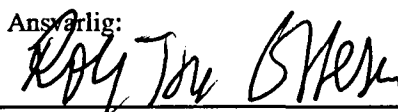


Aluminiumsforgiftning av jord i
fjellområder, Nesset kommune,
Møre og Romsdal

NGU Rapport 92.214

**Aluminiumsforgiftning av jord i
fjellområder, Nesset kommune,
Møre og Romsdal**

Rapport nr. 92.214		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Aluminiumsforgiftning av jord i fjellområder, Nesset kommune, Møre og Romsdal			
Forfatter: Ola M. Sæther og Bjørn A. Follestad		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Nesset	
Kartbladnavn (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1320-2 Eresfjord	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 29	Pris: 50,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: Juni-September 1991	Rapportdato: 27.04.1992	Prosjektnr.: 62.2492.09	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er påvist utfelling av Al-oksider og -hydroksider på mose i forgiftningsfelter i 600 - 700 m.o.h. i Nesset kommune, Møre og Romsdal. Konsentrasjonen av Al i grunnvannet er avhengig av pH.</p> <p>Kildevann som slår ut øverst i feltene er overmettet med hensyn på diaspor, bøhmitt og gibbsitt. Det er sannsynlig at det kun er vintervann som bidrar ved dannelse av det grålige Al-holdige belegget som særpreger forgiftningsfeltene. Opphavet til aluminiumet er sannsynligvis bergartsmineraler i området, og antakelig ikke aluminiumsindustri på f.eks. Sunndalsøra. Forsuring av nedbøren vil øke utlutingen av Al fra grunnen og utfellingen av Al-holdige forbindelser.</p>			
Emneord: Geokjemi	Grunnvannskvalitet	Forgiftning	
Aluminium	Morene	Mose	
Utfelling	Sur nedbør/forsuring	Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
INNLEDNING	4
METODER	4
RESULTATER	5
Vintervannprøver Måsvatn	5
Sommervannprøver Måsvatn	5
Sommervannprøver Kanndalen	6
Analyser av fast stoff	6
Mineralmetning	6
KONKLUSJON	7
LITTERATUR	8

FIGURER

- Fig. 1a. Nøkkelkart som viser beliggenheten av undersøkelsesområdene i Nesset kommune.
- Fig. 1b. Prøvestasjoner for vannprøver i Måsvatn-området 5. juni, 1991.
- Fig. 1c. Prøvestasjoner for vannprøver i Kanndalen 1. september, 1991.
- Fig. 1d. Prøvestasjoner for vannprøver i Måsvatn-området 1. september, 1991.
- Fig. 2. Diagram som viser Al-konsentrasjon i vannprøvene som funksjon av avstand fra grunnvannsutslaget.
- Fig. 3a. Diagram som viser Al-konsentrasjon i vannprøvene som funksjon av pH.
- Fig. 3b. Samme diagram som i Fig. 3a, men basert på termodynamiske konstanter.
- Fig. 4a. SEM-bilde av utfelt grålig belegg på mose. Skala nede til høyre på bilde er 100 mikrometer.
- Fig. 4b. SEM-bilde av oval avrundet partikkel funnet i belegget. Skala nede til høyre er 10 mikrometer.
- Fig. 5a. Røntgenfluorescence-spektrum av mose montert i epoxy.
- Fig. 5b. Røntgenfluorescence-spektrum av epoxy.

TABELLER

- Tab. 1a. Konverteringsnøkkel fra analysenummer til prøvestasjon og prøvepreparering.
- Tab. 1b. Analysetabeller fra NGUs Seksjon for kjemiske analyser: Analyse av grunn- og overflatevannprøver fra forgiftningsfelt.
- Tab. 2. Analysetabeller fra NGUs Seksjon for kjemiske analyser: Analyse av morene-jordprøver (1-6) og grålig belegg på mose (12A, 12B, 16A og 16B).
- Tab. 3. Metningsgrad for karbonat-, sulfat-, jern-, og aluminiumsholdige mineraler unntatt silikater i grunnvannsprøve fra forgiftningsfelt ved Måsvatn.

ALUMINIUMSFORGIFTNING AV JORD I FJELLOMRÅDER, NESSET KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL FYLKE

INNLEDNING

I forbindelse med utgivelse av det kvartærgeologiske kart Sunndalsøra 1420 III, Beskrivelse til kvartærgeologisk kart - M 1:50.000 (1987) ble det registrert flere forgiftningsfelter der vegetasjonen består kun av mose, og ikke lyng eller gress som ellers er vanlig i området (Sæther et al., 1987). Forgiftningsfeltene ligger i 600-700 m.o.h. og opptrer nedenfor grunnvannsutslag.

I løpet av feltsesongen 1991 er det under kartleggingsarbeider innen Nesset kommune registrert at denne typen forgiftning har en langt større utbredelse enn hva som tidligere er antatt (Henningsen & Bølviken, 1985 og Henningsen & Krill, 1985). Dette medførte at NGU gjennomførte en del geokjemisk feltarbeid i områdene Måsvatn og Kanndalen (Fig.1). Det ble samlet inn vann- og jordprøver fra to anomale områder i begynnelsen av juni og september, på steder der grunnvannet har utslag i dagen. Prøver ble også tatt av et grålig belegg på mose nedstrøms grunnvannsutslagene. De innsamlede prøvene er analysert ved NGUs laboratorier på en rekke kjemiske grunnstoffer for om mulig å finne fram til en forklaring på forgiftningsårsak og feltenes regionale fordeling. Forgiftningsfenomenet reiser mange spørsmål, men vi ønsker primært å klarlegge fenomenet i forhold til grunnvann. Spørsmål som da kan reises er:

- Hva er kilden til aluminium som felles ut på mosen?
- Er utfellingen av aluminium kun bestemt av endringer i pH?
- Hva er variasjonen av pH i nedbør i området?
- Hvilken innvirkning vil en forsuring av nedbøren ha på utluting/utfelling?

METODER

Det ble samlet inn prøver av vinter- (snøsmelte-) vann fra et forgiftningsfelt i Måsvatn-området 5. juni 1991 (Fig.1b). Tilsvarende prøver av sommervann ble samlet inn fra et forgiftningsfelt i Kanndalen (Fig. 1c) og på det samme feltet i Måsvatn-området (Fig. 1d) den 1. september 1991. Begge dager var det rolig oppholdsvær, hvilket er viktig for å unngå forstyrrelser av vannkvaliteten under prøvetaking.

Grunnvannsprøvene ble samlet inn på 10-15 cm dyp sammen med en overflatevannprøve fra samme sted, og analysert på en rekke kjemiske elementer og andre komponenter ved NGUs laboratorier (Andreassen og Ødegård, 1987). I tillegg ble det samlet inn referanseprøver fra

smeltevannsbekker, bekker og elver i nærområdet. Disse ble forbehandlet og analysert på samme måte. Prøver av grålig belegg på mose ble samlet inn for røntgendiffraksjon, sveipelektronmikroskopi, og kjemisk analyse.

RESULTATER

Vintervannprøver Måsvatn

Resultatene av vannanalysene framgår av Tab.1. De første seks prøvene ble samlet inn ved Måsvatn 5. juni 1991.

Al-innholdet i disse varierer fra 27 til 122 $\mu\text{g/L}$. Referanseprøvene fra en smeltevannsbekk like ved forgiftningsfeltet og fra elva som renner ut fra Måsvatn inneholder 47 og 42 $\mu\text{g/L}$ Al. Ingen av disse prøvene ble filtrert eller surgjort i felt. Alle prøvene inneholder mindre enn 10 $\mu\text{g/L}$ Ti, hvilket indikerer at mengden partikulært materiale i vannprøvene er neglisjerbart. Det interessante ved disse prøvene er at innholdet av Al er høyest (122 $\mu\text{g/L}$) i grunnvannsprøven øverst i feltet (stasjon 17) og lavest (89 $\mu\text{g/L}$) i grunnvannsprøven 5 m nedenfor (stasjon 16). I overflatevannprøven fra samme sted (stasjon 16) er konsentrasjonen av Al enda lavere (74 $\mu\text{g/L}$), og den laveste verdien (27 $\mu\text{g/L}$) er målt i en overflatevannprøve nederst i feltet (stasjon 15). Referanseverdiene ligger meget nær gjennomsnittsverdien for de to overflatevannprøvene (50 $\mu\text{g/L}$).

Sommervannprøver Måsvatn

Vannprøver ble tatt på de samme stasjoner (15, 16 og 17) som tre måneder tidligere, og utgjør analysenumrene 22-33.

De ufiltrerte grunnvannsprøvene viser samme avtakende trend i Al-innhold vintervannsprøvene (101, 45 og 23 $\mu\text{g/L}$), men med den vesentlige forskjell at disse er lavere. Al-innholdet er til og med lavere enn i overflatevannet på den mellomste stasjonen (stasjon 16), men på samme nivå som på den nederste stasjonen (stasjon 15).

Filtrerte grunnvannsprøver fra denne prøvetakingsrunden ligger systematisk lavere (58, <20 og <20 $\mu\text{g/L}$ Al), hvilket indikerer at aluminium holdes igjen eller felles ut under filtrering. Ufiltrerte overflatevannprøver avtar også i Al-innhold fra midtre til nederste del av feltet (h.h.v. 42 og 21 $\mu\text{g/L}$), og ligger over konsentrasjonene av Al i de filtrerte prøvene (begge under deteksjonsgrensen på 20 $\mu\text{g/L}$).

Referanseprøvene fra elva som renner ut fra Måsvatn ligger under deteksjonsgrensen (<20 $\mu\text{g/L}$).

Sommervannprøver Kanndalen

I prøvefeltet i Kanndalen ble stasjonene 11, 12, 13 og 14 etablert henholdsvis 55, 25, 10 og 0.2 m nedenfor grunnvannsutslaget.

De ufiltrerte grunnvannsprøvene inneholder 37 $\mu\text{g/L}$ Al øverst i feltet (stasjon 14), mens Al-konsentrasjonene ligger under ($< 20 \mu\text{g/L}$) eller like ved deteksjonsgrensen (21 $\mu\text{g/L}$) lenger ned i feltet (stasjon 13 og 12). Fra stasjon 11 foreligger kun prøve av overflatevann.

De filtrerte grunnvannsprøvene viser nærmest identiske verdier.

Prøver av filtrert og ufiltrert grunnvann ble tatt om igjen på stasjon 14 øverst i feltet 24 timer senere, og verdiene ble 48 og 37, mot 43 og 37 $\mu\text{g/L}$ Al dagen før, mao. sammenliknbare verdier. At innholdet av Al er litt høyere i de filtrerte enn i de ufiltrerte prøvene er sannsynligvis tilfeldig.

Overflatevannprøvene viser også en avtakende trend fra stasjon 13 (35 og 32 $\mu\text{g/L}$ Al på filtrert og ufiltrert prøve) til stasjonene 12 og 11 ($<$ deteksjonsgrensen).

Analyser av fast stoff

Analysene av moreneprøvene (1-6) fra de undersøkte områdene (Tab.2), gir en syreløselig andel Al på fra 1.49% til 3.41%, mens det i det grålige belegget tatt fra mose i forgiftningsfeltene (prøvene 12A, 12B, 16A og 16B) er påvist 21% til 25% aluminium.

SEM-bilder med energi-dispersiv røntgenfluorescence analyse av mosen viser en dominans av Al (kun elementer med atomnummer større enn 10 er analysert)(Fig. 4 og 5).

Røntgendiffraktometeropptak av mosematerialet viser at det i hovedsak er amorft materialet med partikulært innslag av kvarts og feltspat. Ingen av opptakene gir ett sett signifikante topper fra Al-oksiden eller -hydroksiden diaspor, bøhmitt eller gibbsitt. Imidlertid er det en tydelig topp på 3.99 Å (22.3°) i moseprøve 16B. Dette er hovedtoppen for diaspor.

Mineralmetning

Beregninger av grunnvannets og overflatevannets metning med hensyn på Al-holdige forbindelser viser at vannprøvene er overmettet m.h.p. Al-oksider og -hydroksider som diaspor, bøhmitt og gibbsitt (Tab.3)

KONKLUSJON

De undersøkelser NGU har gjennomført indikerer at kilden til aluminium er bergartsmineraler i området (og sannsynligvis ikke har noen direkte forbindelse med aluminiumsindustri).

NGUs undersøkelser tyder videre på at konsentrasjonen av Al i grunnvannet er avhengig av pH. Dette kommer tydelig fram i analyser av vintergrunnvann (prøver fra juni) når Al-konsentrasjonen plottes mot pH; disse to parametre viser seg å være omvendt proporsjonale ved $\text{pH} < 6.5$. De målte forhold gjenspeiler den teoretisk bestemte sammenheng basert på termodynamiske data (Fig. 3b)

I sommervannprøvene er pH jevnt over litt høyere enn i vintergrunnvann. Dette betyr at vi befinner oss rundt minimum for den teoretiske Al-kurven eller beveger oss over på den høyre siden (Fig.3b). En økning av pH i dette pH-området vil ikke føre til overmetning og derav utfelling. Det må derfor antas at det kun er vintervannet som bidrar ved dannelse av det grålige Al-holdige belegget. Dette kan testes ved å måle innholdet av oksygenisotoper i grunnvannet.

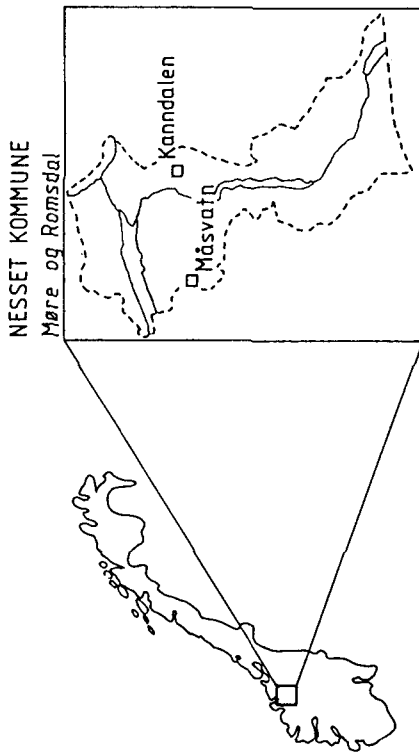
Kjennskap til pH i nedbør i området, både med hensyn til høyde over havet og årstid, vil være av stor interesse og bør også undersøkes.

Hvis de trender som er kommet fram etter våre første undersøkelser viser seg å holde stikk også etter en mere omfattende prøveinnsamling, må en anta at forsuring av nedbøren vil øke utlutningen av Al fra grunnen og derved øke Al-konsentrasjonen i grunnvannet, noe som igjen vil øke utfellingen av Al-holdige forbindelser.

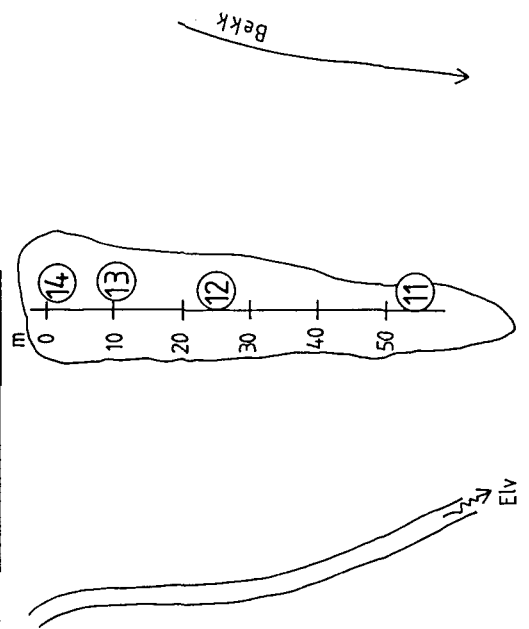
LITTERATUR

- Follestad, B.A., 1990: Block-fields, ice-flow directions and the Pleistocene ice sheet in Nordmøre and Romsdal, West Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, v. 70, s. 27-33.
- Hem, J.D. og Roberson, C.E., 1967: Form and stability of aluminum hydroxide complexes. *USGS WSP 1827-A*, 55 s.
- Henningsen, T. og Bølviken, B., 1985: Naturlige forgiftningsfelter i Sunndal og Neset kommuner Møre og Romsdal. *NGU Rapport 85.160*.
- Henningsen, T. og Krill, A., 1985: Undersøkelse av naturlige forgiftningsfelt på Møre. *NGU Rapport 85.209*.
- Sæther, O.M., Bølviken, B., Låg, J. og Steinnes, E., 1988: Concentration and chemical form of lead during natural transportation in groundwater. *Chemical Geology*, v.69, s. 309-319.
- Ødegård, M. og Andreassen, B.Th., 1987: Methods for water analysis at the Geological Survey of Norway. In: *Geomedical Consequences of Chemical Composition of Freshwater. The Norwegian Academy of Science and Letters*, s.133-150.

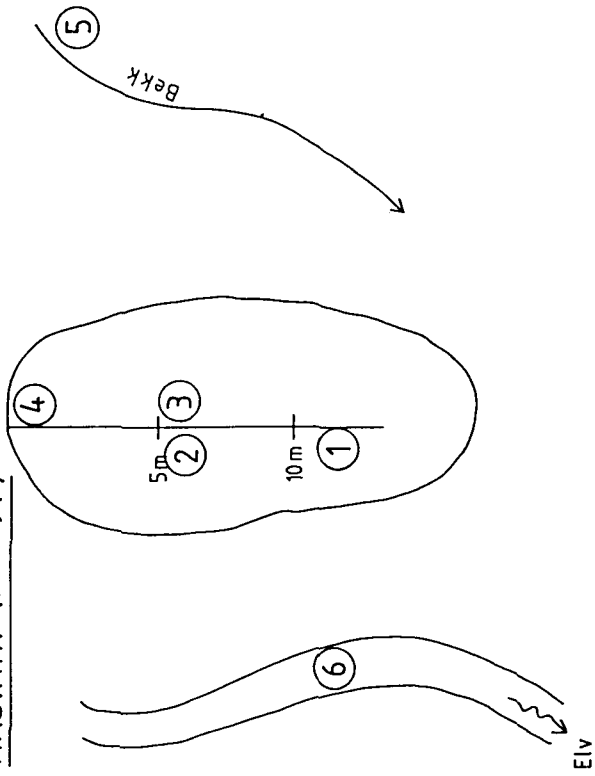
a) OVERSIKTSKART



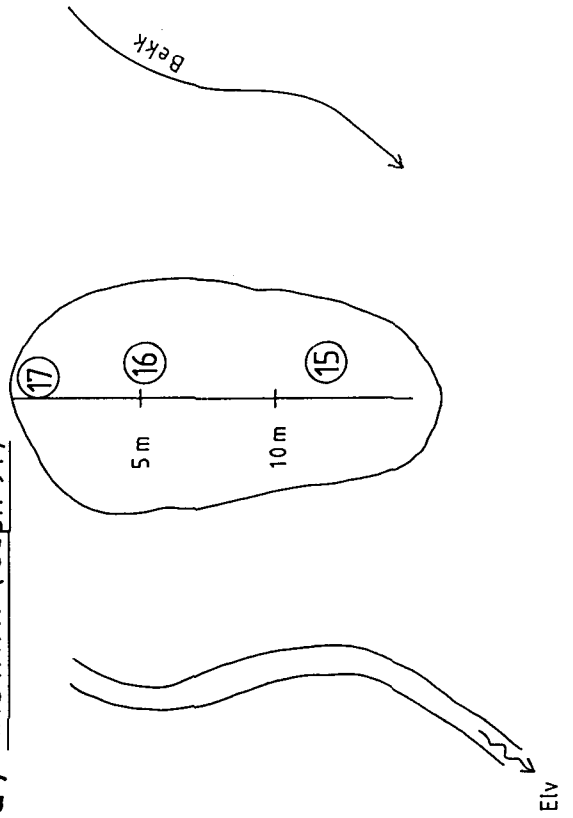
b) KANNDALEN (Sept. 91)

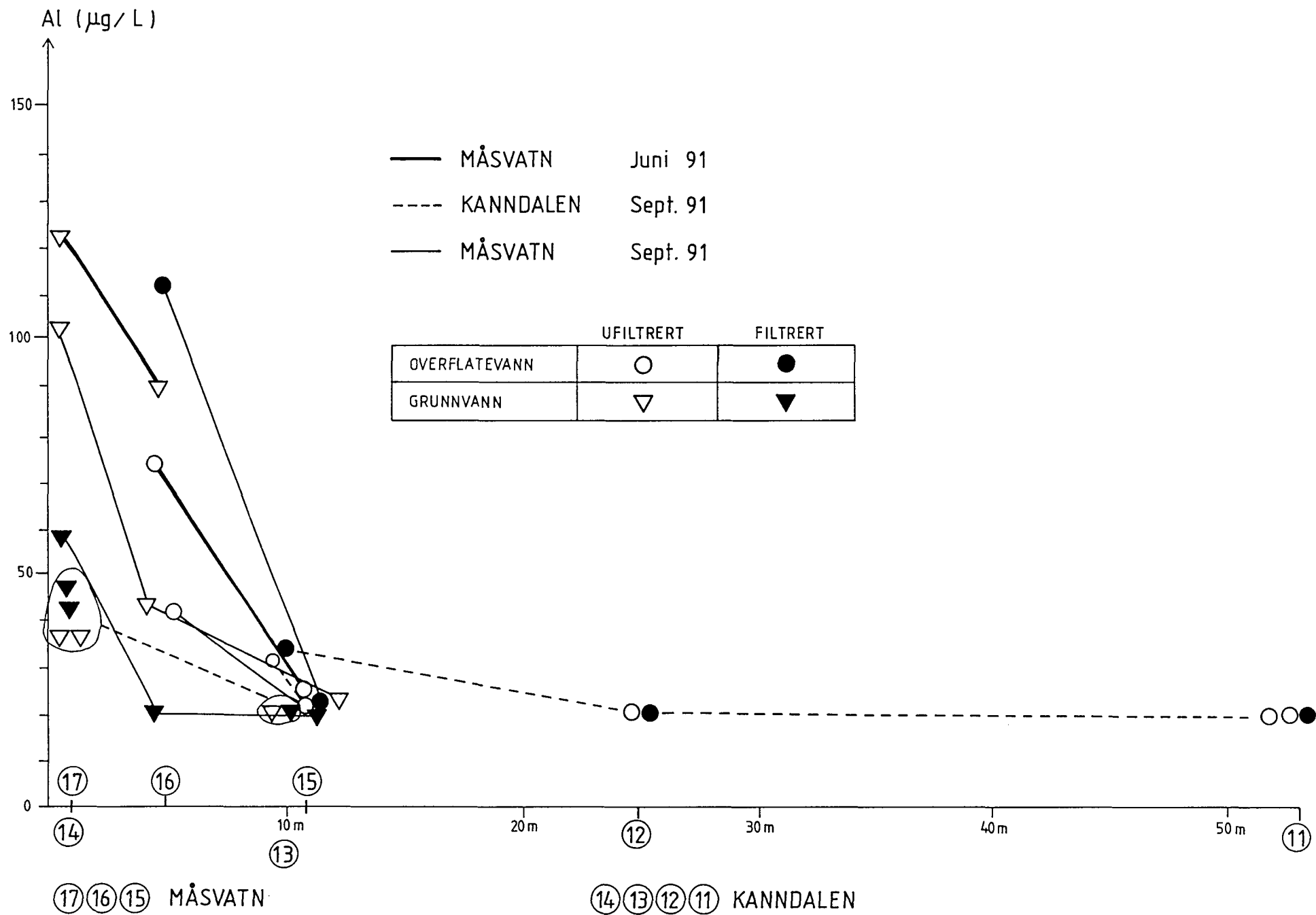


c) MÅSVATN (Juni 91)

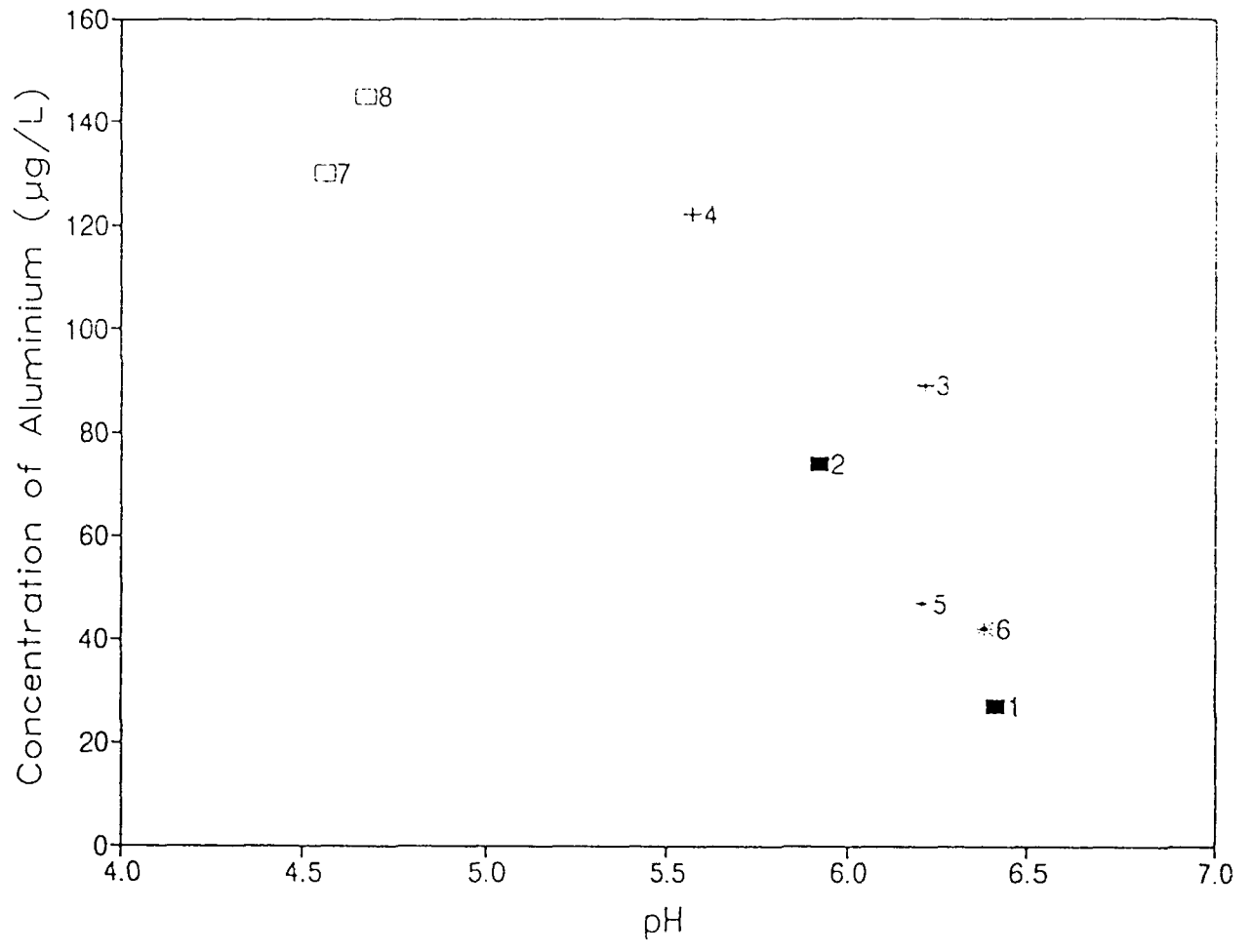


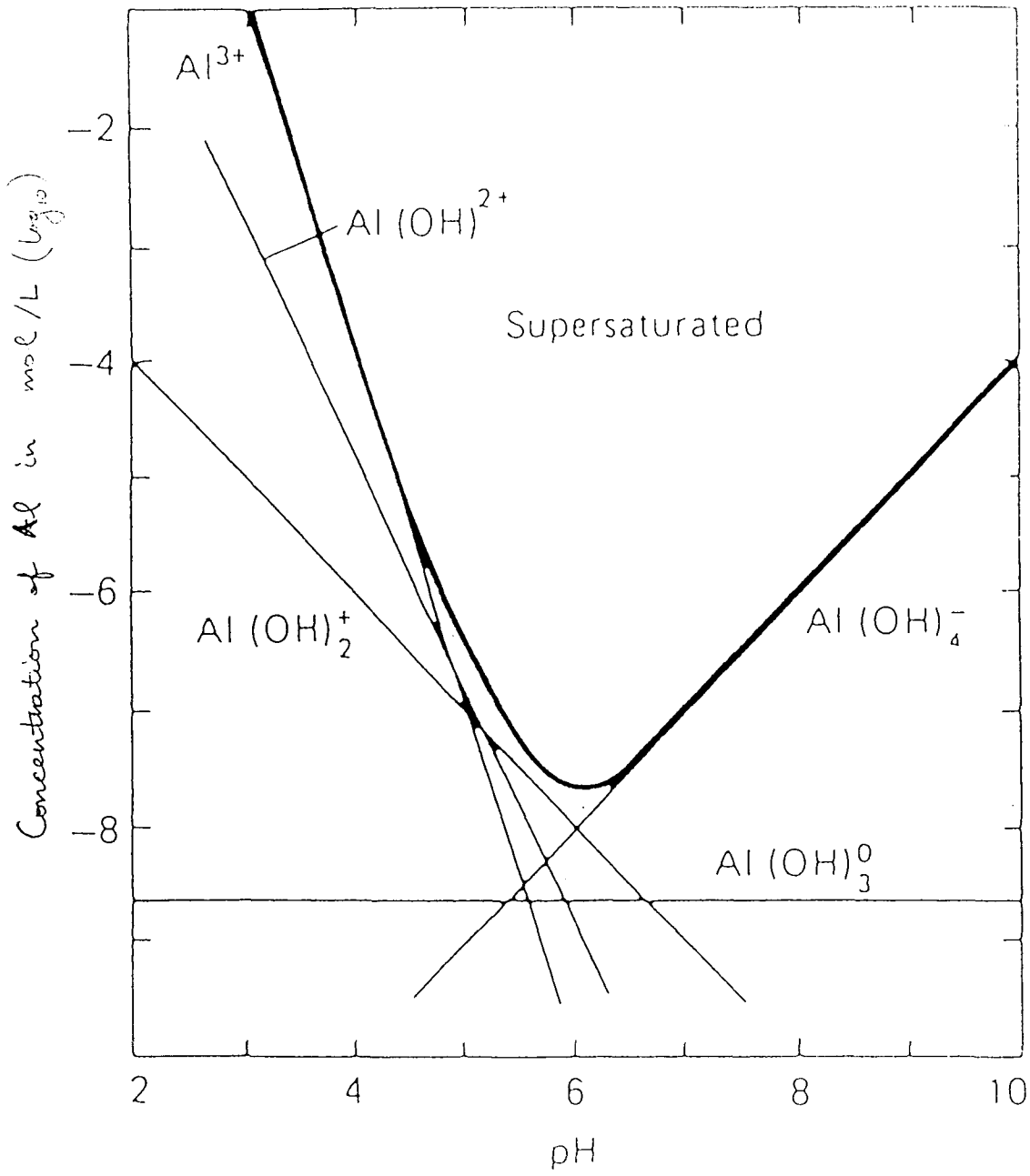
d) MÅSVATN (Sept. 91)

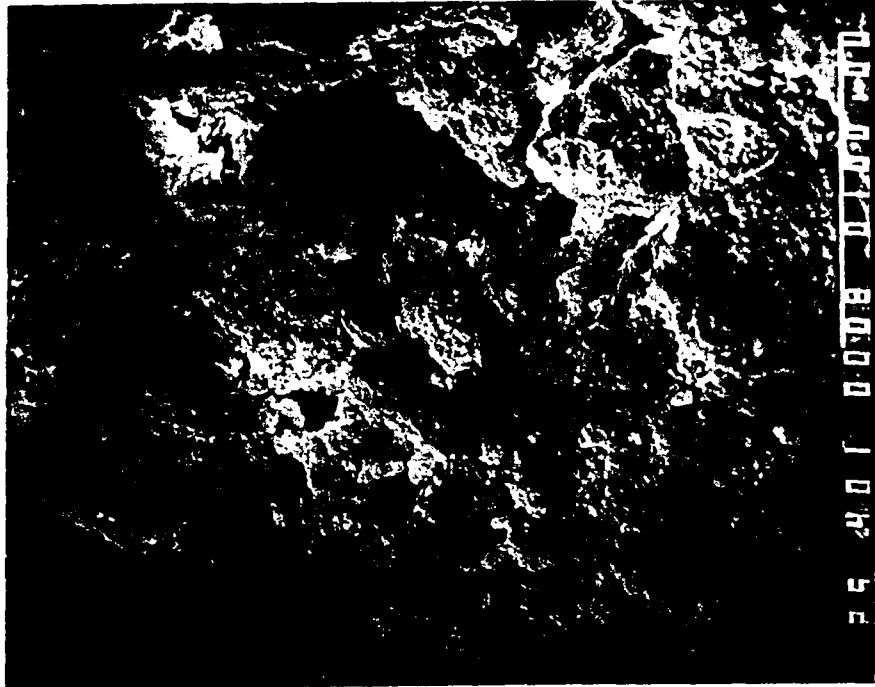


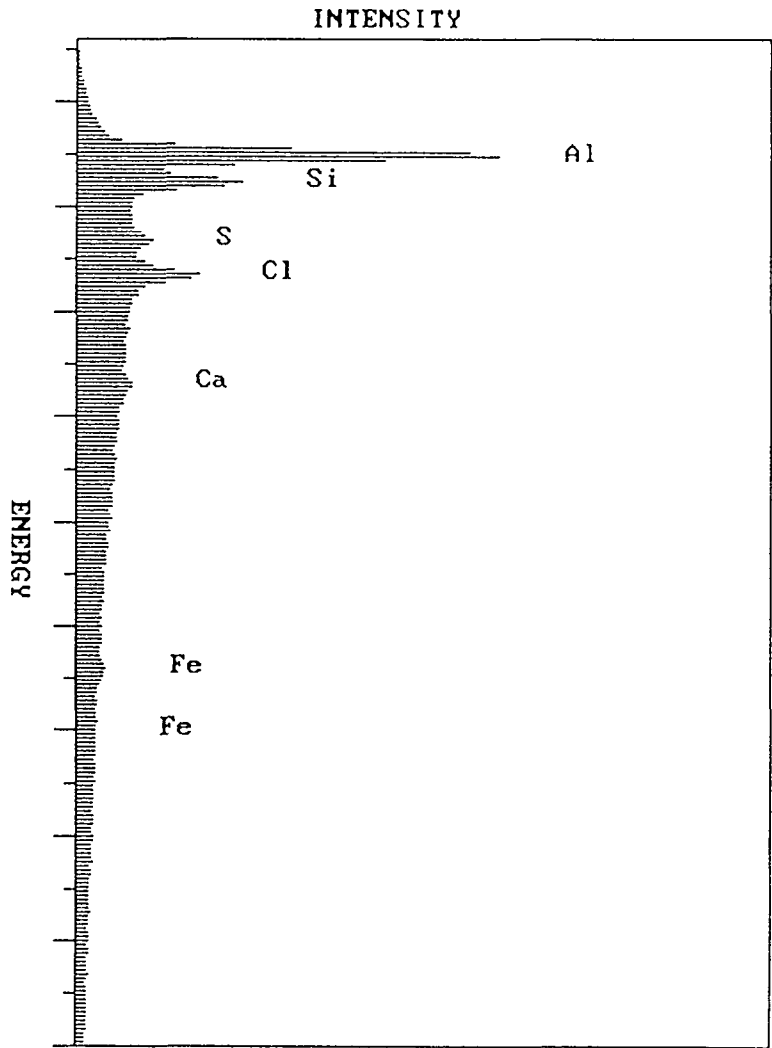
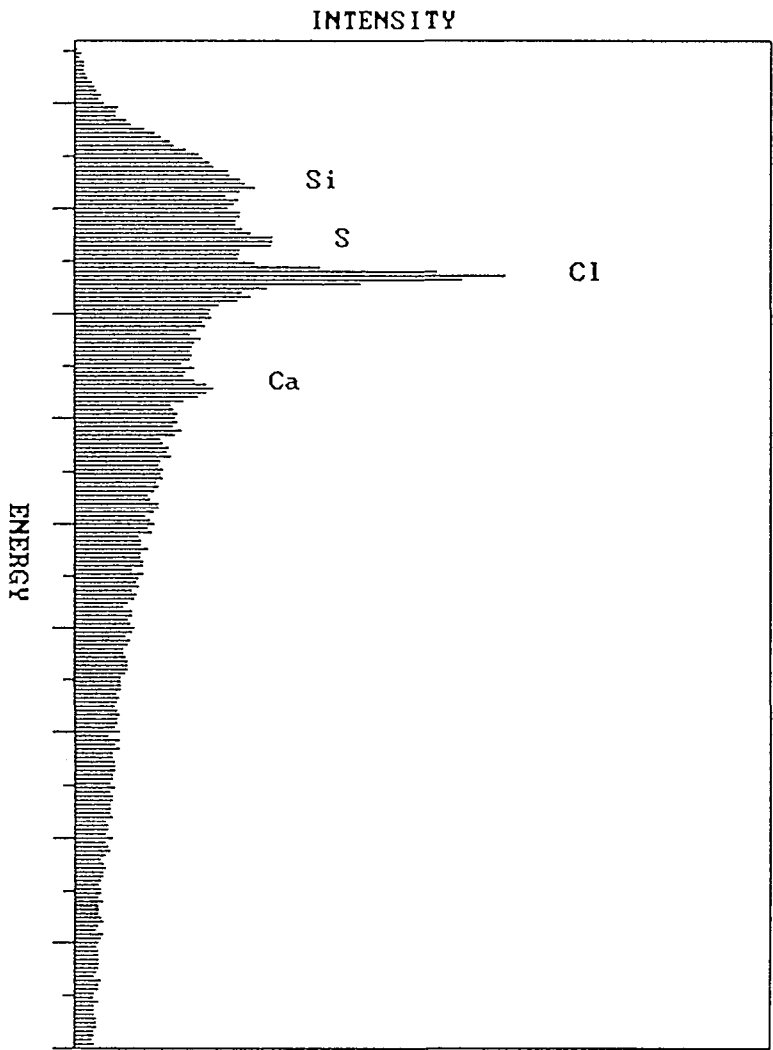


NGU Rapport 92.214
 FIGUR 2









KONFERTERINGSNØKKEL FRA ANALYSENUMMER TIL PRØVESTASJON OG PRØVEPREPARERING

Analyse-prøvenr.	Felt- beskrivelse	pH	Al
Måsvatn			
1	1	6,42	27
2	2	5,92	74
3	3	6,22	89
4	4	5,57	122
5	5	6,21	47
6	6	6,39	42
Gaular			
7	7	4,65	130
8	8	4,67	145
Kanndalen			
9	11KUF		<20
10	11AUF	6,45	<20
11	11F		<20
12	12OF		<20
13	12OU	6,38	<20
14	12GF		<20
15	12GUF	6,18	21
16	13OF		35
17	13OUF	6,34	32
18	13GF		<20
19	13GUF	6,20	<20
20	14GF		43
21	14GUF	5,95	37
Måsvatn			
22	15OF		23
23	15OUF	6,73	21
24	15GF		<20
25	15GUF	6,36	23
26	16OF		112
27	16OUF	6,35	42
28	16GF		<20
29	16GUF		45
30	17GF		58
31	17GUF		102
32	18bekk	6,49	45
33	19elv	6,27	<20
Kanndalen			
34	9GF		48
35	9GUF	6,12	37
36	10OU	6,29	21
37	20OU	6,65	<20

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
 GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Dato 09.07.91

Prøve nr	F'	Cl'	NO2'	Br'	NO3'	PO4'''	SO4''
1	<50.0ppb	3.39ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	1.04ppm
2	<50.0ppb	3.46ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	61.4ppb	<50.0ppb	941 ppb
3	<50.0ppb	3.33ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	104 ppb	<50.0ppb	1.20ppm
4	<50.0ppb	3.30ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	953 ppb
5	<50.0ppb	1.50ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	536 ppb
6	<50.0ppb	2.73ppm	<50.0ppb	<50.0ppb	95.6ppb	<50.0ppb	940 ppb

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Prøvemrk.	Ledn.evne $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Alkalitet mmol/l
1.	19.3	6.42	0.08
2.	19.6	5.92	0.09
3.	19.9	6.22	0.09
4.	20.3	5.57	0.09
5.	9.70	6.21	0.06
6.	14.2	6.39	0.06

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
 GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Si	51.6	ppb	244.4	ppb
Al	129.5	ppb	144.9	ppb
Fe	99.0	ppb	99.0	ppb
Ti	<10.0	ppb	<10.0	ppb
Mg	242.4	ppb	206.9	ppb
Ca	171.0	ppb	166.9	ppb
Na	2.05	ppm	2.20	ppm
K	<200.0	ppb	<200.0	ppb
Mn	5.3	ppb	2.6	ppb
P	<100.0	ppb	<100.0	ppb
Cu	4.5	ppb	< 2.0	ppb
Zn	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb
Pb	<50.0	ppb	<50.0	ppb
Ni	<40.0	ppb	<40.0	ppb
Co	<10.0	ppb	<10.0	ppb
V	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb
Mo	<10.0	ppb	<10.0	ppb
Cd	<10.0	ppb	<10.0	ppb
Cr	<10.0	ppb	<10.0	ppb
Ba	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Sr	2.5	ppb	2.5	ppb
Zr	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb
Ag	<10.0	ppb	<10.0	ppb
B	<20.0	ppb	<20.0	ppb
Be	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Li	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Sc	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Ce	<50.0	ppb	<50.0	ppb
La	<10.0	ppb	<10.0	ppb
Y	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Prøve nr	F'	Cl'	NO2'	Br'	NO3'	PO4''''	SO4''
1	<50.0ppb	3.16ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	1.72ppm
2	<50.0ppb	3.66ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	1.14ppm

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

<u>Resultat:</u> Prøvemrk.	Ledn.evne $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Alkalitet mmol/l
Surgjort-A	24.2	4.65	0.02
Kontroll-B	24.7	4.67	0.02

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
 GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Date 24.10.91

Prøve nr	F'	Cl'	NO2'	Br ^o	NO3'	PO4''''	SO4''
9	<50.0ppb	2.83ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.55ppm
10	<50.0ppb	2.72ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.55ppm
11	<50.0ppb	2.93ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.64ppm
12	<50.0ppb	2.83ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.59ppm
13	<50.0ppb	2.80ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.67ppm
14	61.2ppb	2.82ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.65ppm
15	<50.0ppb	2.91ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.73ppm
16	<50.0ppb	2.66ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.72ppm
17	<50.0ppb	2.79ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.54ppm
18	<50.0ppb	2.71ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.63ppm
19	<50.0ppb	2.64ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.62ppm
20	<50.0ppb	2.57ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.15ppm
21	<50.0ppb	2.77ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.61ppm
22	<50.0ppb	4.23ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.17ppm
23	<50.0ppb	4.07ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.20ppm
24	<50.0ppb	4.40ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	71.0ppb	<100 ppb	1.46ppm
25	<50.0ppb	4.28ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	52.8ppb	<100 ppb	1.87ppm
26	<50.0ppb	4.13ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	68.9ppb	<100 ppb	1.34ppm
27	<50.0ppb	3.92ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.10ppm
28	<50.0ppb	4.36ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	118 ppb	<100 ppb	1.77ppm
29	<50.0ppb	4.46ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.62ppm
30	<50.0ppb	3.85ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.03ppm
31	<50.0ppb	3.97ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.17ppm
32	<50.0ppb	4.41ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	744 ppb
33	<50.0ppb	1.91ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	883 ppb
34	60.8ppb	2.48ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.34ppm
35	<50.0ppb	2.46ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	1.36ppm
36	<50.0ppb	2.34ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	843 ppb
37	<50.0ppb	2.48ppm	<50.0ppb	<20.0ppb	<50.0ppb	<100 ppb	935 ppb

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
GRUNN- OG OVERFLATEVANNPRØVER FRA FORGIFTNINGSFELT

Nr.	Prøvemrk.	Ledn.evne µS/cm	pH	Alkalitet mmol/l
1.	10	15.0	6.45	0.09
2.	13	15.2	6.38	0.08
3.	15	15.8	6.18	0.08
4.	17	14.6	6.34	0.07
5.	19	15.4	6.20	0.09
6.	21	16.3	5.95	0.08
7.	23	19.4	6.73	0.11
8.	25	19.8	6.36	0.11
9.	27	20.4	6.35	0.12
10.	32	18.2	6.49	0.09
11.	33	10.55	6.27	0.07
12.	35	15.6	6.12	0.08
13.	36	12.61	6.29	0.08
14.	37	13.6	6.65	0.07

ANALYSETABELLER FRA NGUs SEKSJON FOR KJEMISKE ANALYSER: ANALYSE AV
MORENE-JORØPRØVER (1-6) OG GRALIG BELEGG PÅ MOSE (12A, 12B, 16A og 16B).

25. NOV 1991

Side 2

Prosjektnr.: 62.2494.09 Oppdragsnr.: 243/91

	1	2	3	4	5	6	12A	12B	16A	16B
SiO2	144.0 ppm	155.6 ppm	134.2 ppm	107.2 ppm	240.7 ppm	173.3 ppm	399.4 ppm	386.9 ppm	575.3 ppm	350.6 ppm
Al2O3	1.68 %	1.85 %	1.49 %	1.66 %	3.41 %	1.25 %	24.51 %	21.16 %	25.09 %	22.98 %
Fe2O3	1.59 %	1.59 %	1.52 %	1.52 %	3.07 %	1.20 %	24.54 %	21.77 %	25.23 %	22.32 %
TiO2	0.18 %	0.17 %	0.17 %	0.17 %	0.37 %	0.15 %	541.8 ppm	672.2 ppm	211.5 ppm	225.1 ppm
MgO	0.70 %	0.75 %	0.80 %	0.73 %	1.57 %	0.54 %	0.16 %	0.17 %	285.1 ppm	375.7 ppm
CaO	0.58 %	0.75 %	0.60 %	0.49 %	1.70 %	0.48 %	0.11 %	0.10 %	433.1 ppm	437.1 ppm
Na2O	489.8 ppm	695.1 ppm	495.2 ppm	459.7 ppm	680.2 ppm	408.0 ppm	201.9 ppm	178.2 ppm	141.7 ppm	110.8 ppm
K2O	330.8 ppm	308.7 ppm	361.8 ppm	337.1 ppm	737.8 ppm	287.7 ppm	856.9 ppm	917.6 ppm	324.1 ppm	197.0 ppm
P2O5	21.6 ppm	19.5 ppm	18.2 ppm	21.6 ppm	34.6 ppm	18.9 ppm	52.3 ppm	61.7 ppm	39.6 ppm	40.9 ppm
Cu	27.0 ppm	22.1 ppm	25.5 ppm	25.3 ppm	58.0 ppm	19.8 ppm	11.9 ppm	11.0 ppm	7.8 ppm	6.3 ppm
Zn	< 5.0 ppm	< 5.0 ppm	< 5.0 ppm	< 5.0 ppm	< 5.0 ppm	< 5.0 ppm	< 10.0 ppm	< 10.0 ppm	< 15.8 ppm	< 10.0 ppm
Pb	7.9 ppm	9.9 ppm	8.6 ppm	9.6 ppm	19.5 ppm	6.5 ppm	< 4.0 ppm	< 4.0 ppm	< 6.3 ppm	< 2.0 ppm
Ni	4.8 ppm	4.6 ppm	5.6 ppm	4.9 ppm	11.1 ppm	3.8 ppm	< 4.5 ppm	5.2 ppm	3.2 ppm	< 2.0 ppm
Co	22.9 ppm	24.1 ppm	24.2 ppm	21.1 ppm	41.9 ppm	17.3 ppm	13.8 ppm	13.3 ppm	5.3 ppm	3.6 ppm
Mo	< 2.0 ppm	< 2.0 ppm	< 2.0 ppm	< 2.0 ppm	< 2.0 ppm	< 2.0 ppm	< 4.0 ppm	< 4.0 ppm	< 6.3 ppm	< 4.0 ppm
Cd	14.5 ppm	13.8 ppm	17.3 ppm	13.7 ppm	31.9 ppm	9.9 ppm	25.1 ppm	4.0 ppm	6.3 ppm	4.0 ppm
Cr	52.1 ppm	41.7 ppm	51.8 ppm	51.8 ppm	131.2 ppm	39.3 ppm	17.1 ppm	12.1 ppm	16.5 ppm	14.6 ppm
Ba	15.9 ppm	18.0 ppm	16.8 ppm	13.4 ppm	21.4 ppm	14.4 ppm	4.8 ppm	3.8 ppm	6.7 ppm	5.0 ppm
Sr	2.7 ppm	2.9 ppm	2.4 ppm	2.5 ppm	4.1 ppm	1.4 ppm	3.9 ppm	3.2 ppm	2.1 ppm	1.9 ppm
Zr	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm	< 1.0 ppm	3.2 ppm	7.0 ppm	3.2 ppm	3.9 ppm
Ag	15.0 ppm	2.9 ppm	2.6 ppm	2.0 ppm	2.0 ppm	1.2 ppm	4.9 ppm	6.4 ppm	9.2 ppm	2.0 ppm
B	< 0.5 ppm	< 0.5 ppm	< 0.5 ppm	< 0.5 ppm	15.6 ppm	5.2 ppm	2.3 ppm	2.5 ppm	3.2 ppm	3.2 ppm
Be	7.0 ppm	5.1 ppm	6.9 ppm	7.0 ppm	77.3 ppm	53.3 ppm	5.4 ppm	3.0 ppm	1.6 ppm	1.0 ppm
Li	3.2 ppm	3.7 ppm	3.6 ppm	3.1 ppm	60.0 ppm	24.3 ppm	173.6 ppm	5.0 ppm	6.6 ppm	6.1 ppm
Sc	62.5 ppm	40.1 ppm	43.1 ppm	54.7 ppm	77.3 ppm	196.6 ppm	196.6 ppm	127.2 ppm	101.8 ppm	101.8 ppm
Ce	27.6 ppm	23.5 ppm	22.8 ppm	21.7 ppm	36.4 ppm	24.3 ppm	74.6 ppm	78.6 ppm	53.1 ppm	39.7 ppm

Grunnvann fra forgiftningsfelt Måsvatn

-Kjemisk sammensetning

	ACTIVITY GUESS	LOG GUESS	ANAL TOTAL
H+1	4.074E-07	-6.390	4.106E-04
Al+3	1.549E-06	-5.810	4.200E-02
Fe+3	1.445E-07	-6.840	8.000E-03
Mg+2	9.333E-06	-5.030	2.280E-01
Ca+2	1.259E-05	-4.900	5.050E-01
Na+1	6.918E-05	-4.160	1.590E+00
K+1	3.802E-06	-5.420	1.500E-01
Mn+3	1.820E-08	-7.740	1.000E-03
Ba+2	1.445E-08	-7.840	2.000E-03
Sr+2	5.370E-08	-7.270	4.700E-03
Li+1	1.445E-07	-6.840	1.000E-03
Cl-1	7.762E-05	-4.110	2.730E+00
NO3-1	8.128E-07	-6.090	5.000E-02
SO4-2	9.772E-06	-5.010	9.400E-01
CO3-2	3.020E-05	-4.520	1.800E+00
H2O	1.000E+00	0.000	0.000E-01

-Metningsgrad (Sat.index= log (IAP/K_{SP}))

	Sat. Index		
ALOH3(A)	-0.676	JAROSITE NA	-7.073
ALOH ₂ SO ₄	-4.545		
AL ₄ (OH) ₁₀ SO ₄	-0.348	JAROSITE K	-4.668
ALUM K	-19.364		
ALUNITE	-3.145	JAROSITE H	-8.633
		MAGHEMITE	4.008
ANHYDRITE	-5.374	MAGNESITE	-5.315
ARAGONITE	-4.847	MIRABILITE	-12.019
ARTINITE	-15.501	NATRAN	-15.038
BARITE	-2.845	NESQUEHONITE	-7.718
BOEHMITE	1.113	STRONTIANITE	-6.267
BRUCITE	-9.390	THENARDITE	-13.199
CALCITE	-4.693	THERMONATR	-16.706
CELESTITE	-5.874	WITHERITE	-7.485
DIASPORE	2.861	BIXBYITE	23.166
DOLOMITE	-9.509	MANGANITE	11.611
EPSOMITE	-7.916	MN ₂ (SO ₄) ₃	-25.483
FERRIHYDRITE	0.306	LIME	-25.522
FE(OH) ₂ ·7CL·3	5.084	PORTLANDITE	-15.205
FE ₂ (SO ₄) ₃	-47.377	PERICLASE	-14.236
GIBBSITE (C)	0.987	SPINEL	-9.637
Al ₂ O ₃	-2.895	MAG-FERRITE	0.521
GOETHITE	4.516	LEPIDOCROCIT	3.826
GYPSUM	-5.112		
HALITE	-9.857		
HEMATITE	14.016		
HUNTITE	-23.293		
HYDRMAGNESIT	-37.228		