

# Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2009



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

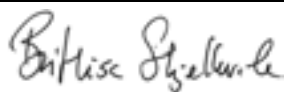
Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2009	Løpenr. (for bestilling) 5973-2010	Dato Mai 2010
	Prosjektnr. Undernr. O-26061	Sider Pris 19
Forfatter(e) Brit Lisa Skjelkvåle Liv Bente Skancke	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Fri
	Geografisk område Modalen kommune, Hordaland	Trykket NIVA

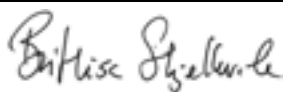
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Formålet med dette prosjektet er å følge den vannkjemiske utviklingen i Modalselva samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget. Modalselva er en typisk elv på Vestlandet med svært ionefattig og forsuringfølsom vannkvalitet. Her er naturens tålegrense for forsuring svært lav ettersom kalsium- og TOC-verdiene er så lave. Det har vært en generell bedring i vannkvaliteten i dette vassdraget som følge av reduserte tilførsler av langtransporterte forurensninger som også ellers i Sør-Norge. Flytting av prøvetaksingssted våren 2002 har medvirket til at verdiene for flere av parametrene nå viser mindre svingninger enn tidligere. Begge de to foregående årene hadde to stikkprøver med negativ ANC-verdi, mens alle prøvene i 2009 hadde positiv ANC-verdi. Selv om vannkvaliteten er bedret, ligger fortsatt enkeltprøver tidvis under grenseverdien for ANC for innlandsørret og må bedres ytterligere for å nå over grenseverdien for laks. Stikkprøvene for 2009 avdekket ingen alvorlige pH-drop grunnet sterke sjøsaltepisoder.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåking</li> <li>2. Vannkemi</li> <li>3. Forsuring</li> <li>4. Tidstrender</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring</li> <li>2. Water Chemistry</li> <li>3. Acidification</li> <li>4. Trends</li> </ol>
---	---



Brit Lisa Skjelkvåle  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Modalselva i Hordaland;**  
vannkjemisk overvåking i 2009

## Forord

Vannkjemisk overvåking av Modalselva har vært en del av Statlig program for forurensningsovervåking i perioden 1980 - 2003, finansiert av Statens Forurensningstilsyn. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt.

Fra og med 2006 har den vannkjemiske overvåkingen blitt videreført etter samme metodikk som tidligere. I denne perioden har overvåkingen vært finansiert av Miljøvern avdelingen ved Fylkesmannen i Hordaland. Kontaktperson har vært Kjell Hegna.

Oslo, mai 2010

*Brit Lisa Skjelkvåle*

---

# **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Metodikk</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
<b>4. Referanser</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg A. Vannkjemiske analyser</b>	<b>18</b>

## Sammendrag

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland er en typisk Vestlandselv, med svært ionefattig og forsuringfølsom vannkvalitet. Her er naturens tålegrense for forsuring også svært lav ettersom kalsiumverdiene er lave ( $< 0,5$  mg/L). I tillegg er konsentrasjonene av organisk karbon også svært lave ( $< 1$  mg C/L).

Modalselva var i perioden 1980 - 2003 en del av SFTs (nå Klif) Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA fortsatte prøvetakingen et par måneder i 2004. Overvåkingen ble gjenopptatt i 2006, finansiert av Fylkesmannen i Hordaland.

Den delen av sulfat som antas å ha bli tilført via sur nedbør, har hatt en gradvis reduksjon gjennom måleperioden 1980-2009. Verdiene for aritmetisk årsmiddelverdi beregnet som ikke-marin sulfat var ca. 20-30  $\mu\text{ekv/L}$  på begynnelsen av 1980-tallet,  $\leq 21$   $\mu\text{ekv/L}$  på 1990-tallet, og har de tre siste årene vært  $< 10$   $\mu\text{ekv/L}$ . Dette gir en reduksjon på om lag 70 % fra 1980-verdien på 23  $\mu\text{ekv/L}$  til verdien for 2009 på 7  $\mu\text{ekv/L}$ . Den hittil laveste årsmiddelverdien er 5  $\mu\text{ekv/L}$  (2008).

Samtidig og som en følge av nedgangen i sulfat, ser vi en bedring i forsuringssituasjonen uttrykt som økning i pH og syrenøytraliserende kapasitet. Det har vært en fin økning i årsmiddelverdi for pH innen måleperioden; fra pH 5,2-5,5 på 1980-tallet til pH 5,7-5,9 i siste halvdel av 2000-tallet. I 2009 hadde stikkprøvene pH-verdier i intervallet 5,6-6,2. Det blir også stadig færre av prøvene som har alkalitet nær 0  $\mu\text{ekv/L}$ , og de siste fire årene har årsmiddelverdiene vært 6-9  $\mu\text{ekv/L}$ . Enkeltverdiene for prøvene tatt i 2009 hadde en spredning på 2-18  $\mu\text{ekv/L}$ , mens ANC-verdiene lå i intervallet 5-23  $\mu\text{ekv/L}$ .

Løst uorganisk aluminium (LAI) dvs. den delen av aluminium som er antatt giftig for fisk og andre organismer med gjeller, har avtatt fra årsmiddelkonsentrasjoner opp mot 50-65  $\mu\text{g/L}$  på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet til 7-11  $\mu\text{g/L}$  de fire siste undersøkelsesårene.

F.o.m. mai 2002 måtte vi flytte prøvetakingspunktet til et nytt sted. Prøvene tatt på det "nye" stedet viser mindre svingninger i konsentrasjonene av nitrat og mye lavere maksimumsverdier. Enkeltverdiene og årsmiddelverdiene synes å vise en reduksjon over disse fire siste årene, men det er ennå for tidlig å si om dette er en trend mot lavere nitrat-konsentrasjoner.

Overvåkingen avdekket ingen sterke sjøsaltepisoder i Modalselva i 2009.

## Summary

Title: Monitoring water chemistry in river Modalselva, Hordaland in 2009

Year: 2010

Author: Brit Lisa Skjelkvåle and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5708-3

The purpose of this project is to monitor the water chemical changes in river Modalselva in county of Hordaland, western Norway due to changes in acid deposition and to support interpretation of investigation of biological communities (biological investigation is done in other projects).

River Modalselva is a typical river in the western regions of Norway, very acid sensitive, with low concentration of all ions (Ca typical < 0,5 mg/L, total organic carbon < 1 mg/L))

There has been a general improvement in water chemistry due to reduced acidic deposition. This is in line with other monitoring stations in southern Norway. The sulphate concentration is reduced with approx. 70 % from 1980 to 2009. The consequence of this is increased ANC, increased pH and decreased inorganic aluminium.

# 1. Innledning

Modalselva var fra 1980 til 2003 en del av Statens Forurensningstilsyns Statlig program for forurensningsovervåking. I april 2003 ble overvåkingsstasjonen lagt ned som følge av budsjettkutt. NIVA fortsatte prøvetakingen et par måneder i 2004. Overvåkingen ble deretter gjenopptatt i 2006, og videreført med Fylkesmannen i Hordaland som oppdragsgiver.

Formålet med dette prosjektet er å videreføre den vannkjemiske overvåkingen for å følge den vannkjemiske utviklingen samt å støtte opp om tolkning og forståelse av de biologiske endringene som skjer i vassdraget. De biologiske undersøkelsene utføres i andre prosjekter.

Modalselva i Modalen kommune i Hordaland er svært ionefattig, og kalsiumverdiene er svært lave (<0,5 mg/L). Dette gir en forsurningsfølsom vannkvalitet hvor naturens tålegrense for forsuring også er svært lav. Denne vannkvaliteten er typisk for elver på Vestlandet.

Laksen ble borte fra vassdraget tidlig på 1970-tallet. I årene 1993 til 1997 ble det ikke registrert ungfisk i Modalselva (Bjerknes *et al.* 2007). I perioden 2003 – 2006 ble det påvist laks, men tettheten var lav (1-6 individer per 100m<sup>2</sup>). Nyetableringen av laks settes i sammenheng med bedret vannkvalitet i hovedløpet som er dokumentert gjennom overvåkingen av vannkvaliteten i Modalselva.



## 2. Metodikk

Prøvetaking og analysemetodikk er som beskrevet i program for "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" (SFT 2009). Det er lagt opp til månedlig prøvetaking i Modalselva. I 2009 ble det tatt ni prøver siden prøvetakeren var forhindret fra å ta prøve i juli, september og desember. Prøvene ble analysert mhp. pH, konduktivitet, alkalitet, total nitrogen, ammonium, nitrat, total organisk karbon (TOC), klorid, sulfat, reaktivt aluminium, ikke-labil aluminium, kalsium, kalium, magnesium og natrium.

Prøvetakingsstasjonen var opprinnelig ved Farestveit. Mot slutten av 1999 ble det observert tidvis endringer i vannkjemien, og etter en nøyere gjennomgang av dataene begynte vi å få mistanke om at det kunne være noe tilsig rett oppstrøms prøvetakingsstasjonen som ga ustabil vannkvalitet, spesielt var dette tydelig på innholdet av total organisk karbon (TOC). I løpet av 2001 ble det tatt prøver forskjellige steder i elva for å se om andre prøvetakingspunkter kunne egne seg bedre. Vi bestemte oss til slutt for å flytte prøvetakingsstedet til omtrent midtveis mellom Haugen og Espeneset, OV 3346 NS 67491 (**Figur 1**), noe som er ca 1 km lengre nord enn Farestveit. Første prøve på det nye stedet ble tatt i mai 2002.



**Figur 1.** Kart som viser hele nedbørsfeltet til Modalselva (venstre figur), og et kart i mindre målestokk (høyre figur) som viser litt mer detaljert lokalisering av prøvetakingsstasjonen f.o.m. mai 2002 (rødt punkt).

### 3. Resultater

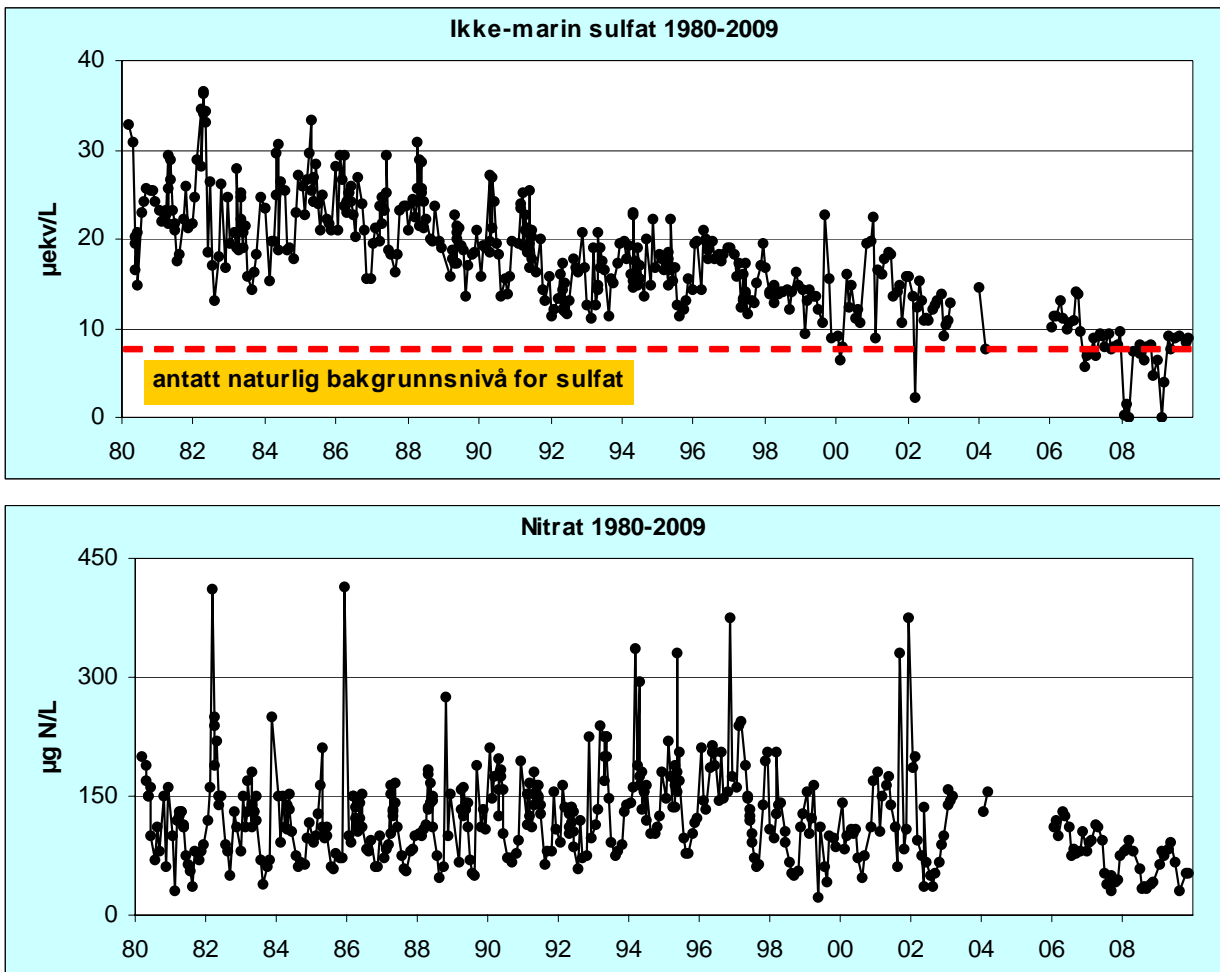
**Tabell 1** og **Tabell 2** i Vedlegg A inneholder hhv. primærdata for 2009 og årsmiddelverdier for utvalgte parametere i tidsperioden 1980 - 2009. Det er ikke beregnet årlige gjennomsnittsverdier for tre av årene i perioden; 2002 grunnet flytting av prøvetakingssted i mai dette året, 2004 innebefatter kun to prøvetakinger og ingen prøvetaking i 2005. Resultatene av enkeltobservasjoner for tidsperioden 1980 - 2009 er presentert grafisk for et utvalg av parametere i **Figur 2** til **Figur 8**. Figurer med årlige gjennomsnittsverdier for hvert enkelt år er vist for ni parametere i **Figur 9**. Det er dessverre ikke tatt like mange prøver hvert år gjennom måleperioden.

#### Sulfat og nitrat

Det har vært en klar reduksjon i sulfat gjennom måleperioden 1980-2009. Verdiene for aritmetisk årsmiddelverdi beregnet som ikke-marin sulfat var ca 20-30  $\mu\text{ekv/L}$  på begynnelsen av 1980-tallet,  $\leq 21$   $\mu\text{ekv/L}$  på 1990-tallet, og har de tre siste årene vært  $<10$   $\mu\text{ekv/L}$ . Dette gir en reduksjon på om lag 70 % fra 1980-verdien på 23  $\mu\text{ekv/L}$  til verdien for 2009 på 7  $\mu\text{ekv/L}$  (hhv. 13 og 9 prøver). Den hittil laveste årsmiddelverdien er 5  $\mu\text{ekv/L}$  (2008; 10 prøver).

Ikke-marin sulfat er mengde beregnet sulfat tilført gjennom nedbør og som har atmosfærisk opprinnelse (sur nedbør). Det er tidligere beregnet at "naturlig bakgrunnsnivå" for ikke-marin sulfat er ca 8  $\mu\text{ekv/L}$  (Henriksen *et al.* 1988). Men det er sannsynlig at bakgrunnsverdien i Modalselva er enda lavere siden det er registrert så lave årsmiddelverdier for ikke-marin sulfat de siste årene (se avsnittet om basekationer).

Frem til flyttingen av prøvetakingsstedet i elva i 2002 synes utviklingen av nitrat å være relativt uendret; år til år variasjoner og konsentrasjoner som svingte svært mye gjennom året. Verdiene i denne perioden varierte fra under 30 til 415  $\mu\text{g N/L}$ . Prøvene tatt etter flytting av prøvetakingssted viser mye lavere maksimumsverdier for nitrat i tillegg til at svingningene gjennom året er mindre. I 2008 og 2009 lå verdiene i intervallet 30-95  $\mu\text{g N/L}$ , basert på hhv. 10 og 9 prøver. Verdiene til prøvene tatt de siste fire årene synes å vise en reduksjon, men det er ennå for tidlig å si om dette er en trend mot lavere nitrat-konsentrasjoner.



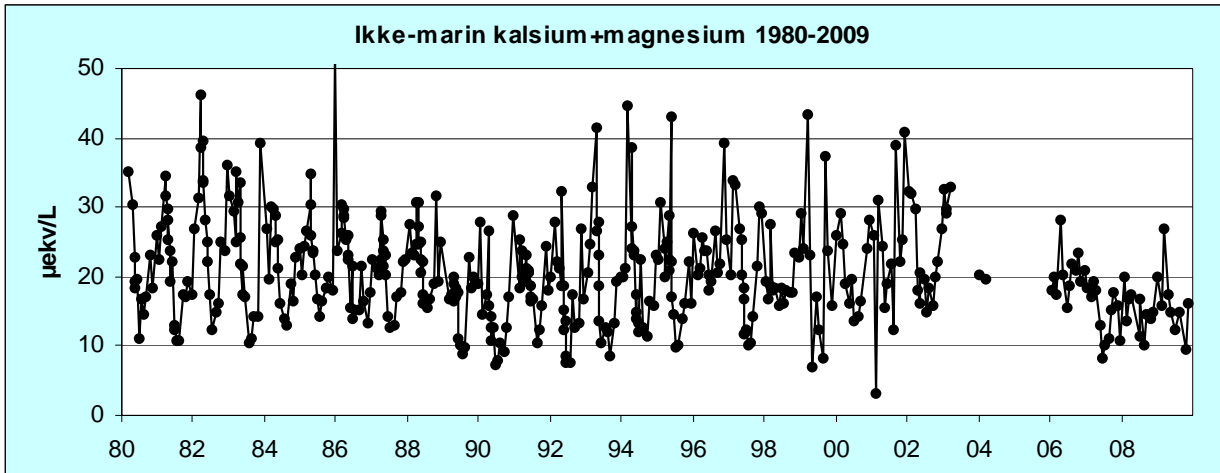
**Figur 2.** Alle enkeltobservasjoner av ikke-marin sulfat og nitrat for perioden 1980-2009. Antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat er markert med rød, stiplet linje.

### Basekationer

Modalselva ligger i et område hvor berggrunnen forvitrer sakte (dvs. den brytes veldig sakte ned) og avgir svært lite ioner til vann. Forvitringen skjer hovedsakelig i jordsmonnet, og når jordsmonnet er tynt og sparsomt går forvitningsprosessene sakte. I tillegg mottar dette området mye nedbør. Nedbørsnormalen for 1961-1990 angir nedbørsmengdene i Modalen til ca 2900 mm per år, og ved slike årlige nedbørsmengder vil det bli en fortynning av konsentrasjonene i vannet. Alle disse tre faktorene sammen (sakte forvitring, tynt jordsmonn, store nedbørsmengder) fører til at konsentrasjonen av ioner (inklusive sulfat, se avsnittet over) i vannet er lav.

Konsentrasjonene av basekationer svinger noe fra år til år. Svingningene kan være forårsaket av nedbørforholdene; både årlig mengde og fordelingen gjennom året. Konsentrasjonsnivået av basekationer gir likevel en god indikasjon på forsurningsfølsomheten til vannet, og dermed vilkårene for biologien. I Modalselva er hovedtyngden av observasjonene av kalsium < 0,5 mg/L og magnesium < 0,2 mg/L. Dette forteller at vannet er svært forsurningsfølsomt, og at vilkårene for vannlevende organismer er svært marginale. På samme måte som for nitrat, er det større spredning i verdiene i tidsperioden før flytting av prøvetakingsstasjonen enn etter.

Årsmiddelverdien for kalsium, magnesium samt summen av ikke-marin kalsium + magnesium var i perioden 2006-2009 blant de laveste som er registrert, sett hele måleperioden under ett. I 2009 var årsmiddelverdien for kalsium 0,37 mg/L, magnesium 0,16 mg/L og summen av ikke-marin kalsium + magnesium 16  $\mu\text{ekv/L}$ .



**Figur 3.** Alle enkeltobservasjoner av ikke marin Ca+Mg for perioden 1980-2009.

### Alkalitet og ANC

Samtidig og som en følge av nedgangen i sulfat, ser vi en bedring i forsyningssituasjonen uttrykt som økning i alkalitet, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH (se neste avsnitt).

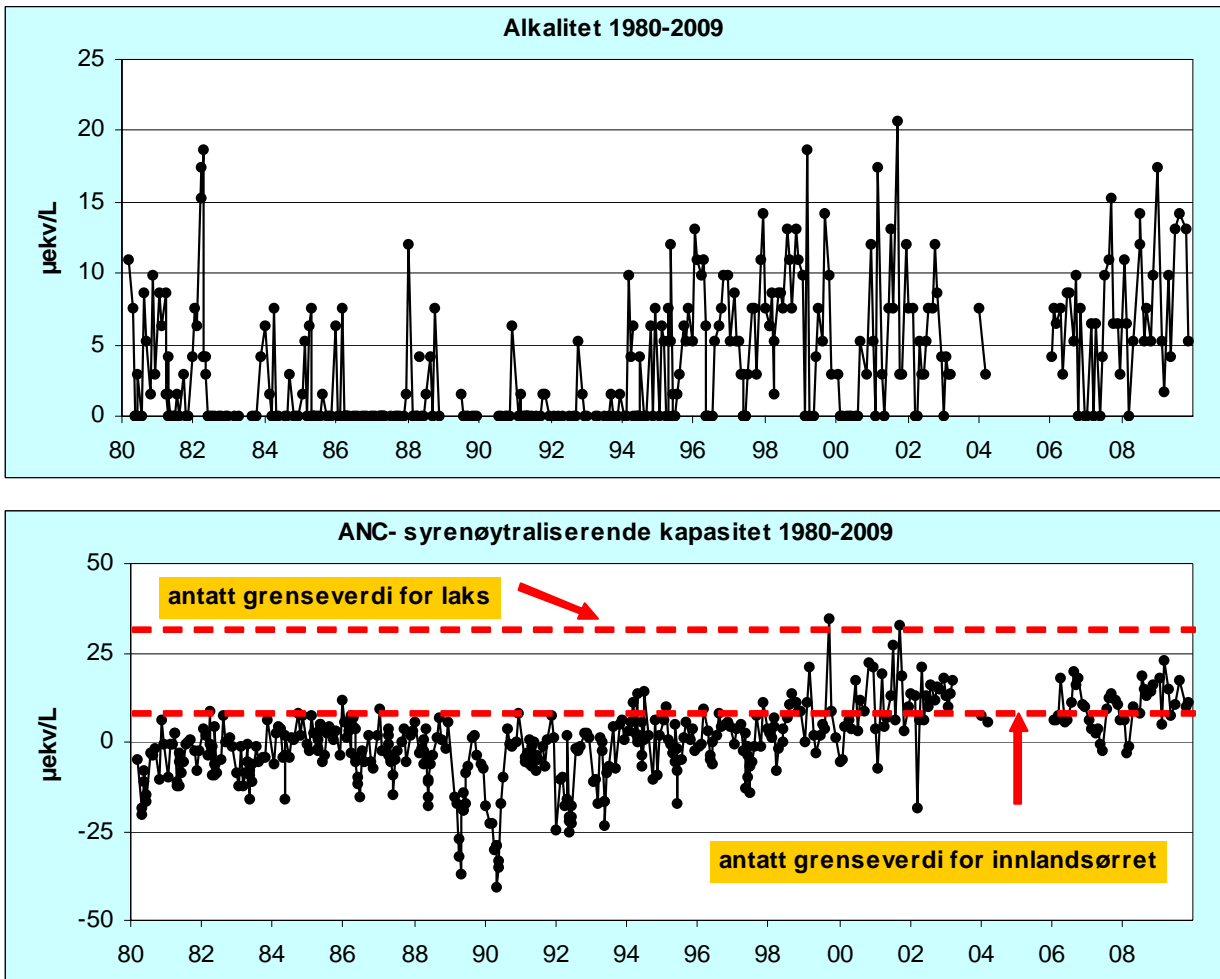
Mens mange prøver på 1980- og 1990-tallet hadde alkalitet nær 0  $\mu\text{ekv/L}$ , blir det stadig færre av observasjonene som har så lave konsentrasjoner. Helt frem til 1993 kunne årsmiddelverdi for alkalitet være ned mot 0, men siden 1994 har middelverdien for alkalitet variert fra 2 - 9  $\mu\text{ekv/L}$ . De fire siste årene har årsmiddelverdiene vært 6-9  $\mu\text{ekv/L}$ . Enkeltverdiene for prøvene tatt i 2009 hadde en spredning på 2-18  $\mu\text{ekv/L}$ .

Grenseverdiene for ANC for innlandsørret er omkring 10  $\mu\text{ekv/L}$  i svært ionefattig vann og for laks ca 30  $\mu\text{ekv/L}$  (Henriksen *et al.* 1995, Kroglund *et al.* 2002).

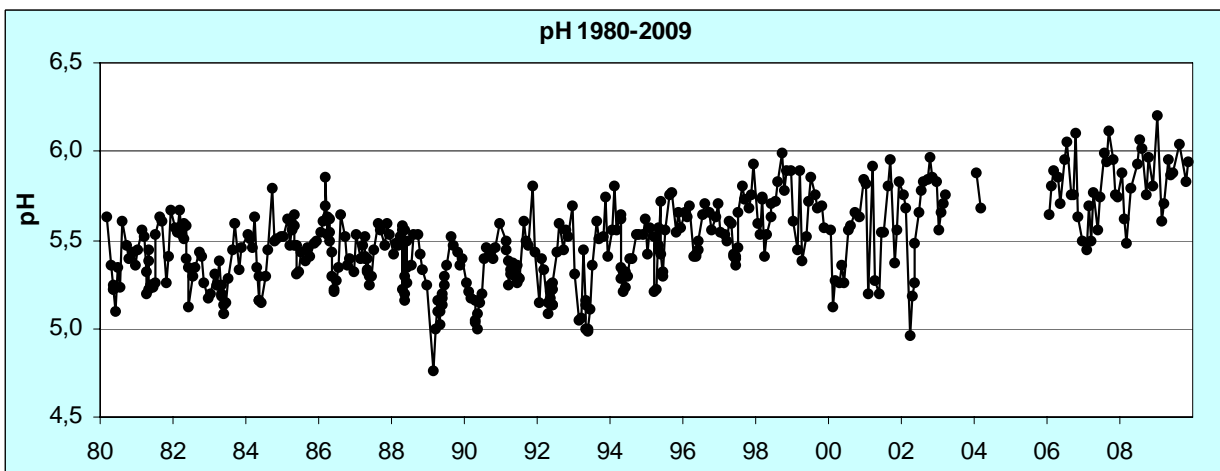
Verdiene i Modalselva har endret seg fra negative årsmiddelverdier ned mot -17  $\mu\text{ekv/L}$  (1990) til > 10  $\mu\text{ekv/L}$  i noen år på 2000-tallet. De tre siste årene har årsmiddelverdiene hatt en økning fra 6  $\mu\text{ekv/L}$  (2007) til 13  $\mu\text{ekv/L}$  (2009). Enkeltprøver ligger fortsatt tidvis under grenseverdien for innlandsørret, og både i 2007 og 2008 hadde to av prøvene negativ ANC-verdi. Alle prøvene tatt i 2009 hadde positiv ANC-verdi, og med unntak av to prøver (5 og 8  $\mu\text{ekv/L}$ ) lå verdiene i intervallet 10-23  $\mu\text{ekv/L}$ . Det ble bare tatt ni prøver i 2009 så dette kan påvirke resultatet noe.

### pH

Det har vært en fin økning i årsmiddelverdi for pH i Modalselva innen måleperioden. pH-verdiene har økt fra pH 5,2-5,5 på 1980-tallet til pH 5,7-5,9 i siste halvdel av 2000-tallet. Prøvene som ble tatt i 2009, hadde pH-verdier i området 5,6-6,2. Minimums- og maksimumsverdier for de tre foregående årene var hhv. pH 5,50, 5,45, 5,48 og pH 6,10, 6,11, 6,07 med 1-3 flere prøver enn i 2009.



**Figur 4.** Alle enkeltobservasjoner av alkalitet og ANC for perioden 1980-2009. Antatte grenseverdier for laks og innlandsørret er lagt inn (Henriksen et al. 1995, Kroglund et al. 2002).

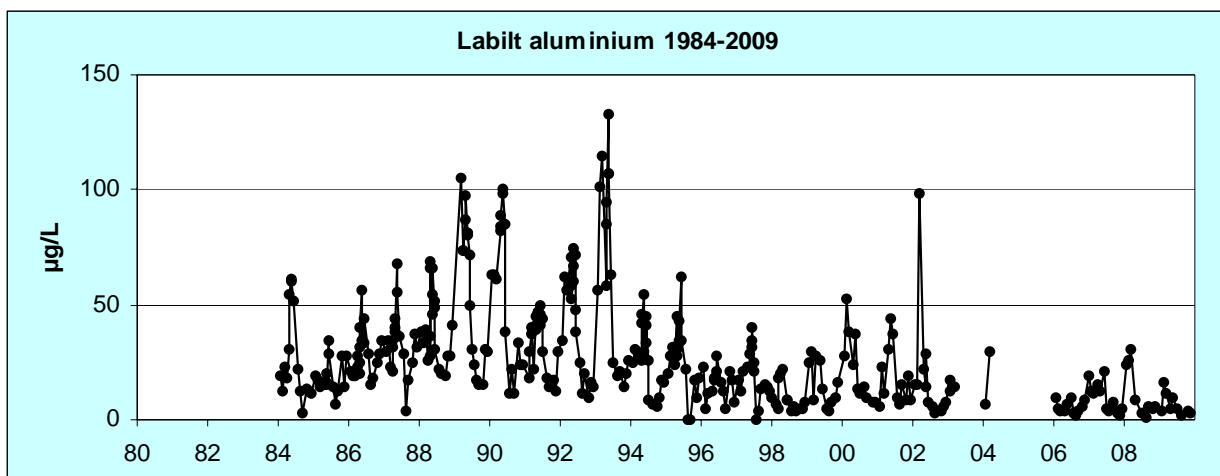


**Figur 5.** Alle enkeltobservasjoner av pH for perioden 1980-2009.

## Aluminium

Løst uorganisk aluminium (LAI) er den delen av aluminium som er antatt giftig for fisk og andre gjellelevende organismer. I Modalselva har konsentrasjonene av LAI avtatt fra årsmiddelkonsentrasjoner på 50-65 µg/L på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet til 7-11 µg/L på slutten av 2000-tallet.

Det er maksimumskonsentrasjonene av LAI som har størst økologisk relevans, og disse konsentrasjonene er i dag mye lavere enn på 1980- og 1990-tallet selv om verdiene fortsatt svinger noe fra år til år. Løseligheten av løst uorganisk aluminium er kontrollert av pH, slik at når pH øker vil aluminium avta. Som vist foran, har pH økt gjennom måleperioden og likeledes har maksimalverdien for LAI blitt redusert. Tidligere ble det registrert enkeltverdier > 100 µg/L, mens maksimumsverdien i 2007 var 21 µg/L og 31 µg/L i 2008. I 2009 hadde syv av ni prøver LAI ≤ 10 µg/L og en maksimumsverdi for året på 16 µg/L.



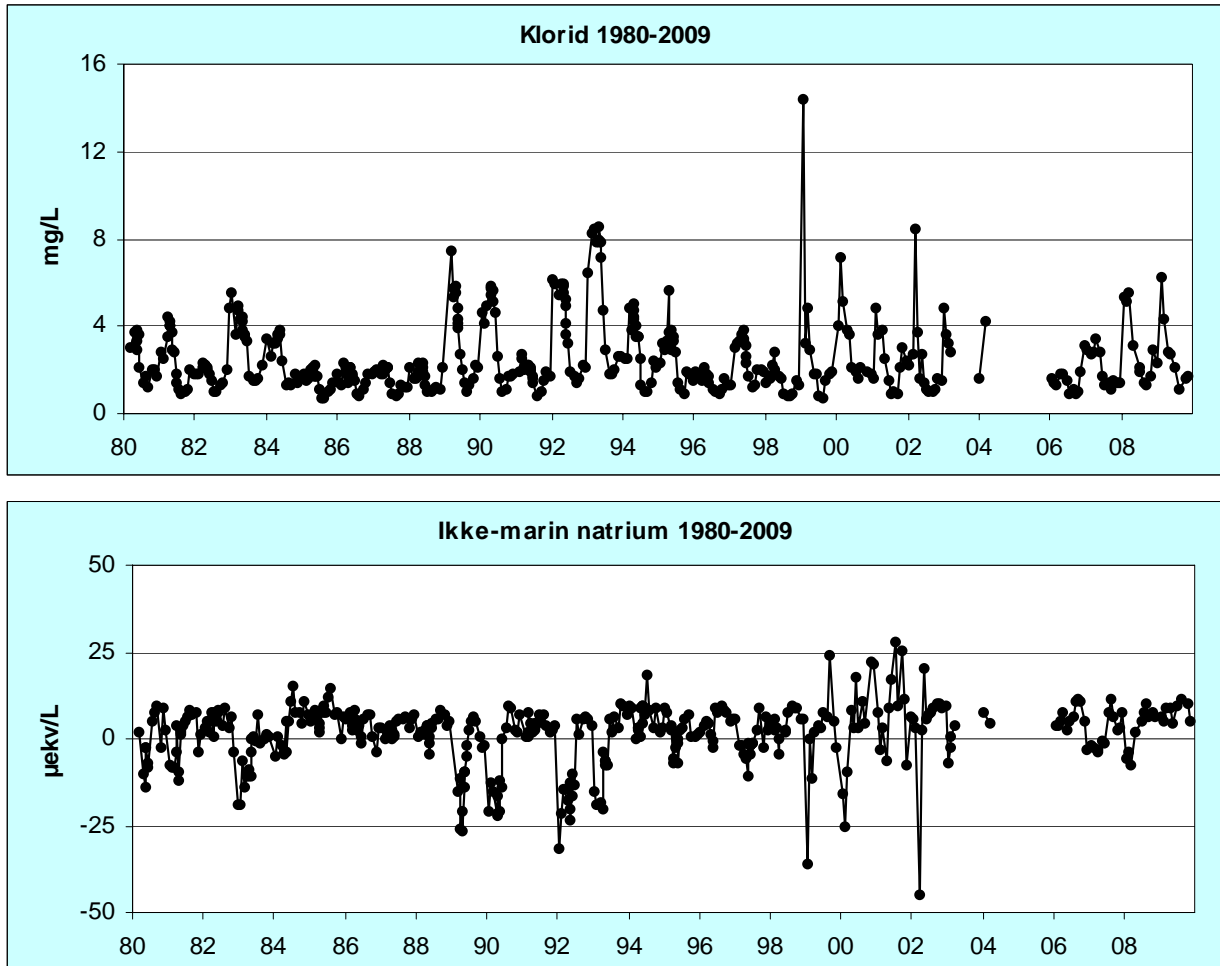
**Figur 6.** Alle enkeltobservasjoner av labilt aluminium (LAI) for perioden 1984-2009.

## ”Sjøsalter” – klorid og natrium

Det har vært en sterk reduksjon i tilførsler av langtransporterte, forsurende komponenter med luft og nedbør de to-tre siste tiårene, og dette har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten i Sør-Norge. Sjøsaltepisoder er en annen faktor som kan påvirke vannkvaliteten i negativ retning. Sjøsaltepisoder oppstår fra tid til annen i forbindelse med kraftige vinterstormer. Disse stormene kan bringe store mengder sjøsalter inn over land. Sjøsaltepisoden medfører en ionebytting i jorda hvor natrium holdes tilbake mens  $H^+$ - og  $Al^{3+}$ -ioner vaskes ut sammen med klorid. Dette kan gi kraftig økning i klorid sammen med et kraftig fall i pH, økning av den giftige formen av aluminium og negative verdier for ANC. I områder som er kronisk forsuret, medfører slike sjøsaltstormer en forsureningsepisode, mens i områder som ikke er forsuret vil det være kalsium og magnesium som byttes ut med natrium, slik at det ikke vil medføre en forsureningsepisode.

Vannkjemieresultatene for prøven tatt 20. mars 2002 er et eksempel på at Modalselva kan være utsatt for sjøsaltepisoder. Prøven ble tatt like etter en kraftig vinterstorm, og kloridkonsentrasjonen var om lag fire ganger høyere enn foregående prøve, pH droppet til 4,96 og ANC sank til -19 µekv/L, mens labilt aluminium økte til nesten 100 µg/L. En slik vannkvalitet er svært ugunstig for fisk og andre organismer i elva.

Det har ikke vært avdekket noen sterke sjøsaltepisoder i prøvene som har vært tatt etter mars 2002. Blant stikkprøvene i 2009 var årets maksimalverdi for klorid 6,3 mg/L (prøve fra 24/2). Denne prøven hadde årets laveste pH-verdi (5,6) og høyeste konsentrasjon av LAI (16 µg/L) blant stikkprøvene. Men episoden var ikke så sterk, at den resulterte i negativ ANC-verdi.

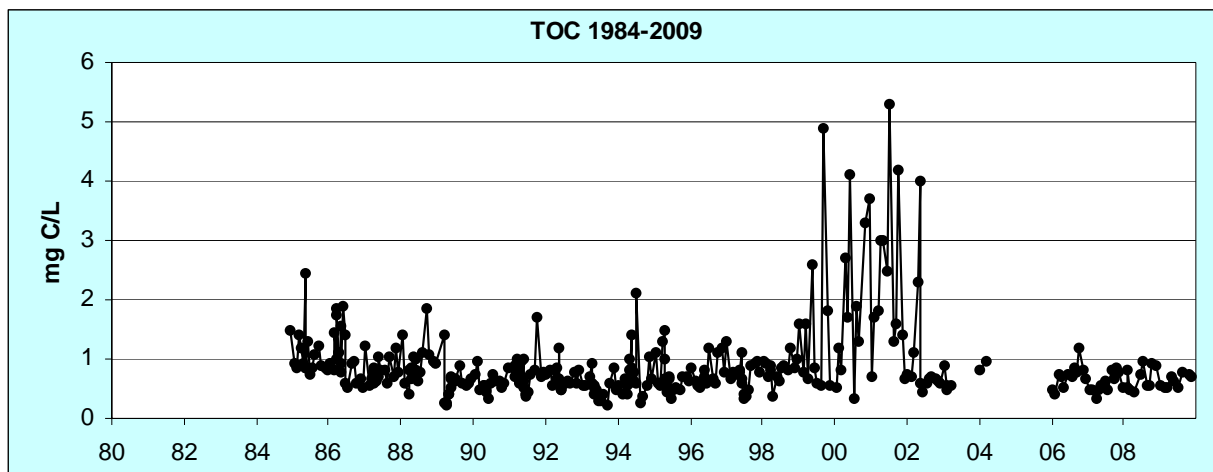


**Figur 7.** Alle enkeltobservasjoner av "sjøsalter" – klorid og natrium for perioden 1980-2009.

### Organisk materiale

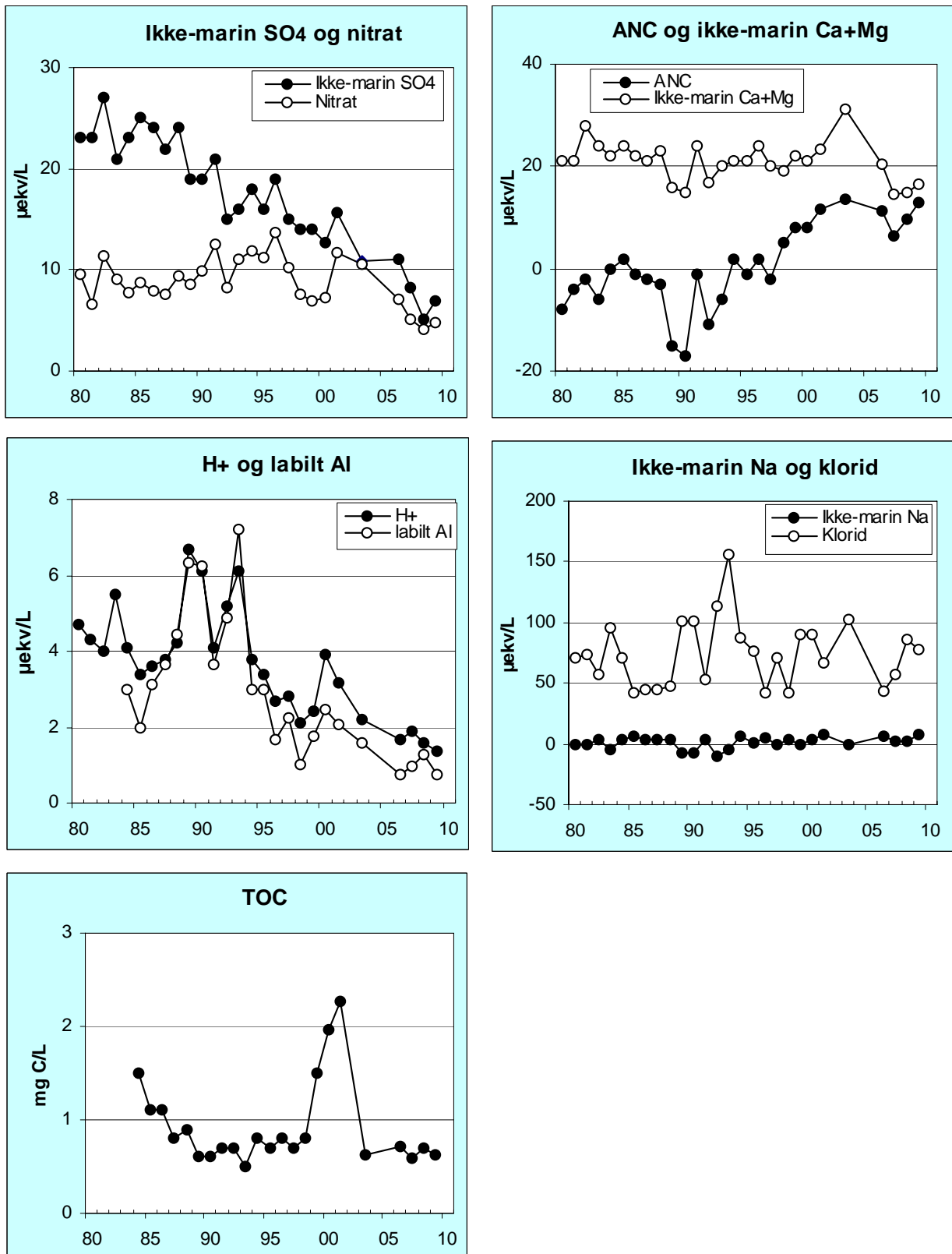
Som omtalt i tidligere årsrapporter, viste dataene fra slutten av 1999 til mai 2002 uvanlig høye konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC-konsentrasjoner opp mot 5 mg C/L i motsetning til < 1 mg C/L før 1999) i tillegg til større variabilitet enn vanlig for en rekke andre kjemiske parametere; nitrat, alkalitet, pH, basekationer og ANC. Prøver tatt etter denne perioden (etter flytting av prøvetakingssted) har kun mindre svingninger i verdiene, og årsmiddelverdier for TOC på 0,6-0,7 mg C/L. I 2009 hadde stikkprøvene TOC-verdier på 0,5-0,8 mg C/L.





**Figur 8.** Alle enkeltobservasjoner av total organisk karbon for perioden 1984-2009. Legg merke til perioden 1999-2002, som er omtalt og forklart spesielt i teksten.





**Figur 9.** Trender i et utvalg av vannkjemiske måleparametere for perioden 1980-2009. Hvert punkt representerer aritmetisk middelværdi av alle målingene gjennom året. Det er ingen verdier for årene 2002, 2004 og 2005. Punktene for 2003 er basert på kun fire prøver.

## 4. Referanser

- Bjerknes, V., Gabrielsen, S.E., Halvorsen, G.A. 2007. Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget. En pilotstudie. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). LNO-5508. 38 s
- Kroglund, F., Wright, R., Burchart, C. 2002. Acidification and Atlantic salmon critical limits for Norwegian rivers. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). LNO-4501. 61 s.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I. S., and Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway-present and predicted chemical status. *Ambio* **17**: 259-266.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H., and Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters - Can the ANClimit be considered variable? *Water Air Soil Pollut.* **85**: 2419-2424.
- SFT 2009. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2008. Statlig program for forurensningsovervåking 1057/2009. TA-2546/2009.

## Vedlegg A. Vannkjemiske analyser

**Tabell 1.** Enkeltobservasjoner i Modalselva i 2009.

Dato	pH	Kond	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Alk	Al/R	Al/II	LAI	TOC	Tot-N	NH <sub>4</sub>	H+	ANC	CM*	SO <sub>4</sub> *	Na*
		mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µekv/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg C/L	µg N/L	µg N/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L
16.01.2009	6,20	1,51	0,39	0,19	1,43	0,13	2,30	0,63	63	18	16	12	4	0,56	108	5	0,6	18	20	6	6
24.02.2009	5,60	2,81	0,45	0,21	3,60	0,18	6,26	0,66	80	5	30	14	16	0,51	122	6	2,5	5	16	0	5
18.03.2009	5,71	2,08	0,63	0,21	2,63	0,18	4,35	0,80	75	2	24	13	11	0,51	149	5	2,0	23	27	4	9
22.04.2009	5,95	1,61	0,41	0,18	1,77	0,19	2,81	0,83	83	10	17	12	5	0,70	180	5	1,1	15	18	9	9
25.05.2009	5,87	1,50	0,34	0,19	1,60	0,15	2,70	0,75	93	4	25	15	10	0,64	130	5	1,3	8	15	8	4
26.06.2009	5,88	1,20	0,29	0,14	1,40	0,13	2,13	0,73	66	13	16	11	5	0,53	117	2	1,3	10	12	9	9
28.08.2009	6,04	0,84	0,28	0,10	0,88	0,10	1,11	0,59	30	14	18	16	2	0,79	86	3	0,9	17	15	9	11
22.10.2009	5,83	1,04	0,22	0,11	1,12	0,12	1,60	0,63	54	13	17	13	4	0,73	128	11	1,5	10	10	8	10
16.11.2009	5,94	1,02	0,33	0,13	1,06	0,12	1,69	0,66	54	5	14	11	3	0,71	103	5	1,1	11	16	9	5

**Tabell 2.** Gjennomsnittsverdier for perioden 1980 til 2009. Hvert tall representerer aritmetisk middelværdi for alle observasjoner gjennom året. Ingen data for 2002 (prøvetaksstasjonen ble flyttet i mai dette året), 2004 (kun to prøver) og 2005 (ingen prøvetaking). Dataene for 2003 er basert på kun fire prøver.

År	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Alk	Al/R	Al/II	LAI	TOC	Tot-N	NH <sub>4</sub>	H+	ANC	CM*	SO <sub>4</sub> *	Na*
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µekv/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg C/L	µg N/L	µg N/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L
1980	5,33	0,43	0,19	1,37	0,21	2,5	1,5	135	4	57						4,7	-8	21	23	-1
1981	5,37	0,43	0,2	1,41	0,2	2,6	1,5	92	2	52						4,3	-4	21	23	0
1982	5,40	0,49	0,2	1,17	0,23	2,0	1,6	160	5	48						4,0	-2	28	27	3
1983	5,26	0,48	0,27	1,78	0,22	3,4	1,5	126	1	64						5,5	-6	24	21	-5
1984	5,38	0,43	0,21	1,49	0,21	2,5	1,4	108	2	41	14	27	1,5			4,1	0	22	23	4
1985	5,47	0,41	0,17	1,01	0,20	1,5	1,4	122	2	37	19	18	1,1			3,4	2	24	25	7
1986	5,44	0,39	0,16	1,00	0,18	1,6	1,4	110	0	45	17	28	1,1			3,6	-1	22	24	4
1987	5,42	0,37	0,16	0,98	0,17	1,6	1,3	107	0	46	13	33	0,8			3,8	-2	21	22	3

År	pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> µg N/L	Alk µekv/L	Al/R µg/L	Al/I/I µg/L	LAI µg/L	TOC mg C/L	Tot-N µg N/L	NH <sub>4</sub> µg N/L	H+ µekv/L	ANC µekv/L	CM* µekv/L	SO <sub>4</sub> * µekv/L	Na* µekv/L	
1988	5,38	0,40	0,18	1,01	0,17	1,7	1,4	131	2	52	12	40	0,9	198	10	4,2	-3	23	24	3	
1989	5,18	0,37	0,26	1,83	0,19	3,6	1,4	119	0	69	12	57	0,6	170		6,7	-15	16	19	-7	
1990	5,22	0,37	0,25	1,81	0,21	3,6	1,4	138	1	66	10	56	0,6	191		6,1	-17	15	19	-8	
1991	5,38	0,44	0,18	1,17	0,22	1,9	1,3	175	3	46	13	33	0,7	238		4,1	-1	24	21	4	
1992	5,28	0,42	0,28	2,01	0,22	4,0	1,3	116	1	62	18	44	0,7	169		5,2	-11	17	15	-10	
1993	5,22	0,52	0,38	2,99	0,24	5,5	1,5	155	0	80	15	65	0,5	210		6,1	-6	20	16	-4	
1994	5,42	0,44	0,23	1,85	0,22	3,1	1,3	166	2	50	23	27	0,8	225		3,8	2	21	18	6	
1995	5,47	0,42	0,22	1,55	0,19	2,7	1,2	156	4	50	23	27	0,7	202		3,4	-1	21	16	1	
1996	5,56	0,41	0,16	0,94	0,25	1,5	1,1	192	6	35	19	15	0,8	259		2,7	2	24	19	5	
1997	5,55	0,40	0,21	1,39	0,21	2,5	1,1	144	5	38	19	20	0,7	194		2,8	-2	20	15	-1	
1998	5,68	0,35	0,14	0,94	0,15	1,5	0,9	106	8	28	18	9	0,8	172		2,1	5	19	14	4	
1999	5,62	0,46	0,25	1,8	0,29	3,2	1,1	97	7	55	39	16	1,5	202		2,4	8	22	14	0	
2000	5,41	0,45	0,24	1,85	0,18	3,2	1,1	102	2	84	62	22	2,0	194		3,9	8	21	13	4	
2001	5,50	0,44	0,21	1,49	0,31	2,3	1,1	165	8	74	56	18	2,3	274		3,2	11	23	16	8	
2002																					
2003	5,66	0,58	0,32	2,00	0,24	3,6	1,0	148	2	29	15	14	0,6	204		2,2	13	31	11	-1	
2004																					
2005																					
2006	5,77	0,39	0,13	0,99	0,14	1,53	0,74	100	6	18	11	7	0,7	166	7	1,7	11	20	11	6	
2007	5,72	0,31	0,15	1,18	0,14	2,04	0,68	70	6	21	13	9	0,6	134	6	1,9	6	15	8	2	
2008	5,79	0,35	0,18	1,75	0,17	3,03	0,67	58	8	25	14	11	0,7	129	6	1,6	10	15	5	3	
2009	5,86	0,37	0,16	1,72	0,14	2,77	0,70	66	9	20	13	7	0,6	125	5	1,4	13	16	7	8	

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)