

Overvåking av vassdrag i forbindelse med larvikittbrudd i Larvik-området. Resultater begroingsalger og bunndyr 2015



RAPPORT

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

Tittel Overvåking av vassdrag i forbindelse med larvikittbrudd i Larvik-området. Resultater begroingsalger og bunndyr 2015.	Løpenr. (for bestilling) 6989-2016	Dato 19.02.2016
	Prosjektnr. Undernr. 15285	Sider 32
Forfatter(e) Therese Fosholt Moe Jonas Persson Jens Vedal	Fagområde Ferskvannøkologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Larvik	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Golder Associates AS		Oppdragsreferanse Rolf E. Andersen

Sammendrag

I henhold til vilkår i tillatelsene til larvikittbruddene Klåstad, Krukåsen og Saga Pearl samt Brattås deponi er bedriftene pålagt å utvikle og følge fastsatte overvåkingsprogram for å kunne avdekke eventuelle effekter av utslipp til resipienter i avrenningsområdet. På denne bakgrunn har NIVA i 2015 undersøkt resipienter i de aktuelle områdene for å kartlegge mulige påvirkninger fra steinbruddene på begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr. Resultatene viser at det kun er avrenningsbekken fra Krukåsen (Krukåsen 1) som når miljømålet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Innsjølokaliteten Saga Pearl 3 i Messingvika oppnår moderat tilstand mens de resterende lokalitetene oppnår dårlig eller svært dårlig tilstand. Det var ikke mulig å tilstandsklassifisere Brattås 1, Brattås 4 og Klåstad 79. Andelen filtrerende bunndyr var lavere på stasjoner som var påvirket av steinindustrien sammenliknet med referansestasjonene, noe som indikerer at det finpartikulære materialet som transporteres ut fra steinbruddene har en negativ påvirkning på denne gruppen bunnlevende organismer. Da mange av bekkene i denne undersøkelsen er veldig små, med tidvis uttørring og med lite biologisk innhold uansett belastning, bør det vurderes hvorvidt man skal fortsette å benytte begroingsalger og bunndyr som biologiske kvalitetselementer i de mest påvirkede lokalitetene.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Begroingsalger	1. Benthic algae
2. Bunndyr	2. Macroinvertebrates
3. Steinbrudd	3. Quarries
4. Overvåking	4. Monitoring



Therese Fosholt Moe
Prosjektleder



Nikolai Friberg
Forskningsleder

**Overvåking av vassdrag i forbindelse med
larvikittbrudd i Larvik-området. Resultater
begroingsalger og bunndyr 2015.**

Forord

I henhold til vilkår i tillatelsene til de ulike larvikittbruddene og -deponiene er bedriftene pålagt å utvikle og følge fastsatte overvåkingsprogram. Hensikten er å kunne følge med på eventuelle effekter av deres utslipp til resipientene i avrenningsområdet. På denne bakgrunn gjennomførte NIVA høsten 2015 resipientundersøkelser i de aktuelle områdene med hensyn til effekter på begroingsalger og bunndyr. Denne rapporten gjør rede for undersøkelsene og resultatene.

Begroingsalger og heterotrof begroing er samlet inn og analysert av Therese Fosholt Moe. Bunndyr er samlet inn og analysert av Jonas Persson. Kvalitetssikring av rapport er foretatt av Susanne Schneider, Maia Røst Kile, Markus Lindholm og Nikolai Friberg. Jens Vedal har sørget for intern lagring i NIVAs databaser samt innsending av data til Vannmiljø.

Oppdragsgiver er Golder Associates AS, og deres representant har vært Rolf E. Andersen. Feltassistent har vært Magne Martinsen fra Lundhs AS. Alle takkes for godt samarbeid!

Oslo, 19. februar 2016



Therese Fosholt Moe

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	7
2. Materialer og metode	8
2.1 Lokalitetsbeskrivelse	8
2.2 Prøvetaking og analyser av begroingsalger og heterotrof begroing	14
2.3 Prøvetaking og analyser av bunndyr	14
2.4 Vannkjemi	15
2.5 Tilstandsklassifisering i henhold til vannforskriften	15
3. Resultater	17
3.1 Begroingsalger og heterotrof begroing	17
3.1.1 Begroingsalger - artsdiversitet	17
3.1.2 Begroingsalger - eutrofiering (PIT)	17
3.1.3 Begroingsalger – forsuring (AIP)	18
3.1.4 Heterotrof begroing - organisk belastning (HBI)	18
3.2 Bunndyr	18
3.2.1 Bunndyr - forsuring (Raddum 2)	19
3.2.2 Bunndyr - organisk belastning (ASPT)	20
3.2.3 Bunndyr - funksjonelle fødegrupper	20
3.3 Samlet vurdering av økologisk tilstand	21
4. Diskusjon og konklusjon	22
4.1 Samlet vurdering fra alle resipienter	23
4.2 Oppsummering pr brudd/deponi	24
4.2.1 Brattås	24
4.2.2 Klåstad	24
4.2.3 Krukåsen	24
4.2.4 Saga Pearl	25
4.3 Konklusjon	25
5. Litteratur	26
Vedlegg 1	27
Vedlegg 2	30
Vedlegg 3	31

Sammendrag

I henhold til tillatelsene til de ulike larvikittbruddene og -deponiene i Larvik er bedriftene pålagt å utvikle og følge fastsatte overvåkingsprogram. Formålet med dette prosjektet har vært å kartlegge effektene av utslipp fra steinindustrien i 2015 på begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr i resipientene rundt Krukåsen, Klåstad og Saga Pearl steinbrudd, samt Brattås deponi, i henhold til de respektive bruddenes/deponienes overvåkingsprogrammer. De påvirkede lokalitetene er sammenliknet med utvalgte referanselokaliteter, som skal vise hvordan vannmiljøet er ved fravær av påvirkninger fra steinindustrien. Resultatene er sammenliknet med tilsvarende undersøkelser fra 2014.

Det er beregnet økologisk tilstand basert på begroingsalger (PIT og AIP), heterotrof begroing (HBI) og bunndyr (Raddum 2 og ASPT). Resultatene fra årets undersøkelser viser at det kun er avrenningsbekken fra Krukåsen (Krukåsen 1) som når miljømålet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Innsjølokaliteten Saga Pearl 3 i Messingvika oppnår moderat tilstand mens de resterende lokalitetene oppnår dårlig eller svært dårlig tilstand. Det var ikke mulig å tilstandsklassifisere Brattås 1, Brattås 4 og Klåstad 79.

Mange av bekkene i denne undersøkelsen er små, med lite vann, finpartikulært substrat og/eller dårlige lysforhold, og de er dermed i utgangspunktet lite egnet for prøvetaking av begroingsalger og bunndyr. Små resipienter har som regel lavere artsdiversitet og mindre forutsigbarhet, noe som øker usikkerheten ved indeksberegningene. Videre er indeksene i vannforskriften generelt uegnet for å se på effekten av steinindustri, som særlig er knyttet til økt turbiditet. Det generelle inntrykket basert på indeksene som er benyttet i denne undersøkelsen viser da også at det kun er marginalt bedre tilstand i referanselokalitetene sammenliknet med de påvirkede lokalitetene. Dette kan imidlertid også skyldes at referanselokalitetene ligger i jordbruksområder med finpartikulært substrat og høy næringsbelastning, noe som gir dårlig tilstand også her. Dersom vi derimot benytter funksjonelle grupper hos bunndyr ser vi at andelen filtrerende bunndyr er lavere på stasjoner som er påvirket av steinindustrien sammenliknet med referansestasjonene. Dette indikerer at det finpartikulære materialet som transporteres ut fra steinbruddene har en negativ påvirkning på denne gruppen bunnlevende organismer.

Da mange av bekkene i denne undersøkelsen er veldig små, og det ikke er utviklet indekser i vannforskriften som ser på effekten av turbiditet på biota, bør det vurderes hvorvidt man skal fortsette å benytte begroingsalger og bunndyr som biologiske kvalitetselementer i de mest påvirkede lokalitetene. Dette gjelder særlig Brattås 4 og Klåstad 79, men også ved andre lokaliteter kan det være mer hensiktsmessig å anvende fysisk-kjemiske parametere til å kvantifisere eventuelle effekter.

Summary

Title: Investigative monitoring of watercourses in connection to the larvikitt quarries in the Larvik area. Results from benthic algae and macroinvertebrates 2015.

Year: 2016

Author: Therese Fosholt Moe, Jonas Persson and Jens Vedal

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6724-2

According to the permissions of the various larvikite quarries and landfills in Larvik, these industries must develop monitoring programs and comply with these to assess the effects of their emissions to the recipient water bodies. The purpose of this project has been to map the effects of emissions from the stone industry in 2015 on benthic algae, heterotrophic organisms and macroinvertebrates in recipients around Krukåsen, Klåstad and Saga Pearl quarries and Brattås landfill, according to the respective monitoring programs. The recipients are spatially compared with selected reference sites and the results are temporally compared with similar studies from 2014.

Ecological status is estimated based on indexes for benthic algae (PIT and AIP), heterotrophic organisms (HBI) and macroinvertebrates (Raddum 2 and ASPIT). The results from the 2015 study show that Krukåsen 1 is the only stream to reach the environmental objective of good or very good ecological status according to the Water Framework Directive. Saga Pearl 3 in Messingvika in Lake Hallevatnet achieved moderate status, while the remaining streams achieved poor or very poor status. It was not possible to classify Brattås 1, Brattås 4 and Klåstad 79.

Many of the streams in this study were small, with very low to intermittent flows and dominated by fine particulate substrate and/or low light conditions. Hence, their biological content was low with regard to benthic algae and macroinvertebrates. Small recipients usually show lower species diversity and less predictability, which increases uncertainty in the indexing. Furthermore, the Water Framework Directive compliant indices are generally not sensitive to detect impacts of the stone industry, which is particularly related to increased turbidity. The general impression based on the indices that are used in this study is that the condition in the reference locations is only marginally better than the impacted localities. However, this may also be due to the reference sites being located in agricultural areas with fine particulate substrate and high nutrient load, resulting in lower status also here. However, if we use functional feeding groups of macroinvertebrates, we see that the proportion of filters is lower in streams impacted by the stone industry compared to the reference streams. This indicates that the fine particulate material that is transported from the quarries could have a negative impact on this group of macroinvertebrates.

As many of the streams in this study are very small, and the fact that the Water Framework Directive compliant indices used are not sensitive to the effects of turbidity on biota, it should be considered whether to continue to use benthic algae and macroinvertebrates as biological quality elements in the most affected streams. This is particularly true for Brattås 4 and Klåstad 79, but it may be more convenient to use physicochemical parameters also in some of the other streams.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Den største påvirkningen fra steinindustrien i Larvik er utslipp av finpartikulært, uorganisk materiale, noe som gir høy turbiditet i avrenningsvannet (Berge m.fl. 2009). Dette svekker lystilgangen for begroingsalger, bidrar til økt mekanisk stress og skaper problemer for filtrerende bunndyr, samt at det fører til nedslamming av resipientene.

I henhold til tillatelsene til de ulike larvikittbruddene og -deponiene i Larvik er bedriftene pålagt å utvikle og følge fastsatte overvåkingsprogram. Hensikten er å kunne følge med på eventuelle effekter av utslipp til resipienter i avrenningsområdet. På denne bakgrunn har NIVA i 2015 undersøkt resipienter i dette området for å avdekke eventuelle effekter på begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr.

Begroingsalger er en gruppe bentiske primærprodusenter, det vil si fastsittende organismer som driver fotosyntese, og som til dels er sensitive for eutrofiering og forurensing. At de er fastsittende innebærer at de ikke kan forflytte seg for å unnsnippe eventuelle (periodiske) forurensinger. Dermed reagerer de på selv korte forurensingsepisoder som ellers lett ville blitt oversett ved kjemisk overvåking. Av den grunn blir de ofte brukt i overvåkingsprosjekter og i forbindelse med tilstandsklassifisering i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppa 2013).

Heterotrof begroing inkluderer sopp og bakterier som bruker lett nedbrytbart organisk materiale som energikilde. Heterotrof begroing vokser på elvebunnen eller som epifytter på alger og vannplanter. Ved utslipp av organisk materiale fra industri, avrenning fra gjødselkjellere eller ved kloakkelekkasjer, kan de vokse raskt og oppnå høy dekningsgrad på kort tid. Bakterier og sopp er altså særlig dominerende når det finnes mye lett nedbrytbart organisk materiale. At de er stasjonære og reagerer raskt på miljøendringer gjør at heterotrof begroing er en god indikator for å dokumentere organisk belastning (Direktoratsgruppa 2013).

Bunndyr har i lang tid vært anvendt til å vurdere vannkvalitet og forurensningstilstand i vassdrag (Aanes og Bækken 1989). Denne gruppen av smådyr er et viktig næringsgrunnlag for fisk og mye av fuglefaunaen vi finner langs vassdragene våre. Ytre påvirkninger, som for eksempel store tilførsler av uorganisk finpartikulært slam, organiske forbindelser, næringssalter og giftige forbindelser, vil kunne endre bunndyrsamfunnenes oppbygning. Ofte får vi et samfunn med en lavere diversitet (mindre variasjon/reduert mangfold) dominert av én eller noen få dyregrupper som ofte har fått økt tetthet.

1.2 Formål

Formålet med dette prosjektet har vært å kartlegge effektene av utslipp fra steinindustrien i 2015 på begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr i resipientene rundt Krukåsen og Klåstad steinbrudd, samt Brattås deponi, i henhold til de respektive bruddenes/deponienes overvåkingsprogrammer. Ved Saga Pearl er det i henhold til overvåkingsprogrammet kun undersøkt bunndyr. De påvirkede lokalitetene blir sammenliknet med utvalgte referanselokaliteter, som skal vise hvordan vannmiljøet er ved fravær av påvirkninger fra steinindustrien. Resultatene blir sammenlignet med tilsvarende undersøkelser fra 2014 (og 2013 for Brattås deponi).

2. Materialer og metode

2.1 Lokalitetsbeskrivelse

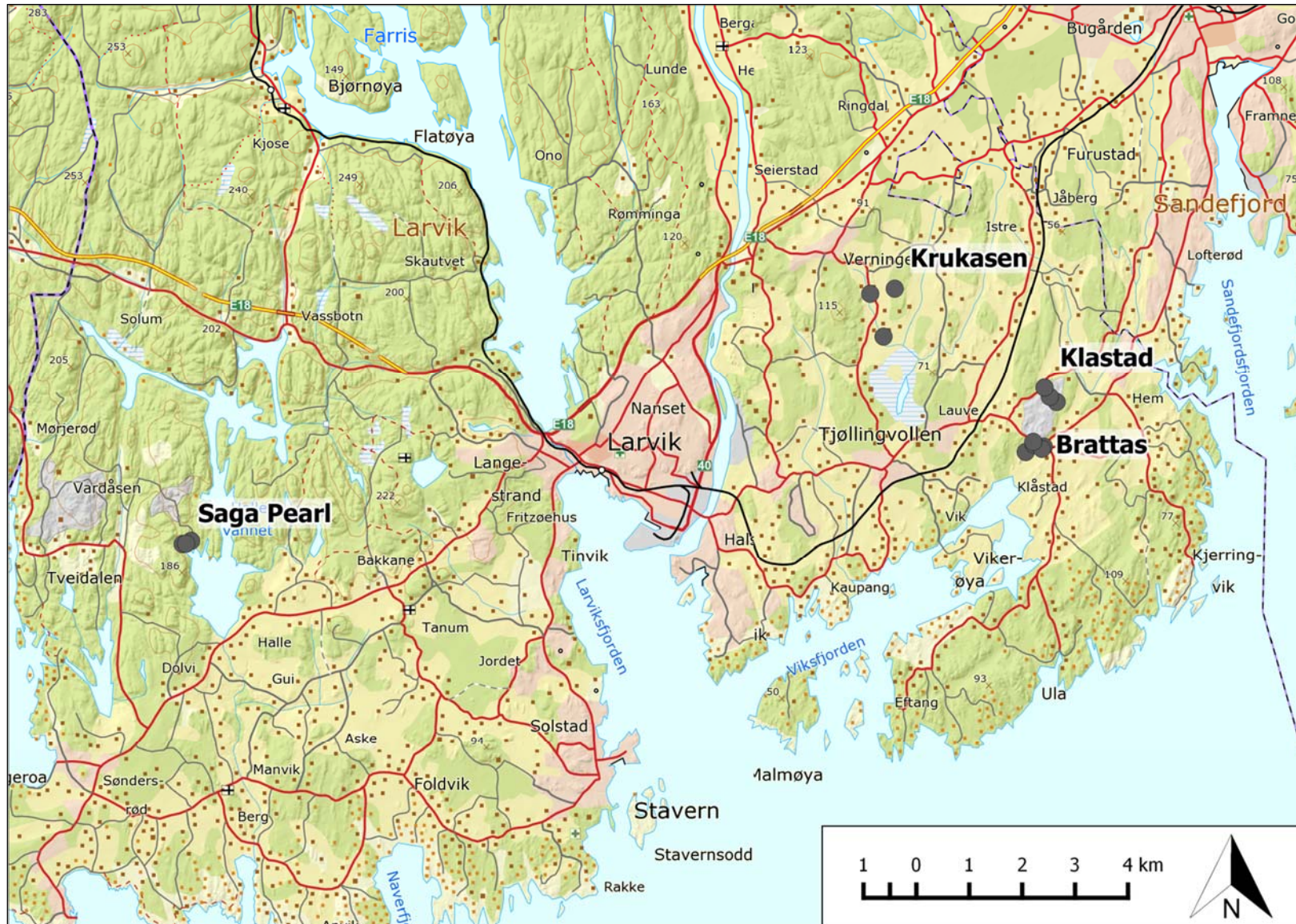
Begroingsalger og heterotrof begroing ble undersøkt ved totalt 10 lokaliteter rundt Krukåsen steinbrudd, Brattås deponi og Klåstad steinbrudd 8. oktober 2015 (Tabell 1; Fig 1 og 4-9). Dette er litt sent i forhold til tidspunktet spesifisert i vannforskriften og overvåkingsprogrammene, men det var ikke mulig å prøveta ved planlagt tidspunkt i september på grunn av flom. Bunndyr ble undersøkt ved totalt 12 lokaliteter rundt Krukåsen, Klåstad og Saga Pearl steinbrudd samt Brattås deponi 3. november 2015 (Tabell 1; Fig 1-9). Dette er senere enn spesifisert i to av overvåkingsprogrammene, men er i henhold til anbefalingene i overvåkingsveilederen (Direktoratsgruppa 2010).

Stasjonen Brattås deponi 4 er, basert på tidligere års erfaring, uegnet for prøvetaking av bunndyr på grunn av for finpartikulært materiale (Persson & Moe 2015), så denne stasjonen ble ikke prøvetatt for bunndyr i 2015. Klåstad 79 er uegnet for prøvetaking av både begroingsalger og bunndyr av samme grunn, samt at vannet er så blakket at det ikke er mulig å se noe med vannkikkert. Denne stasjonen er derfor heller ikke prøvetatt i 2015.

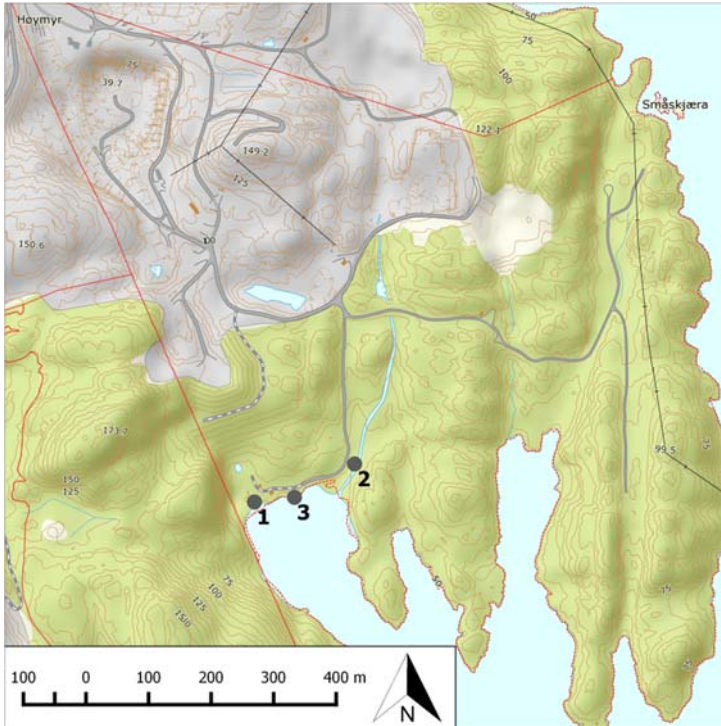
Ved Brattås deponi 3 (referansepunktet) hadde det blitt dumpet søppel (støvsuger, møbler osv.) så denne stasjonen ble i 2015 flyttet noen meter oppstrøms.

Tabell 1. Stasjonsoversikt og koordinater (i desimalgrader med projeksjon WGS84) for de 14 lokalitetene som dekkes av overvåkingsprogrammene, samt oversikt over hvilke stasjoner som ble undersøkt for begroingsalger og bunndyr i 2015. Stasjonen Brattås 3 er referansestasjon for både Brattås deponi og Klåstad sør. Saga Pearl 3 er en innsjøstasjon, resten er bekker. Krukåsen 4 er prøvetatt noe lenger nedstrøms for begroingsalger enn for bunndyr (59.07546, 10.12020; Fig 4).

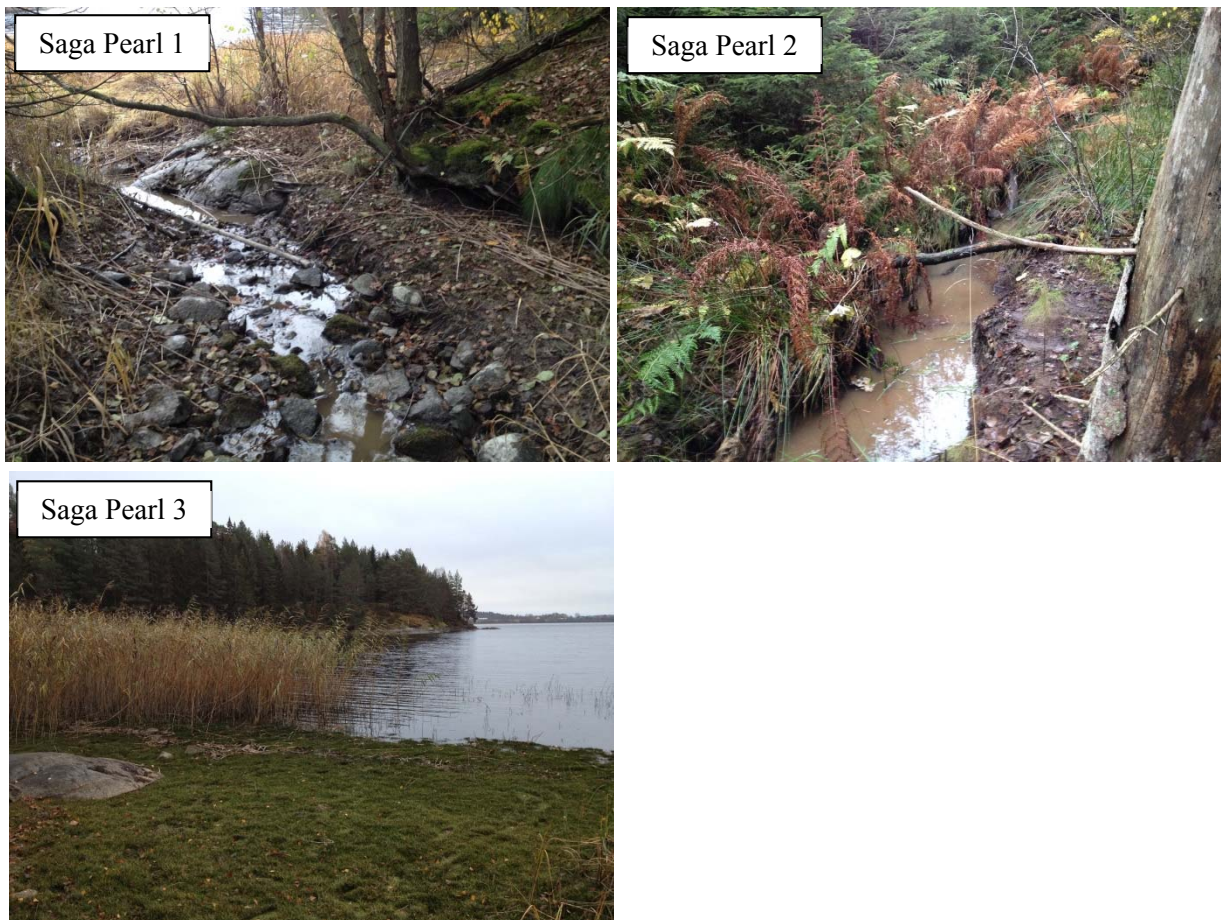
Stasjon	Stasjonsnavn i overvåkingsprogram	Latitudo	Longitudo	Begroing	Bunndyr
Brattås 1	Brattås sør	59,05854	10,16891	X	X
Brattås 2	Brattås nord	59,05992	10,17139	X	X
Brattås 3	Klåstadbekken (referanse)	59,05968	10,17475	X	X
Brattås 4	Klåstadbekken	59,05929	10,17419	X	-
Klåstad 46	Haslebekken nedstrøms	59,06735	10,17792	X	X
Klåstad 77	Klåstad Nord	59,06815	10,17555	X	X
Klåstad 79	Klåstad Sør	59,06035	10,17116	-	-
Klåstad 82	Liafjellet/Skallist (referanse Klåstad nord)	59,06965	10,17356	X	X
Krukåsen 1	1	59,08462	10,12194	X	X
Krukåsen 3	3 (referanse)	59,08346	10,11401	X	X
Krukåsen 4	4	59,07638	10,11942	X	X
Saga Pearl 1	Vest	59,03242	9,89428	-	X
Saga Pearl 2	Øst	59,03308	9,89699	-	X
Saga Pearl 3	Messingvika (innsjøprøve)	59,03253	9,89538	-	X



Figur 1. Oversiktskart over bruddene og deponiet som ble undersøkt i 2015. (Kilde: Kartverket)



Figur 2. Kart over prøvetakingslokalitetene undersøkt ved Saga Pearl 2015. Disse lokalitetene er kun undersøkt for bunndyr i 2015. Saga Pearl 3 er en innsjøstasjon plassert i Messingvika i Hallevannet. (Kilde: Kartverket)



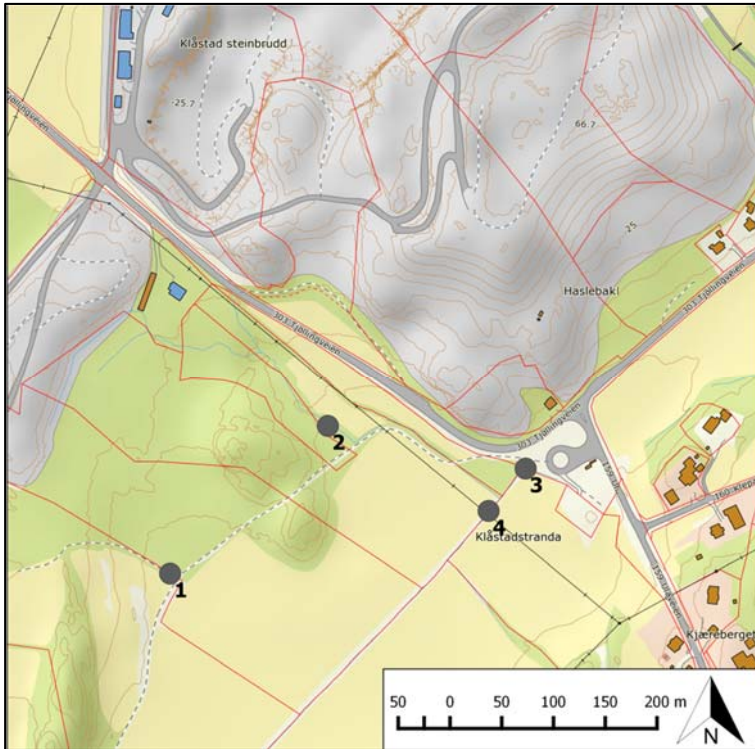
Figur 3. Bilder fra prøvetakingsstasjonene ved Saga Pearl i november 2015. (Foto: J. Persson/NIVA)



Figur 4. Kart over prøvetakingslokalitetene ved Krukåsen 2015.



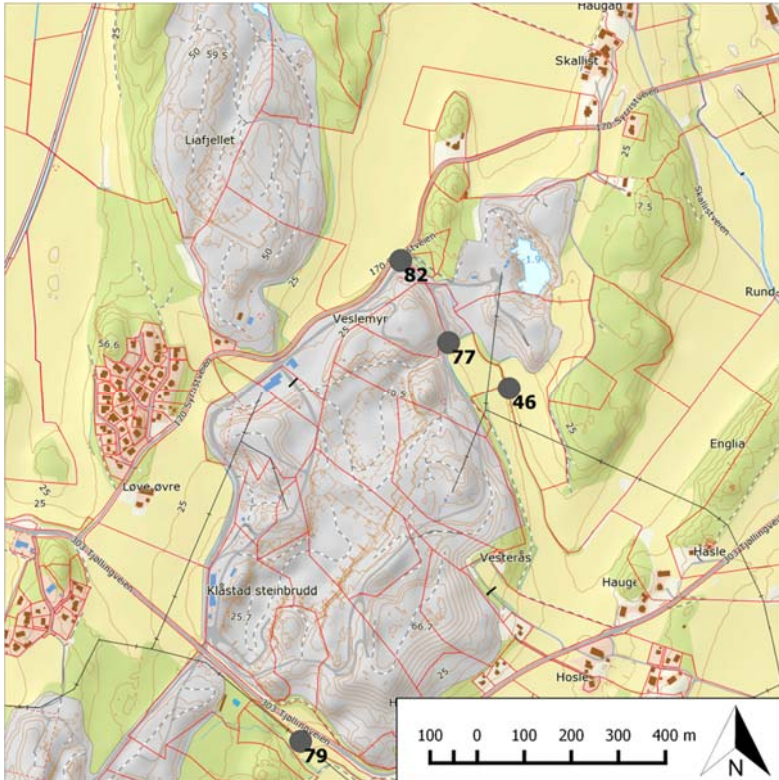
Figur 5. Bilder fra prøvetakingsstasjonene ved Krukåsen i november 2015. (Foto: J. Persson/NIVA)



Figur 6. Kart over prøvetakingslokalitetene ved Brattås deponi 2015. Brattås 4 er ikke undersøkt for bunndyr i 2015.



Figur 7. Bilder fra prøvetakingsstasjonene ved Brattås deponi i november 2015 (bildet fra Brattås deponi 4 er fra 2014). (Foto: J. Persson/NIVA)



Figur 8. Kart over prøvetakingslokalitetene ved Klåstad 2015. Klåstad 79 er ikke undersøkt i 2015.



Figur 9. Bilder fra prøvetakingsstasjonene ved Klåstad i november 2015. (Foto: J. Persson/NIVA)

2.2 Prøvetaking og analyser av begroingsalger og heterotrof begroing

Prøvetakingen er utført ved at det på hver stasjon er undersøkt en strekning på ca. 10 meter ved bruk av vannkikkert. På denne strekningen er det samlet inn prøver av alle makroskopisk synlige alger, inkludert heterotrof begroing (sopp og bakterier, f.eks. «lammehaler»), og dekingen av disse er estimert som prosent deking (<1-100 %). Videre er mikroskopiske alger samlet inn ved å børste et område på 8 x 8 cm på overflaten av hver av 10 steiner (å 10-20 cm i diameter) i en beholder med 1 L vann. Det avbørstede materialet er så blandet godt i vannet og en delprøve på 20 mL er konservert med formaldehyd. Alt det innsamlede materialet er senere undersøkt i mikroskop, og tettheten av de ulike artene er estimert som hyppig, vanlig eller sjelden. Metodikken er i henhold til overvåkingsveilederen (Direktoratsgruppa 2010), siste versjon av klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013) og den europeiske normen for prøvetaking og analyse av begroingsalger (NS-EN ISO 15708:2009).

Basert på funnene rapporteres økologisk tilstand for hver lokalitet. Dette rapporteres som avvik fra referansesituasjonen («naturtilstand») mht. effekter av eutrofiering, forsuring og organisk belastning. NIVA har utviklet sensitive og effektive metoder for å overvåke dette ved hjelp av begroingsalger og heterotrof begroing; indeksene PIT for eutrofiering (Periphyton Index of Trophic Status; Schneider & Lindstrøm 2011), AIP for forsuring (Acidification Index Periphyton; Schneider & Lindstrøm 2009) og HBI for organisk belastning (Heterotrof begroingsindeks; Direktoratsgruppa 2013). PIT, AIP og HBI benyttes i dag som gjeldende standard for tilstandsklassifisering basert på begroingsalger og heterotrof begroing, jamfør overvåkingsveilederen (Direktoratsgruppa 2010) og siste versjon av klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013).

PIT beregnes basert på forekomst av 153 taksa av begroingsalger (ikke kiselalger). For hvert takson er det beregnet en indikatorverdi, og disse indikatorverdiene danner grunnlag for beregningen av PIT (krever minst to indikatorarter for sikker klassifisering). Indikatorverdiene spenner fra 1.87 – 68.91, hvor lave verdier indikerer lav fosforkonsentrasjon (oligotrofe forhold) mens høye verdier indikerer høy fosforkonsentrasjon (eutrofe forhold). Beregning av tilstandsklasse basert på PIT krever Ca-verdier for den gitte vannforekomsten (Direktoratsgruppa 2013), og disse finnes i Vedlegg 2.

AIP beregnes basert på forekomst av 108 taksa av begroingsalger (ikke kiselalger). For hvert takson er det beregnet en indikatorverdi, og disse indikatorverdiene danner grunnlag for beregningen av AIP (minst tre indikatorarter kreves for sikker klassifisering). Indikatorverdiene spenner fra 5.13-7.50, hvor lave verdier indikerer sure vannforekomster mens høye verdier indikerer nøytrale til lett basiske vannforekomster. Beregning av tilstandsklasse basert på AIP krever Ca- og TOC-verdier for den gitte vannforekomsten (Schneider 2011; Direktoratsgruppa 2013), og disse finnes i Vedlegg 2.

HBI beregnes med utgangspunkt i et årlig gjennomsnitt av dekningsgrad (prosent deking) av heterotrof begroing. Dette er et skjønsmessig system som baserer seg på at tilstanden blir dårligere ved økt deking av sopp og heterotrofe bakterier. Ved 1-10 % dekningsgrad vil lokaliteten havne i moderat økologisk tilstand, og høyere deking vil gi dårligere tilstand. God eller svært god økologisk tilstand oppnås dersom heterotrof begroing kun observeres mikroskopisk eller ikke i det hele tatt. HBI benyttes kun for prøvetakingslokaliteter der det også er beregnet PIT.

Prøvetaking ved Brattås 2, Brattås 3, Brattås 4, Klåstad 46 og Klåstad 82 kunne ikke utføres i henhold til klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013) ettersom substratet her var for finpartikulært og uten steiner. Her ble det derfor kun samlet inn belegg på substratet. Brattås 1 hadde steiner, men av mindre størrelse enn påkrevet i henhold til standard metodikk, så her ble det kun børstet småsteiner.

2.3 Prøvetaking og analyser av bunndyr

NIVAs innsamlingsmetode for bunndyr er i henhold til den reviderte veilederen for klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppa 2013), der det ved innsamling av bunndyrmateriale anbefales bruk av en såkalt sparkemetode (NS-EN ISO 10870:2012). Det anvendes en håndholdt håv med åpning 25 x 25

cm og maskevidde 0,25 mm. Håven holdes ned mot bunnen med åpningen mot strømmen. Bunnsubstratet oppstrøms håven sparkes/rotes opp med foten slik at oppvirvlet materiale føres inn i håven. Det tas 9 delprøver fra stasjonen, hver delprøve representerer 1 m lengde av elvebunnen og samles inn i løpet av 20 sekunder. Når tre slike prøver er samlet inn (samlet prøvetakingstid ca. 1 minutt) tømmes håven for å hindre tetting av maskene og tilbakespyling. Samlet blir det da tre prøver á 1 minutt og disse samles så i ett glass og utgjør prøven fra stasjonen. Bunndyrtettheter som er gitt i rapporten refererer altså til en prøvetakingsinnsats på totalt 3 minutter. Prøvene blir tatt i strykpartier når det er mulig, da klassegrensene i vurderingssystemet ikke er tilpasset sakteflytende elver. Prøvene blir konservert i felt med etanol. Bunnnyrmaterialet blir så talt og bestemt i laboratoriet etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop.

Vurdering av forurensingsbelastning og økologisk tilstand er basert på indeksen ASPT (**A**verage **S**core **P**er **T**axon; Armitage m.fl. 1983). Denne indeksen gir gjennomsnittlig forureningsstoleranse for familiene i bunndyrsamfunnet og anvendes som vurderingssystem i Vannforskriften.

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

Flere studier på forholdet mellom biologisk mangfold og økosystemfunksjoner har konkludert med at det er de økologiske rollene til artene som er til stede som er viktig, og ikke bare taksonomisk antall (Tilman m.fl. 1997; Stutzner m.fl. 2001). I de siste tiårene er tilnærming via funksjonelle egenskaper identifisert som et verktøy med stort potensiale for biologisk overvåking og forvaltning av strømmende vanns økosystemer (Bis & Usseglio-Polatera 2011). Én av de funksjonelle egenskapene som kan brukes er fødevalg, altså grupper som er herbivore (planteetere), carnivore (rovdyr) eller detrivore (som lever av dødt organisk materiale), og da ser man på dominansforhold mellom ulike grupper. En egen gruppe utgjør filtrerere. En av de kjente effektene av steinbruddsdrift er økt mengde finpartikulært materiale i avrenningsvannet. De bunndyrene som filtrerer vann antas å bli negativt påvirket hvis mengden partikler som ikke er føde øker. Bruk av funksjonelle grupper er en metode som fortsatt er under utvikling og er derfor foreløpig ikke en offisiell metode i vannforskriften, men vi inkluderer den her fordi den anses å være relevant for den aktuelle påvirkningen i dette prosjektet.

2.4 Vannkjemi

Vannprøver for analyse av Ca, TOC og pH er samlet inn i april, juni, august og november 2015. Prøvetaking og analyser er utført av oppdragsgiver og ALS Laboratory Group Norway. Resultatene er presentert i Vedlegg 2.

2.5 Tilstandsklassifisering i henhold til vannforskriften

EUs rammedirektiv for vann (Vanndirektivet) skal sørge for en helhetlig og samordnet vannforvaltning som sikrer bærekraftig bruk og beskyttelse av vannmiljøet. Vanndirektivet ble integrert i norsk lovverk i 2006 gjennom den såkalte vannforskriften. I vannforskriften finner man kriterier for klassifisering av miljøtilstand i elver og innsjøer, med vekt på biologiske kvalitetselementer, spesifikke grenseverdier for ulike vann typer og avvik fra naturtilstand. Fullstendig prosedyre for tilstandsklassifisering er beskrevet i Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013).

Klassifiseringssystemet er inndelt i tilstandsklassene: Svært god, God, Moderat, Dårlig og Svært dårlig (Tabell 2). Tilstandsklassifisering av en vannforekomst viser dagens tilstand vurdert opp mot en tenkt referansetilstand («naturtilstand») for den gitte vannforekomsten. Referansetilstanden er den tilstanden en vannforekomst har hatt før menneskelig påvirkning, og betyr i praksis gjerne tiden før den industrielle

revolusjon. Miljømålet for naturlige vannforekomster i Norge er definert som «en tilstand der dyr og planter lever i et miljø som er i harmoni med menneskelig aktivitet». Miljømålet anses som akseptabelt avvik fra referansetilstanden, og grensen er satt mellom god og moderat tilstand (Tabell 3). Dersom tilstanden i en vannforekomst ikke når dette målet må tiltak iverksettes. Alle klassegrenser for økologisk tilstand er i henhold til vannforskriften.

Tabell 2. Generelle normative definisjoner for de økologiske tilstandsklassene. (Tabell 3-1 i Revidert klassifiseringsveileder; Direktoratgruppen 2013).

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

Tabell 3. Økologisk tilstand i henhold til vannforskriften, med fem definerte tilstandsklasser og tilhørende normalisert EQR (nEQR) for den enkelte tilstandsklasse. Tiltak skal iverksettes der tilstanden klassifiseres under miljømålet, det vil si moderat eller dårligere.

Tilstandsklasse	Miljømål	nEQR
Svært god	Miljømål tilfredsstillt	0.8 - 1.0
God		0.6 - 0.8
Moderat	Tiltak nødvendig	0.4 - 0.6
Dårlig		0.2 - 0.4
Svært dårlig		0.0 - 0.2

Beregnete indeksverdier (PIT, AIP, HBI, ASPT og Raddum 2) kan sammenliknes med nasjonale referanseverdier, og forholdet mellom beregnet indeksverdi og referanseverdi kalles EQR (Ecological Quality Ratio). EQR kan videre regnes om til normaliserte EQR-verdier (nEQR) for enklere sammenlikning med andre indekser og andre europeiske land. Slik ender alle kvalitetselementer opp med de samme klassegrensene: 0.8 for svært god/god, 0.6 for god/moderat, 0.4 for moderat/dårlig og 0.2 for dårlig/svært dårlig (Tabell 3).

For å få et samlet resultat for en vannforekomst kombineres nEQR-verdiene for hvert kvalitetselement til et sluttresultat. Dette gjøres i henhold til «det verste styret» prinsippet, det vil si at det kvalitetselementet som viser dårligst tilstandsklasse definerer sluttresultatet. Dette er i tråd med føre-var prinsippet.

PIT- og ASPT-indeksen har vært gjennom en interkalibreringsprosess; det vil si at grensene mellom de økologiske tilstandsklassene tilsvarer grenseverdiene som brukes i andre nord-europeiske land. For AIP, HBI og Raddum 2 er det foreløpig ikke gjennomført en tilsvarende prosess, så klassegrensene for disse indeksene er pr i dag ikke bindende og kan komme til å bli endret ved en senere interkalibrering.

3. Resultater

3.1 Begroingsalger og heterotrof begroing

3.1.1 Begroingsalger - artsdiversitet

Det biologiske mangfoldet, målt som antall taksa av cyanobakterier, grønnalger og rødalger, var lavt på alle de undersøkte stasjonene. Dette er ikke uvanlig i svært små bekker, som ofte har lavere diversitet og mer uforutsigbare begroingssamfunn enn større bekker med mer stabil vannføring. Ved to av de tre stasjonene rundt Klåstad ble det observert kun fragmenter av trådformede cyanobakterier, og ved den fjerde stasjonen (Klåstad 82) ble det ikke observert noen begroingsalger overhode. Ved de fire stasjonene rundt Brattås ble det observert 1-3 taksa per stasjon, men det meste kunne ikke identifiseres til art eller slekt. Unntaket var mikroskopiske mengder av grønnalgen *Ulothrix tenerrima* ved Brattås deponi 1, cyanobakterieslekten *Phormidium* ved Brattås deponi 2 og bakterien *Sphaerotilus natans* ved Brattås deponi 3. Ved Krukåsen ble det observert noe flere taksa, og både cyanobakterier og grønnalger var representert ved alle tre lokaliteter. Ved Krukåsen 3 og 4 ble det også observert typisk eutrofe rødalger av slekten *Andoninella* samt *S. natans*. Det var ingen forskjell i artsdiversitet mellom referanselokalitetene og de påvirkede lokalitetene (Tabell V1-1 i Vedlegg 1).

Total dekningsgrad av begroingsalger og heterotrof begroing var lav på alle stasjoner, og det var kun ved Krukåsen 3 og 4 det ble observert begroingselementer med det blotte øye i felt.

3.1.2 Begroingsalger - eutrofiering (PIT)

Det var kun ved de tre stasjonene rundt Krukåsen det ble observert nok indikatortaksa for sikker beregning av eutrofiindeksen PIT (Tabell 4). Av disse tre var det kun Krukåsen 1 som nådde miljømålet om god eller svært god økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering. Krukåsen 4 havnet i moderat tilstand, mens referansestasjonen Krukåsen 3 havnet i dårlig tilstand.

Tabell 4. Tilstandsklassifisering basert på eutrofieringsindeksen PIT, inkludert Ca-klasse, i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppa, 2013). Indeksverdier i parentes indikerer at disse er basert på færre antall indikatortaksa enn kravet for sikker beregning. Absolutte konsentrasjoner av Ca finnes i Vedlegg 2.

Stasjon	Ca-klasse	Totalt antall taksa	PIT				
			Antall indikatortaksa	Indeksverdi	EQR	nEQR	Tilstandsklasse
Brattås 1	3	3	1	(20,14)	-	-	-
Brattås 2	3	3	0	-	-	-	-
Brattås 3	3	2	1	(22,28)	-	-	-
Brattås 4	3	1	0	-	-	-	-
Klåstad 46	3	1	0	-	-	-	-
Klåstad 77	3	1	0	-	-	-	-
Klåstad 82	3	0	0	-	-	-	-
Krukåsen 1	3	4	3	12,64	0,90	0,70	God
Krukåsen 3	3	5	3	32,24	0,53	0,38	Dårlig
Krukåsen 4	3	4	3	17,54	0,80	0,58	Moderat

3.1.3 Begroingsalger – forsuring (AIP)

Det var ikke nok indikatoraksa for sikker beregning av AIP ved noen av stasjonene undersøkt i 2015 (Tabell 5).

Tabell 5. Tilstandsklassifisering basert på forsuringindeksen AIP. Indeksverdier i parentes indikerer at disse er basert på færre antall indikatoraksa enn kravet for sikker beregning.

Stasjon	AIP	
	Antall indikatoraksa	Indeksverdi
Brattås 1	0	-
Brattås 2	0	-
Brattås 3	0	-
Brattås 4	0	-
Klåstad 46	0	-
Klåstad 77	0	-
Klåstad 82	0	-
Krukåsen 1	1	(7,12)
Krukåsen 3	1	(6,50)
Krukåsen 4	2	(7,07)

3.1.4 Heterotrof begroing - organisk belastning (HBI)

Heterotrof begroing ble observert ved tre stasjoner: Brattås 3, Krukåsen 3 og Krukåsen 4. Her ble det observert noe bakterievekst i form av lammehaler (*Sphaerotilus natans*), noe som indikerer organisk belastning. Ved Brattås 3 og Krukåsen 4 ble det kun observert mikroskopiske mengder og disse stasjonene havner dermed i klassen god økologisk tilstand med hensyn til HBI. Ved Krukåsen 3 dekket bakteriene 7 % av bunnarealet og denne stasjonen havner dermed i moderat tilstand basert på HBI. Det ble ikke observert heterotrof begroing ved de resterende lokalitetene og disse stasjonene havner dermed i klassen svært god økologisk tilstand med utgangspunkt i HBI. Ingen av disse resultatene viser dårligere tilstand enn tilstanden beregnet basert på PIT, og man kan dermed se bort fra HBI ved bestemmelse av samlet økologisk tilstand for hver stasjon.

3.2 Bunndyr

I prøvetaksperioden var det veldig lav vannføring/vannstand ved de fleste stasjonene (Fig 3, 5, 7 og 9) og det var ikke mulig å ta prøver ved Brattås 1, og Krukåsen 1 fordi areal med åpent vann var for lite og/eller vannføringen var for lav. Lav vanngjennomstrømning resulterte også i at det ved mange av stasjonene var mer stillestående vann enn tidligere år, og at det på bunnen lå mye finpartikulært materiale. Vannet ved Klåstad 77 (utslippspunktet) var tydelig farget av finsediment (Fig 9). Små bekker vil også ha lavere diversitet og samfunnene er mindre forutsigbare, noe som gjør at indikatorverdiene blir mindre pålitelige. I henhold til vannforskriften finnes det foreløpig ingen norsk indeks for bunndyr i innsjøer, så resultatene for Saga Pearl 3 kan ikke direkte sammenliknes med de andre lokalitetene ettersom dette er en innsjølokalitet (Hallevannet).

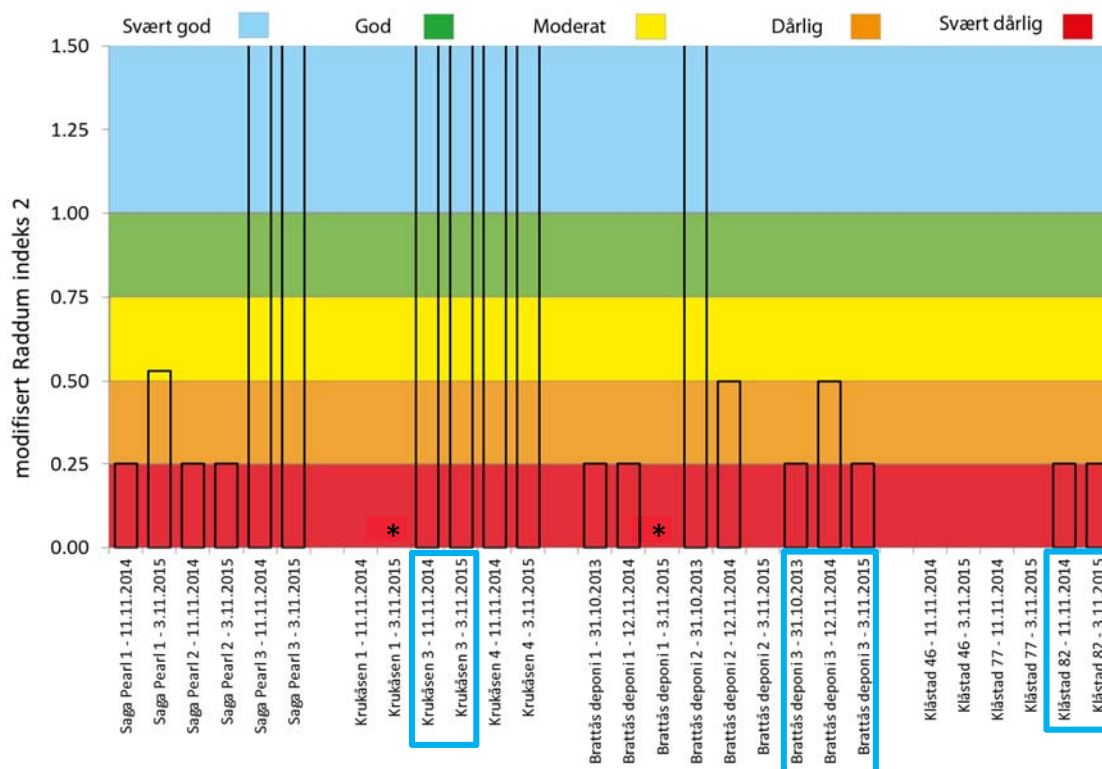
Mange av stasjonene var dominert av finpartikulært (< 2 mm) bunns substrat (Tabell 6). Dette vanskeliggjør vurderingene ettersom indeksene (Raddum 2 og ASPT) er utviklet for grovere substrat og hurtigrennende vann.

Tabell 6. Bunnssubstratets sammensetning ved lokalitetene i 2015. Verdiene er estimert av prøvetaker.

Stasjon	Blokk	Stor stein	Mellomstor stein	Små stein	Grus	Sand	Silt
Brattås 1	Ingen prøve tatt i 2015						
Brattås 2			10 %	20 %	30 %	20 %	20 %
Brattås 3						20 %	80 %
Klåstad 46						40 %	60 %
Klåstad 77	10 %	30 %	10 %			10 %	40 %
Klåstad 82					10 %	50 %	40 %
Krukåsen 1	Ingen prøve tatt i 2015						
Krukåsen 3	20 %	30 %	10 %		10 %	30 %	
Krukåsen 4	40 %		10 %		10 %	20 %	20 %
Saga Pearl 1	10 %	30 %	10 %	5 %	5 %	20 %	20 %
Saga Pearl 2		10 %	10 %			40 %	40 %
Saga Pearl 3	70 %						30 %

3.2.1 Bunndyr - forsuring (Raddum 2)

Saga Pearl 2, Brattås deponi 3 og Klåstad 82 var ifølge Raddum 2 i svært dårlig forsuringstilstand i 2015 (Fig 10, Tabell V1-3 i Vedlegg 1), mens Saga Pearl 1 var i moderat tilstand. Saga Pearl 3 (innsjøprøve), Krukåsen 3 og Krukåsen 4 havnet i svært god tilstand med tanke på forsuring og var således de eneste som nådde miljømålet om god eller svært god tilstand med hensyn til forsuring. Stasjonene Klåstad 46 og 77 hadde veldig reduserte bunndyrsamfunn og de manglet helt de taksa som denne indeksen er basert på. Disse stasjonene vises derfor uten søyle i figur 10.



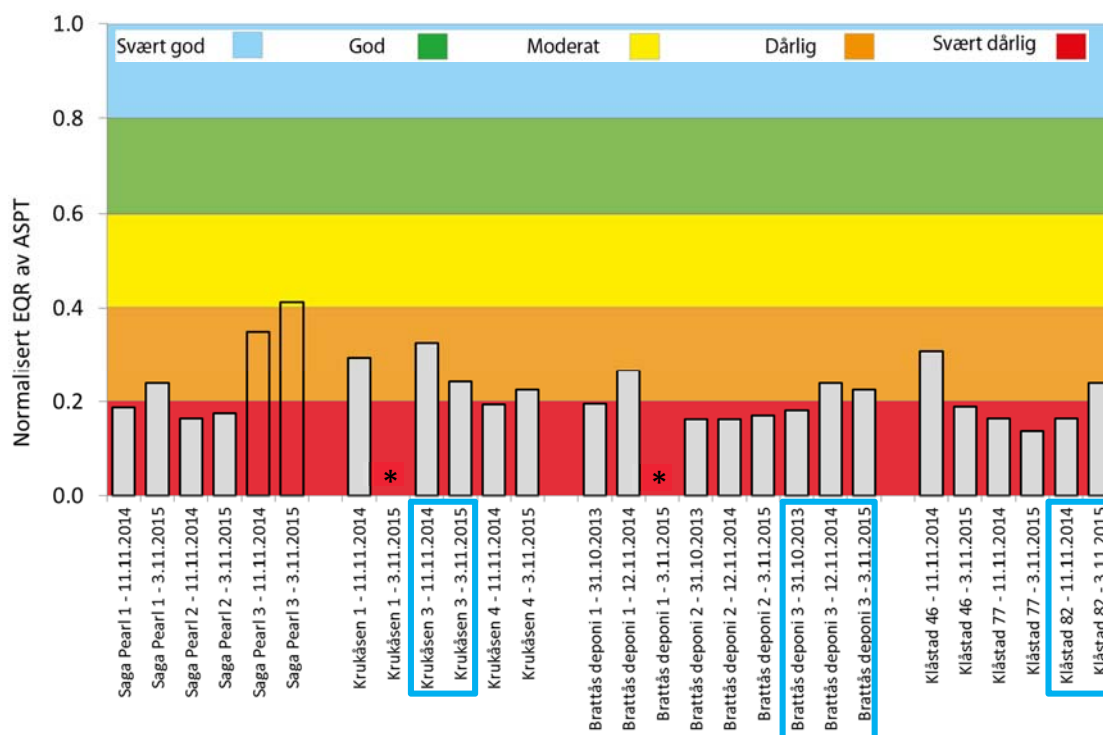
Figur 10. Forsuringsindeksen Raddum 2 for 2014-2015 (inkludert 2013 for Brattås deponi). Bakgrunnsfargene viser tilstandsklasser i henhold til vannforskriften. Manglende søyler skyldes manglende indikatorarter for utregning av indeks. Referansestasjonene er markert med en blå firkant rundt navnet (Brattås deponi 3 er referansestasjon for både Brattås og Klåstad). Stasjoner som ikke ble prøvetatt i 2015 er markert med *. På grunn av stort avvik mellom Raddum-indeksen og faktisk målt pH er resultatene her vist med tomme søyler.

Grunnet usikkerhet rundt bruk av Raddum-indeksen i bekker med finpartikulært materiale er det også inkludert målinger av pH gjennom året (Vedlegg 2 Tabell V2-3). Med unntak av enkelte perioder med pH ned mot 6,1 ved Krukåsen 1 ligger pH stabilt rundt 7 og høyere for alle stasjoner gjennom hele året. Disse resultatene avviker altså fra Raddum-indeksen, uten at vi kan gi noen god forklaring på hvorfor.

3.2.2 Bunndyr - organisk belastning (ASPT)

Med hensyn til ASPT er det ingen stasjoner som når miljømålet i vannforskriften om god eller svært god tilstand (Fig 11, Tabell V1-3 i Vedlegg 1). Med unntak av innsjølokaliteten Saga Pearl 3, som så vidt havner i moderat tilstand, viser alle stasjoner dårlig eller svært dårlig tilstand med hensyn til ASPT. Dette gjelder referansestasjoner så vel som de lokalitetene som er påvirket av avrenning fra steinindustrien, og det er ingen tydelige forskjeller mellom referanse- og påvirkede stasjoner.

Saga Pearl 1, Saga Pearl 3, Krukåsen 4 og Klåstad 82 har hoppet opp én tilstandsklasse fra 2014 til 2015, men alle stasjonene ligger nær grenseverdien mellom tilstandsklassene, og det er minimale endringer som har ført til denne tilsynelatende forbedringen. Klåstad 46 har falt en tilstandsklasse, fra dårlig til svært dårlig, men indeksen blir mindre robust når verdien ligger så langt unna miljømålet. De øvrige lokalitetene havnet i samme tilstandsklasse som i 2014.



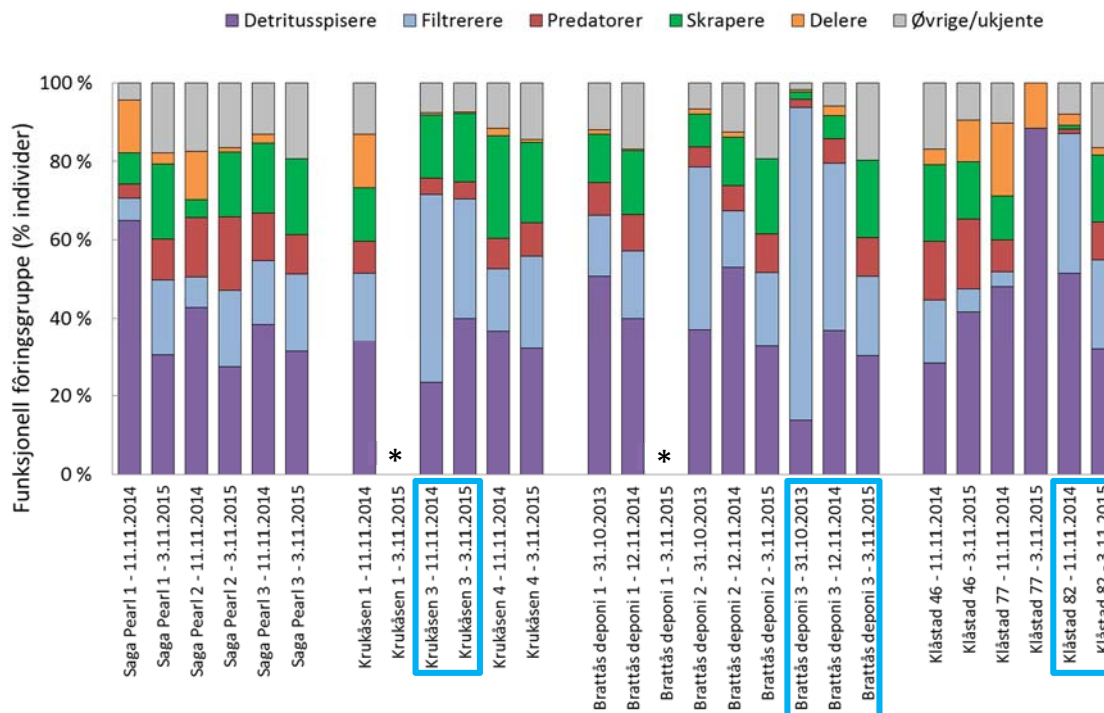
Figur 11. ASPT-indeksen (nEQR-verdier) for 2014-2015 (inkludert 2013 for Brattås deponi). Bakgrunnsfargene viser tilstandsklasser i henhold til vannforskriften. Manglende søyler skyldes manglende indikatorarter for utregning av indeks. Tom søyle for Saga Pearl 3 skyldes at dette er en innsjøprøve, så indeksen er ikke direkte sammenliknbar med andre lokaliteter ettersom den er utviklet for elver. Referansestasjonene er markert med en blå firkant rundt navnet (Brattås deponi 3 er referansestasjon for både Brattås og Klåstad). Stasjoner som ikke ble prøvetatt i 2015 er markert med *.

3.2.3 Bunndyr - funksjonelle fødegrupper

Fordelingen av de ulike funksjonelle fødegruppene for stasjonene i denne undersøkelsen vises i figur 14. For Krukåsen, Brattås og Klåstad ser vi at andelen filtrerere (det vil si dyr som filtrerer ut sin føde fra vannet) er høyere på referansestasjonene (blå firkant rundt navnet i figur 14) enn ved de påvirkede stasjonene, og denne trenden har vært stabil gjennom alle tre år 2013-2015. Ved Saga Pearl finnes det

ingen referansestasjon, men sammenliknet med de andre bruddenes referansestasjoner ser det ut til at andelen filtrerere også her har vært lavere.

Andelen filtrerere på referansestasjonene har gått noe ned fra 2014 til 2015, men den generelle trenden er fortsatt en høyere andel filtrerere på referansestasjonene sammenliknet med de påvirkede stasjonene (Fig 12).



Figur 12. De funksjonelle fødegrupper som er representert på stasjonene i 2014-2015 (inkludert 2013 for Brattås deponi). Referansestasjonene er markert med en blå firkant rundt navnet (Brattås deponi 3 er referansestasjon for både Brattås og Klåstad). Stasjoner som ikke ble prøvetatt er markert med *.

Fullstendig artsliste over bunndyr finnes i Vedlegg 1 (Tabell V1-2).

3.3 Samlet vurdering av økologisk tilstand

Slår man sammen resultatene for PIT (eutrofiering), HBI (organisk belastning) og ASPT (forurensning generelt, men særlig organisk belastning) etter «det verste styrer»-prinsippet, var det kun Krukåsen 1 som nådde målet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften (Tabell 7). Innsjølokaliteten Saga Pearl 1 havnet i moderat tilstand. Brattås 3, Klåstad 82, Krukåsen 3, Krukåsen 4 og Saga Pearl 1 havnet i dårlig tilstand og Brattås 2, Klåstad 46, Klåstad 77 og Saga Pearl 2 havnet i svært dårlig tilstand. Det var ikke mulig å tilstandsklassifisere Brattås 1, Brattås 4 og Klåstad 79 på grunn av manglende indikatorarter og/eller uegnet substrat.

For Krukåsen 1 var det PIT-indeksen som viste dårligste tilstandsklasse og denne ble derfor utslagsgivende for klassifisering av samlet økologisk tilstand for denne stasjonen. For Krukåsen 3 viste PIT og ASPT dårligst tilstand, og disse bestemte samlet tilstand for denne stasjonen. For de resterende stasjonene var det enten kun mulig å regne ut ASPT eller ASPT kom dårligst ut, og denne definerte dermed samlet økologisk tilstand for disse stasjonene.

Tabell 7. Samlet økologisk tilstand for kvalitetselementene begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr i henhold til «verste-styren»-prinsippet (Direktoratsgruppa 2013). Manglende PIT-indeks skyldes for få indikatorarter for sikker indeksberegning. HBI er kun inkludert for de lokalitetene der det var mulig å beregne PIT ettersom denne indeksen kun skal benyttes i disse tilfellene. AIP er ikke inkludert ettersom det ikke ble observert nok indikatorarter til indeksberegning ved noen av stasjonene, og Raddum 2 er ikke inkludert ettersom beregningene her er ansett å være meget usikre. Saga Pearl 3 er en innsjøprøve og vises med grå farge ettersom de benyttede indeksene er utviklet for rennende vann.

Stasjon	PIT	HBI	ASPT	Samlet tilstandsklasse
Brattås 1	-	-	Ikke prøvetatt 2015	-
Brattås 2	-	-	Svært dårlig	Svært dårlig
Brattås 3 (referanse)	-	-	Dårlig	Dårlig
Brattås 4	-	-	Ikke prøvetatt 2015	-
Klåstad 46	-	-	Svært dårlig	Svært dårlig
Klåstad 77	-	-	Svært dårlig	Svært dårlig
Klåstad 79	Ikke prøvetatt i 2015			
Klåstad 82 (referanse)	-	-	Dårlig	Dårlig
Krukåsen 1	God	Svært god	Ikke prøvetatt 2015	God
Krukåsen 3 (referanse)	Dårlig	Moderat	Dårlig	Dårlig
Krukåsen 4	Moderat	God	Dårlig	Dårlig
Saga Pearl 1	Ikke prøvetatt 2015	Ikke prøvetatt 2015	Dårlig	Dårlig
Saga Pearl 2	Ikke prøvetatt 2015	Ikke prøvetatt 2015	Svært dårlig	Svært dårlig
Saga Pearl 3	Ikke prøvetatt 2015	Ikke prøvetatt 2015	Moderat	Moderat

4. Diskusjon og konklusjon

Den største påvirkningen fra steinindustrien i Larvik er utslipp av finpartikulært, uorganisk materiale, noe som gir høy turbiditet i avrenningsvannet (Berge m.fl. 2009). Dette svekker lystilgangen for begroingsalger, bidrar til økt mekanisk stress og skaper problemer for filtrerende bunndyr, samt at det fører til nedslamming av resipientene. Per i dag er det ingen av indeksene i vannforskriften som er utviklet for å se på effekten av økt turbiditet på biota. Indeksen PIT er utviklet for eutrofieringsbelastning (hovedsakelig fosfor), AIP og Raddum er utviklet for forsuring og ASPT og HBI er utviklet for organisk belastning (Direktoratsgruppa 2013). Indeksen ASPT favner dog noe bredere enn kun organisk belastning og kan benyttes for å se mer generelt på forurensningsbelastninger, men ingen av indeksene er altså i utgangspunktet utviklet for å se på effektene av økt turbiditet.

Det finpartikulære materialet fra larvikittbruddene inneholder også noe fosfor, men dette er relativt lite biotilgjengelig (Berge & Källqvist 2008), og som påvirkning kommer dette sekundært i forhold til effektene av den høye turbiditeten og fosforavrenningen fra dyrka mark i området. Det ser heller ikke ut til at nitrogenavrenning etter bruk av sprengstoff er noe problem ettersom total nitrogenkonsentrasjon i avrenningsbakkene generelt ligger lavere enn referansebakkene (data ikke vist).

Foruten eutrofiering, forsuring, organisk belastning og andre miljøpåvirkninger påvirkes begroingsalger og bunndyr også av substrat, lystilgang, turbiditet og strømhastighet. Antall arter og hvilke arter som blir observert på en enkeltlokalitet vil derfor naturlig variere noe både gjennom året og fra år til år. Begroingsalger og bunndyr er selvfølgelig også avhengig av en viss mengde vann, og svært små bekker og tidvis uttørring vil overstyre potensielle effekter av andre påvirkninger. Dette ser vi effekten av på den lave mengden og artsdiversiteten av både begroingsalger og bunndyr. På mange av stasjonene i denne undersøkelsen var det enten så lite vann, så mørkt (på grunn av tett vegetasjon) og/eller så finpartikulært bunnssubstrat at stasjonene ikke var egnet for verken begroingsalger eller bunndyr. På stasjonene som er mest påvirket av steinindustrien vil det finpartikulære materialet fra sprengstein ytterligere forverre substratforholdene, men bekkene rundt Krukåsen, Klåstad og Brattås ligger alle i områder med tykke

avsetninger av marin leire, og Brattås 3 viser at det også i referansebekkene kan være mye svært finpartikulært materiale, som altså ikke skyldes steinindustrien.

4.1 Samlet vurdering fra alle resipienter

I henhold til overvåkingsprogrammene for de ulike bruddene samt Brattås deponi er det beregnet økologisk tilstand basert på begroingsalger (PIT og AIP) og bunndyr (Raddum 2 og ASPT). Basert på dette var det i årets undersøkelser kun én stasjon som nådde målet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften: Krukåsen 1. Innsjølokaliteten Saga Pearl 3 havnet i moderat tilstand, og de resterende lokalitetene havnet alle i dårlig eller svært dårlig tilstand. Referansestasjonene kom ut marginalt bedre enn de påvirkede lokalitetene (Tabell 7), men med unntak av Krukåsen 1 og Saga Pearl 3 lå alle stasjoner på grensen mellom dårlig og svært dårlig tilstand for den definerende indeksen (i dette tilfellet ASPT; Fig 11). Det var ikke mulig å beregne indekser for Brattås 1, Brattås 4 og Klåstad 79 på grunn av manglende indikatorarter og/eller uegnet substrat og prøvetakingsforhold.

Det ble observert *Sphaerotilus natans* (bakterien lammehaler) ved Brattås 3, Krukåsen 3 og Krukåsen 4, noe som tyder på organisk belastning. Særlig ved Krukåsen 3 var dette tydelig, der 7 % av bunnen var dekket av denne bakterien. Både Krukåsen 3 og Brattås 3 er referansestasjoner og det er dermed åpenbart ikke steinindustrien som er årsak til den organiske belastningen. Vanligvis skyldes dette utslipp fra visse typer industri (særlig treforedling) eller avrenning fra husdyrhold eller kloakk.

ASPT-indeksen kan påvirkes dersom en resipient er forsuret, og det er derfor viktig å undersøke hvorvidt resipientene er forsurede eller ikke. Til dette er det vanlig å benytte Raddum 2-indeksen, men denne har tidligere vist seg å kunne gi avvikende resultater i blant annet leirvassdrag på Østlandet (indeksen er utviklet i relativt sure forekomster på Vestlandet, med lav andel organisk materiale). Årets undersøkelser viste meget varierende resultater for denne indeksen mellom de ulike stasjonene, fra svært dårlig tilstand ved Saga Pearl 2, Brattås 3 og Klåstad 82 til svært god tilstand ved Saga Pearl 3, Krukåsen 3 og Krukåsen 4. Saga Pearl 1 havnet i moderat tilstand mens det ikke ble observert indikatorarter ved de resterende lokalitetene. pH-målinger fra de samme lokalitetene (Vedlegg 2 Tabell V2-3) viser derimot stabil pH omkring 7,0 eller høyere for alle stasjoner, unntatt Krukåsen 1 som er nede i pH 6,1 i juni. Sistnevnte er trolig påvirket av humussyrer, men ettersom lokaliteten ikke kunne undersøkes for bunndyr vil dette uansett ikke påvirke resultatene for ASPT-indeksen. Det er altså et misforhold mellom de målte pH-verdiene i bekkene og resultatene fra Raddum-indeksen. Vi har ikke umiddelbart noen god forklaring på dette, men det kan henge sammen med den store andelen finpartikulært materiale i substratet og/eller at vannforekomstene er så små. Under slike forhold vil selv små endringer kunne gi store utslag i artssammensetningen, og dette skaper større usikkerhet ved målingene.

Det var ingen forskjell i artsdiversitet for begroingsalger mellom de påvirkede lokalitetene og referanselokalitetene. Det var heller ingen tydelig forskjell i bunndyrsindeksen ASPT mellom de påvirkede stasjonene og referanselokalitetene. Ser vi på den funksjonelle oppbyggingen av bunndyrsamfunnet, derimot, er andelen filtrerere redusert på de stasjonene som er påvirket av avrenning fra brudd/deponier. Partikkelpåvirkning har foreløpig ingen etablert metodikk i vannforskriften, men resultatene antyder allikevel at det er en slik effekt. Dette stemmer også med resultatene fra Berge m fl. (2009), som undersøkte bunnfaunaen ved flere stasjoner i samme område som i denne rapporten, og fant reduserte antall filtrerende bunndyr ved de lokalitetene som var mest påvirket av avrenning fra steinbrudd.

Også i 2014 var andelen filtrerere høyere ved referansestasjonene sammenliknet med de påvirkede stasjonene (Persson & Moe 2015), men denne gikk noe ned i 2015 (selv om referansestasjonene fortsatt hadde en høyere andel filtrerere enn de fleste av de mer påvirkede stasjonene; Fig 14). Denne nedgangen er trolig koblet til den lave vannføringen i prøvetakingsperioden i 2015 sammenliknet med 2014, ettersom mer stillestående vann ikke gir den gode strømmen av matpartikler som de filtrerende dyrene er avhengige av.

4.2 Oppsummering pr brudd/deponi

4.2.1 Brattås

Brattås deponi overvåkes ved tre resipienter (Brattås 1, 2 og 4) samt en referanselokalitet (Brattås 3). Brattås 1 har egnet substrat for både begroingsalger og bunndyr, men ettersom bekken ofte går tørr om sommeren er det tørrlegging/liten vannføring og ikke påvirkning fra Brattås deponi som sannsynligvis er største begrensning for både begroingsalger og bunndyr. Dette ser vi også av resultatene: Det ble kun observert tre taksa av begroingsalger (kun ett indikator-takson) og det var for lite vann for prøvetaking av bunndyr. Denne stasjonen kunne dermed ikke tilstandsklassifiseres. Brattås 2 ligger i et skogholt, har en jevnere vannføring enn Brattås 1, og substratet er også velegnet for både begroingsalger og bunndyr. Men på grunn av tett vegetasjon får lokaliteten lite lys i vekstsesongen og dette vil være vekstbegrensende for begroingsalgene. Ved prøvetakingen av bunndyr i 2014 var vannet tydelig farget av finsediment (Persson & Moe 2015), og periodevis tilslamming ved lav vannføring vil også ha en negativ effekt på bunndyr og begroingsalger. Her ble det registrert bare tre taksa av begroingsalger, og bunndyrindeksen ASPT viste svært dårlig tilstand. Referansestasjonen Brattås 3 er en jordbruksgrøft med mye finpartikulært materiale og tett takrørbelte langs kantene. Stasjonen har således både dårlig lystilgang og dårlig substrat og utgjør ikke et godt habitat for verken begroingsalger eller bunndyr. Det ble kun observert fragmenter av trådformede cyanobakterier her, samt små mengder heterotrof begroing. Bunndyrindeksen ASPT viste dårlig økologisk tilstand. Brattås 4 er nedstrøms utslippet fra Klåstad og har tydelig blakket vann og mye finpartikulært substrat. Også her ble det observert fragmenter av trådformede cyanobakterier, og det var ikke mulig å ta prøver av bunndyr. Denne stasjonen kunne derfor ikke tilstandsklassifiseres. Stasjonen er, som Brattås 3, en dreneringsgrøft for landbruket, og bekken er avstengt fra Viksfjorden ved et dike for å øke landbruksarealet innenfor.

4.2.2 Klåstad

Klåstad 79 og 77 er de primære avrenningskildene fra Klåstad steinbrudd mot henholdsvis sør (Klåstadkilen) og nord (Haslebekken). Begge bekkene er preget av tidvis særdeles høy turbiditet, og vannet var helt blakket på begge prøvetakingstidspunktene i 2015 (Fig 9). Også stasjonene nedstrøms disse, henholdsvis Klåstad 46 og Brattås 4, var tydelig blakket. Ved Klåstad 79 var det ikke mulig å prøveta begroingsalger og bunndyr på grunn av for finpartikulært substrat og helt blakket vann. Denne stasjonen er derfor ikke tilstandsklassifisert. Klåstad 77 og stasjonen nedstrøms (Klåstad 46) hadde begge svært reduserte bunndyrsamfunn, sannsynligvis på grunn av mye finpartikulært bunnssubstrat etter avrenning fra steinbrudd, og for Klåstad 46 også dyrka mark. Også her begrenset begroingsalgene seg til små mengder uidentifiserbare trådformede cyanobakterier, og begge stasjoner havnet i svært dårlig økologisk tilstand. Referansebekken på nordsiden (Klåstad 82) er en bekk på noen meters lengde mellom to dreneringsrør. Dette var den eneste stasjonen der det ikke ble observert noen begroingselementer, men det ble observert noe bunndyr, og det var en markert høyere andel filtrerere på denne stasjonen sammenliknet med de påvirkede stasjonene (Fig 14). Denne stasjonen havnet i dårlig økologisk tilstand.

4.2.3 Krukåsen

Krukåsen steinbrudd har tre prøvetakingsstasjoner, og dette var de eneste i hele undersøkelsen der det var mulig å beregne indeksverdier basert på begroingsalger. Krukåsen 1 er stasjonen som i størst grad er påvirket av avrenning fra bruddet, men det var den eneste stasjonen i undersøkelsen som nådde målet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Denne stasjonen lå i et skogholt, med humusfarget vann, og det var på prøvetakingstidspunktet i oktober ingen synlige tegn på partikkeltransport fra bruddet i bekken. Humussyrer i vannet kan også være årsaken til perioder med noe lavere pH ved denne stasjonen (Vedlegg 2 Tabell V2-3). Det var for lite vann for prøvetaking av bunndyr i november, men vannet var heller ikke da tydelig preget av avrenning fra steinindustrien. Ved Krukåsen 3 og 4 var det steinsubstrat og strykpartier, noe som er gunstig for både begroingsalger og bunndyr. Her ble det observert flere taksa av både bunndyr og begroingsalger som er typisk for lokaliteter påvirket av næringssalter og organisk belastning, og det ble også observert en del heterotrof begroing (også et tegn på organisk belastning), særlig ved Krukåsen 3. Krukåsen 3 er en referansestasjon, men både denne og

Krukåsen 4 kom ut i dårlig tilstand basert på både PIT og ASPT. Dette skyldes imidlertid sannsynligvis tilsig fra de omkringliggende landbruksområdene som disse lokalitetene drenerer.

4.2.4 Saga Pearl

Ved Saga Pearl er det ikke prøvetatt noen referanselokaliteter, kun to avrenningsbekker og en lokalitet i Hallevannet der avrenningsbekkene renner ut. Her dekker ikke overvåkingsprogrammet begroingsalger så det ble kun prøvetatt for bunndyr. Innsjølokaliteten Saga Pearl 3 var den eneste lokaliteten i undersøkelsen som havnet i moderat tilstand, men siden ASPT ikke er utviklet for stillestående vann er ikke dette resultatet uten videre sammenliknbart med de resterende lokalitetene. Men på grunn av fortyningseffekten i Messingvika kan man nok uansett forvente en bedre økologisk tilstand ved denne lokaliteten sammenliknet med bekkene. I henhold til overvåkingsprogrammet for Saga Pearl finnes det også en referansestasjon til Saga Pearl 3 i bukta øst for Messingvika. Denne skal kun undersøkes dersom resultatene for Saga Pearl 3 avviker betydelig fra resultatene i Samla Plan (Berge m.fl. 2009). Sammenlikner man artsantall og bunndyrsamfunnets sammensetning i årets undersøkelser med resultatene fra Samlet Plan ser man ingen slike avvik (Vedlegg 3, Fig V3-1 og V3-2), og det er ingenting som tyder på at det er dårligere forhold i Messingvika enn i referansebukta basert på disse resultatene. Det anses derfor ikke nødvendig å prøveta referansebukta. Ved Saga Pearl 1 var habitatforholdene i utgangspunktet gode for bunndyr, med stein og strykpartier, men både her og ved Saga Pearl 2 var det en del leirpartikler i vannet på prøvetakingstidspunktet. I 2014 havnet både Saga Pearl 1 og Saga Pearl 2 i svært dårlig økologisk tilstand, men i 2015 kom Saga Pearl 1 så vidt opp i dårlig tilstand. Det var ingen forskjell i andelen filtrerere mellom de tre stasjonene ved Saga Pearl i 2015, men andelen hadde økt noe siden 2014. Samlet sett så andelen filtrerere ut til å være noe lavere ved stasjonene rundt Saga Pearl enn ved de andre bruddenes referansestasjoner.

4.3 Konklusjon

Resultatene fra årets undersøkelser viser at det kun er avrenningsbekken fra Krukåsen (Krukåsen 1) som når miljømålet om god eller svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Innsjølokaliteten Saga Pearl 3 i Messingvika oppnår moderat tilstand mens de resterende lokalitetene oppnår dårlig eller svært dårlig tilstand. Det var ikke mulig å tilstandsklassifisere Brattås 1, Brattås 4 og Klåstad 79.

Mange av bekkene i denne undersøkelsen er i utgangspunktet lite egnet for prøvetaking av begroingsalger og bunndyr, på grunn av lite vann, finpartikulært substrat og/eller dårlige lysforhold. Små resipienter, slik som i denne undersøkelsen, har som regel lavere artsdiversitet og mindre forutsigbarhet, noe som øker usikkerheten ved indeksberegningene. Videre er indeksene i vannforskriften generelt uegnet for å se på effekten av steinindustri, som særlig er knyttet til økt turbiditet. Det generelle inntrykket basert på indeksene som er benyttet i denne undersøkelsen viser da også at det kun er marginalt bedre tilstand i referanselokalitetene sammenliknet med de påvirkede lokalitetene. Dette kan imidlertid også skyldes at referanselokalitetene ligger i jordbruksområder med finpartikulært substrat og høy næringsbelastning, noe som gir dårlig tilstand også her. Dersom vi derimot går utover vannforskriftens rammer og benytter funksjonelle grupper hos bunndyrene ser vi en litt annen trend: Andelen filtrerende bunndyr er lavere på stasjoner som er påvirket av steinindustrien sammenliknet med referansestasjonene. Dette indikerer at det finpartikulære materialet som transporteres ut fra steinbruddene har en negativ påvirkning på denne gruppen bunnlevende organismer.

Da mange av bekkene i denne undersøkelsen er veldig små, og det ikke er utviklet indekser i vannforskriften som ser på effekten av turbiditet på biota, bør det vurderes hvorvidt man skal fortsette å benytte begroingsalger og bunndyr som biologiske kvalitetselementer i de mest påvirkede lokalitetene. Dette gjelder særlig Brattås 4 og Klåstad 79, men også ved andre lokaliteter kan det være mer hensiktsmessig å anvende fysisk-kjemiske støtteparametere.

5. Litteratur

- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F. & Furse, M. T. (1983) The performance of a new biological water-quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17(3): 333-347.
- Aanes, K. J. & Bækken, T. (1989) Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitets-klassifisering. Rapport 1: Generell del. NIVA-rapport 2278.
- Berge, D. & Källqvist, T. (2008) Biotilgjengelighet av fosfor i avrenningen fra Larvikitt-bruddene i Larvik kommune. NIVA-rapport 5621-2008.
- Berge, D., Bækken, T., Romstad, T., Källqvist, T., Corneliessen, C. H., Dahl-Hansen, G. A., Christensen, G. N. & Rygg, B. (2009) Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittprodusentene) i Larvik, Del I: Resipientundersøkelser 2006-2008 (Tekstdel). NIVA-rapport 5834-2009.
- Bis, B. & Usseglio-Polatera, P. (2011) Standardisation of river classifications (STAR) deliverable N2 - Species traits analysis. In. EU, contract no EVK1-CT 2001-00089 http://www.eu-star.at/pdf/Deliverable_N2.pdf.
- Direktoratsgruppa (2010) Veileder 02:2009 Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking iht. kravene i Vannforskriften. <http://www.vannportalen.no>.
- Direktoratsgruppa (2013) Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. <http://www.vannportalen.no>.
- NS-EN ISO 10870:2012. Vannundersøkelse. Veiledning i valg av prøvetakingsmetoder og utstyr til bentske makroinvertebrater i ferskvann. Standard Norge.
- NS-EN ISO 15708:2009. Vannundersøkelse - Veiledning i overvåking, innsamling og laboratorieanalyse av bentske alger i grunne. Standard Norge.
- Persson, J. & Moe, T. F. (2015) Overvåking av vassdrag i forbindelse med larvikittbrudd i Larvik-området. Resultater fra bunndyrundersøkelser i 2014. NIVA-rapport 6815-2015.
- Schneider, S.C. (2011). Impact of calcium and TOC on biological acidification assessment in Norwegian rivers. *Science of the Total Environment*, 409(6), 1164-1171.
- Schneider SC & Lindstrøm EA (2009) Bioindication in Norwegian rivers using non-diatomaceous benthic algae: The acidification index of periphyton (AIP). *Ecological Indicators*, 9, 1206-1211.
- Schneider, S.C. og Lindstrøm, E.A. (2011) The periphyton index of trophic status PIT: a new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. *Hydrobiologia*, 665, 143-155.
- Statzner, B., Bis, B., Doledec, S. & Usseglio-Polatera, P. (2001) Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition on invertebrate communities in European running waters. *Basic and Applied Ecology*, 2, 73-85.
- Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M. & Siemann E. (1997) The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277, 1300-1302.

Vedlegg 1

Tabell V1-1. Liste over registrerte begroingselementer ved 9 stasjoner i Larvik-området 8. oktober 2015 (ved Klåstad 82 ble det ikke observert noen begroingsalger eller heterotrof begroing og denne stasjonen er derfor ikke inkludert i tabellen). Hyppighet er angitt som prosent dekning for makroskopiske elementer og som x = observert, xx = vanlig, xxx = hyppig for mikroskopiske elementer. PIT og AIP viser indeksverdier for hvert taksa. Prøvetaking ved Brattås 2, Brattås 3, Brattås 4, Klåstad 46 og Klåstad 82 kunne ikke utføres i henhold til klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013) ettersom substratet her var for finpartikulært og uten steiner. Her ble det derfor kun samlet inn belegg på substratet. Brattås 1 hadde steiner, men av mindre størrelse enn påkrevet i henhold til standard metodikk, så her er det kun børstet småsteiner.

Taksa	PIT	AIP	Brattås 1	Brattås 2	Brattås 3	Brattås 4	Klåstad 46	Klåstad 77	Krukåsen 1	Krukåsen 3	Krukåsen 4
Cyanobakterier											
<i>Homoeothrix janthina</i>	12,53	7,12							x		
<i>Phormidium puteale</i>											x
<i>Phormidium</i> spp.				x						x	
<i>Uidentifiserte trichale blågrønnalger</i>			x	x	x	x	x	x			
Grønnalger											
<i>Chaetophorales ubestemt</i>									x	x	
<i>Microspora abbreviata</i>	37,63	6,50								x	
<i>Mongeotia a (6 -12u)</i>	5,24								x		
<i>Oedogonium c (23-28u)</i>	9,09	7,09									<1
<i>Ulothrix tenerrima</i>	20,14		x						x		
Rødalger											
<i>Audouinella hermannii</i>	21,25	7,05									<1
<i>Audouinella pygmaea</i>	36,81									<1	
<i>Uidentifiserte Rhodophyceer</i>			x	x							
Nedbrytere											
<i>Sphaerotilus natans</i>	22,28				x					7	xx

Tabell VI-2. Bunndyrsamfunnets sammensetning gitt som antall individer av hvert taksa ved 12 lokaliteter i Larvik-området 2014-2015 (inkludert 2013 for Brattås deponi).

		Saga Pearl 1 - 11.11.2014	Saga Pearl 1 - 3.11.2015	Saga Pearl 2 - 11.11.2014	Saga Pearl 2 - 3.11.2015	Saga Pearl 3 - 11.11.2014	Saga Pearl 3 - 3.11.2015	Krakkåsen 1 - 11.11.2014	Krakkåsen 3 - 11.11.2014	Krakkåsen 3 - 3.11.2015	Krakkåsen 4 - 11.11.2014	Krakkåsen 4 - 5.11.2015	Brattås deponi 1 - 31.10.2013	Brattås deponi 1 - 12.11.2014	Brattås deponi 2 - 31.10.2013	Brattås deponi 2 - 12.11.2014	Brattås deponi 2 - 5.11.2015	Brattås deponi 3 - 31.10.2013	Brattås deponi 3 - 12.11.2014	Brattås deponi 3 - 3.11.2015	Klåsstad 46 - 11.11.2014	Klåsstad 46 - 3.11.2015	Klåsstad 77 - 11.11.2014	Klåsstad 77 - 3.11.2015	Klåsstad 82 - 11.11.2014	Klåsstad 82 - 3.11.2015	
Aranea	<i>Argyroneta aquatica</i>													1													
Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>	2	10	12	24	24	54			2	2		30	3	224	10		1440	84	8					96	144	
Coleoptera	<i>Dytiscidae</i> indet ad		1																								
Coleoptera	<i>Dytiscidae</i> indet lv	1	5					8		5			3	8													
Coleoptera	<i>Hydraena</i> sp ad								2	1																	
Coleoptera	<i>Scirtidae</i> indet lv									3		1								1	1	3					
Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>			48		30			2	3			18	8	8		1	8	6		24	45			2	18	
Diptera	<i>Chironomidae</i>	34	608	84	888	480	5040	592	288	832	128	444	636	1186	212	248	904	156	58	2688	312	117	6	10	1848		
Diptera	<i>Diptera</i> indet			48										12		2	2		2			9	2		20		
Diptera	<i>Limoniidae/Pediciidae</i> indet	10	1	6				4	3	20	2	14		1	2		1	40	12	19	3	27		20	60		
Diptera	<i>Psychodidae</i> indet											1						2	2								
Diptera	<i>Simuliidae</i>							40	304	512	10	64	9	14						1	13						
Diptera	<i>Tabanidae</i>					6																					
Diptera	<i>Tipulidae</i> indet									6					1	3			4	1	1		5	1	2	10	30
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i> indet							4								1											
Ephemeroptera	<i>Baetis rhodani</i>								120	432	70	82			14												
Ephemeroptera	<i>Caenis horaria</i>						72																				
Ephemeroptera	<i>Centropilum luteolum</i>		1			36	27					1															
Ephemeroptera	<i>Heptagenia fuscogrisea</i>					3																					
Ephemeroptera	<i>Heptagenia sulphurea</i>						5																				
Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i> indet					9	45																				
Ephemeroptera	<i>Nigrobaetis niger</i>									2	1																
Gastropoda	<i>Lymnaeidae</i> indet	1				9	5			1					1			6			24	63	1			6	
Gastropoda	<i>Planorbidae</i> indet				3																						3
Hirudinea	<i>Erpobdella</i> sp						5													1							
Hydrachnidia	<i>Hydrachnidia</i>		1								6	14				1	1										
Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>															1											
Megaloptera	<i>Sialis lutaria</i>						5																				
Odonata	<i>Anisoptera</i> indet						5																				
Odonata	<i>Zygoptera</i> indet						9																				
Oligochaeta	<i>Oligochaeta</i>	68	8	108	24	114	36	72	26	400	10	18	348	232	164	144	38	164	52			81	12	10	116	90	
Plecoptera	<i>Nemoura avicularis</i>										1	1															
Plecoptera	<i>Nemoura cinerea</i>				48			144	1	1				2													
Plecoptera	<i>Nemoura</i> sp		12	18							1		2	2													
Plecoptera	<i>Nemouridae</i> indet	22			18			24	1	1				1									3				
Plecoptera	<i>Nemurella pictetii</i>	14	22																			3					
Trichoptera	<i>Agrypnia</i> sp						9																				
Trichoptera	<i>Hydropsyche pellucidula</i>									1																	
Trichoptera	<i>Hydropsyche</i> sp								1																		
Trichoptera	<i>Limnephilidae</i> indet	6	12			30		12	2	4	6	8	21	8	16	6	2	12	6	1	12	54	10		2	42	
Trichoptera	<i>Oxyethira</i> sp						27																				
Trichoptera	<i>Plectrocnemia conspersa</i>		1		126			4		5				1				12				5					9
Trichoptera	<i>Psychomyiidae</i> indet									2																	
Trichoptera	<i>Sericostomatidae</i> indet																			1							1
	Antall individer	158	682	372	1083	741	5344	904	752	2231	237	648	1067	1479	643	416	949	1844	227	2731	384	406	32	12	276	2251	
	Antall arter/taxa	9	12	8	6	10	14	10	12	18	11	11	8	14	10	9	7	10	13	7	8	9	6	2	8	11	
	Antal EPT taxa	3	5	2	2	4	6	5	6	7	5	4	2	5	2	2	1	2	2	1	3	2	1	0	1	3	

Tabell V1-3. Indeksverdier og tilstandsklassifisering basert på modifisert Raddum 2 (forsuringsindeks) og ASPT (eutrofiseringsindeks). Saga Pearl 3 er en innsjøprøve og vises med grå farge ettersom de benyttede indeksene er utviklet for rennende vann. Raddum 2 er ikke vektlagt i samlet tilstandsklassifisering ettersom vi anser disse tallene som svært usikre.

Stasjon	modifisert Raddum 2		ASPT			Samlet tilstandsklasse
	Indeksverdi	Tilstandsklasse	EQR	nEQR	Tilstandsklasse	
Saga Pearl 1	0,53	Moderat	0,66	0,24	Dårlig	Dårlig
Saga Pearl 2	0,25	Svært dårlig	0,56	0,17	Svært dårlig	Svært dårlig
Saga Pearl 3	4,00	4,00	0,76	0,41	Moderat	Moderat
Krukåsen 1	Ingen prøve tatt i 2015					
Krukåsen 3	4,00	Svært god	0,66	0,24	Dårlig	Dårlig
Krukåsen 4	4,00	Svært god	0,65	0,23	Dårlig	Dårlig
Brattås deponi 1	Ingen prøve tatt i 2015					
Brattås deponi 2	0,00	Svært dårlig	0,54	0,17	Svært dårlig	Svært dårlig
Brattås deponi 3	0,25	Svært dårlig	0,65	0,23	Dårlig	Dårlig
Klåstad 46	0,00	Svært dårlig	0,60	0,19	Svært dårlig	Svært dårlig
Klåstad 77	0,00	Svært dårlig	0,43	0,14	Svært dårlig	Svært dårlig
Klåstad 82	0,25	Svært dårlig	0,66	0,24	Dårlig	Dårlig

Vedlegg 2

Tabell V2-1. Konsentrasjoner av kalsium (Ca) i mg/L for hver stasjon der det er undersøkt begroingsalger i 2015. Ca-klasse refererer til klassifiseringskriteriene for beregning av indeksene PIT og AIP.

Stasjon	Ca (mg/L)					Ca-klasse
	30.04.2015	17.06.2015	24.08.2015	03.11.2015	Gjennomsnitt	
Brattås 1	9,54	-	-	11,4	10,47	3
Brattås 2	29,8	29,8	35,1	33,4	32,03	3
Brattås 3	36	37,6	49,7	43,9	41,80	3
Brattås 4	34,6	35,9	38,1	40,2	37,20	3
Klåstad 46	26,3	32,1	30,9	-	29,77	3
Klåstad 77	23,9	23,7	16,8	-	21,47	3
Klåstad 79	30,7	48,2	36,6	-	38,50	3
Klåstad 82	22,5	31,8	25,3	-	26,53	3
Krukåsen 1	10,3	4,38	6,52	4,99	6,55	3
Krukåsen 3	11,4	14,4	15,2	13,9	13,73	3
Krukåsen 4	12,7	17,4	19,8	16,1	16,50	3

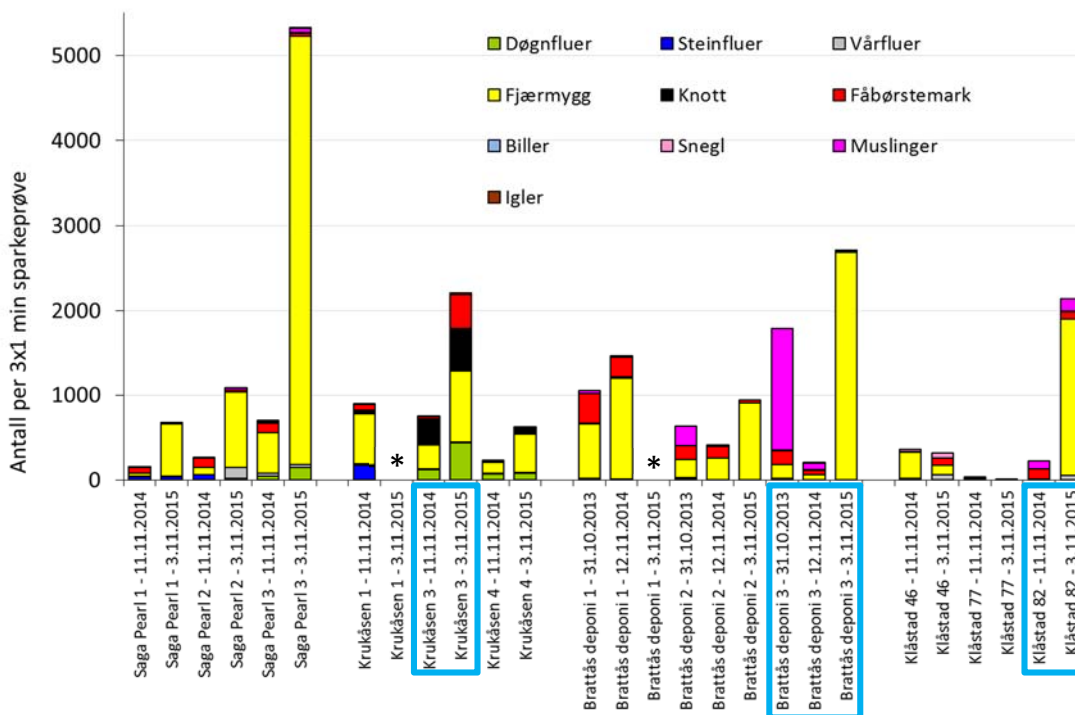
Tabell V2-2. Konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) i mg/L for hver stasjon der det er undersøkt begroingsalger i 2015. TOC-klasse refererer til klassifiseringskriteriene for beregning av indeksen AIP.

Stasjon	Ca (mg/L)					Ca-klasse
	30.04.2015	17.06.2015	24.08.2015	03.11.2015	Gjennomsnitt	
Brattås 1	9,4	-	-	9,3	9,35	>2
Brattås 2	7,4	7	9,1	7	7,63	>2
Brattås 3	7,6	6,6	8,1	7,7	7,50	>2
Brattås 4	6,7	6,8	9,4	6,2	7,28	>2
Klåstad 46	9,2	4,5	9,88	-	7,86	>2
Klåstad 77	5,8	2,46	2,37	-	3,54	>2
Klåstad 79	7	5,46	7,79	-	6,75	>2
Klåstad 82	5,2	5,52	5,75	-	5,49	>2
Krukåsen 1	14	25	19,8	25	20,95	>2
Krukåsen 3	5,9	5,4	5,9	6,1	5,83	>2
Krukåsen 4	7,5	6,3	6,54	6,1	6,61	>2

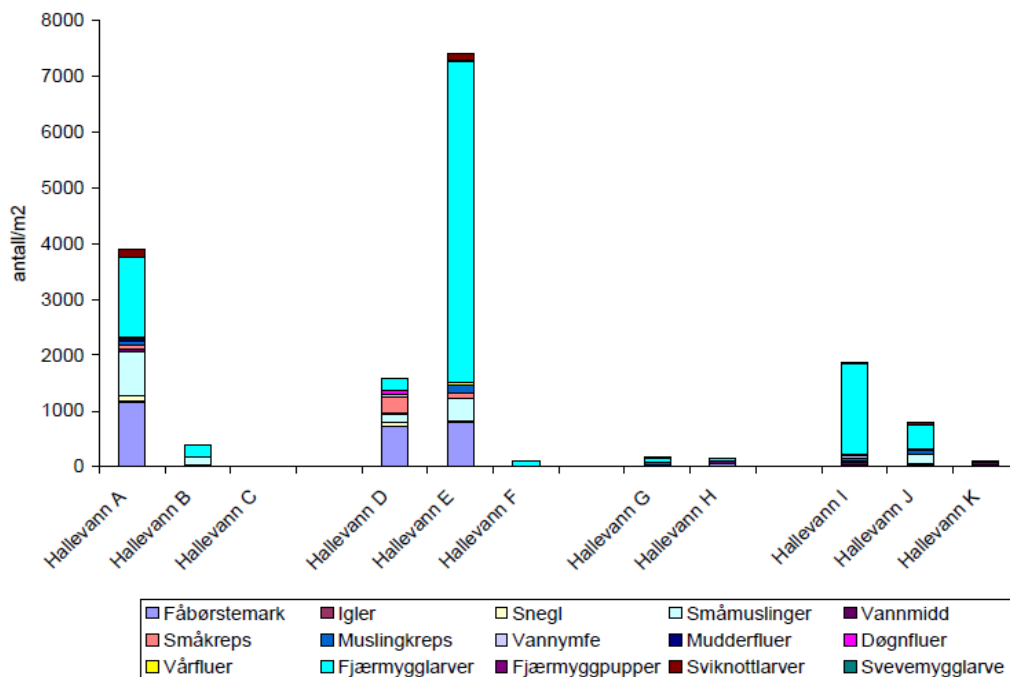
Tabell V2-3. pH for alle stasjoner undersøkt i 2015.

Stasjon	pH				
	30.04.2015	17.06.2015	24.08.2015	03.11.2015	Gjennomsnitt
Brattås 1	7,3	-	-	6,9	7,10
Brattås 2	7,9	7,8	7,9	7,3	7,73
Brattås 3	7,5	7,2	7,3	7,1	7,28
Brattås 4	7,7	7,8	7,9	7,3	7,68
Klåstad 46	7,5	7,7	7,1	-	7,43
Klåstad 77	7,7	7,9	7,5	-	7,70
Klåstad 79	8,0	7,4	7,8	-	7,73
Klåstad 82	7,5	7,5	7,0	-	7,32
Krukåsen 1	7,2	6,1	7,1	6,4	6,70
Krukåsen 3	7,2	7,1	7,0	6,7	7,00
Krukåsen 4	7,3	7,4	7,27	6,9	7,22
	24.04.015	15.06.2015	21.08.2015	27.10.2015	Gjennomsnitt
Saga Pearl 1	7,4	7,6	6,7	7,4	7,28
Saga Pearl 2	7,4	7,5	7,4	6,7	7,24
Saga Pearl 3	6,9	7,0	7,6	6,8	7,08

Vedlegg 3



Figur V3-1. Bunndyrsamfunnets sammensetning i 2014-2015 (inkludert 2013 for Brattås deponi). Saga Pearl 3 er en innsjøstasjon (Messingvika), resten er bekkelokaliteter. Referansestasjonene er markert med en blå firkant rundt navnet (Brattås deponi 3 er referansestasjon for både Brattås og Klåstad). Stasjoner som ikke ble prøvetatt er markert med *.



Figur V3-2. Bunndyrsamfunnets sammensetning i 2007. Figuren er hentet fra NIVA-rapport 5834-2009 s. 122 (Berge m.fl. 2009). Prøvestasjonene A, D og I er tatt på samme dyp som stasjonen Saga Pearl 3 og er derfor sammenliknbare. Stasjonene A og D er i Messingvika mens stasjon I er tatt i en referansebukst øst for Messingvika.

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