylen	1 måned	1 måned	1 måned	1 måned
Miljøgifter som fremgår av vedlegg VIII i sediment*	6 år	6 år	6 år	6 år
Miljøgifter som fremgår av vedlegg VIII i organismer	1 år	1 år	1 år	1 år

\* Gjennomføres oftere i områder hvor sedimentasjonshastigheten tilsier hyppigere prøvetaking

Overvåkingsprogrammet kan endres i løpet av gyldighetstiden for en forvaltningsplan<sup>2</sup> for vannregionen. Dette gjøres på grunnlag av opplysninger innsamlet i forbindelse med kravene i vedlegg II, særlig for å muliggjøre en reduksjon i frekvensen dersom virkningen ikke er vesentlig eller den relevante belastningen er fjernet.

Som et minimumskrav skal det biologiske kvalitetsэлеmentet som er mest følsom for belastningen inngå i overvåkingsprogrammet. Alle EUs prioriterte<sup>3</sup> miljøgifter som slippes ut i vannforekomsten skal

<sup>1</sup> *Hydromorfologiske egenskaper:* Vannmengde og variasjon i vannføring og vannstand, samt bunnforhold og vannforekomstens fysiske beskaffenhet.

<sup>2</sup> *Vannforvaltningsplaner:* samlet plan for forvaltning av vannforekomster i en vannregion. Miljømålene i regionen og tiltaksplaner (plan for hvordan miljømålet skal nås eller opprettholdes) er beskrevet.

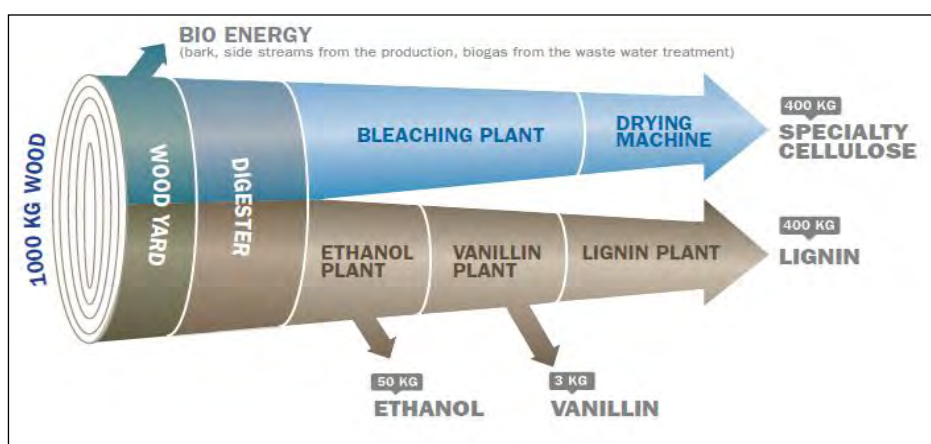
<sup>3</sup> Redusert overvåkingsfrekvens for allestedsnærværende stoffer (stoff nr. 5, 21, 28, 30, 35, 37, 43 og 44 i vedlegg VIII del A tillates, så lenge overvåkingen er representativ og overvåkingsdataene har høy oppløsning og viser stabile nivåer over tid (Vannforskriften, 2015).

overvåkes, samt andre forurensende stoffer som slippes ut i betydelige mengder (Vannforskriften 2015; Direktoratgruppen 2010).

Med bakgrunn i bestilling av 22. april 2016 om tiltaksrettet overvåking av Glomma ved Borregaard fabrikk i Sarpsborg, har NIVA gjennomført overvåking knyttet til bedriftens utslipp, fra april til november 2016. Overvåkingen er en fortsettelse av tidligere års oppdrag, men er noe justert for bedre å fange opp mulige effekter av bedriftens utslipp.

## 1.1 Bakgrunnsinformasjon om virksomheten

Borregaards fabrikkområde ligger i Sarpsborg, nær Sarpefossen og Glomma, og strekker seg fra tømmerrenseriet på Opsund i nord til biologisk renseanlegg og Melløs kai i syd - en strekning på 3 km. Borregaards trekjemikonsept har utviklet seg gradvis over 100 år og baseres på stadig mer høyforedte og spesialiserte produkter. Hele tømmerstokken utnyttes i dag til fremstilling av mange ulike produkter (**Figur 2**). Det er i alt 16 anlegg på bedriftsområdet med utslipp til Glomma.



**Figur 2.** Borregaard AS. Tømmerstokken gir opphav til en rekke produkter (Kilde: Borregaard).

### 1.1.1 Renseinstallasjoner

De viktigste renseinstallasjonene er:

- Anaerobt renseanlegg. KOF-rensing av avløpsstrømmer som går via dette anlegget.
- Renseanlegg for Hg. Rensing av grunnvann ved kloralkalifabrikken.
- AOX-reaktor. Reduksjon av AOX-innhold i avløpsstrømmer som går via dette anlegget.
- Gjenvinningsystem for kobber.

Det er utslipp av lettomsattelig organisk materiale (KOF/BOF) som anses å ha størst påvirkning på økologisk tilstand i nedre del av Glomma. Høsten 2008 måtte det aerobe renseanlegget ved Borregaard stenges, og som et resultat av dette har det vært noen år med en markert økning i utslippet av lettomsattelig organisk materiale. Et nytt anaerobt renseanlegg (miljøfabrikken) ble satt i drift i mars 2013 for å redusere utslippene av organisk materiale til Glomma. I 2014 var utslippene av organisk materiale på nivå med det de var i 2008, før det aerobe renseanlegget måtte stenges.

### 1.1.2 Utslippstillatelser og utslippshistorikk

I utslippstillatelsen fra Miljødirektoratet er det krav om utslippsbegrensning og at det etableres et måleprogram for flere komponenter som har utslipp til vann, se **Tabell 2**. Data over utslippene av KOF

foreligger gjennom mange år, og lå i perioden 1993 til 2008 stabilt på 80 tonn/døgn. Etter stengning av anaerobt renseanlegg økte utslippene hurtig til 100 tonn/døgn i årene etter, før de gradvis falt til 70 tonn/døgn (68 tonn/døgn i 2015). Etter stengning av renseanlegget i 2008 ble først utslippene av BOF mer enn doblet (fra 10 tonn/døgn i 2008 til 24 tonn/døgn året etter). Utslippene falt deretter gradvis igjen, og var i 2015 i middel 15,1 tonn/døgn. Totale utslipp for de siste årene er gitt i **Tabell 3**.

**Tabell 2.** Utslippskomponenter og utslippsgrenser for utslipp til vann fra Borregaard.

Utslippskomponent	Utslippskilde	Utslippsgrenser				Gjelder fra
		Månedsmiddel	Årsmiddel	Spesifikt utslipp		
				Månedsmiddel	Årsmiddel	
KOF	Totalt fra fabrikkområdet	90 tonn/d	69 tonn/d			01.01.2014
KOF	Treforedling				165 kg/TAD	01.01.2014
S-TS	Totalt fra fabrikkområdet	8,5 tonn/d	6,8 tonn/d			01.01.2010
S-TS	Treforedling				15 kg/TAD	01.01.2010
AOX	Treforedling			1,1 kg/TAD	0,9kg/TAD	30.06.2011
P-tot	Totalt fra fabrikkområdet	85 kg/d	70 kg/d			14.03.2005
N-tot	Totalt fra fabrikkområdet	900 kg/d	750 kg/d			14.03.2005
Cu	Etanol, Lignin, Vanillin, og biologisk renseanlegg	20 kg/d	13 kg/d			15.07.2010
Na-salter	Alva/Biokjel		50 tonn/d			19.08.2009
Toluen	Vanillin		190 tonn innkjøpt/år			14.03.2005
AUORG (Sum av NaCl, NaOH, Na2SO4, NaClO3)	Saltlakeresirkulasjon Kloralkali	5,0 tonn/d	4,3 tonn/d			14.03.2005
Hg	Hg-reseanlegg Kloralkali		1,2 kg/år			14.03.2005
BOF	Totalt fra fabrikkområdet	Grense ikke fastsatt				13.05.2011
Metaller (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	Totalt fra fabrikkområdet	Grense ikke fastsatt				14.03.2005

**Tabell 3.** Borregaards utslipp til vann. Data fra [www.norskeutslipp.no](http://www.norskeutslipp.no) supplert med oppdatert informasjon fra bedriften.

Utslippskomponent	tonn/år (2012)	tonn/år (2013)	tonn/år (2014)	tonn/år (2015)
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	28400	27724	25311	24329
Biologisk oksygenforbruk (BOF)	8784	6607	5621	5439
Suspendert stoff (STS)	1867	1789	1679	1497
AOX	104	122	105	129
Total fosfor (tot P)	25	23	15	15
Total nitrogen (tot N)	154	148	151	130
Kobber (Cu)	3,1	3,4	4,1	3,2
Toluen (innkjøpt mengde)	176	139	157	176
AUORG (lakeblødning)	1647	1628	1522	1533
Kvikksølv (Hg)	0,003	0,002	0,002	0,009
Arsen (As)	0,011	0,011	0,011	0,010
Kadmium (Cd)	0,004	0,004	0,006	0,005
Nikkel (Ni)	0,425	0,330	0,864	0,338
Bly (Pb)	0,096	0,184	0,469	0,244
Sink (Zn)	2,723	3,113	6,187	4,184

## 1.2 Vannforekomsten

Utslipp til vann fra Borregaard fabrikker ledes til vannforekomsten 002-3549-R "Glomma fra Sarpsfossen til samløp Visterflo ved Greåker". Den er i Vann-Nett typifisert som en svært stor, moderat kalkrik, humøs elv (elvetype 8), med en lengde på 7,6 km. Med bunndyr, begroingsalger, heterotrof begroing og anadrom fisk som biologiske kvalitetselementer er vannforekomsten vurdert til å ha svært dårlig økologisk tilstand, Det er lite data for kjemisk tilstand i vannforekomsten, og kjemisk tilstand er derfor satt til udefinert. Ytterligere informasjon over økologisk og kjemisk tilstand er gitt i Vann-Nett (<http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=002-3549-R>).

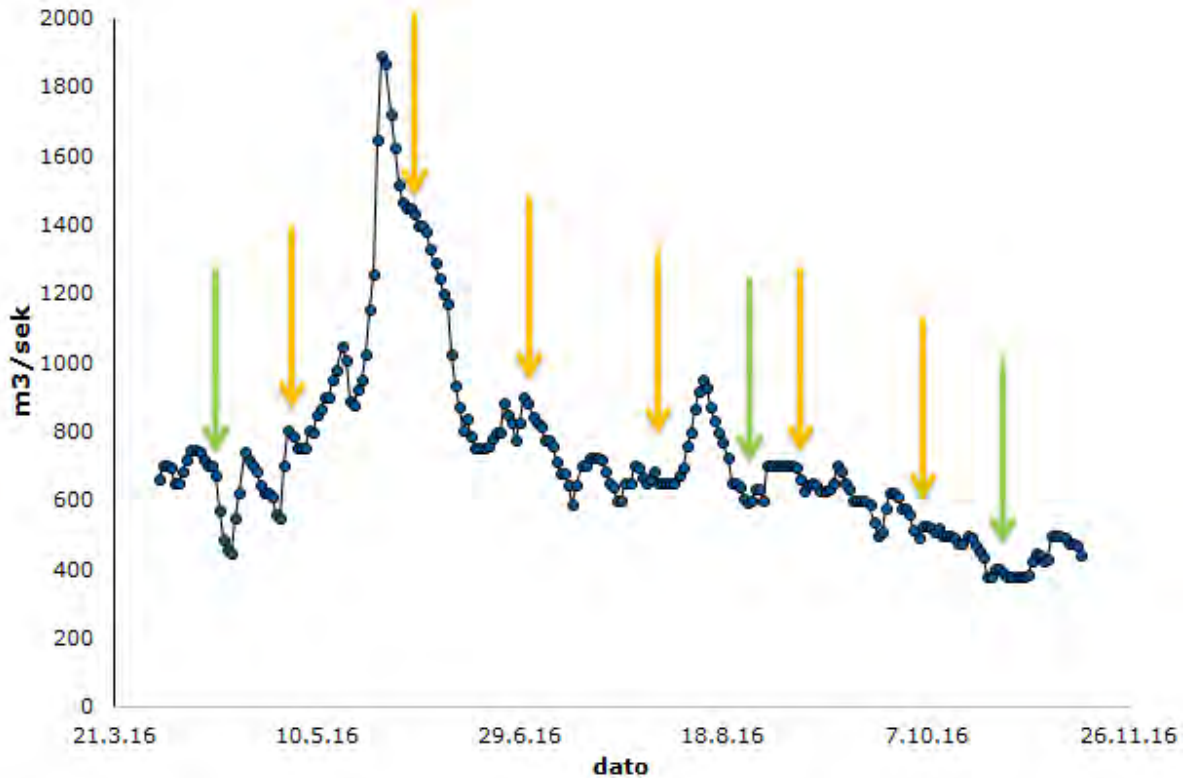
## 1.3 Utslippspunkter, stasjonsvalg og andre kilder til forurensninger i vannforekomsten

Vannføring i Glomma for overvåkingsperioden 2016, og med tidspunkter for prøvetaking markert, er vist i **Error! Reference source not found.** Utslippene fra Borregaard skjer fra punktutslipp over en strekning på om lag 3,8 km, fra Opsund oppstrøms Sarpefossen, til Melløs, nær brukaret for E6 over Glomma (**Figur 4**). I volum tilføres elva i snitt om lag 1 m<sup>3</sup>/sek, men bidragene er ulikt fordelt både romlig og gjennom året (**Tabell 4**). Målt etter både volum og tilførsler av utslipp (særlig KOF og BOF) er de fire viktigste utslippspunktene nr 14, 16, 21 og 28, og posisjonen for disse er markert med gule piler på stasjonskartet for prøvetakingen (**Figur 5**).

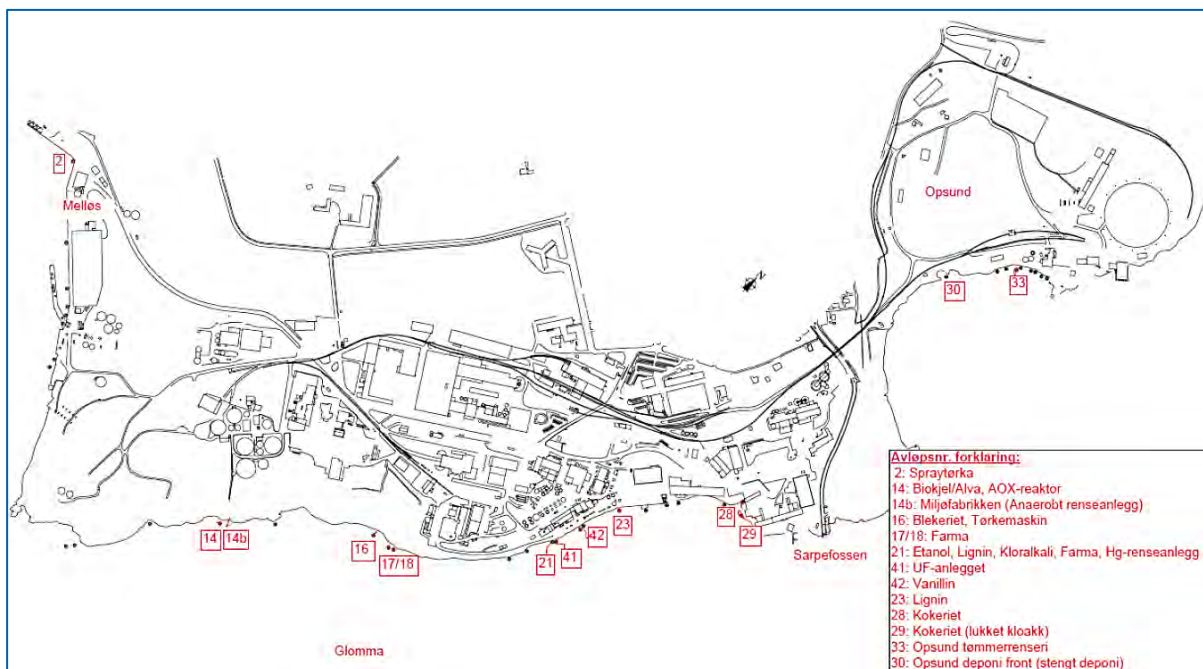
Det finnes enkelte andre kilder til utslipp på den aktuelle strekningen. Ifølge Norskeutslipp.no beløper årlige utslipp av BOF fra Glomma Papp til Glomma seg til 1½ -2 tonn årlig de siste tre år. Utslippspunktet er lokalisert snaut 300 meter oppstrøms stasjon 2, rett ut for nordenden av den store lagerbygningen. Videre ledes avrenning fra Gatedalen miljødeponi til Glomma via en bekk på søndre bredd, i bukta nedenfor stasjon 4B. I tillegg har Sarpsborg kommune en overløpsstasjon ved Pæddekummen, som nå imidlertid er flyttet lenger ut mot midten av elveløpet. Vi har ingen tallfestede data på utslippene fra disse to kildene.

**Tabell 4.** Utslippsvolum fra de ulike punktene til Glomma fra Borregaard.

Utslippspunkt til Glomma Nr. (ref. kart)	Prøvesteder (utslippskilder)	Utslippsvolum nivå, m <sup>3</sup> /døgn
<b>33</b>	Opsund tømmerrenseri	150-400
<b>28</b>	Kokeri åpen kloakk	6000-10000
<b>29</b>	Kokeri lukket kloakk	900-1200
<b>16</b>	Blekeri + Tørkemaskin	6000-17000
<b>14</b>	Biokjel	0-800
<b>14b</b>	AOX-reaktor	9000-16000
<b>14a</b>	Miljøfabrikken (anaerobt renseanlegg)	9000-12000
<b>21</b>	Lignin 1	6000-10000
<b>23</b>	Lignin 2	800-1400
<b>23</b>	Spesiallinje 2	100-400
<b>2</b>	Spraytørka	300-1000
<b>21</b>	Etanol	5000-11000
<b>41</b>	UF-anlegg	300-1400
<b>42</b>	Vanillin	500-2000
<b>17/18</b>	Farma øvre	0-100
<b>21</b>	Farma nedre	0-400
<b>16</b>	Bilvaskehall	0-100
<b>21</b>	Kloralkali Hg-renseanlegg	200-400
<b>21</b>	Kloralkali saltlakeresirkulasjon	19
<b>21</b>	Kloralkali kjølevann	10000-14000



**Figur 3.** Vannføring i Glomma ved Solbergfoss for sesongen 2016. Tidspunkter for biologisk (grønn) og vannkjemisk (brun) prøvetaking er markert (datakilde GLB).



**Figur 4.** Utslippspunkter fra bedriften Borregaard til Glomma. Punktspesifikke data for ulike utslipp er oppgitt nedenfor. De viktigste punktene for utslipp av KOF og BOF er markert med gul pil på **Figur 5**.





**Figur 5.** Stasjoner for prøvetaking i Glomma ved Borregaard i 2016. Grønne sirkler samsvarer med stasjoner brukt i tidligere overvåking, mens hvite sirkler er nye stasjoner lagt til i år. Tidligere stasjon 7 (Pæddekummen) er fjernet. Alle stasjoner ble prøvetatt for heterotrof begroing. Vannkjemiske støtteparametere og vannregionsspesifikke miljøgifter ble prøvetatt på stasjon 1, stasjon 4B og stasjon 6. Det ble el-fisket ved seks punkter mellom stasjon 2 og stasjon 5. Gule piler angir viktigste utslippspunkter for KOF og BOF fra Borregaard, der tallene viser til utslippspunkt-nummer på **Figur 4**.

Stasjonsnettet ble noe justert i forhold til tidligere år, for bedre å kunne fange opp mulige effekter fra de ulike utslippspunktene langs den aktuelle strekningen. Dette ble gjort med særlig tanke på veksten av heterotrof begroing (som for eksempel lammehaler), som i årets overvåking har stått sentralt, og i årets overvåking har tjent som biologisk kvalitetselement. Heterotrof begroing har vært et tilbakevendende problem i området, og det har også økologisk betydning fordi det forandrer bunnssubstratet, reduserer vannutskiftningen i bunnsedimentene og kanskje også kan påvirke bunnfaunaen. Referansestasjonen for fysisk-kjemiske støtteparametre og vannregionsspesifikke stoffer ble flyttet opp til RID-stasjonen oppstrøms Sarpefossen (stasjon 1), som også skulle prøvetas for heterotrof begroing. Stasjonen som i tidligere rapporter har figurert som 7A/VK-A (Pæddekummen) ble fjernet fra årets overvåking, grunnet mistanke om påvirkning fra kommunens kloakkoverløp innerst i vika. I stedet ble stasjon 6 (ved søndre brohode ved E6 over Glomma) utvidet til også å overvåke fysisk-kjemiske kvalitetselementer og vannregionsspesifikke stoffer. Det betyr at denne stasjonen erstattet stasjon VK-A som nedstrøms stasjon for de nevnte parametere. Til sammen var dermed ti stasjoner brukt til prøvetaking av ulike biologiske eller vannkjemiske parametre i 2016 (**Figur 5**).

Prøvetakning av fysisk-kjemisk kvalitetselementer ble gjort ved stasjon 1, stasjon 4B og stasjon 6. De to sistnevnte stasjonene ble prøvetatt seks ganger: 9.5, 9.6, 5.7, 11.8, 6.9 og 10.10, mens prøver på stasjon 1 ble tatt i regi av RID-programmet, 11 ganger i løpet av den samme perioden. For å få et noe mer komplett bilde av den heterotrof begroingen ble tre nye stasjoner etablert: Stasjonene 3B, 4B og 4C. BOF<sub>7</sub> ble prøvetatt fra alle ti stasjoner én gang 24. august. Formålet var å få et mer presist bilde av de biologiske effektene av Borregaards utslipp i økende avstand nedstrøms. - Koordinater for alle stasjoner er gitt i Vedlegg.

Fiskeundersøkelse (el-fiske), med hovedvekt på laks, ble gjort 26. august. Som en komplettering av dette ble oksygennivåene i grus sediment omkring grusørene målt 4. november, for å vurdere egnethet som gytesubstrat.

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Bedriftens tiltaksrettede overvåkingsprogram

Årets tiltaksrettede overvåkingsprogram er oppsummert i **Tabell 5**. Feltarbeid og behandling av innsamlet data er utført i henhold til overvåkingsprogrammet. Det er ett avvik i forhold til programbeskrivelsen: I august ble 1 analyse av  $KOF_{Mn}$  feilanalysert og måtte derfor ekskluderes.

**Tabell 5.** Informasjon om regulerte utslippskomponenter med tilhørende kvalitetselementer og indekser samt tidspunkt for prøvetaking med frekvens.

Regulerte utslippskomponent	Kvalitetselement	Indeks/parameter	Matriks	Antall St.	Antall prøver/år	Tidspunkt
BOF og KOF	Heterotrof begroing	HBI	Substrat/sed.	10	3	Vår, sommer, høst
BOF	Organisk stoff	$BOF_7$	vann	10	1	August
KOF, STS	Fysisk-kjemiske støtteparametere: Organisk stoff og suspendert stoff	$KOF_{Mn}$ , $KOF_{Cr}$ , STS	Vann	3	6	Mai - Oktober
Tot-P og Tot-N	Fysisk- kjemiske Støtteparametere: Næringssalter	Tot-P og Tot-N			6	
As, Cu, Cr, Zn og AOX	Vannregion spesifikke stoffer	As, Cu, Cr, Zn og AOX			6	
Cd, Hg, Ni, Pb	EUs prioriterte miljøgifter	Cd, Hg, Ni, Pb			6	

Sentralt i den tiltaksrettede overvåkingen for Borregaard sto i 2016 effektene av organisk stoff, som slippes ut og som man vet har effekter på vannmiljøet, særlig som heterotrof begroing (se kap. 2.2.1). Organisk stoff kan kvantifiseres analytisk på flere ulike måter, som "totalt organisk karbon" (TOC), som Kjemisk OksygenForbruk (KOF) eller som Biologisk OksygenForbruk (BOF, i Norge gjerne over syv døgn, da merket med 7). Forholdet mellom TOC, KOF og BOF, og hvordan de påvirker livsmiljøet i vassdraget, er ikke helt enkelt. Norske vassdrag tilføres relativt mye organisk stoff fra nedbørsfeltet. De naturlige karbonforbindelsene fra barskog og myr er dominert av aromatiske og langkjedete humusstoffer som er lite nedbrytbare, og de farger gjerne vannet brunt. KOF kan analyseres ved to ulike metoder: enten ved hjelp av dikromat og titrering med jern(II)-løsning ( $KOF_{Cr}$ ) eller ved hjelp av permanganat ( $KOF_{Mn}$ ). Forskjellen mellom de to metodene handler om sensitiviteten.  $KOF_{Mn}$  er en mildere analyse, som ikke i særlig grad inkluderer tungt løselige karbonforbindelser (for eksempel humusstoffer fra skog og jordsmonn), og den tar heller ikke med noen særlig andel av eventuelle karbonpartikler (for eksempel planteplankton i innsjøprøver).  $KOF_{Mn}$  er dermed også mer sensitiv, og har en nedre deteksjonsgrense på 1 mg  $O_2/L$  eller mindre.  $KOF_{Cr}$  er vesentlig kraftigere, og inkluderer hele spekteret av karbonforbindelser i vannprøven. Til gjengjeld er deteksjonsgrensen høyere (vanligvis 10 mg  $O_2/L$ ), og  $KOF_{Cr}$  er derfor særlig egnet til å analysere prøver med høye konsentrasjoner av organisk stoff, for eksempel i avløpsvann og kloakk. Den «mildeste» analysen for organisk stoff er BOF, som kun registrerer de mest lettopløselige karbonforbindelsene som er assosiert med bakteriell nedbrytning, slik dette reflekteres i mengden forbrukt oksygen over syv døgn. I rent vann vil det bare være et svakt  $BOF_7$  signal (< 0,5 mg/L).

Det er altså en sammenheng mellom KOF og  $BOF_7$ , men dette vil variere med egenskapene som det organiske stoffet i vannet har. I kloakk, der nesten alt organisk stoff er svært lett nedbrytbart, kan opptil 75 % av KOF utgjøres av BOF, men i vassdragene vil fraksjonen av  $BOF_7$  være lavere, også nedstrøms organiske utslipp. Fordi  $KOF_{Mn}$  eller  $KOF_{Cr}$  er så vidt lave i Glomma (4-7 mg/L), vil den lille fraksjonen



som inkluderer BOF ikke nødvendigvis slå mye ut. Dette kan ha bidratt til mønsteret som presenteres på dette punktet i resultat-kapittelet, som viser at det ble registrert en økning i BOF, mens det ikke kunne observeres noen tilsvarende økning for den mindre sensitive metodikken som ligger til grunn for  $KOF_{Mn}$ .

## 2.2 Prøvetakingsmetodikk og analysemetoder

Under følger en beskrivelse av prøvetakingen som ble gjennomført i forbindelse med det tiltaksorienterte overvåkingsprogrammet.

### 2.2.1 Heterotrof begroing

Heterotrof begroing inkluderer sopp og bakterier, og bruker lett nedbrytbart organisk materiale som energikilde. Heterotrof begroing vokser på elvebunnen eller på alger og vannplanter (**Figur 6**). Ved gunstige næringssituasjoner, som ved utslipp av organisk materiale fra industri, avrenning fra gjødselkjellere eller ved kloakklekkasjer, kan denne type begroing vokse raskt og oppnå høy dekningsgrad på kort tid. Bakterier og sopp reagerer altså raskt ved organisk belastning, og det er i Norge utviklet en heterotrof begroingsindeks (HBI) som brukes for å indikere grad av organisk belastning (Direktoratsgruppa, 2015). I tillegg jobbes det for tiden med en revidert versjon av denne (HBI2), som forventes ferdigstilt våren 2017. I denne rapporten har vi valgt å bruke begge versjonene. Det gjør det mulig både å sammenligne dataene for 2016 med funn fra tidligere år, og samtidig benytte den nye versjonen, som vil gjøre det mulig å sammenligne fremtidige datasett med tilstanden i 2016.



**Figur 6.** Tette matter av alger og heterotrof begroing på grusørene (stasjon 5), november 2016 (foto: M.R.Kile/NIVA).

Prøvetakingen ble gjennomført ved samtlige 10 stasjoner (**Figur 5**) tre ganger gjennom sesongen: 29.april, 25.august og 4.november 2016. Vi har kryss-sjekket tidspunktene opp mot bedriftens data for utslipp av KOF og BOF i de tre ukene forut for prøvetakingen. Forut for prøvetakingen i april var gjennomsnittlige døgn-utslipp av KOF noe høye (opptil 80 tonn/uke), og også utslippene av BOF lå noe over gjennomsnittet. I ukene forut for prøvetakingen i august var de gjennomsnittlige døgn-utslippene av begge komponenter tett på gjennomsnittsverdiene for året. I ukene forut for prøvetakingen av heterotrof begroing i november var utslippene av KOF svingende, men i sum nær det normale for året (54 tonn/døgn) mens døgn-utslippene av BOF var lavere enn normalt (15 tonn/døgn).

I årets undersøkelser har vi, som i tidligere års undersøkelser, beregnet HBI-indeksen slik denne er beskrevet i den nyeste reviderte klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa, 2015). I tillegg har vi beregnet en foreløpig revidert versjon av denne, kalt HBI2. Den reviderte versjonen (HBI2) inkluderer tykkelsen av den heterotrofe begroingen, slik både den irske (McGarrigle & Lucey, 2009) og den britiske (Kelly *et al.*, 2011; Uktag, 2012) indeksen for heterotrof begroing gjør. HBI2 forventes ferdigstilt våren 2017, men den gir mer informasjon enn den originale HBI og er derfor valgt inkludert, til tross for at det kan komme endringer i den endelige metodikken.

På hver lokalitet undersøktes en ca. 10 meter lang elvestrekning ved bruk av vannkikkert (**Figur 7**). Det ble tatt prøver av makroskopisk synlig heterotrof begroing, som ble lagret på dramsglass og konservert på noen få dråper formaldehyd (formalin). Dekningsgraden ble estimert som prosent dekning, og dette danner basis for beregning av HBI. Nytt av året var at også tykkelsen på den heterotrofe begroingen ble estimert, basert på 4 kategorier:

- Mikroskopisk (ikke mulig å oppdage i felt, men observert i mikroskop i etterkant)
- Tynt (tydelig tilstede, men kun som tynn film som ikke skjuler substratet, >0 - 0,5 cm tykt)
- Tykt (tilstrekkelig tykt til å skjule substratet, 0,5 - 5 cm tykt)
- Massivt (mer enn 5 cm tykke matter)

Her ble dekningsgraden estimert som prosent av det arealet som var dekket av hver av de fire tykkelseskategoriene. Denne inndelingen i tykkelser danner basis for beregning av HBI2.



**Figur 7.** Prøvetaking av heterotrof begroing ved stasjon 3B (foto: M. Lindholm/NIVA).

De innsamlede prøvene ble senere undersøkt i mikroskop, der det ble bekreftet/avkreftet om det var heterotrof begroing, nærmere bestemt om det var soppen *Leptomitus lacteus* eller bakterien *Sphaerotilus natans* (med det norske navnet lammehaler) som dominerte. Tettheten av mikroskopiske registreringer ble estimert som sjelden (0,001 %), vanlig (0,01 %) eller hyppig (0,1 %) basert på mengden observert i mikroskopet.

Hver stasjon ble så klassifisert for organisk belastning ved bruk av HBI og HBI2. Begge indeksene tar utgangspunkt i et årlig gjennomsnitt i dekningsgrad av heterotrof begroing, og HBI2 vurderer også tykkelsen på begroingen. HBI benytter tre målinger (vår, sommer, høst) mens HBI2 benytter kun to måletidspunkt (vår og høst). Da heterotrof begroing blir negativt påvirket av UV-lys (Mechsner, 1985) vil sommermålingene i de fleste tilfeller vise mindre mengder heterotrof begroing på grunn av høyere UV-innstråling i denne perioden. Ved å utelate sommermålingene vil man dermed få et høyere årlig gjennomsnitt enn ved å inkludere disse, og dette gjør at HBI2 vil vise større mengder heterotrof begroing enn den opprinnelige HBI-indeksen, selv ved like dekningsgrader.

Både HBI og HBI2 beror på ekspertvurderinger, basert på det premiss at økologisk tilstand blir dårligere ved økt dekning av sopp og heterotrofe bakterier. For HBI2 vil også et tykkere dekke føre til dårligere tilstand. For HBI gjelder at ved registreringer av f.eks. 1-10 % dekningsgrad av heterotrof begroing vil lokaliteten havne i moderat økologisk tilstand, og høyere dekning vil gi dårligere tilstand (Direktoratsgruppa, 2015). For HBI2 gjelder at ved registreringer av f.eks. 1-10 % *tynt* dekke av heterotrof begroing vil lokaliteten havne i moderat økologisk tilstand, mens både tykkere forekomster og høyere dekning vil føre til at tilstand klassifiseres som dårligere. Detaljer for beregning av klassegrenser for HBI2 er gitt i Vedlegg. For lettere å sammenligne økologisk tilstand beregnet ved bruk av ulike indekser, omregnes de absolutte indeksverdiene til normalisert EQR, der skala og klassegrenser er like uansett kvalitetselement.

### 2.2.2 Elektro-fiske

Elektrofiske (el-fiske) ble gjennomført 26. august 2016. Hensikten var å undersøke tetthet av atlantisk laks (*Salmo salar*) i antatte gyte- og oppvekstområder. Kartleggingen imidlertid ikke del av noen tilstandsklassifisering, men gjennomføres for å overvåke bestand og rekruttering av laks. Det ble fisket på seks stasjoner fra grusørene (stasjon 5) til området ved stasjon 2 (**Figur 5**). Stasjonene var de samme som i 2013, 2014 og 2015 med bare små endringer i arealer (Aanes mfl., 2016). Oppstrøms stasjon 2 ble det i tillegg fisket en ekstra strekning på ca. 200 m langs land. Vannføringen var 600–625 m<sup>3</sup>/sek og noe økende. Lufttemperatur var ca. 20 °C. På grusørene var vanntemperaturen 17,3 °C og ledningsevnen 52,3 µS/cm. Vannet var litt brunt, men sikten var relativt god.

På grusørene ble det el-fisket over samme areal tre ganger for å kunne estimere tetthet av laks (antall pr. areal). På de andre stasjonene var fangstene for lave for slik estimering og der ble det fisket kun én gang. Fanget laks ble talt opp, lengdemålt og kontrollert for fettfinneklipping (settefisk). Et utvalg laks som skulle analyseres for fargemerking i otolittene ble avlivet og konservert på 96 % etanol. Annen laks ble sluppet fri etter endt fiske. Det ble også registrert antall og lengder for andre fiskearter enn laks, og disse ble også sluppet fri etter fisket. Det ble fisket med apparattype GeOmega FA-4 (Terik Technology AS).

Avlivet lakseyngel fra grusørene ble sendt til Veterinærinstituttet i Trondheim for deteksjon av fargemerker i otolitter (ørestein) og aldersbestemmelse. Fargemerkingen skiller settefisk fra villfisk, da settefisk fra Glomma kultiveringsanlegg ble merket med Alizarin på øyerognstadiet i 2014, 2015 og 2016 (Lund mfl., 2014).

### 2.2.2.1 Settefisk fra Glomma kultiveringsanlegg

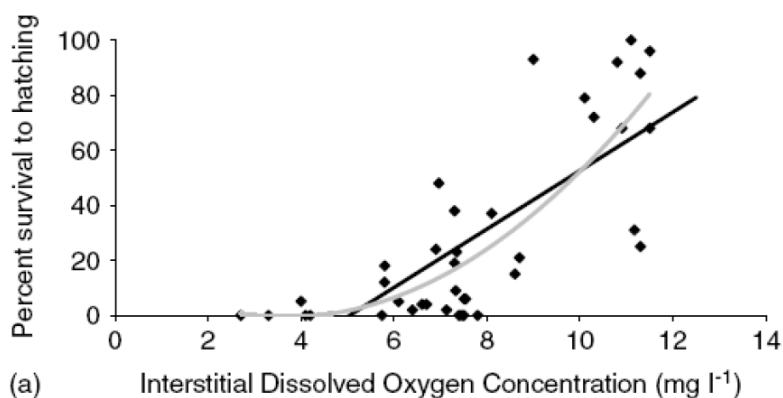
Fra Glomma kultiveringsanlegg på Borregaard ble det våren 2013 satt ut 150 000 stk av årets yngel i områdene nedstrøms Sarpsfossen (NGOFA, 2013). Dette var første utsetting fra dette anlegget og yngelen var umerket. Våren 2014 ble det videre satt ut 105 000 stk årsyngel som var merket med fargede otolitter. Disse ble også satt ut nedstrøms Sarpsfossen, på sju steder fra Glomma Papp til grusørene, på begge sider av elva. I 2014 ble det også satt ut 25 300 ettåringer, hvorav 24 800 ble klassifisert som smolt (Kjell Cato Strand, NGOFA, pers. med.). Alle disse var merket med fettfinneklipping. Ettåringene ble satt ut ved Glomma Papp og smolten ble satt ut på motsatt elvebredd av Borregaardsholmen, ved Domberg. Våren 2015 ble det satt ut 150 000 stk av årets yngel og 21 300 stk ettåringer i de samme områdene. I 2015 var både yngel og ettåringer fargemerket, og ettåringene var i tillegg fettfinneklippet. I mai 2016 ble det satt ut 56 000 årsyngel og 17 800 ettåringer/smolt, hvor alle var fargemerket og ettåringene i tillegg var fettfinneklippet (Kjell Cato Strand, NGOFA, pers. med.).

I 2015 ble de første voksne settefiskene fisket under det ordinære stangfisket i Glomma. Dette var fisk som ble klekket i kultiveringsanlegget i 2013 og satt ut i Glomma som fettfinneklippet ettåringer i 2014. Det ble fisket 41 av disse i 2015 (NGOFA, 2015).

### 2.2.3 Oksygen i sedimenter på Grusørene

I en tidligere kartlegging (NIVA rapport 6099-2010) ble det foretatt vertikalmålinger av oksygenkonsentrasjon i bunnsedimentene omkring grusørene (Stasjon 5), for å avklare hvorvidt nivåene var tilstrekkelige for oksygenbehovet hos lakserogn. Et perforert rør med en oksygensonde ble slått nedover gjennom sedimentene, og oksygennivåene på ulike dybder ble avlest. Metoden er ikke standardisert, men ga likevel en indikasjon på hvorvidt det er tilstrekkelig oksygen til stede for overlevelse hos lakserogn.

Under gytinga legger laksen rogn i grov grus, nedgravd 10-30 cm under overflaten. Embryoene utvikles gjennom vinteren, og utviklingen er oksygenkrevende. Oksygenkonsentrasjonen i elvas sedimenter er derfor en essensiell faktor for reproduksjonen under naturlige forhold. Stuart Greig (2007) undersøkte overlevelse av lakseeegg i elvesediment i fire britiske elver og fant at klekkingssuksessen begynte å falle allerede ved verdier under 9 mg O<sub>2</sub>/L, og estimerte at < 20 % av eggene ble klekket ved konsentrasjoner under 6 mg/L (**Figur 8**).



**Figur 8.** Klekkingsprosent av lakseeegg fra sediment ved ulike konsentrasjoner av oksygen for fire britiske elver (fra Greig m.fl. 2007).



En ny måling av oksygenkonsentrasjonen på 25 cms dyp i sedimenter på Grusørene (stasjon 5) ble foretatt 4.november 2016, ved hjelp av en PreSens Fibox 4 oksymeter sonde, som har en usikkerhet på 0,015 mg O<sub>2</sub>. Et stålrør som var perforert nederst men lukket i enden, fylt med en jernstang som hindret elvevann i å trenge inn, ble slått 30 cm ned i substratet på åtte punkter i nedkant av grusørene. Deretter ble den indre jernstangen trukket opp av røret, slik at sedimentvann kunne fylle dette, før oksygensonden ble ført ned til 5 cm over bunnen av røret, dvs 25 cm under sedimentoverflaten. Oksygenkonsentrasjonen ble avlest etter om lag 60 sekunder, eller så snart verdien hadde stabilisert seg (**Figur 9**).



**Figur 9.** Måling av oksygenkonsentrasjonen i sedimenter på grusørene (stasjon 5).

## 2.2.4 Fysisk-kjemiske støtteparametere

Vannprøver for fysisk-kjemiske analyser (**Tabell 5**) ble innhentet av samme prøvetaker som hadde ansvar for RID-overvåkingen, Nils Haakensen. Prøvene ble tatt etter standard metode med håndholdt plastflaske, som ble skylt på stasjonen tre ganger før prøve ble tatt. Alle prøver ble oppbevart kaldt. Samtlige prøver fra stasjon 4B og stasjon 6 ble umiddelbart kjølt ned og sendt samme dag til NIVAs laboratorium for analyse.

Prøver for analyse av BOF<sub>7</sub> ble tatt fra samtlige 10 stasjoner, i form av 1 liters svarte flasker, som ble lagt på tørris i kjølebag og levert for analyse til NIVAs laboratorium samme dag.

### 2.2.4.1 Analysemetoder for fysisk-kjemiske støtteparametere, EU prioriterte miljøgifter og vannregionspesifikke stoffer i vann

Kjemiske analyser ble utført av enten NIVAs eller Eurofins akkrediterte analyselaboratorium, som begge tilfredsstiller de krav gitt i EU Direktiv 2009/90/EC, som beskriver tekniske spesifiseringer for kjemiske analyser og overvåking av tilstand i vann. Alle fysisk-kjemiske støtteparametre bestemmes iht. de respektive standardene NS 4746, NS 4724, NS 4725, NS 4743 og NS 4746.

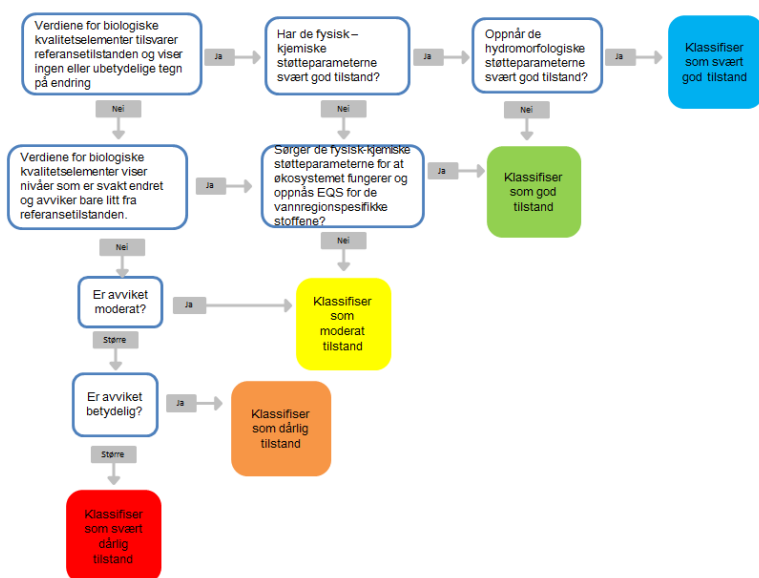
Ved beregning av gjennomsnitt for enkeltforbindelser av vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter som var under kvantifikasjonsgrensen ble halve kvantifikasjonsgrensen benyttet som konsentrasjonsverdi.

BOF<sub>7</sub> ble kvantifisert i henhold til Norsk Standard NS-EN 1899-2, utført på vannprøver innhentet 25. august ved en vannføring på drøye 600 m<sup>3</sup>/sek. Kryss-sjekk av data fra Borregaard for utslipp av BOF for den aktuelle uken (uke 34) viser at gjennomsnittlig døgn-utslipp fra punkt 28 var 2,6 tonn, mens det tilsvarende tallet for punkt 21 var 4,7 tonn. For blekeriets utslipp, som ligger rett oppstrøms stasjon 3, var tallet for den gjeldende uka 2,2 tonn BOF/døgn, mens gjennomsnittlige døgn-utslipp fra punkt 14 for den samme uka var 6,8 tonn. I sum ga dette samt mindre utslipp fra øvrige punkter 17,3 tonn BOF som totalt midlere døgn-utslipp fra Borregaard den aktuelle uka, og dette utslippsnivået er tett på bedriftens gjennomsnittlige døgnutslipp for året, på 15 tonn BOF/døgn.

Prøvene for BOF-analyser ble fylt på syrevaskede flasker og analysert for oksygenkonsentrasjon etter å ha vært inkubert i mørke ved + 20° C i 7 døgn. Det ble laget duplikater fra hver stasjon, samt for blankprøver. Før oppstart ble alt vann tilsatt 1 ml råvann fra kloakk/0,2 L prøvevolum, og ristet i to minutter for å oppnå 100 % oksygenmetning. Oksygenkonsentrasjonen i alle flasker ble målt ved oppstart og etter 7 døgn med en PreSens Fibox 4 oksymeter sonde, som har en usikkerhet på 0,015 mg O<sub>2</sub>. Forbrukt oksygenmengde i blankprøvene ble subtrahert fra de øvrige for å gi stasjonsspesifikt biokjemisk oksygenforbruk. NIVA er ikke akkreditert for denne analysen, men har lang erfaring med metodikken, som er enkel og har vært praktisert rutinemessig over hele Europa gjennom snart hundre år.

## 2.3 Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand

Den økologiske tilstanden på hver stasjon ble bestemt etter flytdiagrammet som vist i **Figur 10**.



**Figur 10.** Flytdiagram som viser prinsippet for klassifisering av økologisk tilstand i henhold til klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013).

Kjemisk tilstand klassifiseres etter prinsipp som vist i **Figur 11**, dvs. «Ikke god kjemisk tilstand» oppnås dersom målte konsentrasjoner av EUs prioriterte miljøgifter er høyere enn EQS-verdier gitt for disse stoffene i vannforskriften (Lovdata, 2015).



**Figur 11.** Prinsippskisse for bestemmelse av kjemisk tilstand.

### 2.3.1 NIVAClass

For så sikre oss at klassifiseringen utføres korrekt har NIVA utviklet sitt eget klassifiseringsverktøy, NivaClass. Her plotter man inn beregnede indekser og målte konsentrasjoner av fysisk kjemiske støtteparameter, vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter, slik at tilstandsklassene for økologisk og kjemisk tilstand bestemmes automatisk.

De trinnvise prinsippene bak NivaClass er som følgende:

1. For EUS prioriterte miljøgifter benyttes de grenseverdier og føringer som er gitt i Lovdata (Vannforskriften 2015) for vann, sediment og biota (fisk i hovedsak).
2. For vannregionspesifikke stoffer benyttes grenseverdier gitt i Veileder M-608) for vann, sediment og biota (fisk i hovedsak). Klasse I og II tilsvarer god til stand for disse stoffene.

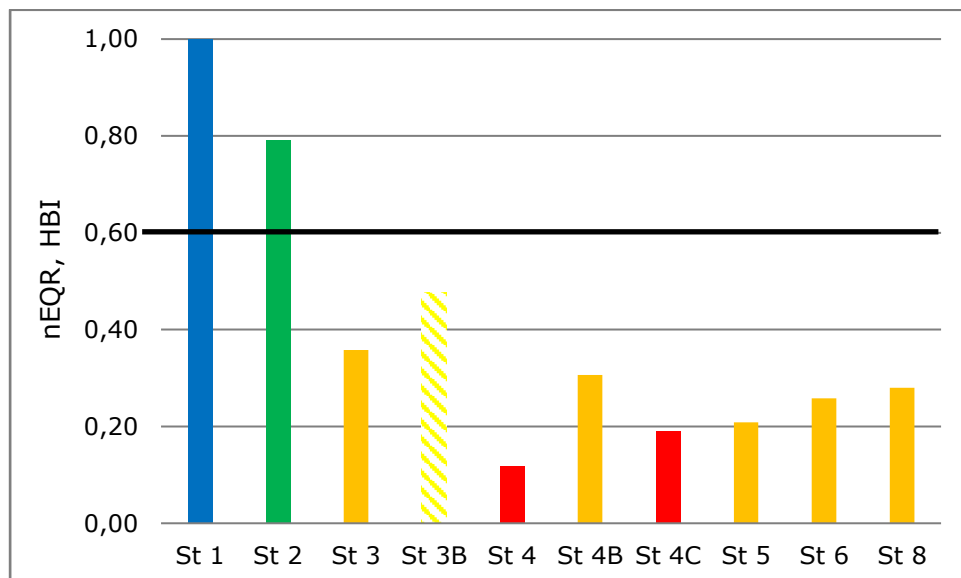
Dersom grenseverdier ikke eksisterer etter at 1. og 2. har vært benyttet for vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter, har NIVA benyttet TA-1468/1997 (Andersen m. fl. 1997) for elver og innsjøer. Klasse I og II tilsvarer god tilstand for disse stoffene og miljøgiftene.

## 3 Resultater

### 3.1 Økologisk tilstand – organisk belastning

#### 3.1.1 Heterotrof begroing

Resultatene fra årets undersøkelse viser tydelig at Borregaards utslipp har en negativ påvirkning på den økologiske tilstanden i henhold til HBI i nedre del av Glomma. Den øverste stasjonen, stasjon 1, blir etter det vi vet ikke påvirket av utslippene, og også stasjon 2 vil ventelig være lite påvirket av de aktuelle utslippspunktene. Dette ser vi også i resultatene ved at de nevnte to stasjonene er klassifisert til henholdsvis svært god og god tilstand (**Figur 12**). Stasjon 3, som er like nedstrøms utslippet fra kokeriet, viste dårlig tilstand og er dermed tydelig påvirket. St 3B viste moderat tilstand, men i motsetning til de resterende stasjonene, som er basert på tre prøver, er det på denne stasjonen kun tatt to prøver (stasjonen ble ikke prøvetatt i april). Klassifiseringen er derfor usikker. Det er imidlertid ikke usannsynlig at resultatet ville gitt dårligere tilstand dersom vårprøven hadde vært inkludert, ettersom denne vanligvis viser mer heterotrof begroing enn sommerprøven (Vedlegg). Mellom stasjon 3 og 4 ligger Borregaards største utslipp (utslippspunkt nr 14, se **Tabell 4**). Dette er trolig årsaken til at st. 4 og 4C havnet i svært dårlig tilstand. St 4B ble klassifisert til dårlig tilstand. Nevnte stasjon ligger på motsatt bredde av elven i forhold til det nevnte utslippspunktet, og nærmere utslippspunktet enn st. 4 og 4C (**Figur 5**). Det kan synes som at strømforholdene gjør at stasjon 4B ikke i like stor grad blir påvirket av det nevnte utslippspunktet. På den nedre strekningen er det ikke flere utslipp av større betydning, og det er også en svak økning i økologisk tilstand (stasjon 5, 6 og 8). Heterotrof begroing forventes å vokse best like nedstrøms utslippet, men vokser raskt og bruker dermed opp tilgjengelige organiske stoffer slik at elven lenger nedstrøms gradvis blir i bedre tilstand. Stasjon 5, 6 og 8 ble alle klassifisert til dårlig tilstand, men vi kan likevel se en svak tendens til forbedring, fra nEQR = 0,21 til nEQR = 0,28.

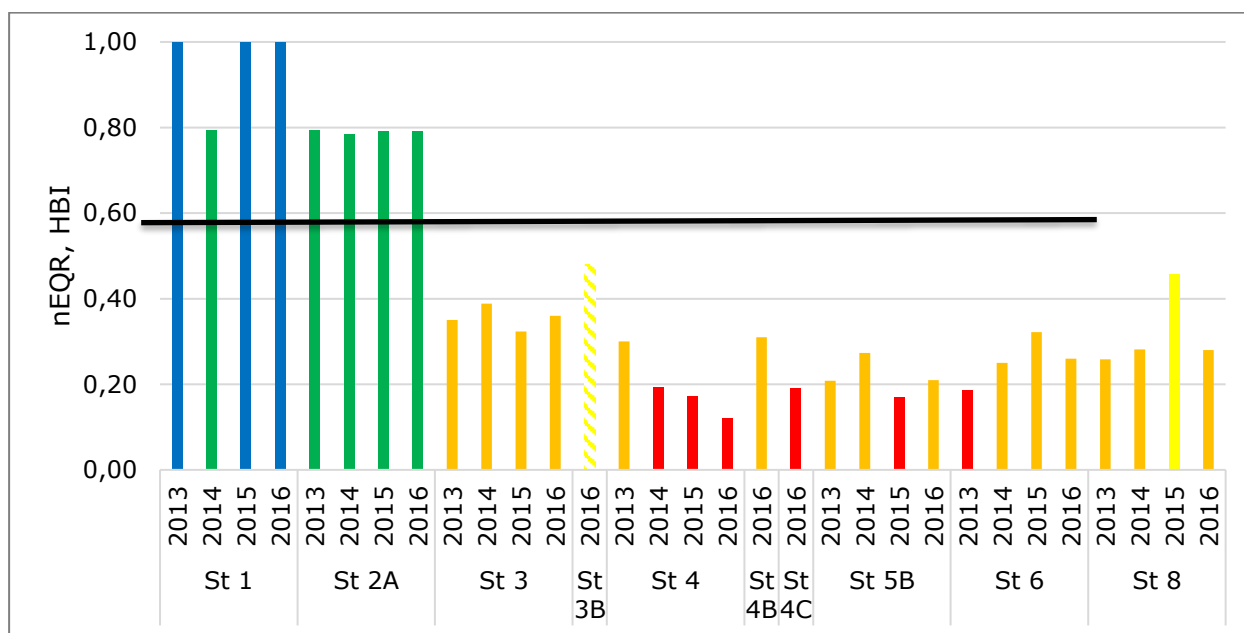


**Figur 12.** Normalisert EQR (nEQR) for den heterotrofe begroingsindeksen HBI, beregnet for 10 stasjoner prøvetatt ved Borregaard i 2016, der verdiene og fargene angir økologisk tilstand. Blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Skraverete søyler er basert på usikre beregninger. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

Årets data kan direkte sammenlignes med tidligere års resultater, da disse fulgte lik metodikk (**Figur 13**). Samtlige resultater er basert på tre runder med prøver (med unntak av st. 3B i 2016, som kun er basert på to prøverunder, og som derfor anses som usikker). Årets resultater samsvarer godt med tidligere



registreringer gjort i området (Rustadbakken m.fl. 2011, Lund, Schneider & Ranneklev, 2012, Ranneklev m.fl. 2012, Schneider & Ranneklev, 2012, Bækken m.fl. 2013, Ranneklev m.fl. 2013, Bækken m.fl. 2015, Aanes m.fl. 2016). - På referansestasjonen (stasjon 1), oppstrøms Sarpefossen, ble det ikke registrert noe heterotrof begroing i 2013 og 2015-2016. Dette tilsvarer svært god økologisk tilstand basert på heterotrof begroing. I 2014 ble det registrert mikroskopiske funn av en uidentifisert sopp, noe som førte til tilstandsklassen god. Samlet sett vil derfor stasjon 1 klassifiseres til svært god/god økologisk tilstand. Stasjon 2 ligger like nedstrøms utslippet fra kokeriet, men på sørsiden av elven. Stasjonen er trolig i liten grad påvirket av dette utslippet. Det ble på det meste kun registrert <1 % dekning av lammehaler og sopp. Resultatet antyder at innblandingen fra utslippet enda ikke har fordelt seg jevnt i hele elven. Stasjonen har dermed god økologisk tilstand med heterotrof begroing som kvalitetselement. De resterende stasjonene (stasjon 3 – stasjon 8) er alle nedstrøms Borregaards utslippspunkter, og er tydelig påvirket av dette. Det ble registrert store forekomster av den heterotrofe bakterien *Sphaerotilus natans*, med det norske navnet lammehaler, på samtlige stasjoner.



**Figur 13.** Normalisert EQR for den heterotrofe begroingsindeksen HBI, beregnet for 10 stasjoner i Glomma ved Borregaard fra 2013 - 2016, der verdiene og fargene angir økologisk tilstand. Blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Skraverte søyler er basert på usikre beregninger. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

### 3.1.2 Betydningen av UV stråling

Flere runder med prøvetaking fører generelt til mer presise resultater. Men studier viser at lammehaler blir hemmet i veksten på sommeren, særlig fra mai til august, grunnet UV-lys fra sola (Mechsner, 1985). Ut fra undersøkelsene fra 2013-2016 kan man se en trend på de påvirkede stasjonene som støtter opp om funnene til Mechsner (1985): På mer enn 70 % av stasjonene sees en signifikant reduksjon i dekningsgrad av lammehaler ved innsamlingsrunden på sommeren sammenlignet med vår- og høstprøvene (Vedlegg).

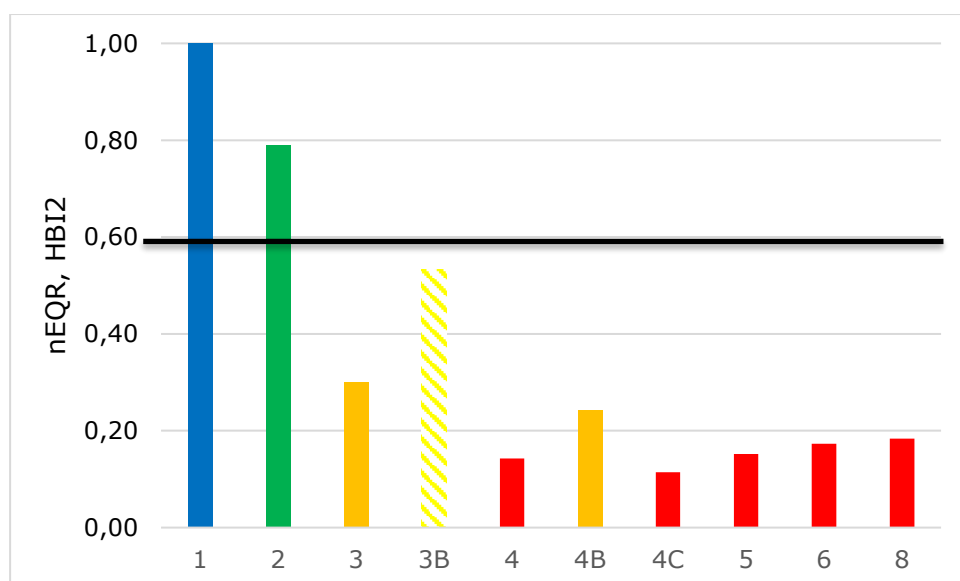
Da januar- og november-prøvene ble samlet inn i 2015 ble det gjort en viktig observasjon. Visuelt så stasjon 4 og 5B markant bedre ut i januar 2015 enn ved tidligere undersøkelser. Selv om dekningsgraden var høy ble det på store deler kun observert et tynt dekke. Det samme ble observert på stasjon 5B i oktober 2015. I januar ble det på begge stasjoner kun registrert 1 % dekning av de typiske store lammehalene som ved tidligere undersøkelser hadde hatt dekningsgrad på opp til 95 %. I tillegg ble det registrert et tynt lag heterotrof begroing med dekningsgrad 60 % på stasjon 4 og 40 % på stasjon 5B. I november var dette ikke like markant. Da ble det på stasjon 5B, registrert 70 % dekning av de typiske

store lammehalene, mens det i tillegg ble observert et tynt lag med heterotrof begroing med 10 % dekning. Da indeksen for heterotrof begroing (HBI) ble utviklet for Norge fantes det dessverre ikke nok data til at tykkelsen på begroingsdekket kunne tas med som en faktor ved fastsettelse av økologisk tilstand. Klassifiseringssystemer for heterotrof begroing utviklet i Irland (McGarrigle & Lucey, 2009) og Storbritannia (Kelly, Phillips & Willby, 2011, UKTAG, 2012), som det norske systemet er bygget på, benytter imidlertid tykkelsen av heterotrof begroing som en tilleggsfaktor til dekningsgrad. Med en slik metodikk, der tykkelsen blir tatt med som en tilleggsfaktor, ville den tilsynelatende bedringen i tilstand (mye tynnere dekke) på stasjonene 4 og 5B blitt fanget opp.

### 3.1.3 Revidert heterotrof begroingsindeks (HBI2) - Organisk belastning

Ettersom det blir samlet inn mer data fra ulike vassdrag og vi i større grad erfarer hvor stor betydning tykkelsen av heterotrof begroing har, vil vi benytte dette som et tilleggskriterium i en revidert utgave av HBI, kalt HBI2. Vi er godt i gang med dette arbeidet og en ny revidert metode forventes ferdigstilt våren 2017. Til tross for at metoden er under utvikling, og små justeringer derfor kan forekomme, ønsker vi å benytte den her, slik at vi får med tykkelse som en faktor. En oversikt over dekningsgrad registrert på hver stasjon innen de 4 forskjellige tykkelseskategoriene er gitt i vedlegg.

Basert på HBI2 viser årets resultater de samme trendene som for HBI (**Figur 14**). Det var god og svært god økologisk tilstand oppstrøms og moderat eller dårligere tilstand nedstrøms utslippspunktene. De nederste stasjonene havnet derimot i én tilstandsklasse lavere sammenlignet med HBI.



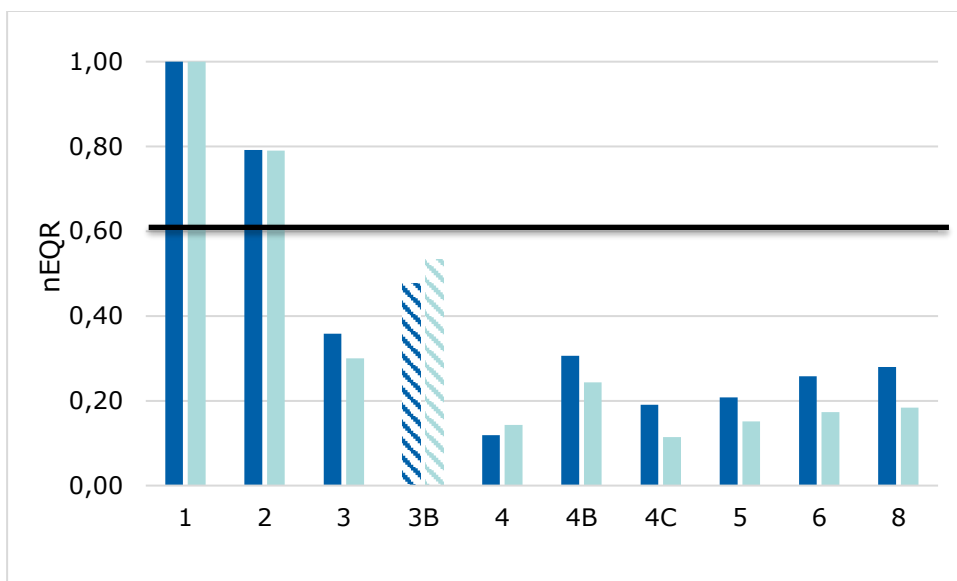
**Figur 14.** Normalisert EQR for den heterotrofe begroingsindeksen HBI2, beregnet for 10 stasjoner ved Borregaard i 2016, der verdiene og fargene angir økologisk tilstand. Blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Skraverte søyler er basert på usikre beregninger. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

### 3.1.4 Sammenligning av de to metodene

En sammenligning av HBI og den reviderte indeksen HBI2 viser den samme klare trenden for begge indeksene (**Figur 15**). Stasjon 1 og 2, som er tilnærmet upåvirket av Borregaards utslipp, havnet i henholdsvis svært god og god tilstand, mens stasjonene 3 - 8, som alle er nedstrøms ett eller flere av Borregaards utslippspunkter, havnet i moderat eller dårligere tilstand. Til tross for den samme trenden gir metodene forskjellige resultater for de påvirkede stasjonene. Med utgangspunkt i HBI2 havnet stasjon 5-8

i svært dårlig tilstand, mens de samme stasjonene havnet i dårlig tilstand basert på HBI. På lik linje kan vi se at nEQR-verdiene er dårligere for st. 3, 4B og 4C. Hvis vi ser bort fra st. 3B, der klassifiseringen anses som usikker, er det bare st. 4 som har en bedre nEQR-verdi basert på HBI2.

Årsaken til at den økologiske tilstanden generelt sett er dårligere med utgangspunkt i HBI2 skyldes at beregningene kun baserer seg på vår- og høstprøver, mens HBI også inkluderer sommerprøver. Valget om å utelate sommerprøvene i den reviderte indeksen tar utgangspunkt i at lammehaler (*Sphaerotilus natans*) blir hemmet i veksten om sommeren grunnet UV-lys fra sola (Mechsner, 1985). Vårt datasett støtter opp om funnene til Mechsner (1985). På de påvirkede stasjonene var det signifikant mindre heterotrof begroing på over 70 % av sommerprøvene sammenlignet med vår- og høstprøvene på samme stasjoner. Denne reduksjonen skyldes altså utenforliggende faktorer, og ingen reduksjon i utslipp. Ved bruk av gjennomsnittsverdier for vår, sommer og høst, anser vi derfor resultatet som unaturlig lavt grunnet naturlig mindre forekomster på sommeren, og ved å fjerne sommerprøvene får vi derfor et mer korrekt bilde av situasjonen.



**Figur 15.** Normalisert EQR for de heterotrofe begroingsindeksene HBI (mørk blå) og HBI2 (lys blå), beregnet for 10 stasjoner ved Borregaard i 2016, der verdiene angir økologisk tilstand. Skraverte søyler er basert på usikre beregninger. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand (fordi figuren best mulig skal synliggjøre forskjellen mellom de to versjonene av HBI har vi ikke benyttet vannforskriftens ordinære fargekoder).

### 3.1.5 Konklusjoner – heterotrof begroing

Referansestasjonen oppstrøms Sarpefossen og stasjon 2 viste begge i 2016 god eller svært god økologisk tilstand. Nedstrøms Borregaard fabrikkens utslippspunkter kan man tydelig se at tilstanden i elva er dårlig. Fra og med stasjon 3 og videre ned til stasjon 8 er det utelukkende registrert moderat eller dårligere økologisk tilstand.

Det må presiseres at klassifisering av økologisk tilstand etter vannforskriften ikke kan gjøres kun på basis av heterotrof begroing, ikke bare fordi HBI indeksen ikke er interkalibrert, men også fordi den ikke sier noe om andre påvirkninger (for eksempel eutrofiering). I en lokalt tilrettelagt tiltaksrettet overvåking, slik som i dette oppdraget, mener vi likevel at HBI alene kan gi nyttig kunnskap, ettersom denne indeksen retter seg direkte mot bedriftens utslippskomponenter.

I 2016 ble både HBI og HBI2 (en revidert versjon av HBI som er under utvikling) beregnet. De to metodene ga omtrent de samme resultatene, men HBI2 er «strengere» enn HBI (**Tabell 6**). De tre nederste stasjonene havnet alle i en dårligere tilstandsklasse basert på HBI2. Dette skyldes i all hovedsak at sommerprøvene, som viser lave verdier grunnet UV-stråling, er fjernet ved beregning av HBI2, slik at denne indeksen i bedre grad gjenspeiler de reelle effektene av utslippene på den heterotrofe begroingen.

**Tabell 6.** Oversikt over nEQR og økologisk tilstand basert på både HBI og HBI2 på 10 stasjoner ved Borregaard i 2016.

Stasjon	HBI			HBI2		
	HBI	nEQR	Tilstand	HBI2	nEQR	Tilstand
1	0,00	1,00	Svært god	0,00	1,00	Svært god
2	0,04	0,79	God	0,05	0,79	God
3	18,37	0,36	Dårlig	55,00	0,30	Dårlig
3B	6,50	0,48	Moderat	4,00	0,53	Moderat
4	70,37	0,12	Svært dårlig	185,50	0,14	Svært dårlig
4B	28,70	0,31	Dårlig	80,50	0,24	Dårlig
4C	52,33	0,19	Svært dårlig	229,00	0,11	Svært dårlig
5	48,37	0,21	Dårlig	172,50	0,15	Svært dårlig
6	38,40	0,26	Dårlig	140,06	0,17	Svært dårlig
8	34,07	0,28	Dårlig	124,01	0,18	Svært dårlig

### 3.2 Elektro-fiske

Det ble fanget totalt 45 laksunger, hvorav 44 ble fanget på grusørene (**Tabell 7; Figur 16**). På de fire stasjonene oppstrøms grusørene ble det kun fanget 1 laks ved Borregaardsholmen. Minste og største laks var henholdsvis 53 mm og 97 mm lange (**Figur 17**). Både lengdefordelingen og otolittanalysene tyder på at alle laksungene var av årets yngel (0+). Gjennomsnittslengden var 72,2 mm  $\pm$  9,1 (SD). Ingen fisk var fettfinneklippet. Estimert tetthet av 0+ laks på grusørene var 43,2 og 6,3 stk per 100 m<sup>2</sup>, for henholdsvis øvre og nedre grusøre (**Tabell 8**). Det estimerte antall fisk på øvre grusøre er mer usikkert enn tidligere estimater, med et standardfeil på 51,39. Årsaken til det usikre estimatet er at fiskerunde 2 ga større fangst enn fiskerunde 1.

På den ekstra strekningen oppstrøms stasjon 2 ble det ikke fanget laks.



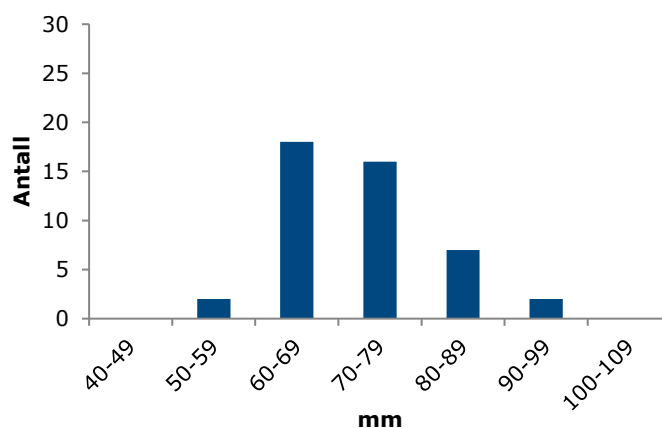
**Figur 16.** Lakseyngel fanget på grusørene (foto. E.Lund/NIVA).

**Tabell 7.** Fiskefangster under el-fiske i Glomma ved Borregaard 26. august 2016.

Stasjon	Kode	Areal (m <sup>2</sup> )	Laks 0+	Ål	Steinsmett	Laue
Grusører, nedre	5B	224	9		8	
Grusører, øvre	5A	170	35	3	41	
Borregaardsholmen	4	100	1		1	2
Huset på prærien	3	225		2	5	
Glomma Papp, nedre	2B	30			4	
Glomma Papp, øvre	2A	100		2	6	2

**Tabell 8.** Estimert antall 0+ laks og fangbarhet med standardfeil (SE) under el-fiske på grusørene i Glomma ved Borregaard 26. august 2016 (Bohlin mfl., 1989). Tilsvarende estimater for 2013–2015 er også angitt.

Stasjon	Kode	Areal (m <sup>2</sup> )	Estimert antall (y)	SE (y)	Est. antall pr. 100 m <sup>2</sup>	Fangbarhet (p)	SE (p)
Grusører, nedre, 2016	5B	224	14,08	10,41	6,3	0,29	0,30
Grusører, øvre, 2016	5A	170	73,40	51,39	43,2	0,19	0,17
Grusører, nedre, 2015	5B	210	19,64	1,10	9,4	0,68	0,12
Grusører, øvre, 2015	5A	160	66,69	14,13	41,7	0,36	0,12
Grusører, nedre, 2014	5B	200	17,81	1,23	8,9	0,64	0,13
Grusører, øvre, 2014	5A	154	18,16	2,98	11,8	0,51	0,17
Grusører, nedre, 2013	5B	200	10,06	0,27	5,0	0,82	0,12
Grusører, øvre, 2013	5A	150	19,71	3,57	13,1	0,48	0,17



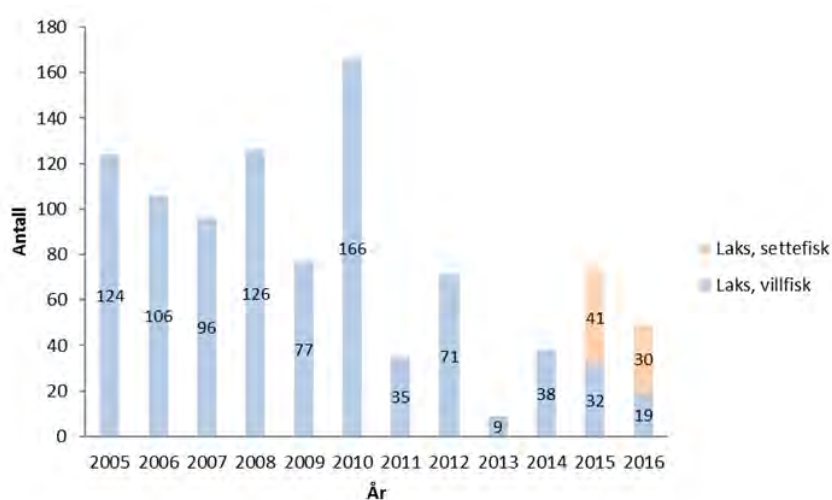
**Figur 17.** Lengdefordeling for 45 laks fanget under el-fiske i Glomma ved Borregaard 26. august 2016.

Av 31 individer 0+ laks fra grusørene analysert for fargemerking i otolitter, hadde 1 individ fargemerket otolitt, dvs. at ca. 3 % av de undersøkte laksene var settefisk. Det detekterte merket var av veldig god kvalitet, og det er mest sannsynlig at fisk uten funn av fargemerke er naturlig klekket villfisk.

I tillegg til laks ble det fanget ål på tre stasjoner og steinsmett på alle seks stasjoner, totalt 7 ål og 65 steinsmett (**Tabell 7**). Steinsmettene var i lengdeintervallet 3–10 cm og ålene var i lengdeintervallet 15–35 cm. Det ble fanget laue med lengde 12–13 cm ved stasjon 4 og stasjon 2. Det ble også observert stim av små, ubestemte karpefisk i nærheten av stasjon 4.

Da vi fisket på stasjon 3 observerte vi at vannet var varmere der. Det varme vannet kom fra en bekk i øvre del av stasjonen. Vannet i bekken hadde temperatur 27,5 °C og ledningsevne 190 µS/cm.

I tillegg til våre resultater, tar vi også med at det ordinære stangfisket i Glomma i 2016 ga 19 villfisk og 30 settefisk (**Figur 18**; NGOFA, 2016)



**Figur 18.** Fangster av laks under det ordinære stangfisket i Glomma 2005–2016 (NGOFA, 2016).

### 3.2.1 Konklusjoner elektro-fiske

Det ble fanget 44 årsyngel av laks på grusørene. Flest yngel ble fanget på øvre grusøre, og den estimerte tettheten var 43,2 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>. På nedre grusøre var estimert tetthet 6,3 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>. Estimaten er imidlertid usikre, på grunn av variabel fangbarhet. Hvis man likevel sammenligner estimatene for 2016 med 2015, er tetthetene ganske like for de to årene. Hvis man derimot kun ser på hvor mange årsyngel som faktisk ble fanget på grusørene, er fangsten lavere i 2016 enn i 2015, med 44 fisk i 2016 mot 68 fisk i 2015. I 2014 ble det fanget 33 årsyngel på grusørene. På grunn av usikkerheten i de estimerte tetthetene, antar vi at den faktiske tettheten av lakseyngel er lavere enn estimert, særlig for øvre grusøre. Vi antar dermed at tettheten på grusørene i 2016 var lavere enn i 2015, men høyere enn i 2014.

Selv om tetthetene ikke er høye, ser det ut til at forholdene for laks på grusørene fortsatt er betydelig bedre enn i 2009–2010, samt at årene 2015–2016 muligens har hatt litt bedre forhold enn 2013–2014 (Rustadbakken mfl., 2010; Lund, 2016).

El-fisket i Glomma er vanskelig fordi man bare kan fiske grunne områder som er tilgjengelig for vading, og ikke hele elvas bredde. Stasjonene er åpne mot resten av elva, dvs. at fisk som blir bare delvis sjokket/skremt kan svømme ut av stasjonen oppstrøms, nedstrøms eller ut mot hovedstrømmen, og det er tilfeldigheter som avgjør når dette skjer. I tillegg har stasjonene relativt sterk vannstrøm, slik at det er vanskelig å fange all sjokket fisk før de forsvinner nedstrøms. Dette gjelder alle år, så resultatene bør være relativt sammenlignbare mellom år, men tilfeldigheter kan gjøre noen resultater mer usikre.

Fargemerkede 0+ laks (settefisk) utgjorde ca. 3 % av de undersøkte 0+ laks. Det antyder at det i 2016 hovedsakelig var naturlig produsert laks på grusørene. Andel settefisk i den undersøkte fangsten i 2014 og 2015 var henholdsvis 17 % og 24 % (Bækken mfl., 2015; Aanes mfl., 2016). I disse årene ble det satt ut henholdsvis 105 000 og 150 000 yngel, mot bare 56 000 yngel i 2016. Det kan se ut til at antall utsatt yngel til en viss grad gjenspeiles i andel merket yngel i våre fangster på grusørene. At grusørene i 2016 har tettheter av laks på nivå med 2014 og 2015, mens andelen villfisk er større, kan tyde på at produksjonen av villfisk har vært større i 2016 enn i 2014 og 2015.

Det ble kun fanget laksunger av årets yngel (0+), og ingen ettåringer (1+). Glommalaksen har rask elvevekst og påfølgende tidlig smoltifisering og utvandring allerede i løpet av første eller andre leveår (Bremset mfl., 2011). Fravær av 1+ i våre fangster i august kan skyldes at mange 1+ utvandret allerede våren 2016, eller at de oppholder seg i dypere områder som er utilgjengelige for vanlig el-fiske.

Det ble til sammen observert fire–fem fiskearter: laks, ål, steinsmett, laue og stimer av karpfisk av ubestemt art. Dette er omtrent samme resultat som i årene før, hvor de samme artene ble observert under el-fiske (Rannekleiv mfl., 2013; Bækken mfl., 2015; Aanes mfl., 2016). Det ser dermed ut til at de undersøkte områdene har brukbare forhold for flere arter. Steinsmett ble fanget i høyere antall enn tidligere, på øvre grusøre var antallet 68. Det ser ut til at steinsmetten trives på de samme stedene som lakseyngelen.

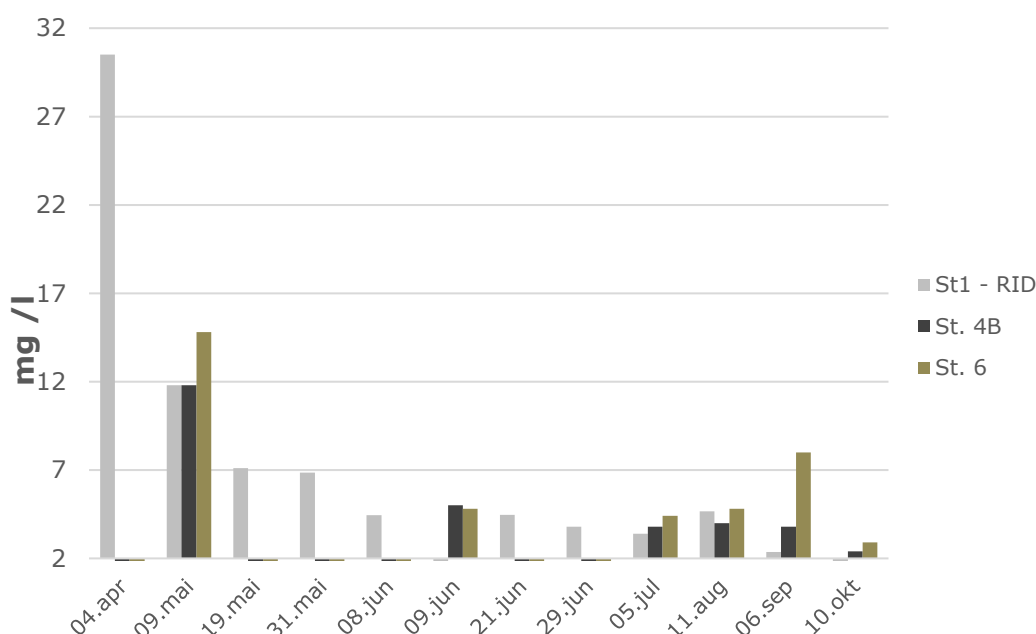
Det ble fisket en ekstra strekning oppstrøms stasjon 2. På selve stasjon 2A har det kun blitt fanget 4 laks i perioden 2013–2015. Den ekstra undersøkelsen ble gjort for å se om det finnes bedre områder med mer fisk lengre opp. Det var noen områder der som så ut til å være egnet for lakseyngel, men resultatet ble null fangst. Det kan vurderes om det skal fiskes på stasjonene ved Glomma Papp ved senere undersøkelser, eller om de bør erstattes av stasjoner som er mer egnet.

Det ordinære stangfisket i Glomma i 2016 ga 30 laks som var fettfinneklippet (settefisk) og 19 som ikke var fettfinneklippet (antakelig villfisk). Settefisken var trolig fisk som ble klekket i kultiveringsanlegget i 2013 og satt ut i Glomma som fettfinneklippete ettåringer i 2014. Første gruppe av denne årgangen ble fanget i 2015 som smålaks (41 stk), og i 2016 kom altså flere av samme årgang tilbake som (førstegangs-gytende) mellomlaks. Dette tilsier at fisk fra kultiveringsanlegget har bidratt betydelig til den voksne delen av bestanden i 2015 og 2016. Fangsttallene viser også at antall villaks holder seg lavt.

### 3.3 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer, BOF<sub>7</sub> og oksygen i sediment

I det følgende presenteres de viktigste funn, trender og observasjoner for fysisk-kjemiske kvalitetselementer og variabler som ellers har særlig relevans for den aktuelle overvåkingen.

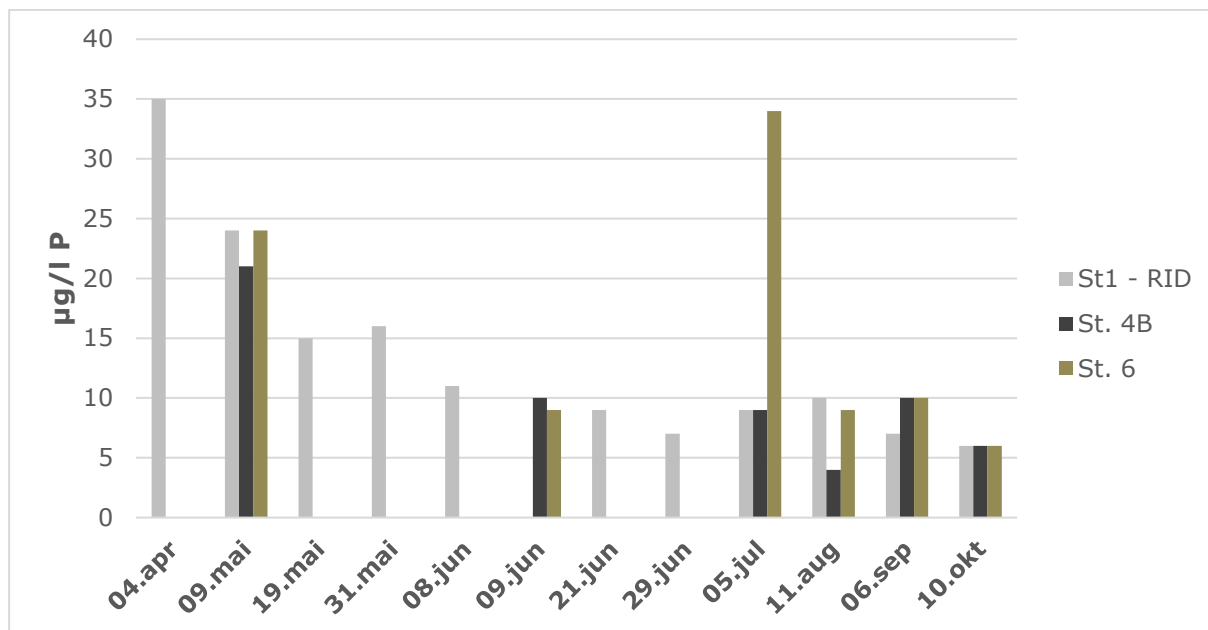
Konsentrasjonen av suspendert stoff i Glomma for stasjon 1, 4B og 6 er vist i **Figur 19**. Om våren er det noe høye verdier slik vanlig er i Glomma, knyttet til flom og økt avrenning av partikler. Gjennom sommersesongen var det bare mindre forskjeller både mellom stasjonene og fra måned til måned. Målt som middelverdi for de tre stasjonene tilsier dette etter Andersen m.fl. (1997; som fortsatt brukes for denne parameteren) at alle stasjoner har dårlig tilstand. Det er imidlertid grunn til å sette spørsmålsteget ved en slik klassifisering, som for eksempel ikke tar hensyn til mulig naturlig leirpåvirkning i vassdrag (Lyche Solheim m.fl. 2008), og vi har valgt å se bort fra disse dataene ved klassifiseringen av fysisk-kjemiske støtteparametere.



**Figur 19.** Konsentrasjoner av suspendert stoff for stasjon 1, 4B og 6 for sommersesongen 2016.

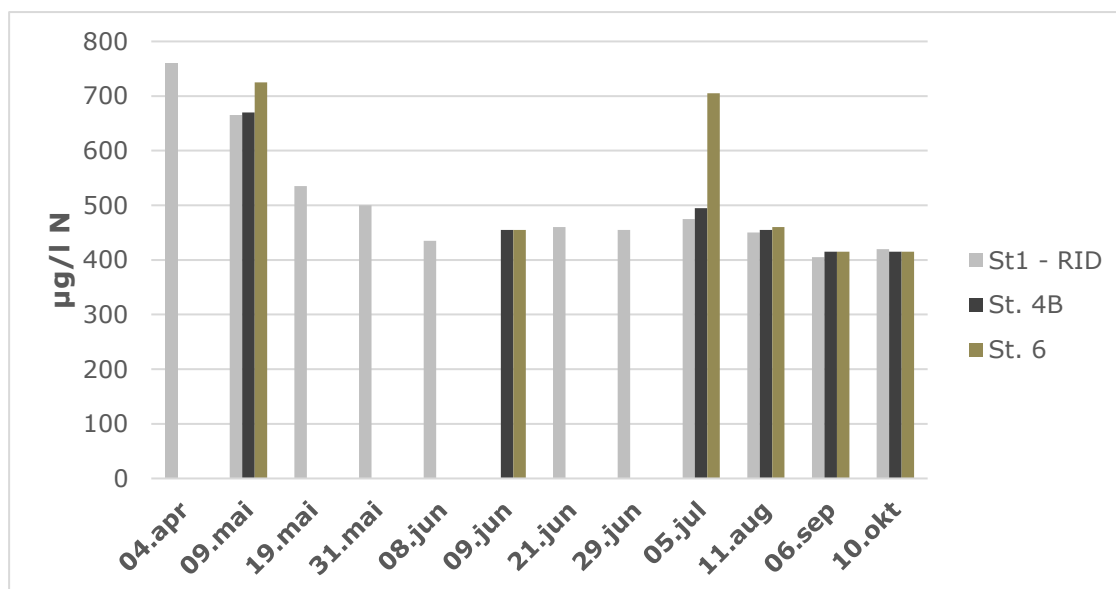
**Figur 20** viser konsentrasjonen av totalt fosfor gjennom sesongen for de tre stasjonene 1, 4B og 6. Da tot P også inkluderer fosforfraksjoner knyttet til leirpartikler, vil økte partikkelkonsentrasjoner, slik det er vanlig under vårflommen, også gi høyere fosforverdier. Videre ble det registrert en forhøyet verdi 5.juli. Denne kan tenkes å være assosiert med et lokalt utslipp av avløpsvann, da konsentrasjonen av totalt nitrogen på samme måte var forhøyet. Det var ellers ingen tydelige forskjeller mellom stasjonene. Middelkonsentrasjonen for året (etter fjerning av 2 ekstremverdier) var 10 – 12 µg P/L (**Tabell 9**).





**Figur 20.** Konsentrasjoner av tot P for de tre stasjonene 1 (grå søyler), 4B (grønne søyler) og 6 (svarte søyler) for sommersesongen 2016.

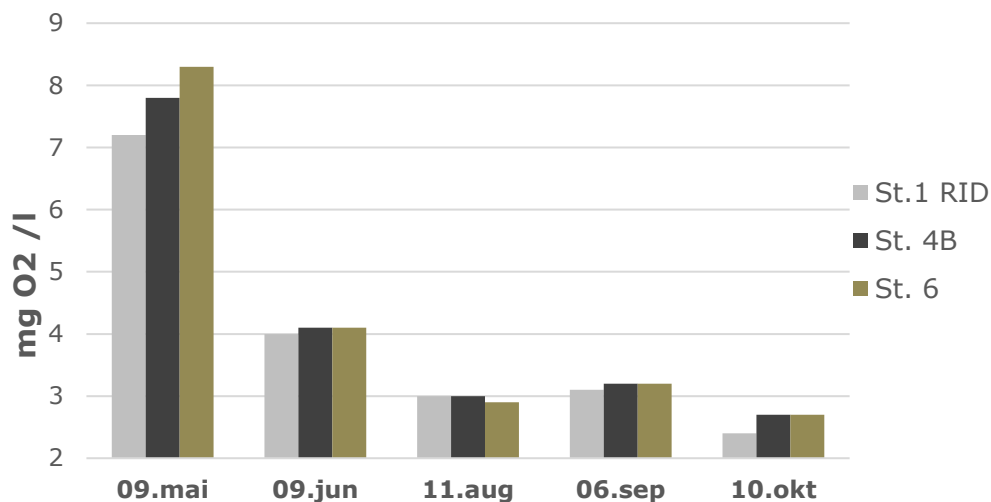
**Figur 21** viser konsentrasjonene av totalt nitrogen gjennom sesongen for de tre stasjonene 1, 4B og 6. Også her er det noe forhøyete verdier assosiert med vårfloppen, samt en påfallende forhøyet verdi 5.juli, som det er vanskelig å angi noen konkret årsak til. Det var ellers små forskjeller mellom stasjonene, og bare marginale forskjeller mellom stasjonene (**Tabell 9**).



**Figur 21.** Konsentrasjoner av tot N for de tre stasjonene 1 (grå søyler), 4B (grønne søyler) og 6 (svarte søyler) for sommersesongen 2016.

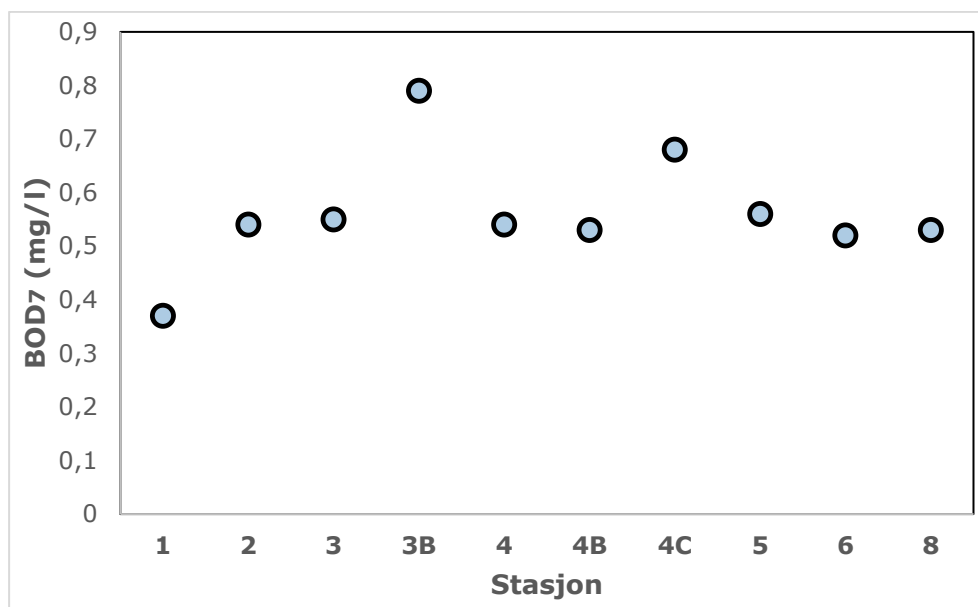
Konsentrasjonen av  $KOF_{Mn}$  for de samme utvalgte tre stasjonene er vist på **Figur 22**. Også denne variabelen viste høye verdier om våren, men stabiliserte seg deretter på et mer moderat nivå. Som gjennomsnitt for målingene var det bare marginale forskjeller mellom de tre stasjonene (**Tabell 9**). Det er uklart hva som finnes av kilder til KOF oppstrøms Sarpefossen. Gjennomsnittet på alle tre stasjoner ligger

imidlertid under grenseverdien på 3,5 mg/L gitt i Andersen m.fl. 1997 (som fortsatt skal brukes), og setter alle tre stasjoner i «moderat tilstand» for denne parameteren.



**Figur 22.** Konsentrasjonen av KOF (mg/L) målt ved stasjon 1, 4B og 6 for fem tidspunkt gjennom sommersesongen 2016 (som opplyst ovenfor måtte verdiene for 5.juli utelates).

Biokjemisk oksygenforbruk over syv døgn (BOF<sub>7</sub>) ble målt i uke 33, etter innhenting av 1 L vannprøver fra alle ti stasjoner 25. august (n=2 for hver stasjon). Verdiene var lave ved alle stasjoner, noe som ikke var uventet for en så vidt stor elv (**Figur 23**). Likevel la kartleggingen for dagen en økning i BOF<sub>7</sub> fra referansestasjonen oppstrøms Sarpefossen (stasjon 1; 0,37 mg O<sub>2</sub>/L) til stasjonene langs og nedenfor Borregaards utslipp, der oksygenforbruket var fra 0,53 - 0,79 mg O<sub>2</sub>/L. Verdiene for hver stasjon ble sammenholdt med de faktiske utslippene av KOF og BOF fra ulike punkter i gjeldende uke og uka forut, med tanke på å teste om punktutslippene ble reflektert i analysen. Det var imidlertid ingen synlig sammenheng. For eksempel var det relativt høye utslipp av BOF fra utslippspunkt 14 i uke 33 (gjennomsnittlig 6,8 tonn/døgn, kfr tabell i Vedlegg), uten at dette kunne påvises nedstrøms, på stasjon 4 og 4B (se **Figur 5** for plassering av utslippspunkt og stasjoner). Omvendt var utslippene av BOF fra punkt 16 den samme uken relativt beskjedne, uten at dette er synlig på stasjonene 3 og 3B, som ligger nedenfor.



**Figur 23.** Biokjemisk oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>) målt 25.august. Verdiene var på alle stasjoner lave, men det ble likevel registrert en målbar økning fra referansestasjonen oppstrøms Sarpefossen (stasjon 1) til stasjonene som overvåkes langs og nedstrøms Borregaards utslipp.

**Tabell 9.** Økologisk tilstand for hver stasjon for fysisk-kjemiske kvalitetselementene. Beregnede middelveier (etter fjerning av ekstremverdier > 3 x middelveien når denne er ekskludert) for hver stasjon styrer tilstanden. Blå=svært god, grønn=god, gul=moderat, oransje=dårlig, rød=svært dårlig.

Parameter	Enhet	Stasjonsnavn/kode	Stasjonsnavn/kode	Stasjonsnavn/kode
		Stasjon 1	Stasjon 4B	Stasjon 6
<i>Næringssalter, nEQR</i>				
Tot N	nEQR	0,71	0,73	0,69
Tot P	nEQR	0,98 *	1,00	0,98 *
KOF <sub>Mn</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	3,94	4,16	4,24
STS	mg/L	5,07	5,13	6,62
<b>Totalresultat</b>		<b>3,94</b>	<b>4,16</b>	<b>4,24</b>

\* 1 ekstremverdi fjernet; se vedlegg.

### 3.3.1 Oksygenkonsentrasjoner i sedimenter på Grusørene

Oksygenkonsentrasjoner i sedimenter ble målt på åtte utvalgte punkter nedstrøms og mellom grusørene (stasjon 5), 4.november (**Figur 24**). Vannføringen var om lag 460 m<sup>3</sup>, og alle tre steinøyene var fullt eksponert. Vanntemperaturen var 5,7 °C, og oksygenkonsentrasjonen i vannmassene var 11,07 mg/L. Generelt var oksygenkonsentrasjonene i sedimentene lave, og også lavere enn det som ble målt i en tidligere NIVA rapport (Rustadbakken m.fl. 2010). Av de ni målingene (fordelt på 8 punkter) viste fem verdier < 5 mg O<sub>2</sub>/L, som er under smertegrensa for overlevelse av lakserogn (**Tabell 10**). En medvirkende årsak til lave verdier er trolig både tendenser til klogging (gjenkitting av porer på overflaten ved finsedimenter og organiske partikler) og matter av lammehaler, som trolig bidrar til å utestenge sedimentene fra elvevannet og reduserer tilførslene av friskt vann og oksygen. Det må imidlertid presiseres at metoden for oksygenmålinger i sediment kan være beheftet med svakheter. De fleste punktene lå på nedsiden av en av grusørene, dvs i "strømskyggen", der det akkumuleres så fint materiale (sand) at det uansett er uegnet for gyting. I strømmen mellom øyene var det noe grovere sand og grus, men også her var oksygenverdiene i sedimentet lave (f.eks. punkt 2,3 og 4). Store deler av området er ellers dominert av forholdsvis stor (15-40 cm) stein, der det ikke lar seg gjøre å få ned sonden i sedimentet, men der heller

ikke laks kan gyte. Sedimenter av grus og småstein dominert av de størrelsesfraksjonene som laks foretrekker fantes bare i ett område, nærmere bestemt oppstrøms den sørligste grusøren. Her ble det også observert et avgrenset ca 4 m<sup>2</sup> stort areal på 0,5 m dyp der grusen var påfallende lys og helt uten begroing, åpenbart fordi den nylig hadde vært endevendt og gravd i, trolig av gytende laks. To målinger fra sedimentet i denne gytetroppa (punkt 7) viste henholdsvis 10,6 og 10,7 mg O<sub>2</sub>/L, altså tilstrekkelig med oksygen for utvikling av lakserogn. En siste måling ble utført på urørt sediment 1 m bortenfor gytetroppa (punkt 8), og der var oksygenkonsentrasjonen betydelig lavere (7,09 mg/L). Generelt var det mye lammehaler og heterotrof begroing på grusørene i november, og det er rimelig å anta at klogging og begroing er en viktig hindring for oksygenering av sedimentene, men at laks under gytningen bryter denne «forseglingen», og slik bedrer miljøet for rogna og eggens utvikling. Hvor lenge denne oksygeneringen av sedimentene opprettholdes vil trolig avhenge av hvor raskt bunnen gror igjen etter gytning, og dette vet vi ikke.

**Tabell 10.** Oksygenkonsentrasjoner i sediment (20-25 cm under overflaten) ved åtte utvalgte punkter fra grusørene (stasjon 5). Plasseringen av punktene er vist i **Figur 24**.

Punkt nr	sediment	O <sub>2</sub> (mg/L)	Punkt nr	sediment	O <sub>2</sub> (mg/L)
Punkt 1	fin sand	2,57	Punkt 5	fin sand	0,98
Punkt 2	fin sand	2,29	Punkt 6	grus	5,7
Punkt 3	sand/stein	2,49	Punkt 7	grus/småstein	10,56 / 10,66
Punkt 4	grov sand	4,31	Punkt 8	grus/småstein	7,09



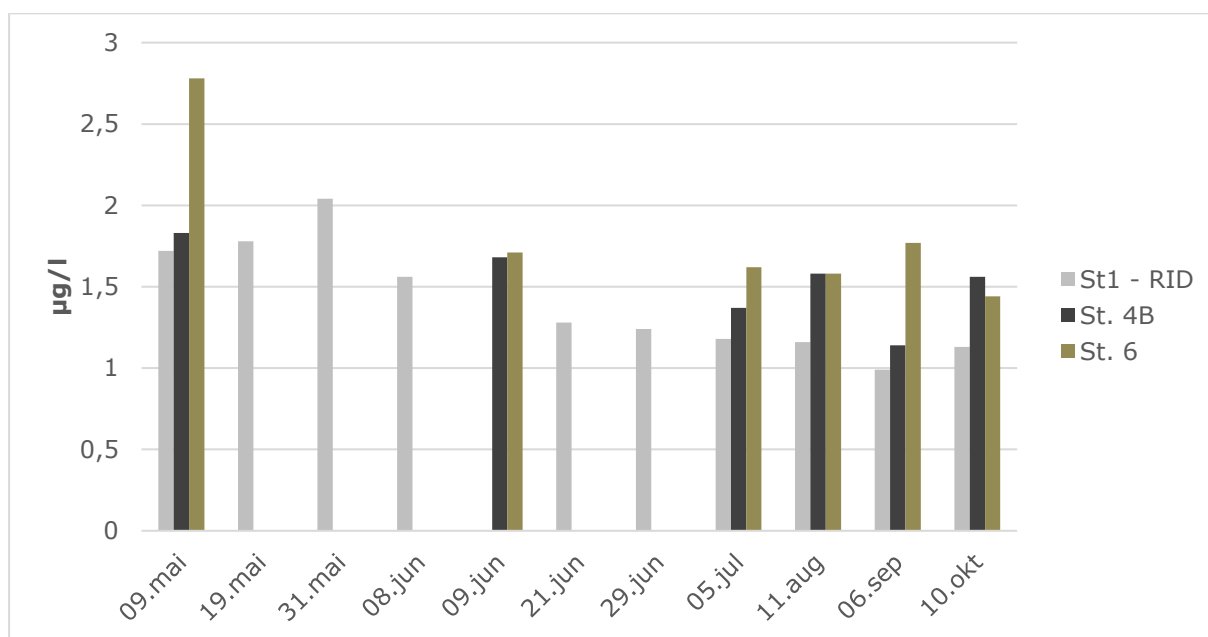
**Figur 24.** Punkter langs Grusørene (stasjon 5) der oksygenkonsentrasjonen i bunnsedimentene ble målt.

### 3.4 Vannregionspesifikke stoffer

Konsentrasjonene av de vannregionsspesifikke stoffene arsen, krom, kobber og sink ble analysert på filtrerte prøver gjennom sesongen **Tabell 11**. Alle verdiene lå under grenseverdiene (Veileder M-608), og det var heller ingen forskjeller som indikerte lokale utslipp langs den overvåkede strekningen. Da Borregaard har et stort utslipp av kobber er sesongvariasjonen for denne variabelen også vist (**Figur 25**). Alle enkeltmålingene lå godt under grenseverdien på 7,2 µg/L.

**Tabell 11.** Middelkonsentrasjoner av vannregionspesifikke stoffer ved stasjon 1 (n=11, flomprøver er utelatt), stasjon 4B (n=6) og stasjon 6 (n=6). EQS verdier er hentet fra Veileder M-608. Data fra filtrerte prøver. Rådata finnes i vedlegg.

Stasjon	As	Cr	Cu	Zn
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
EQS verdi for vann (AA)	0,5	3,4	7,8	11
Stasjon 1	0,17	0,25	1,46	8,26
Stasjon 4B	0,14	0,24	1,53	6,73
Stasjon 6	0,15	0,24	1,82	6,3



**Figur 25.** Konsentrasjoner av kobber (filtrert Cu, µg/L) målt ved stasjon 1, 4B og 6 gjennom sommersesongen 2016.

### 3.5 Kjemisk tilstand

Av EUs prioriterte miljøgifter ble kadmium, kvikksølv, nikkel og bly analysert på filtrerte vannprøver (**Tabell 12**), og lagt til grunn for klassifisering av kjemisk tilstand. Alle stasjoner viste verdier langt under grenseverdiene for miljømålet, og kjemisk tilstand er dermed «god» for den aktuelle vannforekomsten.

**Tabell 12.** Klassifisering av kjemisk tilstand for EUs prioriterte miljøgifter i vann (kun metaller). Gjennomsnittsverdier for stasjon 1 (n=11), stasjon 4B (n=6) og stasjon 6 (n=6). EQS verdier er hentet fra Arp m.fl. 2014. Stoffer som overskrider grenseverdien angis med rød celle (ikke god tilstand), stoffer som ikke overskrider grenseverdien er angitt med blått (god tilstand) (rådata i vedlegg).

Stasjon	Cd	Hg	Ni	Pb
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
EQS verdi for vann	0,08*	0,07	4	1,2
Stasjon 1	0,009	<0,001	0,69	0,23
Stasjon 4B	0,009	0,003	0,64	0,19
Stasjon 6	0,01	0,005	0,63	0,23

\* vurdert opp mot Hardhetsklasse 1, dvs. CaCO<sub>3</sub> < 40 mg/l

### 3.6 Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner

En oversikt over økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner undersøkt i 2016 er gitt i **Tabell 13**, og vist som flyfoto i **Figur 26**. Med HBI2 som kvalitetselement får referansestasjonen oppstrøms Sarpefossen, og stasjon 2, henholdsvis svært god og god økologisk tilstand. Samtlige øvrige stasjoner når ikke opp til miljømålet etter HBI2, og vannforekomstens tilstand er «svært dårlig». Fysisk-kjemiske støtteparametere viser moderat tilstand grunnet forhøyete verdier for  $KOF_{Mn}$ . Kjemisk tilstand er god på målte stasjoner.

**Tabell 13.** Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand per stasjon. Fargekode angir henholdsvis økologisk og kjemisk tilstand. For økologisk tilstand har vi benyttet HBI2, selv om denne enda ikke er fullt implementert som eget kvalitetselement i vannforskriften. Klassifisering av økologisk tilstand: blått=Svært god tilstand, grønn=God tilstand, blank=ikke data for å klassifisere økologisk tilstand. Klassifisering av kjemisk tilstand: blått=God tilstand, rødt=Ikke god tilstand.

Stasjon	Økologisk tilstand – HBI2	Fysisk-kjemiske støtteparametere og vannregionsspesifikke stoffer	Kjemisk tilstand
Stasjon 1	1,00		God
Stasjon 2	0,79		
Stasjon 3	0,30		
Stasjon 3B	0,53		
Stasjon 4	0,14		
Stasjon 4B	0,24		God
Stasjon 4C	0,11		
Stasjon 5	0,15		
Stasjon 6	0,17		God
Stasjon 8	0,18		



**Figur 26.** Oversikt over samlet økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner. Sirklenes venstre halvdel: økologisk tilstand; høyre halvdel: kjemisk tilstand. Fargene følger kodene gitt i vannforskriften, der hvit betyr «ingen data».



## 4 Konklusjoner og videre kunnskapsbehov

De viktigste funnene og konklusjonene etter den tiltaksrettede overvåkingen av Glomma ved Borregaard i 2016 kan sammenfattes slik:

Med heterotrof begroing som kvalitetselement kommer vannforekomsten i dårlig økologisk tilstand (HBI) eller svært dårlig (HBI2) tilstand (**Tabell 6**). Det er ingen systematiske endringer i forhold til tidligere års klassifisering (**Figur 13**). Fra å ha meget god eller god tilstands oppstrøms utslippspunktene fra Borregaard faller tilstanden drastisk på stasjonene langs og nedstrøms disse. Det er store vannmasser i bevegelse langs strekningen, og vanskelig å være sikker på om alle stasjonene befinner seg utenfor det man gjerne omtaler som «innblandingssonen» til et av de mange utslippene fra bedriften (**Tabell 4**). Trenden langs stasjonene er imidlertid for tydelig til å forklare tilstandsklassifiseringen ved dette. Med økende avstand fra utslippsområdet er det imidlertid en svak trend i retning av redusert heterotrof begroing. Det er skaffet til veie en oversikt over andre utslippskilder langs den aktuelle strekningen, men volumene av KOF og BOF som tilføres vassdraget fra disse kildene er marginale i forhold til utslippene fra Borregaard.

Heterotrof begroing responderer på tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff, som kan måles enten som  $KOF_{Mn}$  eller som  $BOF_7$ . Data for  $KOF_{Mn}$  gjennom sesongen avdekket ingen forskjeller mellom referansestasjonen ovenfor Sarpefossen (stasjon 1) og de to utvalgte målepunktene utenfor og nedenfor bedriftens utslipp (stasjon 4B, stasjon 6). Det betydelige vannvolumet i Glomma kan synes å være tilstrekkelig til å utydeliggjøre de aktuelle utslippene ved kjemiske analyser, selv om de biologiske responsene altså er entydige.  $BOF_7$  ble analysert for alle stasjoner i august. Denne kartleggingen viste en svak respons, en noe økte verdier nedstrøms referansestasjonen (stasjon 1).

Det er ikke utviklet noen dose-respons-kurve for forholdet mellom organisk belastning og heterotrof begroing. På tross av at HBI2 indeksen viste en kraftig respons langs og nedstrøms utslippspunktene, ble det ikke påvist noen sammenheng mellom konsentrasjonene av KOF, som faktisk var like høye på referansestasjonen som på stasjon 4B og 6, på tross av at HBI2 reflekterte en betydelig påvirkning av organisk stoff. Også  $BOF_7$ -analysene kan i beste fall bare betraktes som indikative for påvirkningen som HBI2 reflekterte, all den tid  $BOF_7$ -nivået allerede var forhøyet på stasjon 2, der HBI2 viste god økologisk tilstand.

Det er et klart behov for en bedre dokumentasjon av sammenhengen mellom KOF,  $BOF_7$  og HBI2, og for å avklare hvordan ulike former for organisk stoff påvirker indeksen. Dette ville også gjøre det enklere å estimere reduksjonen i utslipp som må til for å løfte økologisk tilstand i Glomma ved Borregaard over miljømålet. Dessverre er altså en dose-respons-sammenheng fortsatt utenfor rekkevidde, og det er dermed per i dag ikke mulig å si noe hvilke utslippsmengder av organisk stoff som vassdraget kan tåle.

Det ble fanget 44 årsyngel av laks på grusørene. Vi antar dermed at tettheten på grusørene i 2016 var lavere enn i 2015, men høyere enn i 2014. Selv om tetthetene ikke er høye, ser det ut til at forholdene for laks på grusørene fortsatt er betydelig bedre enn i 2009–2010, samt at årene 2015–2016 muligens har hatt litt bedre forhold enn 2013–2014. Fargemerkede 0+ laks (settefisk) utgjorde ca. 3 % av de undersøkte 0+ laks. Det antyder at det i 2016 hovedsakelig var naturlig produsert laks på grusørene. At grusørene i 2016 har tettheter av laks på nivå med 2014 og 2015, mens andelen villfisk er større, kan tyde på at produksjonen av villfisk har vært større i 2016 enn i 2014 og 2015.

Som del av vurderingene knyttet til rekruttering av laks ble oksygenkonsentrasjonen 25 cm nede i sedimentene omkring grusørene målt med oksygensonde. Generelt var oksygennivåene i sedimentene lave, noe som trolig både skyldes rikelige tilførsler av organisk stoff og matter av heterotrof begroing. I en gytegrøp fra laks ble det imidlertid målt oksygenkonsentrasjoner som er fullt tilfredsstillende for rognas behov, dersom det målte oksygennivået holder seg gjennom vinteren.



## 5 Referanser

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. Miljødirektoratets rapportserie TA-1468/1997
- Arp, H.P, Ruus, A., Machen, A., Lillicrap, A. 2014. Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder. Miljødirektoratets rapportserie M-241/2014
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. & Saltveit, S. J. 1989. Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Bremset, G., Olstad, K., Berg, M. & Sandlund, O.T. 2011. Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter. Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium og feltmålinger utført i perioden 2007-2010. NINA Rapport 670, 41 sider.
- Bækken, T., Kile, M.R., Edvardsen, H., Hagman, C. & Persson, J. 2013. Overvåking av Glomma, Vorma og Øyeren 2012. NIVA-rapport. ISBN 978-82-577-6232-2.
- Bækken, T., Kile, M.R., Lund, E. & Rustadbakken, A. 2015. Tiltaksrettet overvåking i Glomma – Utslipp fra Borregaard. NIVA-rapport. L.Nr. 6766-2015.
- Direktiv 2009/90 EC, Technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 3 sider.
- Direktoratsgruppa (2009). Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften, Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanddirektivet: 184.
- Direktoratsgruppa (2010). Veileder 02:2009. Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking ikt. kravene i Vannforskriften.
- Direktoratsgruppa (2011). Veileder 01:2011. Karakterisering og analyse. Metodikk for karakterisering og risikovurdering av vannforekomster etter vannforskriftens §15.
- Direktoratsgruppa (2013). Veileder 02:2013: Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Direktoratsgruppa (2014). Veileder 01:2014. Sterkt modifiserte vannforekomster: Utpeking, fastsetting av miljømål og bruk av unntak.
- Direktoratsgruppa (2015) Veileder 02:2013 – revidert 2015 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Kelly, M.G., Phillips, G. & Willby, N. (2011) Macrophytes and Phytobenthos: an ecological rationale for the combined quality element, part 2. *Paper submitted to Freshwater task team, UKTAG.*
- Lund, E., Schneider, S.C. & Rannekleiv, S.B. (2012) Begroing i Glomma ved Borregaard, feltundersøkelse 9. mai 2012. NIVA prosjekt nr: O-12211.
- Lund, E., Rustadbakken, A & Hokseggen, T. 2014. Fargemerking av lakserogn i Glomma kultiveringsanlegg, Borregaard, 2014. NIVA-rapport 6763-2014.
- Lund, E. 2016. Vurdering av endringer i oppvekstforhold for laks i Glomma ved Borregaard i perioden 2010–2015 og betydningen av fiskeutsettinger fra Glomma kultiveringsanlegg. NIVA-rapport 7018-2016.
- McGarrigle, M. & Lucey, J. (2009) Intercalibration of ecological status of rivers in Ireland for the purpose of the water framework directive. *Biology & environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 237-246.
- Mechsner, K. (1985) The influence of seasonal light variations on the growth of *Sphaerotilus natans*. *Hydrobiologia*, **120**, 193-197.
- NGOFA (Nedre Glomma og Omland Fiskeadministrasjon). 2013. Farvel – og på gjensyn!  
<http://www.ngofa.no/index.asp?s=artikkel&id=129>
- NGOFA (Nedre Glomma og Omland Fiskeadministrasjon). 2015. Første laks fra klekkeriet er kommet hjem. <http://www.ngofa.no/index.asp?s=artikkel&id=173&fraarkiv=true>
- NGOFA (Nedre Glomma og Omland Fiskeadministrasjon). 2015. Laksebørs for sesongen 2015.  
<http://www.ngofa.no/index.asp?s=borsen&sesong=2015>
- NGOFA (Nedre Glomma og Omland Fiskeadministrasjon). 2016. Laksebørs for sesongen 2016.  
<http://www.ngofa.no/index.asp?s=borsen>

- OSPAR 2012. JAMP [Joint Assessment and Monitoring Programme] Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota. OSPAR Commission, ref.no. 99-02e.
- Ranneklev, S., Kile, M.R., Bækken, T. & Lund, E. 2013. Tiltaksrettet overvåking i Glomma – Utslipp fra Borregaard. NIVA-rapport 6579-2013.
- Ranneklev, S., Molvær, J., Lund, E., Edvardsen, H., Kile, M.R., Eriksen, T. & Rustadbakken, A. (2012) Undersøkelserprogram for vurdering av nytt utslippspunkt og innblandingssone for avløpsvann til Glomma fra Borregaard. NIVA-rapport. L.Nr. 6437-2012.
- Rustadbakken, A., Bækken, T., Kile, M.R. & Haugen, T. 2011. Økologisk tilstand i Glomma nedenfor Sarpsfossen 2009-2010 - undersøkelser i forbindelse med Borregaards utslipp av organisk materiale. NIVA-rapport 6099-2010.
- Schneider, S.C. & Ranneklev, S.B. (2012) Begroing i Glomma ved Borregaard, feltundersøkelse 3. september 2012. NIVA prosjekt nr: O-12211.
- Uktag (2012) Proposed recommendations on biological standards. ANNEX 3 - RIVERS - Macrophytes & Phytobenthos (combination). *UK Technical advisory group on the water framework directive. Draft for Consultation.*
- Vannforskriften 2015. FOR-2006-12-15-1446, Forskrift om rammer for vannforvaltningen, [www.lovddata.no](http://www.lovddata.no)
- Veileder M-608. <http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/veiledere-direktoratsgruppa/grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sedimenter-og-biota-m608.pdf>
- Aanes, Karl Jan, Bækken, Torleif, Kile, Maia Røst, Lund, Espen & Rustadbakken, Atle. 2016. Tiltaksrettet overvåking i Glomma 2015 – Utslipp fra Borregaard. NIVA-rapport 6941-2015.

## 6 Vedlegg

### Koordinater for alle stasjoner knyttet til NIVAs overvåking av Glomma ved Borregaard

Stasjonsnavn	Stasjonskode	Latitude	Longitudo	X_UTM33	Y_UTM33
Sarpefossen_oppstrøms_(referanse)	1	59,279806	11,134035	279776	6577600
Glomma_Papp_øvre	2A	59,270828	11,123287	279106	6576637
Glomma_Papp_nedre	2B	59,270451	11,122680	279069	6576597
Huset_på prærien	3	59,269864	11,117794	278787	6576548
Gammelt sement-rør	3B	59,268928	11,1147574	278608	6576454
Borregaardsholmen	4	59,264884	11,106087	278088	6576033
Måkeberget	4B	59,26525575	11,1115939	278404	6576056
Dombergodden	4C	59,265066	11,10373898	277955	6576007
Grusører_øvre	5A	59,266027	11,101918	277858	6576174
Grusører_nedre	5B	59,266428	11,101503	277837	6576220
Under E6 sørbredden	6	59,269256	11,096297	277559	6576552
Pæddekummen_indre	7A	59,272252	11,091879	277327	6576900
Pæddekummen_ytre	7B	59,271485	11,091774	277316	6576815
Sundløkka_nedstrøms	8	59,266085	11,082612	276759	6576245
Borregaard vanninntak	Vk-1	59,276333	11,131549	279612	6577222
Amtmannsgrunnen_vannkjemi	Vk-A	59,270073	11,089653	277186	6576665

Oversikt over heterotrof begroing, hovedsakelig bakterien *Sphaerotilus natans*, fra 10 lokaliteter ved Borregaard 2013-2016. Mengden er angitt som prosent dekning vår, sommer og høst. I tillegg er HBI, nEQR for HBI og økologisk tilstand basert på organisk belastning beregnet.

Stasjon	År	Dekningsgrad (%)	HBI	nEQR	Økologisk tilstand
St 1	Vår2013	0	0,00	1,00	Svært God
	Sommer2013	0			
	Høst2013	0			
	Vår2014	0	0,03	0,79	God
	Sommer2014	0,1			
	jan.15	0			
	Vår2015	0	0,00	1,00	Svært god
	Sommer2015	0			
	Høst2015	0			
	Vår2016	0	0,00	1,00	Svært god
	Sommer2016	0			
	Høst2016	0			
St 2A	Vår2013	0,001	0,03	0,79	God
	Sommer2013	0,1			
	Høst2013	0,001			
	Vår2014	0	0,07	0,79	

Stasjon	År	Dekningsgrad (%)	HBI	nEQR	Økologisk tilstand
	Sommer2014	0,1			God
	jan.15	0,1			
	Vår2015	0,01			God
	Sommer2015	0,01	0,04	0,79	
	Høst2015	0,1			
	Vår2016	0,001			God
	Sommer2016	0,01	0,04	0,79	
	Høst2016	0,1			
St 3	Vår2013	30			Dårlig
	Sommer2013	10	20,00	0,35	
	Høst2013	20			
	Vår2014	35			Dårlig
	Sommer2014	1	12,33	0,39	
	jan.15	1			
	Vår2015	19			Dårlig
	Sommer2015	7	25,33	0,32	
	Høst2015	50			
	Vår2016	50			Dårlig
	Sommer2016	2,1	18,37	0,36	
	Høst2016	3			
St 3B	Sommer2016	11			Moderat
	Høst2016	2	6,50	0,48	
St 4	Vår2013	40			Dårlig
	Sommer2013	40	30,00	0,30	
	Høst2013	10			
	Vår2014	50			Svært dårlig
	Sommer2014	45	52,00	0,19	
	jan.15	61			
	Vår2015	80			Svært dårlig
	Sommer2015	11	57,00	0,17	
	Høst2015	80			
	Vår2016	90			Svært dårlig
	Sommer2016	60,1	70,37	0,12	
	Høst2016	61			
St 4B	Vår2016	65			Dårlig
	Sommer2016	0,1	28,70	0,31	
	Høst2016	21			
St 4C	Vår2016	55			Svært dårlig
	Sommer2016	12	52,33	0,19	
	Høst2016	90			
St 5B	Vår2013	60			Dårlig
	Sommer2013	50	48,33	0,21	

Stasjon	År	Dekningsgrad (%)	HBI	nEQR	Økologisk tilstand
	Høst2013	35			
	Vår2014	40			
	Sommer2014	25	35,33	0,27	Dårlig
	jan.15	41			
	Vår2015	92			
	Sommer2015	1	57,67	0,17	Svært dårlig
	Høst2015	80			
	Vår2016	80			
Sommer2016	0,1	48,38	0,21	Dårlig	
Høst2016	65				
St 6	Vår2013	40			
	Sommer2013	25	53,33	0,19	Svært dårlig
	Høst2013	95			
	Vår2014	50			
	Sommer2014	60	40,00	0,25	Dårlig
	jan.15	10			
	Vår2015	30			
	Sommer2015	2	25,67	0,32	Dårlig
Høst2015	45				
Vår2016	10,01				
Sommer2016	15,1	38,40	0,26	Dårlig	
Høst2016	90,1				
St 8	Vår2013	50			
	Sommer2013	0,1	38,33	0,26	Dårlig
	Høst2013	65			
	Vår2014	70			
	Sommer2014	1	33,67	0,28	Dårlig
	jan.15	30			
	Vår2015	5			
	Sommer2015	0,2	7,40	0,46	Moderat
Høst2015	17				
Vår2016	50,01				
Sommer2016	0,2	34,07	0,28	Dårlig	
Høst2016	52				

Oversikt over heterotrof begroing, hovedsakelig bakterien *Sphaerotilus natans*, fra 10 lokaliteter ved Borregaard i 2016. Mengden er angitt som prosent dekning innen 4 forskjellige tykkelses kategorier vår og høst. I tillegg er HBI2, nEQR og økologisk tilstand basert på organisk belastning beregnet.

tasjon	Prøvetaking	Dekningsgrad, %						Vektet sum	HBI2	nEQR	Tilstand
		Mikroskopisk	Tynt	Tykt	Massivt	SUM	Gj.snitt				
1	Vår	0	0	0	0	0		0			Svært god
	Høst	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	1,00	
2	Vår	0,001	0	0	0	0,001		0,001			God
	Høst	0,1	0	0	0	0,1	0,05	0,1	0,05	0,79	
3	Vår	0	20	20	10	50		100			Dårlig
	Høst	0	0	1	2	3	26,50	10	55,00	0,30	
3B	Høst	0	0	2	0	2	2,00	4	4,00	0,53	Moderat
4	Vår	0	60	5	25	90		170			Svært dårlig
	Høst	0	1	20	40	61	75,50	201	185,50	0,14	
4B	Vår	0	50	0	15	65		110			Dårlig
	Høst	0	1	15	5	21	43,00	51	80,50	0,24	
4C	Vår	0	12	3	40	55		178			Svært dårlig
	Høst	0	0	40	50	90	72,50	280	229,00	0,11	
5	Vår	0	60	10	10	80		120			Svært dårlig
	Høst	0	5	10	50	65	72,50	225	172,50	0,15	
6	Vår	0,01	0	0	10	10,01		40,01			Svært dårlig
	Høst	0,1	0	60	30	90,1	50,06	240,1	140,06	0,17	
8	Vår	0,01	0	30	20	50,01		140,01			Svært dårlig
	Høst	0	0	50	2	52	51,01	108	124,01	0,18	

## Beregning av og klassegrenser for HBI2

HBI2 baserer seg på 4 tykkelses kategorier samt dekningsgraden av hver av disse. Utregnede indeksverdier strekker seg fra 0 til 400, hvor lave verdier indikerer liten grad av organisk belastning, mens høye verdier indikerer stor grad av organisk belastning. I utregningen av indeksen vektet tykkelses kategoriene forskjellig.

- Mikroskopiske funn og tynne lag vektet som 1.
- Tykke forekomster vektet som 2
- Massive forekomster vektet som 4

Årsaken til denne vektingen baserer seg på at et tynt dekke heterotrof begroing ikke har like stor negativ effekt som et tykt eller et massivt dekke av heterotrof begroing, som derfor vektet høyere.

HBI2 beregnes med følgende formel:

HBI2 =

$((\text{mikroskopisk; vår + høst + tynt; vår + høst}) \times 1 + (\text{tykt; vår + høst}) \times 2 + (\text{massivt; vår + høst}) \times 4) / 2$

Referanseverdi og klassegrenser for HBI2-indeksen:

Tilstandsklasser	HBI2 absoluttverdier
Referanseverdi	0
Svært god	0
God	>0-0,99
Moderat	1-9,99
Dårlig	10-99,99
Svært dårlig	100-400

For å kunne beregne EQR trenger man referanseverdien samt den maksimale verdien for indeksen. Referanseverdien er 0, mens den maksimale indeksverdien er 400.

$$\text{EQR} = (\text{Observert} - \text{maks}) / (\text{Referanse} - \text{maks})$$

$$\text{EQR} = (\text{Observert} - 400) / (0 - 400)$$

Referanseverdi og klassegrenser for HBI2-EQR-verdier:

Tilstandsklasser	HBI2 EQR
Referanseverdi	1
Svært god	1
God	0,999-0,997
Moderat	0,997-0,975
Dårlig	0,975-0,75
Svært dårlig	0,75-0

### Rådata vannkjemiske variabler 2016

	KOFCr	KOFMn	Tot-P	Tot-N	STS	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Stasjon 1	mg/L	mg/L	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l
04.apr			35	760	30,5	0,31	0,01	0,71	2,01	<1	1,27	0,67	7,9
09.mai	14	7,2	24	665	11,8	0,23	0,01	0,5	1,72	<1	1,17	0,42	18
19.mai			15	535	7,1	0,21	0,01	0,18	1,78	<1	0,75	0,24	6,7
31.mai			16	500	6,85	0,16	0,02	0,22	2,04	<1	0,78	0,28	9,0
08.jun			11	435	4,45	0,16	0,01	0,22	1,56	<1	0,56	0,17	9,2
09.jun	<10	4											
21.jun			9	460	4,46	0,15	0,01	0,2	1,28	<1	0,5	0,14	8,3
29.jun			7	455	3,79	0,13	0,01	0,19	1,24	2	0,46	0,12	11
05.jul	11	-	9	475	3,39	0,15	0,01	0,17	1,18	<1	0,61	0,13	4,3
11.aug	<10	3	10	450	4,67	0,15	0,01	0,19	1,16	<1	0,6	0,15	7,2
06.sep	<10	3,1	7	405	2,37	0,14	0,01	0,089	0,99	<1	0,41	0,1	6,8
10.okt	<10	2,4	6	420	1,84	0,10	0	0,092	1,13	<1	0,50	0,08	3,1
<b>Stasjon 4B</b>													

09.mai	12	7,8	21	670	11,8	<0,001	0,21	0,44	0,014	1,83	0,57	1,21	8,3
09.jun	11	4,1	10	455	5	<0,001	0,16	0,211	0,009	1,68	0,22	0,74	11
05.jul	<10	-	9	495	3,8	0,003	0,12	0,151	0,008	1,37	0,24	0,67	7,6
11.aug	<10	3	4	455	4	<0,001	0,13	0,166	0,007	1,58	0,18	0,63	3,1
06.sep	<10	3,2	10	415	3,8	<0,001	0,14	0,095	0,007	1,14	0,1	0,32	5,4
10.okt	<10	2,7	6	415	2,4	<0,001	0,11	0,083	0,007	1,56	0,12	0,54	5,2
<b>Stasjon 6</b>													
09.mai	16	8,3	24	725	14,8	<0,001	0,23	0,505	0,021	2,78	0,5	1,23	9,4
09.jun	17	4,1	9	455	4,8	<0,001	0,13	0,183	0,011	1,71	0,21	0,74	9,4
05.jul	<10	-	34	705	4,4	<0,001	0,15	0,19	0,007	1,62	0,25	0,64	4,5
11.aug	<10	2,9	9	460	4,8	<0,001	0,15	0,194	0,008	1,58	0,19	0,57	5,6
06.sep	<10	3,2	10	415	8	<0,001	0,13	0,204	0,009	1,77	0,11	0,36	6,2
10.okt	<10	2,7	6	415	2,9	<0,001	0,12	0,101	0,005	1,44	0,15	0,54	2,7



Gjennomsnittlige utslipp (tonn/døgn) av KOF og BOF for ulike punkter fra Borregaard, i de to forutgående uker for biologisk og vannkjemisk prøvetaking 2016.

Avløp nr	stasjon, ukenummer, utslipp/tonn/døgn	16	17	18	19	22	23	26	27	31	32	35	36	40	41	43	44	gj.sn
33	KOF - Opsund	0,9	0,1	0,1	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,4
29	KOF - Kokeri - Lukket kloakk	1,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,6	0,8	0,0	0,2
28	KOF - Kokeri - Åpen kloakk	17,9	9,1	5,2	3,1	4,4	6,9	4,3	3,0	1,3	4,7	5,7	8,9	5,4	3,8	4,6	2,4	4,6
42	KOF - Vanillin	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,7	0,5	0,3	0,6	0,7	0,5	0,4
41	KOF - UF anlegg	0,3	2,5	1,1	3,2	5,2	2,1	4,3	3,5	3,2	3,1	2,6	2,4	1,1	1,5	2,0	3,7	2,8
23	KOF - Lignin 2, spesiallinje 2	4,5	2,5	2,2	0,9	1,6	2,7	1,5	1,1	0,6	1,4	1,7	1,2	1,4	0,9	0,0	0,0	1,2
21	KOF - Lignin 1, Etanol, Farma nedre	0,4	0,7	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,0	0,0	0,6
17/18	KOF - Farma Øvre - Glomma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,7	1,7	1,8	1,5	1,8	1,7	1,5	1,8	1,0
16	KOF - Blekeri	11,7	9,0	6,3	8,9	3,6	5,6	8,8	6,7	13,7	8,6	8,4	25,7	8,1	18,2	3,2	6,6	9,5
14a+b	KOF - Bioreseanl, AOX-reaktor, Biokjel	4,1	3,2	2,4	2,2	1,6	2,9	4,5	2,5	5,6	3,6	3,7	7,9	2,8	8,4	0,0	0,0	3,4
2	KOF - Spraytørke	0,7	0,9	0,7	1,0	0,8	0,6	0,5	0,7	0,6	0,9	1,6	0,8	1,2	1,8	0,8	0,7	0,9
	Sum:	42,3	28,6	19,0	20,9	18,9	22,0	25,9	19,3	28,1	25,9	27,2	50,0	23,1	38,3	13,7	16,1	24,9
33	BOF - Opsund	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2			0,2
29	BOF - Kokeri Lukket kloakk	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1			0,1
28	BOF - Kokeri Åpen kloakk	4,5	2,5	2,2	0,9	1,6	2,7	1,5	1,1	0,6	1,4	1,7	1,2	1,4	0,9			1,8
23	BOF - Lignin 2+sp.linje2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
42	BOF - Vanillin	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			0,2
41	BOF - UF-anlegg	0,2	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3	0,3			0,4
21	BOF - Lignin 1, Etanol, Farma Nedre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			3,6
17/18	BOF - Farma - Glomma Øvre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1			0,0
16	BOF - Blekeri+TM	4,1	3,2	2,4	2,2	1,6	2,9	4,4	2,5	5,5	3,5	3,6	7,8	2,7	8,3			2,9
14a+b	BOF - Bioreseanl, AOX-reaktor, Biokjel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			5,8
2	BOF - Spraytørka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0			0,0
	Sum	9,2	6,6	5,4	3,9	4,2	6,3	6,9	4,6	7,1	6,0	6,2	10,0	5,1	10,0			15,0

## 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 samfunnsniv.



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)