

Avrenning fra avsluttede larvikittbrudd



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Avrenning fra avsluttede larvikittbrudd	Løpenr. (for bestilling) 5620-2008	Dato 20.05.2008
	Prosjektnr. Undernr. 26424-01	Sider Pris 28
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket CopyCat


Oppdragsgiver(e) Larvikittprodusentenes forening (LPF)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten sammenstiller ett års studium av avrenning fra nedlagte larvittbrudd. Avrenningen sammenliknes med vannkvaliteten i to små upåvirkede bekker i samme område. Resultatene viste at allerede etter ett år var konsentrasjonene i avrenningen så lave at de ikke vil kunne skape noen økologiske eller visuelle problemer i resipientbekkene. Det var imidlertid fortsatt forhøyede konsentrasjoner av en rekke stoffer i avrenningsvannet i forhold til avrenning fra upåvirkede områder. Etter 5-6 år var det vanskelig å se noen forskjell mellom konsentrasjonsnivåer i avrenning fra nedlagte steinbrudd og fra referansebekkene.</p>
--


<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vannforurensning Avrenning Nedlagte Larvikittbrudd Vestfold 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Water pollution Runoff Abandoned pits Vestfold
---	--



Dag Berge
Prosjektleder



Merete J. Ulstein
Forskningsleder
ISBN 978-82-577-5355-9



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

Avrenning fra avsluttede larvikittbrudd

Oslo 20.05.2008

Saksbehandler: Dag Berge
Medarbeidere: Torleif Bækken
Magne Martinsen (Mm Consult)

Forord

Den foreliggende rapport er en del av arbeidet med Samlet plan for vannhåndtering ved larvikittbruddene i Tjølling og Brunlanes i Larvik kommune. Den oppsummerer studien om avrenning av forurensning fra nedlagte brudd.

Studien startet i månedskiftet november/desember 2006 og varte til ut 2007. Prøvetakingen er foretatt av Magne Martinsen (MM-Consult AS). Analysene av turbiditet er foretatt av BUVA (Eurofins) i Larvik, mens de andre analysene er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo. Dag Berge (NIVA) har vært prosjektleder for denne delen av prosjektet og har skrevet rapporten.

Oslo, 20.05.2008

Dag Berge

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	7
2. De aktuelle bruddene	7
3. Prøvetakingssteder	14
4. Parametere og observasjonsfrekvens	15
5. Resultater og diskusjon	15
5.1 Turbiditet (vannets grumsethet)	15
5.2 Næringsalter	16
5.2.1 Fosforfraksjoner (Tot-P og Orto-P)	16
5.2.2 Nitrogenfraksjoner (Tot-N, NO ₃ og NH ₄)	18
5.3 Generelle vannkvalitetsparametere	20
5.3.1 Surhet-pH	20
5.3.2 Vannets farge (humusinnhold)	21
5.3.3 Konduktivitet	22
5.3.4 Aluminiumsfraksjoner	23
6. Litteratur	25
7. Primærdata	26

Sammendrag

Rapporten sammenstiller ett års studium av vannkvaliteten i avrenningen fra nedlagte larvikittbrudd. Ved prosjektets start hadde bruddene vært uten aktivitet i hhv: Torsteinbruddet 18 år (nedlagt 1988), Buabruddet 4 år (nedlagt 2002), og Utklevbruddet ½ år (i bero siden januar 2006). Vannkvaliteten i avrenningen ble sammenliknet med vannkvaliteten i 2 upåvirkede referansebekker i området.

Fra det nylig avsluttede (midlertidig) Utklevbruddet var avrenningen av alle stoffer betydelig større enn fra de andre bruddene, og betydelig større enn i referansebekkene. Dette gjaldt både turbiditet (partikulære stoffer), fargede stoffer, næringssaltene fosfor og nitrogen, og syrenøytraliserende stoffer. Konsentrasjonene var imidlertid mye mindre enn fra brudd med aktivitet. Som eksempel kan nevnes at den maksimale turbiditeten i avrenningen fra Utklevbruddet var 12 FNU (middel 6 FNU), mens for brudd i aktiv drift er det observert turbiditeter i avrenningen på mer enn 4000 FNU ved flere anledninger. Fra Buabruddet var det fortsatt noe forhøyede avrenningsverdier, men konsentrasjonene hadde minket mye sammenliknet med Utklevavrenningen. Avrenningen fra Torsteinbruddet hadde nærmest de samme konsentrasjonene som i de upåvirkede referansebekkene. For noen parametre var de lavere.

Avrenningen fra bruddene, selv det eldste, var mer basisk enn referansebekkene. Forutsatt at konsentrasjonen av partikler ikke blir for stor, vil således avrenningen fra avsluttede brudd kunne virke gunstig på vannkvalitetene i deler av området som er relativt surt. Den høye pH og høye ionestyrken i avrenningsvannet gjorde at vannet ikke inneholdt skadelige konsentrasjoner av giftig aluminium, til tross for høye verdier av total aluminium.

Med bakgrunn i denne studien kan det sies at konsentrasjonen av de aller fleste stoffer faller raskt etter at bruddene er avsluttet. Mht. til turbiditet er man under 10 FNU (generelt krav til prosessvann ut fra flere aktive brudd i gitte utslippstillatelser) allerede etter ett år. Etter 5-6 år er det nærmest ikke forhøyede konsentrasjoner av noen stoffer i avrenningen fra bruddene sammenliknet med avrenning fra naturlige områder. Etter ett år vil ikke avrenningen fra et avsluttet brudd utgjøre økologiske, eller visuelle problemer i resipientene.

Det skal bemerkes at referansebekkene som er benyttet er noe større, og mer definerte bekker, enn vannsigene ut fra de nedlagte bruddene. Slike små vannsig har lettere for å bli påvirket av naturlig terrestrisk ”litter”, noe som kan gi en viss turbiditet, samt konsentrasjon av organisk materiale (farge, TOC) fra nedbrudt gras og blader, etc. Hvorvidt dette har gitt noen effekt i resultatene er vanskelig å si, men, hvis det har vært en slik effekt, betyr det at avrenningen fra bruddene har blitt ”strengt” vurdert. Dvs. det bør være god sikkerhetsmargin for våre konklusjoner.

1. Innledning

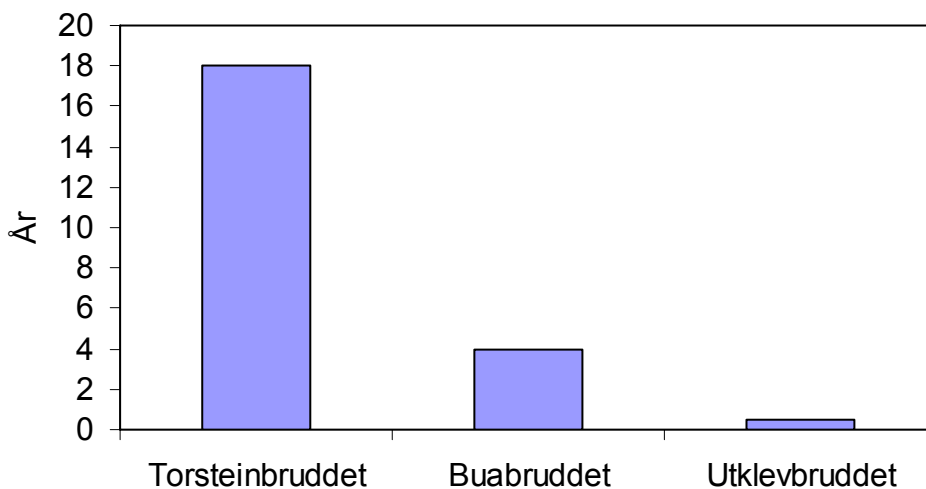
I forbindelse med avslutning av brudd skal terrenget settes i stand etter bestemte regler. Som en del av avslutningen skal også avrenningen fra bruddet overvåkes. Overvåkingen skal skje til det ikke lenger anses å komme noe forurensning ut fra bruddområdet. Hvor lenge slik overvåking skal foregå, er ikke fastlagt. Det er dette man ønsker å belyse ved denne undersøkelsen.

Programmet inngår i Samlet Plan for vannhåndtering i larvikittbruddene, og feltarbeidet er koordinert med den øvrige prøvetakingen. Måleprogrammet har pågått i ett år i brudd som er avsluttet for ulik tid siden.

2. De aktuelle bruddene

Området ble befart 8. september 2006 av Magne Martinsen (MM Consult AS) og Dag Berge (NIVA). På forhånd hadde Martinsen diskutert med eierne av bruddene om mulige bruddkandidater. Vi har klart å finne 3 brudd som er egnet, dvs. brudd som har vært drevet etter dagens metoder (inklusive diamantsaging) og som er store nok til å ha avrenning som overflatevann, samt hvor avrenningen ikke blander seg med avrenning fra aktive brudd. Disse bruddene er:

1. Torstein bruddet øst for Hallevatn er avsluttet i 1988
2. Buabruddet nordvest for Buadammen er avsluttet i 2002
3. Utklevbruddet til Lunds Labrador midlertidig stilt i bero i januar 2006



Figur 1. År etter at aktiviteten i de ulike bruddene ble nedlagt (tid angitt med utgangspunkt i oktober 2006, da programmet ble skrevet).

De permanent avsluttede bruddene er ikke avsluttet slik det er anført i dagens driftsplaner. Det er gjort lite eller ingen ting for å sette i stand naturen. Utklevbruddet er bare stilt midlertidig i bero, dvs. det er tomt og det er ingen aktivitet der, men det er ikke tatt stilling til endelig nedleggelse.

I så måte skulle bruddene representere ”verste fall”-eksempler der man ikke har gjort noe særlig for å bote på sårene i naturen eller hindre framtidig avrenning. Avrenningen burde da også være større enn om bruddene hadde vært avsluttet slik det stilles krav til i dagens driftsplaner.

I de følgende figurer gis det karter, flybilder og foto fra de aktuelle bruddene. På flybildene er det tegnet inn prøvetakingsstasjoner.



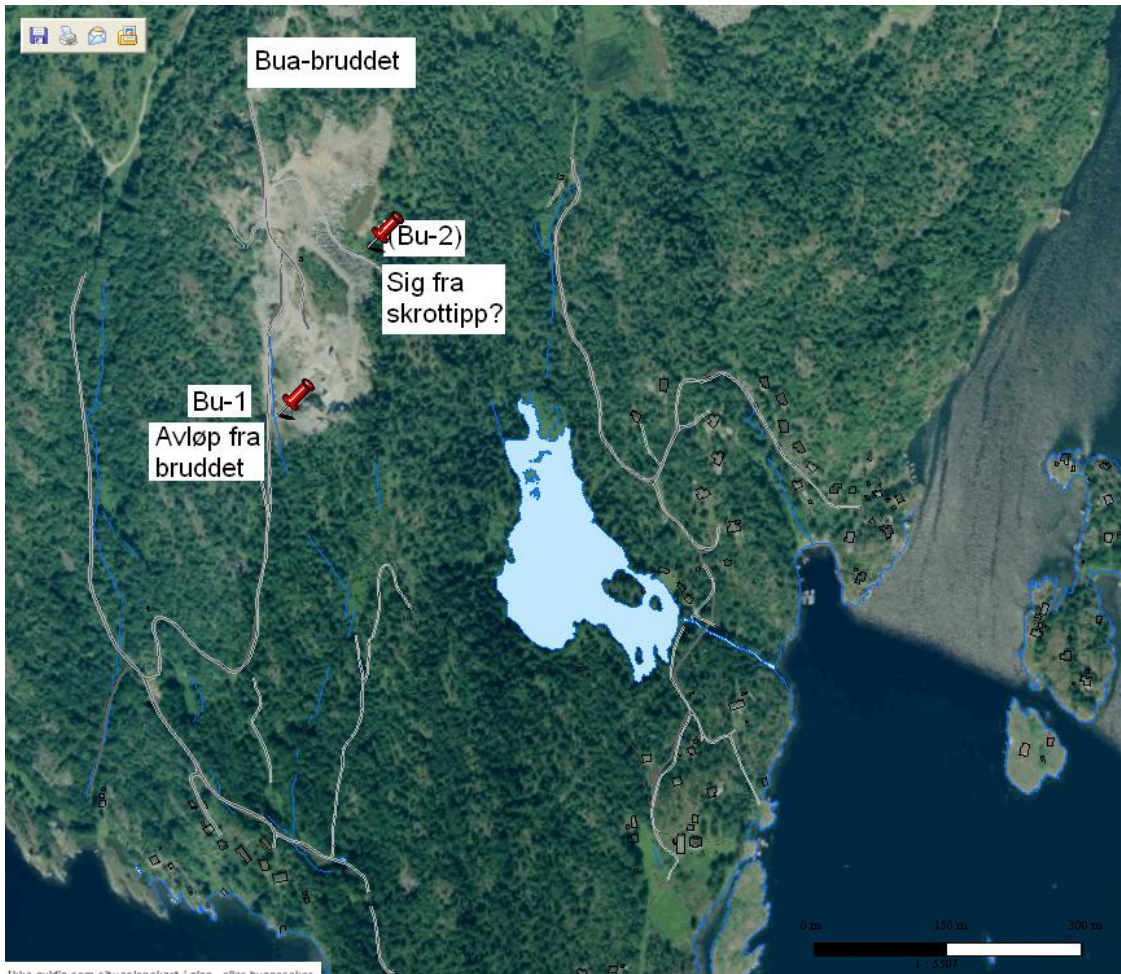
Figur 2. Kart over Torsteinbruddet. Nedlagt for 18 år siden (1988)



Figur 3. Flyfoto over Torsteinbruddet avsluttet for 18 år siden (1988). Prøvetakingsstasjoner er innlagt.



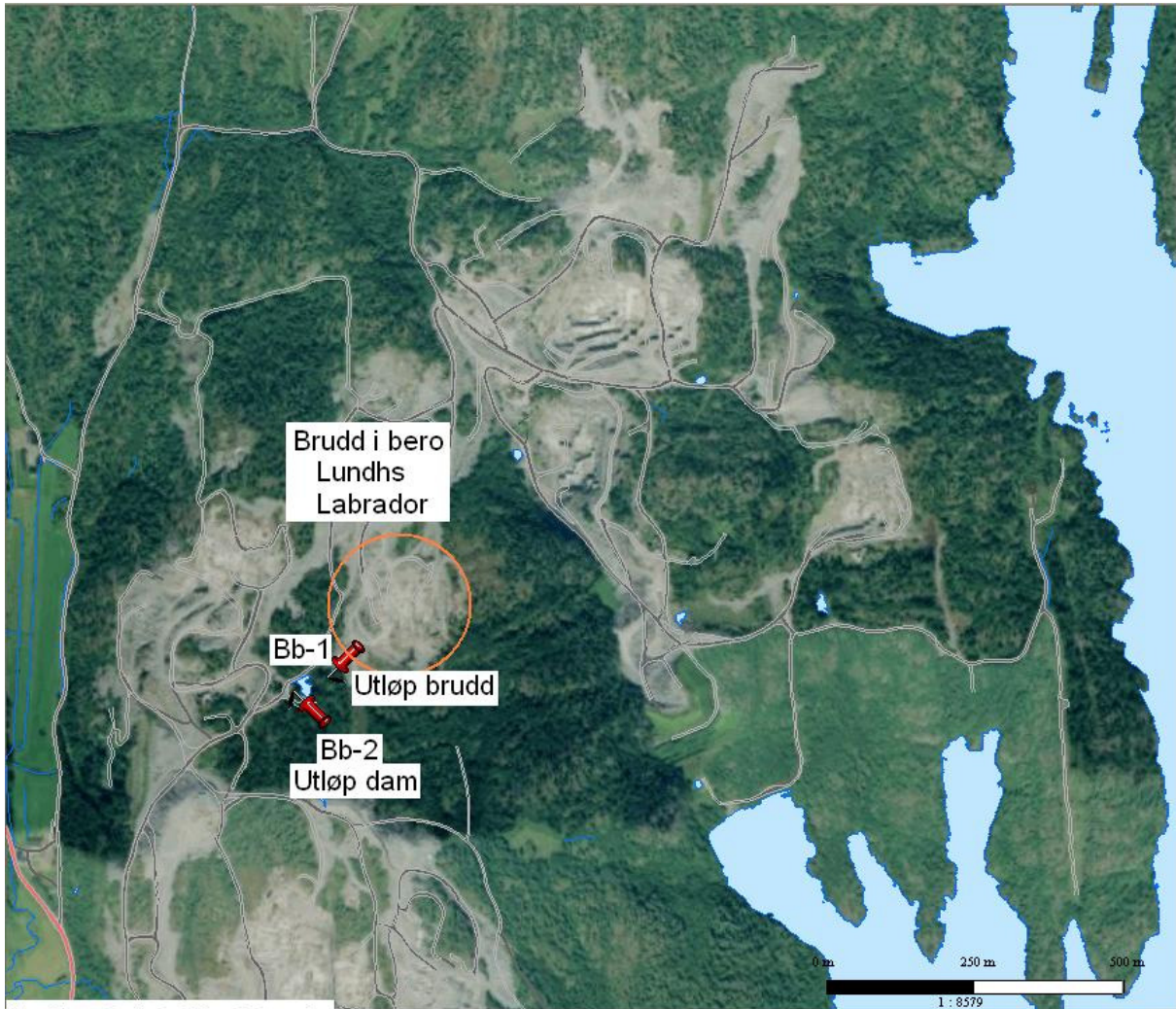
Figur 4. Det aktive bruddområdet i Torsteinbruddet er nå fylt med vann. På befaringsdagen 8. september 2006 var vannet i bruddet krystallklart, noe det har vært gjennom hele prøvetakingsperioden. Bruddet ble avsluttet for 18 år siden i 1988.



Figur 5. Buabruddet. Avsluttet for 4 år siden (PS: Ikke inntegnet på Kartverkets 1:50000 karter, men fremgår tydelig på flybilder fra området)



Figur 6. Buabruddet ble avsluttet i for 4 år siden (2002).



Figur 7. Utklevbruddet til Lundhs Labrador har vært stilt i bero i ca et år (siden januar 2006), dvs. bruddet er tomt og det er ingen aktivitet der. Det er imidlertid ikke bestemt om det endelig er nedlagt, slik at aktiviteten kan tas opp igjen.



Figur 8. Utklevbruddet til Lundhs Labrador der det ikke har vært noen aktivitet siden januar 2006.

3. Prøvetakingssteder

Prøvetakingsstasjoner for de ulike bruddene er gitt i Figur 3, 5 og 7.

I Torsteinbruddet (nedlagt for 18 år siden) skjedde det på befaringsdagen 8/9-2006 synlig avrenning ut fra området ved to bekker. Det er tatt rutinemessige prøver fra disse to. Rent terrengmessig kan det også være muligheter for avrenning mot nordøst, men det har ikke skjedd noen synlig overflateavrenning herfra i prøvetakingsperioden.

I Buabruddet (nedlagt for 4 år siden) skjer avrenningen i et åpent bekkesig mot syd. Det vil også bli tatt prøver av vann som drenerer gjennom skrottsteintippene. Fra begge disse steder er det tatt prøver hver 14 dag gjennom ett år (så sant det kommer vann).

Fra Utklevbruddet drenerer vannet ned til et sedimentasjonsbasseng gjennom en skrottsteintipp. Det er tatt prøver av vannet før det renner inn i bassenget, og etter at det har passert bassenget.

4. Parametere og observasjonsfrekvens

Turbiditet er målt hver 14. dag. Fire ganger i året er det målt på flere vannkvalitetsparametere. Disse fire gangene dekker 2 perioder med mye avrenning, fortrinnsvis vår og høst, samt 2 tørre perioder, en om vinteren og en om sommeren.

Det er ikke målt på biologiske parametere i disse små bekkene.

Program:

- Hver 14. dag: Turbiditet
- Fire ganger i året: Turbiditet, pH, Konduktivitet, Farge, Tot-P, PO4-P, Tot-N, NO₃, NH₄, samt om høsten også Tot-Al, Reakt Al, Illal Al og TOC.

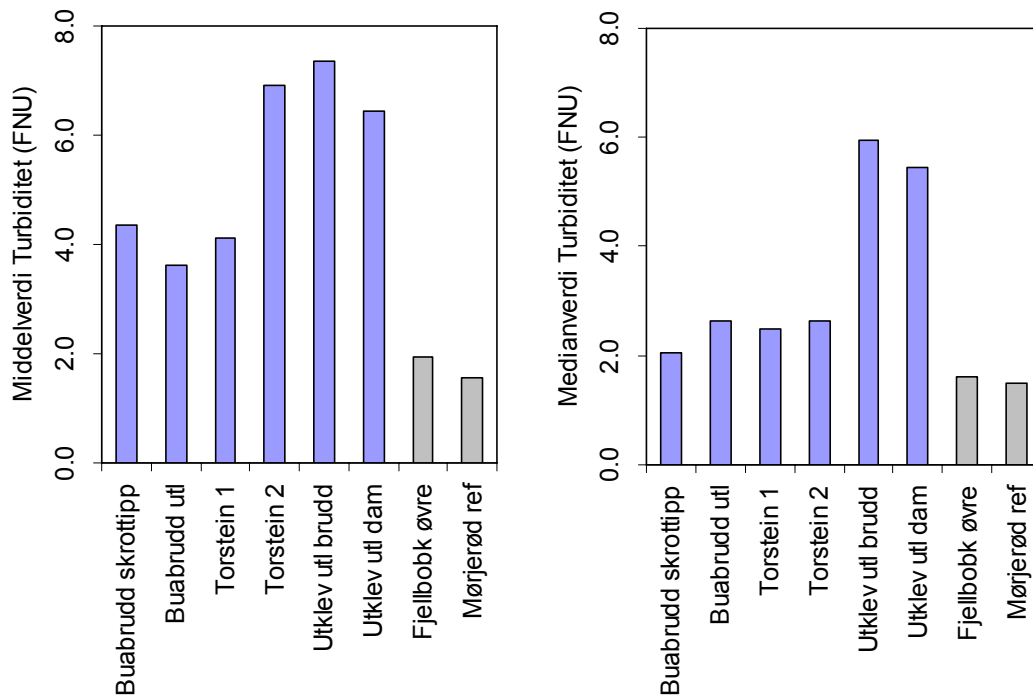
5. Resultater og diskusjon

5.1 Turbiditet (vannets grumsethet)

Turbiditet er et mål for vannets grumsethet, og indirekte et mål på hvor mye partikler det er i vannet. Skalaen er opprinnelig laget slik at 1 FNU skal tilsvare 1 mg/l av partikler suspendert i vannet. Dette stemmer over ens bare sånn noenlunde, fordi dette forholdet bl.a. er avhengig av partikkeltypen som utgjør turbiditeten. **Figur 9** viser midlere (middelverdi og median) turbiditet i de avsluttede bruddene sammenliknet med upåvirkede referansebekker i området. Målinger er foretatt hver 14. dag gjennom ett år. Enkeltmålingene finnes i **Tabell 2** bak i kapitlet om primærdata.

Det er noe mer turbid vann i avrenningen fra de nedlagte bruddene enn i referansebekkene. Dette gjør seg særlig gjeldene i kuven over middelverdier, som er ”sturt” av et par høye verdier. I median blir effekten fra slike høye enkeltverdier ”luket” bort. Avrenningen fra Utklevbruddet har betydelig høyere turbiditet enn både referansene og de andre bruddene. Utklevbruddet har bare vært uten aktivitet et halvt år før undersøkelsen startet, mens de andre har vært nedlagt i mange år. Selv fra de andre bruddene er det mer turbiditet enn i referansene, selv om verdiene er lave sammenliknet med brudd med full aktivitet. Her kan konsentrasjonene i avrenningen være opp i over flere tusen FNU.

Det skal bemerkes at avrenningen fra bruddene er tatt så nærme bruddene som mulig, dvs. det er meget små bekker, nærmest for vannsig å regne. Referansene er større og mer klart definerte bekker. Avrenningen fra bruddene vil derfor kunne være mer preget av terrestrisk ”rusk og rask” enn bekkene, noe som kan bidra til turbiditet. Visuelt sett var det bare avrenningen fra Utklevbruddet som kunne ses å ha mer grumsete vann enn ”naturlig” vann.



Figur 9. Turbiditet i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler). Venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

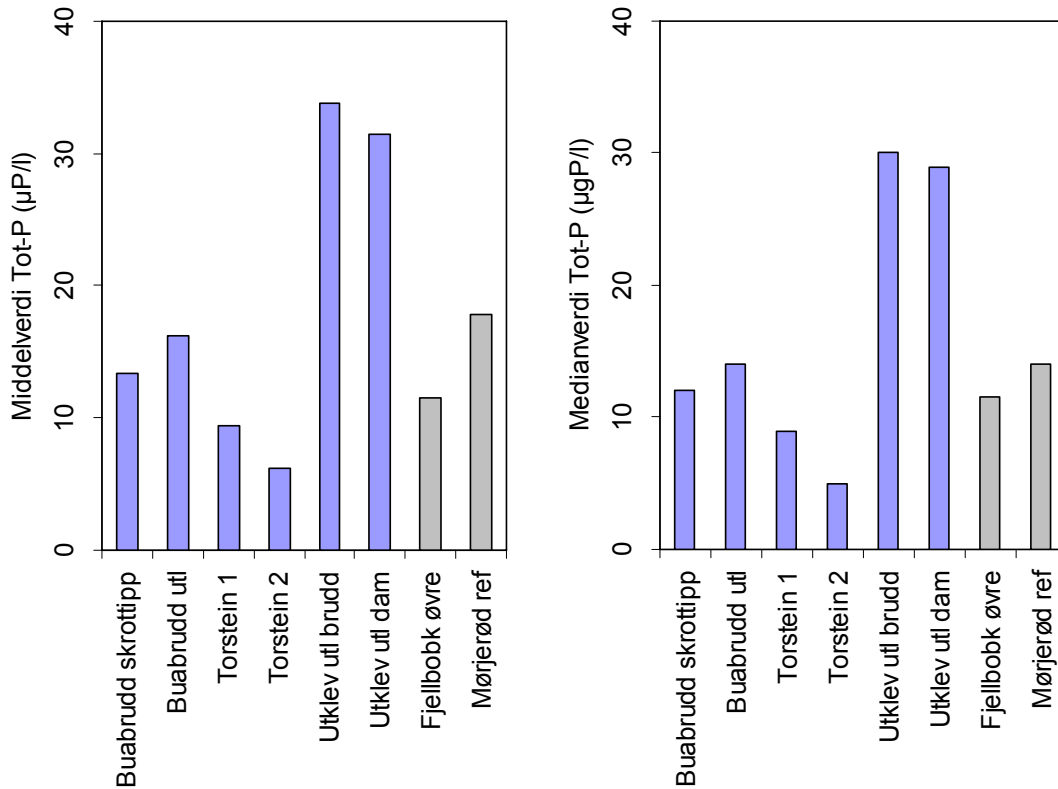
Turbiditeten i avrenningen fra de avsluttede bruddene er mye lavere enn det som kan noen negativ innvirkning på økologiske forhold i resipientene. Visuelt sett er det bare avrenningen fra Utklevbruddet som er så turbid at det f.eks. vil kunne merkes visuelt av folk på tur i skogen.

5.2 Næringsalter

5.2.1 Fosforfraksjoner (Tot-P og Orto-P)

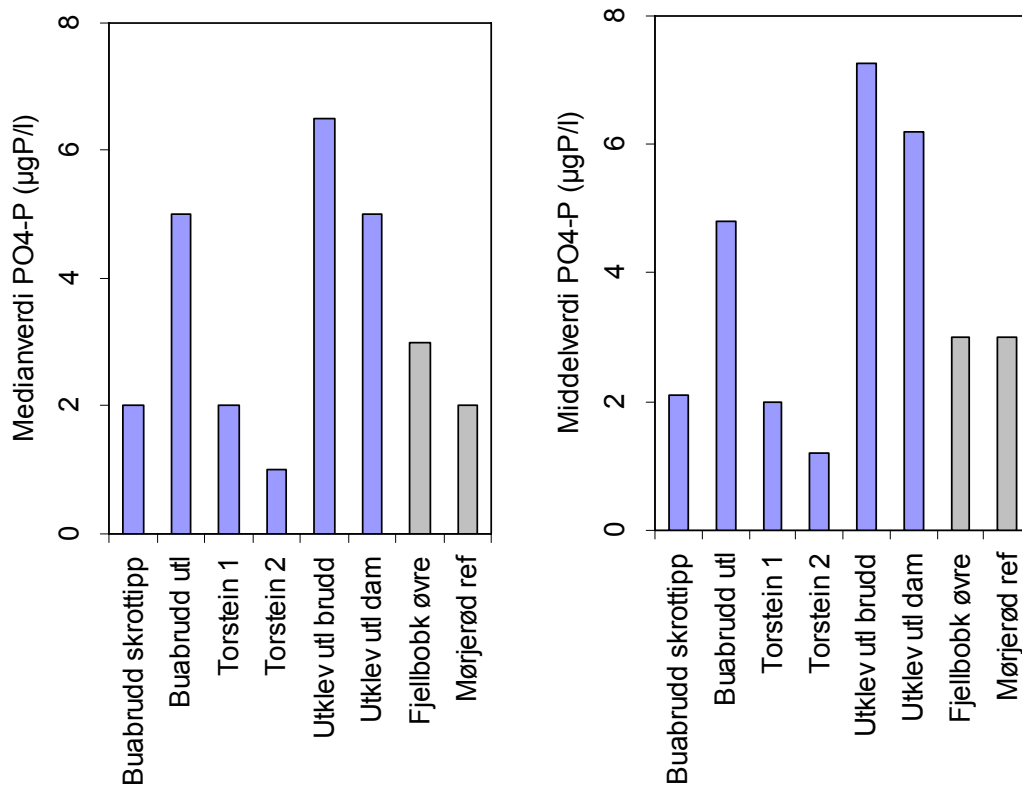
Fosfor er det næringssaltet i ferskvann som begrenser algeveksten, dvs. det er det næringssaltet som først kommer i manko i ferskvannsøkosystemer. Ortofosfat er et mål på det løste reaktive fosfatet i vannet, en fraksjon som er direkte tilgjengelig for algevekst. Total fosfor omfatter også det meste av det partikulære fosforet, og er regnet som det maksimale som kan gjøres tilgjengelig for algevekst gjennom ulike prosesser i en resipient.

Med hensyn til total fosfor (**Figur 10, Tabell 3**) er det bare avrenningen fra Utklevbruddet som har høyere konsentrasjoner enn referansene. Dette har sammenheng med at dette er nylig lagt brakk, og er ennå ikke vasket rent av regn og snøsmelting. Det er heller ikke etablert seg noen vegetasjon der som kan infiltrere forurensningene. Avrenningen fra de eldre bruddene har fosforkonsentrasjoner på linje med referansene, Torsteinbruddet faktisk mindre, noe som trolig har sammenheng med at dette bruddet har vært nedlagt lengst.



Figur 10. Total fosfor i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med konsentrasjonen i upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

Med hensyn til ortofosfat (**Figur 11, Tabell 4**) er det også Utklevbruddet som utmerker seg med å ha høyere konsentrasjoner i avrenningen enn referansene. Forklaring er som for Total fosfor. Utløpet fra selve bruddet i Buabruddet har også noe høyere konsentrasjoner enn referansene. Dette kan ha sammenheng med at det er henslengt en god del søppel i området. Ellers har Torsteinbruddet lavere konsentrasjoner av ortofosfat enn referansebekkene, akkurat som for total fosfor.



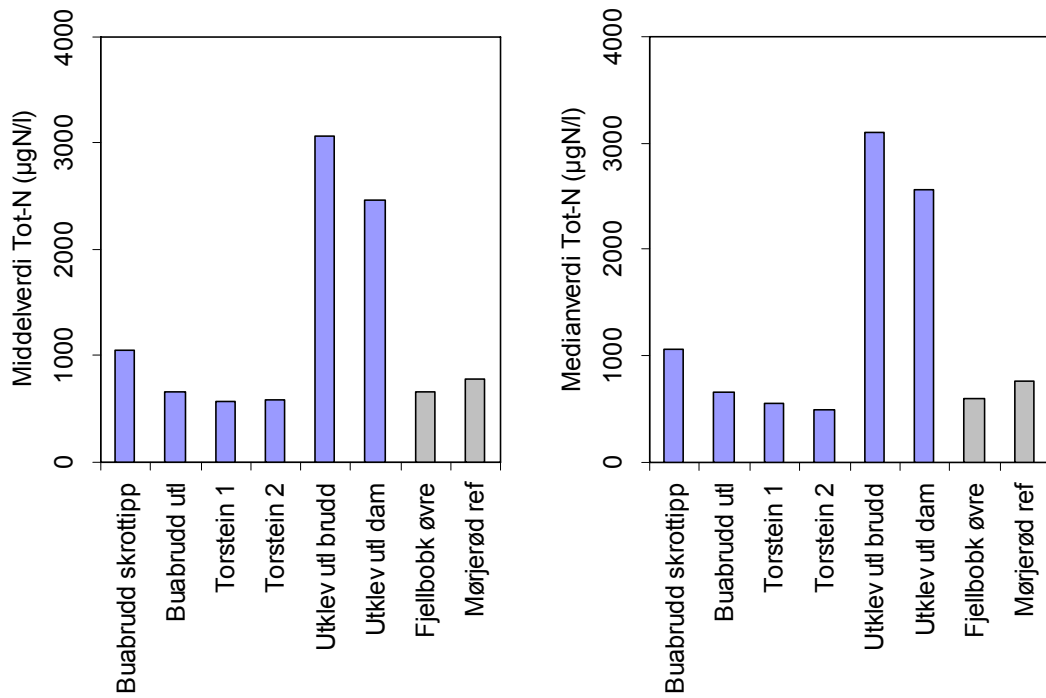
Figur 11. Ortofosfat (løst reaktivt fosfor) i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

5.2.2 Nitrogenfraksjoner (Tot-N, NO₃ og NH₄)

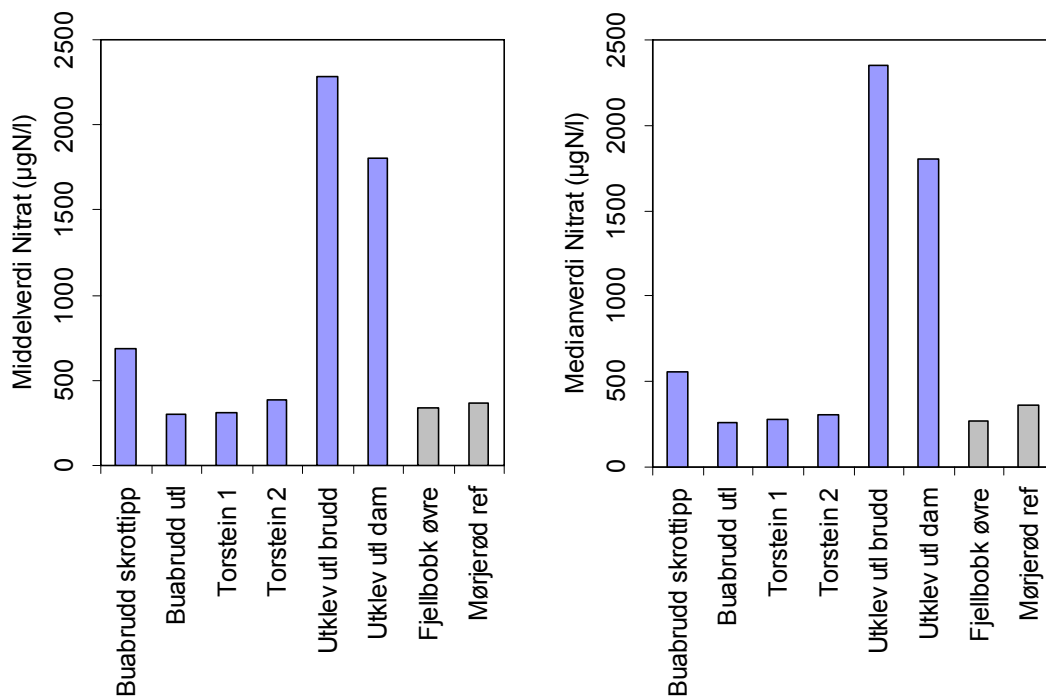
Nitrogen og nitrogenfraksjoner er også viktige næringssalt for alger i vann. I naturen finnes nitrogen (det som ikke allerede er tatt opp av planter) stort sett som nitrat. Nitrat er svært mobilt og renner fort av til vann. Derfor vil vannet normalt ha nitrogen til stede i overskudd, mens terrestrisk plantevekst ofte er begrenset av nitrogen. Først ved økning av fosforkonsentrasjonene kan algene få nyttegjort seg høye nitrogen konsentrasjoner. Nitrogen tilføres fra steinbruddsvirksomhet først og fremst fra sprengningsaktivitet, og fra eventuelle sanitæravløpsanlegg. Ammonium, som kan bindes en del til jord, vil gradvis oksideres til nitrat, som så vaskes ut.

Konsentrasjoner av total nitrogen er vist i **Figur 12 (Tabell 5)**, mens konsentrasjoner av nitrat og ammonium er vist i hhv. **Figur 13 (Tabell 6)**, og i **Figur 14 (Tabell 7)**.

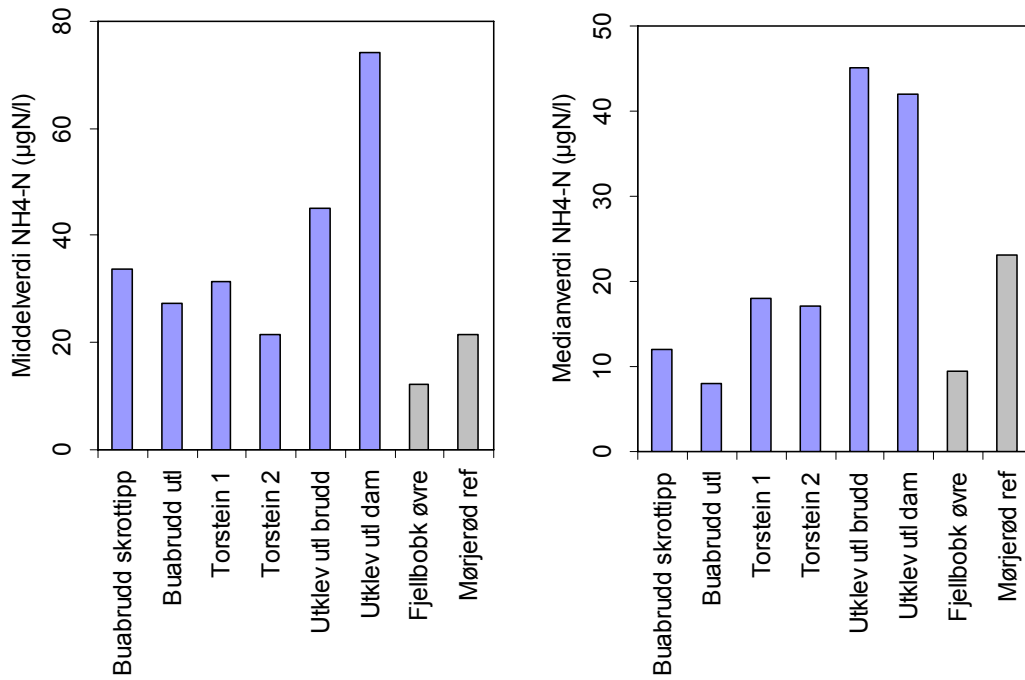
Meg hensyn til alle fraksjonene har Torsteinbruddet og Buabruddet konsentrasjoner i avrenningsvannet på linje med referansebekkene. Utklevbruddet har klart høyere konsentrasjoner av alle nitrogenfraksjoner. Det har utvilsom sammenheng med at dette er det bruddet som har hatt aktivitet mest nylig. Sprengningsaktiviteten gir fra seg rester av både ammonium og nitrat. Nitraten renner raskt av, men ammonium bindes elektrostatiske til bruddets finpartikler. Nitrogen oksideres bare biologisk, og siden steinbruddslam er vesentlig uorganisk (uten mikrobiologi) vil det ta tid før ammoniumet oksideres til nitrat. Avrenningen av nitrogenforbindelser vil derfor kunne vare noen år. I henhold til våre data varer den forhøyede nitrogenavrenningen mer enn ett år (kfr. Utklevbruddet), men mindre enn 5-6 år (kfr. Buabruddet).



Figur 12. Total nitrogen i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.



Figur 13. Nitrat i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

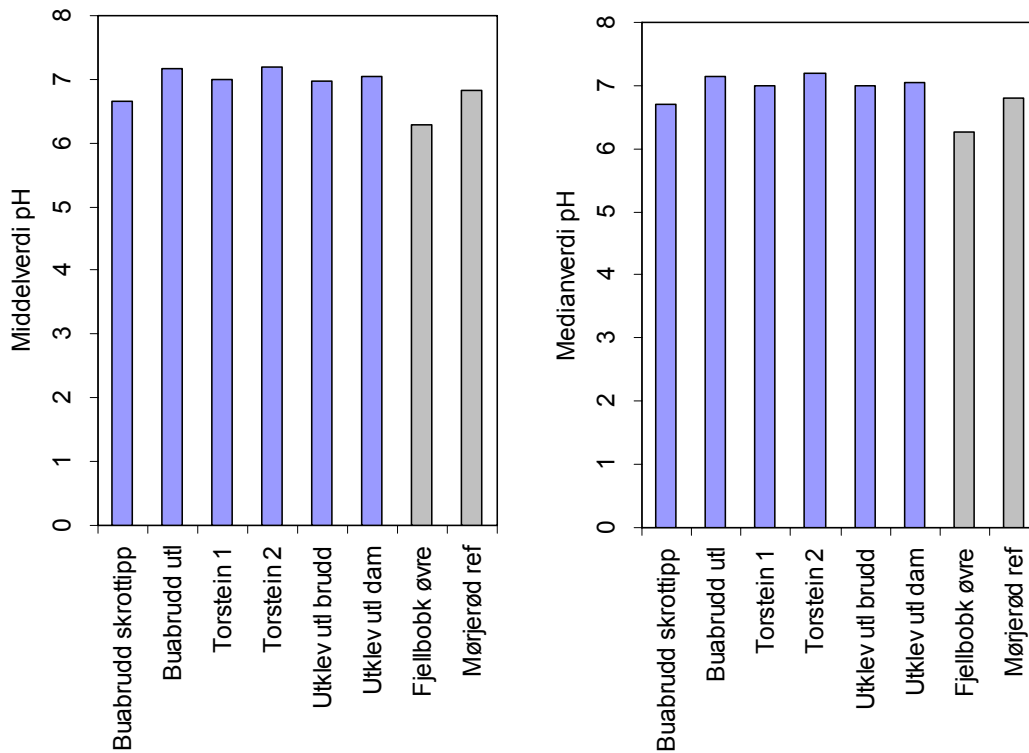


Figur 14. Ammonium i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelveier mens høyre panel viser medianverdier.

5.3 Generelle vannkvalitetsparametere

5.3.1 Surhet-pH

Figur 15 (Tabell 8) viser midlere pH-verdier fra de ulike bekkene. Det er klart at avrenningen fra de nedlagte bruddene har høyere pH-verdier enn referansebekkene. PH blir svakt hevet, og gir vannet en mer gunstig reaksjon for biologisk liv. Vannet fra de nedlagte bruddene gav aldri så høye pH verdier at det kan virke ugunstig for biologien i resipientene.



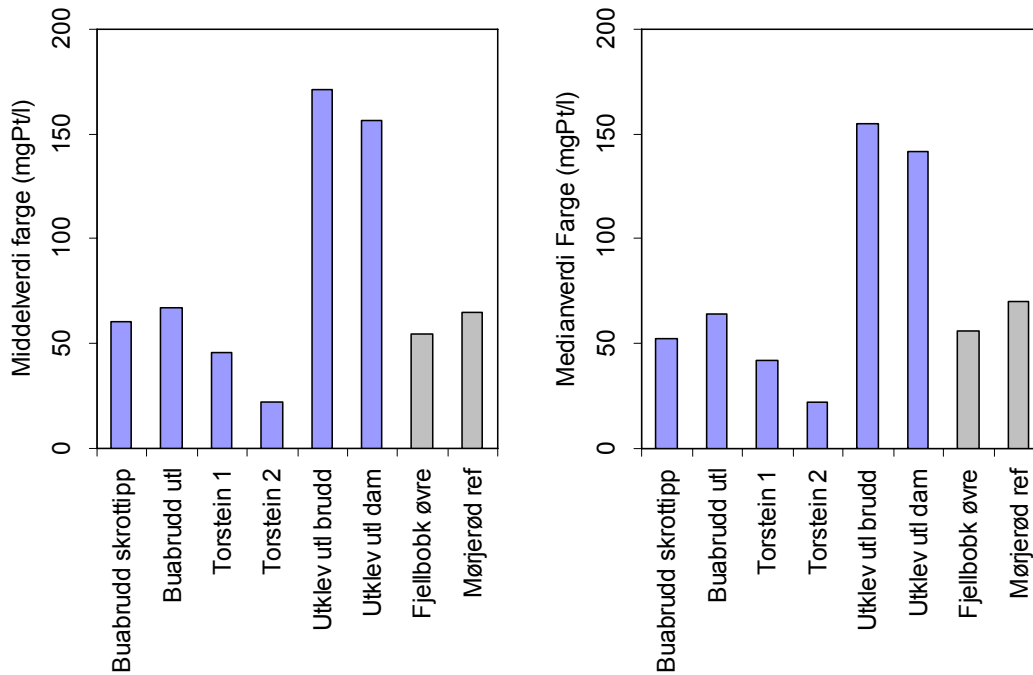
Figur 15. Surhetsgrad (pH) i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

5.3.2 Vannets farge (humusinnhold)

Nedbrytning av vegetasjon og humussjiktet i skogsjord og myr gir brunt vann ved avrenning. Dette er løste stoffer som med en fellesbetegnelse kalles for humusstoffer. Disse stoffene består blant annet av organiske syrer, tanniner og fulviner, mm. Under nedbrytning av løv (blader) om høsten dannes også en del mer lettnekbrytbare stoffer. Ellers er det typisk for humusstoffene at de er forholdsvis tungt nekbrytbare. De forårsaker imidlertid oksygenforbruk i innsjøers dypvann under stagnasjonsperiodene sommer og vinter. Dette kan føre til oppkonsentrering av 2-verdig jern. Når dette jern-humusholdige vannet kommer ut i mer oksygenholdige forekomster, f.eks. i en bekk kan jernet oksideres og det dannes 3-verdig jern. Dette gir brun farge og kan i noen tilfeller også forårsake turbiditet i vannet.

Resultatene fra fargemålingene i avrenningen fra de nedlagte bruddene og referansene er fremstilt i **Figur 16 (Tabell 9)**. Det fremgår at avrenningen fra Utklevbruddet har betydelig høyere farge enn fra de andre bruddene. Den 27.11.2007 ble det også analysert på TOC (total organisk karbon) i avrenningsvannet, se **Tabell 1**. Verdiene indikerer at fargen i hovedsak skyldes organisk humusmateriale.

Trolig kommer dette av at det er mye torv og annen terrestrisk overflate, f.eks. myrmateriale som er fylt ned under steinmassene i bruddet, noe som vil kunne generere kraftig humusfarge i avrenningsvannet. Vannet fra Utklevbruddet er betydelig brunere enn det som er vanlig i bekker og tjern i området.



Figur 16. Farge (humuspåvirkning) i avrenningen fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

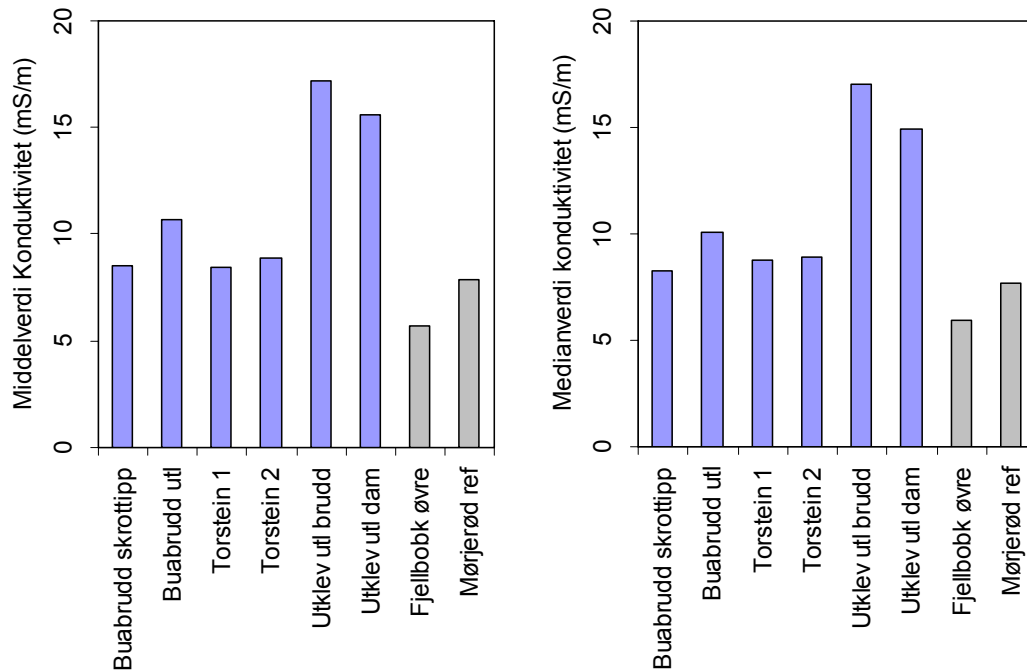
Tabell 1. Analyser av TOC den 27.11.2007 i avrenningen fra de nedlagte bruddene sammenliknet med upåvirkede referansebekker i området

Dato	Stasjonsnavn	Parameter	Enhet	Verdi
27.11.2007	Torstein 2	TOC	mgC/l	4.9
27.11.2007	Torstein 1	TOC	mgC/l	8.3
27.11.2007	Fjellbobb øvre	TOC	mgC/l	9.5
27.11.2007	Mørjerød ref	TOC	mgC/l	9.7
27.11.2007	Buabrudd skrotteipp	TOC	mgC/l	11
27.11.2007	Buabrudd utl	TOC	mgC/l	12.8
27.11.2007	Utklev utl dam	TOC	mgC/l	17.9

5.3.3 Konduktivitet

Konduktivitet (ledningsevne) er vannets evne til å lede elektrisk strøm, og er et indirekte mål på konsentrasjonen av løste ioner i vannet. Steinbruddsvirksomheten øker arealet av nakne "geologi-flater" som den CO₂-holdige jordvannsløsningen kan forvitte, noe som vil øke ioneinnholdet i vannet. Økt geologisk basert ioneinnhold er for de fleste henseende positivt. Vannet blir mer motstandsdyktig mot forsuring, og mange tungmetaller får redusert giftighet når ionestyrken i vannet er høy.

Resultatene av konduktivitetmålingene er fremstilt i **Figur 17 (Tabell 10)**. Det fremgår at det i hovedsak er Utklevbruddet som har høyere ledningsevne enn referansene. I avrenningen fra de andre nedlagte bruddene er det liten forskjell fra referansebekkene.



Figur 17. Konduktivitet (elektrisk ledningsevne) i avrenning fra avsluttede brudd (blå søyler) sammenliknet med upåvirkede referansebekker (grå søyler), venstre panel viser middelverdier mens høyre panel viser medianverdier.

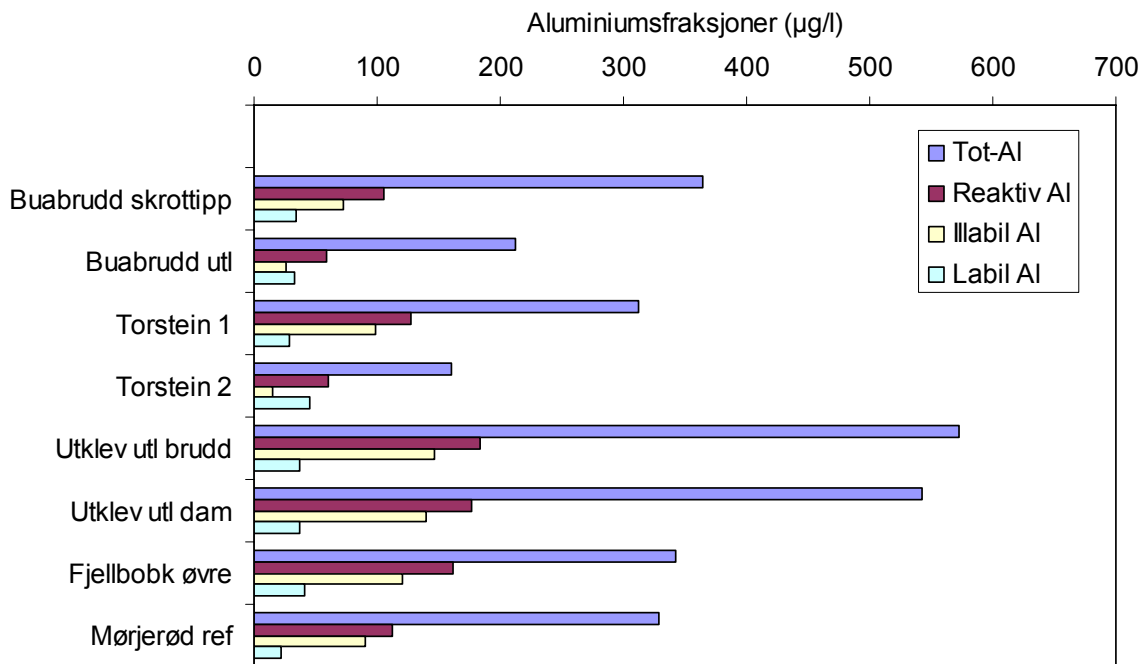
5.3.4 Aluminiumsfraksjoner

I forsurede vannforekomster kan avrenning med høye aluminiumskonsentrasjoner være giftig for fisk. Forsuringen er normalt sterkest om våren (snøsmelting) og under høstregnepisoder. Under slike episoder kan det oppstå skadelige konsentrasjonsnivåer av en aluminiumsfraksjon som kalles "labilt aluminium". Siden avrenningen fra larvikittbruddene er kjent å kunne inneholde høye konsentrasjoner av total aluminium (naturlig bestanddel av berggrunnen), ble det for å belyse om dette var et problem, tatt slike prøver høsten 2007. Resultatene er fremstilt i **Figur 18 (Tabell 11)**.

Tiltross for høye total aluminiumsverdier, er det bare lave konsentrasjoner av labilt aluminium. Det er ingen særlig forskjell mellom konsentrasjonen i de nedlagte bruddene og i referansen mht denne fraksjonen. De høyeste observerte konsentrasjonene av labilt aluminium på 40 $\mu\text{g/l}$ kan vær skadelig for fisk i "tynt sørlandsvatn" (ekstremt lavt ioneinnhold med konduktivitet i området 5-20 $\mu\text{S/cm}$) hvis pH kommer ned mot 5,5 og lavere (se Rosseland og medarbeidere 1992). I bekkene som mottar avrenning fra de nedlagte bruddene er pH alltid over ca 6,0 og ionestyrken er relativt høy (kond = 80-100 $\mu\text{S/cm}$). Aluminiumsavrenningen fra de avsluttede steinbruddene vil neppe kunne forårsake noen problemer for i resipientene.

Enkelte av områdene som det brytes larvikitt fra, er forsuringsfølsomme, som f.eks. deler av Eikedalsbekkens nedbørfelt. Tildrebekken, som er referanse for avrenningen fra virksomheten i Malerødområdet, har pH mellom 5,2 og 5,4. Her er det observert labilt aluminium på 112 $\mu\text{g/l}$. Ved så lav pH kan denne konsentrasjonen være giftig. Tildrebekken er for liten til å ha fisk, med det faktum at man ikke fant den vanlige døgnfluen *Baetis rodani* der, tyder på at den er skadet av forsurening. I selve Eikedalsbekken, som mottar Tildrebekken, og i tillegg mottar avrenning fra steinbruddet i Malerød, ble laveste pH målt til 6,3 ved prøvetakingen i 2007, slik at denne neppe vil bli skadet av

aluminiumskonsentrasjonen. Avrenningen fra steinbruddene tilfører vannet bikarbonat og andre pH-bufrende stoffer, noe som er en fordel for forsurede bekker, som f.eks. Eikedalsbekken.



Figur 18. Aluminiumfraksjoner i avrenning fra avsluttede brudd sammenliknet med upåvirkede referansebekker (Fjellbobekken øvre og Mørjerødbekken).

6. Litteratur

Rosseland, B.O., I.A. Blakar, A. Bulger, F. Kroglund, A. Kvellestad, E. Lydersen, D.H. Oughton, B. Salbu, M. Stuanes, and R. Vogt, 1992: The mixing zone between limed and acidic river waters, complex aluminum chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environmental Pollution* 78:3-8.

7. Primærdata

Tabell 2. Turbiditet. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottipp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre	Mørjerød ref
	FNU	FNU	FNU	FNU	FNU	FNU	Referansebekk	Referansebekk
01.12.2006	2.9	2.3	1.6	1.8	4.9	4.3	0.7	2.1
15.12.2006	3.9	2.6	1.5	2.1	3.8	3.5	0.9	1.9
08.01.2007	38	4	2.7	3.3	24	11	1.4	2.2
22.01.2007	4.6	3.3	2.7	2.8	4.2	3.5	1.6	2.5
06.02.2007	2.2	2.7	2.9	3.6	5.2	5.1	1.1	1.8
16.03.2007	4.7	6.2	2.9	2.2	6.8	4.7	1.3	2.3
30.03.2007	4.7	3.1	1.8	1.8	5.4	5.8	1.3	1
30.04.2007	0.5	3.1	2	1.8	4.2	4.5	1.3	1.3
07.06.2007	1.4	0.9	2.3	2.8	4.3	3.4	1.6	1
22.06.2007	1.1	0.9	21	20	10	9.9	2.5	0.7
20.07.2007	1.3	2.9	2.6	1.8	4.7	4.3	1.7	1.4
06.08.2007	1.2	1.3	2.1	2.8	3.7	4	2.3	0.8
16.08.2007	0.8	2.49	2.185	1.405	4.7	3.9	1.8	1.405
30.08.2007	1.9	1.4	3.2	2.8	6.5	6.7	4	1.4
28.09.2007	7.7	8.2	2.1	2.3	13	12	4.8	1.6
15.10.2007	1.1	4.5	2.4	7.3	7.6	7.2	1.3	1.2
26.10.2007	1.3	1.3	1.5	4.3	7.7	7.4	4.4	1.6
09.11.2007	1.8	1.2	3.3	2.5	12	8.9	1.8	1.3
27.11.2007	3.71	17.8	8.4	3.18	7.9	11.75	1.1	1.92
10.12.2007	2.4	2.4	13	1.7	6.7	6.7	1.8	2
Middel	4.4	3.6	4.1	6.9	7.4	6.4	1.9	1.6
Median	2.1	2.7	2.5	2.7	6.0	5.5	1.6	1.5

Tabell 3. Total fosfor. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottipp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre	Mørjerød ref
	µg P/l	µg P/l	µg P/l	µg P/l	µg P/l	µg P/l	Referanse	Referanse
30.11.2006	17	9	5	4	31	29	8	14
01.04.2007	10	12	4	5	28	22	9	7
27.04.2007	6	14	9	4	29	25	15	13
16.08.2007	12	21	12	7	47	41	15	25
27.11.2007	22	25	17	11		40	14	30
Middel	13.4	16.2	9.4	6.2	33.75	31.4	11.5	17.8
Median	12	14	9	5	30	29	11.5	14

Tabell 4. Ortofosfat (Løst reaktivt fosfor). Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

	Buabrudd skrottipp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre	Mørjerød ref
	µgP/l	µgP/l	µgP/l	µgP/l	µgP/l	µgP/l	Referanse	Referanse
30.11.2006	3	3	1	1	6	5	2	2
01.04.2007	0.5	5	1	1	5	4	2	2
27.04.2007	1	3	3	1	7	5	4	2
16.08.2007	2	6	2	1	11	9		3
27.11.2007	4	7	3	2		8	4	6
Middel	2.1	4.8	2	1.2	7.25	6.2	3	3
Median	2	5	2	1	6.5	5	3	2

Tabell 5. Total Nitrogen. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
	µN/l	µN/l	µN/l	µN/l	µN/l	µN/l	µN/l	µN/l
30.11.2006	1110	655	345	365	2570	2530	565	1010
01.04.2007	1070	540	475	495	3360	2560	630	685
27.04.2007	570	460	555	500	3490	2590	515	650
16.08.2007	630	775	575	475	2840	2740		770
27.11.2007	1920	915	895	1130		1890	950	780
Middel	1060	669	569	593	3065	2462	665	779
Median	1070	655	555	495	3100	2560	597.5	770

Tabell 6. Nitrat-N. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l
30.11.2006	560	260	78	130	1800	1800	225	540
01.04.2007	560	170	275	310	2650	1750	305	415
27.04.2007	335	170	335	350	2550	1900	145	360
16.08.2007	255	345	245	220	2150	2150		152
27.11.2007	1725	565	595	910		1410	660	360
Middel	687	302	305.6	384	2287.5	1802	333.75	365.4
Median	560	260	275	310	2350	1800	265	360

Tabell 7. Ammonium-N. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l
30.11.2006	11	8	3	6	34	24	9	13
01.04.2007	110	8	15	15	65	35	3	1
27.04.2007	11	4	18	17	56	42	10	23
16.08.2007	25	25	25	25	25	43		25
27.11.2007	12	91	96	44		227	27	46
Middel	33.8	27.2	31.4	21.4	45	74.2	12.25	21.6
Median	12	8	18	17	45	42	9.5	23

Tabell 8. pH-verdi. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
30.11.2006	6.96	7.15	6.95	7.2	7.1	7.04	6.05	6.75
01.04.2007	6.77	7.07	7.09	7.12	6.85	6.88	6.21	6.5
27.04.2007	6.47	7.01	7.22	7.22	7.02	7.15	6.56	6.93
16.08.2007	6.42	7.23	6.68	7.16	6.96	6.9		6.81
27.11.2007	6.71	7.37	7	7.26		7.25	6.34	7.18
Middel	6.666	7.166	6.988	7.192	6.9825	7.044	6.29	6.834
Median	6.71	7.15	7	7.2	6.99	7.04	6.275	6.81

Tabell 9. Vannets farge (humusinnhold). Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l	mgPt/l
30.11.2006	82	63.9	62.3	22.1	154	152	49.9	70
01.04.2007	42.6	40.6	16.6	17	120	111	41.8	35.6
27.04.2007	35.6	45.7	21.7	19	156	135	62.7	36.8
16.08.2007	90.6	94.8	84.8	28.3	254	244		107
27.11.2007	52.6	89.8	41.8	23.6		142	65	75.1
Middel	60.68	66.96	45.44	22	171	156.8	54.85	64.9
Median	52.6	63.9	41.8	22.1	155	142	56.3	70

Tabell 10. Vannets konduktivitet (elektrisk ledningsevne). Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Dato	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre Referanse	Mørjerød ref Referanse
	mS/m	mS/m	mS/m	mS/m	mS/m	mS/m	mS/m	mS/m
30.11.2006	8.22	8.77	6.48	7.73	14.9	14.1	4.78	6.12
01.04.2007	9.16	9.84	8.79	8.9	18.6	14.8	5.93	7.17
27.04.2007	8.27	11.4	9.81	9.87	19.8	18.6	5.96	9.52
16.08.2007	6.8	10.1	6.81	8.18	15.4	14.9		7.71
27.11.2007	10.1	13.5	10.3	9.55		15.6	6.24	8.87
Middel	8.51	10.72	8.44	8.85	17.18	15.60	5.73	7.88
Median	8.27	10.1	8.79	8.9	17	14.9	5.945	7.71

Tabell 11. Aluminiumsfraksjoner. Konsentrasjoner i avrenningen fra avsluttede larvikittbrudd sammenliknet med et par upåvirkede referanse bekker i området.

Stasjon	Buabrudd skrottepp	Buabrudd utl	Torstein 1	Torstein 2	Utklev utl brudd	Utklev utl dam	Fjellbobb øvre	Mørjerød ref
Tot-Al µg/l	364	212	312	160	573	542	343	329
Reaktiv Al µg/l	106	59	128	60	183	177	161	112
Illabil Al µg/l	72	26	99	15	146	140	120	90
Labil Al µg/l	34	33	29	45	37	37	41	22

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