

Nordre og Søndre Brutjern ved E18. Kartlegging av saltforurensning og annen forurensning fra vei, og vurdering av tiltak



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Nordre og Søndre Brutjern ved E18. Kartlegging av saltforurensning og annen forurensning fra vei, og vurdering av tiltak	Løpenr. (for bestilling) 6312-2012	Dato 01.03.2012
	Prosjektnr. Undernr. 11323	Sider Pris 32
Forfatter(e) Torleif Bækken	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen, Region øst	Oppdragsreferanse Janicke Haug
--	-----------------------------------

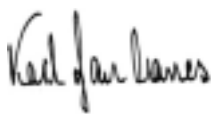
Sammendrag

Prosjektet har vurdert påvirkning av vegforurensning fra E18 på Søndre- og Nordre Brutjern i Marker kommune. Trafikken forbi vannene er ca. 5400 kjøretøy/døgn (ÅDT 2010), og saltbruken er 6 tonn/km (2010). I Søndre Brutjern hadde to av tre innsjøbasseng høye kloridkonsentrasjoner i bunnvannet (maks 269 mg/l), og tilsynelatende permanent saltsjiktning med oksygensvinn i ett av dem (St 2S). I Nordre Brutjern var det også forhøyede kloridkonsentrasjoner i bunnvannet (maks.67 mg/l). Det var ikke en stabil saltsjiktning, men tidvis oksygensvinn. Begge innsjøene var ubetydelig eller moderat forurenset av de fleste tungmetallene. Bare for kobber (Cu) og bly (Pb) var det konsentrasjoner tilsvarende markert forurensning i vannfasen. Begge innsjøene hadde sedimenter preget av organisk materiale. Det mest forurensete bassenget, St 2S, var markert forurenset av kadmium og bly. For øvrig var sedimentene ubetydelig eller moderat forurenset av tungmetaller. Tre av fire sedimentprøver hadde dårlig tilstand med hensyn til PAH16. Avrenningen fra E18 til Brutjernene går i grøfter, som direkte avrenning eller via grunnvannet. Det er ikke drenerør eller kummer langs vegen. Det er i det aktuelle området lite tilgjengelig areal for plassering av fordrøyning-/rensebasseng. Det eneste realistiske kortsiktige tiltaket mot saltpåvirkningen er å bruke alternativer som grus. I planer for ny E18 må det legges opp til løsninger som hindrer veiavrenning mot Brutjernene.

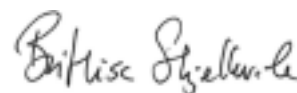
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vegforurensning	1. Traffic pollution
2. Vegsalt	2. Roadsalt
3. Innsjø	3. Lake
4. Tiltak	4. Measure



Torleif Bækken
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Nordre og Søndre Brutjern ved E18. Kartlegging av
saltforurensning og annen forurensning fra veg, og
vurdering av tiltak

Forord

Vannforskriften ble gjort gjeldende fra 15.12.2006. Forskriften har til hensikt å gi rammer for fastsettelse av miljømål som skal sikre en mest mulig helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannforekomstene (FOR 2006-12-15 nr. 1446). Brutjern-området i Marker kommune i Østfold er en samling av større og mindre skogstjern. Området er registrert som en prioritert naturtype, og er blant områdene som har vært vurdert av Statens vegvesen som et mulig konfliktområde mellom stamveg og naturområder. I tillegg har Statens vegvesen fått innspill fra fylkesmannen i Østfold om å vurdere påvirkning og beskyttelsestiltak. E18 passerer midt mellom Søndre og Nordre Brutjern og følger bredden av begge tjernene et stykke. Foreliggende undersøkelse har sett på virkningen av vegforurensninger på vann- og sedimentkjemiske forhold i disse innsjøene.

Janicke Haug har vært kontaktperson hos Statens vegvesen Region Øst og undertegnede har vært prosjektleder ved NIVA.

Oslo, 01.03.2012

Torleif Bækken

Innhold

Innhold	5
Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	9
2. Metode og materiale	10
2.1 Lokalteter	10
2.2 Innsamling og analyse	11
3. Søndre Brutjern	12
3.1 Vannkjemi	12
3.1.1 Vanntype	12
3.1.2 Sprangsjiktet	13
3.1.3 Fosfor	16
3.1.4 Metaller	17
3.2 Sedimentkjemi	18
4. Nordre Brutjern	21
4.1 Vannkjemi	21
4.1.1 Vanntype	21
4.1.2 Sprangsjiktet	22
4.1.3 Fosfor.	25
4.1.4 Metaller	26
4.2 Sedimentkjemi	27
5. Tiltak	29
6. Litteratur	32

Sammendrag

Brutjern-området er registrert som en prioritert naturtype i Marker kommune i Østfold. Foreliggende prosjekt skal vurdere påvirkning av vegforurensning fra E18 på Søndre- og Nordre Brutjern, og med forslag til avbøtende tiltak. Trafikken forbi vannene er ca 5400 kjøretøy/døgn (ÅDT 2010), og saltbruken er 6 tonn/km (2010). I Søndre Brutjern ble prøvestasjonene lagt til 3 tydelig adskilte innsjøbassenger. I Nordre Brutjern er prøvene tatt fra innsjøens ene basseng. Begge vannene vurderes som innsjøtype 3 (LN3) i vanddirektivets klassifiseringssystem: små, kalkfattige og humøse.

Ved St 1S i Søndre Brutjern (ca. 11 m dyp) ble det observert en kjemisk sjiktning med oksygensvinn i juli 2011. I november var det også en kjemisk sjiktning, men ikke oksygensvinn. Det må derfor ha foregått en høstsirkulasjon av vannmassene. Kloridkonsentrasjonene var 16-18 mg/l i overflate- og bunnvannet både sommer og høst. Det ble ikke påvist saltindusert oksygensvinn.

Ved St 2S (ca. 11 m dyp) ble det observert en kraftig kjemisk sjiktning med oksygensvinn i både juli og november 2011. Her hadde ikke vært noen høstsirkulasjon. Kloridkonsentrasjonen i overflatevannet var som ved St 1S, men den var vesentlig høyere i bunnvannet med henholdsvis 269 mg/l og 190 mg/l i juli og november. Her var det et saltindusert oksygensvinn.

Ved St 3S (ca. 6 m dyp) ble det observert en kraftig kjemisk sjiktning med oksygensvinn i juli. I november var det også kjemisk sjiktning, men nå med oksygen i hele vannsøylen. I overflatevannet var kloridkonsentrasjonene som ved de andre stasjonene i Søndre Brutjern, men med konsentrasjoner på 136 og 80 mg/l i bunnvannet i henholdsvis juli og november. Det synes å ha foregått en mer eller mindre fullstendig høstsirkulasjon på denne lokaliteten, men en sjiktning med kloridholdig bunnvann hadde etablert seg igjen etter sirkulasjonen.

Ved St 1N i Nordre Brutjern (10 m dyp) ble det observert en kjemisk sjiktning i juli 2011, men det var oksygen i hele vannsøylen. Det har derfor vært en vårsirkulasjon av vannmassene. I november var det kjemisk sjiktning og oksygensvinn ved bunnen. Kloridkonsentrasjonene i overflatevannet var 6-8 mg/l, mens de i bunnvannet var ca. 35 og ca. 67 mg/l i henholdsvis juli og november. Resultatene tyder på at det ikke er en stabil sjiktning i dette bassenget.

St 2N (ca. 6 m) og St 3N (ca. 3 m) er del av samme basseng som St 1N. Tilstanden i vannfasen er derfor i stor grad den samme som i de øverste 6 m ved St 1N. Ved St 2N var det forhøyet konsentrasjon av klorid i bunnvannet i juli (26.5 mg/l). Det har altså vært en akkumulering av klorid etter vårsirkulasjonen. I novemberprøven var kloridkonsentrasjonene de samme i overflaten og mot bunnen.

Under perioder med stillestående/stagnerende bunnvann i begge innsjøene synes humus og kalsium å akkumulere i bunnvannet, noe som bidrar til økt tetthet. Den observerte økningen av fosfor ved oksygensvinn i bunnvannet kan skyldes utlekking fra sedimentet og/eller fosfor fra sedimenterende organisk materiale.

Begge innsjøene var ubetydelig eller moderat forurenset av tungmetaller. Bare for kobber (Cu) og bly (Pb) ble det registrert vannprøver med konsentrasjoner tilsvarende markert forurenset vann.

Sedimentene i begge innsjøene var homogene og preget av en stor andel organisk materiale. De var ubetydelig eller moderat forurenset av tungmetaller. Unntakene var kadmium (Cd) og Pb ved St 2S der overflatesedimentet var markert forurenset. For PAH 16 hadde sedimentet ved St 1S moderat tilstand. Ved St 2S, St 1N og St 2N hadde sedimentet dårlig tilstand i forhold til PAH 16.

Begge innsjøene er påvirket av vegavrenning, men Søndre Brutjern er klart mest påvirket. Her syntes det å være permanent saltindusert oksygenvinn i ett av innsjøbassengene. Saltkonsentrasjonen i vannmassene er også høyere i Søndre- enn i Nordre Brutjern. Eventuelle tiltak bør derfor først konsentreres om dette vannet. Det er ikke spesielle konstruksjoner langs veien for å ta seg av avrenning fra E18 i dette området. Avrenningsvannet vil derfor følge grøftene, renne direkte av på overflaten eller via grunnvann til innsjøene. Mot Nordre Brutjern går avrenningen via myrområder til innsjøen.

Tungmetaller og organiske miljøgifter (bl.a. PAH), som i stor grad er partikkelbundet, kan for en stor del renses i fordrøynings-/rensebasseng. Slike bassengkonstruksjoner er arealkrevende, og det er liten plass ved lavbrekket forbi vannene. Det synes derfor lite realistisk med rensebasseng i dette området. Konsentrasjonstopper av salt kan reduseres i fordrøyningsbasseng, men ikke mengden salt som tilføres resipienten. Reduksjon av saltinnholdet i avrenningsvannet må skje ved at vannet ledes vekk eller at salting opphører/reduseres. Fordi salt synes å være det største problemet for Søndre Brutjern, bør det vurderes om grus kan brukes som alternativ til salt på den mest belastede strekningen fra lavbrekket og i bakken østover.

Det foreligger innledende planarbeid på en ny E18 forbi Brutjernene. I dette arbeidet bør det legges inn tiltak for å skjerme Brutjernene for avrenning fra veggen.

Summary

Title: The effect of salt highway runoff on the Northern and Southern Brutjern lakes.

Year: 2012

Author: Torleif Bækken

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6047-2

The pollution from highway runoff has been investigated at the Northern and Southern Brutjern in the south-east of Norway. They are small brown water lakes with low in alkalinity. The traffic on the E18 along the lakes is on average 5400 vehicles a day (ADT) and the road salt application is 6 tonn /km (2010). In the S. Brutjern 2 out of 3 lake basins had high concentrations of chloride in the hypolimnion (max 269 mg/l) and probably a salt induced meromixis in one basin. In N. Brutjern elevated concentrations of chloride was also observed (max 67 mg/l), however there was no permanent stagnation. Both lakes were only moderately polluted by heavy metals. Only for Cu and Pb the lake water were markedly polluted. In both lakes the sediments were dominated by organic matter and only moderately polluted by most heavy metals. In one basin in S. Brutjern the sediment was markedly polluted by Cd and Pb. In both lakes the sediment was polluted by PAH. The runoff water from the E18 highway runs via ditches, directly on the surface or via the ground water into the lakes. The lowermost part of the highway is between the two lakes. There is too small area to make pond constructions to reduce the pollution impact. The only realistic short term measure would be to replace road salt with alternatives as gravel. Long term planning for new highway must consider how to reduce the impact from E18 on the lakes.

1. Innledning

Vannforskriften ble gjort gjeldende fra 15.12.2006. Forskriften har til hensikt å gi rammer for fastsettelse av miljømål som skal sikre en mest mulig helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannforekomstene (FOR 2006-12-15 nr. 1446).

Vegtrafikk og drift av veger medfører produksjon av forurensninger. Avrenningsvann fra veg og veggrøfter kan derfor inneholde høye konsentrasjoner av en lang rekke kjemiske forbindelser. Blant de vanligste er vegsalt, enkelte tungmetaller og PAH. Stoffene følger avrenningsvannet til en resipient. Vegsalt inntar her en spesiell stilling fordi det brukes i meget store mengder, det løses lett i vann, og følger derfor vannstrømmene. Konsentrasjonene av salt i resipientene kan derfor forventes å øke så lenge saltbruken opprettholdes eller øker. Vann med høy konsentrasjon av salt er tyngre enn vanlig ferskvann. I noen situasjoner vil tungt, saltholdig vann renne av til en innsjø og lagre seg ved bunnen. Dette kan føre til at vannet i innsjøen ikke fullsirkulerer vår og høst som normalt. Det igjen medfører oksygenfritt bunnvann og et dødt bunnområde i innsjøen. Innsjøer med permanent kjemisk sjiktning og oksygenfritt bunnvann finnes også naturlig (meromiktiske innsjøer), men de er uvanlige i Norge.

I henhold til Vannforskriften er den biologiske effekten av salt og andre vegforurensninger i innsjøen en viktig og avgjørende faktor for å vurdere tiltak. Ved saltpåførte sjiktninger som blir permanente (meromiksis), endres de fysiske og kjemiske forholdene i innsjøene vesentlig, og da med påfølgende biologiske endringer. Detaljene i dette er lite undersøkt i Norge. I tillegg kan forhøyede saltkonsentrasjoner i hele eller deler av vannmassene også gi biologiske virkninger. Undersøkelser har vist at det kan skje endringer i planteplanktonsamfunnet ved omkring 20-25 mg salt pr. liter (Haugen et al. 2011). Dette er konsentrasjoner som tidligere er påvist i flere saltpåvirkede innsjøer i Norge (Bækken og Haugen 2006, Bækken og Haugen 2012).

Tungmetaller og PAH i vegavrenningen er i stor grad knyttet til partikler. Disse forbindelsene vil derfor for en del holdes tilbake i grøfter og vegkanter. Etter at de kommer ut i tjern og innsjøer vil en betydelig andel sedimentere på bunnen (Bækken & Færøvig 2004). En mindre andel vil imidlertid kunne holde seg løst i selve vannfasen. Dette avhenger av typen metall og den øvrige vannkjemien. Det er viktig i denne sammenheng å være klar over at høye konsentrasjoner av salt i smeltevannet øker mobiliteten til tungmetallene og gjør at de lettere transporteres til resipientene.

Brutjern - området i Marker kommune er en samling av større og mindre skogstjern. Søndre og Nordre Brutjern deles i to av E18 som følger bredden av begge tjernene et stykke. Brutjern - området er registrert som en prioritert naturtype og det er blant annet registrert 20 øyenstikkerarter i området.

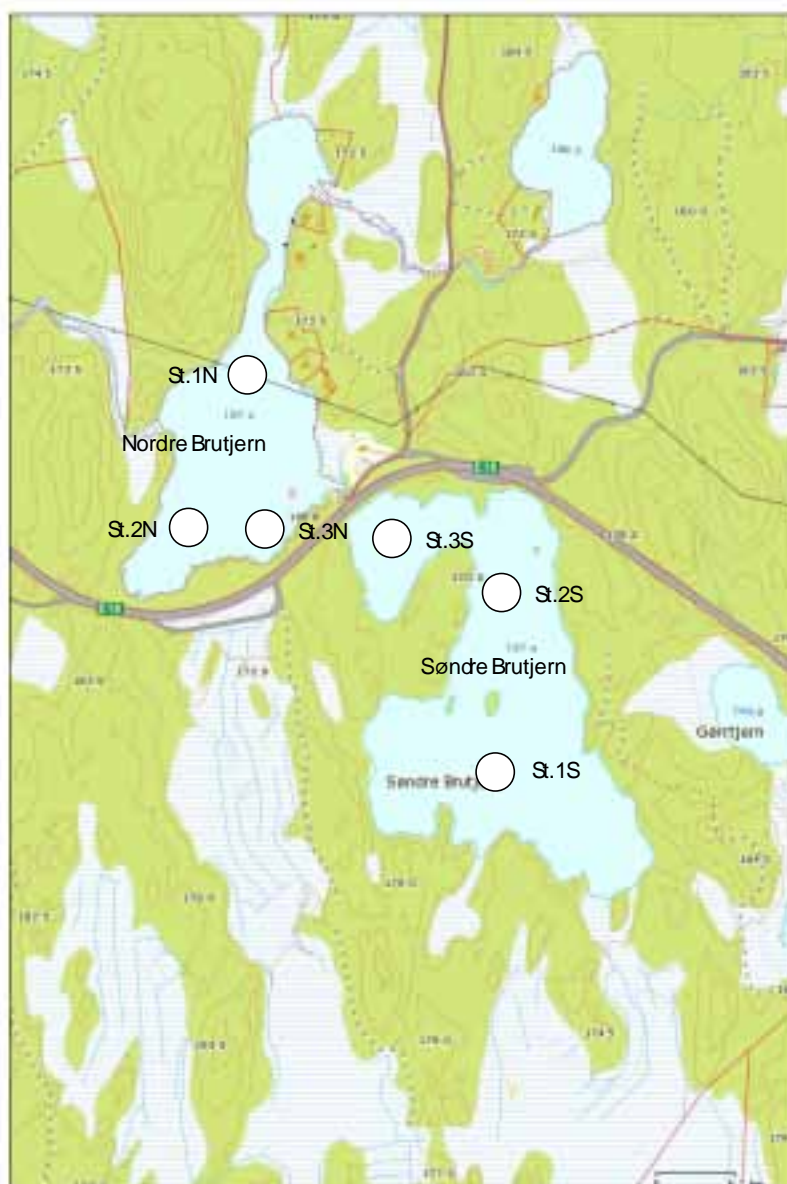
Brutjern-området var en del av Statens vegvesens vurdering av økologiske konflikter langs stamveger som startet i 2008. I tillegg har Statens vegvesen fått innspill fra FM i Østfold om å vurdere mulige påvirkninger og aktuelle beskyttelsestiltak.

Foreliggende prosjekt skal undersøke eventuell påvirkning fra vegforurensning, særlig med hensyn på problemene omkring tilførsel av vegsalt, men også i forhold til andre aktuelle kjemiske forbindelser. Det skal anbefales beskyttelsestiltak.

2. Metode og materiale

2.1 Lokalteter

SVV har valgt ut Søndre og Nordre Brutjern i Marker kommune som lokaliteter som er potensielt påvirket av avrenning fra veg og trafikk (**Figur 1**). Innsjøene ligger ved E6. De er små, og har største dyp fra ca 10 til 12 m. Det ble tatt prøver fra 3 stasjoner i hver innsjø. I Søndre Brutjern ble stasjonene lagt til 3 tydelig adskilte innsjøbassenger. I Nordre Brutjern ble det ikke funnet separate bassenger.



Figur 1. Stasjonsplassering for prøvetaking i Søndre og Nordre Brutjern i Marker kommune.

2.2 Innsamling og analyse

Prøver fra Nordre- og Søndre Brutjern ble hentet henholdsvis den 1. juli og 16. november 2011. Det ble tatt vann- og sedimentprøver fra 3 klart adskilte innsjøbasseng i Søndre Brutjern, og fra 3 stasjoner i Nordre Brutjern. De sistnevnte var del av samme innsjøbasseng.

Vannprøvene ble analysert på totalt fosfor, klorid og et utvalg av 10 metaller inkludert natrium og kalsium. I tillegg ble det ved hver stasjon målt temperatur, konduktivitet, oksygenkonsentrasjon, pH og turbiditet gjennom hele vannsøylen.

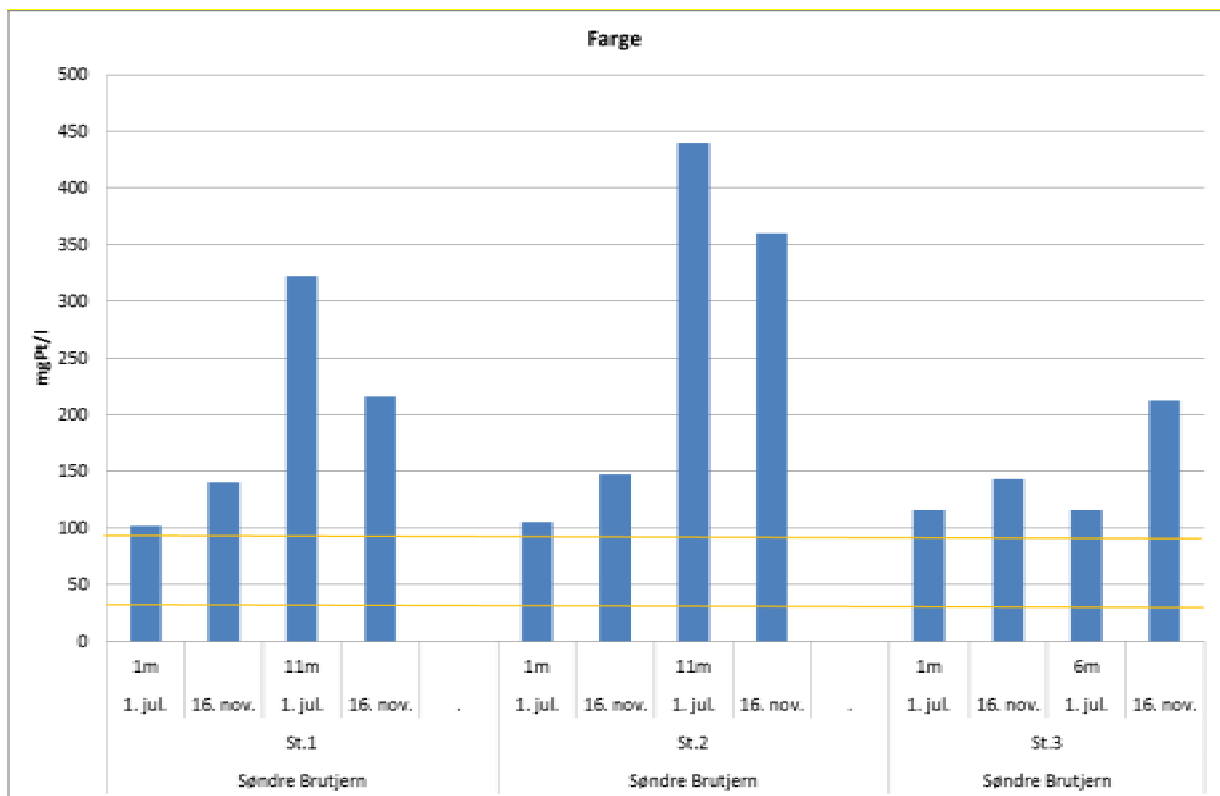
Sedimentprøvene ble tatt opp med en spesiell prøvetaker av rørhenter- typen, slik at vi fikk opp en hel sedimentsøyle fra bunnen. Sedimentsøylen ble i felt delt og et overflatesediment (0-2 cm) og et bunn sediment (nederste 3 cm i sedimentsøylen ble analysert på de samme 10 metaller som for vannprøvene. I tillegg ble det analysert på kvikksølv (Hg), PAH (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner), totale hydrokarboner (THC), totalt fosfor (totP), totalt karbon (TOC), organisk innhold, og kornfordeling (<0.63 µm). Sedimentsøylen ble fotografert og det ble gjort en visuell karakterisering av typen sedimentet.

3. Søndre Brutjern

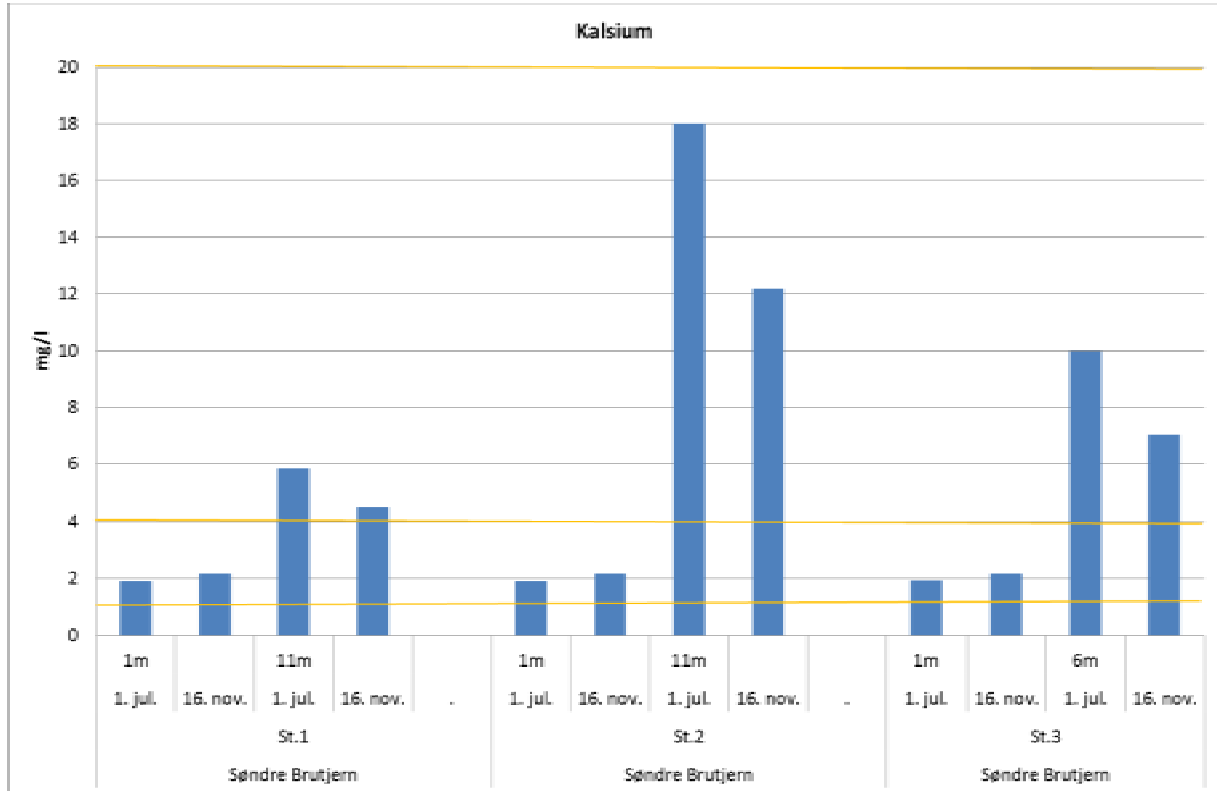
3.1 Vannkjemi

3.1.1 Vanntype

Innsjøen er beliggende i lavlandet og har et areal mindre enn 5 km². Fargetallene i overflatevannet var høyere enn 90 mgPt/l som er angitt som øvre klassegrense for humøse innsjøer. Slike innsjøer angis som svært humøse (dystrofe). Det vil være årstidsvariasjoner i fargeverdier. De høye verdiene kan være forårsaket av mye nedbør og avrenning fra nedbørfeltet forut for prøvetakingene. Det er derfor usikkert hvorvidt Søndre Brutjern er «svært humøs» eller «humøs». Kalsiumkonsentrasjonene i overflatevannet var ca 2 mg/l i overflatevannet og defineres derved som «kalkfattig». Ut fra måleresultatene og vurderingen av disse anses Søndre Brutjern som innsjøtype 3 (LN3): liten, kalkfattig og humøs i henhold til vanndirektivet..



Figur 2. Humusinnhold (farge) i Søndre Brutjern ved tre stasjoner og to dyp i juli og november 2011.



Figur 3. Kalsiumkonsentrasjoner i Søndre Brutjern ved tre stasjoner og to dyp i juli og november 2011.

3.1.2 Sprangsjiktet

Det ble målt konduktivitet (innhold av løste salter), oksygenkonsentrasjon, turbiditet (partikler) og temperatur gjennom hele vannsøylen både før og etter den potensielle fullsirkulasjonen. Den mer eller mindre brå overgangen i fysiske og kjemiske forhold fra overflatevannet til bunnvannet kalles ofte sprangsjiktet. En tetthetsforskjell, som normalt i hovedsak skyldes temperaturforskjeller, holder overflatevannet og bunnvannet hver for seg unntatt under to perioder på året. Både høst og vår kommer det en situasjon der temperaturene etter hvert er like både i bunnvannet og overflatevannet. På dette tidspunktet vil det vanligvis foregå en vinddrevet fullsirkulasjon som blander vannmassene i innsjøene. Dersom det siver/akkumulerer saltholdig vann til bunnområdene i innsjøene, øker dette tettheten til dette vannet. Det betyr at det må større krefter til for å full-sirkulere vannet. Det blir derfor økt sannsynlighet for redusert sirkulasjon når vann med høyt saltinnhold lagres inn i bunnvannet. Dette fører til oksygenvinn og biologisk døde bunnområder, og som igjen medfører akkumulering av ytterligere salter og humusstoffer. Resultatet blir at vi stadig får et tyngre bunnvann, og innsjøen er inne i en svært negativ utvikling.

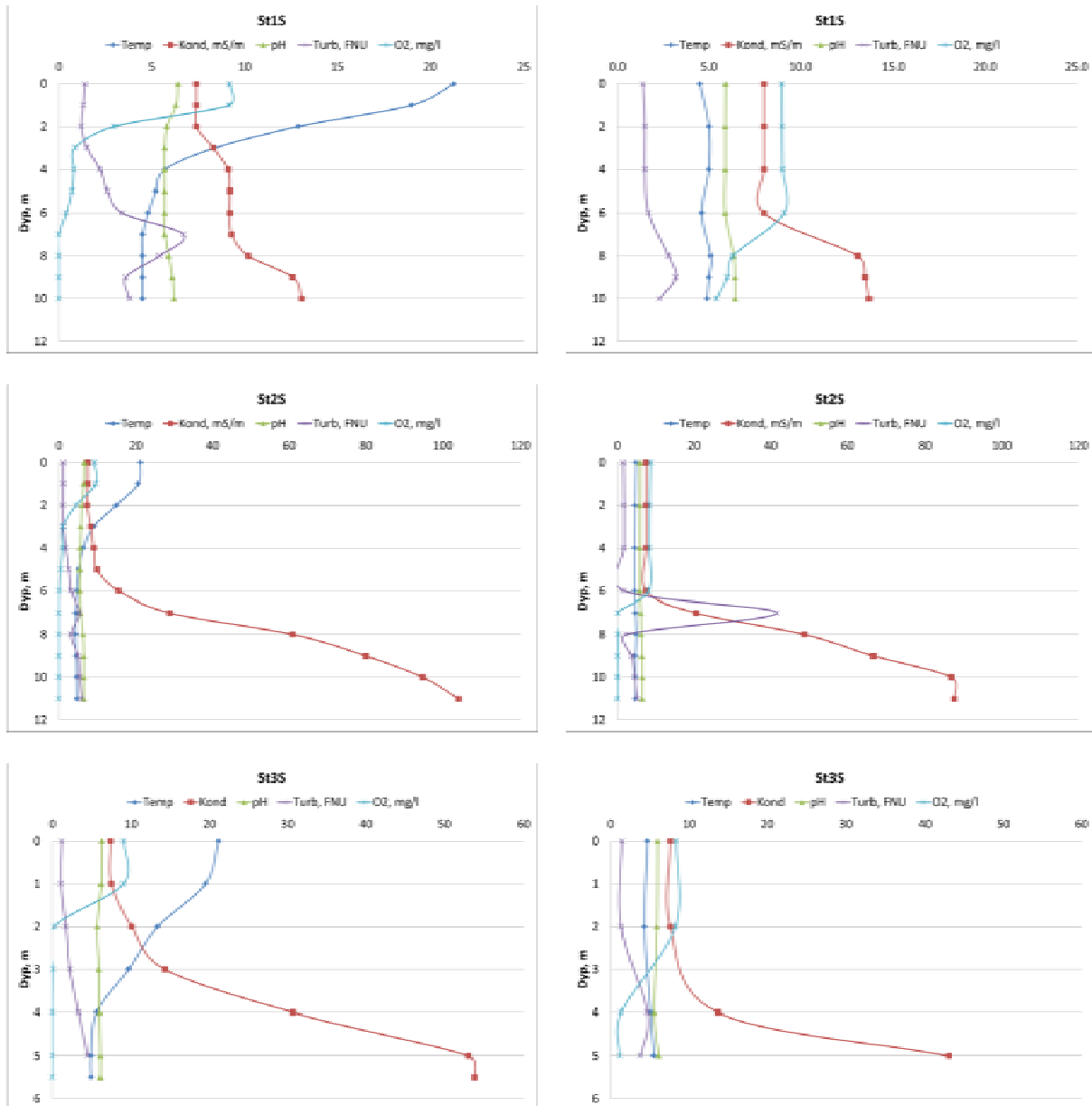
Bassenget St 1S ligger lengst fra vegen (**Figur 1**). Her ble det observert en kjemisk sjiktning (konduktivitet) ved 2-4 m dyp i juli (**Error! Reference source not found.**). Deretter ble det registrert en ny økning fra ca. 8 m til bunnen på ca. 10 m dyp. Oksygenkonsentrasjonen sank kraftig allerede ved 2 m dyp, og gikk mot 0 mg/l ved 8 m dyp i juli. Det var små forskjeller i pH nedover i dypet, men det var en svak forsuring nedover i vannmassene. Turbiditeten hadde en topp omkring 7 m. Vi vet ikke hva denne økningen skyldes, men det kan være akkumulering av sedimenterende organisk materiale i dette dypet. Det kan også være et bakterielag eller en kombinasjon av disse. Det var en temperaturgradient med ca. 21 grader i overflaten og ca. 4 grader i bunnvannet. I november var temperaturene gjennom vannsøylen ved St1 S nokså like, med 4-5 grader gjennom hele. Det var videre en kjemisk sjiktning på dypområdet, men det var imidlertid ikke oksygenvinn mot bunnen. Det må

derfor ha foregått en høstsirkulasjon og allerede blitt etterfulgt av ny sjiktdannelse før prøvetakingen ble gjennomført. Kloridkonsentrasjonene sommer og høst ved St 1S var nokså like (16-18 mg/l) både i overflatevannet og bunnvannet.. Det ble derfor ikke påvises en saltindusert oksygengradient her.

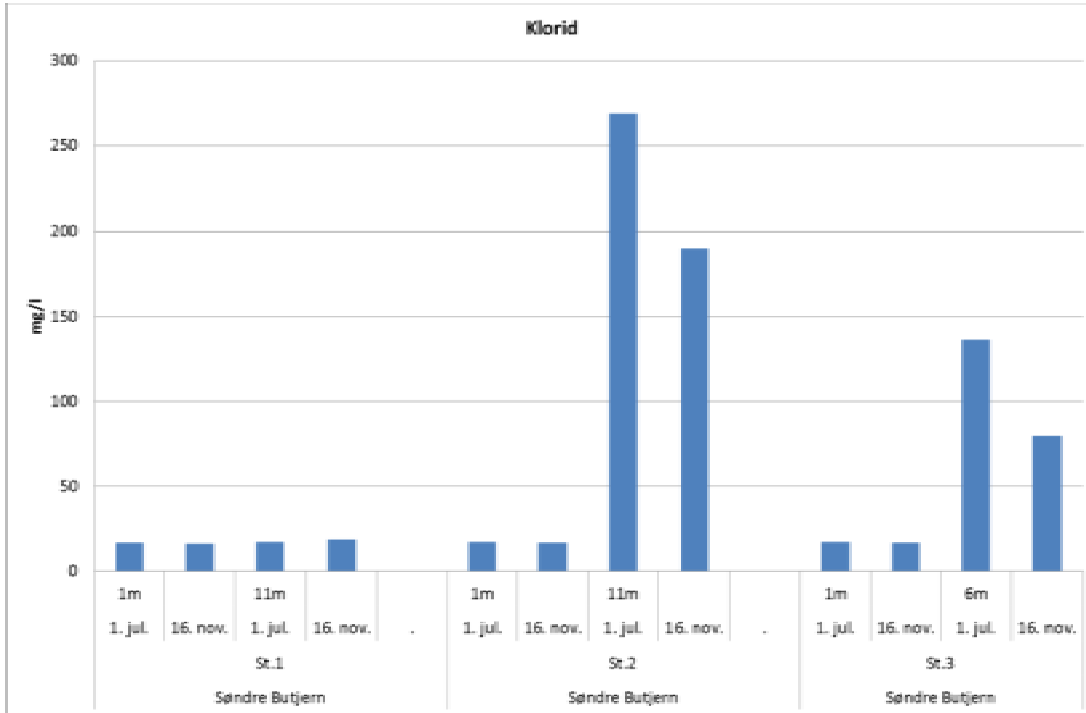
Bassenget St 2S ligger nær vegen (**Figur 1**). Terreng og avrenningsforhold indikerer at mye av vegavrenningen går mot denne delen av innsjøen. Her ble det observert en kraftig kjemisk sjiktning (konduktivitet) fra 6 m dyp til bunnen på 11 m i juli (**Error! Reference source not found.**). Oksygenkonsentrasjonen sank kraftig allerede ved 2 m dyp, og gikk mot 0 mg/l ved 6 m dyp i juli. Det var små forskjeller i pH nedover i dypet. Turbiditeten økte også her noe nedover i dypet. Vi vet ikke sikkert hva denne økningen skyldes, men det kan være akkumulering av sedimenterende organisk materiale. Det kan også være bakterielag. Det var en temperaturgradient med ca. 21 grader i overflaten og ca. 4 grader i bunnvannet. I november var temperaturene ved St 2 S nokså like gjennom vannsøylen, med 4-5 grader. Turbiditeten hadde en kraftig økning ved 7 m. Som for økningen i juli, vet vi ikke sikkert hva denne økningen skyldes, men det kan være akkumulering av sedimenterende organisk materiale og/eller bakterielag. Det var en kraftig kjemisk sjiktning på dypområdet, tilsvarende den som ble observert i juli, og det var oksygenvinn fra ca. 7 m dyp og nedover til bunnen. Det har ikke foregått noen høstsirkulasjon ved denne stasjonen. Kloridkonsentrasjonene i overflatevannet var som ved St 1S med ca. 16-17 mg/l. I bunnvannet var konsentrasjonene meget høye med 269 og 190 mg/l i henholdsvis juli og november. Det synes derfor klart at det her er saltindusert oksygenvinn.

Bassenget St 3S ligger ved vegen. Selve vegbanen ligger helt ned til vannkanten med en svak dosering som heller mot St 3S (**Figur 15**). Her ble det observert en kraftig kjemisk sjiktning (konduktivitet) fra 3 m dyp til bunnen på ca. 6 m i juli (**Error! Reference source not found.**). Oksygenkonsentrasjonen sank kraftig allerede ved 2 m dyp, og gikk mot 0 mg/l ved 3 m dyp i juli. Det var små forskjeller i pH nedover i dypet. Turbiditeten økte noe nedover i dypet. Det var en temperaturgradient med ca. 21 grader i overflaten og ca. 4 grader i bunnvannet. I november var temperaturene ved St 3S nokså like gjennom hele vannsøylen, med 4-5 grader. Turbiditeten hadde en svak økning mot bunnen. Det var en kraftig kjemisk sjiktning på dypområdet, tilsvarende den som ble observert i juli. Sprangsjiktet hadde imidlertid blitt presset 1 m dypere enn i juli. Det var lite oksygen i det dypeste området, men det var ikke oksygenvinn slik som i juli. Kloridkonsentrasjonene i overflatevannet var som ved de andre stasjonene med ca. 16-17 mg/l. I bunnvannet var konsentrasjonene høye med 136 og 80 mg/l i henholdsvis juli og november. Vi har derfor en situasjon der det synes å ha foregått en mer eller mindre fullstendig sirkulasjon. Samtidig viser kloridkonsentrasjonen at vi har en saltgradient med høy kloridkonsentrasjon i bunnvannet. Det ser altså ut til at kloridholdig vann her ganske raskt har kommet tilbake etter sirkulasjon.

I 2 av bassengene var humusinnholdet ulikt i overflatevannet og bunnvannet. Stor eller liten avrenning i løpet av sommer og høst vil påvirke humusinnholdet i overflatevannet. I dypere områder av innsjøen vil mikrobiell nedbrytning av organisk materiale bidra til akkumulering av humus. For kalsium var det også høyere konsentrasjoner i bunnvannet enn i overflatevannet. Kalsiumkonsentrasjonen i innsjøene er oftest et resultat av innholdet av kalsium i jordsmonn og berggrunn. Det er også kalsium i vegavrenningen, som del av vegsalt og vegslitasje. Andelen kalsium i vegsalt er imidlertid lav i forhold til klorid, langt lavere enn det som vises i vannprøvene fra innsjøene, slik at vanlig vegsalting bidrar ikke mye til kalsiuminnholdet. En mulig forklaring på høye konsentrasjoner i bunnvannet er at sedimenterende kalsiumholdig materiale løses i bunnvannet som er overmettet av karbondioksid (aggressivt CO₂). Når bunnvannet ikke blir med i sirkulasjonen, vil løst kalsium akkumulere. Det gir en forsterkende effekt på sjiktningen fordi mengden salter i bunnvannet øker. Andre eksterne kilder kan være kalking som tiltak mot forsuring og eventuell bruk av kalsiumholdig vegsalt.



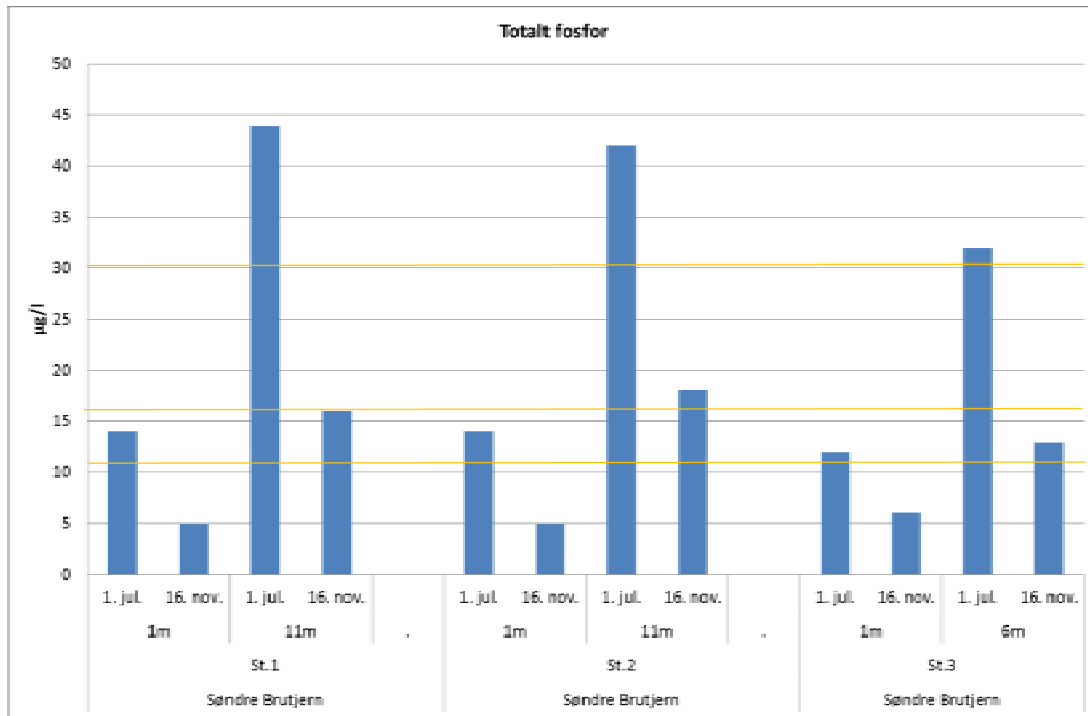
Figur 4. Variable målt gjennom hele vannsøylen ved 3 stasjoner i Søndre Brutjern i juli (vestre) og november 2011. Ulik skala på hver stasjon.



Figur 5. Kloridkonsentrasjoner på 1 m dyp og på største dyp på hver stasjon i juli og november 2011

3.1.3 Fosfor

Sett i forhold til vanndirektivets kriterier tilsvarte konsentrasjonene i overflatevannet i Søndre Brutjern tilstandsklassene svært god og god for de to tidspunktene. Konsentrasjonene av fosfor vil naturlig kunne variere mye gjennom året. Klassifisering av tilstand skal derfor baseres på årsmiddel for månedlige målinger i vekstsesongen. De foreliggende resultatene for fosfor må derfor tolkes med forsiktighet. Generelt syntes det å være høyere konsentrasjoner av totalt fosfor i bunnvannet enn i overflaten. Dette er vanlig i næringsrike innsjøer. Ved oksygenvinn i bunnvannet løses fosfor fra sedimentet. Alle stasjonene i Søndre Brutjern som hadde oksygenvinn i bunnvannet i juli hadde også økte fosforkonsentrasjoner i bunnvannet. Den observerte økningen av fosfor i bunnvannet kan derfor tenkes å være utlekking fra sedimentet. Men økningen kan også være et resultat av opphopning av fosfor i sedimenterende organisk materiale. Ved oksygenvinn øker fosfat, det biologisk tilgjengelige fosforet. Fosfat er ikke målt i dette prosjektet.



Figur 6. Konsentrasjoner av totalt fosfor (tot-P) på 1 m dyp og på største dyp på hver stasjon i juli og november 2011. Oransje linjer angir klassegrenser i henhold til vandirektivet.

3.1.4 Metaller

Generelt sett var det lave konsentrasjoner av metaller i vannprøvene fra alle stasjonene (**Tabell 1**). I henhold til Klif's -kriterier for miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et al 1997) var innsjøene ubetydelig eller moderat forurenset av de fleste metallene. Bare for kobber (Cu) og bly (Pb) ble det registrert vannprøver med konsentrasjoner tilsvarende markert forurenset vann. For kobber var dette i bunnvannet ved St 1S både i juli og november, mens det for bly var i bunnvannet ved St 1S og St2S både i juli og november. Antimon (Sb) ble analysert fordi dette skal være et metall som følger vegtrafikken. Konsentrasjonene var lave og det kunne ikke spores forskjeller mellom stasjonene.

Tabell 1. Tungmetaller i vannprøver fra overflatevann og bunnvann ved 3 stasjoner i Søndre Brutjern i juli og november 2011. Fargekoder er i henhold til kriterier i Klif 1997 (Andersen et. al. 1997).

		Dyp	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l	
01.07.2011	Søndre Butjem	St.1	1m	0.02	0.1	0.808	313	82	0.84	0.34	0.08	3.5
			11m	0.02	0.48	1.65	14800	640	1.14	2.94	0.1	3.67
01.07.2011	Søndre Butjem	St.2	1m	0.02	0.1	0.763	322	81	0.84	0.353	0.07	3.42
			11m	0.064	0.1	1.04	21600	570	1.04	1.31	0.09	7.91
01.07.2011	Søndre Butjem	St.3	1m	0.02	0.42	0.739	310	80	0.77	0.339	0.08	3.17
			6m	0.049	0.1	1.03	7270	360	1.2	1.01	0.07	6.6
16.11.2011	Søndre Butjem	St.1	1m	0.02	0.2	0.845	1080		0.86	0.5	0.08	4
			11m	0.023	0.4	2.61	9200		1.4	2.05	0.08	7.05
16.11.2011	Søndre Butjem	St.2	1m	0.021	0.2	0.836	1040		0.83	0.506	0.08	4.02
			11m	0.048	0.1	0.76	16000		1.4	1.32	0.07	5.82
16.11.2011	Søndre Butjem	St.3	1m	0.023	0.66	0.848	943		0.86	0.509	0.09	4.05
			6m	0.028	0.1	0.875	8070		1.1	1.16	0.08	4.03

3.2 Sedimentkjemi

Sedimentet var i stor grad preget av mye organisk materiale i begge innsjøene. Sedimentet var mørkebrunt og homogent med løs konsistens både ved St 1S og St 2S (**Error! Reference source not found.**). Kornfordelingen viste mellom 12 og 30 % var mindre enn 63 µm, altså i størrelsefraksjonen for silt og leire. De øverste 10 cm syntes å være mørkere ved St 2S enn ved St 1S, muligens som et resultat sulfidutfelling. Vanninnholdet i prøvene var stort med en tørrstoffmengde på mellom ca 5 % og 10 % (**Error! Reference source not found.**). Andelen organisk materiale var mellom ca. 53 % og 60 %. Konsentrasjone av fosfor i sedimentet var moderat høyt, og varierte noe mellom overflate og bunn. Konsentrasjonene av totalt nitrogen (tot-N) og totalt organisk karbon (TOC) var forholdsvis høye og en konsekvens av stort innhold av organisk materiale.

Konsentrasjonene av metaller var forholdsvis lave med verdier tilsvarende ubetydelig eller moderat forurenset sediment sett i forhold til Klifs sedimentkvalitetskriterier 1997 (**Error! Reference source not found.**). Unntak her var kadmium (Cd) og bly (Pb) der overflatesedimentet på St 2S var markert forurenset. Det er ellers å merke seg at det var en stor forskjell mellom konsentrasjonen i bunnen av sedimentsøylen (referansen) og overflatesedimentet for mange av metallene. Først og fremst viser dette at bunn sedimentet i disse prøvene er et godt referansesediment. Et av disse metallene var kvikksølv (Hg). Kvikksølv anses ikke å være et trafikkgenerert metall og tilførselen kommer trolig fra nedfall av langtransportert kvikksølv. Bly har derimot i flere tiår vært anvendt i bilbensinen, inntil det ble faset ut i løpet av 80 - og begynnelsen av 90 tallet. Likeså er sink (Zn) og kadmium (Cd) metaller som kan komme fra trafikken. Den forhøyede natriumkonsentrasjonen (Na) i overflatesedimentet skyldes trolig påvirkning fra vegsalt.

I henhold til oppdaterte klassegrenser i 2007 (Klif 2007) gjeldene for fjordområder (tilsvarende finnes ikke for ferskvann) hadde overflatesedimentet ved St 1S moderat tilstand i forhold til påvirkning av sum PAH 16 og god tilstand i forhold til PAH forbindelsen benzo(a)pyren. Sett i forhold til benzo(a)fluoranten, var det dårlig tilstand på begge stasjonene. Ved St 2S hadde sedimentet dårlig tilstand med hensyn på PAH 16 og benzo(a)pyren. Dette bassenget ligger utsatt til for vegavrenning, og det er meget mulig at PAH i sedimentet her kommer fra trafikk og/eller vegslitasje. Det ble ikke påvist PAH i referanse-sedimentet. Konsentrasjonene av totale hydrokarboner (THC) med karbontall mellom 5 og 35 varierte noe mellom prøvene. Det var de tyngre delene av THC som dominerte (C16-C35) i alle prøvene. Denne fraksjonen kan inneholde flere vanlig brukte oljetyper, bl.a. parafin, diesel, smøreolje og fyringsolje. Konsentrasjonene var høyere i referansesedimentet enn i overflaten, med forholdsvis høye verdier. En skal imidlertid være oppmerksom på at det kan være helt andre, naturlige, typer av hydrokarboner i betydelige mengder i ferskvannssedimenter der innholdet av organiske stoffer er stort. De foreliggende resultatene av THC kan derfor ikke anvendes til å påvise oljeforurensninger.



St1S



St2S

Figur 7. Sedimentkjerener fra Søndre Brutjern: St 1S lengde 38 cm, St 2S 40 cm.

Tabell 2. Konsentrasjon av tørrstoff (TTS), uorganisk (TGR), organisk stoff, kornfordeling (<63µm), totalt fosfor (Tot-P), totalt nitrogen (Tot-N), totalt karbon (TOC) og kalsium (Ca) i overflatesedimentet (Topp) og bunnsedimentet (Bunn).

			TTS	TGR	Organisk	KORN <63µm	Tot-P	Tot-N	TOC	Ca
			%	g/kg TS	%	% t.v.	µg /mg t.v.	µg /mg t.v.	µg C/mg TS	µg /mg t.v.
16.11.2011	Søndre Brutjern	St.1 Topp	5.3	408	59.2	12	1.40	20.1	321	0.43
16.11.2011	Søndre Brutjern	St.1 Bunn	9.4	436	56.4	33	1.90	19.7	315	1
16.11.2011	Søndre Brutjern	St.2 Topp	6.1	469	53.1	20	1.10	18.1	275	0.35
16.11.2011	Søndre Brutjern	St.2 Bunn	9.9	421	57.9	12	1.90	13.5	219	0.99

Tabell 3. Konsentrasjon av metaller i overflatesedimentene (Topp) og bunnsedimentet (Bunn). Farger henviser til forurensningsklasser i henhold til Klif (Andersen et al 1997).

		Ubetydelig	Moderat	Mårkert	Sterkt	Meget sterkt					
		Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Na	Ni	Pb	Sb	Zn
		µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.
Søndre Brutjern	St.1 Topp	0.78	18	63	17000	0.129	10000	16	190	<26	140
Søndre Brutjern	St.1 Bunn	0.25	19	97	9800	0.065	4100	18	24	<15	64
Søndre Brutjern	St.2 Topp	2.6	21	48	38000	0.256	19000	29	310	<22	320
Søndre Brutjern	St.2 Bunn	0.25	23	110	12000	0.063	5000	21	27	<12	120

Tabell 4. Konsentrasjoner av 16 PAH forbindelser og størrelsesgrupper av hydrokarboner (THC). Sum PAH og Sum THC er gitt øverst i tabellen. Fargene er i henhold til Klif 2007.

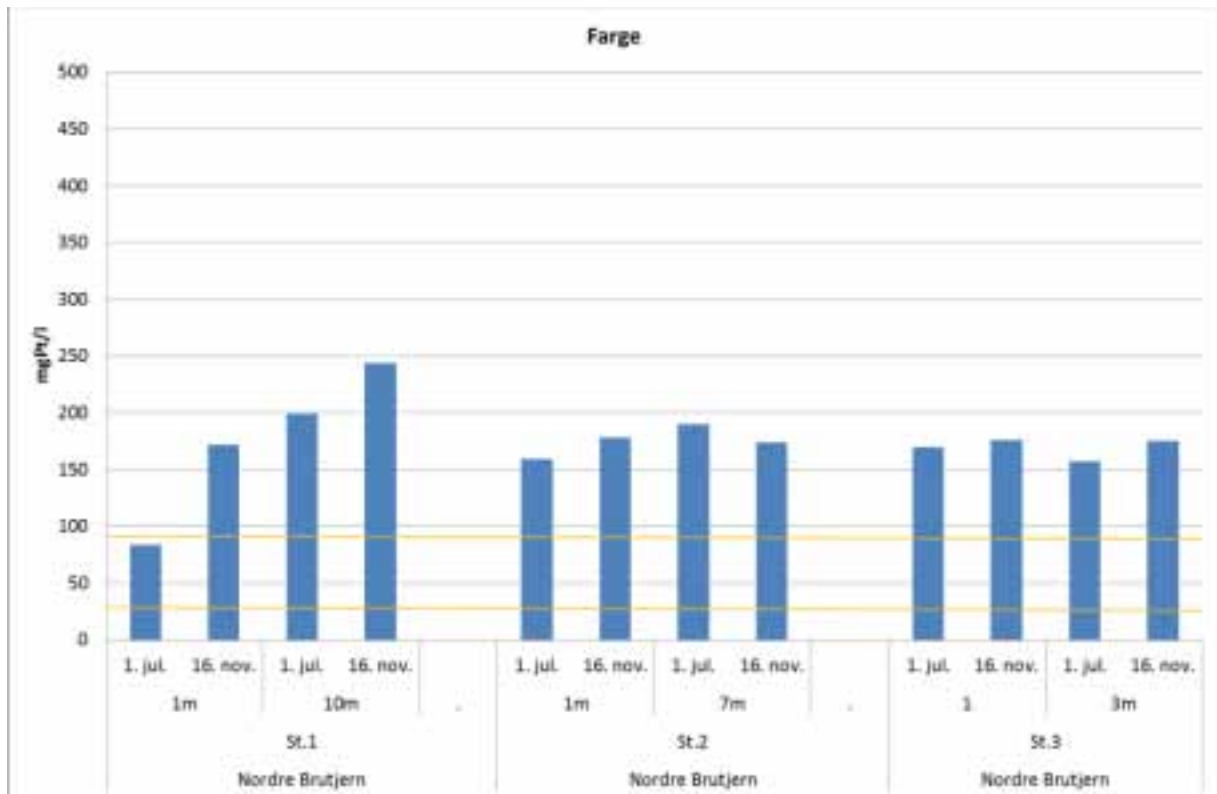
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
		Søndre Brutjern		Søndre Brutjern	
		St1 overflate	St1 bunn	St2 overflate	St2 bunn
Sum PAH(16) EPA	mg/kg TS	2.90	nd	14.00	nd
SUMTHC (>C5-C35)	mg/kg TS	700	1 700	1 200	2 700
Acenaften	mg/kg TS	<0,07	<0,04	<0,06	<0,04
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,07	<0,04	<0,06	<0,04
Antracen	mg/kg TS	<0,07	<0,04	<0,06	<0,04
Benzo[a]antracen	mg/kg TS	0.25	<0,04	1.30	<0,04
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0.16	<0,04	0.86	<0,04
Benzo[b]fluoranten	mg/kg TS	0.85	<0,04	4.30	<0,04
Benzo[g,h,i]perylen	mg/kg TS	0.24	<0,04	0.95	<0,04
Benzo[k]fluoranten	mg/kg TS	0.19	<0,04	0.86	<0,04
Dibenzo[a,h]antracen	mg/kg TS	<0,07	<0,04	0.13	<0,04
Fenantren	mg/kg TS	0.09	<0,04	0.20	<0,04
Fluoranten	mg/kg TS	0.29	<0,04	1.20	<0,04
Fluoren	mg/kg TS	<0,07	<0,04	<0,06	<0,04
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	0.18	<0,04	0.82	<0,04
Krysen/Trifenylen	mg/kg TS	0.49	<0,04	2.90	<0,04
Naftalen	mg/kg TS	<0,07	<0,04	<0,06	<0,04
Pyren	mg/kg TS	0.20	<0,04	0.89	<0,04
THC>C10-C12	mg/kg TS	<40	<20	<40	<40
THC>C12-C16	mg/kg TS	<40	<20	<40	<40
THC>C16-C35	mg/kg TS	700	1 700	1 200	2 700
THC>C5-C8	mg/kg TS	<40	<20	<40	<40
THC>C8-C10	mg/kg TS	<40	<20	<40	<40

4. Nordre Brutjern

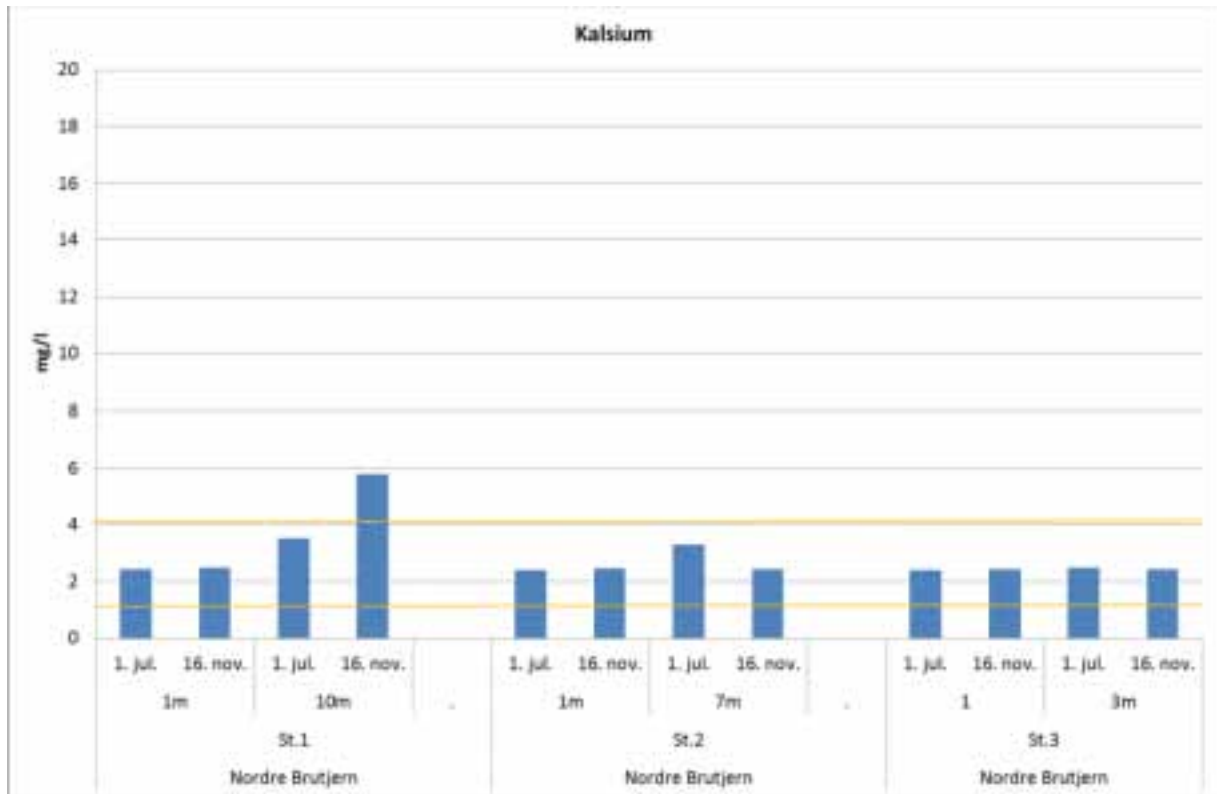
4.1 Vannkjemi

4.1.1 Vanntype

Innsjøen er beliggende i lavlandet og har et areal som er mindre enn 5 km². Fargetallene i overflatevannet var høyere enn 90 mg Pt/l som er angitt som øvre klassegrense for humøse innsjøer. Slike innsjøer angis som svært humøse (dystrofe). Det vil være årstidsvariasjoner i fargeverdier. De høye verdiene kan være forårsaket av mye nedbør og avrenning fra nedbørfeltet forut for prøvetakingene. Det er derfor usikkert hvorvidt Søndre Brutjern er «svært humøs» eller «humøs». Kalsiumkonsentrasjonene i overflatevannet var ca 2 mg/l og defineres derved som «kalkfattig». Ut fra måleresultatene og vurderingen av disse anses Nordre Brutjern som innsjøtype 3 (LN3): liten, kalkfattig og humøs.



Figur 8. Humusinnhold (farge) i Nordre Brutjern ved tre stasjoner og to dyp i juli og november 2011.



Figur 9. Kalsiumkonsentrasjoner i Nordre Brutjern ved tre stasjoner og to dyp i juli og november 2011.

4.1.2 Sprangsjiktet

Det ble målt konduktivitet oksygenkonsentrasjon, turbiditet og temperatur gjennom hele vannsøylen både før og etter den potensielle fullsirkulasjonen. Den mer eller mindre brå overgangen i fysiske og kjemiske forhold fra overflatevannet til bunnvannet kalles ofte sprangsjiktet. En tetthetsforskjell, som normalt i hovedsak skyldes temperaturforskjeller, holder overflatevannet og bunnvannet hver for seg, men vanligvis med unntak for to perioder på året. Både høst og vår kommer det en situasjon der temperaturene etter hvert er like både i bunn- og overflatevannet. På dette tidspunktet har det foregått en vinddrevet fullsirkulasjon ofte hjulpet av vind som blander vannmassene i innsjøene. Dersom det siger/akkumulerer saltholdig vann til bunnområdene i innsjøene, øker dette tettheten til dette vannet. Det betyr at det nå må større krefter til for å full-sirkulere vannet. Det blir derfor økt sannsynlighet for redusert sirkulasjon når vann med høyt saltinnhold lagres inn i bunnvannet. Dette vil igjen medføre oksygenvinn og at vi etter hvert får biologisk døde bunnområder. Situasjonen medfører akkumulering av ytterligere salter og humusstoffer som igjen gir tyngre bunnvann, og miljøtilstanden forverres

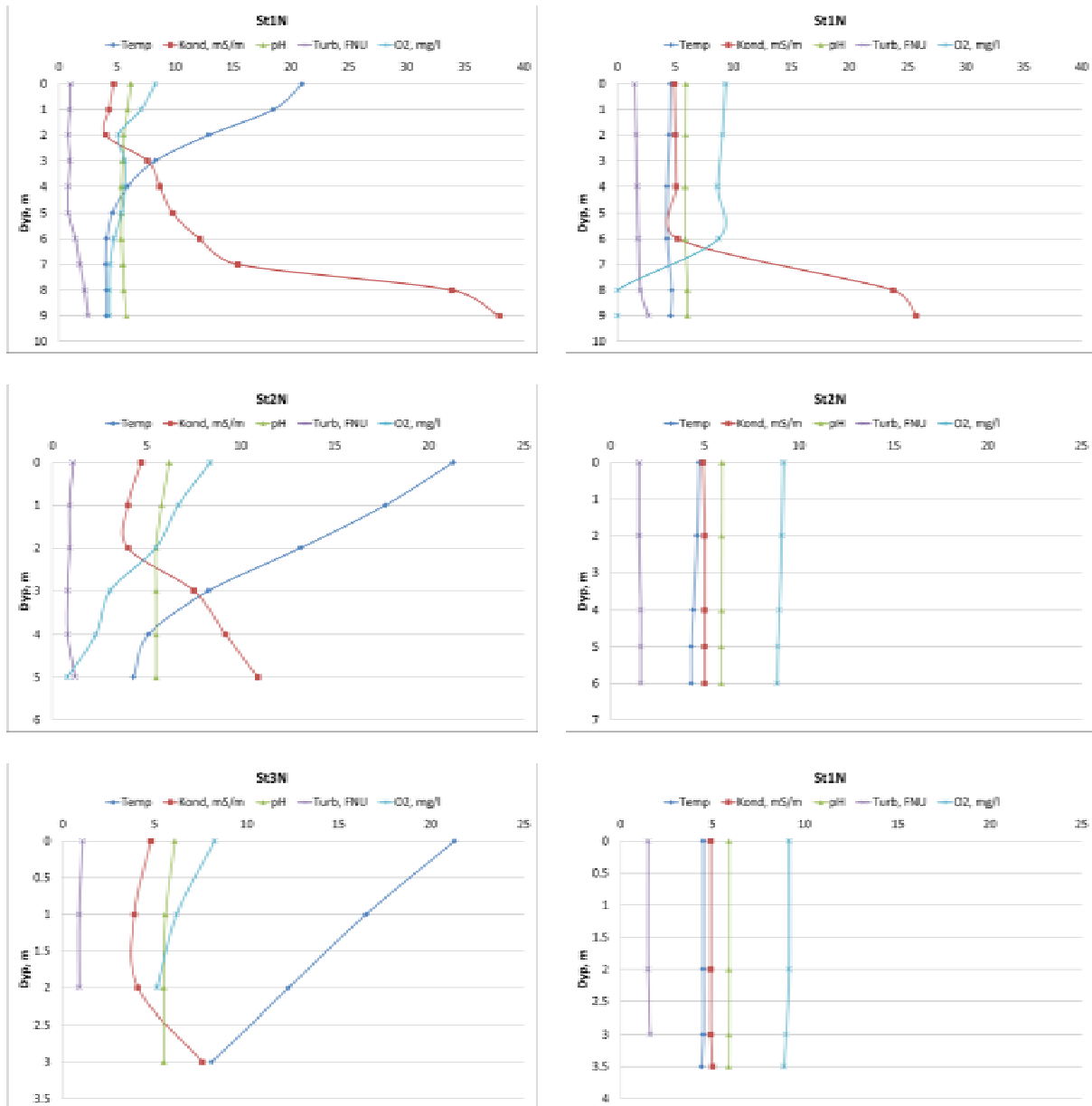
St 1N ligger lengst fra vegen (**Figur 1**). Dette er hovedbassenget i innsjøen. Her ble det observert en kjemisk sjiktning etter 2 m dyp i juli, samtidig som konduktiviteten økte mye helt ved bunnen. Oksygenkonsentrasjonen sank noe fra overflaten til 2 m dyp, men det var oksygen i hele vannsøylen i juli. Trolig har det vært en fullsirkulasjon om våren. Det var små forskjeller i pH nedover i dypet. Turbiditeten økte noe mot bunnen. Det var en temperaturgradient med ca. 21 grader i overflaten og ca. 4 grader i bunnvannet. I november var temperaturene gjennom vannsøylen ved St 1N nokså like, med 4-5 grader gjennom hele. Det var en kjemisk sjiktning på dypområdet. Det ble også observert oksygenvinn helt mot bunnen. Kloridkonsentrasjonene i overflatevannet var 6-8 mg/l, mens de i bunnvannet var henholdsvis ca. 35 og ca. 67 mg/l i juli og november. Det kan derfor være et salt-indusert oksygenvinn ved bunnen i november. Det er usikkert om/hvor lenge denne situasjonen vil vedvare. Dersom isen legger seg mens under denne situasjonen, er det sannsynlig at den vil vedvare og

forsterkes fram til eventuell sirkulasjon av vannmassene neste vår. Bassenget ligger mellom innløp og utløp til innsjøen og kan også bli påvirket av vannføring og vannkvaliteten i innløpsbekken. At det ikke er en stabil sjiktning i dette bassenget vises ved at det sannsynligvis har foregått en fullsirkulasjon våren 2011.

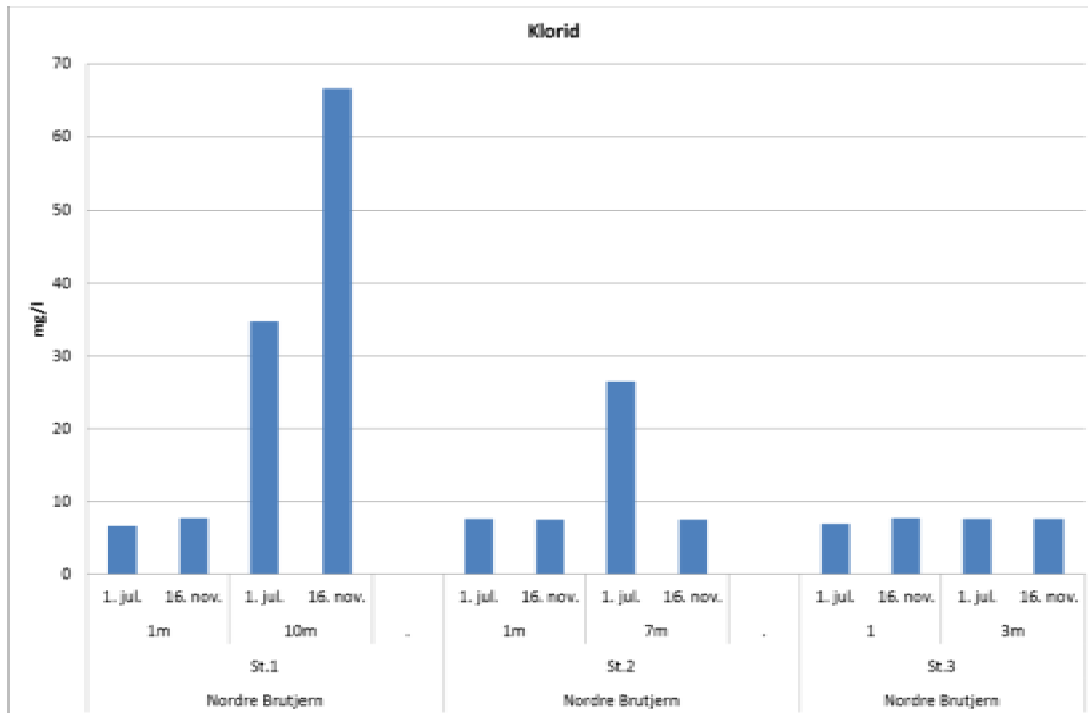
St 2N ligger nærmere vegen. Det er ikke et adskilt basseng fra St1N, men samme basseng, men i et grunnere område. Tilstanden her ligner derfor i stor grad på tilstanden i de øverste 6 m ved St 1N. Det ble observert en kjemisk sjiktning (vha konduktivitetsmålinger) fra 2 m dyp til bunnen (**Error! Reference source not found.**). Oksygenkonsentrasjonen sank jevnt mot bunnen. Det var oksygen i hele vannsøylen, og det var små forskjeller i pH nedover i dypet. Turbiditeten økte noe nedover i dypet. Temperaturen hadde en gradient fra ca. 21 grader i overflaten til ca. 4 grader i bunnvannet. I november var temperaturene ved St 2N nokså like gjennom vannsøylen, med 4-5 grader. Også de andre variablene hadde samme konsentrasjoner gjennom hele vannsøylen. Det hadde altså vært en full sirkulasjon ned til bunnen på dette dypet i november. Kloridkonsentrasjonene i overflatevannet var som ved St 1N med ca. 7.5 mg/l. I bunnvannet var konsentrasjonene høyere i juli med 26.5 mg/l. Det har altså vært en akkumulering etter vårsirkulasjonen. I novemberprøven var kloridkonsentrasjonen den samme i overflaten og mot bunnen.

St 3N ligger nær vegen. Lokaliteten er ikke et adskilt basseng fra St 1N, men er en del av samme basseng i et grunnere område. Tilstanden her ligner derfor i stor grad på tilstanden i de øverste 3 m ved de to andre stasjonene. Kloridkonsentrasjonene var de samme både i overflatevannet og bunnvannet både i juli og november.

Ved St 1N var humusinnholdet ulikt i overflatevannet og bunnvannet. Stor eller liten avrenning i løpet av sommer og høst vil påvirke humusinnholdet i overflatevannet. I dypere områder av innsjøen vil mikrobiell nedbrytning av organisk materiale bidra til akkumulering av humus. For kalsium var det også høyere konsentrasjoner i bunnvannet enn i overflatevannet. Kalsiumkonsentrasjonen i innsjøene er oftest et resultat av innholdet av kalsium i jordsmonn og berggrunn. Det er også kalsium i veg-avrenningen, som del av vegsalt og vegslitasje. Andelen kalsium i vegsalt er imidlertid lav i forhold til klorid, langt lavere enn det som vises i vannprøvene fra innsjøene, slik at vanlig vegsalting bidrar ikke mye til kalsiuminnholdet. En mulig forklaring på høye konsentrasjoner i bunnvannet er at sedimenterende kalsiumholdig materiale løses i bunnvannet som er overmettet av karbondioksid (aggressivt CO₂). Når bunnvannet ikke blir med i sirkulasjonen, vil løst kalsium akkumulere. Det gir en forsterkende effekt på sjiktningen fordi mengden salter i bunnvannet øker. Andre eksterne kilder kan være kalking som tiltak mot forsuring og eventuell bruk av kalsiumholdig vegsalt.



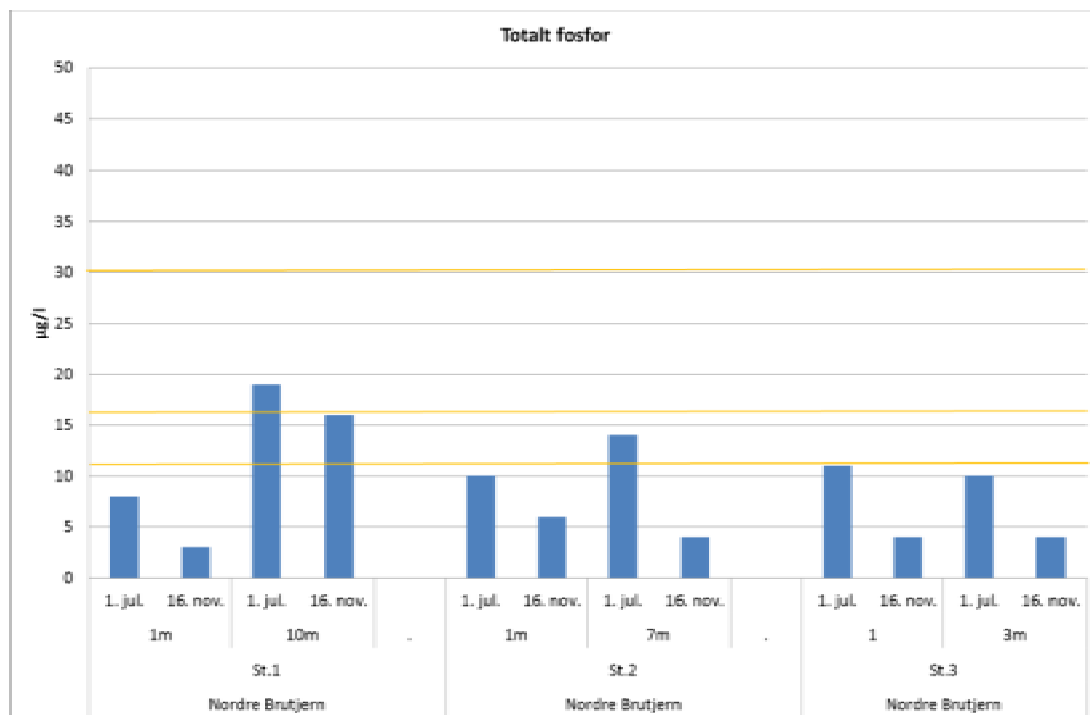
Figur 10. Variable målt gjennom hele vannsøylen ved 3 stasjoner i Nordre Brutjern i juli (vestre) og november 2011. Ulik skala på hver stasjon.



Figur 11. Kloridkonsentrasjoner på 1 m dyp og på største dyp på hver stasjon i Nordre Brutjern i juli og november 2011.

4.1.3 Fosfor.

Sett i forhold til vanddirektivets kriterier tilsvarte konsentrasjonene i overflatevannet i Nordre Brutjern tilstandsklasse svært god. Konsentrasjonene av fosfor vil naturlig kunne variere mye gjennom året. Klassifisering av tilstand skal derfor baseres på årsmiddel for månedlige målinger i vekstsesongen. De foreliggende resultatene for fosfor må derfor tolkes med forsiktighet. Generelt syntes det å være høyere konsentrasjoner av totalt fosfor i bunnvannet enn i overflaten. Det er ganske vanlig i næringsrike innsjøer. Ved oksygenvinn i bunnvannet løses fosfor fra sedimentet. De stasjonene i Nordre Brutjern som hadde oksygenvinn i bunnvannet i juli hadde også økte fosforkonsentrasjon. Den observerte økningen av fosfor i bunnvannet kan derfor tenkes å være utlekking fra sedimentet. Men økningen kan også være et resultat av opphopning av fosfor i sedimenterende organisk materiale. Ved oksygenvinn øker fosfat, det biologisk tilgjengelige fosforet. Fosfat er ikke målt i dette prosjektet.



Figur 12. Konsentrasjoner av totalt fosfor (tot-P) på 1 m dyp og på største dyp på hver stasjon i juli og november 2011. Oransje linjer angir klassegrenser i henhold til vanddirektivet.

4.1.4 Metaller

Generelt sett var det lave konsentrasjoner av metaller i vannprøvene fra alle stasjonene (**Tabell 5**). I henhold til Klifs vannkvalitetskriterier (Andersen et al 1997) var innsjøene ubetydelig eller moderat forurenset av de fleste metallene. Bare for kobber og bly ble det registrert vannprøver med konsentrasjoner tilsvarende markert forurenset. For kobber var dette i overflatevannet ved St 3N i juli og ved begge dyp ved St 1N i november, mens det for bly var i bunnvannet ved St 1N både i juli og november. Antimon (Sb) ble analysert fordi dette skal være et metall som følger vegtrafikken. Konsentrasjonene var lave og det kunne ikke spores forskjeller mellom stasjonene.

Tabell 5. Tungmetaller i vannprøver fra overflatevann og bunnvann ved 3 stasjoner i Nordre Brutjern i juli og november 2011. Fargekoder er i henhold til kriterier i Klif 1997 (Andersen et. al. 1997).

			Dyp	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
01.07.2011	Nordre Butj	St.1	1m	0.02	0.76	1.14	371	27.8	0.94	0.445	0.09	4.11
01.07.2011	Nordre Butj	St.1	10m	0.027	0.36	1.11	2060	90.7	1.3	1.21	0.08	6.45
01.07.2011	Nordre Butj	St.2	1m	0.022	0.59	1.14	345	29.3	0.96	0.439	0.08	3.94
01.07.2011	Nordre Butj	St.2	7m	0.031	0.48	1.06	1360	77.9	1.2	0.888	0.08	5.87
01.07.2011	Nordre Butj	St.3	1m	0.024	0.56	1.55	372	29.5	0.98	0.464	0.09	4.06
01.07.2011	Nordre Butj	St.3	3m	0.021	0.6	1.17	374	29.3	0.79	0.476	0.08	4.07
16.11.2011	Nordre Butj	St.1	1m	0.022	0.47	2.24	804		1.3	0.719	0.1	6.33
16.11.2011	Nordre Butj	St.1	10m	0.031	0.34	2.28	5240		1.9	1.6	0.09	7.91
16.11.2011	Nordre Butj	St.2	1m	0.023	0.49	1.3	762		0.95	0.576	0.09	4.8
16.11.2011	Nordre Butj	St.2	7m	0.023	0.49	1.07	779		1.2	0.605	0.09	4.85
16.11.2011	Nordre Butj	St.3	1m	0.021	0.53	1.17	792		1	0.593	0.08	4.91
16.11.2011	Nordre Butj	St.3	3m	0.02	0.4	1.02	755		0.92	0.57	0.09	4.57

4.2 Sedimentkjemi

Sedimentet i Nordre Brutjern var i stor grad preget av organisk materiale. Sedimentet var brunt og relativt homogent med løs konsistens (**Figur 13**). Kornfordelingen viste at 21 % var mindre enn 63 μm i alle prøvene, altså i størrelsefraksjonen for silt og leire. Vanninnholdet i prøvene var stort med en tørrstoff-mengde på mellom ca 6 og 12 % (**Tabell 6**). Andelen organisk materiale var mellom ca 48 og 55 %. Konsentrasjone av fosfor i sedimentet var moderat høyt, og varierte noe mellom overflate og bunn. Konsentrasjonene av totalt nitrogen (tot-N) og totalt organisk karbon (TOC) var forholdsvis høye og er en konsekvens av stort innhold av organisk materiale.

Konsentrasjonene av metaller i sedimentprøvene var forholdsvis lave med verdier tilsvarende ubetydelig eller moderat forurenset sediment (**Tabell 7**). Det er ellers å bemerke den store forskjellen mellom konsentrasjonen i bunnen av sedimentsøylen (referansen) og overflatesedimentet for mange av metallene. Først og fremst viser dette at bunnsedimentet i disse prøvene er gode referansesediment. Av disse metallene var kvikksølv (Hg). Kvikksølv anses ikke å være et trafikkgenerert metall og tilførslene kommer trolig fra langtransportert kvikksølv. Bly har derimot i flere tiår vært anvendt i bensinen, inntil det ble faset ut i løpet av 80 - og begynnelsen av 90 tallet. Likeså er sink og kadmium metaller som kan komme fra trafikken. Den forhøyede natriumkonsentrasjonen i overflatesedimentet skyldes trolig påvirkning fra vegsalt.

I henhold til oppdaterte klassegrenser i 2007 gjeldene for fjordområder (finnes ikke for ferskvann) var tilstanden i overflatesedimentet ved St 1N og St 2N dårlig i forhold til sum PAH 16 og god i forhold til den mye anvendte PAH forbindelsen benzo(a)pyren (**Tabell 8**). I forhold til benzo(b)fluoranten var også tilstanden dårlig. PAH kan meget vel komme fra trafikk og vegslitasje, men det er også andre kilder. All forbrenning av organisk materiale gir PAH. Det ble ikke påvist PAH i bunnen av sedimentkjernen. Konsentrasjonene av totale hydrokarboner (THC) med karbontall mellom 5 og 35 varierte noe mellom prøvene. Det var de tyngre delene av THC som dominerte (C16-C35) i alle prøvene. Denne fraksjonen kan inneholde flere vanlig brukte oljetyper, bl.a. parafin, diesel, smøreolje og fyringsolje. Konsentrasjonene av THC var ganske like i referansesedimentet som i overflatesedimentet. En skal imidlertid være oppmerksom på at det kan være helt andre typer av hydrokarboner og i betydelige mengder i ferskvannssedimenter der innholdet av organiske stoffer er stort. De foreliggende resultatene av THC kan derfor ikke anvendes til å påvise oljeforurensninger.



St1N/St2N

Figur 13. Sedimentkjerner fra Nordre Brutjern sedimenthøyder på henholdsvis 37 og 32 cm.

Tabell 6. Konsentrasjon av tørrstoff (TTS), uorganisk (TGR), organisk stoff, kornfordeling (<63 µm), totalt fosfor (Tot-P), totalt nitrogen (Tot-N), totalt karbon (TOC) og kalsium (Ca) i overflatesedimentene (Topp) og bunnsedimentet (Bunn).

			TTS	TGR	Organisk	KORN <63µm	Tot-P	Tot-N	TOC	Ca
			%	g/kg t.v.	%	% t.v.	µg /mg t.v.	µg /mg t.v.	µg C/mg t.v.	µg /mg t.v.
16.11.2011	Nordre Brutjern	St.1 Topp	7.1	522	47.8	21	0.90	14.3	250	0.43
16.11.2011	Nordre Brutjern	St.1 Bunn	12.3	452	54.8	21	1.20	17.1	290	0.93
16.11.2011	Nordre Brutjern	St.2 Topp	6	513	48.9	21	0.96	16.7	259	0.39
16.11.2011	Nordre Brutjern	St.2 Bunn	10.6	462	53.8	21	1.30	18.9	288	0.97

Tabell 7. Konsentrasjon av metaller i overflatesedimentene (Topp) og bunnsedimentet (Bunn). Farger henviser til forurensningsklasser i henhold til Klif (Andersen et al 1997).

		Ubetydelig	Moderat	Mærket	Sterkt	Meget sterkt					
		Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Na	Ni	Pb	Sb	Zn
		µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.
Nordre Brutjern	St.1 Topp	1.3	20	42	18000	0.246	5500	26	150	<21	210
Nordre Brutjern	St.1 Bunn	<0.12	16	42	8100	0.065	1500	16	9.7	<12	34
Nordre Brutjern	St.2 Topp	1.4	19	46	13000	0.237	7400	20	140	<21	200
Nordre Brutjern	St.2 Bunn	0.17	14	43	6600	0.064	1800	14	7.3	<13	56

Tabell 8. Konsentrasjoner av 16 PAH forbindelser og størrelsesgrupper av hydrokarboner (THC). Sum PAH og Sum THC er gitt øverst i tabellen. Fargene er i henhold til Klif 2007.

Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig		
					Nordre Brutjern	Nordre Brutjern
					St1 overflate	St1bunn
					St2 overflate	St2 bunn
Sum PAH(16) EPA	mg/kg TS	9.40	nd	8.80	nd	
SUMTHC (>C5-C35)	mg/kg TS	440	530	490	450	
Acenaften	mg/kg TS	<0,06	<0,04	<0,06	<0,04	
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,06	<0,04	<0,06	<0,04	
Antracen	mg/kg TS	<0,06	<0,04	<0,06	<0,04	
Benzo[a]antracen	mg/kg TS	0.71	<0,04	0.86	<0,04	
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0.54	<0,04	0.49	<0,04	
Benzo[b]fluoranten	mg/kg TS	2.80	<0,04	2.60	<0,04	
Benzo[g,h,i]perylene	mg/kg TS	0.68	<0,04	0.52	<0,04	
Benzo[k]fluoranten	mg/kg TS	0.66	<0,04	0.62	<0,04	
Dibenzo[a,h]antracen	mg/kg TS	0.12	<0,04	0.09	<0,04	
Fenantren	mg/kg TS	0.12	<0,04	0.10	<0,04	
Fluoranten	mg/kg TS	0.86	<0,04	0.82	<0,04	
Fluoren	mg/kg TS	<0,06	<0,04	<0,06	<0,04	
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	0.71	<0,04	0.48	<0,04	
Krysen/Trifenylen	mg/kg TS	1.60	<0,04	1.70	<0,04	
Naftalen	mg/kg TS	<0,06	<0,04	<0,06	<0,04	
Pyren	mg/kg TS	0.62	<0,04	0.60	<0,04	
THC >C10-C12	mg/kg TS	<40	<20	<40	<20	
THC >C12-C16	mg/kg TS	<40	<20	<40	<20	
THC >C16-C35	mg/kg TS	440	530	490	450	
THC >C5-C8	mg/kg TS	<40	<20	<40	<20	
THC >C8-C10	mg/kg TS	<40	<20	<40	<20	

5. Tiltak

E18 er hovedvegen forbi Brutjernene. Trafikken var i 2010 5391 biler pr. døgn (ÅDT i 2010). Saltbruken er moderat med ca. 6 tonn/km (2010). Veglengden som har avrenning mot Søndre Brutjern er ca 550 m. Det er altså samlet en avrenning på ca. 3 tonn vegsalt mot innsjøen hvert år. Avrenningen mot Nordre Brutjern er i samme størrelsesorden. Det er et brattere terreng fra E18 mot Søndre Brutjern enn mot Nordre Brutjern (**Figur 15**).

Ofte går overvannet via tradisjonelle sandfang før det når resipienten. Sandfang har begrenset renssevne og vil bare holde tilbake de tyngste partiklene. Ved stor vannføring vil det også foregå en resuspensjon av de lettere partiklene i sandfanget. Trolig vil en stor del av forurensningene som når sluk- og rørsystemene også nå resipienten.

Overvannshåndteringen for E18 i dette området er i dag løst vha grøfter og direkte avrenning mot innsjøene. Avrenningsvannet vil derfor dels følge grøftene, og dels renne direkte av på overflaten ut til innsjøene eller det vil infiltreres og følge grunnvannet til innsjøen. Særlig mot Nordre Brutjern går avrenningen via myrområder til innsjøen.



Figur 14. Veganlegget ved Nordre og Søndre Brutjern. Bokstaver henviser til bildefigurer Figur 15.



A mot øst



B mot øst



C mot vest



D mot øst



E mot vest



F mot vest

Figur 15. Veganlegget ved Søndre og Nordre Brutjern. Bokstavene angir plassering av bildene i kartskissen Figur 14.

Selv om begge innsjøene er påvirket av vegavrenning, er det Søndre Brutjern som er mest påvirket. Her synes det å være saltindusert oksygenvinn i minst ett innsjøbasseng. Saltkonsentrasjonen i vannmassene er også større her enn i Nordre Brutjern. Eventuelle tiltak bør derfor først konsentreres om dette vannet.

I grøfter og veiskråninger vil en større eller mindre del av forurensningene holdes tilbake ved at overvannet infiltreres i vegetasjon og jordsmonn. Vegsalt er imidlertid fullstendig vannløselig. Kloridene følger med vannet. Det er derfor ikke mulig på en enkel måte å rense dette bort. For miljøgifter som tungmetaller og organiske miljøgifter (bl.a. PAH), som i stor grad er partikkelbundet, er det mulig å rense bort mye.

For å redusere/avslutte påvirkningen av vegsalt må det gjøres andre tiltak:

- 1) redusere/stoppe saltingen på aktuell strekning. Alternativer til salt kan da vurderes, som f.eks. grus.
- 2) lede vekk avrenningsvannet til andre og mer egnede resipienter. Dette er vanskelig både ved Søndre og Nordre Brutjern. Tiltaket krever tetting av vegskuldre og veggrøfter, og muligens legging av overvannsrør for oppsamling av salt avrenningsvann. Lavbrekket for vegen forbi vannene ligger midt mellom vannene. Det krever derfor også fjerning av oppsamlet vann ved pumping eller vekk-kjøring. Denne løsningen kan eventuelt kombineres med 3)
- 3) fordrøyning i rensbasseng. Fordrøyning vil kunne redusere konsentrasjonstoppene i saltavrenningen, men vil ha lite å si for den totale saltbelastningen.

Fordrøynings-/rensbasseng kan bidra til rensing av vegforurensninger. Forurensningene tilføres bassenget som ulikt store partikler og/eller i vannløst form. Størstedelen av metaller og organiske mikroforurensninger er bundet til partikler, mens vegsalt, noen organiske forurensninger og noen tilstandsformer av metaller er i vannløsning. De minste partiklene kan være fordelt i vannfasen lenge selv i stillestående vann, og sedimenterte partikler kan resuspendere fra bunnslammet i bassenget under flomepisoder og transporteres til resipienten. Det er de minste partiklene som oftest også har den høyeste konsentrasjonen av forurensninger.

Effektiviteten til fordrøynings-/rensbassenger er variabel og avhenger av konstruksjonen. Størrelsen på bassenget i forhold til vanngjennomstrømningen, vannets oppholdstid, er viktige egenskaper. Tilførte partikler må gis nok tid til å sedimentere og flomtopper samt forurensningsstopper i avrenningen må dempes. Ulike konstruksjoner og typer av basseng kan ha ulike virkninger. Bassengtyper med våtmarksanlegg har bedre rens-evne enn rene betongbassenger.

Bassengkonstruksjoner er arealkrevende, og det er liten plass til slike ved lavbrekket forbi vannene. Det synes derfor lite egnet med rensbasseng i dette området.

Selv om særlig de nærmeste innsjøbassengene i Søndre Brutjern er klart påvirket av salt, vet vi ikke hvor lenge den nå antatt permanente stagnasjonen av bunnvannet ved St 2S har vart. Det er også vanskelig å anslå hvor mye mer salt innsjøen tåler. Konsentrasjonen av klorid er foreløpig ikke faretruende høy selv om den er vesentlig høyere enn naturlig. Et mulig scenario som kan øke problemet er at tungt saltvann kommer så høyt opp i vannmassene at det også når det upåvirkede bassenget.

Fordi salt synes å være det største problemet for Søndre Brutjern, bør det vurderes om grus kan brukes som alternativ til salt på den mest belastede strekningen fra lavbrekket og i bakken østover. Dersom det velges å fortsette bruk av salting bør det vurderes å følge utviklingen ved en overvåking av vannkvaliteten fram mot den nye E18 er klar i 2018.

Det foreligger innledende planarbeid på en ny E18 trasé forbi Brutjernene. I dette arbeidet bør det legges inn tiltak for å skjerme Brutjernene for avrenning fra fremtidig vei-trase.

6. Litteratur

Andersen, J.R., Bratteli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L. Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B., og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann - SFT Veiledning 97:04/SFT-rapport TA nr 1468/1997.

Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje (Environmental Effects of Traffic Pollution Caused by Wear and Tear of Road Surfaces and Tyres). NIVA Rapport 2874 og Nordiske Seminar og Arbeidsrapporter 1993: 628 fra Nordisk Ministerråd

Bækken, T og Færøvig, P.J (Red.) 2004: Effekter av vegforurensninger på vannkvalitet og biologi i Padderudvann-Publikasjon 106 Statens vegvesen

Bækken, T & Jørgensen, T. 1994. Vannforurensning fra veg – langtidseffekter. Statens vegvesen. Vegdirektoratet. Veglaboratoriet. Publikasjon nr. 73.

Bækken, T., og T. O. Haugen. 2006. Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer: Påvirkning fra avrenning av veksalt, tungmetaller og PAH. Oslo, Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen. 91 sider

Bækken, T., og T. O. Haugen. 2012. Veksalt og tungmetaller i innsjøer langs veier i Sør-Norge 2010. – NIVA Rapport 6290-2012/Statens vegvesen, VD Rapport Nr. 50

Haugen, T., Bækken, T., Hasle Heiaas, H. og Skjelbred, B. 2010. Tålegrenser for planktonalger i innsjøer. Statistiske analyser og laboratorietester av planktonalger og salt. – NIVA Rapport 6014-2010

FOR 2006-12-15 nr. 1446: VANNFORSKRIFTEN. Forskrift om rammer for vannforvaltningen. Versjon 25. mai 2011

Klif 2007 Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. REVIDERING AV KLASSIFISERING AV METALLER OG ORGANISKE MILJØGIFTER I VANN OG SEDIMENTER. -TA 2229

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