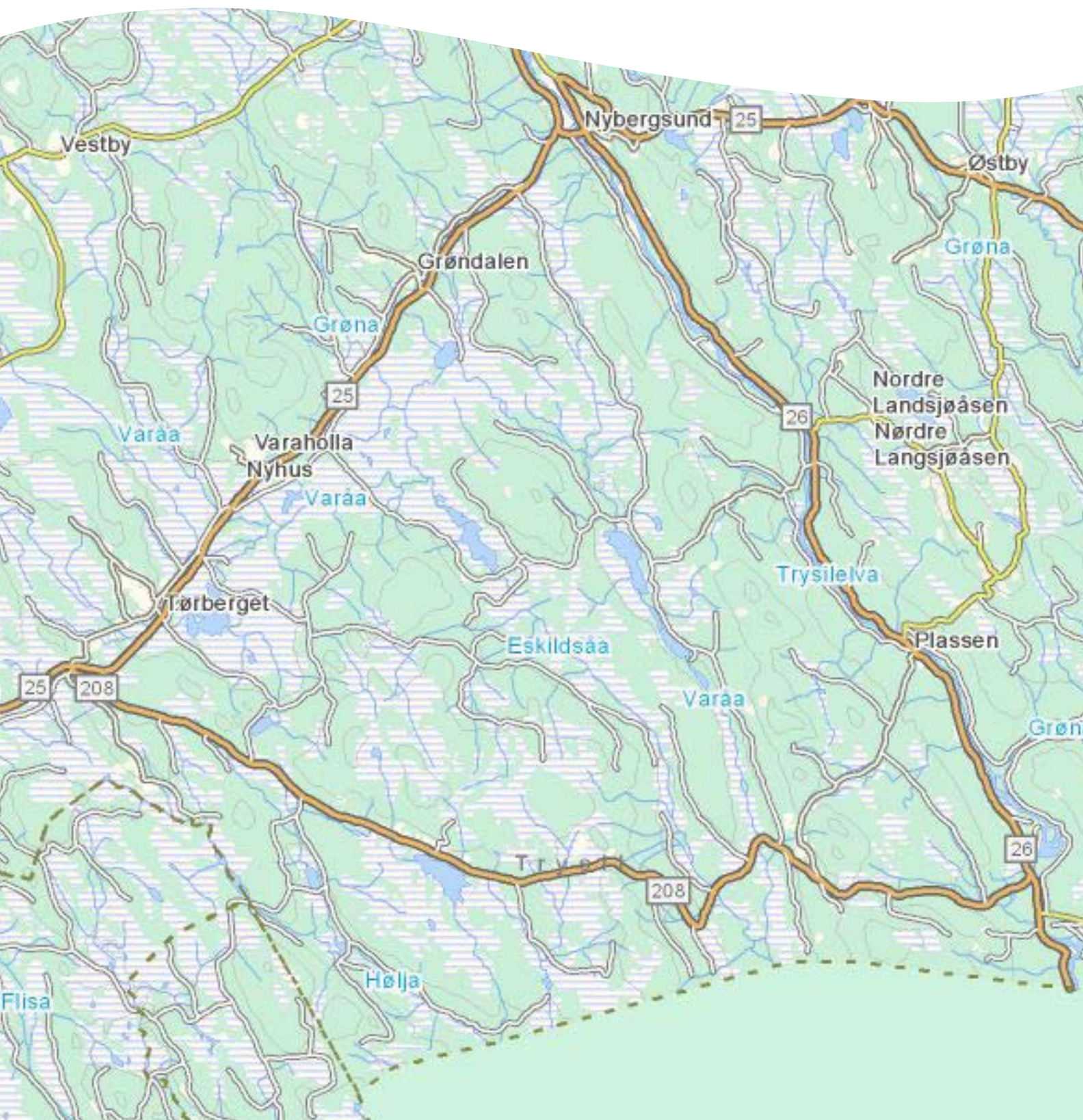




Reetablering av Vänerlaksen i Trysilvassdraget - forsuringssituasjonen og behovet for kalking



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 Reetablering av Vänerlaksen i Trysilvassdraget - forsuringssituasjonen og behovet for kalking	Løpenr. (for bestilling) 6269-2011	Dato 19.12.2011
	Prosjektnr. Undernr. O-11201	Sider Pris 20
Forfatter(e) Atle Hindar	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon
	Geografisk område Hedmark	Trykket CopyCat

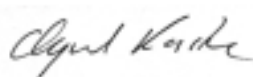
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hedmark	Oppdragsreferanse E-post 8.3.2011
--	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Et Interregprosjekt skal bevare og tilrettelegge for Vänerlaksen i Trysilelva/Klaraälven, og NIVA fikk forespørsel om å lage en kalkingsplan for Varåa, et 450 km² stort sidevassdrag til Trysilelva. Data fra overvåking av langtransporterte forurensninger viser imidlertid at forsuringen er sterkt redusert i området. Vannkjemiske undersøkelser ble derfor gjennomført i Varåa våren 2011. Sulfatkonsentrasjonen i regionen nærmer seg antatte bakgrunnskonsentrasjoner, og vannkjemien er i stor grad er bestemt av naturlige forhold. pH kan være omkring 5,0 pga løst organisk materiale i vannet, mens konsentrasjonen av giftig aluminium er ubetydelig. Et eventuelt kalkingsbehov er derfor knyttet til om fisken tåler lav pH forårsaket av løst organisk materiale. Vannkvalitetskravet til Vänerlaksen ikke kjent, og kalking kan vise seg å ha en nytteeffekt, selv om forsuringen er ubetydelig. På bakgrunn av hydrologiske data og ulike vannkjemiske scenarier, er det utarbeidet en kalkingsplan for Varåa. Planen er laget for å kunne iverksettes hvis det skulle vise seg å være grunnlag for det.</p>
--

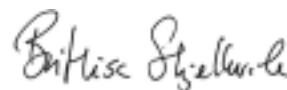
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Forsuring 2. Vänerlaks 3. Trysilvassdraget 4. Kalking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acidification 2. Väner salmon 3. River Trysilelva 4. Liming
--	--



Atle Hindar
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

**Reetablering av Vänerlaksen i Trysilvassdraget -
forsuringssituasjonen og behovet for kalking**

Forord

Etter forespørsel fra Fylkesmannen i Hedmark den 1.3.2011, gjennomførte NIVA et eget vannkjemiprogram i Varåa, Trysilvassdraget fra slutten av mars og fram til 1.6.2011. Formålet var å samle vannkjemiske data gjennom vårflommen som grunnlag for vurdering av forsurenings situasjonen og behovet for kalking.

Disse dataene danner grunnlaget for det foreliggende prosjektet, som ble akseptert den 8.3.2011. I tillegg er data fra langtidsovervåkede innsjøer brukt for å vise forsureningsutviklingen i området de siste årene. Etter ønske fra Fylkesmannen er det også laget en kalkingsplan for Varåa, slik at den kunne iverksettes raskt hvis behovet skulle være til stede.

Det ble gjennomført befarings i vassdraget 28.4.2011. I tillegg deltok prosjektleder på prosjektmøte i Charlottenberg den 20.6.2011. Leif Nordnes har tatt alle vannprøvene i prosjektet og sendt til NIVAs lab for analyse. Liv Bente Skancke har kvalitetssikret og bearbeidet de vannkjemiske dataene.

Prosjektet er et samarbeid mellom Fylkesmannen i Hedmark og Länsstyrelsen i Värmland. Det er del av Interregprosjektet "Vänerlaxens fria gång", som igjen er del av Interregprogrammet Sverige-Norge 2007-2013. Prosjektet ble godkjent av programmets styringskomite den 14.12.2010. Tore Qvenild hos Fylkesmannen i Hedmark har vært kontaktperson.

Alle takkes for godt samarbeid.

Grimstad, 19.12.2011

Atle Hindar

Innhold

	1
Innhold	5
Sammendrag	6
Summary	7
1. Bakgrunn	8
2. Forsuringssituasjonen	8
3. Vannkjemi i Varåa våren 2011	10
3.1 Stasjoner, prøvetakingsprogram	11
3.2 Vannføring	12
3.3 Resultater	12
4. Kalkingsplan for Varåa	14
4.1 Innsjøkalking eller kalkdoserer?	15
4.2 Plassering av kalkdoserer	15
4.3 Kalkdoserer og kalkmengder	16
5. Referanser	17
Vedlegg A. Primærdata	18
Vedlegg B. Koordinater	20

Sammenheng

I forbindelse med et Interregprosjekt om bevaring og tilrettelegging for Vänerlaksen i Trysilelva/Klaraälven, fikk NIVA forespørsel om å lage en kalkingsplan for Varåa. Varåa er et 450 km² stort sidevassdrag til Trysilelva. Det renner inn i nordvestre del av Höljesmagasinet på svensk side.

Data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for langtransporterte forurensninger viser at forurensningssituasjonen i området har bedret seg mye de siste 15-20 årene. Det kunne derfor være tvil om nytten av kalkingstiltak, og et vannkjemisk program ble igangsatt og gjennomført i Varåa i snøsmeltingsperioden i 2011. Data fra langtidsovervåkede innsjøer i regionen er også trukket inn for å belyse endringer i forurensningssituasjonen fra 1980-tallet og fram til i dag.

Data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet viser at sulfatkonsentrasjonen i regionen nærmer seg antatt bakgrunnskonsentrasjoner, og vannkjemien er i stor grad bestemt av naturlige forhold. I mange innsjøer er pH omkring 5,0 pga løst organisk materiale i vannet, men konsentrasjonen av giftig aluminium er ubetydelig. Vannet er derfor ikke forsuret i særlig grad av langtransporterte forurensninger. Et eventuelt kalkingsbehov er derfor knyttet til om fisken tåler lav pH forårsaket av løst organisk materiale.

Resultater fra undersøkelsen i Varåa viser det samme som de regionale dataene. Forurensningen og konsentrasjonen av aluminium er ubetydelig, og et kalkingsbehov er i utgangspunktet ikke til stede. Men pH var lav i referansen Eskildsåa, og vannkvalitetskravet til Vänerlaksen ikke kjent. Kalking kan dermed vise seg å ha en nytteeffekt, selv om forurensningen er ubetydelig.

Data for kalsium (Ca) og magnesium (Mg) og forholdet mellom dem (Ca/Mg-forholdet) viser at det fortsatt er betydelige effekter av tidligere gjennomført kalking i Varåa. Det viser samtidig at innsjøkalking kan være en god strategi, selv om flere av de kalkede innsjøenes oppholdstid er kort. Årsaken kan være at innsjøene er så grunne at det er god kontakt mellom kalk og avrenningsvann selv gjennom snøsmeltingen.

På bakgrunn av hydrologiske data og ulike vannkjemiske scenarier, er det utarbeidet en kalkingsplan for Varåa. Planen er laget for å kunne iverksettes hvis det skulle vise seg å være grunnlag for det.

Summary

Title: Reestablishment of the Vänern salmon population in the Trysilelva watercourse – acidification and liming.

Year: 2011

Author: Atle Hindar

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6004-5

A Norway/Sweden Interreg project for reestablishment of the Vänern salmon population in Trysilelva watercourse started up in 2010, and NIVA was asked to make a liming plan for one of the main tributaries. River Varåa drains a 450 km² catchment on the Norwegian side of the border between the two countries.

Data from a national monitoring programme show that acidification in the area has changed in a positive direction over the last 15-20 years. Needs for and benefits from liming measures could therefore be doubtful. A water chemistry monitoring program was run through the snow melting period in 2011, and water chemistry data for lakes in the region were examined.

Regional lake data show that acidification is no longer a threat, and concentrations of toxic aluminium are insignificant. Water chemistry is mainly controlled by natural processes. pH may still be around 5.0, however, due to organic acids from dissolved organic matter. Depending on the critical water quality for fish, needs for liming may be related to the low pH.

Results from the monitoring confirm that the acidification problem due to acid rain is insignificant in River Varåa, but also that pH may be low. As the water quality demands for the Vänern salmon is not known, it is uncertain if liming measures will be beneficial to the population.

Ca and Mg data, especially the Ca/Mg relation, documents long-term liming effects from lake liming that was terminated several years ago. Although the lakes in the area have short retention times, this shows that lake liming may be a useful liming strategy. Large doses and good contact between the limestone powder and runoff water in these shallow lakes probably explains the long-term effects.

Based on hydrological data and water chemistry scenarios, a liming plan for Varåa has been made as part of this work. The plan can be put into effect if needed based on further studies.

1. Bakgrunn

I forbindelse med et Interregprosjekt om bevaring og tilrettelegging for Vänerlaksen i Trysilelva/Klaraälven, fikk NIVA forespørsel om å lage en kalkingsplan for Varåa. Varåa er et 450 km² stort sidevassdrag til Trysilelva. Det ligger sør for Nybergsund, og elva renner inn i nordvestre del av Höljesmagasinet på svensk side.

Data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for langtransporterte forurensninger viser imidlertid at forurensningssituasjonen i denne delen av landet har bedret seg mye de siste 15-20 årene. Det kunne derfor være tvil om nytten av kalkingstiltak, og et vannkjemisk program ble igangsatt og gjennomført i Varåa i snøsmeltingsperioden mars-juni i 2011. Data fra langtidsovervåkede innsjøer i regionen er også trukket inn for å belyse endringer i forurensningssituasjonen fra 1980-tallet og fram til i dag.

På bakgrunn av hydrologiske data og ulike vannkjemiske scenarier, er det utarbeidet en kalkingsplan for Varåa. Planen ble laget for å kunne iverksettes hvis det skulle vise seg å være grunnlag for det.

2. Forsuringssituasjonen

Nedfallet av forsurende forbindelser er kraftig redusert de siste 20 årene, og det er ikke lenger åpenbart at menneskeskapt forurensning er et problem for fisk på Østlandet. Da er det også usikkert om kalking vil ha en nytteeffekt. En gjennomgang av kalkede innsjøer i Oslo-Akershus i 2010 viste at de fleste som ble kalket ville ha en god vannkvalitet også uten kalking (Garmo m.fl. 2010). En tilsvarende gjennomgang gjøres for Hedmark i 2011/2012.

NIVA har gjennomført regionale, vannkjemiske innsjøundersøkelser i ukalkede innsjøer i 1986 og 1995. En del av disse innsjøene har også minst årlig prøvetaking gjennom "Statlig program for forurensningsovervåking" (Klif 2010) og andre prosjekter. En rekke av disse innsjøene ligger på strekningen Kongsvinger-Femunden, og vi har sett nærmere på flere av de som ligger i eller like ved nedbørfeltet til Varåa.

Datasettene baserer seg på vannprøver tatt i oktober, og de viser at flere innsjøer hadde god vannkvalitet i 1986 til tross for SO₄-konsentrasjoner i området 2-4 mg/l. En av disse innsjøene er Fønsjøen i Varåas nedbørfelt.

Fønsjøen ligger sentralt i Varåa-vassdraget, er nå kalket, og hadde i 1986 pH 6,24. Ca/Mg-forholdet viser at innsjøen sannsynligvis ikke var påvirket av kalking på dette tidspunktet. Konsentrasjonen av kalsium var 2 mg/l og veide dermed opp for en sulfatkonsentrasjon på 2,4 mg/l. Denne innsjøen har et høyt innhold av løste organiske syrer, og hadde i 1986 en konsentrasjon av TOC (total organisk karbon) på 8,8 mg/l. I andre innsjøer ville dette gitt en lav pH, men Fønsjøen er så godt bufret fra naturens side at pH altså var over 6.

Det er aluminium som er selve giftstoffet i forsurede vannforekomster, men i Fønsjøen var konsentrasjonen av reaktivt Al i 1986 så lav som 17 µg/l, og den giftige fraksjonen kun 2 µg/l. Det viser at nedbørfeltet til Fønsjøen, som utgjør ca. 60 % av Varåas nedbørfelt, ikke var påvirket negativt av antropogen forurensning.

NIVA bruker ANC som indikator på hvordan fiskebestandene kan ha det i forsurede vannforekomster. ANC (Acid Neutralizing Capacity) er differansen mellom basekationer (Ca + Mg + K + Na) og sterke

syrrers anioner ($\text{SO}_4 + \text{NO}_3 + \text{Cl}$). Når det er mye sulfat, blir den lav, og når det kalkes blir den høy. Høy ANC gir muligheter for gode fiskebestander.

I vannforekomster med mye organiske syrer kan det tas hensyn til disse syrene i beregningen av ANC ved å trekke fra sterksyredelen av TOC i beregningen av ANC (Lydersen m.fl. 2004). Da får man ANC_{oaa} , der oaa står for organic acid anions, eller ANC_{org} som vi har valgt å kalle denne parameteren. ANC_{org} beregnes slik: $\text{ANC}_{\text{org}} = \text{ANC} - 10,2/3 * \text{TOC}$. Grenseverdiene for ANC og ANC_{org} for ørret (95 % sannsynlighet for god bestand) er hhv. ca 20 og 8 $\mu\text{ekv/l}$. I Fønsjøen var ANC 99 $\mu\text{ekv/l}$ og ANC_{org} 69 $\mu\text{ekv/l}$, noe som understreker at innsjøen hadde god vannkvalitet.

De tre tjenna/innsjøene Trollsbjergtjønna, Langtjønna og Nordre Grønsjøen litt øst og nordøst for Varåa hadde ANC på 100-200 $\mu\text{ekv/l}$ og ANC_{org} på 84-174 $\mu\text{ekv/l}$.

Grunnen til den gode vannkvaliteten i 1986 til tross for det betydelige svovelnedfallet i området er god bufning fra naturens side. Men det kan være områder med mindre gunstig geologi, som vil nyansere dette bildet.

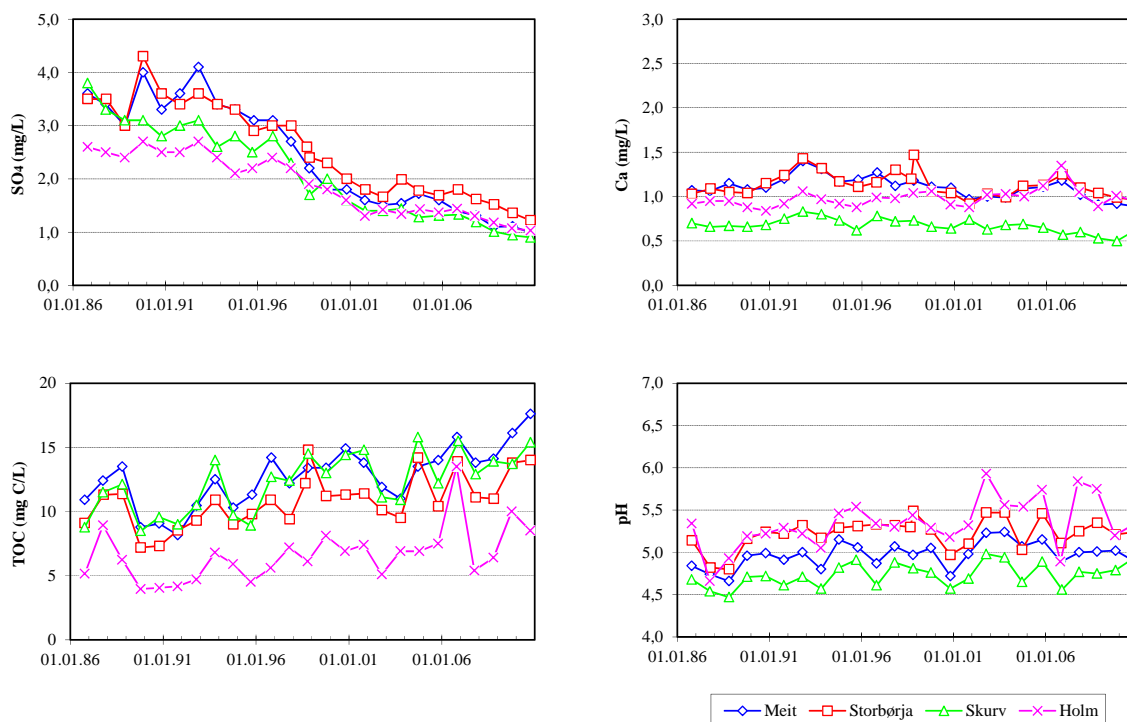
Vi har også sett på fire innsjøer fra det samme programmet (Klif 2010) i en gradient fra nord til sør. Holmsjøen ligger 559 moh rett vest for Varåa, Skurvsjøen og Meitsjøen øst for den sørlige delen av Mjøsa, mens Storbørja ligger rett sør for Kongsvinger. Alle disse innsjøene er prøvetatt hver høst i perioden 1986-2010. Dette er de eneste innsjøene i området med så hyppig prøvetaking i det nasjonale overvåkingsprogrammet.

Alle de fire innsjøene var tydelig belastet med sur nedbør på 1980-tallet og hadde SO_4 -konsentrasjoner på 2,5-4 mg/l fram til 1992 (**Figur 1**). Det var en klar nord-sør gradient, med minst belastning i nord. På 1980-tallet var denne forskjellen tydelig. 25-30 år seinere er belastningen langt mindre, og SO_4 -konsentrasjonen i innsjøene er nå nede i 0,9-1,3 mg/l. Forskjellen i sulfatkonsentrasjon er langt mindre, og nivået nær bakgrunnskonsentrasjonen for sulfat, som trolig er 0,5-0,75 mg/l (10-15 $\mu\text{ekv/l}$). Det forventes ytterligere reduksjoner i S-utslipp etter 2010. Dermed kan avstanden fra bakgrunnsnivået (referansetilstanden) bli enda mindre i løpet av de neste årene. Forsuringstrykket er lavt, men noe høyere i den sørligste innsjøen enn i de tre andre.

Vannet i Holmsjøen har sannsynligvis lang oppholdstid (høyt innsjø/nedbørfelt-forhold), og det er trolig årsaken til at sulfatkonsentrasjonen avtar saktere her enn i for eksempel Skurvsjøen.

Felles for de fire innsjøene er at de ikke er så godt bufret fra naturens side. Kalsiumkonsentrasjonen er 0,9-1,4 mg/l for tre av dem og 0,5-0,8 mg/l for Skurvsjøen (**Figur 1**). Dette er svært lavt i områder med langt mindre nedbør, avrenning og dermed fortynning enn innsjøer på Sørlandet og Vestlandet.

Felles for alle er også en betydelig høyere konsentrasjon av organisk stoff enn i forsurede innsjøer på Sørlandet. Det kan skyldes mektigere torv- og myrområder, men trolig først og fremst mindre avrenning og dermed mindre fortynning. Konsentrasjonen av TOC er klart økt i undersøkelsesperioden. Dette er et regionalt fenomen, som er tilskrevet redusert sur nedbør (Monteith m.fl. 2007). Mens TOC-konsentrasjonen i Holmsjøen er økt fra 5 til 8,5 mg/l, er den økt fra 9-10 mg/l til 13-15 mg/l i de andre (**Figur 1**).



Figur 1. Endringer i sulfat, total organisk karbon, kalsium og pH i perioden 1986-2010 for fire innsjøer i Hedmark.

Resultatet av de tre faktorene naturlig bufferevne, sur nedbør og organiske syrer for disse innsjøene er at pH er lav og har endret seg svært lite på 20 år (**Figur 1**). I Skurvsjøen er pH 4,5-5,0 pga svak bufring og mye organisk stoff. Sur nedbør har påvirket pH svært lite i denne og to av de andre innsjøene (Storbørja og Meitsjøen). pH er endret med 0,2 enheter på ca. 25 år, og selv i dagens situasjon er pH fortsatt lav pga de organiske syrene. I Holmsjøen derimot, er pH endret med 0,9 enheter. Dette skyldes at vannkvaliteten er mindre dominert av organiske syrer, og redusert sur nedbør får dermed en tydeligere effekt.

Konklusjonen på denne gjennomgangen er at forurensingssituasjonen i disse delene av Hedmark i hovedsak er god. Dette skyldes både at det i enkelte innsjøer kan være god naturlig bufferevne og at forurensingstrykket nå er lavt.

Som allerede omtalt er det lave konsentrasjoner av kalsium i disse innsjøene. I vann med lave konsentrasjoner av kalsium og høye konsentrasjoner av organisk stoff kan det være en fare for at kalsium er bundet til det organiske og dermed lite tilgjengelig for organismer i vannet. Kalking kan dermed tenkes å ha en positiv effekt ved at det tilføres mer kalsium.

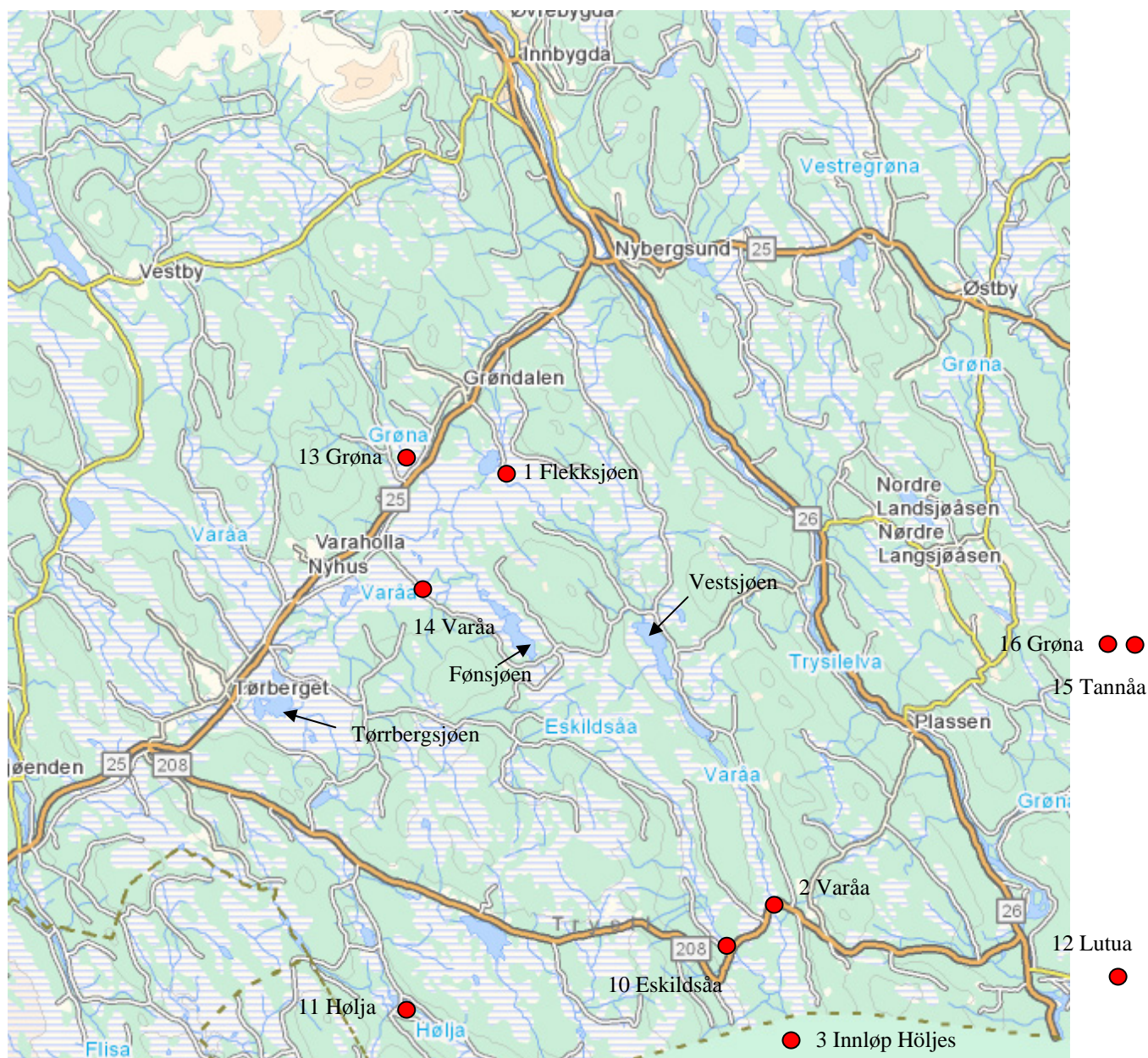
3. Vannkjemi i Varåa våren 2011

Snøsmeltingsperioden kan medføre episoder med spesielt dårlig vannkvalitet. Vannkjemiske undersøkelser i denne perioden vil derfor gi en god indikasjon på om forurensing er et problem for fisk. Det ble derfor satt i gang et vannkjemisk prøvetakingsprogram i Varåa fra slutten av mars og fram til 1. juni 2011.

3.1 Stasjoner, prøvetakingsprogram

Det ble tatt prøver i innsjøer og elver i perioden 28. mars-30. mai 2011. Frekvens og analyseprogram for hvert enkelt prøvetakingssted framgår av tabellene bak i rapporten.

Fire innsjøer ble prøvetatt én gang mens de fortsatt var islagt; Tørrbergsjøen, Fønsjøen, Flekksjøen og Vestsjøen. Det viste seg at tre av de fire innsjøene var svært grunne slik at det ikke ble tatt mer enn to prøver fra hver av disse.



Figur 2. Kart over vannkjemistasjoner i Varåa. Det er også tatt vannprøver i Hølja, samt de to sidevassdragene Grøna og Lutua til Trysilelva i øst. Tannåa renner inn i Grøna ved Kvannstranda. Kartgrunnlag: NVE Atlas.

Seks elvestasjoner ble fulgt gjennom snøsmeltingsperioden med ukentlig prøvetaking, mens fire andre stasjoner ble prøvetatt 1-5 ganger i mai. **Figur 2** viser plasseringen av vannkjemistasjonene; st.1 Flekksjøen, utløp, st. 2 Varåa v/RV 208, st. 3 Varåa inn Höljesmagasinet, st. 10 Eskildsåa (referansestasjon), st. 11 Hølja, utløp Krakkdammen, st. 12 Lutua v/bro, st. 13 Grøna v/sidevei til RV 25, st. 14 Varåa v/bro oppstrøms Fønsjøen, st. 15 Tannåa v s Tannåneset, st. 16 Grøna v/Kvannstranda.

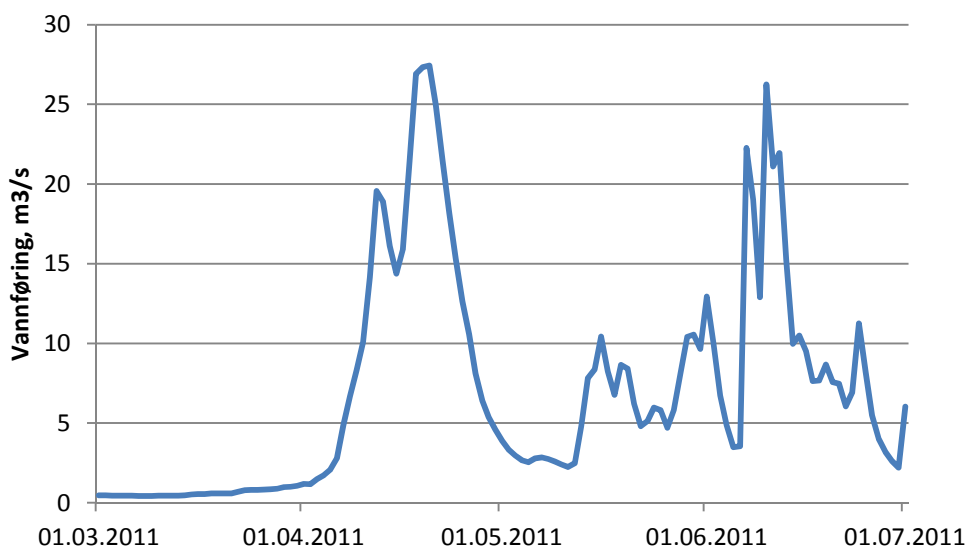
Analyseprogrammet bestod av parameterne pH, konduktivitet, alkalitet, total nitrogen, ammonium, nitrat, total organisk karbon, klorid, sulfat, reaktivt aluminium, ikke-labil aluminium, kalsium, kalium, magnesium, natrium, jern og mangan. Det ble benyttet et kortere analyseprogram på noen av prøvetakingsrundene; pH, total organisk karbon, reaktivt aluminium, ikke-labil aluminium, kalsium, magnesium. Sulfat ble inkludert en gang i dette kortprogrammet.

Alle data er gitt i vedlegg bak i rapporten.

3.2 Vannføring

NVE har beregnet vannføringen i Varåa (**Figur 3**). Den er basert på skalert serie fra VM 2.1 Hådammen, som er et 38 km² stort nedbørfelt på samme høydenivå som Varåa. Det ligger helt øverst i Flisavassdraget, og 17 km sørvest for Fønsjøen i Varåas nedbørfelt.

Våren 2011 var spesielt varm. Vårflommen var derfor i gang allerede tidlig i april, og var på sitt høyeste 20. april i 2011. Etter at vårflommen var over, førte nedbør til vannføringsøkning utover i mai og juni. Vannføringen omkring 10. juni var like stor som under vårflommen.

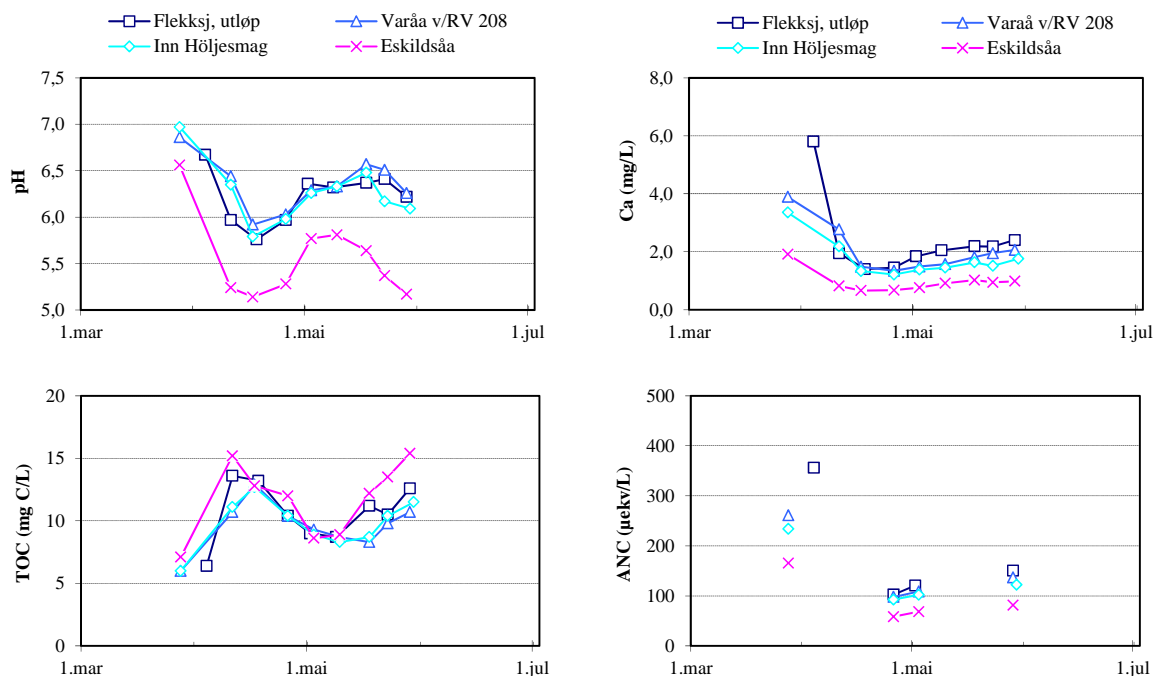


Figur 3. Beregnet vannføring i Varåa (fra NVE).

3.3 Resultater

Eskildsåa er ukalket, og ble brukt som referanse. Før vårflommen kom i gang (**Figur 3**), var pH nær 6,5, men helt nede i 5,14 ved prøvetakingen den 17. april (**Figur 4**). Da var vannføringen hele 21 m³/s, og rett før vårflommen nådde sitt høyeste nivå med 27 m³/s. På avtakende vannføring økte pH noe igjen, før den ble redusert til 5,37 i slutten av mai etter kraftig regn og økt vannføring. Da ble det også

funnet den høyeste konsentrasjon av labilt Al (17 µg/l). Øvrige konsentrasjoner, også gjennom vårflommen, var under 12 µg/l.



Figur 4. pH, kalsium, total organisk karbon og syrenøytraliserende kapasitet er vist for prøver tatt våren 2011 ved st. 1 Flekksjøen, utløp, st. 2 Varaå v/RV 208, st. 3 Varaå inn Höljesmagasinet og st. 10 Eskildsåa (referansestasjon).

Eskildsåa er dårlig bufret fra naturens side. Om vi ser bort fra den første vannprøven, var Ca- og Mg-konsentrasjonene på hhv 0,7-1 mg/L og 0,2-0,3 mg/L. Dette er spesielt lavt når man tar i betraktning at avrenningen i dette området er så lav som 17 L/s/km².

Ca/Mg-forholdet kan brukes for å identifisere kalkpåvirkning, og i denne perioden var forholdet 3,2-3,5 i Eskildsåa. Det antas å være typisk for Varaås nedbørfelt, i og med at det ikke er grunn til å tro at geologien er annerledes i Eskildsåa enn i øvrige deler av nedbørfeltet. Til sammenlikning var Ca/Mg-forholdet 3,9-4,3 i Lutua, som heller ikke er kalket, men som har en langt bedre bufferevne fra naturens side. Ca-konsentrasjonene var her 1,6-1,85 mg/L i april og mai.

Ingen av de fire innsjøene hadde lav pH (< 6) da de ble prøvetatt under isen i slutten av mars. Tvert i mot lå verdiene relativt høyt (pH 6,1-6,8) til tross for at kalking ikke hadde blitt gjennomført de siste årene. Med unntak av en prøve på 14 µg/l labilt aluminium fra en vannprøve på 8 m dyp i Vestsjøen, lå verdiene for den giftige aluminiumsfraksjonen svært lavt.

Det er to hovedgrunner til denne gode vannkvaliteten; verdiene av sulfat var lave (1,1-1,6 mg/L), mens kalsiumkonsentrasjonene var forholdsvis høye (2,6-5,8 mg/L). Dette tilsier uvanlig god bufferevne i forhold til sulfatnivået, og verdiene for syrenøytraliserende kapasitet (ANC) var da også høye (191-360 µekv/L).

Årsaken til de høye kalsiumkonsentrasjonene er undersøkt nærmere. De skyldes åpenbart en resteffekt av kalking. Det viser Ca/Mg-forholdet, som var 5,9-7,3 i utløpet av Flekksjøen, 5,4-6,1 i Varåa ved bru over RV 208 og 4,7-5,4 ved innløpet til Höljesmagasinet. Avtaket fra Flekksjøen til Höljesmagasinet skyldes avtakende resteffekt av kalking. Den kalkede Hølja hadde til sammenlikning et Ca/Mg-forhold i området 8-17.

Hølja er sterkt påvirket av kalkdosereringen i denne elva, og pH- og kalsiumverdiene var lite påvirket under snøsmeltingen (pH 6,75-7,32 og Ca 5,0-8,6 mg/L).

De fem øvrige stasjonene som ble fulgt i snøsmeltingsperioden hadde høyest eller tilnærmet høyest pH-verdi før snøsmelting i slutten av mars/begynnelsen av april. Deretter falt pH-verdiene og de laveste verdiene ble målt under maksimal snøsmelting i perioden 11.-18. april. Det ble imidlertid ikke målt lavere pH enn 5,76 (utløpet av Flekksjøen 18. april) der det tidligere har vært kalket.

Basert på de beregnede verdiene for Ca/Mg-forholdet, er det mulig å finne fram til hvor stor resteffekten av kalking i Varåa er. Utgangspunktet er Ca/Mg-forholdet i Eskildsåa, som er 3,4 i middel. Ved å bruke den verdien og målte Mg-konsentrasjoner i Varåa, kan en beregne "ukalkede" konsentrasjoner av Ca og så sammenlikne den med de målte.

Ved utløpet av Flekksjøen utgjør konsentrasjonen av Ca forårsaket av restkalk om lag like mye som bakgrunnskonsentrasjonen, og begge er ca. 1 mg/l. I Varåa ved riksveibrua er Ca fra restkalk redusert til 70% av "ukalket" Ca og ved innløp Höljesmagasinet til 50 %. Beregningene viser at det er en meget stor og vedvarende effekt av tidligere års kalking i dette vassdraget. Effekten er betydelig i og med at pH holdes høy gjennom vårfloppen,

Lite forsuringstrykk og kalkeeffekten har resultert i forholdsvis høye pH-verdier og lave konsentrasjoner av giftig aluminium i Varåa, og tilsier at Varåa hadde en god vannkvalitet for ørret gjennom snøsmeltingen. Vi antar dette også gjelder for Vänerlaks.

Uten kalkeeffekt, kunne vannkvaliteten i Varåa vært nærmere den som ble målt i Eskildsåa. Men heller ikke her er vannkvaliteten nødvendigvis for dårlig for ørret eller laks, iallfall ikke om en ser på ANC-verdier og de beregnede konsentrasjonene av giftig aluminium. Det kan imidlertid være et spørsmål om Vänerlaksen tåler pH-verdier ned mot 5,0. Selv om laksen kan ha brukt disse vassdragsdelene som habitat i tidligere tider, kan vannkvaliteten ha vært marginal. For å kunne vurdere dette, kreves undersøkelser av Vänerlaksens vannkvalitetskrav.

4. Kalkingsplan for Varåa

Å utarbeide en kalkingsplan for Varåa kan, på bakgrunn av vurderingene over, kanskje fortone seg litt underlig. Og det kan være at kalking ikke er nødvendig for ørret og andre fiskearter i området. Det kan også være at kalking er unødvendig for Vänerlaksen, men Vänerlaksens vannkvalitetskrav er ikke kjent. Foreliggende kalkingsplan bør derfor ikke realiseres før behovet er bedre dokumentert. Alternativt kan den realiseres for å være føre var, men da kan det være at tiltaket har liten nytteeffekt og etter en tid bør avvikles.

NIVA har arbeidet over lang tid med vannkvalitetskravene til laksen på Sørlandet og Vestlandet. Konklusjonen er at kalkingen i det området må fortsette fordi forsuringen fortsatt er så stor at giftig aluminium mobiliseres og gir negative effekter på laks. pH-grensen er satt til pH 6,2-6,4 i smoltifiseringsperioden pga den spesielle sensitiviteten i denne perioden. I og med at giftig aluminium

i langt mindre grad kan påvises i Varåa og at lav pH i stor grad skyldes naturlig forekommende organiske syrer, er det naturlig å sette mål-pH lavere enn dette. Vi foreslår at pH 6,0 er utgangspunkt for å beregne kalkbehov.

Kalkingsplanen tar utgangspunkt i at elvestrekningen fra Flekksjøen, evt. fra et område høyere oppe i vassdraget, og ned til Höljesmagasinet skal ha god vannkvalitet.

4.1 Innsjøkalking eller kalkdoserer?

Kalking av innsjøer sikrer generelt god vannkvalitet i den isfrie perioden, mens en kalkdoserer som går gjennom vinteren ofte er påkrevet for å sikre god vannkvalitet på lakseførende strekning året rundt. Erfaring fra innsjøer på Sørlandet er at surt smeltevann skyver ut kalket vann oppunder isen. Vinter/vår-avrenning fra innsjøen vil dermed også etter hvert være sur.

Hvis det er betydelige kalkreservoarer i grunne innsjøer, kan det imidlertid være at vannkvaliteten ut av innsjøene har en klar kalkeffekt også mens isen ligger. I Varåa viser data fra de vannkjemiske undersøkelsene at det er tilfellet. Vannkvaliteten kan være god med kun innsjøkalking, selv flere år etter at kalking er avsluttet i innsjøene. Denne kalkeffekten vil også dempe betydningen av spesielt sure episoder.

Men kalkdosering fra en doserer vil være en bedre garanti for god vannkvalitet gjennom vårflommen. Da kan også dosen justeres og tiltaket optimaliseres. For at dette skal ha betydning for laksen i vassdraget, må doseren plasseres på riktig sted. Her er nærhet til lakseførende strekning og forholdet mellom nedbørfeltet oppstrøm og nedstrøms viktig. Dosererens oppgave i Varåa skal være å sikre at god vannkvalitet opprettholdes fram til enden av målområdet, dvs. ned til Höljesmagasinet. Med god resteffekt av kalking fra innsjøene, vil kalkforbruket i en doserer bli redusert. Men i og med at forsuringpåvirkningen er så marginal, kan det i framtida være tilstrekkelig med kun kalkdosering.

Innsjøkalking kan velges som strategi, og da anbefales kalking av Tørrbergsjøen, Flekksjøen og Vestsjøen, men ikke Fønsjøen. Tørrbergsjøen har et nedbørfelt på 56 km², slik at kalkeffekten herfra blir betydelig pga stor avrenning. Flekksjøen og Vestsjøen ligger hhv. rett oppstrøms og i målområdet for Vänerlaksen, og vil bidra med kalkeffekt videre nedover i vassdraget. Fønsjøen derimot har et svært lite nedbørfelt (11,5 km²), og vannbidrag og dermed kalkeffekt derfra blir forholdsvis lite.

4.2 Plassering av kalkdoserer

Laksunger i forsured vassdrag kan overleve i elvegrusen fordi vannkvaliteten nede i grusen er bedre enn i vannfasen over. Dette gjelder i enda større grad i kalkede vassdrag, der elvesubstratet kan være «ladet» med kalk. Selv om ellevannet tidsvis blir surt pga manglende kalkdosering om vinteren, kan denne effekten være viktig for bestanden. Men en god bestand kan være avhengig av kontinuerlig kalkdosering. Dette kan være vanskelig å få til i Varåa hvis det er problemer med atkomst til dosereren gjennom vinteren eller tilgang på strøm.

Tre steder er vurdert for plassering av kalkdoserer i Varåa. Alle er i området ved Flekksjøen for å sikre at størst mulig del av laksens produksjonsområde blir behandlet.

Det er antydnet at en kalkdoserer i Varåa bør plasseres i utløpet av Flekksjøen. Vi tror det kan være en strategisk bra plassering, både fordi eventuell kalking oppstrøms kan gi god effekt ned til dosereren og fordi dosereren kan gi god effekt videre ned til Höljesmagasinet. En plassering høyere oppe vil øke kalkdosen, gi større fare for sedimentasjon av kalk pga høy kalkdose og gi mindre muligheter for optimalisert dosering, mens en doserer lengere nede vil redusere effektområdet.

Utløpsområdet av Flekksjøen er vurdert på bakgrunn av kartinformasjon, flyfoto og befarings. Elva blir raskt svært stilleflytende her, og hvis en ikke kalker med svært lettløselig kalk (kritt/slurry-kvalitet) vil mye kalk sedimentere. Plassering helt oppe ved utløpsoset kunne være en løsning, men sumpaktig terreng vil trolig kreve uakseptable inngrep i naturen.

Vi har også vurdert å plassere dosereren noen få kilometer nedstrøms Flekksjøen, men her er atkomsten til elva svært vanskelig, og vil kreve forholdsvis store inngrep for veiframføring. Egnede plasseringssteder er heller ikke så lett å finne. Noe av grunnen til det er dårlig definerte elvesider og fare for at vannet kan stå innover i terrenget omkring dosereren. Sterk turbulens kan også føre til masseforflytninger og endringer i elvekantene. På dette stedet er to tredeler av nedbørfeltet oppstrøms, elva videre nedover har god turbulens og kalken vil løses opp på best mulig måte. Faren for nedslamming av elvesubstrat er dermed liten.

Det siste stedet som ble vurdert ved befaringen våren 2011 ligger oppstrøms Flekksjøen, der vei krysser elva oppstrøms Fønsjøen. Dette er imidlertid også oppstrøms Grøna, slik at om lag 90 km² av nedbørfeltet oppstrøms Flekksjøen «mistes». Kalkdosen blir da høyere, men vil fortsatt være akseptabel mht sedimentasjon og dårlig oppløsning for avsyring helt ned til Höljesmagasinet. Oppholdstiden i Flekksjøen er så kort at det bør være mulig å justere doseringen her for å oppnå optimal effekt nedstrøms Flekksjøen. På dette stedet er det god turbulens for oppløsning av vanlig vassdragskalk, kalkdosereren kan stå på tørt land og det er lett atkomst. Området umiddelbart oppstrøms brua ble vurdert som best egnet.

Av de tre stedene som er vurdert, er det siste best egnet.

4.3 Kalkdoserer og kalkmengder

Kalkoppløsning og faren for nedslamming er blant annet avhengig av hvor finmalt kalken er. For både innsjøkalking og dosererkalking vil vi anbefale kalkkvaliteter tilsvarende NK3 fra Frantzevoss Miljøkalk, der 90 % av partiklene er mindre enn 0,09 mm, 50 % < 0,016 mm og 20 % < 0,004 mm.

Kalkforbruket er avhengig av vannkvalitet og vannkvalitetsgrenser. Vi har her valgt å ta utgangspunkt i en vannkvalitetsforbedring på en pH-enhet, og har valgt intervallet pH 5,0 til pH 6,0. Det er tatt hensyn til at TOC er over 5 mg/l i doseberegningen, men anslaget kan likevel bli noe lavt fordi de organiske syrene kan kreve enda mer avsyring. Det beste ville være å titrere vannet med en egnet base (NaHCO₃) for å finne den riktige dosen.

Innsjøkalking kan gjøres som årlig kalking av Tørrbergsjøen, Flekksjøen og Vestsjøen, men oppholdstidene er svært korte, kun 0,1 år i Tørrbergsjøen, 0,004 i Flekksjøen og 0,2 år i Vestsjøen. Det er derfor i utgangspunktet tvilsomt om innsjøkalking er godt egnet. På den annen side, viser måleresultatene fra våren 2011 at innsjøkalkingen utvilsomt har hatt effekt i lang tid etter kalkslutt. For å øke pH i innsjøene med en enhet i området 5 til 6, kreves 10 tonn kalk i Tørrbergsjøen, 2 tonn i Flekksjøen og 9 tonn i Vestsjøen. Her er det regnet med 85 % CaCO₃ i kalken og 50 % kalkoppløsning over tid. For å ta hensyn til den svært korte oppholdstiden, foreslås å tredoble disse mengdene. Arealdosene i innsjøene blir da forholdsvis stor, men dette bidrar til langtidseffekt.

Ved beregning av kalkdoser ved kalkdosering må en ta hensyn til nedbørfeltstørrelse oppstrøms doserer og det totale nedbørfeltet til målområdet. Kalkoppløsningen kan også være annerledes i elven ved innsjøkalking.

Nedbørfeltet ned til Höljesmagasinet er beregnet til 412 km², den spesifikke avrenningen er beregnet til 17 L/s/km² og middelvannføringen ved innløpet til denne innsjøen blir da 7 m³/s. Årlig avrenning blir 220 mill m³. Vi har lagt til grunn 75 % kalkoppløsning og 85 % CaCO₃ i kalken. Det er gjort ulike beregninger på denne bakgrunn.

Uten annen kalking, vil kalkmengden gjennom dosereren bli 560 tonn, og kalkdosen 6,5 g kalk/m³ ved en doserer på anbefalt sted.

Hvis vi antar at snøsmeltingen utgjør en tredel av årlig avrenning og at kalkdosen skal være den samme hele året, vil behovet gjennom snøsmeltingsperioden være noe under 200 tonn. Hvis det ikke kan kalkes gjennom denne perioden, bør dosering i snø- og frostfri periode kombineres med innsjøkalking, men kalkmengden for innsjøene kan være mindre enn hvis kun innsjøkalking velges.

5. Referanser

Garmo, Ø., Kroglund, F. og Austnes, K. 2011. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. NIVA-rapport 6151-2011. 35 s.

Klif. 2010. Overvåking av langtransportert luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2009. Rapport 1078/2010. Statlig program for forurensningsovervåking. Klima- og forurensningsdirektoratet, Oslo, 162 s.

Lydersen, E., Larssen, T. and Fjeld, E. 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Sci. Tot. Environ.* 326: 63-69.

Monteith, D.T., Stoddard, J.L., Evans, C.D., de Wit, H.A., Forsius, M., Hogasen, T., Wilander, A., Skjelkvale, B.L., Jeffries, D.S., Vuorenmaa, J., Keller, B., Kopacek, J., Vesely, J., et al. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *NATURE*, 450 (7169): 537-U9.

Vedlegg A. Primærdata

Kond	Konduktivitet	NH ₄ -N	Ammonium	SO ₄	Sulfat	Ca	Kalsium	Fe	Jern															
Alk	Alkalitet i mmol/L	NO ₃ -N	Nitrat	Al/R	Reaktivt aluminium	K	Kalium	Mn	Mangan															
Alk-E	Alkalitet i pekvalenter	TOC	Total organisk karbon	Al/II	Ikke-labilt aluminium	Mg	Magnesium	ANC	Syrenøytraliserende kapasitet															
Tot-N	Total nitrogen	Cl	Klorid	LAI	Labilt aluminium	Na	Natrium	ANC _{org}	Syrenøytraliserende kapasitet – sterksyre del av TOC															
St.nr.	Lokalitet	Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	Alk mmol/L	Alk-E pekval/L	Tot-N µg/L	NH ₄ -N µg/L	NO ₃ -N µg/L	TOC mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAL µg/L	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Fe µg/L	Mn µg/L	ANC µekval/L	ANC _{org} µekval/L
Elvestasjoner																								
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	04.04.11		6,67	4,77	0,318	297	300	28	86	6,4	3,03	1,70	13	9	4	5,80	0,66	0,80	2,55	1770	147	356	2257
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	11.04.11		5,97							13,6			20	18	2	1,95		0,33					
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	18.04.11		5,76							13,2		0,67	32	29	3	1,40		0,23					
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	26.04.11		5,97	1,46	0,069	41	325	31	19	10,4	0,80	0,75	15	5	10	1,45	0,71	0,24	0,73	744	92,5	102	1030
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	02.05.11		6,36	1,75	0,086	59	315	4	18	9,0	1,04	1,03	22	18	4	1,84	0,70	0,29	0,90	867	63,9	121	1055
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	09.05.11		6,32							8,7			22	20	2	2,05		0,33					
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	18.05.11		6,37							11,2			27	21	6	2,19		0,33					
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	23.05.11		6,41							10,5			25	22	3	2,18		0,30					
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	29.05.11		6,22	1,84	0,096	69	355	11	13	12,6	0,90	1,15	36	35	1	2,40	0,47	0,33	0,96	671	37,4	150	1853
2	Varåa (bro v/RV 208)	28.03.11		6,86	3,08	0,226	203	260	22	81	6,0	0,92	1,50	9	5	4	3,89	0,49	0,65	1,47	1270	31,7	261	1546
2	Varåa (bro v/RV 208)	11.04.11		6,44							10,7			16	15	1	2,77		0,49					
2	Varåa (bro v/RV 208)	17.04.11		5,92							12,9		0,79	33	29	4	1,48		0,27					
2	Varåa (bro v/RV 208)	26.04.11		6,03	1,39	0,064	36	320	39	14	10,4	0,73	0,70	27	19	8	1,34	0,70	0,23	0,70	730	80,8	98	984
2	Varåa (bro v/RV 208)	03.05.11		6,29	1,49	0,071	43	295	3	7	9,3	0,77	0,84	24	21	3	1,49	0,70	0,26	0,80	687	35,4	109	980
2	Varåa (bro v/RV 208)	10.05.11		6,33							8,7			24	22	2	1,57		0,29					
2	Varåa (bro v/RV 208)	18.05.11		6,57							8,3			15	11	4	1,81		0,32					
2	Varåa (bro v/RV 208)	23.05.11		6,51							9,8			19	17	2	1,95		0,32					
2	Varåa (bro v/RV 208)	29.05.11		6,26	1,72	0,090	63	305	5	4	10,7	0,90	1,17	30	28	2	2,06	0,50	0,34	0,99	674	37,5	137	1425
3	Varåa inn Høljessmagasin	28.03.11		6,97	2,78	0,198	174	265	18	83	6,0	0,89	1,45	10	6	4	3,35	0,51	0,62	1,47	1220	15,9	234	1383
3	Varåa inn Høljessmagasin	11.04.11		6,35							11,1			20	17	3	2,18		0,42					
3	Varåa inn Høljessmagasin	17.04.11		5,79							12,7		0,78	37	33	4	1,33		0,26					
3	Varåa inn Høljessmagasin	26.04.11		5,98	1,33	0,059	30	310	44	13	10,4	0,65	0,75	28	20	8	1,21	0,64	0,24	0,71	729	77,8	92	927
3	Varåa inn Høljessmagasin	03.05.11		6,26	1,47	0,067	39	285	2	8	8,9	0,72	0,91	26	22	4	1,38	0,63	0,26	0,82	688	26,2	102	879
3	Varåa inn Høljessmagasin	10.05.11		6,33							8,3			27	23	4	1,45		0,29					
3	Varåa inn Høljessmagasin	18.05.11		6,48							8,7			24	20	4	1,63		0,32					
3	Varåa inn Høljessmagasin	23.05.11		6,17							10,4			48	42	6	1,51		0,32					
3	Varåa inn Høljessmagasin	30.05.11		6,09	1,57	0,078	50	295	4	5	11,5	0,73	1,19	43	40	3	1,76	0,40	0,34	0,96	618	35,1	122	1365
10	Esksidsåa (bro v/RV 208)	28.03.11		6,56	2,06	0,136	111	225	7	53	7,1	0,76	1,20	18	15	3	1,91	0,57	0,53	1,43	1390	43,7	165	1151
10	Esksidsåa (bro v/RV 208)	11.04.11		5,24							15,2			54	47	7	0,82		0,25					
10	Esksidsåa (bro v/RV 208)	17.04.11		5,14							12,8		0,61	50	39	11	0,66		0,20					
10	Esksidsåa (bro v/RV 208)	26.04.11		5,28	1,12	0,031	0	300	4	7	12,0	0,40	0,81	35	25	10	0,67	0,40	0,20	0,62	886	99,4	58	660

Star.	Lokalitet	Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	Alk mmol/L	Alk-E µekv/L	Tot-N µg/L N	NH ₄ -N µg/L N	NO ₃ -N µg/L N	TOC mg/L C	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAL µg/L	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Fe µg/L	Mn µg/L	ANC µekv/L	ANC _{org} µekv/L
10	Eskildsää (bro v/RV 208)	03.05.11		5,77	1,20	0,046	16	230	<2	<1	8,6	0,45	1,11	41	34	7	0,76	0,38	0,24	0,85	686	52,2	68	560
10	Eskildsää (bro v/RV 208)	10.05.11		5,81							8,9			44	38	6	0,91		0,28					
10	Eskildsää (bro v/RV 208)	18.05.11		5,64							12,2			54	45	9	1,02		0,29					
10	Eskildsää (bro v/RV 208)	23.05.11		5,37							13,5			78	61	17	0,94		0,28					
10	Eskildsää (bro v/RV 208)	29.05.11		5,17	1,37	0,042	12	300	4	<1	15,4	0,36	0,93	89	69	20	0,98	0,19	0,28	0,78	774	71,4	81	1197
11	Hølja, utløp Krakkdammen	29.03.11		6,95	4,58	0,394	374	355	65	70	9,8	0,80	1,17	19	13	6	7,32	0,56	0,87	1,19	1820	265	451	4386
11	Hølja, utløp Krakkdammen	11.04.11		6,75							15,0			15	9	6	4,96		0,46					
11	Hølja, utløp Krakkdammen	18.04.11		6,99							12,2		0,58	12	8	4	5,51		0,35					
11	Hølja, utløp Krakkdammen	26.04.11		7,07	3,22	0,293	271	315	16	12	11,3	0,44	0,61	12	<5		6,05	0,66	0,35	0,50	656	93,1	343	3841
11	Hølja, utløp Krakkdammen	02.05.11		7,32	4,38	0,397	377	325	8	21	11,1	0,60	0,76	11	<5		8,55	0,60	0,50	0,66	837	83,2	478	5263
11	Hølja, utløp Krakkdammen	09.05.11		7,06							10,3			12	6	6	7,27		0,50					
11	Hølja, utløp Krakkdammen	18.05.11		7,23							10,7			15	8	7	7,37		0,52					
11	Hølja, utløp Krakkdammen	23.05.11		7,14							10,5			17	10	7	7,99		0,57					
11	Hølja, utløp Krakkdammen	29.05.11		7,12	3,30	0,287	265	325	4	17	11,9	0,57	0,97	26	20	6	6,24	0,47	0,55	0,77	828	59,5	365	4299
12	Lutua v/bro	28.03.11		6,92	2,66	0,188	164	255	13	68	7,6	1,01	1,06	7	<5		3,08	0,35	0,75	1,43	853	18,9	231	1731
12	Lutua v/bro	11.04.11		6,16							12,2			19	16	3	1,61		0,41					
12	Lutua v/bro	17.04.11		6,33							11,5		0,79	21	19	2	1,68		0,40					
12	Lutua v/bro	26.04.11		6,53	1,55	0,090	63	260	7	21	9,4	0,60	0,75	18	12	6	1,60	0,41	0,39	0,85	666	38,6	125	1146
12	Lutua v/bro	03.05.11		6,70	1,69	0,100	73	240	2	20	8,3	0,69	0,91	14	12	2	1,80	0,39	0,43	0,95	669	31,7	137	1106
12	Lutua v/bro	10.05.11		6,62							7,8			14	11	3	1,76		0,44					
12	Lutua v/bro	18.05.11		6,65							8,3			15	12	3	1,80		0,43					
12	Lutua v/bro	23.05.11		6,73							8,1			14	11	3	1,81		0,42					
12	Lutua v/bro	30.05.11		6,52	1,58	0,099	72	260	5	5	9,6	0,66	0,85	20	18	2	1,85	0,31	0,44	0,99	535	30,2	143	1339
13	Grøna v/sidevei til RV 25	02.05.11		6,68	1,62	0,098	71	185	22	7	5,2	0,48	1,37	19	16	3	1,75	0,53	0,29	0,80	271	25,3	117	591
13	Grøna v/sidevei til RV 25	09.05.11		6,63							5,4			16	12	4	2,00		0,34					
13	Grøna v/sidevei til RV 25	18.05.11		6,76							8,7			26	23	3	1,90		0,31					
13	Grøna v/sidevei til RV 25	23.05.11		6,44							9,0			30	26	4	1,79		0,29					
13	Grøna v/sidevei til RV 25	29.05.11		6,27	1,36	0,078	50	250	6	<1	10,1	0,39	1,04	41	36	5	1,78	0,30	0,29	0,75	363	29,9	120	1180
14	Varåa v/bru oppstr Fønsjøen	02.05.11		6,49	1,93	0,094	67	340	3	28	10,4	1,14	1,15	22	18	4	2,19	0,77	0,31	0,94	926	52,6	137	1392
14	Varåa v/bru oppstr Fønsjøen	09.05.11		6,36							9,8			21	17	4	2,21		0,33					
14	Varåa v/bru oppstr Fønsjøen	18.05.11		6,34							12,7			23	20	3	2,33		0,32					
14	Varåa v/bru oppstr Fønsjøen	23.05.11		6,37							11,4			26	22	4	2,29		0,32					
14	Varåa v/bru oppstr Fønsjøen	29.05.11		5,97	1,75	0,080	52	355	3	18	14,2	0,87	1,17	35	30	5	2,24	0,48	0,32	0,88	714	53,4	138	1918
15	Tannåa v s Tannåneset	03.05.11		6,83	1,72	0,121	95	165	<2	1	5,2	0,69	0,90	6	<5		1,93	0,32	0,37	1,02	344	19,6	141	716
16	Grøna v/Kvannstranda	03.05.11		6,74	1,75	0,121	95	215	3	6	6,4	0,63	0,98	9	8	1	1,91	0,42	0,44	0,98	661	74,2	146	914

St.nr.	Lokalitet	Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	Alk mmol/L	Alk-E µekv/L	Tot-N µg/L N	NH ₄ -N µg/L N	NO ₃ -N µg/L N	TOC mg/L C	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAL µg/L	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Fe µg/L	Mn µg/L	ANC µekv/L	ANC _{org} µekv/L
Innsjøstasjoner																								
20	Tørrbergsjøen	28.03.11	1,5	6,13	2,59	0,153	128	380	35	92	13,2	1,18	1,22	30	26	4	3,44	0,44	0,50	1,04	906	110	204	2648
20	Tørrbergsjøen	28.03.11	2,5	6,10	2,55	0,140	115	380	16	92	12,8	1,20	1,23	35	30	5	3,42	0,43	0,51	1,03	947	121	202	2547
21	Fønsjøen	28.03.11	2	6,12	2,42	0,166	141	300	56	57	8,2	0,69	1,30	21	18	3	2,70	0,44	0,53	1,19	1470	295	191	1536
21	Fønsjøen	28.03.11	3	6,23	2,37	0,164	139	275	40	54	6,6	0,65	1,40	15	12	3	2,62	0,49	0,55	1,23	1220	231	191	1236
22	Flekksjøen, NØ	04.04.11	1	6,64	4,78	0,322	301	310	28	83	6,5	2,93	1,62	15	13	2	5,76	0,68	0,80	2,56	1740	147	360	2316
22	Flekksjøen, NV	04.04.11	1	6,64	4,84	0,320	299	305	28	85	6,5	3,01	1,68	12	9	3	5,81	0,67	0,80	2,58	1750	153	359	2312
23	Vestsjøen	28.03.11	2	6,80	3,63	0,265	243	320	24	105	6,3	1,29	1,63	9	<5		4,78	0,57	0,74	1,71	1270	57,2	311	1935
23	Vestsjøen	28.03.11	4	6,52	3,02	0,208	185	295	12	105	7,2	1,08	1,51	12	7	5	3,83	0,48	0,62	1,41	1140	136	246	1749
23	Vestsjøen	28.03.11	8	6,32	3,40	0,270	248	590	250	76	11,6	1,01	1,07	40	26	14	3,37	0,40	0,63	1,19	7280	2240	226	2580

Vedlegg B. Koordinater

St.nr.	Lokalitet	Kommune	NVE vann nr	UTM nord meter	UTM øst meter	UTM sone
1	Flekksjøen, utløp (bro v/Dammen)	Trysil kommune		6789549	675242	32
2	Varåa (bro v/RV 208)	Trysil kommune		6776742	684961	32
3	Varåa inn Høljemagasinet (i Sverige)					
10	Eskildsaa (bro v/RV 208)	Trysil kommune		6775288	683812	32
11	Hølja, utløp Krakkdammen	Trysil kommune		6772657	673600	32
12	Lutua v/bro	Trysil kommune		6775244	694576	32
13	Grøna v/sidevei til RV 25	Trysil kommune		6789380	672700	32
14	Varåa v/bro oppstr Fønsjøen	Trysil kommune		6785687	672960	32
15	Tannåa v Tannåneset	Trysil kommune		6786260	698090	32
16	Grøna v/Kvannstranda	Trysil kommune		6785940	696170	32
Innsjøstasjoner						
20	Tørrbergsjøen	Trysil kommune	33663	6781635	668955	32
21	Fønsjøen	Trysil kommune	33649	6784321	676234	32
22	Flekksjøen NØ	Trysil kommune	33634	6789900	675050	32
22	Flekksjøen NV	Trysil kommune	33634	6789900	674870	32
23	Vestsjøen	Trysil kommune	33652	6784739	680378	32

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