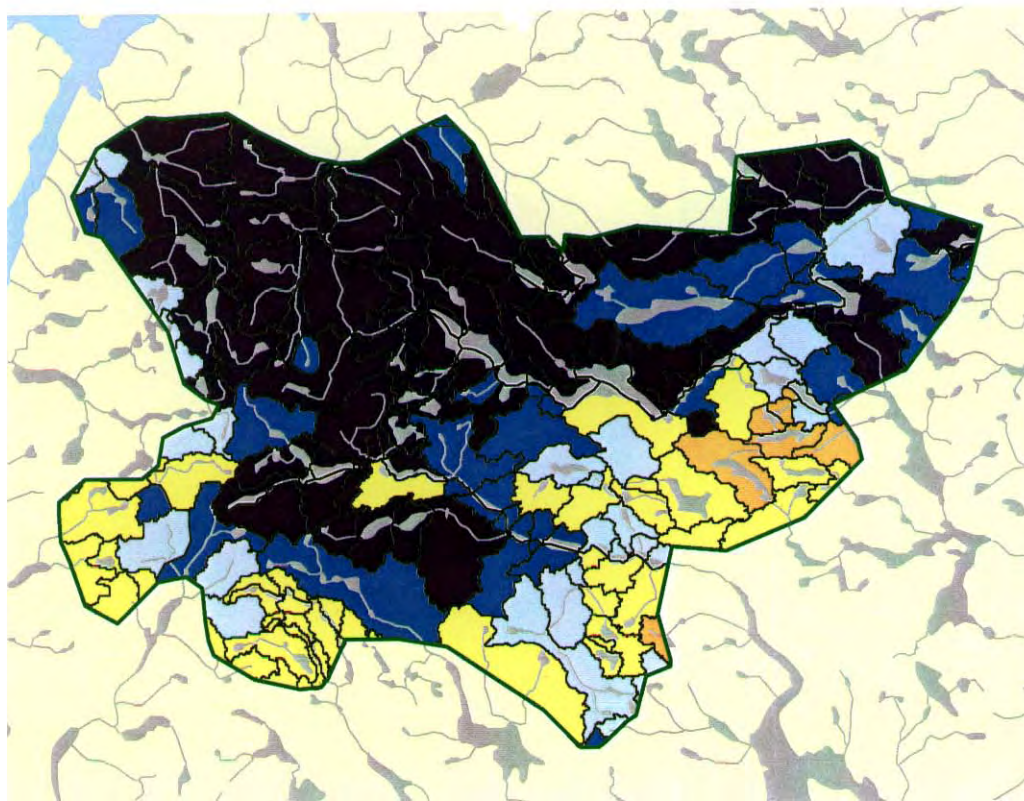


**Vannkjemi,
forsuringsstatus og
tålegrenser i
nasjonalparker;
Hardangervidda**


NATURENS
TÅLEGRENSER

Miljøverndepartementet
Fagrapport nr. 96



Naturens Tålegrenser

Programmet Naturens Tålegrenser ble satt igang i 1989 i regi av Miljøverndepartementet. Programmet skal blant annet gi innspill til arbeidet med Nordisk Handlingsplan mot Luftforurensninger og til pågående aktiviteter under Konvensjonen for Langtransporterte Grensoverskridende Luftforurensninger (Genevekonvensjonen). I arbeidet under Genevekonvensjonen er det vedtatt at kritiske belastningsgrenser skal legges til grunn ved utarbeidelse av nye avtaler om utslippsbegrensning av svovel, nitrogen og hydrokarboner.

En styringsgruppe i Miljøverndepartementet har det overordnede ansvar for programmet, mens ansvaret for den faglige oppfølgingen er overlatt en arbeidsgruppe bestående av representanter fra Direktoratet for naturforvaltning (DN), Norsk polarinstitutt (NP) og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Arbeidsgruppen har for tiden følgende sammensetning:

**Gunnar Futsæter - NP
Tor Johannessen - SFT
Else Løbersli - DN
Steinar Sandøy - DN**

Styringsgruppen i Miljøverndepartementet består av representanter fra avdelingen for naturvern og kulturminner, avdelingen for vannmiljø, industri- og avfallssaker og avdelingen for internasjonalt samarbeid, luftmiljø og polarsaker.

Henvendelse vedrørende programmet kan rettes til:

**Direktoratet for naturforvaltning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00**

**eller
Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep
0032 Oslo 1
Tel: 22 57 34 00**

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S


9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Vannkjemi, forsøringsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda	Løpenr. (for bestilling) 3895-98	Dato Juni 1998
	Prosjektnr. Undernr. O-96116	Sider Pris 49
Forfatter(e) Brit Lisa Skjelkvåle Arne Henriksen	Fagområde Sur Nedbør	Distribusjon
	Geografisk område Norge, Hardangervidda	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse NATI 20/97
--	---------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkjemien i innsjøer i Hardangervidda nasjonalpark viser stor variasjonsbredde; fra ionefattige vann som er svært forsøringsfølsomme til vann med noe høyere ionestyrke som er mindre følsomme for forsuring. Den store variasjonen i ionestyrke og vannkjemi reflekterer i stor grad variasjonen i bergartstyper på Hardangervidda. Tålegrenser for tilførsler av syre til overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark viser derfor også stor variasjon. Vannene med de laveste tålegrensene ligger i hovedsakelig i sørøstlige og sørvestlige deler av vidda. Overskridelse av tålegrenser er størst i de sørvestlige delene av nasjonalparken, men også i noen områder i østlige deler og noen små felt i grensen av nasjonalparken mot Sørfjorden er tålegrensene overskredet. Når svovelutslippene er redusert i henhold til 2. svovelprotokoll (Oslo-protokollen, 1994) i år 2010 er det bare små områder i sørvestlige deler av nasjonalparken der tålegrensene fortsatt vil være overskredet, forutsatt at avrenningen av nitrogen holder seg på dagens nivå. I 1990 var tålegrensene overskredet i 8% av Hardangervidda nasjonalpark, mens det er forventet at i år 2010 vil tålegrensene være overskredet i bare 3% av parken.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Nasjonalpark Vannkjemi Sur nedbør Tålegrenser 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> National park Water chemistry Acid rain Critical loads
---	--



Brit Lisa Skjelkvåle

Prosjektleder

ISBN 82-577-3481-0



Bjørn Olav Rosseland

Forskningsjef

Naturens tålegrenser

Fagrapport nr. 96

**Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i
nasjonalparker: Hardangervidda**

Forord

I regi av programmet "Naturens tålegrenser" fikk NIVA i 1997 som oppdrag å kartlegge forsuringstatus i Hardangervidda nasjonalpark ved bruk av en metode for å beregne tålegrenser for forsuring og overskridelser av disse. NIVA har tidligere kartlagt forsuringstatus og tålegrenser for Femundsmarka og Rondane nasjonalparker. Disse prosjektene viser hvordan tålegrensekonseptet også kan brukes i detaljert kartlegging av forsuringssituasjonen i et utvalgt område og dermed være et nyttig verktøy for forvaltningen.

Jeg vil takke oppsynsutvalet for Hardangervidda v/Sverre Tveiten for innsamling av alle vannprøvene høsten 1997.

Jeg vil også takke NIVA medarbeidere som har bidratt på forskjellig vis; Leif Lien har plukket ut alle lokalitetene, Torulv Tjomsland og Ann Kristin Buan har laget kart og Brynjar Hals har beregnet overskridelsesarealer og ellers bidratt med annet kartarbeid. Bjørn Olav Rosseland har bidratt med nyttige kommentarer.

Oslo, 1. Oktober 1998

Brit Lisa Skjelkvåle

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Naturgrunlaget	7
3. Prøveinnsamling og metoder	8
3.1 Tålegrenser og overskridelser	8
3.2 Nedbør, deposisjon og avrenning	9
3.3 Utvelgelse av lokaliteter	10
3.4 Prøveinnsamling og analyser	10
4. Vannkjemi	11
5. Endringer i vannkjemi fra 1986 til 1995	18
6. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser	20
7. Diskusjon	24
8. Oppsummering	25
9. Referanser	26
Vedlegg A. Beregning av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser	28
Vedlegg B. Analyseresultater	30
Vedlegg C. Tålegrenseberegninger	36

Sammendrag

Hardangervidda nasjonalpark er Norges største nasjonalpark på 3.422 km² og er bl.a kjent for sine mange fiskerike elver og vann med gode ørretbestander.

Vannkjemien i innsjøer i Hardangervidda nasjonalpark viser stor variasjonsbredde; fra ionefattige vann (konduktivitet < 1 mS/m) som er svært følsomme for forsuring til vann med noe høyere ionestyrke (opptil 3.77 mS/m) som er mindre følsomme for forsuring. Den store variasjonen i ionestyrke og vannkjemi reflekterer i stor grad variasjonen i bergartstyper på Hardangervidda.

Hardangervidda nasjonalpark har en tydelig gradient i vannkjemi. De høyeste verdiene for Ca, Mg, ANC, sulfat og pH finner en i de nordlige delen av parken og de laveste verdiene finnes i sørlige og sørøstlige deler av nasjonalparken. 5 av 125 undersøkte vann har negativ ANC og 14 vann har pH < 6. Det er god samvariasjon mellom ANC og pH; innsjøer med lav pH har også lav ANC. De høyeste aluminium-konsentrasjonene finner vi også der pH er lavest. Det er bare to vann i nasjonalparken der konsentrasjonen av labilt Al > 10 µg/l.

Innholdet av organisk karbon i vannene er generelt svært lavt, og 75% av de undersøkte lokalitetene har TOC < 1.6 mg C/l, og den høyeste registrerte konsentrasjonen er 4.4 mg C/l. Dette skyldes at nasjonalparken er over tregrensen og at det generelt er lite og tynt jordsmonn med karrig og sparsom vegetasjon.

I Hardangervidda nasjonalpark varierer nitrat-konsentrasjonen fra <1 til 148 µg N/l. Innsjøer som ligger over 1200 m.o.h. har de høyeste konsentrasjonene (> 100 µg N/l). Slike konsentrasjonsnivåer finnes vanligvis bare i innsjøer som ligger i de mest N-belastede områdene (for Norge) på Sør- og Vestlandet (Skjelkvåle et al. 1997). De høye nitrat-nivåene finnes i 25 vann der nedbørfeltet er fattig på jord og vegetasjon. Disse nitratkonsentrasjonene er høye i forhold til sulfatkonsentrasjonene og dette fører til at i disse lokalitetene er nitrat ansvarlig for 25-50% av av forsuringen. I fremtiden vil det relative bidraget fra nitrat trolig øke fordi tilførslene av svovel forventes å avta.

Tålegrensene for tilførsler av syre til overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark viser stor variasjon, på samme måte som vannkjemien. Vannene med de laveste tålegrensene ligger i hovedsakelig i sørøstlige og sørvestlige deler av vidda. Idag er overskridelser av tålegrensene størst i de sørvestlige delene av nasjonalparken, men også noen områder i østlige deler og noen små felt i grensen av nasjonalparken mot Sørfjorden er tålegrensene overskredet. Når svovelutslippene i år 2010 er redusert i henhold til 2. svovelprotokoll (Oslo-protokollen, UN/ECE, 1994) er det bare små områder i sørvestlige deler av nasjonalparken der tålegrensene fortsatt vil være overskredet, forutsatt at avrenningen av nitrogen holder seg på dagens nivå

I 1990 var tålegrensene overskredet i 8% av Hardangervidda nasjonalpark, mens det er forventet at i år 2010 vil tålegrensene være overskredet i bare 3% av parken.

Summary

Title: Water chemistry, acidification status and critical loads for national parks; Hardangervidda

Year: 1998

Author: Skjelkvåle, B.L. and Henriksen, A.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-3481-0

Hardangervidda National Park with an area of 3.422 km² is the largest of the national parks in Norway. It is widely known for its many rivers and lakes with large fish population and good conditions for fishing.

The lakes in Hardangervidda National Park vary in water chemistry from low ionic strength water (conductivity < 1 mS/m) with low buffer capacity to lakes with higher ionic strength (conductivity up to 3.77 mS/m) with better buffer capacity, reflecting the variation in bedrock geology in the park.

There is a gradient in water chemistry from the highest levels of Ca, Mg, ANC, SO₄²⁻ and pH in the northern parts of the park to the lowest levels in the southern parts. 5 of the 125 investigated lakes have ANC < 0 µeq/l and 14 lakes have pH < 6. It is a strong correlation between ANC and pH; lakes with low pH also have low ANC. The highest Al-concentrations are also found in lakes with low pH. Only two lakes have concentrations of labile Al > 10 µg/l.

The content of organic carbon in the lakes are in general very low and about 75% of the lakes have TOC < 1.6 mg C/l. The highest concentration found was 4.4 mg C/l. The low TOC-concentration lakes are located above the timberline where the soil is thin and vegetation sparse.

The nitrate levels spans from <1 to 148 µg N/l. Lakes located higher than 1200 m above sea level show the highest concentrations (> 100 µg N/l). These lakes are located in catchments with very little soil and vegetation. Such concentration levels are mostly found in regions of Norway with the highest N-deposition. Nitrate is responsible for 25-50% of the acidification in 25 of the lakes. As sulphate deposition will decrease in the future, the relative importance of nitrate as acidifying anion is expected to increase.

Critical loads (CL) for S and N deposition to surface water show large variations similar to the water chemistry. The lakes with the lowest CL are located in the southern parts of the park. Present exceedance of the CL is largest in the southwestern part of the park, but there are also some exceeded catchments in the eastern and western parts of the park. When the Second Sulphur Protocol (UN/ECE 1994) is fully implemented (2010), only small areas in the southwestern part of the park will be exceeded.

Calculations of areas and percentage of areas where the critical load are exceeded in 1990 and 2010 show that 8% of Hardangervidda national park was exceeded in 1990 while 3% is expected to be exceeded in 2010.

1. Innledning

Direktoratet for naturforvaltning ønsker å få vurdert dagens forsuringstatus og videre forsuringsutvikling i Norges verneområder ved ulike scenarier for tilførsler av svovel. Som første ledd i dette arbeidet ble Femundsmarka og Rondane nasjonalparker undersøkt i 1996 (Skjelkvåle *et al.* 1997a). I 1997 stod Hardangervidda nasjonalpark for tur. Hardangervidda nasjonalpark er Norges største nasjonalpark på 3.422 km² og er bl.a. kjent for sine mange fiskerike elver og vann med gode ørretbestander.

Vannprøver ble samlet inn fra ulike nedbørfelt som grunnlag for å beregne tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av syre til overflatevann. Denne rapporten omfatter resultatene for Hardangervidda nasjonalpark med hensyn på kartlegging av vannkjemi, endringer i vannkjemi fra 1986 til 1997, dagens forsuringssituasjon og den antatte forsuringssituasjonen ved full effekt av den 2. svovelprotokollen som ble underskrevet i Oslo i 1994 (UN/ECE, 1994).

2. Naturgrunlaget

Forurenset luft og nedbør inneholder svovel i form av sulfat (SO₄²⁻) og nitrogen i form av nitrat (NO₃⁻) og ammonium (NH₄⁺). Disse komponentene har bidratt til forsuring av jord og vann i Norge.

Vannets evne til å motstå forsuring er bl.a. avhengig av innholdet av basekationer (Ca, Mg, Na og K) i vannet som er frigjort fra forvitring i nedbørfeltet. Bergarter som f.eks. kalksteiner, fyllitter og andre basiske bergarter gir løsmasser med mineraler som forvitrer lett og gir vann med høyere konsentrasjoner av basekationer og dermed god motstand mot forsuring (høy tålegrense). Løsmasser med mineraler som forvitrer sakte, vil gi vann som har lave konsentrasjoner av basekationer og liten motstand mot forsuring (lav tålegrense).

Hardangervidda består av tre geologiske hovedenheter. Den eldste delen utgjør den flate vidda; det subkambriske peneplan. Denne geologiske formasjonen ble dannet for mer enn 900 millioner år siden, og bergartene her består stort sett av forvittringsresistente gneisser og granitter. Denne geologiske enheten er arealmessig svært viktig på Hardangervidda.

Over denne formasjonen finner vi rester av det som engang var et dekkende lag med fylitt, kvartsitt og marmor. Dette er bergarter som er omdannet fra leire, kalk og sandstein. Bergartene i denne formasjonen forvitrer lettere, og er arealmessig viktigst på vestvidda. Den tredje og øverste geologiske formasjonen er den vi idag finner igjen i Hårteigen, Hardangejøkulen og Hallingskarvet. Dette er bergarter som er skjøvet inn under de kaledonske fjellkjedefoldingene for ca 400 millioner år siden (Devonsk tid). Bergartene i denne enheten består av forvittringsresistente granitter og gneisser, men arealmessig betyr de lite på Hardangervidda.

Berggrunn- og løsmassemineralogi er en viktig faktor for den kjemiske sammensetningen av vannet i et nedbørfelt. Mengden av løsmassene i nedbørfeltet er av betydning for vannets oppholdstid og derved kontakttiden med mineralmaterialet i løsmassene. Nedbørens kjemiske sammensetning er også viktig, f.eks. inneholder innsjøer nær kysten mer sjøsalter (klorid og natrium) enn innsjøer som ligger lenger vekk fra kysten.

Løsmassene er dannet fra den underliggende berggrunnen under siste istid. Det er vist at løsmassene i liten grad er fraktet langt i forhold til der de ble dannet. Låg (1948) har anslått maksimalt 10 km, slik at en i stor grad kan anta at løsmassene har samme mineralogi som de underliggende bergartene.

Et berggrunnsgeologisk kart kan derfor i mange tilfeller gi en indikasjon på innsjøers

forventede tålegrenser mot forsuring. Men for vannene i Hardangervidda nasjonalpark, hvor vi finner svært variert geologi, kan slike enkle vurderinger i mange tilfeller være vanskelig.

Berggrunnskart for Norge (1:1 mill) (Sigmond et al. 1984) samt berggrunnsgeologisk kart Odda (upublisert, Sigmond, pers komm) er brukt for å vurdere berggrunnsgeologien i de enkelte nedbørfelt.

3. Prøveinnsamling og metoder

3.1 Tålegrenser og overskridelser

Forurenset luft og nedbør inneholder svovel og nitrogen i form av nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+). Disse komponentene har bidratt til forsuring av jord og vann i Norge. Begrepet "*naturens tålegrenser*" (eng. critical load) er idag akseptert som utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen. Det tallmaterialet som fremskaffes gir grunnlag for og dermed muligheten til, via internasjonale forhandlinger, å fatte politiske beslutninger om miljømål som står direkte i forhold til tålegrensene. Utvikling av tålegrensebegrepet og definisjoner knyttet til dette er en måte å operasjonalisere Brundtland-kommisjonens begrep "bærekraftig utvikling" på.

Tålegrenser for atmosfærisk tilførsel av svovel og nitrogen til et økosystem er definert som (Nilsson og Grennfelt, 1988):

"Den høyeste konsentrasjon av sure forbindelser som ikke vil forårsake kjemiske endringer som fører til skadelige effekter på økosystemets struktur og funksjon på lang sikt."

Norske fagmiljøer har utviklet metodikk og gjennomført beregninger som har ligget til grunn for de internasjonale forhandlingene om reduksjoner i utslipp av svovel i Europa.

De tålegrenseberegninger for overflatevann vi har gjennomført er basert på SSWC-modellen (Steady State Water Chemistry) (Henriksen *et al.* 1995, vedlegg A). Innlandsaure er valgt som biologisk indikator og ANC (Acid Neutralizing Capacity, vedlegg B) som kjemisk variabel for tålegrenseberegningene. Tidligere ble det brukt en fast kritisk verdi for ANC ($\text{ANC}_{\text{limit}} = 20 \mu\text{ekv/l}$), men vi bruker nå en verdi som er en funksjon av nedbørfeltets forvittringshastighet (Henriksen *et al.* 1995).

Tålegrenser for overflatevann har til nå blitt mest grundig utredet for svoveltilførsler. For svovel kjenner en i dag årsak/virkningsforholdet godt, og dose/responsforholdet kan uttrykkes ved hjelp av enkle modeller. Nitrogenets kretsløp er imidlertid svært komplisert, og tålegrensen for nitrogen er derfor vesentlig vanskeligere å fastsette.

Ved beregning av overskridelser av tålegrensen for forsuring, bruker vi ikke de målte verdier for N-deposisjon. Vi bruker istedenfor dagens nitrogenavrenning (som vi får fra vann-kjemien), som representerer den delen av N-deposisjonen som i dag bidrar til forsuring. Alternativt kunne vi anta at all N-deposisjon er en potensiell bidragsyter til forsuringen. Argumentet for dette, er at vi i dag ikke vet sikkert hvordan en vedvarende N-belastning vil slå ut på et lengre tidsperspektiv (> 20 år avhengig av N-belastning).

Bruk av dagens N-avrenning i tålegrense-beregningene gir et minimums estimat for N-avsetningens bidrag til overskridelse av tålegrensen, mens dagens N-deposisjon gir et maksimum estimat.

3.2 Nedbør, deposisjon og avrenning

For å beregne tålegrenser for forsurening av overflatevann trenger vi informasjon om vannkjemien og spesifikk avrenning. For å beregne overskridelser av tålegrensen trenger vi også data for deposisjon (avsetning) av svovel og nitrogen.

På Hardangervidda er det store gradienter i nedbør og avrenning, fra mye nedbør og stor avrenning i vestlige områder til mindre nedbør og avrenning i østlige områder. Den spesifikke avrenningen er lest ut fra NVE's hydrologiske kart for Norge 1:500.000, som gir normalverdiene for 1930 - 1960. Nedbøren varierer fra 570 mm i øst til 1538 mm i vest (1930-1960 normalen) (tabell 3.1), mens den

spesifikke avrenningen varierer fra 520 i øst til 2250 mm i vest (tabell 3.1).

Gradienten i nedbørmengde virker også inn på avsatt mengde svovel og nitrogen, siden det vanligvis avsettes mer der det regner mer. Deposisjonen av svovel på Hardangervidda er beregnet til å variere fra 290 - 920 mg S/m²/år, mens deposisjonen av nitrogen (NO₃+NH₄) varierer fra 440 - 990 mg N/m²/år for perioden 1988-1992 (tabell 3.1). De laveste deposisjonsverdiene finner en i Nore og Uvdal og Ullensvang kommuner og de høyeste forekommer i Odda og Ullensvang kommuner.

For tilførsler av svovel har vi brukt middeldeposisjonen for perioden 1988-1992 (1990) (Tørseth og Pedersen, 1994) og perioden 1992-1996 (Tørseth og Semb, 1997) for å beregne "dagens" forurensingssituasjon. For situasjonen i år 2010 har vi brukt de offisielle deposisjonstallene beregnet for den nye svovelprotokollen som ble undertegnet i juni 1994 i Oslo (UN/ECE 1994).

Som mål på N-deposisjonen bidrag til forurensingssituasjonen har vi brukt dagens nitrogenavrenning.

Tabell 3.1. Minimum og maksimum spesifikk avrenning og nedbørmengder, svovel (S) og nitrogen (N) deposisjon beregnet for angitte perioder. (spesifikk avrenning fra NVE's hydrologiske kart for Norge 1:500 000, S og N-deposisjon fra Tørseth og Pedersen, 1994, Tørseth og Semb, 1997)

		1930-1960	1988-1992 (1990)	1992-1996 (1994)
Spesifikk avrenning	l/km ² /sek	18-80		
Spesifikk avrenning	mm	567-2520		
Nedbør	mm	570-1538	637-2250	606-1860
SO ₄ -S deposisjon	mg/m ² /år		0.30-0.92	290-650
NO ₃ -N deposisjon	mg/m ² /år			240-510
NH ₄ -N deposisjon	mg/m ² /år			210-480

3.3 Utvelgelse av lokaliteter

Metodikken for kartlegging av tålegrenser for vann i nasjonalparker er utarbeidet gjennom et forprosjekt for Femundsmarka nasjonalpark basert på eksisterende data (Henriksen *et al.* unpubl.) og videre brukt for Femundsmarka og Rondane nasjonalparker (Skjelkvåle *et al.* 1997a). Den samme metodikken er også brukt for å kartlegge forsuringsstatus og forventet forsuringsutvikling i Killarney Provincial Park i Ontario, Canada som et ledd i The Northern Lakes Recovery Study (Hindar og Henriksen, 1998).

Gjennom disse arbeidene kom det fram at en prøvetakings-tetthet på 1 prøve pr. 20-40 km² ville gi en tilfredstillende dekning. Vassdragsregisteret (REGINE) fra Norges vassdrag og energiverk (NVE) ga et godt grunnlag for å velge ut lokaliteter med en slik prøvetakingstetthet.

Hardangervidda nasjonalpark består av hele eller deler av 228 vassdragsenheter (vedlegg C2). Disse enhetene ble brukt som grunnlag til å velge ut 125 lokaliteter på Hardangervidda (1 prøve pr. 26 km²) (vedlegg B).

REGINE-enheten varierer en god del i størrelse, slik at det i enkelte tilfeller var hensiktsmessig og la en vannprøve representere flere REGINE-enheter, mens det i andre tilfeller var nødvendig å ta flere vannprøver i samme REGINE-enhet, enten fordi REGINE-enheten var svært stor, eller

fordi vi på grunnlag av de berggrunns-geologiske kartene antok at vannkjemien ville variere innenfor feltet. I vedlegg C2 er det angitt hvilke vannprøver som dekker hvilke nedbørfelt.

3.4 Prøveinnsamling og analyser

25 innsjøer i Hardangervidda nasjonalpark var inkludert i den regionale innsjøundersøkelsen høsten 1995 som inkluderte 1500 innsjøer over hele landet (Skjelkvåle *et al.* 1997b). De resterende 100 lokalitetene ble prøvetatt av "Oppsynsutvalet for Hardangervidda" i september 1997. Prøveinnsamlingen ble gjennomført til fots, og prøvene ble tatt i rennende vann i utløpet av de angitte innsjøene eller bekkene. Prøvene ble sendt til NIVA innen et par dager etter innsamling.

Vannprøvene ble analysert for pH, kalsium, magnesium, natrium, kalium, aluminium, klorid, sulfat, alkalitet, aluminium, nitrat, ammonium, total-nitrogen, total-fosfor, total organisk karbon. Alle analysene ble utført på NIVA's kjemiske analyselaboratorium etter akkrediterte metoder (Vedlegg B).

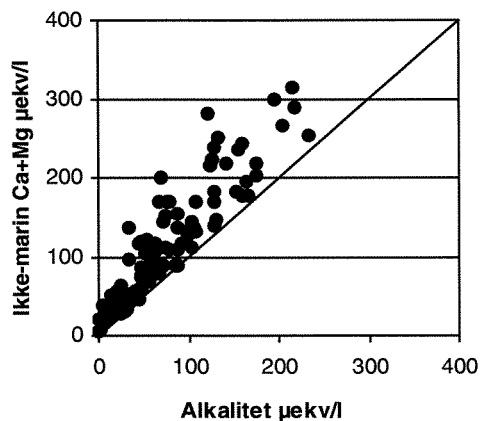
For 12 av vannene forelå det også analyseresultater fra årene 1986-1989 (Vedlegg B) som gir grunnlag for å se på endringer i vannkjemi i Hardangervidda Nasjonalpark over perioden fra 1986(89) – 1997.

4. Vannkjemi

Vannkjemien i innsjøer i Hardangervidda nasjonalpark viser stor variasjonsbredde fra ionefattige vann (konduktivitet < 1 mS/m) som er svakt buffret mot forsuring til vann med noe høyere ionestyrke (opptil 3.77 mS/m) som er bedre buffret. Variasjonen i ionestyrke og i vannkjemi reflekterer i stor grad variasjonen i bergartstyper på Hardangervidda.

Basekationer

Kjemisk forvitring av mineraler er den viktigste kilden til ikke-marine basekationer (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ og K^+) og hydrogenkarbonat (HCO_3^-). Innholdet av hydrogenkarbonat er et uttrykk for vannets alkalitet, slik at bikarbonat og alkalitet ofte brukes om hverandre. I næringsfattige upåvirkede klarvannsjøer er vanligvis kalsium og magnesium hovedkationene og bikarbonat hovedanionet. Disse finnes normalt i omtrent like store mengder (figur 4.1).



Figur 4.1 Alkalitet mot ikke-marin Ca+Mg for 125 lokaliteter i Hardangervidda nasjonalpark.

Vannene på Hardangervidda viser store variasjoner i basekationer og alkalitet. Ca-konsentrasjonene varierer fra 0.10 til 6.11 mg/l (ikke-marin Ca+Mg fra 5 til 315 µekv/l) mens alkaliteten varierer fra 0 til 233 µekv/l. Det er en klar gradient i Ca og Mg konsentrasjoner i innsjøene i nasjonalparken med en overvekt av ikke-marin Ca+Mg < 50 µekv/l i sørlige deler,

50-100 µekv/l i sentrale deler og >100 µekv/l i nordlige deler av nasjonalparken (kart 4.1).

ANC

En måte å kvantifisere hvilken kapasitet en innsjø har til å motstå forsuring, er å bruke vannets syrenøytraliserende kapasitet- ANC (se forklaring i vedlegg B)

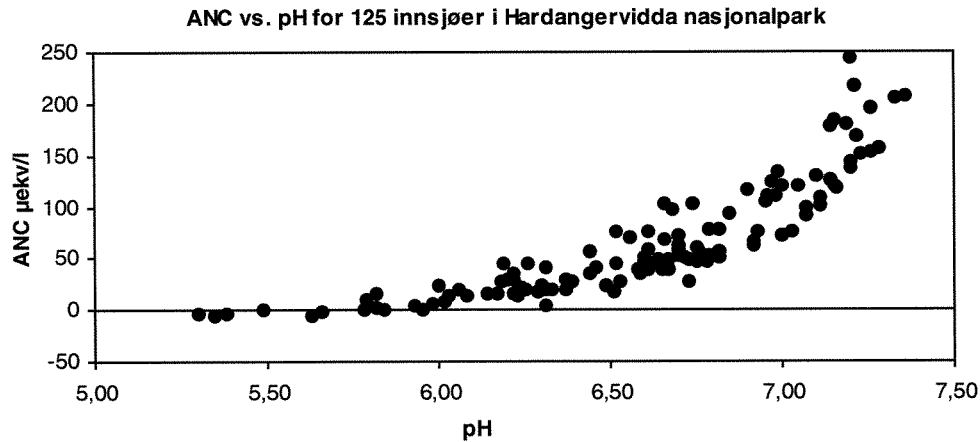
ANC uttrykker en løsnings evne til å nøytralisere tilførsler av sterke syrer til et gitt nivå, eller sagt på en annen måte: ANC uttrykker et nedbørfelts motstandskraft mot forsuring. Høye positive verdier uttrykker god vannkvalitet og stor motstand mot forsuring, mens lave og negative verdier uttrykker liten motstand mot forsuring.

I vannene på Hardangervidda varierer ANC fra -6 til 244 µekv/l. Bare 5 innsjøer har negativ ANC. Det er en klar gradient i ANC-verdiene i innsjøene i nasjonalparken, med overvekt av lave ANC-verdier < 20 µekv/l i sørlige deler, 20-50 µekv/l i sentrale deler og > 50 µekv/l fra sentrale til nordlige deler (kart 4.2).

pH

pH er et mål for vannets surhet. I næringsfattige innsjøer som ikke er påvirket av forurensninger vil pH vanligvis være over 6. pH under 6 i ikke forurensede innsjøer kan være forårsaket naturlig av organiske syrer (humus), eller en spesielt lite oppløste ioner i vannet. Sur nedbør kan bidra til å forsure vannet slik at pH synker ned under 6.

I de undersøkte lokalitetene i Hardangervidda nasjonalpark varierer pH fra 5,30 til 7,36, og bare 14 av de 125 prøvelokalitetene har pH < 6. Vann med pH < 6 er hovedsakelig lokalisert i sørvestre del av nasjonalparken, vann med pH fra 6-7 finnes hovedsakelig i de sentrale delene mens vann med pH > 7 finnes i den nordlige delen av nasjonalparken (kart 4.3).



Figur 4.2 ANC mot pH for 125 lokaliteter i Hardangervidda nasjonalpark.

Det som kjennetegner lokalitetene med pH < 6 er lav konduktivitet, Ca < 1,0 mg/l og lavt innhold av TOC. Det er god samvariasjon mellom ANC og pH (figur 4.2) slik at det er innsjøer med lav pH som også har lav ANC.

Aluminium

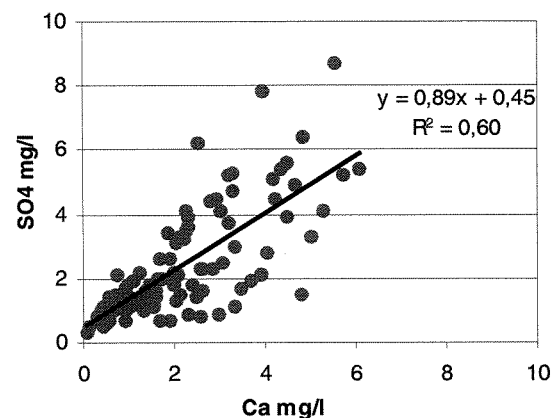
Forsuringsprosesser i jorda fører til at aluminium blir løst ut, slik at konsentrasjonene i avrenningsvannet øker. Aluminium kan foreligge både organisk (ikke-labilt) og uorganisk bundet (labilt). I humusrikt (brunfarget) vann er en stor del av aluminium-ionene kompleksbundet til organiske molekyler (humus). Det er aluminium i form av uorganiske komplekser som er antatt å være giftig for fisk og andre vannlevende organismer.

pH og aluminium er sterkt korrelert fordi løseligheten av aluminium er avhengig av pH. De høyeste aluminium-konsentrasjonene finner vi derfor der pH er lavest. Det er bare to vann i Hardangervidda nasjonalpark med labilt Al > 10 µg/l på prøvetakingstidspunktet. Det er Haabjørgekvamtjern i Vinje kommune med 29 µg Al/l (pH 5,98) og Isvatn med i Odda kommune 11 µg Al/l (pH 5,35)

Sulfat

De naturlige kildene for sulfat i vann er mineraler og sjøsalter. En annen viktig sulfatkilde er langtransporterte forurensninger.

Sulfat-konsentrasjonene i vann på Hardangervidda viser stor variasjon på samme måte som Ca. De høyeste konsentrasjonene av sulfat (opptil 8,7 mg/l) finnes i de sentrale og nordlige delene av nasjonalparken, mens de laveste konsentrasjonene finnes i sørlige og sør-vestlige deler (ned til 0,3 mg/l). De høyeste konsentrasjonene av sulfat reflekterer sannsynligvis innslag av "geologisk" sulfat. Det betyr at berggrunnen inneholder mye sulfat som frigjøres ved forvitring. Dette kan også sees av sammenhengen mellom Ca og sulfat som viser en klar positiv korrelasjon (figur 4.3).



Figur 4.3 Sammenhengen mellom Ca og SO₄-konsentrasjoner for de 125 undersøkte lokalitetene.

Sjøsalter

Sjøsaltinnholdet i innsjøene på Hardangervidda er gjennomgående meget lavt, selv i de

vestlige delene. Klorid-konsentrasjoner er < 1 mg/l, et nivå som er typisk for innlandsstrøk i Norge (Skjelkvåle et al. 1997b).

Organisk karbon

Innholdet av organisk karbon i vannene er generelt svært lavt, og 75% av de undersøkte lokalitetene har TOC < 1.6 mg C/l, mens den høyeste registrerte konsentrasjonen er 4.4 mg C/l. De lave verdiene skyldes at nasjonalparken ligger over tregrensen og at det generelt er lite og tynt jordsmonn med karrig og sparsom vegetasjon.

Nitrogen

Nitrogenforbindelser er gjødsel for vegetasjonen. Normalt vil derfor det meste av nitrogenet som tilføres gjennom nedbøren tas opp av trær og planter. Men kommer det mer nitrogen gjennom nedbøren enn vegetasjonen kan bruke, vil "overskuddet" renne gjennom jordsmonn og løsmasser og ende i vassdragene som nitrat. Nitrationet vil da virke forsurende på samme måte som sulfationet gjør.

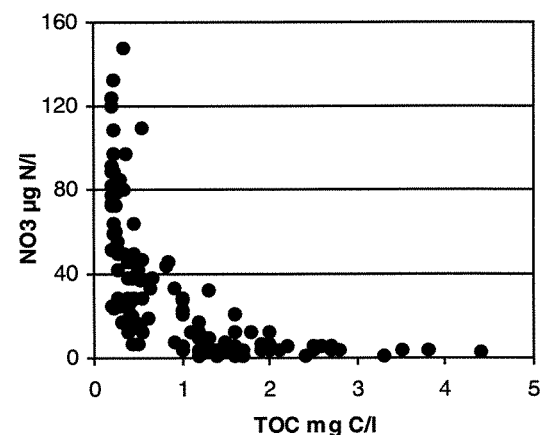
I Hardangervidda nasjonalpark varierer nitrat-konsentrasjonen fra < 1 til 148 $\mu\text{g N/l}$. Vann som ligger over 1200 m.o.h. har de høyeste konsentrasjonene (> 100 $\mu\text{gN/l}$). Slike konsentrasjonsnivåer finnes ellers vanligvis bare i vann i de mest N-belastede områdene (for Norge) på Sør- og Vestlandet (Skjelkvåle et al. 1997).

Nitrat-konsentrasjonene er omvendt korrelert med TOC-konsentrasjonen (Figur.4.4). Hvis vi antar at TOC-nivået til en viss grad reflekterer mengde av jord og myr i nedbørfeltet, ser vi at nitrat-konsentrasjonene er spesielt høye i vann som har lite jord og myr. I disse nedbørfeltene er det lite vegetasjon som kan ta opp N og retensjonen (tilbakeholdelsen) av N blir følgelig lav.

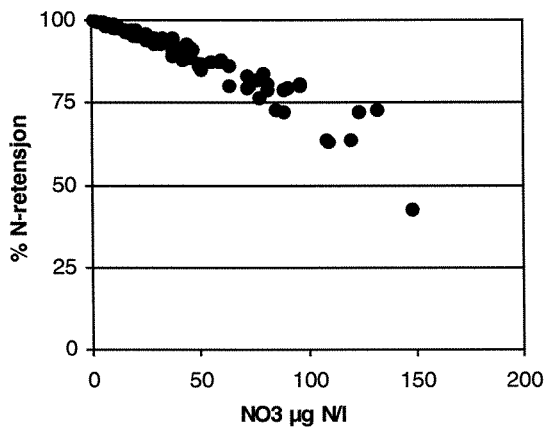
Nitrogen retensjon beregnes som % av tilført N gjennom nedbør som beholdes i

nedbørfeltet. 100% N-retensjon betyr at all tilført N beholdes i nedbørfeltet og at ingenting lekker ut i avrenningsvannet. I slike felt er nitratkonsentrasjonen i avrenningsvannet svært lav (se figur 4.5). De undersøkte innsjøene i Hardangervidda NP viser en N-retensjon fra 75-100%, mens enkelte innsjøer bare har 50% retensjon. Alle lokaliteter med retensjon $< 75\%$ ligger over 1200 m.o.h. og har lave TOC-verdier (< 0.5 mg C/l). Dette kan tyde på at disse vannene har spesielt lite vegetasjon i nedbørfeltet som kan bidra til å binde nitrogen. Innsjøene med de høyeste nitrat-konsentrasjonene har følgelig den laveste retensjonen i nedbørfeltet siden N-deposisjonen varierer relativt lite over Hardangervidda (figur 4.5).

Empiriske data fra skogkledde økosystemer viser at den årlige N-belastningen må ligge på minst 900 mg N/m²/år for at tilført N skal "lekke" fra nedbørfeltet og bidra til forsurening (Dise og Wright, 1994). Det er ikke uvanlig at fjellområder har forholdsvis lav N-retensjon (Skjelkvåle og Wright, 1998), og for slike områder er det forventet at grensen er lavere. Dagens N-deposisjon på Hardangervidda varierer fra 440 – 990 mg N/m²/år.



Figur 4.4 Sammenhengen mellom konsentrasjonen av nitrat og organisk karbon for vann i Hardangervidda nasjonalpark.

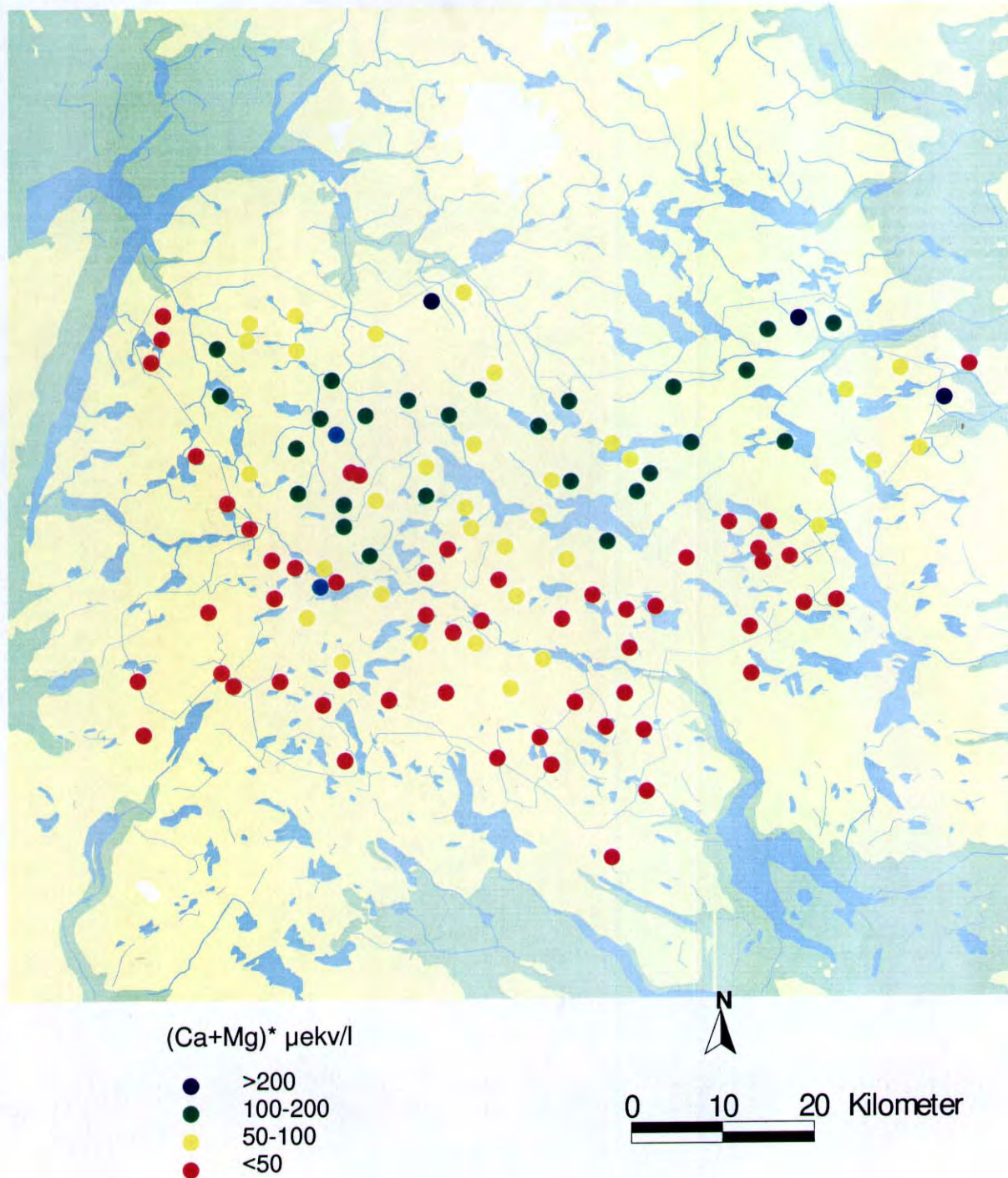


Figur 4.5 Sammenhengen mellom % retensjon av N og $\text{NO}_3\text{-N}$ konsentrasjonen i vann i Hardangervidda nasjonalpark.

Det gjennomsnittlige C:N-forholdet for innsjøer på Hardangervidda (for vann med $\text{TOC} > 1\text{mg/l}$) er 14. Dette er svært lavt og indikerer lavt nivå av N i biomassen. Til sammenligning viser data fra Bjerkreims-vassdraget i Rogaland C:N forhold på 18-20 i skogkledde deler av nedbørfeltet, og 11-14 i ikke-skogkledte deler (Wright et al. 1997).

Ved "utlekkning" av nitrat fra et nedbørfelt vil nitrat som tidligere nevnt bidra til forurening på samme måte som sulfat. For 25 av de undersøkte lokalitetene i Hardangervidda nasjonalpark er nitrat i dag ansvarlig for 25-50% av forureningen. I fremtiden vil det relative bidraget fra nitrat trolig øke, i og med at prognosen viser avtagende tilførsler av sulfat. En eventuell ny nitrogen-protokoll (som er under behandling) vil avgjøre utviklingen i fremtidig N-deposisjon.

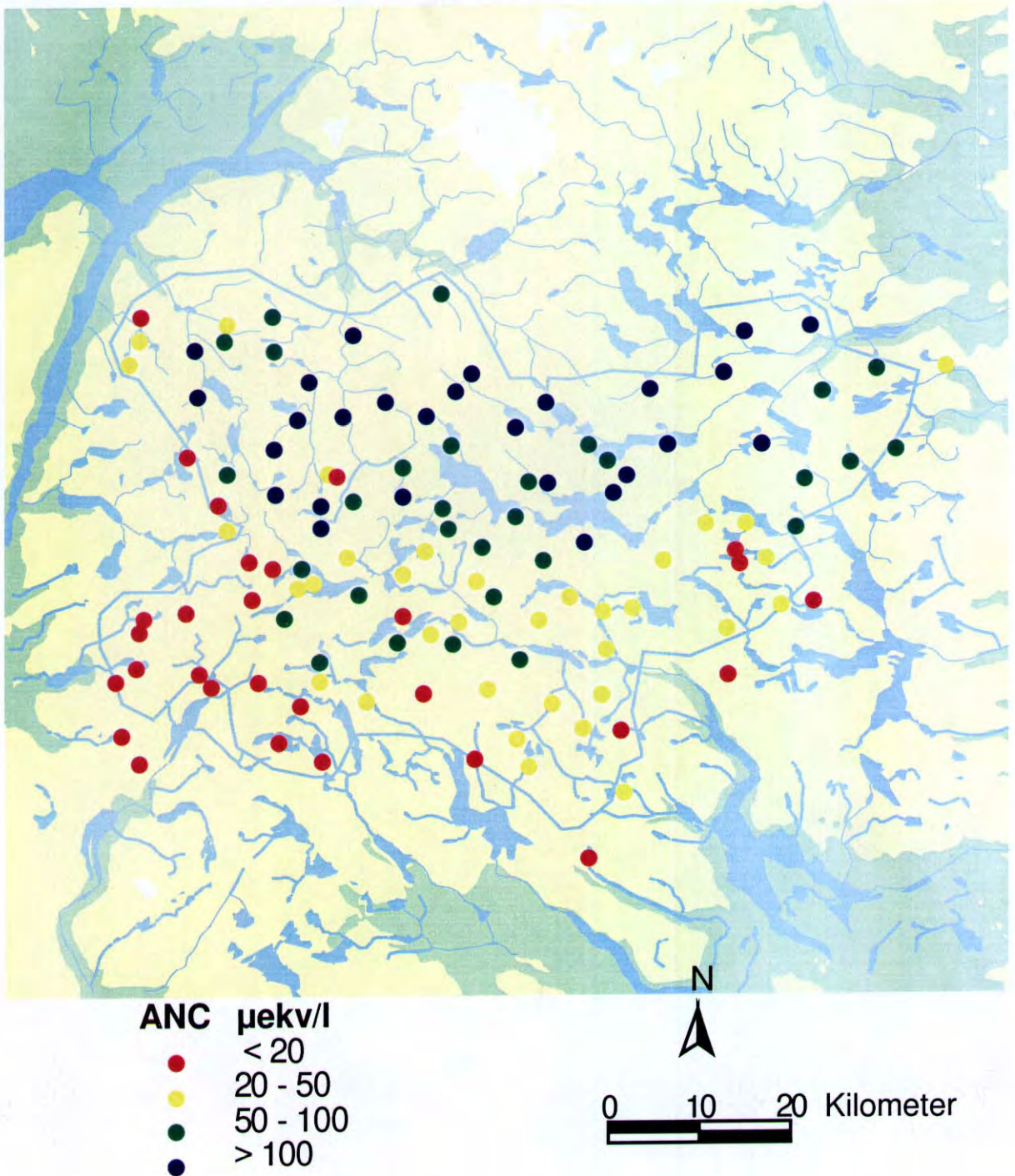
Hardangervidda Nasjonalpark Ikke-marin Ca + Mg 1997



Kart. 4.1

Ikke marin Ca+Mg (µekv/l) i de undersøkte lokalitetene i Hardangervidda nasjonalpark. Den grønne streken markerer grensen til nasjonalparken. Prikkene viser prøvetakingspunkter og fargen angir konsentrasjonsnivået.

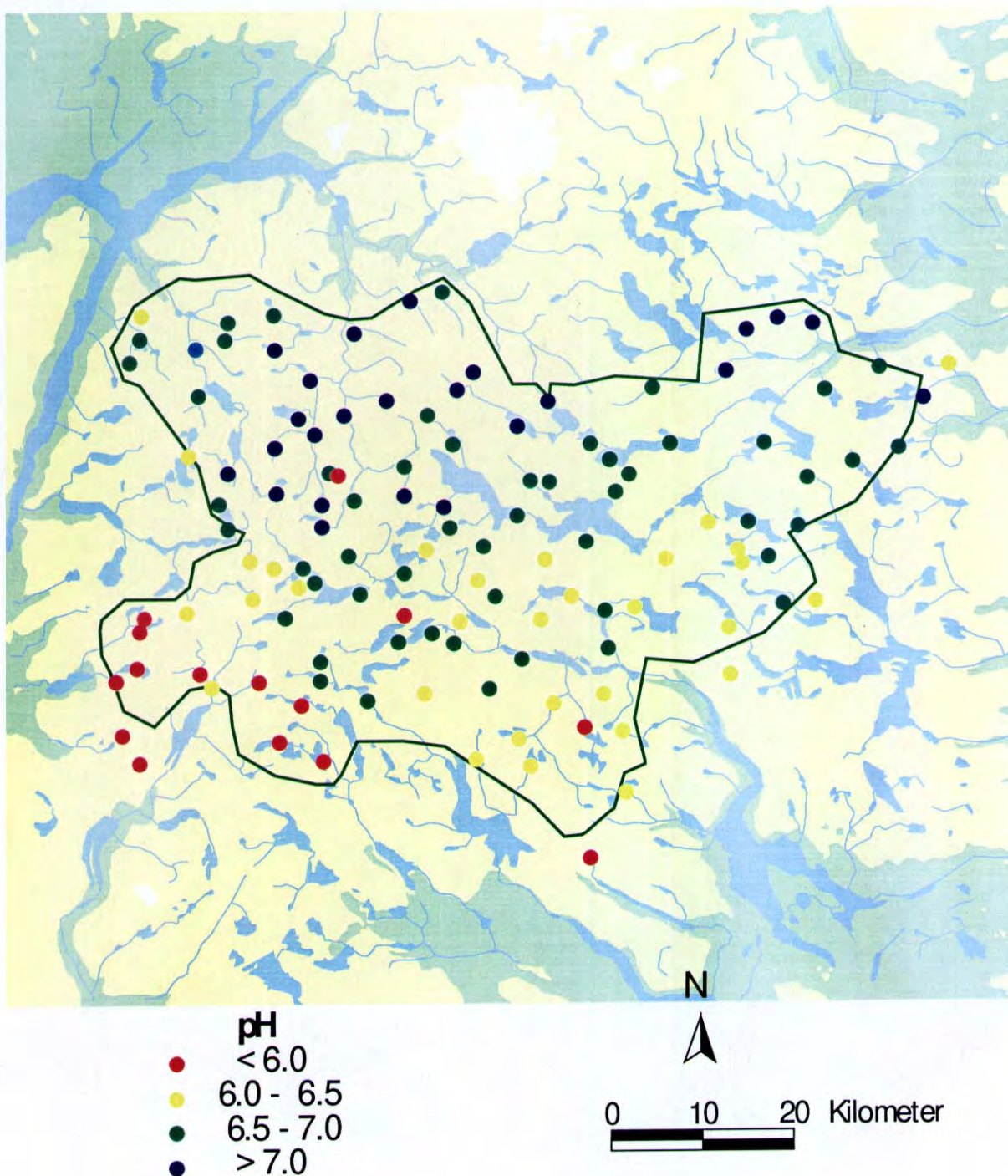
Hardangervidda Nasjonalpark ANC 1997



Kart. 4.2

ANC (syrenøytraliserende kapasitet) i de undersøkte lokalitetene i Hardangervidda nasjonalpark. Den grønne streken markerer grensen til nasjonalparken. Prikkene viser prøvetakingspunkter og fargen angir konsentrasjonsnivået.

Hardangervidda Nasjonalpark pH i innsjøer høsten 1997



Kart. 4.3

pH i de undersøkte lokalitetene i Hardangervidda nasjonalpark. Den grønne streken markerer grensen til nasjonalparken. Prikkene viser prøvetakingspunkter og fargen angir konsentrasjonsnivået.

5. Endringer i vannkjemi fra 1986 til 1995

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid er utslippene i Europa redusert med over 48% fra 1980 til 1995. Som en følge av dette har konsentrasjonen av sulfat i nedbør avtatt med 40-60% i Sør-Norge siden 1980 (SFT, 1998). Innholdet av nitrat og ammonium har ikke vist signifikante endringer i nedbør siden målingene av disse komponentene i Norge startet i 1984.

For 12 av vannene som ble prøvetatt i 1997 har vi også data fra 1986 eller 1989 (vedlegg B). For disse vannene kan en se på endringer i vannkjemi som følge av reduserte tilførsel av svovel (figur 5.1).

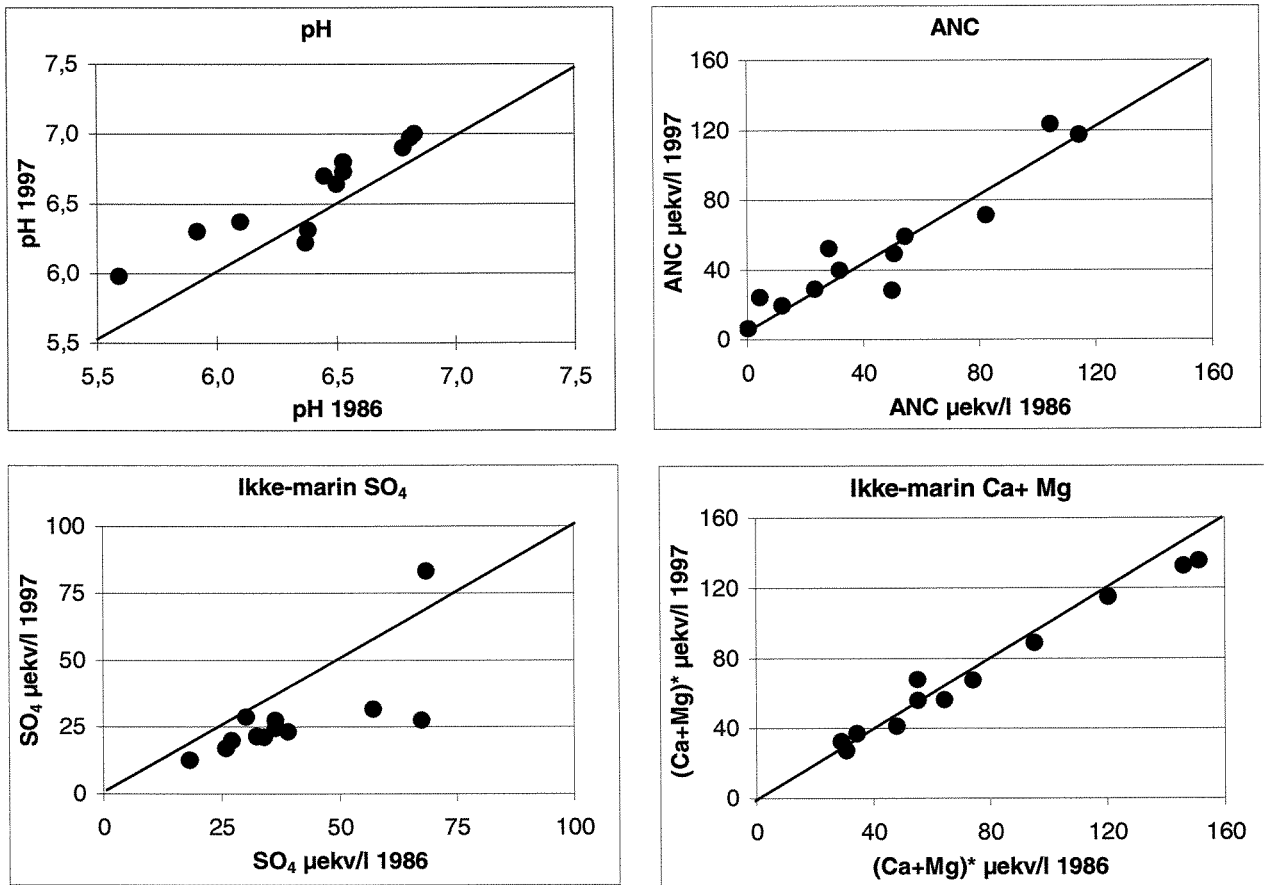
Alle de 12 vannene, med unntak av ett (Langgrovvatn, Ullensvang kommune), viser nedgang i konsentrasjonen av ikke-marin sulfat. Den gjennomsnittlige årlige nedgangen i ikke-marin sulfat er på 0,9 $\mu\text{ekv/l/år}$. Nedgangen i sulfat har medført en forbedring i forsureningssituasjonen ved at pH og ANC har økt. I ni vann har ANC-nivået økt, mens i tre vann er ANC redusert. Innsjøen med den kraftigste nedgangen i ANC (fra 50-28 $\mu\text{ekv/l}$)

var den samme som hadde økning i sulfat. 11 vann viser økning i pH mens to vann viser nedgang (fra pH 6,38-6,31 og fra pH 6,37-6,22 h.h.v. Fjellsjøen og Kringlesjøen i Vinje kommune). Den gjennomsnittlige økningen i pH er på 0,2 pH enheter for hele perioden.

Konsentrasjonsnivået av ikke-marin kalsium og magnesium har vært uendret mellom 1986 og 1997.

Konsentrasjonen av nitrat varierer en del mellom de to årene. Generelt er det de samme innsjøene som har høye og lave nivåer i 1986 og 1997. Det er imidlertid ingen systematiske endringer mot høyere eller lavere nitrat-nivå fra 1986 til 1997.

Endringene i vannkemien på Hardangervidda mellom 1986 og 1997 er den samme som er dokumentert fra "Regional innsjøundersøkelse 1995" og gjennom programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", Skjelkvåle *et. al* 1997b, SFT, 1998) der hovedkonklusjonen er at sulfat avtar og pH og ANC øker, mens nitrat-nivåene er uendret.



Figur 5.1 Endringer i pH, ANC, SO_4 og ikke-marin Ca+Mg fra 1986(1989)-1997 for 12 vann i Hardangervidda nasjonalpark.

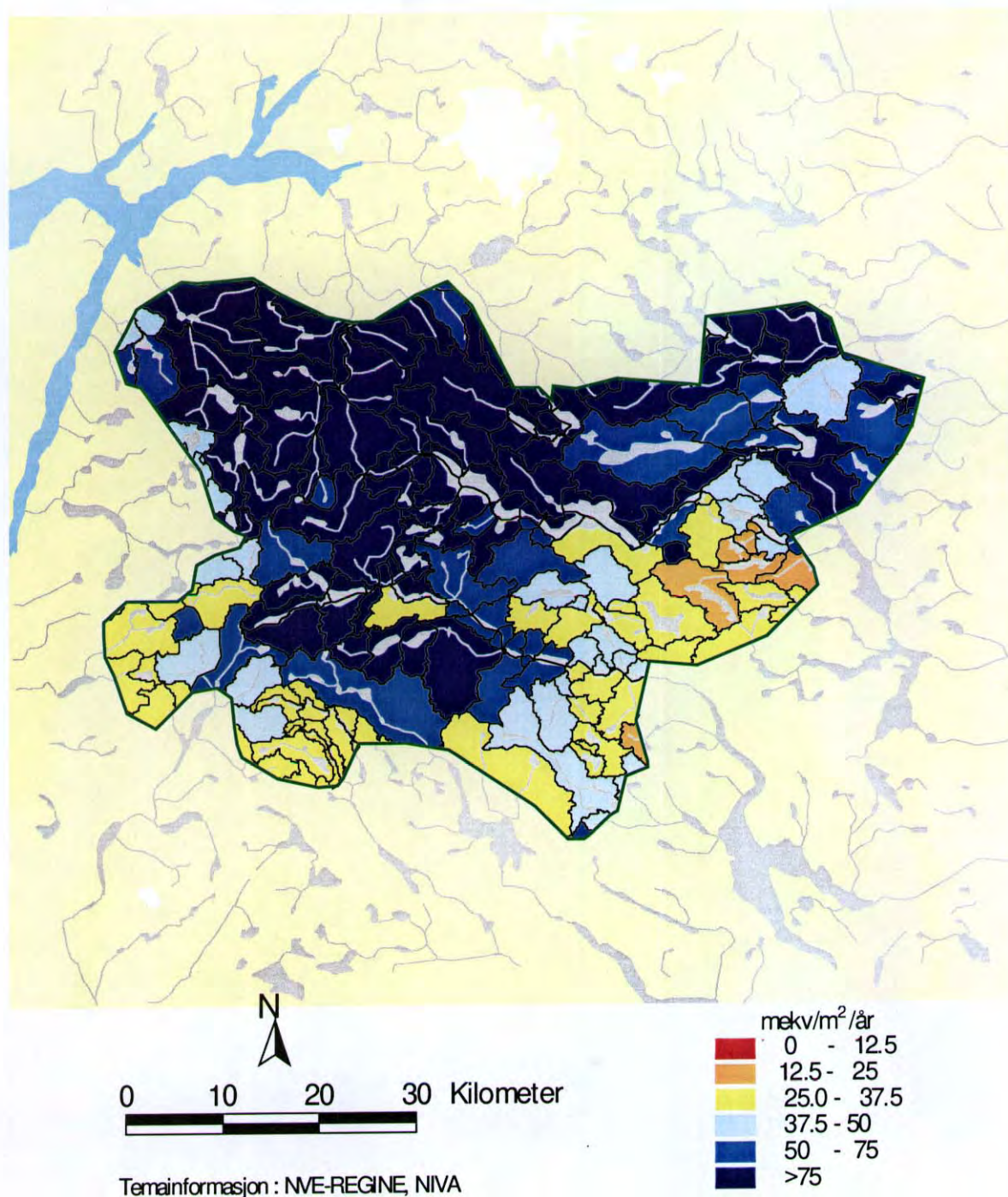
6. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser

Vi har beregnet tålegrensen for tilførsler av sterk syre og overskridelse av tålegrensen i 1990 og i år 2010 for hvert nedbørfelt i Hardangervidda nasjonalpark (Figur 5.1-5.3) som beskrevet kapittel 3.1 og vedlegg B. I vedlegg C er alle de beregnede verdiene for de enkelte lokalitetene oppført og i vedlegg C2 er det listet verdier for alle REGINE-enhetene som er brukt til kartene.

Tålegrenser for tilførsler av syre til overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark viser på samme måte som vannkjemien stor variasjon. Områder med de laveste tålegrensene ligger i hovedsakelig i de

sørøstlige og sørvestlige deler av vidda (figur 6.1). Overskridelsene av tålegrensen er størst i de sørvestlige delene av nasjonalparken men også i noen områder i østlige deler og noen små felt i grensen av nasjonalparken mot Sørfjorden er tålegrensen overskredet (figur 6.2). År 2010 er målet for gjennomføringen av reduksjonene som er avtalt gjennom 2.svovelprotokoll (Oslo-protokollen, UN/ECE 1994). Gitt at reduksjonene i S-utslipp blir slik som avtalt og at avrenningen av nitrogen holder seg på dagens nivå er det bare små områder i sørvestlige deler av nasjonalparken som vil ha overskridelser av tålegrensene for forsurening i år 2010 (figur 6.3).

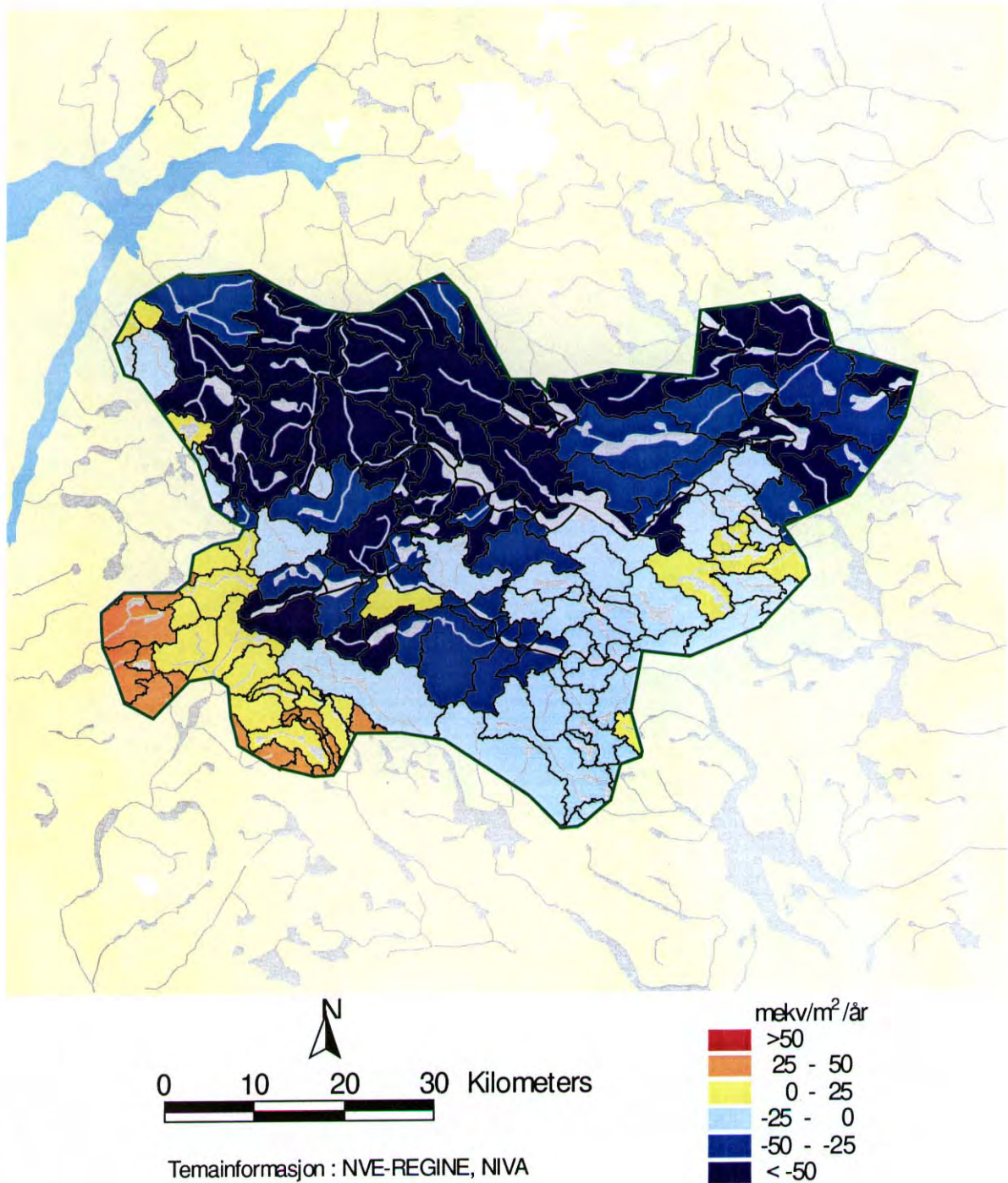
Tålegrenser for forsuring av overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark



Kart. 6.1.

Kart som viser nedbørfelt med verdier for tålegrensen for tilførsel av sterk syre. Blå og lyseblå felt viser høye tålegrenser og stor motstand mot forsuring, mens orange og gule felt har lavere tålegrense og mindre motstand mot forsuring.

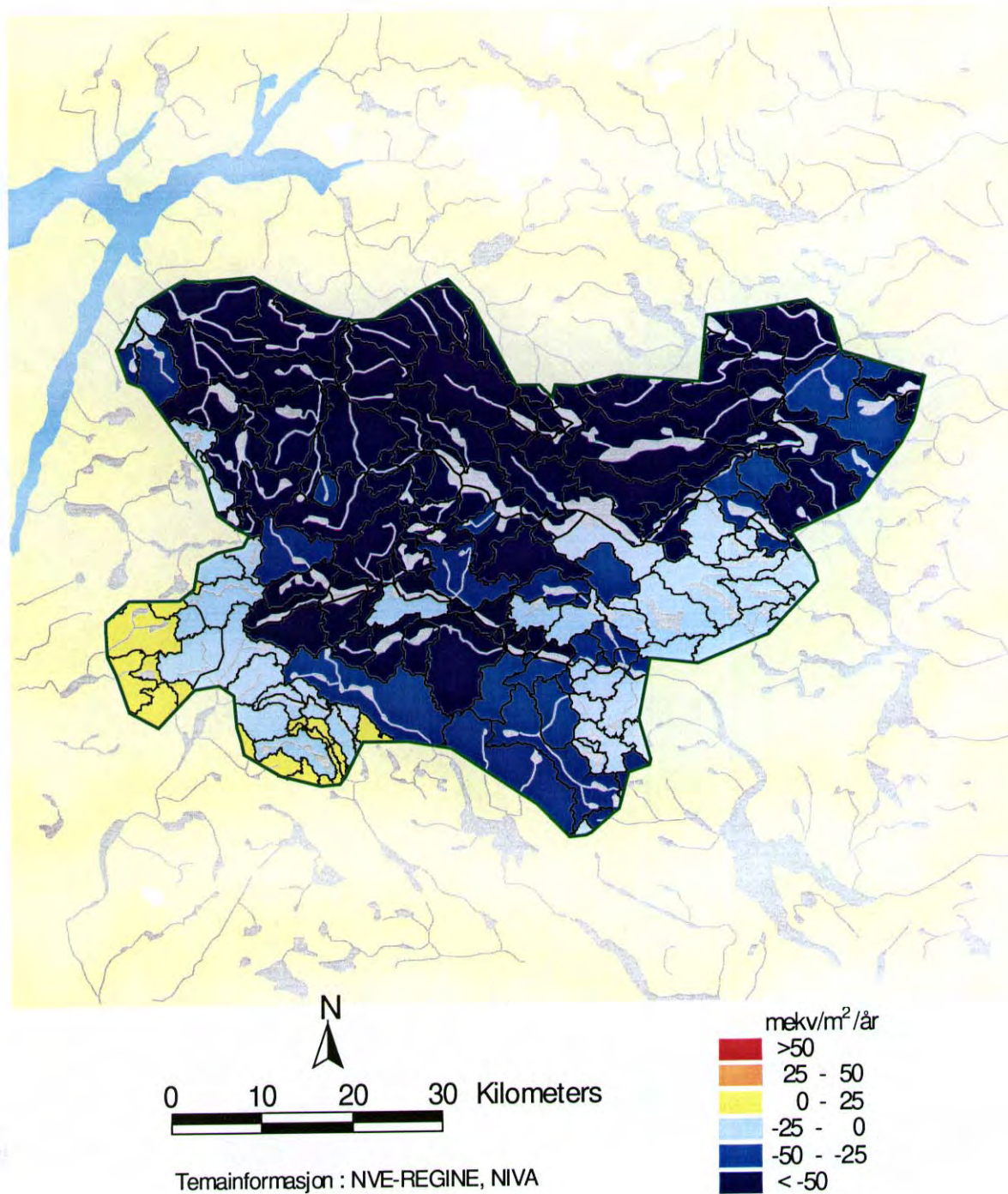
Overskridelse av tålegrensen for forsuring av overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark 1990



Figur 6.2.

Kart som viser nedbørfelt med overskridelser av tålegrensen for forsuring av overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark i 1990. Blå og lyseblå felt har ingen overskridelse, mens orange og gule felt har overskridelse av tålegrensen for forsuring av overflatevann.

Overskridelse av tålegrensen for forsyning av overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark 2010



Figur 6.3. Kart som viser nedbørfelt med overskridelser av tålegrensen for forsyning av overflatevann i Hardangervidda nasjonalpark ved full effekt av svovelprotokollen fra 1994 (UN/ECE, 1994). Målet for full reduksjon er 2010. Blå og lyseblå felt har ingen overskridelse, mens orange og gule felt har overskridelse av tålegrensen for forsyning av overflatevann.

7. Diskusjon

Forsuringssituasjonen i områder av Norge som er påvirket av "sur nedbør", viser klare tegn til forbedring som en følge av reduksjoner i utslipp av svovel i Europa (Skjelkvåle *et al.* 1997b, SFT, 1998). Den positive utviklingen i vannkvalitet m.h.p. forsuring vises også i vannene i Hardangervidda nasjonalpark, ved at det er en klar nedgang i sulfat, samtidig som det er en økning i ANC og pH. Enkelte vann avviker noe fra denne trenden, og årsaken til dette er vanskelig å si noe om, uten å gjøre en grundigere undersøkelse av de aktuelle vannene, med f.eks. flere vannprøver eller undersøkelser i nedbørfeltet.

Det ville være av stor interesse å se den positive utviklingen i vannkjemi sammen med endringer i fiskestatus. Imidlertid er erfaringer fra bl.a. Statlig Program for Forurensingsovervåking (SFT, 1998), at endringer i fiskebestander er vanskelig å oppdage over korte tidsintervaller. Dette er både fordi flere faktorer enn vannkvaliteten har betydning for fiskepopulasjoner, og fordi at selv om forsuringssituasjonen er i positiv endring, er fremdeles vannkvaliteten ikke bra nok, og ikke minst er det fremdeles sure episoder f.eks. i forbindelse med vårmelting og sjøsaltepisoder.

I beregning av overskridelser av tålegrensen for forsuring av overflatevann gir resultatene ved bruk av våre modeller en klar bedring av

forsuringssituasjonen (mindre arealer med overskridelser av tålegrensen for forsuring) ved full gjennomføring av 2.svovelprotokoll (UN/ECE, 1994). Det er imidlertid to momenter som kan virke negativt inn på mulighetene for forbedringer.

Det ene er den framtidige skjebnen til nitrogen. Ved beregning av overskridelser av tålegrensene har vi brukt dagens nitrogenavrenning som mål på N-deposisjonen bidrag til forsuringssituasjonen. I dag varierer lekkasjen av nitrogen i Norge fra 0% i mange skogsområder til 30-40% i fjell og hei-områder med høy nitrogentilførsel (Skjelkvåle *et al.* 1997b). Med dagens nitrogenavsetning er det et stort potensiale for betydelig større N-lekkasjer og dermed større bidrag til forsuring fra nitrogen enn det vi ser i dag. Vi vet ikke i hvor stor grad lekkasjen av nitrogen vil forbli på dagens nivå, eller om den kan øke i årene framover. Utfallet av forhandlingene om den andre NO_x-protokollen vil også være viktig for nitrogen i framtida.

Det andre momentet er innvirkning av en klimaforandring. Storskala-eksperimentet CLIMEX på Risdalsheia i Aust-Agder, viste f.eks. at økt CO₂ og temperatur medfører økt avrenning av nitrogen (Wright, 1998). Dette vil i så fall føre til økt forsuring.

8. Oppsummering

Tre nasjonalparker i Norge er til nå kartlagt m.h.p. forsuringstatus og forventet forsuring-utvikling; Rondane og Femundsmarka (Skjelkvåle *et al.*, 1997a) og Hardangervidda.

Det er beregnet areal og prosentandel med overskridelser av tålegrensen for forsuring i 1990 og 2010 for disse tre nasjonalparkene (tabell 7.1).

8% av arealet av Hardangervidda nasjonalpark har overskridelser av tålegrensen for forsuring

i 1990, mens det er forventet at 3% vil ha overskridelser i 2010.

Beregninger av tålegrenser og overskridelser av disse er med på å gi forvaltningen et kvantitativt mål for forsuringsskader i nasjonalparkene. Den anvendte metodikken bør være nyttig for vurderinger på lokalplan både i nasjonalparker og andre områder der forsuringsskader er av forvaltingsmessig betydning.

Tabell 8.1 Oversikt over forsuringssituasjonen i de tre nasjonalparkene som er kartlagt til nå. Tabellen viser areal med overskridelser av tålegrensen i 1990 og i 2010 samt hvor stor prosentandel av nasjonalparken dette utgjør. Beregningene er gjort for S-deposisjon i 1990, og antatt S-deposisjon i 2010, gitt at avrenningen av nitrogen holder seg på dagens nivå.

	Areal av nasjonalpark	Antall prøver	Prøvetetthet	Overskridelse i 1990 (km ²)	Overskridelse i 2010 (km ²)	% areal med overskridelse i 1990	% areal med overskridelse i 2010
Femundsmarka	390	19	1 pr. 20 km ²	331	39	85	10
Rondane	580	22	1 pr. 26 km ²	55	30	10	5
Hardangervidda	3422	125	1. pr 27 km ²	265	112	8	3

9. Referanser

- Brakke, D.F., Henriksen, A. and Norton, S.A. 1990. A variable F-factor to explain changes in base cation concentrations as a function of strong acid deposition. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24, 146-149.
- Dise, N. B., and Wright, R.F. 1995 Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition. *Forest Ecol. Manage.* 71, 153-162
- Henriksen, A. 1984. Changes in base cation concentrations due to freshwater acidification. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22, 692-698.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H. og Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters - Can the ANC_{limit} be considered variable? *Water, Air and Soil Pollut.* 85: 2419-2424.
- Henriksen, A., Skjelkvåle, B.L. og Tjomsland, T. 1996 (upublisert). Kvantifisering av risiko for forsuring i verneområder ved ulike forurensningsscenarier - Forprosjekt.
- Hindar, A. og Henriksen, A. 1998. Mapping of Critical Load and Critical Load Exceedance in the Killarney Provincial Park, Ontario, Canada. NIVA-rapport SNO 3889-98. Acid Rain Res. Rep. 49/98.
- Låg, J. 1948. Studier av opphavsmaterialet til morenedekket i sørøstlige deler av Norge. Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen 10, 1-233.
- Nilsson, J. og Grennfelt, P. (redaktører) 1988. Critical loads for sulphur and nitrogen - report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 March, 1989 418 sider. UN/ECE og Nordic Council of Ministers, 1988. Nord 1988:15.
- Reuss, J.O. and Johnson, D.W. 1986. Acid deposition and the Acidification of Soils and Waters. Springer, New York.
- SFT, 1998 Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1996. SFT rapport 735/98.
- Sigmond, E.M.O. Gustavsson, M og Roberts, D. 1984. Berggrunskart for Norge. 1:1 mill. Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim.
- Skjelkvåle, B.L., Wright, R.F., Tjomsland, T. 1997a. Kvantifisering av forsøringsrisiko i Femundsmarka og Rondane nasjonalparker ved ulike forsøringsscenarier. Naturens Tålegrenserapp. 88. NIVA-rapp. LNR 3646-97.
- Skjelkvåle, B.L. Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T., Lien, L., Lydersen, E., og Buan, A.K. 1997b. Regionale innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemiske undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Rapport 677/96, Statlig program for forurensningsovervåking, Statens forurensningstilsyn, Oslo, 73s.

- Skjelkvåle, B.L. and Wright, R.F. 1998. Mountain lakes; sensitivity to acid deposition and global climate change. *AMBIO* 27: 280-286.
- Tørseth, K. og Pedersen, U. 1994. Deposition of sulphur and nitrogen components in Norway. 1988-1992. Norsk institutt for luftforskning (NILU): OR 16/94.
- Tørseth, K og Semb, A. 1997. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1992-1996. Norsk institutt for luftforskning (NILU): OR 67/97.
- UN/ECE, 1994. Protocol to the 1979 convention on long-range transboundary air pollution on further reduction of sulphur emissions. Document ECE/EB.AIR/40. New York og Geneva.
- Wright, R.F., Raastad, I.A, Kaste, Ø. 1997. Atmospheric deposition of nitrogen, runoff of organic nitrogen and critical loads for soils and waters. Naturens Tålegrenserapp.83. NIVA-rapp. LNR. 3593-97.
- Wright, R.F. 1998. Effect of increased CO₂ and temperature on runoff chemistry at a forested catchment in southern Norway (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 216-225.

Vedlegg A. Beregning av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser

For beregning av tålegrenser for forsurening av overflatevann bruker vi en metode som kalles "The Steady-State Water Chemistry (SSWC) method". Denne er spesielt anvendelig for overflatevann i områder hvor innsjøer er det mest følsomme økosystemet m.h.p. forurening. Metoden forutsetter at tilnærmet all sulfat i avrenningen kommer fra sjøsalter og antropogene kilder (forbrenning av fossilt brennstoff) og at lite produseres i nedbørfeltet ved forvitring. Tålegrensen for innsjøer kan beregnes på basis av en årlig veid middelvei, eller som i tilfellet med denne undersøkelsen, på basis av en høstprøve i en innsjø eller en bekk/elv som vi antar representerer en slik veid middelvei. Metoden baserer seg videre på bruk av ANC (se vedlegg B) som et kjemisk kriterie for sensitive organismer i vannet. For å skille effekter av sjøsalter fra antropogene effekter bruker vi ikke-marine konsentrasjoner i alle beregninger (se vedlegg B).

Om forutsetningene i modellen

Tålegrensen for en innsjø er definert på grunnlag av den opprinnelige forvitringshastigheten i nedbørfeltet. Den totale fluxen av basekationer (BC^*_t) fra et nedbørfelt er et resultat av balansen mellomtilførsler fra forvitring (BC_w), ionebytte (BC_i), ikke-marin atmosfærisk deponisjon (BC^*_{dep}), og opptak i biomassen (BC_u):

$$BC^*_t = BC_w + BC_i + BC^*_{dep} - BC_u \quad (1)$$

hvor alle parametre er uttrykt som årlige fluxer ($\text{mekv} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{år}^{-1}$). Av disse parameterene er BC^*_t og BC^*_{dep} beregnet direkte fra avrenningsmengde, nedbørvolum og konsentrasjonsmålinger.

BC_i er relatert til langtids endringer i atmosfæriske tilførsler av sure ikke-marine anioner (sulfat og nitrat) (ΔAN^*) ved en F-faktor (Henriksen 1984, Brakke et al. 1990):

$$\Delta AN^* = \Delta SO_4^* + \Delta NO_3 \quad (2)$$

$$F = BC_i / \Delta AN^* \quad \text{eller} \quad BC_i = F \cdot \Delta AN^* \quad (3)$$

Vi antar nå følgende:

1. BC_w endres ikke med endringer i syre deponisjon.
2. BC_0 (den "opprinnelige" basekationavrenningen (før-forsuringstid)) = $BC_w + BC_d$
3. Sulfat i avrenningen er i likevekt med sulfat i nedbøren (d.v.s det hverken lagres eller frigjøres sulfat i nedbørfeltet).

For før-forsuringssituasjonen har vi:

$$[BC^*]_0 = [BC^*]_t - F \cdot (\Delta[SO_4^*] + \Delta[NO_3]) = [BC^*]_t - F \cdot ([SO_4^*]_t + [NO_3]_t - [SO_4^*]_0 - [NO_3]_0) \quad (4)$$

hvor t referer til dagens konsentrasjon og 0 til før-forsurings konsentrasjoner.

Verdien av F er en funksjon av basekationkonsentrasjonen og ligger normalt mellom 0 og 1 (Henriksen 1984). F spenner fra nær 0 i innsjøer med lave konsentrasjoner av basekationer til 1 i innsjøer med høye konsentrasjoner av basekationer.

En algoritme for F er gitt ved (Brakke et al. 1990):

$$F = \sin((\pi/2) \cdot [BC^*]_t / S) \quad (5)$$

Hvis $[BC]_t^* > S$, blir F satt til 1. Her er S basekationkonsentrasjonen for $F = 1$. I Norge har S blitt anslått til å være 400 $\mu\text{ekv/l}$.

Vi antar videre at $[\text{NO}_3]_0 = 0$ for alle innsjøer. Bakgrunns sulfat ($[\text{SO}_4^*]_0$) er beregnet ut fra norske innsjøer som er lite påvirket av sur nedbør:

$$[\text{SO}_4^*]_0 = 15 + 0.16 [BC^*]_t \quad (\text{når konsentrasjonene er i } \mu\text{eq/l}) \quad (6)$$

denne ligningen indikerer at det er et atmosfærisk bakgrunn bidrag av $[\text{SO}_4^*]$ på gjennomsnittlig 15 $\mu\text{eq/l}$ og et geologisk bidrag som er proporsjonalt med konsentrasjonen av basekationer. I andre områder enn Norge kan dette forholdet være anderledes.

Beregning av tålegrenser for syre

Tålegrensen for tilførsler av syre til innsjøer kan nå beregnes:

$$CL(\text{Ac}) = ([BC^*]_0 - [ANC]_{\text{var}}) \cdot Q \quad (7)$$

hvor:

$CL(\text{Ac})$ = tålegrensen for sterksyre

$[BC^*]_0$ = opprinnelig ikke-marin basekationkonsentrasjon

$[ANC]_{\text{var}}$ = grenseverdi for ANC

Q = avrenning

For å kunne beregne tålegrenser for overflatevann, må man definere en verdi for ANC. SSWC-metoden er svært sensitiv for valget av ANC_{limit} . I områder med lite sur nedbør vil sannsynligheten for nedbørepisoder som fører til en vannkvalitet hvor man får skader på fiskebestanden være liten, selv når $ANC = 0$, mens i områder med mye sur nedbør, kan man få store skader på fiskebestanden ved en slik ANC-verdi. For ikke å underestimere tålegrensene ved å bruke en fast ANC verdi på 20 $\mu\text{ekv/l}$ har man innført en variabel ANC som er en funksjon av forvittringshastigheten - ANC_{limit} (limit - grense). ANC_{limit} er lav i områder med lav forvittringshastighet, og stiger til 50 $\mu\text{ekv/l}$ med økende forvittringshastighet. Effekten av denne funksjonen er at man reduserer arealer med overskredet tålegrense i områder som mottar lite sur nedbør.

Formulering av en slik ANC-verdi har blitt foreslått av Henriksen et al. 1995, og er nå i bruk i Norge og Sverige. ANC_{limit} er ikke en fast verdi for alle innsjøer. Hver innsjø vil ha sin egen verdi for alle deposisjonsverdier bestemt av karakteriske egenskaper i nedbørfeltet ($[BC^*]_0$ og Q).

Dagens overskridelser av tålegrensen for tilførsel av sterk syre kan uttrykkes ved:

$$Ex(\text{Ac}) = S^*_{\text{dep}} + N_{\text{leach}} - BC^*_{\text{dep}} - CL(\text{Ac}) \quad (8)$$

$$\text{hvor } N_{\text{leach}} = N_{\text{dep}} - N_s \quad (9)$$

der N_s representerer alle nitrogen-opptak i nedbørfeltet. N_{leach} er beregnet fra målte konsentrasjoner av nitrat og ammonium i avrenningen. Ingen N-deposisjons data er derfor nødvendig for beregning av dagens overskridelse.

Vedlegg B. Analyseresultater

Alle analysene ble utført på NIVA etter akkrediterte metoder (EN-4500 / P-009).

Kjemiske variable og analysemetoder

Kode	Variabelnavn	Enhet	Analysemetode
pH	pH		Potensiometri
Kond	Konduktivitet	mS/m 25°C	Elektrometri
Ca	Kalsium	mg/l	ICP - (Induktivt koblet plasma - atomemisjon)
Mg	Magnesium	mg/l	"
Na	Natrium	mg/l	"
K	Kalium	mg/l	"
Cl	Klorid	mg/l	Ionkromatografi
SO ₄	Sulfat	mg/l	"
NO ₃	Nitrat	µg N/l	Automatisert kolorimetri
Alk	Alkalitet	mmol/l	Potensiometrisk titrering til pH = 4.5
TOC	Total Organisk Karbon	mg C/l	Oksidasjon til CO ₂ og måling med IR-detektor
RAI	Reaktiv Aluminium	µg/l	Automatisert kolorimetri
IIAI	Ikke Labil Aluminium	µg/l	"
LAI	Labil Aluminium	µg/l	"
Tot-N	Total Nitrogen	µg N/l	Fotometri (AA)

Sjøsalt-"korrigerings"

Det er vanlig å anta at sjøsalter transporteres med nedbøren til nedbørfeltet i samme mengdeforhold som de finnes i havvannet og at kilden til klorid i all hovedsak er sjøsalter. Videre antar man at klorid er "mobilt", og at det følger vannet gjennom nedbørfeltet slik at $Cl_{inn} = Cl_{utt}$. Ved å bruke forholdet mellom klorid og de andre ionene i sjøvann kan man derfor å beregne bidraget fra ikke-marine kilder i avrenningsvannet, d.v.s. forvitring og langtransporterte forurensninger. Det gjøres ved følgende likninger:

$$[Ca^{2+}]^* = [Ca^{2+}] - 0.037 \cdot [Cl] \quad (1)$$

$$[Mg^{2+}]^* = [Mg^{2+}] - 0.196 \cdot [Cl] \quad (2)$$

$$[Na^+]^* = [Na^+] - 0.859 \cdot [Cl] \quad (3)$$

$$[K^+]^* = [K^+] - 0.018 \cdot [Cl] \quad (4)$$

$$[SO_4^{2-}]^* = [SO_4^{2-}] - 0.103 \cdot [Cl] \quad (5)$$

* angir at det er en ikke-marin eller sjøsaltkorrigert verdi

Beregning av syrenøytraliserende kapasitet - ANC

ANC (Acid Neutralizing Capacity) eller den syrenøytraliserende kapasiteten uttrykker en løsning evne til å motstå forsuring. ANC brukes i stor grad som et uttrykk for vannkvaliteten. ANC er definert ved (Reuss and Johnsson 1986):

$$ANC = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+] + [NH_4^+]) - ([Cl^-] + [SO_4^{2-}] + [NO_3^-]) \quad (6)$$

$$ANC = \Sigma[\text{basekationer}] - \Sigma[\text{sterke syres anioner}]$$

Analyseresultater

STNUM	NAVN	ÅR	DATO	COND mS/m	PH	CA mg/l	MG mg/l	NA mg/l	K mg/l	CL mg/l	SULF mg/l	ALK-E µekv/l	NO3N µg N/l	TOTN µg N/l	RAL µg/l	ILAL µg/l	LAL µg/l	TOC mgC7l	ANC µekv/l	ECM* µekv/l	ENA* µekv/l	ESO4* µekv/l
1	Tøddølvatn	1997	1012	2.85	7.20	4.82	0.20	0.59	0.18	0.4	1.5	233	12	175	12	8	4	2.0	244	254	16	30
2	Bollatj	1997	915	1.37	6.82	1.62	0.13	0.58	0.19	0.5	1.4	71	<1	185	<5	<5	0	2.4	78	88	13	28
3	Ned. Grøtj	1997	1012	1.20	6.56	1.43	0.11	0.58	0.10	0.4	1.3	67	7	135	6	<5	1	1.9	69	78	16	26
4	Bjordalsvatn	1997	1012	2.65	7.15	4.04	0.23	0.65	0.18	0.4	2.8	176	6	144	7	<5	2	2.2	183	218	19	57
5	Herbutj	1997	1012	3.12	7.21	5.01	0.24	0.60	0.19	0.5	3.3	205	4	155	8	<5	3	2.8	218	267	14	67
6	St. Selsjøen	1997	1012	2.45	7.19	3.71	0.17	0.79	0.15	0.6	1.9	164	6	138	10	<5	5	2.5	180	195	20	38
7	Ned. Grønenuttj	1997	1012	2.95	7.14	4.47	0.31	0.62	0.19	0.7	3.9	160	6	155	9	<5	4	2.7	179	244	10	79
8	Kalvetj	1997	1012	1.89	6.98	2.64	0.13	0.68	0.14	0.6	2.3	102	7	135	10	<5	5	2.0	110	139	15	46
9	V.Baktjern	1997	1012	1.27	6.66	1.56	0.10	0.54	0.12	0.7	1.2	65	4	205	5	<5	0	2.5	68	82	7	23
10	Flotatj.	1997	1012	1.76	6.97	2.49	0.15	0.69	0.13	0.6	1.4	109	4	175	7	<5	2	2.5	124	133	16	27
11	Torjustj	1997	1002	1.49	6.74	2.03	0.14	0.64	0.12	0.5	1.3	87	4	365	6	<5	1	3.5	102	110	16	26
12	Nordskarvatn	1997	1012	1.11	6.70	1.25	0.11	0.60	0.15	0.6	1.2	51	4	155	<5	<5	0	2.1	59	68	12	23
13	Dagfisketj	1997	1012	1.73	6.95	2.15	0.16	0.74	0.23	0.8	1.5	92	4	175	<5	<5	0	2.7	104	115	13	29
14	(Ned)Feitfiskj	1997	912	0.80	6.37	0.55	0.11	0.55	0.10	0.4	1.1	29	4	135	9	<5	4	1.7	29	34	14	22
15	Hoh 1248	1997	1002	2.37	6.79	3.22	0.15	0.64	0.13	0.6	5.2	79	4	325	5	10	-5	1.4	79	169	13	107
16	Storfiskj	1997	1002	1.82	6.90	2.60	0.12	0.58	0.12	0.6	1.6	107	4	210	<5	6	-1	2.0	117	136	11	32
17	Hoh 1234	1997	1002	1.72	6.96	2.41	0.12	0.62	0.11	0.4	1.8	99	4	330	5	<5	0	1.9	111	128	17	36
18	(Ned)Langebutj	1997	1002	1.61	6.44	2.03	0.10	0.53	0.13	0.5	3.1	63	5	80	<5	<5	0	1.3	57	106	11	63
19	Lakjen	1997	1002	2.07	6.93	3.03	0.09	0.42	0.09	0.6	4.1	88	4	86	<5	<5	0	1.0	77	155	4	84
20	(Ned)Lakadalsj	1997	1002	2.73	6.82	3.95	0.09	0.51	0.09	0.5	7.8	69	12	86	<5	<5	0	0.6	52	201	10	161
21	Meinsvatn	1997	1002	0.95	6.80	1.32	0.05	0.28	0.05	0.3	1.0	56	25	60	<5	<5	0	0.4	52	68	5	20
22	Andersosen	1997	1009	2.94	7.00	4.37	0.11	0.49	0.12	0.6	5.4	125	25	62	9	<5	4	0.4	120	223	7	111
23	Bessvatn	1997	1002	1.78	7.07	2.84	0.07	0.33	0.06	0.5	2.3	104	28	330	<5	<5	0	0.4	99	144	2	46
24	Hallbjørgkvamj	1997	1002	0.78	5.98	0.56	0.07	0.38	0.06	0.2	1.4	14	148	170	49	10	39	0.4	6	32	12	29
25	M.Berutj	1997	1002	0.71	6.22	0.52	0.08	0.39	0.09	0.3	1.2	20	42	102	11	<5	6	0.5	15	31	10	24
26	Ugletjørn	1997	1002	0.74	6.30	0.53	0.09	0.48	0.10	0.5	1.0	28	10	99	11	<5	6	1.2	22	31	9	19
27	Hedlevatn	1997	1002	1.46	6.75	2.04	0.08	0.30	0.09	0.3	3.1	55	50	86	<5	7	-2	0.3	47	106	6	64
28	Vassdalsvatn	1997	1002	1.35	6.73	1.93	0.10	0.24	0.07	0.3	2.6	53	78	165	<5	<5	0	0.3	49	103	3	53
29	Tangasjøen	1997	1002	1.44	6.82	2.10	0.07	0.31	0.05	0.6	2.1	64	120	340	4	<5	-1	<0.20	56	107	-1	42
30	Au.Sletteidvt	1997	1002	0.84	6.61	0.95	0.09	0.36	0.12	0.4	1.1	44	12	340	<5	7	-2	1.6	39	52	6	22
31	Kallungsjøen	1997	1002	0.74	6.49	0.57	0.09	0.46	0.13	0.5	1.0	31	12	105	5	6	-1	1.6	23	33	8	19
32	Kosadalsvatn	1997	912	1.52	6.85	2.00	0.14	0.68	0.14	0.5	1.8	80	4	185	7	<5	2	1.7	93	108	18	36

STNUM	NAVN	ÅR	DATO	COND	PH	CA	MG	NA	K	CL	SULF	ALKE	NO3N	TOTN	RAL	ILAL	LAL	TOC	ANC	ECM*	ENA*	ESO4*
				mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µekv/l	µg N/l	µg N/l	µg/l	µg/l	µg/l	mgC7l	µekv/l	µekv/l	µekv/l	µekv/l
33	Kalven	1997	914	0.68	6.33	0.47	0.09	0.43	0.12	0.5	0.9	24	4	105	5	<5	0	1.2	20	28	7	17
34	Viuvatin	1997	914	0.72	6.37	0.48	0.09	0.46	0.18	0.6	0.9	25	10	165	<5	<5	0	1.3	20	27	6	17
35	Eidsjoren	1997	912	0.97	6.64	1.03	0.10	0.53	0.15	0.5	1.1	44	<1	165	<5	<5	0	1.7	49	56	11	21
36	Skjortetj.	1997	915	1.60	6.68	1.98	0.20	0.86	0.20	0.5	2.2	74	3	640	22	18	4	4.4	98	112	25	44
37	Kolsnutgrusline	1997	1002	0.89	6.18	0.93	0.10	0.35	0.07	0.2	1.7	28	46	149	13	<5	8	0.8	27	53	10	35
38	Eisjåbekken	1997	1002	0.95	6.58	0.80	0.13	0.56	0.16	0.6	1.1	44	12	116	6	<5	1	1.8	38	47	10	21
39	Mjågevatn	1997	1002	1.04	6.64	1.01	0.12	0.58	0.13	0.5	1.3	48	8	108	8	8	0	1.5	47	57	13	26
40	Fjellsjåen	1997	1002	1.02	6.31	1.02	0.11	0.53	0.15	0.6	1.4	40	10	116	13	10	3	1.3	40	56	9	27
41	Kringlesjåen	1997	1002	0.90	6.22	0.74	0.10	0.48	0.12	0.6	1.1	35	4	92	<5	<5	0	1.3	29	41	6	21
42	Vollenutti	1997	1002	0.87	6.39	0.73	0.11	0.46	0.14	0.5	1.3	29	8	81	7	<5	2	0.9	27	42	8	26
43	Urdevatin	1997	1002	0.67	6.00	0.56	0.08	0.47	0.08	0.3	1.1	18	29	75	9	<5	4	0.5	24	33	13	22
44	Møruvatin	1997	1002	0.95	6.22	0.82	0.12	0.58	0.09	0.4	1.4	35	37	86	18	10	8	0.5	35	48	16	28
45	Ormetjørni	1997	1002	0.72	6.30	0.65	0.07	0.37	0.07	0.2	1.2	24	16	74	12	6	6	0.5	24	37	11	24
46	Gunleiksbuvt	1997	1002	1.65	6.76	2.20	0.13	0.45	0.10	0.6	3.2	62	44	86	6	<5	1	0.8	56	117	5	65
47	Brutj	1997	1002	1.14	6.67	1.37	0.11	0.47	0.09	0.6	1.6	53	4	175	6	<5	1	2.1	50	74	6	32
48	Sverva	1997	1002	1.68	6.76	2.28	0.10	0.46	0.12	0.6	3.5	55	33	80	<5	<5	0	0.9	53	118	6	71
49	Ned.Bjømavt	1997	1002	1.62	6.78	2.13	0.09	0.43	0.11	0.6	3.3	58	33	80	<5	<5	0	0.6	47	110	4	67
50	Øv. Bjørnvatin	1997	912	2.28	6.70	3.29	0.11	0.49	0.15	0.5	5.3	68	29	99	<5	<5	0	1.0	72	170	9	109
51	Blånutti	1997	1009	1.81	6.72	2.30	0.11	0.44	0.16	0.5	3.9	54	12	92	<5	<5	0	1.1	51	121	7	80
53	Hoh 1173	1997	1002	2.20	6.06	2.53	0.16	0.58	0.13	0.6	6.2	34	21	260	20	13	7	1.6	21	136	11	127
54	Valgardsvt	1997	1009	1.57	6.53	1.88	0.08	0.45	0.09	0.7	3.4	35	60	99	<5	<5	0	0.3	28	96	3	69
55	Ambjersvatn	1997	911	1.67	6.60	2.33	0.08	0.37	0.10	0.6	3.6	46	38	102	5	<5	0	0.4	47	119	2	73
56	Kvennsjøen	1997	911	1.38	6.70	1.75	0.15	0.39	0.08	0.7	2.0	58	64	122	5	<5	-2	0.5	53	95	0	40
57	(Ned)Vassdalsvt	1997	915	1.02	6.26	1.25	0.15	0.29	0.05	0.5	1.3	50	50	95	<5	<5	0	0.4	44	71	1	26
58	Kollstjørn	1997	915	0.73	6.31	0.65	0.15	0.30	0.04	0.5	1.0	23	72	98	<5	<5	0	<0.20	19	42	1	19
59	Holmavatin	1997	915	1.32	6.75	1.93	0.12	0.31	0.07	0.5	2.0	57	72	107	<5	<5	0	0.3	61	103	1	40
60	Hoh 1462	1997	1002	0.68	5.63	0.45	0.05	0.28	0.05	0.5	1.1	5	132	144	10	9	1	0.2	-6	23	0	21
61	Revsvatna	1997	1010	0.63	5.78	0.31	0.06	0.36	0.08	0.6	0.7	5	82	215	7	<5	2	<0.20	1	17	1	13
62	Kollsvatin	1997	911	1.19	6.70	1.50	0.22	0.30	0.04	0.5	1.3	67	38	84	5	<5	0	0.7	63	90	1	26
63	Grønnehellervt	1997	1002	0.72	5.93	0.60	0.07	0.37	0.05	0.6	1.2	11	89	111	9	<5	4	0.2	5	32	2	23
64	Vivassvatn	1997	1002	0.82	6.17	0.79	0.10	0.37	0.07	0.5	1.4	24	97	125	5	6	-1	0.4	15	44	4	28
65	S.Blåvatn	1997	1009	0.59	5.66	0.33	0.04	0.30	0.05	0.5	0.8	6	82	111	9	<5	4	<0.20	-3	17	1	15
66	Raudnosvt	1997	1002	0.65	5.95	0.37	0.07	0.37	0.09	0.6	0.9	12	80	105	9	7	2	0.3	1	20	2	17
67	Kjølevatin	1997	1002	0.90	6.14	0.71	0.11	0.51	0.13	0.8	1.5	23	16	71	11	9	2	0.5	15	39	3	29
68	Opesjovatin	1997	1002	0.99	6.65	0.94	0.18	0.45	0.08	0.7	1.0	45	47	111	6	7	-1	0.6	39	57	3	19

STNUM	NAVN	ÅR	DATO	COND	PH	CA	MG	NA	K	CL	SULF	ALK-E	NO3N	TOTN	RAL	ILAL	LAL	TOC	ANC	ECM*	ENA*	ESO4*
				mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µekv/l	µg N/l	µg N/l	µg/l	µg/l	µg/l	mgC7l	µekv/l	µekv/l	µekv/l	µekv/l
69	Yskjebotnvatn	1997	1002	0.96	6.59	0.93	0.16	0.49	0.08	0.8	1.1	40	38	111	8	<5	3	0.4	35	54	2	21
70	Løkene	1997	1009	0.75	6.08	0.69	0.12	0.27	0.03	0.5	1.1	19	91	111	<5	<5	0	<0.20	13	41	0	21
71	Jukletj	1997	915	0.64	6.23	0.59	0.11	0.29	0.04	0.6	0.7	19	85	125	<5	<5	0	0.3	15	35	-2	13
72	Nonskarvatn	1997	1009	0.88	6.67	0.95	0.16	0.32	0.02	0.6	0.7	45	64	99	<5	<5	0	0.2	39	57	-1	13
73	Selsløken	1997	1009	0.69	6.51	0.53	0.15	0.29	0.02	0.6	0.6	29	64	86	<5	<5	0	0.2	18	35	-2	11
74	Illaklevivøkene	1997	1009	0.60	6.29	0.43	0.16	0.27	0.02	0.5	0.5	25	51	84	<5	<5	0	<0.20	19	31	0	9
75	Lonavatn	1997	1009	1.33	6.79	1.59	0.11	0.44	0.06	0.7	1.6	59	38	77	5	9	-4	0.4	53	84	2	31
76	Fodnastølsvt	1997	1009	2.53	7.22	3.89	0.16	0.50	0.15	0.7	2.1	175	17	92	11	8	3	1.2	168	203	5	42
77	Øv.Omkjelvatn	1997	1009	1.40	7.07	1.93	0.22	0.30	0.03	0.6	0.7	103	73	300	<5	<5	0	0.2	92	111	-2	13
78	Sandvatn	1997	1009	1.66	7.16	2.32	0.32	0.28	0.03	0.5	0.9	127	51	92	<5	<5	0	0.3	119	139	0	17
79	Hadleelvi	1997	1009	3.77	7.33	6.11	0.17	0.40	0.08	0.6	5.4	216	46	74	6	<5	1	0.4	206	315	3	111
80	Langavatn	1997	1009	1.26	7.03	1.67	0.11	0.39	0.07	0.7	0.7	87	23	80	<5	<5	0	1.0	75	88	0	13
81	Vassdalsvatn	1997	1009	1.20	7.00	1.68	0.12	0.30	0.03	0.7	0.7	86	25	54	<5	<5	0	<0.20	71	89	-4	13
82	Hoh 1377	1997	1009	3.04	7.20	4.65	0.12	0.60	0.08	0.8	4.9	156	21	83	<5	<5	0	0.4	144	237	7	100
83	FJOTO (Bekk)	1997	1009	2.88	7.20	4.20	0.15	0.62	0.15	0.7	4.5	142	21	60	9	<5	4	1.0	138	217	10	92
84	Vatnailvatn	1997	1009	2.24	7.23	3.45	0.18	0.46	0.10	0.8	1.7	154	12	84	<5	<5	0	1.2	151	182	1	33
85	Bersavikvatn	1997	1009	2.14	7.26	3.32	0.20	0.43	0.07	0.9	1.1	160	29	72	<5	<5	0	0.4	152	176	-3	20
86	Øv.Solvatn	1997	1009	2.03	7.28	2.96	0.39	0.30	0.05	0.5	0.9	167	46	104	<5	<5	0	0.4	158	177	1	17
87	Viersdølo	1997	1009	3.35	7.36	5.31	0.32	0.36	0.11	0.5	4.1	217	42	75	<5	<5	0	0.3	207	288	4	84
88	Veig	1997	1009	2.26	7.11	3.21	0.15	0.43	0.15	0.5	3.7	108	29	72	<5	<5	0	0.6	102	169	7	76
89	Langgrowvt	1997	1009	1.77	6.73	2.27	0.08	0.38	0.05	0.7	4.1	44	59	96	<5	<5	0	0.2	28	115	0	83
90	(Ø)Grøndalsvt	1997	1009	2.06	7.15	3.08	0.24	0.29	0.05	0.5	2.5	129	25	65	<5	<5	0	0.3	119	170	1	51
91	Hoh 1288	1997	1009	2.07	6.92	2.80	0.10	0.42	0.14	0.5	4.4	72	38	81	5	<5	0	0.4	61	145	6	90
92	Hoh 1352	1997	1009	2.21	7.14	3.32	0.23	0.33	0.14	0.4	3.0	129	29	235	<5	<5	0	0.3	127	182	5	61
93	Herrevatn	1997	1009	3.63	7.11	5.54	0.11	0.38	0.08	0.5	8.7	121	12	77	<5	<5	0	0.4	108	282	4	180
94	Olavsdaelseivi	1997	1009	2.14	6.92	2.94	0.11	0.45	0.11	0.6	4.5	74	17	84	<5	<5	0	1.2	66	152	5	92
95	Drolstølbekk	1997	1009	1.12	6.61	1.42	0.11	0.45	0.06	0.6	1.2	47	<1	285	50	43	7	3.3	59	76	5	23
96	Tinnhølen	1997	1012	2.87	7.05	4.16	0.14	0.54	0.12	0.7	5.1	123	<1	110	<5	<5	0	1.2	120	215	7	104
97	Langavatn	1997	1009	3.21	7.10	4.85	0.15	0.51	0.13	0.6	6.4	132	3	95	<5	<5	0	1.2	130	250	8	132
98	Eifro	1997	1009	2.94	7.10	4.50	0.21	0.48	0.13	0.6	5.6	128	32	280	<5	<5	0	1.3	130	238	6	115
99	Nøkkatj	1997	1009	3.45	7.26	5.73	0.19	0.32	0.09	0.5	5.2	195	3	545	<5	<5	0	1.5	195	298	2	107
100	Juklevotni	1997	1009	0.59	6.31	0.41	0.11	0.22	0.02	0.5	0.7	15	89	138	<5	<5	0	<0.20	5	26	-3	13
101	Hoh 1264	1995	921	0.58	5.79	0.46	0.07	0.31	0.10	0.3	0.9	14	110	110	<10	<10	0	0.6	10	27	6	18
102	Lilavatn	1995	921	0.44	5.38	0.15	0.03	0.20	0.04	0.3	0.5	2	72	92	12	<10	2	<0.20	-4	8	1	10
103	Hoh 1365	1995	921	0.49	5.30	0.10	0.03	0.25	0.02	0.4	0.3	0	77	92	17	<10	7	<0.20	-4	5	1	5

STNUM	NAVN	ÅR	DATO	COND	PH	CA	MG	NA	K	CL	SULF	ALK-E	NO3N	TOTN	RAL	ILAL	LAL	TOC	ANC	ECM*	ENA*	ESO4*
				mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µekv/l	µg N/l	µg N/l	µg/l	µg/l	µg/l	mgC71	µekv/l	µekv/l	µekv/l	µekv/l
104	Hoh 1342	1995	921	1.20	6.46	1.69	0.05	0.37	0.09	0.4	2.6	48	7	68	<10	<10	0	0.4	41	86	6	53
105	Hoh 1274	1995	921	0.88	5.49	0.76	0.05	0.32	0.08	0.5	2.1	5	7	80	<10	<10	0	0.5	0	39	2	42
106	Kjølo	1995	1031	1.81	6.99	2.57	0.28	0.39	0.05	0.6	0.8	131	20	47	<10	<10	0	0.4	135	147	3	15
107	Trollavatnet	1995	1031	1.21	6.60	1.40	0.12	0.50	0.06	0.8	1.3	47	50	86	<10	<10	0	0.5	50	75	2	25
108	Hoh 1348	1995	1029	0.93	5.82	0.98	0.06	0.41	0.05	0.6	1.8	14	38	72	<10	<10	0	0.4	16	50	3	36
109	Litlos	1995	1029	1.26	6.64	1.47	0.19	0.36	0.05	0.6	1.8	54	55	86	<10	<10	0	0.3	48	85	1	36
110	Hoh 1324	1995	921	0.95	6.24	1.24	0.04	0.29	0.08	0.4	2.2	24	24	62	<10	<10	0	0.2	21	63	3	45
111	Nordvatnet	1995	1029	2.24	6.52	3.30	0.12	0.56	0.11	0.9	4.7	78	28	78	<10	<10	0	1.0	77	169	3	95
112	Øvre Halsfjørmane	1995	1029	1.34	6.56	1.64	0.15	0.69	0.09	0.5	2.0	58	4	92	27	22	5	2.1	71	91	18	40
113	Hoh 1217	1995	1029	1.79	6.66	2.59	0.15	0.62	0.09	0.7	2.3	87	6	114	27	22	5	2.6	103	137	10	46
114	Tjørngrøfjørmane	1995	1029	0.88	6.19	0.81	0.16	0.56	0.11	0.3	1.3	29	4	150	32	28	4	3.8	45	52	17	26
115	Vegardhovtjørmann	1995	921	0.73	6.20	0.52	0.10	0.58	0.14	0.5	0.9	28	<1	125	<10	<10	0	1.6	30	31	13	17
116	Langesjøen	1995	1029	1.18	6.61	1.56	0.11	0.56	0.17	0.6	1.1	63	6	102	<10	<10	0	1.6	75	83	10	21
117	Hoh 1335	1995	924	0.88	6.52	0.87	0.14	0.53	0.15	0.4	1.2	40	<1	96	17	11	6	1.7	46	52	13	24
118	Vikjørm	1995	924	0.56	6.02	0.44	0.07	0.29	0.10	0.4	1.0	9	38	84	<10	<10	0	0.5	8	25	3	20
119	Hoh 1387	1995	927	0.85	6.30	1.12	0.05	0.29	0.06	0.5	1.9	21	17	56	<10	<10	0	0.3	19	57	1	38
120	Torsfjørm	1995	921	0.68	6.25	0.53	0.10	0.46	0.12	0.5	1.1	18	6	81	<10	<10	0	1.0	20	31	8	21
121	Hoh 1367	1995	921	0.55	6.03	0.43	0.08	0.31	0.09	0.3	1.0	12	19	81	12	<10	2	0.6	13	26	6	20
122	Gjuvsjøen	1995	921	0.78	6.44	0.66	0.12	0.54	0.16	0.5	1.0	31	1	93	<10	<10	0	1.4	35	40	11	19
123	Nd.Langevatn	1995	921	0.66	5.82	0.53	0.07	0.35	0.06	0.6	1.1	9	109	119	<10	<10	0	0.2	1	28	1	21
124	Isvatn	1995	921	0.89	5.35	0.38	0.08	0.58	0.06	1.0	1.0	0	124	135	21	<10	11	<0.20	-6	19	1	18
125	Holmasjøen	1995	921	0.53	5.84	0.36	0.06	0.27	0.03	0.5	0.7	5	97	125	12	<10	2	0.2	0	20	0	13

Sjøer med kjemidata fra 1989 og tidligere

STNUM	NAVN	ÅR	DATO	COND	PH	CA	MG	NA	K	CL	SULF	ALKE	NO3N	RAL	ILAL	LAL	TOC	ANC	ECM*	ENA*	ESO4*
				mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µekv/l	µg N/l	µg/l	µg/l	µg/l	mgC7l	µekv/l	µekv/l	µekv/l	µekv/l
10	Flotatj.	1986	924	2.07	6.81	2.70	0.17	0.73	0.16	0.4	3.3	93	1	10	M 10	0	3.2	105	146	22	68
12	Nordskarvatn	1986	924	1.14	6.45	1.30	0.13	0.47	0.14	0.2	1.9	33	1	10	M 10	0	2.1	54	74	16	39
16	Storfiskti	1986	924	2.04	6.78	2.87	0.13	0.60	0.16	0.4	2.8	99	1	M 10	M 10	0	1.9	114	151	16	57
21	Meinsvatn	1989	928	0.99	6.53	1.08	0.07	0.44	0.07	0.7	1.4	37	52	M 10	M 10	0	0.5	28	55	2	27
24	Hallbjørgkvamti	1989	927	0.83	5.59	0.50	0.08	0.39	0.05	0.4	1.5	0	97	64	M 10	54	0.4	0	29	7	30
34	Viuvatn	1987	1013	0.73	6.10	0.52	0.09	0.34	0.12	0.4	1.3	16	13	M 10	M 10	0	1.1	12	31	5	26
35	Eidsjøen	1986	1001	1.02	6.50	1.15	0.11	0.51	0.16	0.3	1.6	38	5	M 10	M 10	0	1.9	51	65	15	32
40	Fjellsjøen	1986	924	0.98	6.38	0.98	0.11	0.42	0.17	0.4	1.8	20	1	10	M 10	0	1.1	32	55	9	36
41	Kringlesjøen	1986	924	0.92	6.37	0.83	0.12	0.40	0.16	0.5	1.7	16	M 1.	M 10	M 10	0	0.9	23	48	5	34
45	Ormetjøeni	1986	924	0.73	5.92	0.61	0.08	0.32	0.09	0.4	1.8	0	2	21	M 10	11	0.6	4	34	4	36
81	Vassdalsvatn	1986	1019	1.25	6.83	1.72	0.13	0.22	0.03	0.2	0.9	81	M 1.	M 10	M 10	0	0.6	82	95	5	18
89	Langgrovt	1989	928	1.93	6.53	2.37	0.09	0.48	0.05	0.8	3.4	37	66	M 10	M 10	0	0.3	50	120	2	69

Vedlegg C. Tålegrenseberegninger

D.1 Tålegrenser- og overskridelser for de undersøkte innsjøene

Tålegrenser for tilførsler av syre ved bruk av ANC_{var} for hver enkelt av de undersøkte innsjøene. Overskridelse av tålegrensen for tilførsler av svovel og nitrogen er basert på S-deposisjon i 1990, 1994 og scenarier for S-deposisjon i år 2010. Bidraget fra N-deposisjonen til overskridelser av tålegrensene er satt lik dagens N-avrenning.

Nr.	Navn	VASS-NR	KOMM-NAVN	KOMM-NR	UTM-OV	UTM-NS	KART	HOH	CL-tålegrensen mekv/m ² /år	overskr-90 mekv/m ² /år	overskr-94 mekv/m ² /år	overskr-2010 mekv/m ² /år
1	Tøddølvatn	015.D1	Nore og Uvdal	633	4616	66883	15151	1101	153	-133	-134	-143
2	Bollatj	015.JE	Nore og Uvdal	633	4594	66826	15151	1181	53	-34	-35	-44
3	Ned. Grøttj	015.N6	Nore og Uvdal	633	4565	66912	15151	1133	51	-32	-33	-42
4	Bjordalsvatn	015.NA	Hol	620	4489	66954	15154	1122	153	-131	-132	-142
5	Herbutj	015.NA	Hol	620	4449	66956	15154	1183	192	-170	-171	-181
6	St. Selsjøen	015.NBZ	Nore og Uvdal	633	4398	66894	15154	1134	156	-135	-136	-145
7	Ned. Grønenuttj	015.NC	Nore og Uvdal	633	4416	66941	15154	1178	164	-142	-143	-153
8	Kalveij	015.NDBZ	Nore og Uvdal	633	4320	66868	15154	1172	129	-107	-108	-118
9	V. Baktjern	015.PC	Nore og Uvdal	633	4258	66801	14152+1	1213	81	-46	-56	-65
10	Flotatj.	015.PC	Nore og Uvdal	633	4345	66809	15154	1210	118	-96	-97	-107
11	Torjustj	015.PD	Nore og Uvdal	633	4290	66751	14152+15153	1220	79	-45	-54	-63
12	Nordskarvatn	015.PO	Nore og Uvdal	633	4508	66882	15151	1124	45	-26	-27	-36
13	Dagfiskeij	015.Q12	Nore og Uvdal	633	4447	66818	15154	1166	74	-55	-56	-65
14	(Ned)Feitfiskeij	015.Q8Z	Nore og Uvdal	633	4395	66726	15153	1235	30	-5	-9	-18
15	Hoh 1248	015.R1Z	Eidfjord	1232	4195	66755	14152	1248	122	-87	-97	-106
16	Storfiskeij	015.R1Z	Nore og Uvdal	633	4217	66756	14152	1236	114	-80	-89	-98
17	Hoh 1234	015.R21	Nore og Uvdal	633	4263	66693	14152	1234	96	-61	-71	-80
18	(Ned)Langebutj	015.R2Z	Nore og Uvdal	633	4219	66669	14152	1235	73	-38	-48	-57
19	Lakjen	015.R31	Ullensvang	1231	4185	66715	14152	1243	101	-67	-76	-85
20	(Ned)Lakadalstj	015.R42	Ullensvang	1231	4151	66678	14152	1268	111	-75	-85	-94
21	Meinsvatn	015.R42	Ullensvang	1231	4112	66696	14152	1396	64	-28	-38	-47
22	Andersosen	015.R5Z	Ullensvang	1231	4077	66818	14154	1308	182	-145	-155	-164
23	Bessvatn	015.R6AO	Ullensvang	1231	4104	66717	14152	1302	128	-91	-101	-110
24	Halbjørgkvamij	016.BG1C	Vinje	834	4299	66346	15144	1250	56	-11	-16	-24
25	M.Berutj	016.BJ	Vinje	834	4164	66445	14141	1292	42	-13	-17	-26
26	Ugletjern	016.BJ	Vinje	834	4224	66442	14141	1200	38	-13	-17	-26

Nr.	Navn	VASS-NR	KOMM-NAVN	KOMM-NR	UTM-OV	UTM-NS	KART	HOH	CL-tålegrensens mekv/m ² /år	overskr-90 mekv/m ² /år	overskr-94 mekv/m ² /år	overskr-2010 mekv/m ² /år
27	Hedlevatn	016.BL	Odda	1228	4039	66497	14144	1167	116	-76	-86	-95
28	Vassdalsvatn	016.BL	Odda	1228	3986	66516	14144	1253	121	-77	-86	-96
29	Tangasjøen	016.BL	Odda	1228	3984	66536	14153	1408	128	-78	-88	-97
30	Au.Sletteidvt	016.G5B22C	Tinn	826	4485	66643	15153	1303	36	-11	-15	-24
31	Kallungsjåen	016.G5B2D	Tinn	826	4428	66612	15153	1250	23	2	-3	-11
32	Kosadalsvatn	016.G5C22	Nore og Uvdal	633	4492	66731	15153	1138	68	-49	-50	-58
33	Kalven	016.G5C2B2B	Nore og Uvdal	633	4430	66698	15153	1293	21	3	-1	-10
34	Vluvatn	016.G5C2B2C	Tinn	826	4435	66685	15153	1324	21	4	-1	-9
35	Eidsjøen	016.G5C2C	Nore og Uvdal	633	4438	66730	15153	1233	40	-21	-22	-31
36	Skjortefj.	016.G5D	Nore og Uvdal	633	4498	66785	15152	1161	79	-59	-60	-69
37	Kolsnutgrusline	016.J6C	Vinje	834	4331	66423	15144	1353	45	-18	-23	-31
38	Eisjåbekken	016.K3AAZ	Vinje	834	4290	66620	15153	1155	41	-16	-21	-29
39	Mjågevatn	016.K3AO	Vinje	834	4297	66578	15153	1150	41	-17	-21	-30
40	Fjellsjåen	016.K3D	Vinje	834	4252	66633	14152	1197	45	-20	-24	-33
41	Kringlesjåen	016.K3E	Vinje	834	4220	66604	14152	1258	32	-8	-12	-21
42	Vollenuitj	016.K4	Vinje	834	4297	66527	15153	1306	35	-10	-14	-23
43	Urdevatn	016.KAB	Vinje	834	4279	66489	14141+2	1329	35	-9	-13	-22
44	Møruvatn	016.KB	Vinje	834	4244	66513	14141	1164	48	-21	-26	-34
45	Ornetjøerni	016.KC	Vinje	834	4208	66471	14141	1276	45	-19	-23	-32
46	Gunleiksbuvt	016.L5	Vinje	834	4203	66558	14152	1076	75	-48	-53	-61
47	Bruilj	016.L6	Vinje	834	4171	66523	14141	1251	60	-35	-39	-48
48	Sverva	016.LA	Ullensvang	1231	4128	66569	14152	1120	81	-45	-54	-63
49	Ned.Bjørnavt	016.LB	Ullensvang	1231	4103	66578	14152	1132	86	-49	-58	-67
50	Øv. Bjørnvatn	016.LC	Ullensvang	1231	4067	66565	14153	1154	136	-98	-108	-117
51	Blånutij	016.M3	Vinje	834	4168	66624	14152	1313	74	-39	-49	-58
53	Hoh 1173	016.M6	Ullensvang	1231	4133	66594	14152	1173	74	-39	-48	-57
54	Valgardsvt	016.M7B	Ullensvang	1231	4067	66642	14153	1324	77	-38	-47	-56
55	Ambjørsvatn	016.MZ	Ullensvang	1231	4003	66655	14153	1277	102	-64	-73	-82
56	Kvensjøen	016.N1	Ullensvang	1231	4020	66615	14153	1167	91	-50	-60	-69
57	(Ned)Vassdalsvt	016.N3A	Ullensvang	1231	3952	66616	14153	1282	85	-44	-54	-63
58	Kollistjørn	016.N3B	Odda	1228	3923	66635	14153	1334	52	-8	-18	-27
59	Holmavatn	016.N5	Odda	1228	3941	66581	14153	1202	122	-78	-88	-97
60	Hoh 1462	036.H1A	Odda	1228	3946	66444	14144	1462	31	46	29	14
61	Revsvatna	036.H2	Odda	1228	3774	66436	13141	1268	28	45	28	13
62	Kollsvatn	016.NAB	Ullensvang	1231	3955	66638	14153	1462	111	-72	-81	-90

Nr.	Navn	VASS-NR	KOMM-NAVN	KOMM-NR	UTM-OV	UTM-NS	KART	HOH	CL-tålegrensen mekv/m ² /år	overskr-90 mekv/m ² /år	overskr-94 mekv/m ² /år	overskr-2010 mekv/m ² /år
63	Grønnehellvnt	036.J	Odda	1228	3853	66512	13141	1010	49	24	7	-8
64	Vivassvatn	036.J	Odda	1228	3868	66498	14144	934	64	8	-9	-24
65	S.Blåvatn	048.DB2Z	Odda	1228	3783	66553	13152	1217	26	45	28	13
66	Raudnosvt	048.DC	Odda	1228	3763	66495	13141	987	30	40	23	8
67	Kjølevatn	049.4B	Ullensvang	1231	3753	66899	13151	1110	43	10	-6	-19
68	Opesjovvatn	049.4B	Ullensvang	1231	3754	66873	13151	1014	67	-10	-26	-39
69	Yskjebotnvatn	049.4C	Ullensvang	1231	3744	66847	13151	1107	66	-10	-26	-38
70	Løkene	049.BB5C	Odda	1228	3832	66577	13152	1316	58	14	-3	-18
71	Jukletj	049.BC5	Odda	1228	3896	66641	14153	1433	47	0	-10	-19
72	Nonskarvatn	049.BE	Ullensvang	1231	3870	66673	13152	1284	76	-33	-42	-51
73	Selsjøken	049.BF	Ullensvang	1231	3857	66700	13152	1324	46	-3	-13	-22
74	Illakleivløkene	049.E	Ullensvang	1231	3818	66750	13152	1363	40	1	-9	-18
75	Lonavatn	050.1B	Ullensvang	1231	3847	66881	13151	1129	89	-51	-60	-69
76	Fodnastølsvt	050.1C	Ullensvang	1231	3815	66868	13151	958	204	-168	-177	-186
77	Øv.Omkjelvatn	050.1F	Ullensvang	1231	3864	66734	13152	1203	139	-96	-106	-115
78	Sandvatn	050.1G	Ullensvang	1231	3918	66717	14153	1368	168	-128	-138	-147
79	Hadleevi	050.AAZ	Ullensvang	1231	4046	66941	14154	1140	289	-250	-260	-269
80	Langavatn	050.ABZ	Ullensvang	1231	3903	66874	14154	1195	86	-49	-59	-68
81	Vassdalsvatn	050.ABZ	Ullensvang	1231	3898	66912	14154	1222	102	-65	-75	-84
82	Hoh 1377	050.AC22	Ullensvang	1231	4030	66829	14154	1377	220	-184	-193	-202
83	FJOTO (Bakk)	050.AC2Z	Ullensvang	1231	3988	66900	14154	1050	169	-133	-142	-151
84	Vatnålvatn	050.ACA	Ullensvang	1231	3945	66844	14154	1045	181	-146	-155	-164
85	Bersavikvatn	050.ACB	Ullensvang	1231	3935	66801	14153	1228	189	-152	-162	-171
86	Øv.Solvatn	050.ACB	Ullensvang	1231	3913	66767	14153	1322	213	-173	-183	-192
87	Viersdølo	050.ACC	Ullensvang	1231	3955	66785	14153	1155	266	-228	-237	-247
88	Veig	050.ADO	Ullensvang	1231	3985	66809	14153	1000	134	-97	-107	-116
89	Langgrowt	050.ADO	Ullensvang	1231	3974	66745	14153	1350	92	-53	-62	-71
90	(Ø)Grøndalsvt	050.ADZ	Ullensvang	1231	3972	66684	14153	1274	139	-103	-113	-122
91	Hoh 1288	050.ADZ	Ullensvang	1231	4005	66716	14153	1288	85	-49	-58	-68
92	Hoh 1352	050.ADZ	Ullensvang	1231	3969	66708	14153	1352	192	-154	-164	-173
93	Herrevatn	050.AE1	Ullensvang	1231	4058	66726	14153	1374	178	-143	-152	-161
94	Olavsdalselvi	050.AE5	Ullensvang	1231	4055	66759	14153	1340	128	-92	-101	-111
95	Drolstølbekk	050.C1Z	Ullensvang	1231	4080	66953	14154	1000	71	-37	-46	-55
96	Tinnhølen	050.F4	Nore og Uvdal	633	4207	66844	14151	1213	172	-137	-147	-156
97	Langavatn	050.G3	Ullensvang	1231	4176	66814	14151	1223	186	-151	-161	-170

Nr.	Navn	VASS-NR	KOMM-NAVN	KOMM-NR	UTM-OV	UTM-NS	KART	HOH	CL-tålegrensen mekv/m ² /år	overskr-90 mekv/m ² /år	overskr-94 mekv/m ² /år	overskr-2010 mekv/m ² /år
98	Eitro	050.H	Ullensvang	1231	4106	66847	14151	1200	193	-155	-165	-174
99	Nøkkatj	050.H	Ullensvang	1231	4122	66868	14151	1357	268	-233	-243	-252
100	Juklevotni	049.BB5C	Odda	1228	3903	66599	14153	1432	34	12	2	-7
101	Hoh 1264	036.HB	Odda	1228	3919	66508	14144	1264	44	6	-4	-13
102	Lilavatn	036.G2	Odda	1228	3797	66407	13141	947	14	55	38	23
103	Hoh 1365	048.DB2Z	Odda	1228	3787	66567	13152	1365	9	61	44	29
104	Hoh 1342	015.R2Z	Ullensvang	1231	4148	66641	14152	1342	67	-32	-41	-50
105	Hoh 1274	016.M8	Ullensvang	1231	4070	66595	14153	1274	35	0	-10	-19
106	Kjølo	050.1D	Ullensvang	1231	3823	66816	13151	1180	179	-142	-152	-161
107	Trollavatnet	050.1B	Ullensvang	1231	3849	66900	13151	1282	87	-47	-57	-66
108	Hoh 1348	050.ADZ	Ullensvang	1231	3984	66743	14153	1348	51	-13	-23	-32
109	Littos	016.N3A	Ullensvang	1231	3969	66623	14153	1172	85	-45	-55	-64
110	Hoh 1324	016.M5	Eidfjord	1232	4089	66669	14152	1324	54	-18	-27	-36
111	Nordvatnet	015.R6Z	Eidfjord	1232	4107	66788	14152	1258	138	-101	-111	-120
112	Øvre Halsstjømane	015.JBF	Nore og Uvdal	633	4546	66806	15151	1189	55	-36	-37	-45
113	Hoh 1217	015.PC	Nore og Uvdal	633	4302	66771	15153	1217	97	-62	-72	-81
114	Tjørngrøtjømane	015.JD1B	Nore og Uvdal	633	4640	66922	15151	1190	34	-15	-16	-24
115	Vegardhovdtjøman	015.R21	Nore og Uvdal	633	4352	66682	15153	1260	29	-5	-9	-18
116	Langesjøen	015.PC	Nore og Uvdal	633	4281	66785	15153	1206	69	-34	-44	-53
117	Hoh 1335	016.G5C2B21	Tinn	826	4464	66694	15153	1335	40	-16	-20	-29
118	Vikjørn	016.G5C21	Tinn	826	4520	66650	15152	1358	18	8	4	-5
119	Hoh 1387	016.BL	Vinje	834	4101	66512	14141	1387	56	-20	-29	-38
120	Torstjørn	016.G5B2B	Vinje	834	4434	66561	15153	1220	26	-1	-6	-14
121	Hoh 1367	016.J8Z	Vinje	834	4322	66490	15144	1367	23	3	-2	-10
122	Gjuvsjøen	016.K3AC	Vinje	834	4323	66626	15153	1212	36	-12	-16	-25
123	Nd.Langevatn	016.BECECF8	Odda	1228	3967	66487	14144	1353	38	12	2	-7
124	Isvatn	048.DD	Odda	1228	3783	66512	13141	1227	28	49	32	17
125	Holmasjøen	016.BECEA6	Vinje	834	3997	66428	14144	1264	26	45	28	13

C.2 Tålegrenser- og overskridelser for REGINE feltene

Tabellen viser alle vassdrags-enhetene (nedbørfeltene) som dekker Hardangervidda nasjonalpark og hvilken lokalitet (innsjø/bekk) vi har brukt for å beregne tålegrensen og overskridelsene i vassdragsenheten. Tålegrenser for tilførsler av syre ved bruk av ANC_{var} for hver enkelt av de undersøkte innsjøene. Overskridelse av tålegrensen for tilførsler av svovel og nitrogen er basert på S-deposisjon i 1990 (1988-1992) 1994 (1992-1996) og scenarier for S-deposisjon i år 2010. Bidraget fra N-deposisjonen til overskridelser av tålegrensene er satt lik dagens N-avrenning.

Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10	Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10
015.JD122	1	153	-133	-134	-143	015.R42-b	21	64	-28	-38	-47
015.JD3	1	153	-133	-134	-143	050.G4	22	182	-145	-155	-164
015.JD4	1	153	-133	-134	-143	015.R6A0	23	128	-91	-101	-110
015.JD5	1	153	-133	-134	-143	015.R6AZ	23	128	-91	-101	-110
015.JD6	1	153	-133	-134	-143	015.R6B	23	128	-91	-101	-110
015.JE	2	53	-34	-35	-44	015.R6C	23	128	-91	-101	-110
015.N6	3	51	-32	-33	-42	016.BG1C	24	56	-11	-16	-24
015.N8	3	51	-32	-33	-42	016.BJ	26	38	-13	-17	-26
015.N5Z	5	192	-170	-171	-181	016.BK0	27	56	-20	-29	-38
015.N7	5	192	-170	-171	-181	016.BL	27	56	-20	-29	-38
015.NA	5	192	-170	-171	-181	016.G5B22B	30	36	-11	-15	-24
015.NB0	6	156	-135	-136	-145	016.G5B22C	30	36	-11	-15	-24
015.NBZ	6	156	-135	-136	-145	016.G5B2D	31	23	2	-3	-11
015.NC	7	164	-142	-143	-153	015.JCA3	32	68	-49	-50	-58
015.ND1	7	164	-142	-143	-153	015.JCB	32	68	-49	-50	-58
015.ND2	7	164	-142	-143	-153	016.G5C22	32	68	-49	-50	-58
015.ND9	7	164	-142	-143	-153	016.G5C2A	32	68	-49	-50	-58
015.NDA	7	164	-142	-143	-153	016.G5C2B2A	33	21	3	-1	-10
015.NDB2B	8	129	-107	-108	-118	016.G5C2B2B	33	21	3	-1	-10
015.NDBZ	8	129	-107	-108	-118	016.G5C2B22	34	21	4	-1	-9
015.PD	11	79	-45	-54	-63	016.G5C2B2C	34	21	4	-1	-9
015.Q5	11	79	-45	-54	-63	015.Q42	35	40	-21	-22	-31
015.Q7	11	79	-45	-54	-63	015.Q6	35	40	-21	-22	-31
015.P0	12	45	-26	-27	-36	016.G5C2B1	35	40	-21	-22	-31
015.Q11	13	74	-55	-56	-65	016.G5C2C	35	40	-21	-22	-31
015.Q12	13	74	-55	-56	-65	015.Q22	36	79	-59	-60	-69
015.Q21	13	74	-55	-56	-65	015.Q31	36	79	-59	-60	-69
015.Q82	13	74	-55	-56	-65	015.Q32	36	79	-59	-60	-69
015.Q81	14	30	-5	-9	-18	015.Q41	36	79	-59	-60	-69
015.Q8Z	14	*	-5	-9	-18	016.G5D	36	79	-59	-60	-69
015.R1Z	15	122	-87	-97	-106	016.J6BZ	37	45	-18	-23	-31
050.G2	16	114	-80	-89	-98	016.J6C	37	45	-18	-23	-31
015.R21-b	17	96	-61	-71	-80	016.K3AAZ	38	41	-16	-21	-29
015.R22	18	73	-38	-48	-57	016.K1	39	41	-17	-21	-30
015.R2Z	18	73	-38	-48	-57	016.K31	39	41	-17	-21	-30
015.R41	18	73	-38	-48	-57	016.K3A0	39	41	-17	-21	-30
015.R11	19	101	-67	-76	-85	016.K32	40	45	-20	-24	-33
015.R12	19	101	-67	-76	-85	016.K3C	40	45	-20	-24	-33
015.R31	19	101	-67	-76	-85	016.K3D	40	45	-20	-24	-33
015.R32	19	101	-67	-76	-85	016.K5	40	45	-20	-24	-33
015.R51	19	101	-67	-76	-85	016.K3B	41	32	-8	-12	-21
015.R52	19	101	-67	-76	-85	016.K3E	41	32	-8	-12	-21
015.R42	20	111	-75	-85	-94	016.K2	42	35	-10	-14	-23
015.R61	20	111	-75	-85	-94	016.K4	42	35	-10	-14	-23

Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10	Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10
016.K6	42	35	-10	-14	-23	049.BC5	71	47	0	-10	-19
016.KAA	43	35	-9	-13	-22	049.BD	72	76	-33	-42	-51
016.KAB	43	35	-9	-13	-22	049.BE	72	76	-33	-42	-51
016.KAC	43	35	-9	-13	-22	049.BF	73	46	-3	-13	-22
016.KAD	43	35	-9	-13	-22	049.D	73	46	-3	-13	-22
016.KA0	44	48	-21	-26	-34	049.E	74	40	1	-9	-18
016.KB	44	48	-21	-26	-34	050.1C	76	204	-168	-177	-186
016.KC	45	45	-19	-23	-32	050.1E	77	139	-96	-106	-115
016.L1	46	75	-48	-53	-61	050.1F	77	139	-96	-106	-115
016.L3	46	75	-48	-53	-61	050.1G	78	168	-128	-138	-147
016.L5	46	75	-48	-53	-61	050.AAZ	79	289	-250	-260	-269
016.L2	47	60	-35	-39	-48	050.3B	81	102	-65	-75	-84
016.L4	47	60	-35	-39	-48	050.AA1Z	81	102	-65	-75	-84
016.L6	47	60	-35	-39	-48	050.ABZ	81	102	-65	-75	-84
016.LA	48	81	-45	-54	-63	050.AB0	82	169	-133	-142	-151
016.LB	49	86	-49	-58	-67	050.AC2Z	82	169	-133	-142	-151
016.LC	50	136	-98	-108	-117	050.AC21	83	220	-184	-193	-202
016.LD	50	136	-98	-108	-117	050.AC22	83	220	-184	-193	-202
016.M1	51	74	-39	-49	-58	050.AC1	84	181	-146	-155	-164
016.M3	51	74	-39	-49	-58	050.ACA	84	181	-146	-155	-164
016.M4	51	74	-39	-49	-58	050.ACB	85	189	-152	-162	-171
016.M2	53	74	-39	-48	-57	050.ACC	87	266	-228	-237	-247
016.M6	53	74	-39	-48	-57	050.AD0	88	134	-97	-107	-116
016.M7A	54	77	-38	-47	-56	050.ADZ-b	91	85	-49	-58	-68
016.M7B	54	77	-38	-47	-56	015.R62	93	178	-143	-152	-161
016.M72	55	102	-64	-73	-82	050.AE1	93	178	-143	-152	-161
016.MZ	55	102	-64	-73	-82	050.AE2	93	178	-143	-152	-161
016.M71	56	91	-50	-60	-69	050.AE3	93	178	-143	-152	-161
016.N1	56	91	-50	-60	-69	050.AE40	94	128	-92	-101	-111
016.N2	56	91	-50	-60	-69	050.AE4Z	94	128	-92	-101	-111
016.N31	56	91	-50	-60	-69	050.AE5	94	128	-92	-101	-111
016.N32	56	91	-50	-60	-69	050.AE6	94	128	-92	-101	-111
016.N4	56	91	-50	-60	-69	050.C11	95	71	-37	-46	-55
016.N3B	58	52	-8	-18	-27	050.C12	95	71	-37	-46	-55
016.N5	59	122	-78	-88	-97	050.C1Z	95	71	-37	-46	-55
016.N6	59	122	-78	-88	-97	050.DZ	96	172	-137	-147	-156
036.H1A	60	31	46	29	14	050.E	96	172	-137	-147	-156
036.H1B	60	31	46	29	14	050.F2	96	172	-137	-147	-156
036.H2	61	28	45	28	13	050.F3	96	172	-137	-147	-156
036.J	63	49	24	7	-8	050.F4	96	172	-137	-147	-156
036.J-b	64	64	8	-9	-24	050.D3	97	186	-151	-161	-170
048.CZ	65	26	45	28	13	050.D5	97	186	-151	-161	-170
048.DB2Z	65	26	45	28	13	050.F1	97	186	-151	-161	-170
049.BA1B	65	26	45	28	13	050.G1	97	186	-151	-161	-170
049.BB5B	65	26	45	28	13	050.G3	97	186	-151	-161	-170
048.DC	66	30	40	23	8	050.H	98	193	-155	-165	-174
049.4A	67	43	10	-6	-19	049.BB5C-b	100	34	12	2	-7
049.4B	67	43	10	-6	-19	036.HA	101	44	6	-4	-13
049.4B-b	68	67	-10	-26	-39	036.HB	101	44	6	-4	-13
049.4C	69	66	-10	-26	-38	016.M8	105	35	0	-10	-19
049.BB5C	70	58	14	-3	-18	050.1D	106	179	-142	-152	-161
049.BC3	71	47	0	-10	-19	050.1AZ	107	87	-47	-57	-66

Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10	Vassdragsn	Stnum	CI	Over90	Over94	Over10
050.1B	107	87	-47	-57	-66	016.BECEB	123	38	12	2	-7
050.ADZ	108	51	-13	-23	-32	016.BECF3	123	38	12	2	-7
016.N3A	109	85	-45	-55	-64	016.BECF4	123	38	12	2	-7
016.M5	110	54	-18	-27	-36	016.BECF5	123	38	12	2	-7
015.R5Z	111	138	-101	-111	-120	016.BECF6	123	38	12	2	-7
015.JBF	112	55	-36	-37	-45	016.BECF7	123	38	12	2	-7
015.JD1C	114	34	-15	-16	-24	016.BECF8	123	38	12	2	-7
015.R21	115	29	-5	-9	-18	036.H4	124	28	49	32	17
015.PA	116	69	-34	-44	-53	048.DD	124	28	49	32	17
015.PB	116	69	-34	-44	-53	016.BECE0	125	26	45	28	13
015.PC	116	69	-34	-44	-53	016.BECEA1	125	26	45	28	13
016.G5C2B21	117	40	-16	-20	-29	016.BECEA2	125	26	45	28	13
016.G5C21	118	18	8	4	-5	016.BECEA3	125	26	45	28	13
016.G5B221	120	26	-1	-6	-14	016.BECEA4	125	26	45	28	13
016.G5B2C	120	26	-1	-6	-14	016.BECEA5	125	26	45	28	13
016.J8Z	121	23	3	-2	-10	016.BECEA6	125	26	45	28	13
016.J7	122	36	-12	-16	-25	016.BECEA7	125	26	45	28	13
016.K3AA0	122	36	-12	-16	-25	016.BECEA8	125	26	45	28	13
016.K3AB	122	36	-12	-16	-25	016.BEG1	125	26	45	28	13
016.K3AC	122	36	-12	-16	-25	016.BEG3	125	26	45	28	13
						016.BKC	125	26	45	28	13
						036.H1C	125	26	45	28	13

Naturens Tålegrenser - Oversikt over utgitte rapporter

- 1 Nygaard, P. H., 1989. Forurensningers effekt på naturlig vegetasjon en litteraturstudie. Norsk institutt for skogforskning (NISK), Ås.
- Uten nr. Jaworowski, Z., 1989. Pollution of the Norwegian Arctic: A review. Norsk polarinstitutt (NP), rapportserie nr. 55. Oslo.
- 2 Henriksen, A., Lien, L. & Traaen, T.S. 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 3 Lien, L., Henriksen, A., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1989. Tålegrenser for overflatevann. Fisk og evertebrater. Foreløpige vurderinger og videre planer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89185.
- 4 Bølviken, B. & medarbeidere, 1990. Jordforsuringsstatus og forsurningsfølsomhet i naturlig jord i Norge. Norges geologiske undersøkelse (NGU), NGU-rapport 90.156. 2 bind (Bind I: Tekst, Bind II: Vedlegg og bilag).
- 5 Pedersen, H. C. & Nybø, S. 1990. Effekter av langtransporterte forurensninger på terrestriske dyr i Norge. En statusrapport med vekt på SO₂, NO_x og tungmetaller. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 005.
- 6 Frisvoll, A. A., 1990. Moseskader i skog i Sør-Norge. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 018.
- 7 Muniz, I. P. & Aagaard, K. 1990. Effekter av langtransportert forurensning på ferskvannsdyr i Norge - virkninger av en del sporelementer og aluminium. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 013.
- 8 Hesthagen, T., Berger, H. M. & Kvenild, L. 1992. Fiskestatus i relasjon til forsuring av innsjøer. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Forskningsrapport 032.
- 9 Pedersen, U., Walker, S.E. & Kibsgaard, A. 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel- og nitrogenforbindelser i Norge. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 28/90.
- 10 Pedersen, U. 1990. Ozonkonsentrasjoner i Norge. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 28/90.
- 11 Wright, R. F., Stuanes, A. Reuss, J.O. & Flaten, M.B. 1990. Critical loads for soils in Norway. Preliminary assessment based on data from 9 calibrated catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 11b Reuss, J. O., 1990. Critical loads for soils in Norway. Analysis of soils data from eight Norwegian catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 12 Amundsen, C. E., 1990. Bufferprosent som parameter for kartlegging av forsurningsfølsomhet i naturlig jord. Universitetet i Trondheim, AVH (stensil).
- 13 Flatberg, K.I, Foss, B., Løken, A. & Saastad, S.M. 1990. Moseskader i barskog. Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat.
- 14 Frisvoll, A.A., & Flatberg, K.I., 1990. Moseskader i Sør-Varanger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 55.
- 15 Flatberg, K.I., Bakken, S., Frisvoll, A.A., & Odasz, A.M. 1990. Moser og luftforurensninger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 69.

- 16 Mortensen, L.M. 1991. Ozonforurensning og effekter på vegetasjonen i Norge. Norsk landbruksforsk. 5:235-264.
- 17 Wright, R.F., Stuanes, A.O. & Frogner, T. 1991. Critical Loads for Soils in Norway Nordmoen. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. og Sæther, M. 1991. Metallbelastninger i lirype. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 71.
- 19 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann evertebrater og fisk. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Rapport 0-89185,2.
- 20 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av parametre for å bestemme forsuringsfølsomhet i jord. NGU-rapport 91.265.
- 21 Bølviken, B., R. Nilsen, J. Romundstad & O. Wolden. 1992. Surhet, forsuringsfølsomhet og lettløselige basekationer i naturlig jord fra Nord-Trøndelag og sammenligning med tilsvarende data fra Sør Norge. NGU-rapport 91.250.
- 22 Sivertsen, T. & medarbeidere. 1992. Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1991-15.
- 23 Lien, L., Raddum, G.G. & A. Fjellheim. 1992. Critical loads of acidity to freshwater. Fish and invertebrates. Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Rapport O-89185,3.
- 24 Fremstad, E. 1992. Virkninger av nitrogen på heivegetasjon. En litteraturstudie. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 124.
- 25 Fremstad, E. 1992. Heivegetasjon i Norge, utbredelseskart. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 188.
- 26 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A. 1992. Undersøkelser av skader hos to sigdmoser i Agder. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 134.
- 27 Lindstrøm, E.A. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Fastsittende alger. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-2.
- 28 Brettum, P. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Planteplankton. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-3.
- 29 Brandrud, T.E., Mjelde, M. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-1.
- 30 Mortensen, L.M. & Nilsen, J. 1992. Effects of ozone and temperature on growth of several wild plant species. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 6: 195-204.
- 31 Pedersen, H.C., Myklebust, I., Nygård, T. & Sæther, M. 1992. Akkumulering og effekter av kadmium i lirype. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 152.
- 32 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av relativ forsuringsfølsomhet med tålegrenser beregnet med modeller, i jord. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 92.294.
- 33 Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, B.J., Esser, J.M., Håøya, A.-O. & Rudi, G. 1992. Map of critical loads for coniferous forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-91147.

- 34 Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 35 Lien, L. Henriksen, A. & Traaen, T.S. 1993. Tålegrenser for sterke syrer på overflatevann -Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90102.
- 36 Henriksen, A., Hesthagen, T., Berger, H.M., Kvenild, L., Taubøll, S. 1993. Tålegrenser for overflatevann - Sammenheng mellom kjemisk kriterier og fiskestatus. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-92122.
- 37 Odasz, A.M., Øiesvold, S., & Vange, V. 1993. Nitrate nutrition in *Racomitrium lanuginosum* (Hedw.)Brd., a bioindicator of nitrogen deposition in Norway. Direktoratet for naturforvaltning. Utredning for DN 1993-2.
- 38 Espelien, I.S. 1993. Genetiske effekter av tungmetaller på pattedyr. En kunnskapsoversikt. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 051.
- 39 Økland, J. & Økland, K.A. 1993. Database for bioindikatorer i ferskvann - et forprosjekt . Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk Museum, Oslo, Rapport 144, 1993.
- 40 Aamlid, D. & Skogheim, I. 1993. Nikkel, kopper og andre metaller i multer og blåbær fra Sør-Varanger, 1992. Rapport Gkogforsk 14/93. 14/93.
- 41 Kålås, J.A., Ringsby, T.H. & Lierhagen, S. 1993. Metals and radiocesium in wild animals from the Sør-Varanger area, north Norway. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 212.
- 42 Fløisand, I. & Løbersli, E. (red.)1993. Tilførsler og virkninger av lufttransporterte forurensninger (TVLF) og Naturens tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Stjørdal, 15.-17.februar 1993. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 17/93.
- 43 Henriksen, A. & Hesthagen, T. 1993. Critical load exceedance and damage to fish populations. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 44 Lien, L., Henriksen, A. & Traaen, T.S. 1993. Critical loads of acidity to surface waters, Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90102.
- 45 Løbersli, E., Johannessen, T. & Olsen, K.V (red.) 1993. Naturens tålegrenser. Referat fra seminar i 1991 og 1992. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1993-6.
- 46 Bakken, S. 1993. Nitrogenforurensning og variasjon i nitrogen, protein og klorofyllinnhold hos barskogsmosen blanksigd (*Dicranum majus*). Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-1.
- 47 Krøkje, Å. 1993. Genotoksisk belastning i jord . Effekstudier, med mål å komme fram til akseptable grenser for genotoksisk belastning fra langtransportert luftforurensning. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-2.
- 48 Fremstad, E. 1993. Heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) som indikator på nitrogenbelastning. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmelding 239.
- 49 Nygaard, P.H. & Ødegaard, T.H. 1993. Effekter av nitrogengjødsling på vegetasjon og jord i skog. Rapport Skogforsk 26/93.
- 50 Fløisand, I. og Johannessen, T. (red.) 1994. Langtransporterte luftforurensninger. Tilførsler, virkninger og tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Grimstad, 7.-9.3.94. Norsk institutt for luftforskning NILU OR: 17/94

- 51 Kleivane, L. Skåre, J.U. & Wiig, Ø. 1994. Klorerte organiske miljøgifter i isbjørn. Forekomst, nivå og mulige effekter. Norsk Polarinstitutt Meddelelse nr. 132.
- 52 Lydersen, E., Fjeld, E. & Andersen, T. 1994. Fiskestatus og vannkjemi i norske innsjøer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-93172
- 53 Schartau, A.K.L. (red.) 1994. Effekter av lavdose kadmium-belastning på littorale ferskvanns-populasjoner og -samfunn. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Forskningsrapport 055.
- 54 Mortensen, L. (1994). Variation in ozone sensitivity of *Betula pubescens* Erh. from different sites in South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-6.
- 55 Mortensen, L. (1994). Ozone sensitivity of *Phleum alpinum* L. from different locations in South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-7.
- 56 Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, J.B. and Esser, J.M. (1994). Maps of critical loads and exceedance for sulfur and nitrogen to forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-91147.
- 57 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A.A. 1994. Moseskader i Agder 1989-92 (1994). Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 298.
- 58 Hesthagen, T. & Henriksen, A. (1994). En analyse av sammenhengen mellom overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 288.
- 59 Skåre, J.U., Wiig, Ø. & Bernhoft, A. (1994). Klorerte organiske miljøgifter; nivåer og effekter på isbjørn. Norsk Polarinstitutt Rapport nr. 86 - 1994.
- 60 Tørseth, K. & Pedersen, U. 1994. Deposition of sulphur and nitrogen components in Norway. 1988-1992. Norsk institutt for luftforskning (NILU): OR 16/94.
- 61 Nygaard, P.H. 1994. Virkning av ozon på blåbær (*Vaccinium myrtillus*), etasjehusmose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*) og krussigd (*Dicranum polysetum*). Rapport Skogforsk 9/94.
- 62 Henriksen, A. & Lien, L. 1994. Tålegrenser for overflatevann: Metode og usikkerheter. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-94122.
- 63 Hilmo, O. & Larssen, H.C. 1994. Morfologi hos epifyttisk lav i områder med ulik luftkvalitet. ALLFORSK Rapport 2.
- 64 Wright, R.F. 1994. Bruk av dynamiske modeller for vurdering av vann- og jordforsuring som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-94112.
- 65 Hesthagen, T., A. Henriksen & Kvenild, L. 1994. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i norske innsjøer med spesiell vekt på Troms og Finnmark. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 298.
- 66 Solli, I.M.S., Flatberg, K.I.F. & Söderström, L. 1994. Blanksigd og luftforurensningsstudier (in prep)
- 67 Stuanes, A. & Abrahamsen, G. 1995. Utredning om kunnskapsgrunnlaget for definisjon av tålegrenser i skog. Rapport Skogforsk (in prep).
- 68 Ognér, G. 1995. Tålegrenser for skog i Norge med hensyn til ozon. Aktuelt fra Skogforsk 3-95.

- 69 Thomsen, M., Nellemann, C. Frogner, T., Henriksen A., Tomter, S. & Mulder, J. 1995. Tilvekst og vitalitet for granskog sett i relasjon til til tålegrenser og forurensning. Norsk institutt for skogforskning (NISK) (in prep)
- 70 Tomter, S. M. & Esser, J. 1995. Kartlegging av tålegrenser for nitrogen basert på en empirisk metode. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS). Rapport nr 10/95.
- 71 Pedersen, H.Chr. (ed.). 1995. Kadmium og bly i lirype: akkumulering og cellulære effekter. Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning (NINA-NIKU) Oppdragsmelding 387
- 72 Bakken, S. & Flatberg, K.I.F. 1995. Effekter av økt nitrogendeposisjon på ombrotrof myrvegetasjon. En litteraturstudie. ALLFORSK Rapport 3.
- 73 Sogn, T.A., Stuanes, A.O. & Abrahamsen, G. 1995. Akkumulering av nitrogen - en kritisk parameter for beregning av tålegrenser for nitrogen i skog. Rapport fra Skogforsk 21/95.
- 74 Nygaard, P.H. & Eldhuset, T. 1995. Forholdet mellom basekationer og aluminium i jordløsning som kriterium for tålegrenser i skogsjord. Norsk institutt for skogforskning (NISK). Rapport fra Skogforsk 1/96
- 75 Mortensen, L. 1993. Effects of ozone on growth of several subalpine plant species. *Norw. J. Agric. Sci.* 7: 129-138.
- 76 Mortensen, L. 1994. Further studies on the effects of ozone concentration on growth of subalpine plant species. *Norw. J. Agric. Sciences* 8:91-97.
- 77 Fløisand, I. & Løbersli, E. 1996. Lufttransporterte forurensninger - tilførsler, virkninger og tålegrenser. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 2/96.
- 78 Thomsen, M.G., Esser, J., Venn, K. & Aamlid. 1996. Sammenheng mellom træs vitalitet og næringsstatus i nåler og humus på skogovervåkingsflater i Sørøst-Norge (in prep).
- 79 Tørseth, K., Mortensen, L. & Hjellbrekke, A.-G. 1996. Kartlegging av bakkenær ozon etter tålegrenser basert på akkumulert dose over 40 ppb. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 12/96.
- 80 Esser, J.M & Tomter, S.M. 1996. Reviderte kart for tålegrenser for nitrogen basert på empiriske verdier for ulike vegetasjonstyper. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS).
- 81 Henriksen, A., Hindar, A., Styve, H., Fjeld, E. & Lien, L. 1996. Forsuring av overflatevann, beregningsmetodikk, trender og mottiltak. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3528-96.
- 82 Henriksen, A., Hesthagen, T. & Fjeld, E. 1996. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3565-96.
- 83 Wright, R.F., Raastad, I.A. & Kaste, Ø. 1996. Atmospheric deposition of nitroge, runoff of organic nitrogen, and critical loads for soils and surface waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport SNO 3597-97.
84. Mortensen, L.M. 1996. The influence of ozone pollution on growth of young plants of *Betula pubences*. Ehrh. And *Phleum alpinum* L. Dose-response relations. *Norw. J. Agr. Sci.* 9:249-262.
- 85 Mortensen, L.M. 1996. Ozon sensitivity of *Betula pubences* at different growth stages after budburst in spring. *Norw. J. Agr. Sci.* 10:187-196.
- 86 Tørseth, K. Rosendahl, K.E., Hansen, A.C., Høie, H & Mortensen, L.M. 1997. Avlingstap som følge av bakkenært ozon. Vurderinger for perioden 1989-1993. SFT-rapport in prep.

- 87 Rognerud, S., Hognve, D., & Fjeld, E. 1997. naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av metaller. kan atmosfæriske avsetninger påvirke metall-konsentrasjoner slik at de ikke reflekterer berggrunnens geokjemi? Norsk institutt for vannforskning (NIVA) LNR 3670-97.
- 88 Skjelkvåle, B.L. Wright, R.F., & Tjomsland, T. 1997 Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Femundsmarka og Rondane. Norsk institutt for vannforskning LNR 3646-97.
- 89 Nordbakken; J.-F. 1997. Småskalaendringer i ombrotrof myrvegetasjon i SØ-Norge 1990/91-96. Botanisk Hage og Museum, Univ. Oslo Rapp. 1
- 90 Sogn, T.A., Kjønås, J., Stuanes, A.O., & Abrahamsen, G. 1997. Akkumulering av nitrogen - variasjoner avhengig av bestandsutvikling, nitrogentilførsel og simulert snødekke. Norges Landbrukshøgskole, Institutt for jord- og vannfag, Rapport nr. 10/97.
- 91 Nygaard, P.H., Ødegård, T. & Flatberg, K.I.F. Vegetasjonsendringer over 60 år i fattig skog- og myrvegetasjon i Karlshaugen skogreservat. Skogforsk (in prep)
- 92 Knutzen, J., Gabrielsen, G.W., Henriksen, O.E., Hylland, K., Källqvist, T. Nygård, T., Pacyna, J.S. Skjegstad, N. & Steinnes, E. 1997. Assessment of the applicability for pollution authorities of the concept "critical load" of long-range transported micropollutants in relation to aquatic and terrestrial ecosystems. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3751-97.
- 93 Tørseth, K. & Semb, A. 1997. Deposition of major inorganic components in Norway 1992-1996. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 67/97.
- 94 Henriksen, A. 1998. Application of the first order acidity balance (FAB) model to Norwegian surface waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3809-98
- 95 Sogn, T.A. & Wright, R.F. 1998. The model MERLIN applied to Nordmoen, Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3844-98
- 96 Skjelkvåle, B.L. & A. Henriksen, 1998. Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Report SNO 3895-98.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3895-98

ISBN 82-577-3481-0