

Undersøkelsesprogram for vurdering av nytt utslippspunkt og innblandingszone for avløpsvann til Glomma fra Borregaard



RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Undersøkellesprogram for vurdering av nytt utslippspunkt og innblandingssone for avløpsvann til Glomma fra Borregaard	Løpenr. (for bestilling) 6437-2012	Dato 28.10.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-11313	Sider Pris 42
Forfatter(e) Sissel Brit Ranneklev, Jarle Molvær, Espen Lund, Hanne Edvardsen, Maia Røst Kile, Tor Erik Eriksen og Atle Rustadbakken	Fagområde Innblandingssone, kjemisk/økologisk tilstand, elv	Distribusjon Fri
	Geografisk område Glomma, Østfold, Sarpsborg	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Borregaard	Oppdragsreferanse
--------------------------------	-------------------

<p>Sammenheng</p> <p>Vannkvaliteten i Glomma utenfor Borregaard viser sterk belastning av organisk materiale, og området rundt Pæddekummen er tydelig påvirket. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet og dekkingsgrad av bakterien lammehaler viser at elva er belastet med lettomssettelige organiske forbindelser. Målinger utført i vannsøylen av KOF, BOD₅, SPM og oksygen reflekterer ikke dette. I forbindelse med krav fra Klif om å vurdere muligheten for å flytte hovedutslippspunktet nedstrøms til Melløs, ønsket Borregaard beregninger av fortyninger og konsentrasjoner som kan forventes fra nytt utslippspunkt. Ved hjelp av modellen Visual Plumes (VP) ble forventede konsentrasjoner og fortyninger fra nytt utslippspunkt beregnet. Resultater viste at det var generelle gode betingelser i elva for å få en rask og god innblanding av avløpsvannet i Glomma. Ved flytting av utslippet til Melløs vil mest sannsynlig grusørene få en vesentlig mindre organisk belastning. Et utslipp ved Melløs blir imidlertid liggende langt nærmere Pæddekummen enn dagens utslipp. Med redusert utslipp i fremtiden, men samtidig også et utslipp nærmere Pæddekummen er det knyttet usikkerhet i hvordan belastningen i Pæddekummen blir framover.</p>

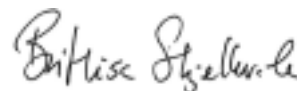
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Innblandingssone 2. Økologisk tilstand 3. Kjemisk tilstand 4. Vanddirektivet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mixing zone 2. Ecological status 3. Chemical status 4. Water Framework Directive
---	---



Sissel Brit Ranneklev
Prosjektleder



Thorjorn Larssen
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6172-1

Undersøkelsesprogram for vurdering av nytt utslippspunkt og innblandingssone for avløpsvann til Glomma fra Borregaard

Forord

NIVA ble kontaktet av Borregaard vedrørende utforming av undersøkelsesprogram som skal benyttes som underlagsmateriale for vurdering av nytt utslippspunkt til Glomma fra det anaerobe rensesanlegget. Undersøkelsesprogrammet omfatter kjemiske, biologiske og hydrodynamiske målinger.

Fra NIVA har følgende personell deltatt og med tilhørende ansvarsområde:

Begroingsundersøkelser: Maia Røst Kile
Vannplanter: Hanne Edvartsen
Fiskeundersøkelser: Espen Lund & Atle Rustadbakken
Hydrodynamiske målinger: Jarle Molvær
Bunndyrundersøkelser: Tor Erik Eriksen
Kjemi og sammenstilling av rapport: Sissel Brit Ranneklev

Fra Borregaard har vi fått assistanse av flere: Kjersti Garseg, Lena Ulvan, John Erlend Mosbye, Cato Kristoffersen, Gjert Olav Olsen, Jon Andre Nilsen og Sarpsborg brannvesen.

Takk for aktiv deltagelse og interesse for prosjektet.

Oslo, 24.11.2012



Sissel Brit Ranneklev

Innhold

Sammendrag	6
Summary	9
1. Innledning	11
2. Stasjonsoversikt	12
3. Vannkjemi	13
3.1 Materiale og metode	13
3.2 Resultater vannkjemi	13
3.3 Oppsummering vannkjemi	15
4. Prøvefiske	16
4.1 Materiale og metoder	16
4.2 Resultater fiske	16
4.3 Oppsummering prøvefiske	17
5. Bunnfauna	17
5.1 Materiale og metoder	17
5.2 Resultater bunnfauna	18
5.3 Oppsummering bunnfauna	19
6. Begroingsalger	20
6.1 Materiale og metoder	20
6.2 Resultater begroingsalger	20
6.3 Oppsummering begroingsalger	22
7. Vannvegetasjon	22
7.1 Materiale og metoder	22
7.2 Resultater vannvegetasjon	22
7.3 Oppsummering vannvegetasjon	23
8. Beregning av fortykning og konsentrasjon ved nytt utslipp til Glomma fra Borregaard	24
8.1 Materiale og metode	24
8.2 Resultater- fortykning og konsentrasjon ved nytt utslippspunkt til Glomma	24

9. Pæddekummen	25
10. Referanser	27
Vedlegg A. Kjemiske analyser	29
Vedlegg B. Bunnfauna	34
Vedlegg C. Begroingsalger	35
Vedlegg D. Vannvegetasjon	38
Vedlegg E. Beregning av fortykning og konsentrasjon ved nytt utslipp til Glomma fra Borregaard	39

Sammen drag

Generelt

Høsten 2008 ble trinn II i Borregaards aerobe renseanlegg stengt pga fare for Legionellasmitte. Som følge av dette har det siden 2008 vært større utslipp av lettomsattelig organisk materiale til Glomma. Borregaards økte utslipp kan ha bidratt til at det nå har vært en oppblomstring av lammehaler (*Sphaerotilus natans*) i elva, og dekningsgraden i sedimentene er høy. Under vekst forbraker lammehaler oksygen og hindrer utveksling av oksygen mellom de frie vannmassene og sedimentene. Som et resultat av dette har man observert en lav tetthet av fisk i sentrale gyte- og oppvekstområder (grusørene) og en bunndyrsammensetning som indikerer organisk belastning i resipienten.

Borregaard investerer i nytt anaerobt renseanlegg som skal være fullt operativt i 2013, og som vil gi redusert utslipp av organisk materiale til Glomma. Utslippspunktet for nytt renseanlegg blir på samme sted som gammelt anlegg, og det har vært gjort vurderinger om flytting av utslippspunkt til nedstrøms grusørene.

I forbindelse med krav fra Klif om å vurdere muligheten for å flytte utslippspunkter til område nedstrøms grusørene, ønsket Borregaard beregninger av fortykning og konsentrasjoner som kan forventes nedstrøms et eventuelt nytt utslippspunkt i Melløs. Beregninger av fortykninger og konsentrasjoner av utslippet er utført med modellen Visual Plumes (VP). I tillegg er kjemiske, biologiske og hydrodynamiske målinger utført for å gi en indikasjon over status før det nye renseanlegget tas i bruk. Generert data vil videre gi nyttig informasjon for å vurdere effekter av reduksjoner i utslippet framover.

Målestasjoner ble etablert rett nedstrøms Sarpsfossen til Pæddekummen. Hovedvekt av stasjoner ble lagt rundt Pæddekummen, da dette området vil sannsynlig bli berørt av eventuelt nytt utslippspunkt. Området rundt Pæddekummen som danner en bakevje i Glomma med stillestående vann, er i dag også belastet med andre utslipp.

Vannkjemi

Vannprøver ble tatt fra overflaten (0,1 m) og ved ulike dyp, og analysert for KOF, BOD, STS, N/P-forbindelser, TOC, oksygen og metaller. De kjemiske analysene viste ikke at resipienten var belastet med organisk materiale. Det var god innblanding i vannmassene og lavere oksygenkonsentrasjon ble ikke målt mot bunnen. Målinger viste at Glomma er noe belastet med hensyn til nitrogen, og status ligger nær Moderat klasse. Beregnede nEQR (normaliserte Ecological Quality Ratioer), for fosfor klassifiserer vannforekomsten til Svært god status. Konsentrasjoner av Cd, Hg, Pb, Ni, Cr og Zn var lavt og under EQS-verdier, mens Cu-konsentrasjoner var forhøyet (Klasse III/Klifs klassifiseringssystem) og ble klassifisert til Moderat status. Konsentrasjonene av næringssalter og metaller i våre prøvestasjoner var tilsvarende funn fra målestasjon oppstrøms Sarpsfossen som benyttes i Klifs RID-program.

Fisk

Det ble prøvfisket med garn i Glomma ved Borregaard 25.–26. april 2012. Garna ble satt enten enkeltvis eller lenket to og to fra land og ut mot dypere partier i området Sundløkka–Pæddekummen–Melløs. Prøvfisket ga lav fangst, og det ble fanget 3 mort, 2 lake, 1 stam og 1 hork. Hovedårsak til lav fangst skyldes at mange av garna ble tettet igjen med lammehaler. Et vellykket prøvfiske var derfor ikke mulig. Utover sommeren og høsten 2012 ble lammehaler påvist i samme område, og det ble derfor besluttet å ikke gjøre flere forsøk på prøvfiske med garn i 2012.

Bunndyr

For bunndyr ble organisk belastning målt med indeksen Average Score Per Taxon (ASPT). ASPT-verdier i elv som er lavere enn 4, vil uavhengig av habitat peke i retning av organisk forurensing. For

enkeltprøver lå ASPT-verdier mellom 1,5 og 4,2, og samlet sett for alle lokaliteter var ASPT-verdien på 4,4, noe som er lavt og tyder på organisk belastning for bunndyrsamfunnet. Det ble registrert to taksa av døgnfluer (*Ephemerella mucronata* og *Baetis* sp.) og ett taksa av vårfluer (*Psychomyia pusilla*), mens steinfluer var fraværende. Dette er uvanlig lav diversitet for disse gruppene, og tyder på et oksygenfattig miljø og/eller et svært tiltettet substrat. Andelen av døgnfluer og vårfluer i forhold til andelen av gruppene fjærmygg, fåbørstemark og *Asellus* (gråsugge) var også lave. Området rundt Stasjonene rundt Pæddekummen fikk laveste ASPT-verdier.

Begroingsalger

Eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status) ble beregnet for bentiske alger (ekskludert kiselalger). Utregnede indeksverdier strekker seg over en skala fra 1,87 til 68,91, hvor lave PIT-verdier tilsvarer lave fosforverdier (oligotrofe forhold), mens høye PIT-verdier indikerer høye fosforkonsentrasjoner (eutrofe forhold). Fem av seks stasjoner er i god tilstand, mens en er i moderat tilstand, dette var Stasjon 4 innerst i Pæddekummen. Som et tillegg ble forsuringindeksen AIP (Acidification Index Periphyton) beregnet for hver stasjon, og alle stasjonene ble klassifisert i Svært god økologisk tilstand.

Vannplanter

Vannvegetasjonen i *Glomma* ved Borregaard ble undersøkt og kvantifisering av vannvegetasjonen ble gjort etter en semi-kvantitativ skala. I tillegg ble de viktigste helofyttene («sivvegetasjon/sumpplanter») notert. To arter av vannplanter ble registrert i elva, flotgras (*Sparganium angustifolium*) og ett eksemplar av tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*). En art, hjertetjønna (*Potamogeton perfoliatus*), ble bare funnet i driv og kan ha sin opprinnelse lengre oppe i elva, da den er relativt vanlig i hele vassdraget. Flotgras (*Sparganium angustifolium*) ble registrert på alle lokalitetene med unntak av i Pæddekummen, mens tusenblad bare ble registrert ytterst i Pæddekummen. Generelt ble få arter registrert i elva. Dette tyder på at det ikke er skjedd noen forbedring av forholdene for vannvegetasjonen i elva siden 1980, tvert om synes forekomsten av hjertetjønna (*Potamogeton perfoliatus*) å ha gått noe tilbake i området. Årsaken til dette er ikke klart.

Modellering

For beregninger av fortytning og konsentrasjoner som kan forventes nedstrøms utslippet ble modellen Visual Plumes (VP) benyttet. Beregninger med VP ble deretter utført for 18 ulike scenarier, hvor forskjellige kombinasjoner av vannmengde, strømhastighet, konsentrasjoner av kobber (Cu, 500 og 1000 µg/l) og suspendert partikulært materiale (SPM, 340 mg/l) i avløpsvannet ble benyttet.

Utslipp av suspendert partikulært materiale (SPM)

Beregningene viser at allerede 100-400 m nedstrøms utslippet – avhengig av mengde avløpsvann og strømhastighet – var konsentrasjonsøkningen som SPM, avtatt fra 340 mg/l til 1 mg/l, tilsvarende bakgrunnskonsentrasjoner i *Glomma*. Resultatene tyder på at utslipp gjennom en godt dimensjonert diffusor vil gi så stor fortytning at det sikrer en akseptabel konsentrasjon av SPM i relativt kort avstand nedstrøms utslippet.

Utslipp av kobber

Sarpsfossen klassifiseres som Markert forurenset (Klasse III) av Cu, og med en bakgrunnskonsentrasjon på ca 1,7 µg Cu/l vil det kreves meget stor fortytning for å oppnå en konsentrasjon ned mot 2 µg Cu/l, og en konsentrasjon på 1,7-1,8 µg Cu/l kan neppe oppnås før svært langt nedenfor utslippet.

Når konsentrasjonen i avløpsvannet er 500 µg Cu/l vil konsentrasjonen avta raskt de første 200-300 m pga. den store fortytningen som diffusoren gir. I ca 500 m avstand er konsentrasjonen 2-2,2 µg Cu/l, dvs. 0,3-0,5 µg Cu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Deretter avtar konsentrasjonen meget langsomt.

Ved en konsentrasjon i avløpsvannet på 2000 µg Cu/l blir konsentrasjonen på ca 1000-1500 m avstand ca 2-2,2 µg Cu/l, dvs. 0,3-0,5 µg Cu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Bakgrunnskonsentrasjonen i

Glomma som kan variere i intervallet 1-4 µg Cu/l sammen med avløpsvannets konsentrasjon, vil ha stor betydning på innblandingssonens størrelse.

Oppsummering

Området utenfor Borregaard viser sterk belastning av organisk materiale. Dette er synlig på bunndyrs sammensetningen og forekomsten av lammehaler. Området rundt Pæddekummen er særlig belastet. Vannkjemien reflekterer ikke at resipienten er belastet med organisk materiale. Målingene viser at Glomma ved Sarpsfossen er noe belastet med hensyn til nitrogen, og status ligger nær Moderat klasse (nEQR < 0,61), mens beregnede nEQR for fosfor klassifiserer vannforekomsten til Svært god status. Konsentrasjonen av Cu i Glomma er forhøyet, tilsvarende klasse III i Klifs klassifiseringssystem.

Ved flytting av utslipp nedstrøm grusørene viser det seg at det er generelle gode betingelser i elva for å få en rask og god innblanding av avløpsvannet. Ved utslipp av Cu vil bakgrunnskonsentrasjoner nå svært langt nedstrøms utslippspunktet, pga de forhøyede konsentrasjonene av Cu i Glomma. Beregnet utslipp av 3 tonn Cu pr år fra Borregaard tilsvarer ca 7 % av tilførsle fra Glomma til sjø.

Ved flytting av utslippet til Melløs vil det ligge nedstrøm grusørene og resultatene fra de biologiske undersøkelsene tyder på at grusørene vil få vesentlig mindre organisk belastning. Et utslipp ved Melløs blir imidlertid liggende langt nærmere Pæddekummen enn dagens utslipp. Det er ikke gjort beregninger av fortykning og konsentrasjoner nedstrøms dagens utslipp og vi kjenner ikke nedbrytningshastigheten for organisk materiale i elvevannet. Med redusert utslipp i fremtiden, men samtidig også et utslipp nærmere Pæddekummen er det knyttet usikkerhet i hvordan belastningen i Pæddekummen blir framover.

Summary

Title: Monitoring program for the assessment of new discharge point and mixing zone for effluent water from Borregaard.

Year: 2012

Author: Sissel Brit Ranneklev, Jarle Molvær, Maia Røst Kile, Hanne Edvardsen, Tor Erik Eriksen, Espen Lund og Atle Rustadbakken.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6172-1

In the autumn of 2008 the second stage of Borregaard's aerobic treatment plant closed down because of the risk of *Legionella* infection, and as a result, there has been an increase in the discharges of readily available organic nutrients into the River Glomma. Resurgence of a filamentous bacterium; *Sphaerotilus natans* has been observed in the river. This bacterium has been prevalent in the river, forming layers on the river bed, and prevented the exchange of oxygen between the water column and sediments. As a result, a low density of spawning fish has been observed as well as a composition of benthic fauna indicative of increased organic nutrient loads.

Borregaard has acquired a new anaerobic treatment plant that will be fully operational in 2013, and discharges of readily available organic nutrients into Glomma will decline. The point of discharge from this treatment plant is similar to the original location, and it has been considered to move the point of discharge downstream to an area of spawning gravel bed sediment. Since the Norwegian Climate and Pollution Agency (KLIF) has required Borregaard to consider to relocate the discharge point downstream of the spawning gravel bed sediment, NIVA was asked to conduct an estimation of the concentrations and dilutions of the discharges in the river Glomma from the relocated discharge point. In order to assess the mixing zone of the discharge; the dilution model Visual Plumes (VP) for effluent discharges was applied. In addition, monitoring stations for chemical and biological analyses were established from Sarpsfossen to Pæddekummen.

Water samples were taken from the surface (0.1 m) and at various depths, and analyzed for KOF, BOD, STS, N/P- compounds, TOC, oxygen, and metals. Chemical analyses did not reveal that Glomma was affected by readily available organic nutrients. Measurements indicate that the river is slightly charged with respect to nitrogen, calculated nEQR classify the status close to moderate status. Values of phosphorus classify the water body as very good status. Concentrations of Cd, Hg, Pb, Ni, Cr and Zn were low. However, Cu concentrations were high, indicating poor status according to Class III of Klif's system for classification.

Gill net fishing was conducted but had to be abandoned as the nets were clogged with the bacterium *Sphaerotilus natans*.

Sampling of the benthic macrofauna indicated significant loading of organic materials. The overall ASPT value of 4.4 indicates unusually low diversity due to an oxygen-poor environment and /or a clogged substrate. The stations around Pæddekummen received lowest ASPT values. Periphyton Index of trophic status (PIT) was calculated for benthic algae (excluding diatoms). Calculated index values ranged from 1.87 to 68.91. Low PIT values corresponded to low phosphorus levels (oligotrophic conditions), while high PIT values indicate high phosphorus concentrations (eutrophic conditions). Five of the six stations were classified as good, one (station 4 in Pæddekummen) was considered moderate. Aquatic vegetation in the River Glomma was examined and quantified. In general few species were recorded in the river, with few differences observed since the last survey conducted in 1980.

Modeling by use of VP was conducted in order to calculate dilutions and concentrations downstream of the proposed discharge point. Calculation was conducted for 18 various scenarios, where different combinations of flow rate, flow velocity, concentration of copper (Cu, 500 and 1000 g /l) and suspended particulate matter (SPM, 340mg / l) in the effluent water were used. The results clearly indicate that discharge through a well dimensioned diffuser will ensure good mixing in the recipient. An acceptable concentration of SPM in a relatively short distance downstream of the discharge was observed. Due to high levels of Cu in Glomma, discharges of copper will require a very high dilution in order to reach background levels, and the mixing zone will accordingly be large.

1. Innledning

Borregaard har lange tradisjoner i norsk industri og i 1892 startet produksjonen av cellulose fra fabrikk ved Sarpsfossen. I dag tilhører Borregaard treforedlingsbransjen, og med tremasse som utgangspunkt framstilles spesialcellulose, bioetanol, ligninbaserte produkter, finkjemikalier, tungkjemikalier og vanilinprodukter. Bioraffineriet i Sarpsborg regnes å være et av de mest avansert og klassifiseres av det internasjonale energibyrået (IEA) som et av verdens mest bærekraftige.

Borregaard har tillatelse til virksomheten etter forurensningsloven, og krav om å rapportere årlige utslipp, produksjonsmengde, forbruk av energi, mengde avfall og farlig avfall. Utslippstillatelsen fra Klif er gitt i www.norskeutslipp.no, og omfatter flere utslippskomponenter som f.eks. metaller, organisk materiale, næringsalter og olje.

I forbindelse med et utbrudd av legionella i Sarpsborg-Fredrikstad området 2008 ble trinn II, det aerobe renseanlegget stengt. Dette renseanlegget fjernet organisk materiale fra overskuddsvann i prosessen, og etter stengingen har det vært en økning i utslipp av organiske materiale til Glomma. Den kjemiske sammensetningen til det organiske materiale i avløpsstrømmen fra Borregaard inneholder bl.a. lettomssettelige komponenter med et høyt kjemisk oksygenforbruk (KOF).

Bunndyrsammensetning og dekningsgrad av bakterien lammehale (*Sphaerotilus natans*) i Glomma utenfor Borregaard i 2009 og 2010 indikerer høy organisk belastning, som videre gir en lav tetthet av fisk i sentrale gyte- og oppvekstområder (grusørene). Undersøkelsene viste et overforbruk av oksygen fra overflate og dypere ned i substratet, noe som mest sannsynlig skyldes tiltetning av lammehaler som omsetter det organiske materialet og forbruker oksygen (Rustadbakken mfl., 2011). El-fiske utført høsten 2008 av Aasestad (2008) samt andre observasjoner (Rustadbakken mfl., 2011) indikerer at fremveksten av lammehaler fant sted mellom 2000 til 2008.

Borregaard er pålagt av Klif å vurdere muligheten for å flytte utslippspunkter til området nedstrøms grusørene. I forbindelse med dette ønske Borregaard beregninger av fortykning og konsentrasjoner som kan forventes nedstrøms utslippet. Undersøkelserprogrammet er utarbeidet i henhold til Vanndirektivet og retningslinje gitt av EU for fastsetting av innblandingssoner (Ranneklev mfl., 2010). Kjemiske, biologiske og hydrodynamiske målinger er utført. Beregninger av fortykninger og konsentrasjoner av utslippet er utført med modellen Visual Plumes (VP). Genererte data vil videre gi nyttig informasjon for å vurdere effekter av reduksjoner i utslippet framover.

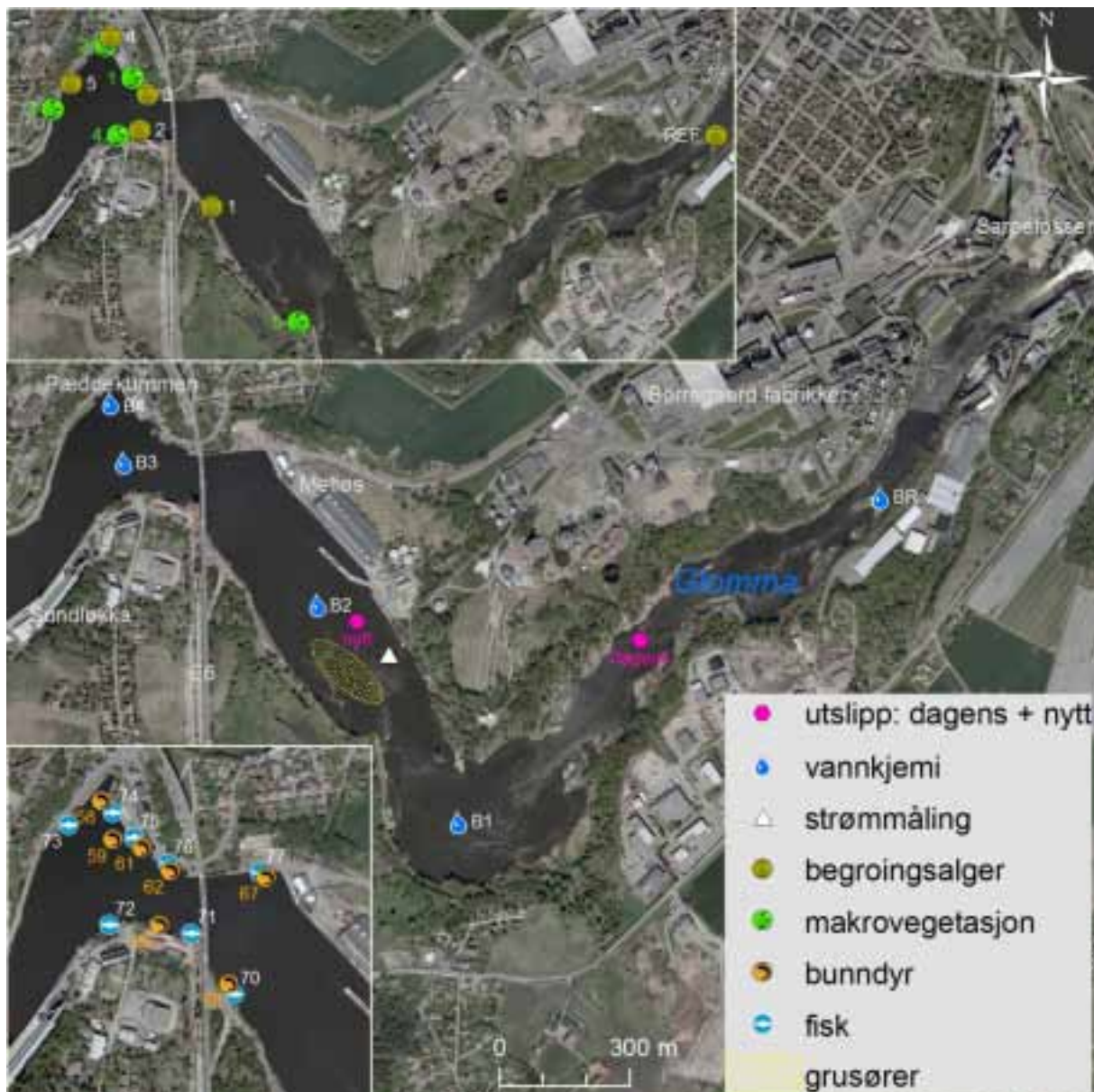
Prosjektet hadde oppstart sommeren 2011 og skulle avsluttes høsten 2011. På grunn av for høy i vannføring ($> 1000 \text{ m}^3/\text{s}$) i Glomma sommeren og høsten 2011 ble mye av prosjektet i stor grad flyttet til i 2012. Dette valget ble tatt av hensyn til HMS og redusert faglig utbytte ved for høy vannføring.

Borregaard investerer i nytt anaerobt renseanlegg som settes i drift fra våren 2013 og som skal være fullt operativt fra sommer 2013. Med nytt renseanlegg vil KOF-utslippet til Glomma avta, utslippene forventes å bli under 69 tonn KOF/døgn. Utslippspunktet fra det nye renseanlegget legges på samme sted som for gammelt renseanlegget. Utslippspunkt ble ikke lagt til Melløs pga tekniske vanskeligheter, økonomiske vurdering og andre mulige miljømessige ulemper. F.eks er ikke lukt vurdert ved utslippspunkt i Melløs. Som avbøtende tiltak i forhold til laks, er det bygd et smoltanlegg hvor 25 000 smolt skal produseres årlig (Garseg, 2012).

2. Stasjonsoversikt

En oversikt over aktiviteter med tilhørende prøvetakningsstasjoner er gitt i

Figur 1. Stasjonenes plassering ble konsentrert rundt Pæddekummen, da det er forventet at dette området vil bli særdeles berørt av det nye utslippspunktet. Videre beskrivelse av de ulike aktivitetene og resultater er vist i påfølgende kapitler.



Figur 1. Oversikt over aktiviteter og målestasjoner i Glomma. BR for vannkjemi indikerer referansestasjon og REF for begroingsalger.

3. Vannkjemi

3.1 Materiale og metode

Vannprøver ble samlet inn i fire runder. Med unntak av referanseprøvene ble all prøvetakningen utført fra båt av typen RIB (Bombard C4). I prøvetakningsprogrammet var det satt opp seks prøvetakningsrunder, men pga høy vannføring under store deler av prosjektet og homogene resultater (i tid og rom) ble antall uttak redusert til fire. Vannprøvene fra overflaten (0,20 m) ble hentet inn ved å senke ned prøveflaskene. Uttak av vannprøver fra lavere dyp ble tatt ut ved hjelp av en vannhenter. Parametere og metode for analyser er vist i **Tabell 1**. Alle analyser ble utført av NIVAs akkrediterte laboratorium.

Tabell 1. Kjemiske parametere analysert og metode som ble benyttet.

Parameter	STS*	O ₂	TOT-P	TOT-N	NH ₄ -N	TOC **	BOD ₅ ***	KOF/Cr ****	Metaller	NO ₃ +NO ₂ -N
NIVA-kode	B 2	F1-1	D 2-2	D 6-1	D 5-4	G 4-2	Intern	G 2-2	E 8-3	D 3-3

*=suspendert tørrstoff, ** = totalt organisk karbon, *** = BOD₅ biologisk oksygenforbruk 5 dagers test, ikke akkreditert, **** = KOF kjemisk oksygenforbruk, Cr-metode

3.2 Resultater vannkjemi

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av kjemiske parametere målt ved de ulike prøvetakningsstasjonene (**Figur 1**) er vist i **Tabell 2 - Tabell 5**, i tillegg er resultater fra Klifs målestasjon i elvetilførselsprogrammet RID i Sarpsfossen inkludert (resultater fra 2010). Denne prøvetakningsstasjonen er oppstrøms Borregaards utslipp (Skarbøvik mfl., 2011).

For å kunne klassifisere flest mulige parametere er målte konsentrasjoner klassifisert i henhold til Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl., 1997) og Vannforskriften (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009).

Når målte konsentrasjoner er vurdert i henhold til Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl., 1997), betegner Klasse I (Blått) bakgrunnsnivå, mens Klasse V (Rødt) representerer en Svært dårlig tilstand. Her tar man ikke hensyn til vanntype, og klassegrensene er faste uansett vanntype.

Tilstandsklasse	I Bakgrunnsnivå	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Fargekode					

Klassifisering i henhold til Vannforskriften er utført som beskrevet i Klassifiseringsveilederen 01:2009 (Direktoratsgruppa for vanndirektivet, 2009). Kjemiske måleparametere er delt inn i to klasser, fysisk kjemiske kvalitetselementer og miljøgifter. For fysisk kjemiske kvalitetselementer klassifiserer man i fem klasser, hvor man beregner såkalte EQR-verdier (Ecological Quality Ratio) og normalisert EQR-verdier (nEQR). For å klassifisere de fysisk kjemiske kvalitetselementene må man vite hvilken vanntype (f.eks. innhold av humus, kalknivå, størrelse og høyderegion) vannforekomsten tilhører, og man har ulike klassegrenser for forskjellige vanntyper.

Tilstandsklasse	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Fargekode					

For miljøgifter (bla. metaller) vurderer man målte konsentrasjoner etter såkalte EQS (Environmental Quality Standards), hvor det kun er to klasser, og man skiller ikke på vanntype (med unntak av Cd, hvor man tar hensyn til vannets hardhet). Hvis målte konsentrasjoner er høyere enn EQS vil tilstanden bli Dårlig (rødt) og hvis målte konsentrasjon er under EQS vil tilstanden bli God.

Tilstandsklasse	God	Dårlig
Fargekode		

Miljømålet for en vannforekomst er minst God klasse/Klasse II eventuelt bedre.

Tabell 2. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av ulike kjemiske parametere målt i Glomma. Prøvene (n = 4) for hver stasjon ble tatt i tidsrommet 24.10.2011 til 7.12.2011. I.A. ikke analysert. <, under deteksjonsgrense. Konsentrasjonene er markert med fargekode som angir forurensningsgraden i henhold til Andersen mfl., (1997). I kolonner som ikke er fargede eksisterer det ikke klassegrenser i Klifs klassifiseringssystem, eller det er lite hensiktsmessig å klassifisere i henhold til klassegrenser.

Prøvetakningsstasjon	STS (mg/l)	O ₂ (mg O ₂ /l)	PO ₄ -P (µg P/l)	NH ₄ -N (µg N/l)	NO ₃ +NO ₂ -N (µg N/l)	TOC (mg C/l)	BOD ₅ (mg O ₂ /l)	KOF/Cr (mg O ₂ /l)
Sarpsfossen RID (n = 16, 2010 resultater)	7,2	I.A.	6,6	23,9	328,2	I.A.	I.A.	I.A.
BR (0.1-0.2 m) fra land	4,7	I.A.	7,3	21,8	398,0	4,8	< 3	< 15
B1 (0.1-0.2 m)	4,0	I.A.	18,7	24,7	385,7	5,2	<3	16,5**
B2 (0.1-1.0 m)	4,6*	9,8	7,3	21,3	402,5	5,1	< 3	15,5***
B3 (0.1-20 m)	4,9	10,5	8,0	28,8	403,5	5,3	< 3	16,5***
B4 (1-9 m)	I.A.	10,4	I.A.	I.A.	I.A.	I.A.	I.A.	I.A.

*= uttak ved 1 m, ** = en prøve under det. grense, *** = to prøver under deteksjonsgrense

Konsentrasjoner av oksygen ved ulike dyp fra prøvetakningsstasjon B3 er vist i **Tabell 3**.

Tabell 3. Konsentrasjoner av oksygen ved ulike dyp fra prøvetakningsstasjon B3. Prøve ble tatt 24.10.2011. Klassifisering i henhold til Andersen mfl., (1997).

Prøvetakningsstasjon	O ₂ (mg O ₂ /l)
B3 (1 m)	9,9
B3 (10 m)	9,9
B3 (20 m)	10,1

Beregnete EQR og nEQR for Tot-N og Tot-P er vist i **Tabell 4**.

Tabell 4. Beregnede EQR og nEQR for Tot-N og Tot-P. Gjennomsnittskonsentrasjoner fra **Tabell 2** er benyttet. Glomma ble klassifisert til elvetype 4, moderat kalkrik humøs, ikke intekalibrert og norsk type er ikke definert.

Prøvetakningsstasjon	Tot-P (µg /l)	EQR Tot-P	nEQR Tot-P	Tot-N (µg /l)	EQR Tot-N	nEQR Tot-N
Sarpsfossen RID (n = 16, 2010 resultater)	13,6	0,81	0,86	545,3	0,55	0,61
Gjennomsnitt fra Tabell 2 (n = 12, - BD, 2011 resultater)	10,0	0,91	0,92	592,8	0,51	0,56

Tabell 5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av metaller målt i Glomma. Prøvene ble tatt i tidsrommet 24.10.2011 til 7.12.2011. Cd, Ni, Hg og Pb er klassifisert i henhold til Vannforskriften (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2009). Cu, Zn og Cr er klassifisert i henhold til Klifs klassifiseringssystem (Andersen mfl., (1997), da EQS-verdier ikke er utviklet for disse metallene. Klasse I og II tilsvarer God kjemisk tilstand i henhold til Vannforskriften, men klasse III-V tilsvarer klasse Dårlig.

Prøvetakningsstasjon	Cd (µg/l)	Ni (µg/l)	Hg (ng/l)	Pb (µg/l)	Cu (µg/l)	Cr (µg/l)	Zn (µg/l)
BD (0,1 m, n= 5)	0,01	0,79	<1	0,20	1,7	0,35	3,38
B3 (0.1 m, n = 4)	0,01	0,80	<1	0,20	2,0	0,37	3,08

Alle metallene med unntak av Cu ble klassifisert til God kjemisk tilstand. Konsentrasjonen av Cu er forhøyet, og tilsvarende Klasse III, Dårlig tilstand i henhold til Vannforskriften.

3.3 Oppsummering vannkjemi

Målingene av BOD5, KOF, STS og oksygenkonsentrasjonen i vannmassene gir ingen indikasjon på at resipienten er utsatt for organisk belastning. Analysemetoden som ble benyttet til KOF-målingene hadde høy deteksjonsgrense, og de fleste målinger var under deteksjonsgrensen. Noen målinger var rett i overkant av deteksjonsgrensen og vil derfor være usikre. En analysemetode som ga lavere deteksjonsgrenser burde benyttes. Konsentrasjonen av oksygen i vannmassene var høy, og det ble heller ikke påvist oksygenforbruk i vannmassene mot dypet i Pæddekummen. Det var ingen synlig økning i konsentrasjoner nedstrøms dagens hovedutslipp i forhold til referansestasjon oppstrøms. Referansestasjon oppstrøms er noe påvirket av utslipp fra kokeriet (Rustadbakken mfl., 2011).

Målingene viser at Glomma ved Sarpsfossen er noe belastet med hensyn til nitrogen, og status ligger nær Moderat klasse (nEQR < 0,60). Feltundersøkelser utført i høst ved bunn av Sarpsfossen påviste rødalgen *Audouinella* noe som antyder at Glomma kan være eutrofiert oppstrøms Borregaard (Schneider & Ranneklev, 2012). Indekser benyttet for eutrofi-effekter på bunndyr og begroingsalger viste at området oppstrøms Sarpsfossen er noe påvirket og klassifiseres til Moderat økologisk klasse av Haande mfl. (2012). Økologisk tilstand med hensyn til eutrofieringsindeks for bunndyr og begroingsprøver ved Sarpsfossen viser også at status fluktuerer mellom God og Moderat (Bækken mfl., 2011). Beregnede nEQR for fosfor klassifiserer vannforekomsten til Svært god status.

Med unntak av Cu var konsentrasjonene av metaller lavt. Kobber ble klassifisert til Klasse III, Dårlig tilstand. Økning i konsentrasjoner fra Borregaard kunne ikke påvises i målinger utført her. Tilførsler av Cu fra Glomma målt ved Sarpsfossen i RID viste at tilførslene var på 38 tonn/år (Skarbøvik mfl., 2011). Dersom Borregaard slipper ut 3 tonn Cu pr år, tilsvarer dette ca 7 % av tilførslene fra Glomma til sjø.

4. Prøvefiske

4.1 Materiale og metoder

Det ble prøvefisket med garn i Glomma ved Borregaard 25.–26. april 2012. Garna ble satt enten enkeltvis eller lenket to og to fra land og ut mot dyperere partier i området Sundløkka–Pæddekummen–Melløs (

Figur 1). Det ble brukt 10 garn av typen multimaske oversiktsgarn. Dette er 30 meters bunngarn med høyde på 1.5 m som er satt sammen av 12 seksjoner med forskjellige maskevidder i intervallet 5–55 mm (Norsk standard NS-EN 14757). På grunn av strømmende vann, valgte vi å avvike fra standarden med tanke på stratifisert fiske. For at garna skulle stå og fiske best mulig, valgte vi å sette dem i viker og bakevjer beskyttet fra hovedstrømmen i elva.

4.2 Resultater fiske

Prøvefisket ga liten fiskefangst. Det ble fanget 3 mort, 2 lake, 1 stam og 1 hork (**Tabell 6**). Etter én natt i elva var mange av garna fullstendig mettet av den trådformete bakterien *Sphaerotilus natans* (lammehaler). Et ordentlig prøvefiske var derfor ikke mulig (**Figur 2**). Lammehaler ble påvist i samme område også i mai og august (Schneider & Ranneklev, 2012), og det ble derfor besluttet å ikke gjøre flere forsøk på prøvefiske med garn i 2012.

Tabell 6. Fiskefangst med art, lengde og vekt.

Art	Lengde (cm)	Vekt (g)
Mort	28.3	273
Mort	22.0	138
Mort	22.7	127
Lake	31.6	258
Lake	39.4	489
Stam	32.3	394
Hork	10.0	12



Figur 2. Foto av store mengder lammehaler i NIVAs fiskegarn.

4.3 Oppsummering prøvefiske

Prøvefiske ble mislykket da garnene ble dekket av lammehaler. Etter funn av lammehaler utover sommeren og høsten ble det besluttet at prøvefiske videre i 2012 utgikk.

5. Bunnfauna

5.1 Materiale og metoder

I forbindelse med garnfiske den 25. april 2011, ble det samlet inn prøver av bunnfauna. Prøvene ble tatt fra båt. Det ble benyttet en grabbprøvetaker av type Van Veen med åpning 20x13 cm, og det ble tatt to parallelle prøver pr. stasjon. Det ble tatt prøver til det var nok materiale til å fylle et glass på 150 ml. Dypet varierte fra 3 til 13 meter. Materialet fra hver prøve ble silt gjennom en sil med maskevidde 0,5 mm, før det ble fiksert med 96 % etanol. I tilfeller hvor det ble med for mye materiale for prøveglassene, ble det tatt ut mindre delprøver. Dette og andre feltnotater er oppgitt i Vedlegg bak. Materialet ble artsbestemt under stereolupe i lab. Prøvetakingsstasjoner er vist i

Figur 1.

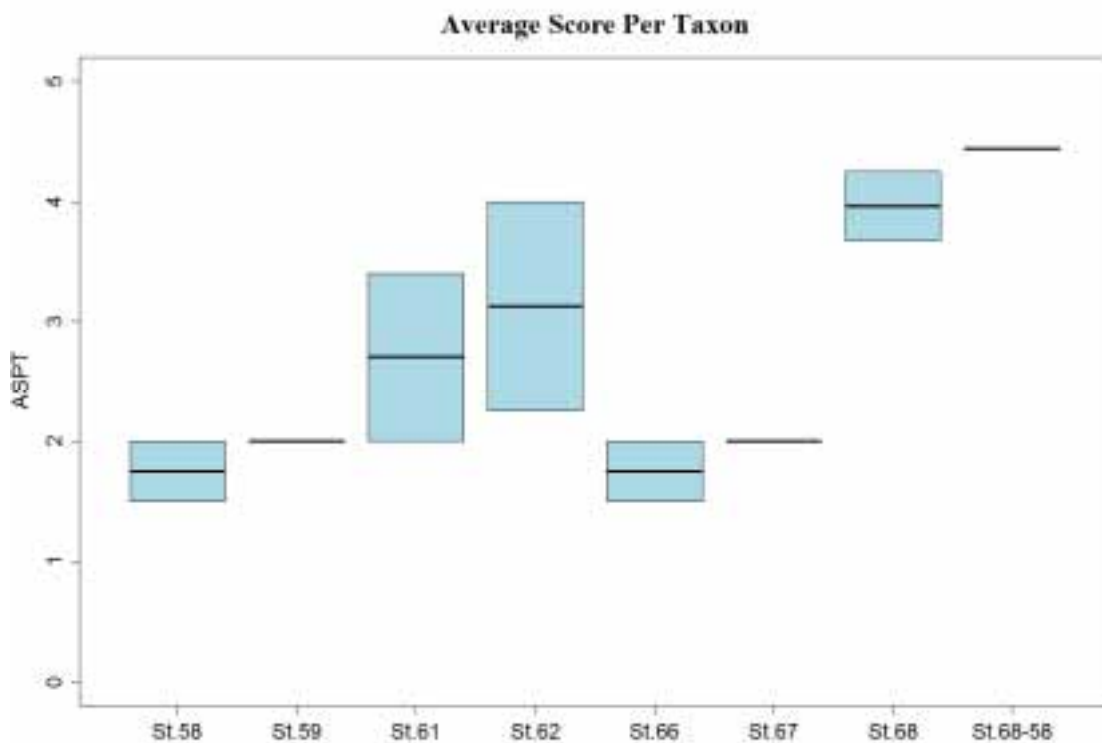
Organisk belastning er målt med indeksen Average Score Per Taxon (ASPT). Denne indeksen ble brukt som "norsk vurderingssystem" ved interkalibreringen av bunndyrssystemer i EU, og er pr. tid satt til referanseverdi 6,9 for strykstrekninger i elv. Det finnes pr. tid ingen referanseverdi for indeksen for andre elvehabitater, men sakteflytende/dype elvepartier med finpartikulært substrat forventes å ha lavere referanseverdier enn strykparti. ASPT-verdier i elv som er lavere enn 4, vil uavhengig av habitat peke i retning av organisk forurensing.

Det er gjort en vurdering av biologisk mangfold basert på antall taksa i gruppene døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) (EPT) i materialet – EPT-indeks. Upåvirkede lokaliteter har gjerne høye verdier av EPT, og med unntak av særtilfeller vil alltid arter fra alle tre grupper være til stede.

Det er også gjort en vurdering av sammensetningen av grupper i materialet. Høy dominans av noen grupper – fåbørstemark, fjærmygg og asell - samtidig som mengden av EPT er lave, tyder på organisk belastning. En slik bunndyrsammensetning tyder på at organismer som avhenger av oksygenrikt vann og et variert substrat har blitt erstattet med organismer som tåler oksygenfattig vann og en større grad av tilslammet substrat.

5.2 Resultater bunnfauna

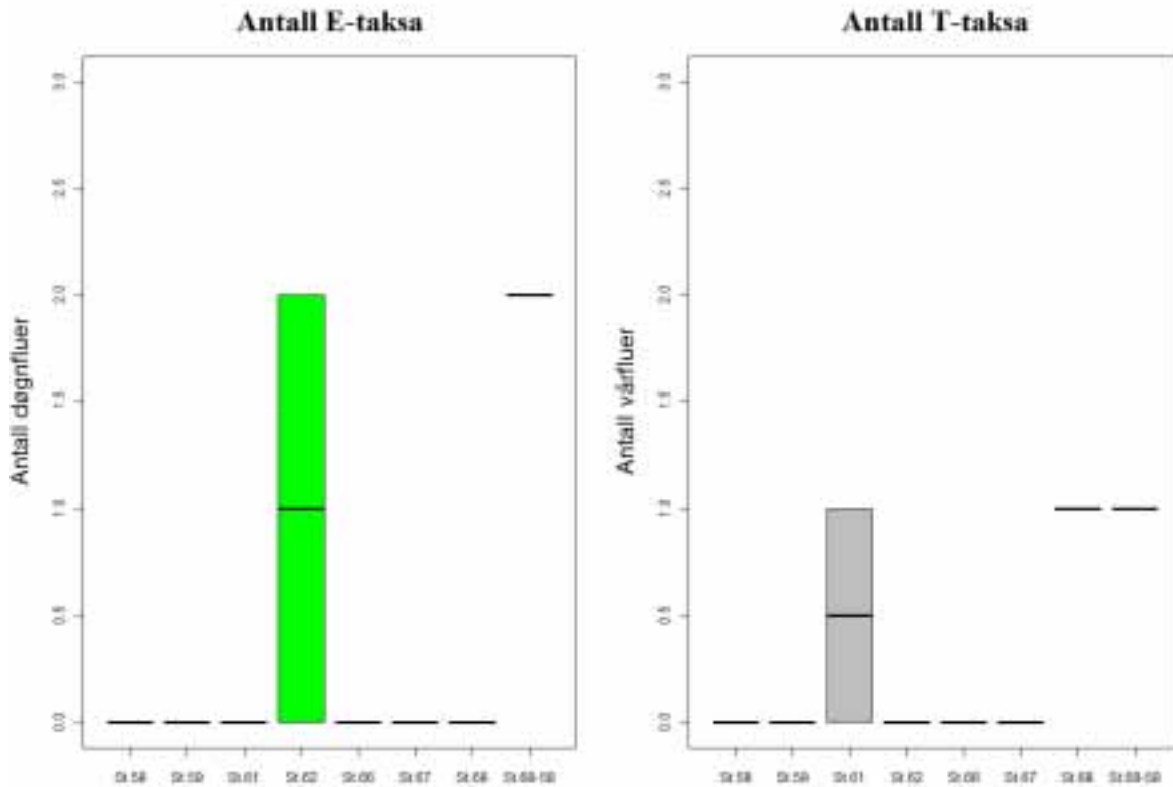
ASPT-verdi for alle enkeltprøver lå mellom 1,5 og 4,2, og for alle prøvene samlet var ASPT-verdien på 4,4 (**Figur 3**). Dette er lavt og tyder på en organisk belastning for bunndyrsamfunnet. Materialet i undersøkelsen er forholdsvis lite og bunnsforholdene varierte en del. Det er derfor vanskelig å si noe om det er betydelige innbyrdes forskjeller mellom stasjonene. Flere av prøvene luktet sterkt av svovel og nedbrytningsprosesser, selv etter å ha blitt lagret en stund på etanol. Dette gjaldt spesielt prøver fra stasjonene 58 og 66.



Figur 3. Figuren viser effekter av organisk belastning målt med indeksen ASPT. Verdier er vist med boxplot. Heltrukket linje i hvert plott angir medianverdien for de to parallelle prøvene og de blå boksene på hver side av medianverdi angir spredningen i materialet. Bunnfaunamateriale er fra grabbprøvetaking i Glomma nedstrøms Borregaard den 25. april 2011.

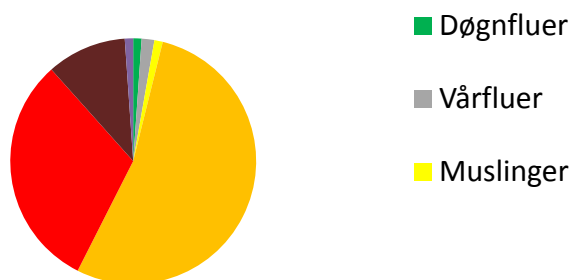
Det ble registrert to taksa av døgnfluer (*Ephemerella mucronata* og *Baetis* sp.) og ett taksa av vårfluer (*Psychomyia pusilla*) (**Figur 4**). Steinfluer var fraværende. Dette er uvanlig lav diversitet for disse gruppene, og tyder på et oksygenfattig miljø og/eller et svært tiltettet substrat. Andelen av døgnfluer

og vårfluer i forhold til andelen av gruppene fjærmygg, fåbørstemark og *Asellus* (gråsugge) var også lave (**Figur 5**).



Figur 4. Figuren viser fordelingen av ET-taksa i materialet. Verdier er vist som boxplot. Heltrukket linje i hvert plott angir medianverdien for de to parallelle prøvene og boksene på hver side av medianverdi angir spredningen i materialet. Bunnfaunamateriale er fra grabbprøvetaking i Glomma nedstrøms Borregaard den 25. april 2011.

Fordelingen av grupper i materialet



Figur 5. Bunn dyrmateriale fra grabbprøvetaking i Glomma nedstrøms Borregaard den 25. april 2011. Figuren viser fordelingen av bunn dyrgrupper alle stasjoner sett under ett (st.68-58).

5.3 Oppsummering bunnfauna

Samfunn av bunndyr med de sammensetninger og dominansforhold ble funnet her, gjenspeiler et miljø med betydelig organisk belastning. Flere av prøvene var dominert av tette «algetepper», som trolig

skaper ufordelaktige miljø for mange bunndyrgrupper. Noen prøver luktet sterkt av svovel og nedbrytningsprosesser.

6. Begroingsalger

6.1 Materiale og metoder

Prøvetaking av bentiske alger ble gjennomført 25. juli 2011 på 6 stasjoner (**Figur 1**). Den høye vannføringen (1200m³) vanskeliggjorde feltarbeidet, men det lot seg likevel gjennomføre.

På hver stasjon ble en elvestrekning på ca. 10 meter undersøkt ved bruk av vannkikkert. Det ble tatt prøver av alle makroskopisk synlige bentiske alger, som videre ble lagret i separate beholdere (dramsglass). Forekomst av alle makroskopisk synlige elementer ble estimert som 'prosent dekning'. For prøvetaking av kiselalger og andre mikroskopiske alger ble 10 steiner med diameter 10-20 cm innsamlet fra hver stasjon. Et areal på ca. 8 ganger 8 cm, på oversida av hver stein, ble børstet med en tannbørste. Det avbørstede materialet ble så blandet med ca. 1 liter vann. Fra blandingen ble det tatt en delprøve som ble konserverert med formaldehyd. Innsamlede prøver ble senere undersøkt i mikroskop, og tettheten av de mikroskopiske algene som ble funnet sammen med de makroskopiske elementene ble estimert som hyppig (xxx), vanlig (xx) eller sjelden (x) (se **Vedlegg**). Metodikken er i tråd med den europeiske normen for prøvetaking og analyse av begroingsalger (EN, 2009).

For hver stasjon ble eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status) beregnet (Schneider & Lindstrøm, 2011). PIT er basert på indikatorverdier for 153 taksa av bentiske alger (ekskludert kiselalger). Utregnede indeksverdier strekker seg over en skala fra 1,87 til 68,91, hvor lave PIT-verdier tilsvarer lave fosforverdier (oligotrofe forhold), mens høye PIT-verdier indikerer høye fosforkonsentrasjoner (eutrofe forhold). For å kunne beregne en sikker indeksverdi, kreves minimum 2 indikatorarter pr stasjon.

Som et tillegg ble forsuringindeksen AIP (Acidification Index Periphyton) beregnet for hver stasjon (Schneider & Lindstrøm, 2009). AIP er basert på indikatorverdier for tilsammen 108 arter av bentiske alger (kiselalger ekskludert) og blir brukt til å beregne den årlige gjennomsnittsverdien for pH på i en gitt lokalitet. Indikatorverdiene strekker seg fra 5,13 – 7,50, hvor lave verdier indikerer sure betingelser, mens høye verdier indikerer nøytral til lett basiske betingelser. For å kunne beregne en sikker AIP-indeks, må det være minst 3 indikatorarter til stede på hver stasjon.

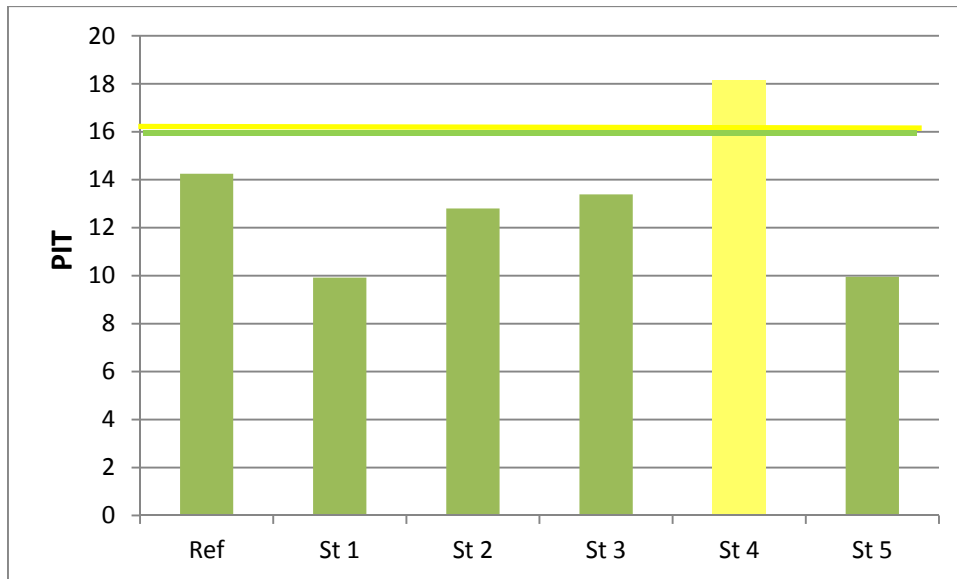
Funn av bakterien lammehaler (*Sphaerotilus natans*) som indikerer organisk belastning ble kun registrert og dekningsgrad angitt.

6.2 Resultater begroingsalger

Økologisk tilstand

Eutrofiering

Av de 6 elvelokaliteter som ble undersøkt i Glomma, har alle med unntak av en oppnådd miljømålet for begroingsalger gitt i Vannforskriften (**Figur 6**). Fem av stasjonene er i god tilstand, mens en er i moderat tilstand. Dette gjelder st 4, indre Pæddekummen.



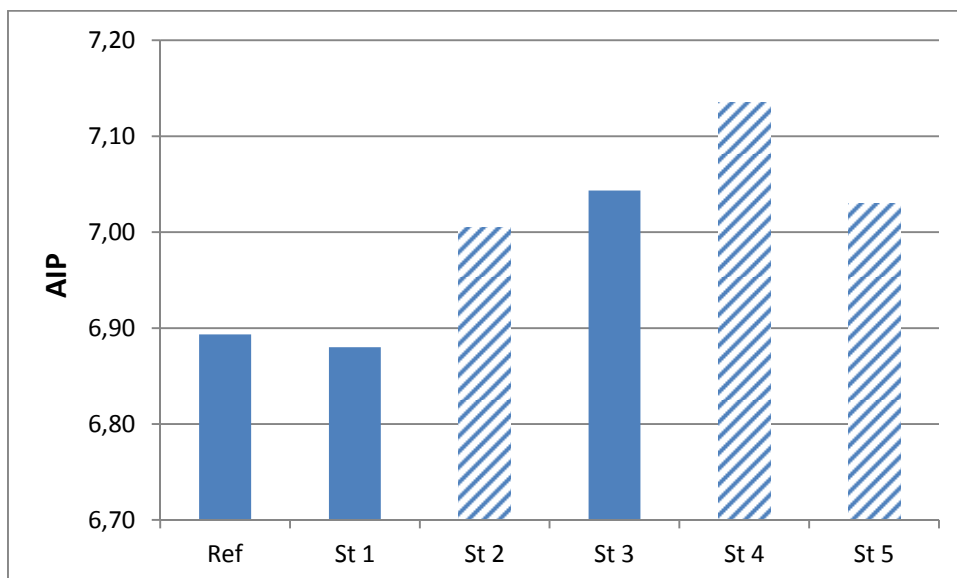
Figur 6. Eutroferingsindeksen PIT (*Periphyton Index of Trophic status*) beregnet for 6 stasjoner ved Borregård, der verdiene angir økologisk tilstand. Grønn = god og gul = moderat tilstand. Den gul-grønne horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

PIT indeksen måler kun eutrofi og tar ikke organisk materiale med i beregningen.

Bakterien lammehaler ble funnet på alle stasjonene nedstrøms utslippspunktet, og sannsynliggjør effekter av utslippet fra Borregård. Lammehaler ble ikke funnet på referansestasjonen, mens den ble observert på alle de påvirkede stasjonene, med en dekningsgrad fra 1-40 % (se **Vedlegg**).

Forsuring

Alle de seks lokalitetene som ble undersøkt har, med tanke på forsuring, oppnådd miljøkravet gitt i vannforskriften. De er alle i svært god økologisk tilstand, men tre av lokalitetene er klassifisert på et usikkert grunnlag da det kun ble registrert to indikatorarter på disse lokalitetene (**Figur 7**). Det krever tre indikatorarter for en sikker klassifisering.



Figur 7. Forsuringsindeksen AIP (*Acidification Index for Periphyton*) beregnet for 6 stasjoner ved Borregård, der verdiene angir økologisk tilstand. Blå = svært god tilstand og skravert blå = for få indikatorarter til en sikker klassifisering. AIP klassegrensene er ikke interkalibrert og dermed ikke bindende.

6.3 Oppsummering begroingsalger

Den økologiske tilstanden når stort sett miljømålet gitt i Vannforskriften på de undersøkte lokalitetene med hensyn til eutrofiering. Alle lokalitetene, med unntak av st. 4, er i god økologisk tilstand. PIT indeksen tar imidlertid ikke hensyn til organisk belastning. Tilstedeværelsen av lammehaler på alle de påvirkede stasjonene indikerer stor organisk belastning nedstrøms Borregårds utslippspunkt i forhold til referansestasjonen oppstrøms. Med hensyn til forsurening har alle lokalitetene oppnådd miljømålet gitt i Vannforskriften (svært god tilstand), hvorav tre av lokalitetene er klassifisert på et usikkert grunnlag siden det ble observert for få indikatorarter på disse stasjonene.

7. Vannvegetasjon

7.1 Materiale og metoder

Vannvegetasjonen i *Glomma* ved Borregaard ble undersøkt 29.8.2011. Registreringene ble dels foretatt med vading fra land og dels ved hjelp av båt i henhold til standard prosedyre for undersøkelse av vegetasjon i innsjøer. Kvantifisering av vannvegetasjonen er gjort etter en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende. I tillegg ble de viktigste helofyttene («sivvegetasjon/sumpplanter») notert.

Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstand ved registreringstidspunktet. Navnsettingen for karplantene følger (Lid & Lid, 2005).

En strekning på om lag en km av *Glomma* ved Sandesund ble undersøkt: tre områder nedstrøms kaianlegget på Borregaard på nord-sida av elva og to områder på sørsida, hvorav den ene lokaliteten lå et par hundre meter oppstrøms Borregaards kaianlegg. Lokalitetene er vist i

Figur 1.

Forholdene i elva på undersøkelsestidspunktet var preget av uvanlig høy vannstand (+0,35 m), og turbide forhold. På undersøkelsestidspunktet var vannføringa ca. 1265 m³/sek, og sikten var dårlig.

7.2 Resultater vannvegetasjon

To arter av vannplanter ble registrert i elva, flotgras (*Sparganium angustifolium*) og ett eksemplar av tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*). En art, hjertetjønna (*Potamogeton perfoliatus*), ble bare funnet i driv og kan ha sin opprinnelse lengre oppe i elva, da den er relativt vanlig i hele vassdraget. Flotgras (*Sparganium angustifolium*) ble registrert på alle lokalitetene med unntak av i Paddekummen, mens tusenblad bare blei registrert ytterst i Paddekummen. Begge artene er sensitive mhp eutrofiering. Flotgras ble registrert ned til 3,4 m dyp.

Det er fremdeles ikke utviklet noen indeks for å vurdere økologisk tilstand for vannplanter i elver. For denne delen av *Glomma* er det heller ikke mulig å vurdere økologisk tilstand for vannplanter basert på trofiindeksen (TIC) for vannplanter i innsjøer da for få arter ble registrert i elva.

Registrerte vannplanter i *Glomma* ved Borregaard er vist i **Tabell 7** og **Tabell 8**.

Tabell 7. *Undersøkte lokaliteter i Glomma ved Borregaard.*

Prøvetakningsstasjon	Lokaliteter langs Glomma	Substrat
1	Strand ved Sandesund, N-sida	Sand, småstein, mudder
2	Pæddekummen, N-sida	Forbygd, vei og P-plass
3	Nedstrøms Pæddekummen, N-s.	Berg, forbygning under vei
4	Odde i elva for enden av Sundløkkaveien, S-sida	Steinfylling, delvis original strand
5	Ved Domberg, S-sida	Strandberg, grus, mudder

Tabell 8. *Registrerte vannplanter i Glomma ved Borregård basert på undersøkelser fra land og fra båt. Mengde av arter vurderes vha. en semikvantitativ skala, hvor 1=sjelden (<5 individer av arten), 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende, 5=dominerer lokaliteten. (*) markerer at planten bare er funnet i driv. Ingen kransalger ble påvist.*

Latinsk navn	Norsk navn	Semikvantitativ skala
ELODEIDER	Langskuddsplanter	
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	Tusenblad	1
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Hjertetjønnaks (*)	1
NYMPHAEIDER	Flytebladsplanter	
<i>Sparganium angustifolium</i>	Flotgras	2
Antall karplanter registrert		3

Området er tidligere undersøkt i 1978-80 (Lingsten, 1982). Om vannvegetasjonen i området fra Sarpsborg til Fredrikstad (dvs. over et noe lengre område enn vår undersøkelse) heter det her:

« Sporadiske observasjoner ble gjort ved Sannesund, Torp, Greåker og Ringeverven. All undervannsvegetasjon viser sparsom forekomst, eller mangler i dette området. De eneste artene som forekommer i noe omfang er flotgras (*Sparganium angustifolium*) og hjertetjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*). Det foreligger en rekke eldre funn fra denne delen av Glåma, belagt ved ark i Botanisk museum, Oslo. Materialet tyder på at vegetasjonsforholdene på denne strekningen tidligere hadde likhetstrekk med elvepartiene ovenfor A1-3 (ie. oppstrøms). Flere årsaker kan tenkes til utarming av vannvegetasjonen her, så som økende forurensning, skipsfart og utbygging i strandområdene.»

7.3 Oppsummering vannvegetasjon

Få arter ble registrert i elva. Undersøkelse bekrefter at det ikke er skjedd noen forbedring av forholdene for vannvegetasjonen i elva siden 1980, tvert om synes forekomsten av hjertetjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*) å ha gått noe tilbake i området. Årsaken til dette er ikke klart.

8. Beregning av fortynning og konsentrasjon ved nytt utslipp til Glomma fra Borregaard

8.1 Materiale og metode

Borregaard vurderer å flytte sitt hovedutslipp til Glomma ned til Melløs (Figur 1), og slippe avløpsvannet der gjennom en 60 m lang diffusor. I den anledning ønsker de beregninger av fortynning og konsentrasjoner som kan forventes nedstrøms utslippet. For beregninger av fortynning og konsentrasjoner bruker vi modellen Visual Plumes (VP) som er utviklet av US EPA (Frick mfl., 2001).

Detaljerte data brukt som input i modellen, samt beregninger er gitt i Vedlegget. Der beskrives:

- Vannmengde i utslippet
- Diffusoregenskaper
- Strømhastigheten i elva (
- **Figur 1)**
- Informasjon om sjiktning
- Størrelse på turbulent blanding

Beregninger med VP ble deretter utført for 18 ulike scenarier, hvor ulike kombinasjoner av vannmengde, strømhastighet, konsentrasjoner av Cu (500 og 2000 µg/l) og suspendert organisk materiale (SPM, 340mg/l) i avløpsvannet ble benyttet.

8.2 Resultater- fortynning og konsentrasjon ved nytt utslippspunkt til Glomma

Utslipp av suspendert materiale

Beregningene viser at allerede 100-400 m nedstrøms utslippet – avhengig av mengde avløpsvann og strømhastighet – var konsentrasjonsøkningen som SPM, avtatt fra 340 mg/l til 1 mg/l. Denne økningen (altså 1 mg/l) er liten i forhold til en stor naturlig variasjon, der konsentrasjonen ved Sarpsfossen i 2009 og 2010 varierte i intervallene ca 2-25 mg SPM/l og ca 1-21 mg/SPM (Skarbøvik mfl., 2009; Skarbøvik mfl., 2011).

Resultatene viser at utslipp gjennom en godt dimensjonert diffusor bør kunne gi så stor fortynning at det sikrer en akseptabel konsentrasjon av SPM selv relativt kort avstand nedstrøms utslippet.

Utslipp av kobber

Sarpsfossen klassifiseres som Markert forurenset (Klasse III) av Cu, og med en bakgrunnskonsentrasjon på ca 1,7 µg Cu/l:

- kreves svært stor fortynning for å oppnå en konsentrasjon ned mot 2 µg Cu/l
- kan en konsentrasjon på 1,7-1,8 µg Cu/l neppe oppnås før svært langt nedenfor utslippet

Når konsentrasjonen i avløpsvannet er 500 µg Cu/l vil konsentrasjonen avta raskt de første 200-300 m – i stor grad pga. den store fortynningen som diffusoren gir. Deretter går reduksjonen mye langsommere mens den naturlige blandingen i elvevannet styrer fortynningen. I ca 500 m avstand er konsentrasjonen 2-2,2 µg Cu/l, dvs. 0,3-0,5 µg Cu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Deretter avtar konsentrasjonen meget langsomt.

Når konsentrasjonen i avløpsvannet er 2000 µg Cu/l blir konsentrasjonen på ca 1000-1500 m avstand 2-2,2 µg Cu/l, dvs. 0,3-0,5 µg Cu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Deretter avtar konsentrasjonen meget langsomt med økende avstand.

Vannprøvene som ble tatt nedstrøms utslippet til Glomma høsten 2011 viste konsentrasjoner i intervallet 1,4-2,56 µg Cu/l, dvs. i rimelig samsvar med resultatene fra beregningene. Her vil imidlertid variasjoner i bakgrunnskonsentrasjonen ved Sarpsfossen ha stor betydning fordi den iblant ligger så høyt som 4 µg Cu/l (Skarbøvik mfl., 2009; Skarbøvik mfl., 2011). Vi kjenner ikke konsentrasjonen ved Sarpsfossen høsten 2011 og kan derfor ikke vurdere dette nærmere.

Det skal imidlertid også nevnes at en nærmere gransking av resultatene gir inntrykk av at modellen kanskje underestimerer den sterke vertikale blandingen i elva, noe som i så fall fører til at den beregnede konsentrasjonen avtar for langsomt med økende avstand fra utslippet.

9. Pæddekummen

Ved eventuell flytting av nytt utslippspunkt nedstrøms mot Melløs kai, kan området rundt Pæddekummen bli ytterligere berørt. Årsaken er i så fall at avstanden mellom utslipp og Pæddekummen reduseres fra dagens 1700-1800 m til 600-700 m, eller fra 30-40 minutters 'transporttid' til 10-20 minutter ved vanlig vannføring i elva. Det er ikke gjort beregninger av fortykning og konsentrasjoner nedstrøms dagens utslipp og vi kjenner ikke nedbrytningshastigheten for organisk materiale i elvevannet. Dermed er det ikke mulig å kvantifisere mulige endringer, men forutsettes samme utslippsmengde er det ikke usannsynlig at den organiske belastningen i Pæddekummen vil øke noe.

Området rundt Pæddekummen er i følge Sarpsborg kommune (Sarpsborg.com) regulert til boliger og kontorer. Ved Pæddekummen gjør Glomma en innbuktning og danner en bakevje, som på det dypeste er ca 20 m. Innerst i Pæddekummen vil det være sedimentasjonsmuligheter og utslipp vil kunne avsettes her. Dette kan videre gi luktproblemer og forverre dagens situasjon.

Det er flere industribedrifter og fyllinger/avfallsplasser som kan påvirke vannkvaliteten i Pæddekummen. Nortura Sarpsborg, som slakter og skjærer gris har beliggenhet i høydedraget over Pæddekummen. De har ingen utslipp til Pæddekummen, kun påslipp på ledningsnett til Alvim kommunale renseanlegg (pers med. Karsten Butenschøn, hos Fylkesmannen i Østfold). Gatedalen miljøanlegg som mottar og behandler avfall ble i 2003/2004 miljørisikovurdert av NGI/Hjellnes COWI. Her ble det konkludert med at deponiet var tett og at miljøanlegget hadde kontroll på sigevannet (pers. med Svein-Erik Svendsen, Rådgiver kommunalteknikk, Sarpsborg kommune). Utslipp fra Borregaard og Glomma Papp vil påvirke situasjonen i Pæddekummen, selv om det ikke er noen direkte utslipp til dette området. I følge Karsten Butenschøn, hos Fylkesmannen i Østfold (pers. med.) er Glomma Papp i ferd med å endre produksjonen, og utslipp derfra til Glomma vil således opphøre. Et kjent utslipp til Pæddekummen i dag kommer fra et kommunalt overløp tilknyttet Torsbekkdalen pumpestasjon. Under prøvefisket i april 2012 ble det observert utslipp av råkloakk i Pæddekummen (**Figur 8**). Det ble tatt en prøve av vannet for måling av *E.coli*, som ble påvist i høye konsentrasjoner (agarplater ble overgrodd av *E. coli* og platene kunne ikke telles). Det er ingen måling av vannføring i overløpet, men utslippet her kan muligens tilskrives at pumpestasjonen i Torsbekkdalen hadde en stopp. Dette avløpsnett er også sårbart for innblanding av fremmedvann, slik at under nedbørsepisoder vil kloakk kunne slippes ut her. Utløpet er plassert i overflaten, innerst inne i Pæddekummen, bør vurderes å plasseres dypere ut i elva, hvor det vil innblandes betydelig bedre. Det jobbes for separering av avløpsnett, og i 2013 skal dette området rehabiliteres (pers. med. Reidar Olsen, Sarpsborg kommune).

Med redusert utslipp i fremtiden men samtidig også et utslipp nærmere Pæddekummen er det knyttet usikkerhet i hvordan belastningen i Pæddekummen blir framover.



Figur 8. Foto tatt ved Pæddekummen under prøvefiske 25-26. april 2012. Kloakk og toalettpapir flyter i vannet (Foto: Espen Lund).

10. Referanser

- Aasestad, I. (2008). "Rapport fra el-fisket nedstrøms Sarpefossen og Aagaardselva." Naturplan, 11 s.
- Andersen, J. R., J. L. Bratli, et al. (1997). "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann." Klif-rapport TA-1468/1997, s. 31.
- Andersen, J. R., J. L. Bratli, et al. (1997). "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann." Klif-rapport TA-1468/1997.
- Bækken, T., M. Kile, et al. (2011). "Overvåkning av Glomma, Vorma og Øyeren 2010." NIVA-rapport 6142 s. 32
- Direktoratsgruppa for vanndirektivet (2009). "Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann." Vannportalen: .
- EN (2009). "Water quality - Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water. EN 15708:2009." EN, European Committee for Standardization, 2009. .
- Frick, W. E., P. J. W. Roberts, et al. (2001). "Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes)." Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.
- Garseg, K. (2012). "Hvordan påvirker Borregaard vannmiljø og hvordan er bedriften med i arbeidet med vannforskriften?" Ytre Oslofjordkonferansen, 22. oktober 2012.
- Haande, S., H. Edvardsen, et al. (2012). "Tilstandsklassifisering av vannforekomster i Vannområde Glomma Sør for Øyeren (2011) i henhold til Vannforskriften." Niva-rapport 6406, i prep.
- Lid, J. and D. T. Lid (2005). "Norsk flora, 1230 s." Samlaget.
- Lingsten, L. (1982). "Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1978-80." NIVA-rapport 1380 s. 87
- Ranneklev, S. B., J. Molvær, et al. (2010). "Common implementation strategy - Guidance on setting mixing zones under the EQS-directive (2008/105/EC) - Vurdering av retningslinjens betydning for norske forhold." Klif-rapport TA-2724/2010, s. 30.
- Rustadbakken, A., T. Bækken, et al. (2011). "Økologisk tilstand i Glomma nedenfor Sarpsfossen 2009-2010 - undersøkelser i forbindelse med Borregaards utslipp av organisk materiale." NIVA-rapport 6099 s. 30.
- Schneider, S. and E.-A. Lindstrøm (2009). "Bioindication in Norwegian rivers using non-diatomaceous benthic algae: The acidification index periphyton (AIP)." Ecological Indicators 9: 1206-1211.
- Schneider, S. and E.-A. Lindstrøm (2011). "The periphyton index of trophic status PIT: A new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. ." Hydrobiologia 665(1): 143-155.
- Schneider, S. and S. Ranneklev (2012). "Begroing i Glomma ved Borregaard, feltundersøkelse 2. september 2012." NIVA-notat O-12211/Feltrunde 2, 4 s.

Skarbøvik, E., P. Stålnacke, et al. (2009). "Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2008." Klif-rapport TA-2569/2009, s. 75.

Skarbøvik, E., P. Stålnacke, et al. (2011). "Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters -2010." Klif-rapport TA-2856/2011.

Vedlegg A. Kjemiske analyser

Rekvissjonsnr : 2011-02588 Mottatt dato : 20111025 Godkjent av : KLR Godkjent dato : 20111031						
Prosjektnr : O 11313						
Kunde/Stikkord : BorreInn						
Kontakt/Saksbeh. : SRA						
Analysevariabel						02
Enhet ==>						mg O/L
Metode ==>					TESTNO	F 1-1
P n r	P r dato	M erking	P r øvetype			
1	20111024	06 B 2 1m	fersk	2011-02588	✓	9.83
2	20111024	03 B 3 20m	fersk	2011-02588		10.05
3	20111024	04 B 3 10m	fersk	2011-02588	✓	9.90
4	20111024	05 B 3 1m	fersk	2011-02588	✓	9.89
5	20111024	02 B 4 8m	fersk	2011-02588	✓	9.97
6	20111024	01 B 4 1m	fersk	2011-02588	✓	9.82

Rekvisitjonsnr :2011-02579		Mottatt dato :20111025		Godkjent dato :20120227																					
Prosjektnr :O 11313																									
Kunde/Sluttkontrakt :BorreInn																									
Kontakt/aksbehandler :SRA																									
Analysevariabel																									
Enhet ==>																									
Metode ==>																									
P Nr	P Dato	M eking	P øve type	TESTNO	STSTotP/L m g/L	D 2-1	D 2-1	PO4-P µg P/L	Tot-N/L µg N/L	D 6-1	D 5-4	TOC m g C/L	BOD5/OD/Cr m g O/L	G 2-2	Ag/M S µg/L	Cd/M S µg/L	Cu/M S µg/L	Fe/M S µg/L	Hg/L ng/L	M n/M S µg/L	N i/M S µg/L	P b/M S µg/L	Zn/M S µg/L	9NO3+NO2-N µg N/L	
1	2011024	B0 0,2 m	fluskk	2011-02579	5,0	14	8	570	28	5,1	<3	<15	<3	<15	<0,05	0,01	0,3	1,40	385	<1	53,4	0,86	0,227	3,09	380
2	2011024	B1 0,2 m	fluskk	2011-02579	5,2	13	8	585	24	5,4	<3	17	<3	17										380	
3	2011024	B2 0,2 m	fluskk	2011-02579	4,2	10	6	580	21	5,4	<3	16	<3	16										385	
4	2011024	B3 0,2 m	fluskk	2011-02579	5,2	11	7	655	25	5,6	<3	17	<3	17	<0,05	0,01	0,3	1,68	382	13	52,9	0,86	0,224	3,46	390
Analysevariabel																									
Enhet ==>																									
Metode ==>																									
P Nr	P Dato	M eking	P øve type		Cd/M S µg/L	Cu/M S µg/L	Fe/M S µg/L	Hg/L ng/L	M n/M S µg/L	N i/M S µg/L	P b/M S µg/L	Zn/M S µg/L	3+NO2-N µg N/L												
1	2011024	B0 0,2 m	fluskk		0,01	0,3	1,40	385	<1	53,4	0,86	0,227	3,09	380											
2	2011024	B1 0,2 m	fluskk											380											
3	2011024	B2 0,2 m	fluskk											385											
4	2011024	B3 0,2 m	fluskk		0,01	0,3	1,68	382	13	52,9	0,86	0,224	3,46	390											

Rekvisitid nr :2011-02839 M ohtatidat:20111111 Godkntatav :KBA Godkntatidat:20120215																							
P r o s j e k t n r : O 11313																							
Kunde/S tikkid : BorreInn																							
Kontakt / Sakbeh. : SRA																							
Analysevariabel																							
Enhet ==>																							
M etode ==>																							
P nr	P idato	M etning	P r o v t y p e	STB	O 2	To P P / L	PO 4 P	To C N / L	N H 4 N - S j	TOC	B O D 5	C O D / C r	A g / M S	C d / M S	C u / M S	F e / M S	H g / L	M n / M S	N i / M S	P b / M S	Z n / M S	9 N O 3 - N O 2 - N	
1	!	2011110	B 3 0 2 20 m	f e r s k	m g / l m g O / l	µ g P / l	µ g P / l	µ g N / l	µ g N / l m g O / l	m g O / l	m g O / l	m g O / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g / l	µ g N / l
2	!	2011110	B 3 0 3 10 m	f e r s k	B 2	F 1 - l	D 2 - l	D 6 - l	D 5 - 4	G 4 - 2	G 2 - 2	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	E k s t e m	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	E 8 - 3	D 3 - 3
3	!	2011110	B 4 0 10 9 m	f e r s k																			
4	!	2011110	B 0 0 10 m	f e r s k																			
5	!	2011110	B 3 0 10 m	f e r s k																			
6	!	2011110	B 10 10 m	f e r s k																			
7	!	2011110	B 2 0 10 m	f e r s k																			
Analysevariabel																							
Enhet ==>																							
M etode ==>																							
P nr	P idato	M etning	P r o v t y p e	A g / M S	C d / M S	C u / M S	F e / M S	H g / L	M n / M S	N i / M S	P b / M S	Z n / M S	9 N O 3 - N O 2 - N										
1	!	2011110	B 3 0 2 20 m	f e r s k																			
2	!	2011110	B 3 0 3 10 m	f e r s k																			
3	!	2011110	B 4 0 10 9 m	f e r s k																			
4	!	2011110	B 0 0 10 m	f e r s k																			
5	!	2011110	B 3 0 10 m	f e r s k																			
6	!	2011110	B 10 10 m	f e r s k																			
7	!	2011110	B 2 0 10 m	f e r s k																			
Analysevariabel																							
Enhet ==>																							
M etode ==>																							
P nr	P idato	M etning	P r o v t y p e	9 N O 3 - N O 2 - N																			
1	!	2011110	B 3 0 2 20 m	f e r s k																			
2	!	2011110	B 3 0 3 10 m	f e r s k																			
3	!	2011110	B 4 0 10 9 m	f e r s k																			
4	!	2011110	B 0 0 10 m	f e r s k																			
5	!	2011110	B 3 0 10 m	f e r s k																			
6	!	2011110	B 10 10 m	f e r s k																			
7	!	2011110	B 2 0 10 m	f e r s k																			

Rekviransnumnr : 2011-02579		Motattdato : 20111025		Godk�ntdat : 20120227		MAR		Godk�ntdat : 20120227															
P�s�ktnr : O 11313		Kunde/�tkkod : BorreInn		Kontakt/�aksbeh. : SRA																			
Anal�sevarabel																							
Enhet ==>		STS	TOC	BOD5	OD	Cr	Ag	Mn	S	NO2-N													
Metode ==>		m g/l	m g C/l	m g O/l	m g O/l	m g O/l	m g O/l	m g/l	m g/l	�g N/l													
P�nr	P�rto	M ethod	Unit	Value	Unit	Value	Unit	Value	Unit	Value													
1	2011024	B 0	0,2 m	5,0	14	8	570	28	5,1	<3	<15	<0,05	0,01	0,3	140	385	<1	53,4	0,86	0,227	3,09	380	
2	2011024	B 1	0,2 m	5,2	13	8	585	24	5,4	<3	17												
3	2011024	B 2	0,2 m	4,2	10	6	580	21	5,4	<3	16												
4	2011024	B 3	0,2 m	5,2	11	7	655	25	5,6	<3	17	<0,05	0,01	0,3	168	382	13	52,9	0,86	0,224	3,46	390	
Anal�sevarabel																							
Enhet ==>		Cd	Mn	S	Cu	Mn	S	Fe	Mn	S	Pb	Mn	S	Zn									
Metode ==>		�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l	�g/l										
P�nr	P�rto	M ethod	Unit	Value	Unit	Value	Unit	Value	Unit	Value	Unit	Value	Unit										
1	2011024	B 0	0,2 m	0,01	0,3	140	385	<1	53,4	0,86	0,227	3,09	380										
2	2011024	B 1	0,2 m										380										
3	2011024	B 2	0,2 m										385										
4	2011024	B 3	0,2 m	0,01	0,3	168	382	13	52,9	0,86	0,224	3,46	390										

Rekvisitt nr: :2011-03173		Mottatt dato :20111209		Godkjent av :KBA		Godkjent dato:20120215																	
Prosjekt nr :O 11313		Kunde/Sluttkord :BorreInn		Kontakt/ Saksbeh. :SRA																			
Analysevariabel		S/S		O 2		P 04		P 04		P 04		P 04		P 04		P 04		P 04		P 04			
Enhet ==>		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l		m g/l			
M etode ==>		TESTNO		B 2		F 1-1		D 2-1		D 1-3		D 6-1		D 5-4		Ekstern		G 2-2		E 8-3			
P nr		P dato		M etking		P øvetype																	
1	2011207	O 1 B 4	8m	Fezsk																			
2	2011207	O 2 B 3	20m	Fezsk																			
3	2011207	O 3 B 3	10m	Fezsk																			
4	2011207	B 0		Fezsk	7.1	11	10	660	14	<3	<15	<0.05	0.2	0.01	0.43	1.61	392	<1	22.0	0.91	0.286	4.61	430
5	2011207	B 1		Fezsk	7.0	14	12	635	18	<3	15												
6	2011207	B 2		Fezsk	7.4	14	11	630	11	<3	<15												
7	2011207	B 3		Fezsk	7.5	14	12	650	27	<3	<15												
Analysevariabel		A s/M S		C d/M S		C u/M S		F e/M S		H g/L		M n/M S		N i/M S		P b/M S		Z n/M S		9N O 3-N O 2-N			
Enhet ==>		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		ng/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg N/l			
M etode ==>		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3		E 8-3 D 3-3			
P nr		P dato		M etking		P øvetype																	
1	2011207	O 1 B 4	8m	Fezsk																			
2	2011207	O 2 B 3	20m	Fezsk																			
3	2011207	O 3 B 3	10m	Fezsk																			
4	2011207	B 0		Fezsk	0.2	0.01	0.43	1.61	392	<1	22.0	0.91	0.286	4.61	430	435	440						
5	2011207	B 1		Fezsk																			
6	2011207	B 2		Fezsk																			
7	2011207	B 3		Fezsk	0.2	0.02	0.46	1.68	411	1	23.0	0.96	0.283	3.51	445								
Analysevariabel		9N O 3-N O 2-N																					
Enhet ==>		µg N/l																					
M etode ==>		D 3-3																					
P nr		P dato		M etking		P øvetype																	
1	2011207	O 1 B 4	8m	Fezsk																			
2	2011207	O 2 B 3	20m	Fezsk																			
3	2011207	O 3 B 3	10m	Fezsk																			
4	2011207	B 0		Fezsk																			
5	2011207	B 1		Fezsk																			
6	2011207	B 2		Fezsk																			
7	2011207	B 3		Fezsk																			

Vedlegg B. Bunnfauna

Feltnotater fra prøvetaking av bunndyr. Bunnfaunamateriale er fra grabbprøvetaking i Glomma nedstrøms Borregaard den 25. april 2011.

ST.	KAST	UTTAK TIL GLASS (%)	DYP (m)	LUKT	BESKRIVELSE
58	1	25	6	kloakk	smågrus, mineralsk, farge svart/grå
58	2	50	6		mer leiraktig, blågrå farge, men også noe grus/mineralsk
59	1	50	13		gråblått, leireflak 3-4 cm på toppen med brunere sediment under, noe smågrus
59	2	25	13		dominert av blågrå leire
61	1	100	2.5		hard bunn, men noe påvekstalger fanga i grabben inneholdt bunndyr
61	2	100	2.5		fortsatt hard bunn, men tok med noe begroing
62	1	100	3		hard bunn, men en del begroing fanga opp
62	2	100	3		vanskelig å få fangst, men tok noe begroing og grus
66	1	10	2		stor fangst, men 80 % grov flis eller bark, tok med ca 10 % av prøve
66	2	100	2	kloakk	helt annerledes med påvekst og kloakklukt
67	1	50	7		leire og sand
67	2	100	7		lite fangst, sand og grus, minimalt (10 %) leire
68	1	100	3		hard bunn, men fanga noe begroing
68	2	100	3		lite fangst etter gjentatte forsøk

Taksaliste for bunndyr. Bunnfaunamateriale er fra grabbprøvetaking i Glomma nedstrøms Borregaard den 25. april 2011.

Taxon name	St.58	St.58	St.59	St.59	St.61	St.61	St.62	St.62	St.66	St.66	St.67	St.67	St.68	St.68	St.68-58
Nematomorpha gen.sp.					1										1
Oligochaeta gen.sp.	2				3	15	1	4	6	7			7	2	56
Hydrachnidia gen.sp.									1				1		2
Sphaeriidae gen.sp.					1				1						2
Chironomidae gen.sp.	2	2	2	2	13	18	24	7	2	6	2	3	11	3	97
Baetis sp.							1								1
Ephemerella mucronata							1								1
Ancylus fluviatilis													1		1
Physa fontinalis								1							1
Asellus aquaticus					9	1	5	4							19
Tinodes waeneri					1								1	1	3

Vedlegg C. Begroingsalger

Liste over registrerte begroingselementer fra 6 lokaliteter ved Borregård 2011. Hyppigheten er angitt som prosent dekning. Organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: x=observert, xx=vanlig, xxx=hyppig

	Ref, oppstrøms Borregårds utslipp						St 5, Ytre Pæddedammen (vest)
	St 1, Sørbredden, øst for E6	St 2, Sørbredden, vest for E6	St 3, Ytre Pæddedammen (øst)	St 4, Indre Pæddedammen	St 5, Ytre Pæddedammen (vest)		
Cyanobakterier							
<i>Calothrix</i> spp.			x			x	
<i>Chamaesiphon confervicola</i>	xx	x					
<i>Chamaesiphon rostafinskii</i> (c.v.elongata)	x						
<i>Cyanophanon mirabile</i>		x					
<i>Heteroleibleinia kossinskajae</i>			xx			x	
<i>Homoeothrix</i> spp.			x				
<i>Lyngbya</i> spp.					x		
<i>Nostoc</i> spp.	<1						
<i>Oscillatoria limosa</i>					x		
<i>Phormidium autumnale</i>		<1					
<i>Phormidium corium</i>	<1	<1				5	
<i>Phormidium</i> spp.			x		xx		
<i>Rivularia</i> sp.		x					
<i>Stigonema mamillosum</i>		x					
<i>Tolypothrix penicillata</i>						<1	
<i>Tolypothrix</i> spp.		<1					
Grønnalger							
<i>Cosmarium</i> spp.			x				
<i>Microspora amoena</i>	<1	1			x		
<i>Microspora pachyderma</i>	x						
<i>Oedogonium a</i> (5-11u)					x		
<i>Oedogonium b</i> (13-18u)		x					
<i>Oedogonium c</i> (23-28u)			x		xxx	x	

	Ref, oppstrøms Borregårds utslipp	St 1, Sørbredden, øst for E6	St 2, Sørbredden, vest for E6	St 3, Ytre Pæddedammen (øst)	St 4, Indre Pæddedammen	St 5, Ytre Pæddedammen (vest)
Spirogyra d (30-50u,2-3k,l)			<1	x	40	
Stigeochlonium spp.					x	
Uidentifiserte coccale grønnalger				x		x
Ulothrix tenerima		<1			x	
Kiselalger						
Tabellaria flocculosa (agg.)	x	x	x	x		x
Uidentifiserte pennate	xxx	10		xxx	xxx	xx
Rødalger						
Audouinella calybaea	x					
Audouinella pygmaea				x		
Audouinella spp.		x				
Batrachospermum gelationsum				5		
Batrachospermum spp.		x				
Moser						
Uidentifiserte bladmoser	<1			<1		
Nedbrytere						
Sphaerotilus natans		10	40	1	4	5
Svamp				1		

PIT og AIP indeksverdier og tilstandsklasser på 6 stasjoner ved Borregaard. AIP klassegrensene er ikke interkalibrert og dermed ikke bindende. Skravert blå indikerer usikker tilstandsklassifisering.

Lokaliteter	Ca klasse	AIP			PIT		
		Antall indikatorarter	AIP	Økologisk tilstand forsurening	Antall indikatorarter	PIT	Økologisk tilstand eutrofiering
Ref	2	3	6,89	Svært god	6	14,25	God
St 1	2	6	6,88	Svært god	9	9,92	God
St 2	2	2	7,01	*	5	12,80	God
St 3	2	3	7,04	Svært god	9	13,39	God
St 4	2	2	7,14	*	7	18,17	Moderat
St 5	2	2	7,03	*	5	9,95	God

* For få indikatorarter til en sikker tilstandsklassifisering.

Vedlegg D. Vannvegetasjon

Makrovegetasjon (høyere planter) er planter som har sitt normale habitat i vann. De deles ofte inn i helofytter ("sivvegetasjon" eller «sumpplanter») og "ekte" vannplanter. Helofyttene er semi-akvatiske planter med hoveddelen av fotosyntetiserende organer over vannflata det meste av tida og et velutvikla rotsystem. Vannplantene er planter som vokser helt neddykket eller har blader flytende på vannoverflata. Disse kan deles inn i 4 livsformgrupper: isoetider (kortskuddsplanter), elodeider (langskuddsplanter), nymphaeider (flytebladsplanter) og lemnider (frittflytende planter). I tillegg inkluderes de største algene, kransalgene, men ingen slike blei registrert i denne delen av Glomma.

Undersøkte lokaliteter i Glomma ved Borregaard

Stasjon	Lokaliteter langs Glomma	Substrat	UTM, x	UTM, y
1	Strand ved Sandesund, N-sida	sand, småstein, mudder	277411	6576817
2	Paddekummen, N-sida	forbygd, vei og P-plass	277332	6576912
3	Nedstrøms Paddekummen, N-s.	berg, forbygning under vei	277180	6576728
4	Odde i elva for enden av Sundløkkaveien, S-sida	steinfylling, delvis original strand	277369	6576653
5	Ved Domberg, S-sida	strandberg, grus, mudder	277888	6576113

Vedlegg E. Beregning av fortynning og konsentrasjon ved nytt utslipp til Glomma fra Borregaard

Bakgrunn og Formål

Borregaard vurderer å flytte sitt hovedutslipp til Glomma ved Melløs (se Figur 1). I den anledning ønsker de beregninger av fortynning og konsentrasjoner som kan forventes nedstrøms utslippet. Det foreliggende notat inneholder slike beregninger.

Metodikk og data

Det nye utslippsstedet er vist i Figur 1. For beregninger av fortynning og konsentrasjoner bruker vi modellen Visual Plumes (VP) som er utviklet av US EPA (Frick et al., 2001).

Som input til modellen brukes:

1. Vannmengden i utslippet: dimensjonerende mengde er $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (Høvik 2011). Etter avtale med Borregaard gjøres beregninger for $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ og $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Nytt utslippsarrangement: fra Borregaard er mottatt et notat som angir en diffusor med lengde 60 m, med 2 diffusorhull a 200 mm innerst og 2 diffusorhull a 225 mm lenger ut (Høvik, 2011). Endehullet har sektoråpning ca. 165° . Målt fra vannkanten er lengden ca. 60 meter, med 3 lengder som har følgende dimensjoner: 20 m Ø600 mm, 20 m Ø500 mm og 20 m Ø400 m. Vi forutsetter at bunndypet er 5 m.

VP gir ikke anledning til å bruke varierende ledningsdiametre, ulik avstand mellom hullene eller varierende hulldiametre. Vi forutsetter dermed at diffusorhullene fordeler seg med 10 m avstand på de to ytterste elementene (40 m) og at ledningsdiameteren er 500 mm. Som en sirkulær åpning vil endehullets diameter være ca. 260 mm. Som standard diameter for alle de 5 hullene setter vi dermed 230 mm.

3. Strømhastigheten i elva noen 10-talls meter oppstrøms aktuelt utslippsområde ble målt i 10-17.11.2011 (Figur 1-2). Vannføringen i dette tidsrommet var i intervallet $635\text{-}645 \text{ m}^3/\text{s}$, og gjennomsnittshastigheten var $0,97 \text{ m/s}$. Vi antar at det er ved lavere vannføring/hastigheter at behovet for stor fortynning er størst, og velger å kjøre modellen for $0,5 \text{ m/s}$, $0,75 \text{ m/s}$ og 1 m/s .
4. Nedenfor Sarpsfossen er den vertikale blandingen i elvevannet så stor at der ikke er noen vertikal sjiktning (Figur 3). Konsentrasjonen av suspendert materiale (SPM) nedstrøms utslippet er simulert for en gjennomsnittsverdi 340 mg/l i avløpsvannet. Høsten 2011 ble konsentrasjonen i elva målt til $3,1\text{-}7,1 \text{ mg/l}$, med praktisk talt ingen forskjell på målinger oppstrøms og nedstrøms utslippet fra Borregaard.

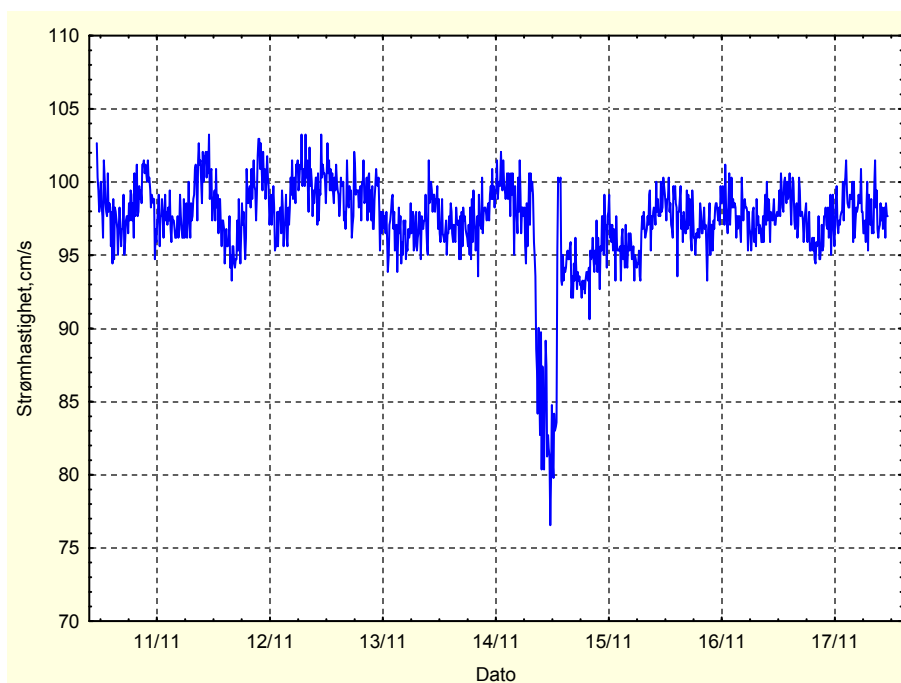
Borregaard har oppgitt at for beregninger av kopper kan $500 \text{ }\mu\text{gCu/l}$ være en typisk konsentrasjon i avløpsvannet, men det skal også gjøres beregninger for $2000 \text{ }\mu\text{gCu/l}$. Som bakgrunnskonsentrasjon brukes hhv. $6,5 \text{ mgSPM/l}$ og $1,7 \text{ }\mu\text{gCu/l}$ som er typisk verdi for målinger i Sarpsfoss i 2009 ($n=21$) og 2010 ($n=16$) (Skarbøvik et al., 2010, 2011). For Cu gjelder følgende: $1,5 \text{ }\mu\text{g/l}$ eller lavere er God kjemisk tilstand (Direktoratsgruppa for vanndirektivet, 2009), og målingene ved Sarpsfoss ligger dermed for en stor del over denne.

5. Størrelsen av den turbulente blandingen i elva er vanskelig å bedømme. VPs standardverdi for forholdsvis rolige vannmasser er koeffisienten $0,0003 \text{ m}^{2/3}\text{s}^2$. I Glomma er den turbulente blandingen svært stor, men ukjent. Vi velger å sette koeffisienten til $0,005 \text{ m}^{2/3}\text{s}^2$ for alle

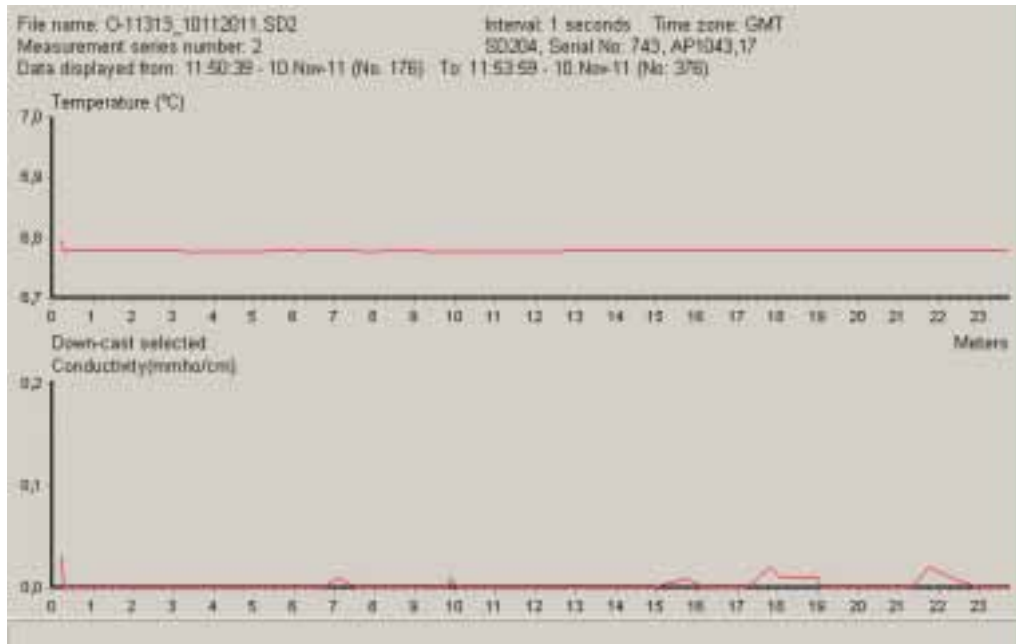
situasjoner, selv om den turbulente blandingen uten tvil er størst ved stor vannføring i elva. Vi lar blandingen øke med tiden fordi 'skyen' med fortynnet avløpsvann etter hvert brytes opp i mindre deler, noe som også øker fortynningen.



Figur 1. Glomma ved Melløs. Stasjon for måling av strømhastighet er angitt i rød lukket sirkel, se videre Figur 2. Posisjon for et evt. nytt utslipp er antydnet med rød pil like ved strømmåleren.



Figur 2. Strømhastighet målt i 1 m dyp litt oppstrøms det aktuelle utslippspunktet. Angitt med rød lukket sirkel i Figur 1.



Figur 3. Vertikalprofil av temperatur og konduktivitet målt like nedstrøms Melløs 10.11.2011.

For å beskrive forholdene ved ulike vannmengder i avløpet, strømhastigheter i elva og konsentrasjoner av kopper og suspendert materiale i avløpsvannet valgte vi å gjøre beregninger for 18 scenarier (Tabell 1). Av disse kan scenariene 15-18 (stor vannmengde og høy kopperkonsentrasjon) forventes å gi større påvirkning av vannkvaliteten enn scenariene 1-3.

Tabell 1. Definerte 18 scenarier for beregningene. SPM beregnes bare for scenario 1-9.

Scenario	Vannmengde m ³ /s	Strømhastighet m/s	Konsentrasjon Cu, µg/l	Konsentrasjon SPM mg/l
1	0,15	0,5	500	340
2	0,15	0,75	500	340
3	0,15	1	500	340
4	0,25	0,5	500	340
5	0,25	0,75	500	340
6	0,25	1	500	340
7	0,5	0,5	500	340
8	0,5	0,75	500	340
9	0,5	1	500	340
10	0,15	0,5	2000	
11	0,15	0,75	2000	
12	0,15	1	2000	
13	0,25	0,5	2000	
14	0,25	0,75	2000	
15	0,25	1	2000	
16	0,5	0,5	2000	
17	0,5	0,75	2000	
18	0,5	1	2000	

Resultat og vurderinger

Utslipp av suspendert materiale

Figurene 4-6 viser resultater for de 9 scenariene (se Tabell 1 for beskrivelse av dem). Ut av diffusorhullene er strålehastigheten hhv. 0,72 m/s, 1,2 m/s 2,4 m/s for de tre vannmengdene, og de to laveste hastighetene er mindre enn optimalt for å oppnå rask og stor fortykning av avløpsvannet.

Den øvre halvdel av figurene viser den oppadstigende strålebanen fra diffusoren inntil strålene «egenenergi» er oppbrukt. Derifra bestemmer naturlig turbulent blanding i selve ellevannet den videre fortykningen. Nedre halvdel av figurene viser beregnet konsentrasjon av SPM nedstrøms utslippet ut til 1000 m avstand. Til sammenligning er avstanden til der E18-brua krysser Glomma ca. 500 m (se Figur 1).

Beregningene viser at allerede 100-400 m nedstrøms utslippet – avhengig av mengde avløpsvann og strømhastighet – var konsentrasjonsøkningen som SPM avtatt fra 340mg/l til 1 mg/l. Denne økningen er liten i forhold til en stor naturlig variasjon, der konsentrasjonen ved Sarpsfossen i 2009 og 2010 varierte i intervallene ca.2-25 mgSPM/l og ca. 1-21 mg/SPMl (Skarbøvik et al., 2010, 2011).

Resultatene tyder klart på utslipp gjennom en godt dimensjonert diffusor bør kunne gi så stor fortykning at det sikrer en akseptabel konsentrasjon av SPM i relativt kort avstand nedstrøms utslippet.

Utslipp av kopper

Figurene 7-9 viser resultater for scenariene 1-18 (se Tabell 1 for beskrivelse av scenariene). Merk at bakgrunnskonsentrasjonen på 1,7 µgCu/l i Sarpsfossen er høyere enn 1,5 µgCu/l som representerer God vannkvalitet. Dette betyr at

- Det kreves svært stor fortykning for å oppnå en konsentrasjon ned mot 2 µgCu/l
- En konsentrasjon på 1,7-1,8 µgCu/l kan neppe oppnås

Når konsentrasjonen i avløpsvannet er 500 µgCu/l (se Figurene 7-8) avtar konsentrasjonen meget raskt de første 200-300 m – i stor grad pga. den store fortykningen som diffusoren gir. Deretter går reduksjonen mye langsommere mens den naturlige blandingen i ellevannet styrer fortykningen. I ca. 500 m avstand er konsentrasjonen 2-2,2 µgCu/l, dvs. 0,3-0,5 µgCu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Deretter avtar konsentrasjonen meget langsomt.

Når konsentrasjonen i avløpsvannet er 2000 µgCu/l (se Figurene 8-9) blir konsentrasjonen ca. 1000-1500 m avstand 2-2,2 µgCu/l, dvs. 0,3-0,5 µgCu/l over bakgrunnskonsentrasjonen. Deretter avtar konsentrasjonen meget langsomt når avstanden øker.

Vannprøvene som ble tatt nedstrøms utslippet til Glomma høsten 2011 viste konsentrasjoner i intervallet 1,4-2,56 µgCu/l, dvs. i rimelig samsvar med resultatene fra beregningene. Her vil imidlertid variasjoner i bakgrunnskonsentrasjonen ved Sarpsfoss ha stor betydning fordi den iblant ligger så høyt som 2-4 µgCu/l (Skarbøvik et al., 2009, 2010, 2011). Vi kjenner ikke konsentrasjonen ved Sarpsfoss høsten 2011 og kan derfor ikke vurdere dette nærmere.

Det skal imidlertid også nevnes at en nærmere gransking av resultatene gir inntrykk av at modellen kanskje underestimerer den sterke vertikale blandingen i elva, noe som i så fall fører til at den beregnede konsentrasjonen avtar for langsomt med økende avstand fra utslippet.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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