

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 82002
Undernummer:
Løpenummer: 1662
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Årstidsvariasjoner og materialtransport i de fem feltforskningsområdene, Birkenes, Storgama, Langtjern, Kårvatn og Jergul. Overvåkingsrapport nr. 106/83	Dato: 20/10-83
Forfatter(e): Merete Johannessen	Prosjektnummer: 82002
	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag): 47

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Karakteristiske variasjoner i vannkvaliteten i feltforskningsområdene igjennom året er beregnet for hvert felt ut fra 3-8 års data. Variasjonsmønsteret kan danne grunnlag for vurdering av nye data. Prognoseberegninger anvendt på Storgama viser at selv med 75 % reduksjon i sulfatinholdet i avrenningen vil sure episoder (pH <4,7) kunne forekomme på grunn av årstidsvariasjonene i vannkvalitet, selv om den beregnede midlere årlige pH blir god (pH 5,3). Materialtransportberegninger viser balanse mellom tilførsler og avrenning av sulfat når flere års data legges til grunn for beregningene, med unntak av Jergul hvor sulfat synes å akkumuleres i feltet.

4 emneord, norske:
1. Statlig program
2. Rutineundersøkelse
3. Feltforskningsområder
4. Vannkjemi
Overvåkingsrapport 106/83

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Acid precipitation
3. Water chemistry
4. Field Research Areas

Prosjektleder:


Merete Johannessen

Divisjonssjef:


Egil Gjessing

ISBN 82-577-0836-4

For administrasjonen:


Lars N. Overreim



Statlig program for forurensningsovervåking

82002

ÅRSTIDSVARIASJONER OG MATERIALTRANSPORT I DE FEM
FELTFORSKNINGSOMRÅDENE, BIRKENES, STORGAMA, LANGTJERN, KÅRVATN OG JERGUL

Oslo, august 1984
Saksbehandler: Merete Johannessen
For administrasjonen: dir. Lars Overrein

F O R O R D

Det eksisterer fra 8 til 3 års data fra de fem feltforskningsområdene som inngår i det statlige program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør som administreres av Statens Forurensningstilsyn. Nye resultater fra overvåkingsfeltene utgis av Statens forurensningstilsyn i årlige rapporter. Den foreliggende rapport gir en utdypende analyse av det foreliggende materialet som spenner over år med forskjellige hydrologiske og metrologiske forhold. De voksende dataseriene vil også senere kunne videre bearbeides og utnyttes i en videre sammenheng.

I den foreliggende rapport er det eksisterende materialet bearbeidet med henblikk på å karakterisere feltene i forhold til hverandre og for å danne en basis som nye års data kan sammenlignes med. Rapporten legger vekt på generelle årstidsvariasjoner, frekvensfordelingen av pH i avrenningsvannet og materialtransport.

I N N H O L D

Side

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

1. INNLEDNING
2. ARSTIDSVARIASJONER
3. FREKVENSFORDELING AV SURE EPISODER
 - 3.1 pH i feltforskningsområdene
 - 3.2 Prognoser for frekvensfordeling av pH ved endret belastning
4. MATERIALTRANSPORT, TILFØRSLER OG AVRENNING AV SULFAT
5. LITTERATUR

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

En beskrivelse av variasjonene i vannkvalitet igjennom året for hvert enkelt feltforskningsområde viser at de største vannkjemiske endringer er knyttet til vårflomperioden. For de tre sydligste feltene, Birkenes, Storgama og Langtjern, fås det samme variasjonsmønster i vannkvalitet gjennom året selv om konsentrasjonsnivåene varierer fra felt til felt.

Birkenesfeltet utmerker seg ved hyppige skiftninger i vannkvaliteten vinterstid (p.g.a. smelteperioder og lite permanent snedekke) og høye aluminiumskonsentrasjoner. Storgama er det sureste og mest forsuringfølsomme feltet, hvor snøsmeltingen hvert år gir svært sur avrenning. I Langtjernfeltet følges vannkvaliteten inn og ut av en humuspreget innsjø. Kårvatn utgjør et referanseområde med hensyn til sur nedbør tilførsler, og her virker sjøsalter og forvitningskomponenter dominerende på vannkvaliteten. Vårsmeltingen fører til en separasjon av sjøsaltkomponentene. Også for det lite forsuringfølsomme Jergulfeltet gir vårperioden en markert reduksjon i avrenningsvannets evne til å nøytralisere sure komponenter.

For de enkelte feltforskningsområdene kan kjemiske modellbetraktninger anvendt på årlige veide middelkonsentrasjoner angi i hvilken grad vannkvaliteten vil bedre seg ved redusert belastning. Frekvensen av sure episoder vil imidlertid være vesentlig ved en vurdering av hvilken vannkvalitet en fiskebestand vil kunne utsettes for. Slike modellbetraktninger anvendt på Storgama viste at en kan forvente "sure" perioder ($\text{pH} < 5.0$) i løpet av året selv med 75% reduksjon i tilførslene av sure komponenter, selv om en 50% reduksjon er nok til å gi en gjennomsnittlig god vannkvalitet.

Materialtransportberegninger viser at H^+ nøytraliseres, NO_3 og NH_4 taes opp og at Ca, Mg og tildels HCO_3^- vaskes ut av feltene. En nærmere analyse av hvor meget som til enhver tid omsettes i feltene må omfatte korreksjoner av nedbørtilførslene slik de måles med nedbørsamlere. Disse beregninger, som innebærer en vurdering av nedbørsamlernes manglende oppfangingssevne og tørravsetningenes betydning, gir resultater med betydelig usikkerhetsmargin. For sulfat fås en rimelig balanse mellom tilførsler og avrenning fra alle feltene med unntak av Jergul hvor sulfat synes å akkumuleres i feltet. Her er imidlertid de totale årlige tilførsler små.

Detaljerte vurderinger over forskjeller i balansen mellom tilførsler og avrenning hvert enkelt år blir imidlertid svært vanskelig ut fra den usikkerhet som er knyttet til tilførselsberegningene. Videre gir driftstansen ved de fleste felt i 79-80 også en uheldig diskontinuitet i vurderingen over vekslende årlige forhold. Flere års dataserier kan benyttes til vurdering av feltets egenart, men er mindre egnet til å spore en utvikling i vannkvalitet fra år til år.

1. INNLEDNING

Fra fem feltforskningsområder foreligger i dag fra tre til åtte års data over vann- og nedbørkjemiske forhold. Undersøkelsene i 1980 og 1981 er utført som en del av det statlige program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, og er beskrevet i årlige rapporter fra Statens forurensningstilsyn (SFT 26/81 og SFT 64/82). Frem til 1979 ble de samme stasjoner drevet som et ledd i forskningsprosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF-prosjektet) og rapporter fra de enkelte områder foreligger (summert i SNSF, FR 6/76). Med unntak av undersøkelsene i Langtjern-området var det i 1979 stans i prøvetagingen i feltforskningsområdene. Videre ble de vannkjemiske undersøkelsene på Jergul avsluttet pr. 1/9.82, etter en nærmere vurdering av vannkvaliteten i Finnmark (SFT/82). Birkenes, Storgama, Langtjern og Kårvatn er fortsatt i drift pr. juli 1983.

I denne rapporten er materialet fra alle årene knyttet sammen slik at likhetspunkter og forskjeller mellom vannkvaliteten i de enkelte områder kommer fram. Den videre analysen av materialet er konsentrert om frekvensfordeling av sure episoder. Disse frekvensfordelingene er også illustrert i modellberegningen som prognoserer vannkvaliteten ved reduserte tilførsler av sur nedbør.

Det stadig voksende datamaterialet danner grunnlag for videre behandling ut over den rutinemessige årlige rapportering av nye data. I denne rapporten er noen innfallsvinkler benyttet, mens det stadig voksende materialet etterhvert vil kunne danne basis for ytterligere behandling som f.eks. tidsserieanalyser.

2. ÅRSTIDSVARIASJONER

Karakteristiske data for feltforskningsområdene er gitt i tabell 1. Av figur 1 fremgår at Birkenes, Storgama og Langtjern ligger i områder som mottar forurenset nedbør. På Jergul er også nedbøren relativt sur, men de årlige nedbørmengder er gjennomgående små, slik at de årlige tilførslene av sure komponenter blir beskjedne. På Kårvatn er hovedkomponentene i nedbøren sjøsalter, mens konsentrasjonene av sure komponenter er svært lave og svarer til hva man finner i områder som ikke mottar forurenset nedbør, også omtalt som det "nordatlantiske bakgrunnsnivå". En nærmere beskrivelse av feltene er gitt i overvåkingsrapporten for forurenset nedbør i 1980 (SFT 26/81)

I årsrapportene fra feltforskningsområdene pekes det på at vannkvaliteten varierer igjennom året etter et mønster som i hovedtrekkene går igjen hvert år. Dette mønster kommer tydelig frem på figurene 2-8 hvor det for hvert felt er beregnet middelveiden for alle 14-dagers perioder i gjennom året ut fra eksisterende analyseresultater frem til 1.1.82. På kurvene er også et standardavvik avmerket. Når spredningen i analyseverdiene er størst om våren, skyldes dette at vårsmeltingen inntreffer på noe forskjellig tidspunkt de enkelte år. Likeså er spredningen i analyseresultatene relativt stor om høsten, i det høstregnet har noe forskjellig intensitet fra år til år.

Middelveidi-kurvene (figur 2-8) viser derfor dempede svingninger i konsentrasjonene av de enkelte kjemiske komponenter igjennom året i forhold til resultatene fra et enkelt år sett isolert. Imidlertid gir disse kurvene et tydelig mønster for de årvisse endringer i vannkvalitet som er typiske for hvert enkelt felt. Middelskonsentrasjonene for samme periode over flere år angir således rimelig vannkvalitet til enhver tid, og kan benyttes i vurderingen av nye års data som kan være spesielle eller normale for årstiden.

Tabell 1. Karakteristiske data fra feltforskningsområdene.

Stasjon	Birkenes	Storgama	Langtjern (innsjø) (Bekk) (Bekk)			Kårvatn	Jergul
EDB-betegnelse	BIE01	STE01	LAE01	LAE02	LAE03	KAE01	JEE01
Høyde over havet, m	200	575	520	520	520	200	300
Areal, km ²	0,41	0,60	4,56	1,81	0,75	25	46,5
Innsjøareal	-	0,05	0,23	-	-	-	-
Årlig avrenning, mm	1075	950	576			1800	350
Teoretisk oppholdstid	-	-	2½ mnd	-	-	-	-
Dataperiode	720720- 781020. 800506-	740717- 790330. 800105-	730404- 740509-730509- 830101			780208- 790624. 800104-	761031- 790416. 800107- 820109.
%-vis fordeling av nedbørfeltet							
Bart fjell, heitynt jorddekke	3	59	74	-	-	76	90
Myr	7	22	16	-	-	2	6
Skog	90	11	5	-	-	18	-
Vann	-	8	5	-	-	4	4

Birkenes

Dette feltet skiller seg klimatisk fra de øvrige felt ved at snølaget vinterstid er lite stabilt og hyppige smelteepisoder igjennom vinteren er det vanlige. Kun i enkelte år viser Birkenesfeltet en vårflom på linje med de øvrige felt. Dette fører til at midlere pH i avrenningen på Birkenes er

gjennomgående lav hele vinteren (figur 2) mens de øvrige felt viser lavest pH under snøsmeltingen om våren.

Ved lav vannføring sommerstid viser Birkenesbekken høy pH. Enkelte år er pH over 5,2 og det er rimelig å anta at bikarbonat er tilstede i lave konsentrasjoner, men alkaliteten er ikke bestemt.

Avrenningene viser høyt innhold av aluminium om vinteren når pH er lav. Det er imidlertid ingen entydig sammenheng mellom pH og aluminium i det også høstperioden gir høye aluminiumkonsentrasjoner uten at pH er tilsvarende lav.

Christophersen og Wright (1981) har vist, ut fra transportberegninger, at sulfat (SO_4) akkumuleres i nedbørfeltet om sommeren og vaskes ut om høsten. Dette gjenspeiles også i resultatene på figur 2 hvor sulfatkonsentrasjonene er spesielt høye om høsten.

Av alle feltforskningsområdene viser Birkenes de høyeste konsentrasjoner av sjøsalter i avrenningen. Konsentrasjonene av klorid (Cl) og natrium (Na) varierer i takt gjennom året. Imidlertid kan bidraget av ikke-marin natrium (Na^*) beregnes som differansen mellom observerte natriumkonsentrasjoner og beregnet sjøvannsbetinget natriumkonsentrasjon. Den sjøvannsbetingede delen er gitt ved kloridinnholdet i samme prøve og forholdet mellom klor og natrium i sjøvann. Bidraget av Na^* utgjør en liten andel (<10%) av den totale natrium-konsentrasjon i avrenningen på Birkenes, og skyldes mest sannsynlig geologiske betingede kilder i Birkenesfeltet.

Imidlertid er Na^* -konsentrasjonene lavest i perioden med høy vannføring om høsten og høyest om våren og sommeren. Konsentrasjonsvariasjonene for Na^* følger således ikke direkte variasjonene for de geologisk betingede komponentene Ca^* og Mg^* , hvilket kan innebære at en også har en fraksjonering av Na i feltet.

I Birkenes er nitratinnholdet i vann gjennomgående svært lavt og nær nedre bestemmelsesgrense for analysemetoden (10 $\mu\text{g N/l}$)

Kalsium (Ca) og magnesium (Mg)-konsentrasjonene i vann skyldes geologiske kilder i feltet og sjøsalter fra nedbøren. Liksom for natrium kan sjøsalt-

bidraget beregnes ut fra klorid. Når 8 års data behandles på denne måten viser det seg at konsentrasjonene av kalsium og magnesium korrigert for sjøsaltbidrag ($\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$) varierer relativt lite (fra 80 til 155 $\mu\text{eq/l}$) gjennom året i forhold til i de andre feltforskningsområder. Dette innebærer at man i Birkenes har en relativt god kontakt mellom nedbør og nedbørfelt.

Storgama

Storgamafeltet er preget av sparsomt overdekke og langt mindre vegetasjon og jordsmonn enn Birkenes. pH i avrenningen på Storgama er gjennomgående lavere enn på Birkenes mesteparten av året, til tross for at tilførslene av sure komponenter som H^+ og SO_4 ikke utgjør mer enn henholdsvis 50 og 60% av tilførslene på Birkenes.

Storgamafeltet har således betydelig dårligere evne til å nøytralisere sure tilførsler enn Birkenes, og dette avspeiles også i lavere konsentrasjoner av berggrumskomponenter som Ca^* og Mg^* (figur 2 og 3).

Snøsmeltingen om våren gir rask endring av vannkvaliteten i avrenningen fra Storgama. Det tidligere beskrevne mønster for den innbyrdes variasjon mellom de enkelte komponenter i vann under snøsmelting (Johannessen et al. 1980) går igjen med avdempede svingninger når middelveidene for 7-års data beregnes (figur 3). Dette mønster innebærer at pH og kalsiumkonsentrasjonene stiger gjennom vintermånedene, mens sulfat avtar noe. Ved den første snøsmelting øker kalsium og magnesium for en kort periode ("piston flow") antagelig fordi gammelt vann som har vært i kontakt med jordsmonnet presses ut. Kalsiumkonsentrasjonene avspeiler så en rask fortykning. Sulfatkonsentrasjonen øker også når kalsiuminnholdet øker, men ettersom sulfat også tilføres feltet anriket i det første smeltevannet fra snølaget, begynner konsentrasjonene av sulfat å avta senere enn konsentrasjonen av kalsium. Etter at snøsmeltingen er over, stiger kalsium og sulfat konsentrasjonene sakte frem mot neste års snøsmelting.

På Storgama blir ikke nitrat tatt opp av vegetasjonen i samme grad som på Birkenes (og også de øvrige feltforskningsområder). Hele vintersesongen og spesielt under vårsmeltingen transporteres nitrat ut av feltet med konsentrasjoner på opptil 30 $\mu\text{ekv/l}$. Konsentrasjoner av sjøsalter er lavere

på Storgama enn i Birkenes ettersom feltet ligger lenger inne i landet. Imidlertid fås et bidrag av ikke marin natrium (Na^*) på opptil 20 $\mu\text{eq/l}$. Likesom på Birkenes er bidraget størst om våren og minst under høstregnet.

På Storgama er også perioder med høye aluminiumskonsentrasjoner knyttet til lave pH-verdier. Imidlertid er konsentrasjonsnivået for aluminium på Storgama omlag det halve av hva Birkenes viser. Aluminiuminnholdet må derfor i tillegg til pH være bestemt av feltets egenart. Det er nærliggende å tro at Birkenes med gjennomgående mer humus i vannet viser mer organisk bundet aluminium enn Storgama.

Langtjern

Langtjernfeltet omfatter tre vannkjemiske stasjoner. De to tilløpsbekkene Stillingsdalsbekk (LAE03) og hovedtilløpet i sydenden (LAE02) viser større konsentrasjonssvingninger for de fleste kjemiske komponenter i gjennom året enn hva utløpet av selve Langtjern viser (LAE01) (figur 4,5 og 6).

Tilløpsbekken (LAE03) viser stabil lav pH gjennom året. Sammenlignet med forholdene i Storgama betyr det at disse to stasjonene gir relativt lik pH gjennom året. Bekken på Langtjern har imidlertid høyere innhold av Ca^* + Mg^* enn Storgama, og mest sannsynlig også mer organisk stoff.

Aluminium kan også være knyttet til det relativt høye organiske innhold, ettersom bekken (LAE03) gir noe høyere aluminiumkonsentrasjoner enn Storgama.

Den andre tilløpsbekken, Stillingsdalsbekk, (LAE02) viser større pH variasjoner gjennom året hvilket betyr at den i lange perioder er mindre sur enn hovedtilløpet i sydenden. I de samme perioder viser Stillingsdalsbekk høyere konsentrasjoner av Ca^* + Mg^* . Dette innebærer at grunnvannstilsig betyr mer for Stillingsdalsbekkens vannkvalitet enn for hovedtilløpet i syd.

Utløpet av Langtjern viser mer stabil vannkvalitet gjennom året enn tilløpsbekkene, men selv her fås en tydelig effekt av vårsmeltingen (Wright 1982).

Konsentrasjonen av sjøsalter, Na og Cl er lav for hele Langtjernområdet ettersom feltet ligger betydelig lenger fra kysten enn Birkenes og Storgama.

Kårvatn

Kårvatn mottar betydelig mindre sur nedbør enn de tre forsøksfeltene i Sør Norge gjør. De årlige nedbørmengder er imidlertid store slik at konsentrasjonene av forvitningsprodukter som Ca^* og Mg^* blir relativt lave. Likevel gir dette en betydelig alkalitet og pH mellom 5,8 og 6,5 gjennom året. Ut fra alkaliteten og pH er konsentrasjonen av bikarbonat (HCO_3^-) beregnet (figur 5).

Om sommeren er konsentrasjonen av bikarbonat (HCO_3^-) lik konsentrasjonen av $\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$ på ekvivalent basis, hvilket er rimelig da begge komponenter genereres ved forvitring. Under vårsmeltingen tilføres ionefattig smeltevann fra snø og konsentrasjonen av forvitningskomponentene synker. Forholdet mellom ($\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$) og HCO_3^- i denne perioden viser at HCO_3^- blir forbrukt, antagelig ved at sure komponenter som anrikes i det første smeltevannet fra snødekket, nøytraliseres.

Sjøsaltene i snødekket blir også vasket ut med det første smeltevannet om våren og svært høye konsentrasjoner av Cl og Na observeres i denne perioden, med en påfølgende fortykning senere under snøsmeltingen. Na holdes tilbake i feltet i forhold til klorid (SFT 64/82). Mot slutten av vårflommen bidrar Ca^* , Mg^* og også Na^* lite til ionestyrken og viser at direkte overflateavrenning fra snødekket dominerer vannkvaliteten i nedbørfeltet.

Jergul

På Jergul er nedbørmengdene små, og vannkvaliteten domineres av høye konsentrasjoner av Ca^* , Mg^* og HCO_3^- samt tilsvarende høy pH. Vårsmelteperioden gir imidlertid drastiske forandringer ved at ionefattig smeltevann tilføres fra snølaget. Liksom på Kårvatn reduseres bikarbonatinnholdet i avrenningen mer enn konsentrasjonen av $\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$ under vårsmeltingen. Maksimalt kan 40 $\mu\text{ekv/l}$ ha gått til nøytralisering av sure komponenter i en kortere periode (Johannessen et al. 1980, SFT 26/81). Jergul feltet skiller seg fra de øvrige overvåkingsfelt ved høyt natrium innhold. Det

vil si at natrium av geologisk opprinnelse dominerer over sjøsaltilførslene. Konsentrasjonen av Na^* følger da også samme årstidsvariasjoner som Ca^* og Mg^* .

Kaliumkonsentrasjonene i avrenningen er også gjennomgående høyere på Jergul enn i de øvrige felt. Imidlertid synes NO_3 å bli tatt effektivt opp i systemet.

De vannkjemiske forhold i feltet er relativt kompliserte i det deler av feltet har tildels forskjellig vannkvalitet. (SFT 72/83). En vurdering av vannkvaliteten på Jergul i forhold til andre områder av Finnmark, viste at vannkvaliteten var lite representativ for området. Feltet syntes derfor lite som følsomt for endringer i nedbørtilførslene og vannprøvetagingen ble avsluttet i 1982.

3. FREKVENSFORDELING AV SURE EPISODER

3.1. pH i feltforskningsområdene

Feltforskningsområdene utgjør små nedbørfelt, og de årlige svingninger i pH gir årlige middelveidier med et betydelig standardavvik. Varigheten av perioder med lav pH har betydning for det biologiske system. Ettersom prøvetagingsfrekvensen er en gang pr. uke, vil en frekvensfordeling av måleresultatene tilsvare en prosentvis fordeling av antall dager med en gitt vannkvalitet. På figur 9 er frekvensfordelingen av pH gitt som middelet av de årlige frekvensfordelingene for hver stasjon. Fra en slik fordeling fremgår f.eks. at pH er under 4,7 30% av året på Langtjern, 50% av tiden på Birkenes og 75% av tiden på Storgama.

En sammenligning av Birkenes og Storgama viser at stasjonene har perioder med like sur avrenning. Mesteparten av tiden har imidlertid Birkenes høyere pH enn Storgama. Ettersom veide middel-pH verdier er relativt like (h.h.v. pH 4.51 og 4.42) for de to stasjoner, innebærer dette at periodene med lav pH på Birkenes er knyttet til perioder med høy vannføring.

På Kårvatn og Jergul blir pH bestemt av bikarbonatsystemet. Denne bufferen gjør at pH svingningene blir relativt små gjennom året. Kårvatn har lavere konsentrasjon av bikarbonat (alkalitet) enn Jergul og følgelig lavere pH. Ved pH 5,5 er konsentrasjonen av HCO_3^- svært lav men bufferevnen er likevel ikke brukt opp. For Kårvatn ligger pH under 6,0 i 25% av tiden. På Jergul er pH gjennomgående høyere.

3.2. Prognoser for frekvensfordeling av pH ved endret belastning

Prognosemodeller som er utviklet ved NIVA, kan ut fra gitte forutsetninger benyttes til å anslå hvilken pH man ville ha hatt i de innsamlede prøvene om belastningen hadde vært en annen enn den vi har hatt de senere år.

I de videre beregninger er følgende forutsetninger benyttet:

1. Kalsium pluss magnesium, korrigert for sjøsalter ($\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$) avspeiler forvitringen og har øket med en faktor 0,2 som følge av sure tilførsler. Det vil si "opprinnelig" ($\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$ konsentrasjon) tilsvarer 80% av observerte nivåer i dag.
2. Til denne "opprinnelige" ($\text{Ca}^* + \text{Mg}^*$) svarer en gitt mengde alkalitet bestemt ved en empirisk ligning ($\text{Alk} = 0,93 (\text{Ca}^* + \text{Mg}^*) - 14$, gitt i $\mu\text{ekv/l}$) (Henriksen and Wright 1983).
3. pH i "opprinnelig" tilstand er gitt empirisk ut fra disse beregnede opprinnelige alkalitetsverdier ($\text{pH} = 4,57 + 0,77 \log (\text{Alk})$ ved $\text{Alk} > 0$ og $\text{pH} = - \log (- \text{Alk})$ hvis $\text{Alk} < 0$; Alk gitt i $\mu\text{ekv/l}$. For Alk lik 0 se teksten).
4. I tillegg til sulfatbidraget fra sjøsalter inngår også 20 $\mu\text{ekv SO}_4/\text{l}$ som nordatlantisk bakgrunnsnivå, som en andel av den ikke forurensningsbetingede sulfat.

Gjennom slike prognosemodeller basert på empiriske ligninger kan man beregne seg frem til hvilken pH frekvensfordeling man ville ha hatt uten sur nedbør eller med en gitt reduksjon i dagens tilførsler. Modellen som er benyttet tar ikke hensyn til at konsentrasjonen av aluminium kan ha øket ved tilførsel av sure komponenter og trekker heller ikke inn betydningen av organisk stoff som buffer i vannet.

På Storgama er konsentrasjonene av aluminium og humuskomponenter relativt lave og denne stasjonen er derfor valgt som eksempel på hvorledes prognosemodellen kan brukes. På figur 10 er den observerte frekvensfordeling supplert med beregninger for 25, 50 og 75% reduksjon i avrenningsvannets sulfat-konsentrasjoner.

I beregningene estimeres først alkaliteten ved reduserte tilførsler og deretter den tilhørende pH. Ved alkalitet beregnet til $0 \pm 0,1$ er pH satt lik 5,3. I enkelte av de beregnede fordelinger fås således en overhyppighet av verdien 5,3 mens verdiene mer sannsynlig skulle vært spredd over et snevert pH område omkring pH 5,3. Frekvensfordelingskurven får derfor et unaturlig "hopp" ved pH 5,3, men fordelingen for lavere og høyere pH verdier blir lite berørt av dette.

Av figuren fremgår det at en reduksjon i tilførslene må være nærmere 50% av dagens sulfattilførsler på Storgama før vannkvaliteten gjennomgående når det nivå som Langtjern viser i dag. Figuren viser at med 50% reduksjon i sulfatinholdet vil midlere (ikke veiet) pH bli omlag 5,3. Imidlertid viser prognosemodellen anvendt på den midlere årlige pH frekvensfordeling, at ved en slik reduksjon vil pH likevel være under 5,0 i 20% av tiden. Selv med 75% reduksjon i sulfatinholdet vil Storgamafeltet i perioder ha en pH under 5,0.

For et nedbørfelt som Storgama, hvor konsentrasjonen av bufferende forvit-ringskomponenter uttrykt ved $(Ca^* + Mg^*)$ er liten og årstidsvariasjonene i vannkvalitet er store, behøves en betydelig reduksjon i tilførslene for å nå et vannkvalitetsnivå hvor fisk vil kunne trives.

4. MATERIALTRANSPORT. TILFØRSLER OG AVRENNING AV SULFAT

Materialtransport er forholdet mellom tilførsler og avrenning av kjemiske komponenter i et nedbørfelt, og for feltforskningsområdene er slike beregninger gjengitt i de årlige overvåkingsrapportene (SFT 26/81 og SFT 64/82). I tillegg er data fra Birkenes i SNSF-perioden (frem til 1979) behandlet av Wright og Johannessen 1980 og Christophersen og Wright 1981; Langtjern av Wright 1982 og Kårvatn av Skartveit et al. 1980. Data over årlige materialtransportverdier er samlet i vedlegg 1.

For å kunne vurdere forholdet mellom totale tilførsler og avrenning av de enkelte kjemiske komponenter må man forutsette en rimelig hydrologisk balanse mellom nedbørmengder og avrenning. Feltene er utstyrt med limnigraf for kontinuerlig registrering av vannstand, og med unntak av Kårvatn har feltene betongdammer med 90° V-overløp. Kårvatn har naturlig profil og er kalibrert direkte. Vannføring måles således svært nøyaktig.

Måling av nedbørtilførsler er derimot beheftet med større usikkerhet. Nedbørsamlere viser ofte for lav oppfangingssevne i forhold til den gjennomsnittlige nedbørtilførsel i feltet. Dette er spesielt utpreget om vinteren når nedbøren kommer som snø.

For alle felt viser tabell 2 målte midlere årlige verdier, for nedbør og avrenningsmengder. Fordampningen er anslått etter Forsman (1976). En midlere korreksjonsfaktor for de enkelte nedbørstasjoner kan da beregnes (gagefaktor). På Kårvatn og Langtjern viser nedbørsamleren betydelig mindre nedbør enn hva feltet utsettes for. Også for Storgama er tilførslene lavere enn rimelig, mens Birkenes og Jergul har rimelig balanse mellom målt nedbør og avrenning. For å gi en rimelig hydrologisk balanse er nedbørvolumene justert med en "gage faktor", som er gitt for de enkelte felt i tabell 2A.

Tabell 2A. Målt midlere årlig nedbørmengde og avrenning. Antatt fordampning etter Forsman (1976).

	Målt nedbør mm	Målt avrenning mm	Antall årssykluser i beregningene	Antatt fordampn. mm	Gage faktor
Birkenes	1349	1023	7	300	1,0
Storgama	901	856	6	250	1,2
Langtjern	681	554	8	300	1,3
Kårvatn	1223	1695	4	200	1,5
Jergul	348	225	3	150	1,0

Den midlere årlige transport av ioner i feltforskningsområdene er gitt i tabell 2B, og her er også tilførslene justert med tilhørende "gage-faktor" for å gi rimelig hydrologisk balanse. For alle felt med unntak av Jergul viser det seg at den totale tilførsel av ioner på ekvivalentbasis tilsvarer omlag den årlige avrenning av ioner. Videre er den totale ionetransport på Birkenes omlag det dobbelte av transporten i feltene Storgama, Langtjern og Kårvatn. Det er imidlertid et klart skifte i ionesammensetningen fra nedbør til avrenning. NO_3 og NH_4 fra nedbøren holdes tilbake i feltene, H^+ nøytraliseres og Ca, Mg og tildels HCO_3 vaskes ut av feltet.

Imidlertid bidrar også tørravsetninger til tilførsler av ioner til nedbørfeltene. Disse tørravsetningene består både av sjøsalter såvel som SO_2 -gass og SO_4 partikler fra antropogene kilder. Målte og beregnede nedbørtilførsler i tabell 2 må således ytterligere justeres for å gi de totale tilførslene til feltene. To beregningsmåter er benyttet i det følgende:

Tabell 2B: Årlig midlere målt nedbør (inn) og avrenning (ut) i feltene, i kekv/km². Beregnet nedbør (Innber.) i henhold til tabell 2A.

	Birkenes		Storgama			Langtjern			Kårvatn			Jergul	
	74-78+81		75-78+80-81			1974 -81			78,79,80,81			78,80,81	
	Inn	Ut	Inn	Innber.	Ut	Inn	Innber	Ut	Inn	Innber	Ut	Inn	Ut
Vann	1395	1090	901	1081	856	681	885	554	1223	1835	1695	348	225
H ⁺	82	32	50	60	38	37	48	11	18	27	2	11	0
Na	68	121	12	15	27	5	6	14	64	96	82	3	12
K	50	7	1	1	5	6	8	3	-	-	6	-	5
Ca	13	66	6	7	33	4	6	33	8	12	35	2	28
Mg	17	41	4	4	13	4	6	10	15	23	22	1	14
Al	-	69	-	-	16	-	-	14	-	-	6	-	-
NH ₄	52	-	26	31	-	19	24	-	8	12	-	3	-
SO ₄	101	165	51	61	69	39	51	45	23	34	28	8	9
Cl	71	132	15	18	25	7	8	10	74	111	92	2	7
NO ₃	52	7	26	31	10	19	25	21	7	10	2	3	0
HCO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	35
Σ kationer	237	267	99	119	116	75	98	85	113	170	153	20	68
Σ anioner	224	304	92	110	104	65	85	57	104	155	157	13	53

1. Kloridmetoden: tilførslene av alle komponenter justeres med en faktor slik at tilførsler og avrenning av klorid balanseres
2. Direkte metode: Summerer "våt" nedbør fra nedbørmålinger, eventuelt med nedbørmengder justert etter det hydrologiske budsjett, og "tørr"avsetninger fra måling av gasskonsentrasjoner i luft og teoretiske tørravsetningshastigheter.

Kloridmetoden forutsetter at klorid er et konservativt element som verken vaskes ut eller anrikes i nedbørfeltet. Videre forutsetter metoden at forholdet mellom klor og de øvrige kjemiske komponenter er det samme i tørravsetninger og våt nedbør. Denne antagelse blir noe usikker dersom tørravsetningene er betydelige. Den direkte metode kan da benyttes. Tørravsetningen av svovel kan estimeres utfra målte konsentrasjoner av SO₂ gass og SO₄-partikler i luft og et estimat for tørravsetningshastigheten i feltet. Likevel blir usikkerheten i tørravsetningsberegningene ⁺ 50% etter som de eksisterende tørravsetningskoeffisienter er usikre.

Tabell 3. Beregnet balanse mellom tilførsler og avrenning i Birkenes etter forskjellige metoder (se teksten). For perioden før september 1977 er midlere SO_2 og SO_4 -konsentrasjoner for påfølgende perioder benyttet.

Metode	Periode	Våt avsetning		Tørr avsetning		Inn kekv/km ²	Ut kekv/km ²	Referanse
		målt	justert	SO ₂	SO ₄			
Klor-korr.	1.7.72-1.7.78	100	103			169	164	Wright og Johannessen 1981
Direkte	1.7.72-1.7.78	100	103		39 b)	142	164	Wright og Johannessen 1981
Direkte b)	1.7.72-1.7.78	99	103 d)	30 b)	9 b)	142	164	Christophersen og Wright 1981
Klor	1.1.73-1.1.79	98				185	158	SFT 26/81
Direkte c)	1.1.81-31.12.82	86		11 c)	14 c)	111	139	Etter SFT 64/82
Klor-korr	1.1.81-31.12.82	86				142	139	SFT 64/82
Klor-korr.	(1.1.73-1.1.79+ 1.1.81-1.1.82)	96				178	155	SFT 64/82
Direkte	"	96		15 e)	18 e)	129	155	Etter SFT 64/82

- a) justert etter det hydrologiske budsjett
 b) tørravsetningshastighet: SO_2 -gass; 0,8 cm/s og SO_4 -aerosoler; 0,2 cm/s
 c) tørravsetningshastighet: SO_2 og SO_4 i luft; 0,7 cm/s
 d) nedbørmengder justert med faktoren 1,05 sommertid
 e) midlere SO_4 i hele perioden; 1,1 g S/m³; midlere SO_2 i luft 78-81; 1,3 g S/m³
 og tørravsetningshastighet som c.

For feltforskningsområdene foreligger pålitelige målinger av SO_2 gass fra og med 1979 for Birkenes, Jergul og Kårvatn, og for Langtjern foreligger ett års data. Det er således bare mulig å beregne tørravsetningene for de senere år. Verdier for foregående år må eventuelt ekstrapoleres fra perioden med observasjoner.

I det følgende er materialtransport budsjettene for de enkelte nedbørfelt vurdert, med spesiell vekt på sulfatbudsjettet.

Birkenes

Tabell 2B gir midlere årlig tilførsel og avrenning. Det er en rimelig balanse mellom tilførte nedbørmengder, fordampning og avrenning og således ingen grunn til å justere de målte nedbørmengder. Imidlertid er klortransporten ut av feltet dobbelt så stor som de målte tilførsler, og

dette viser at tørravsetningen er en viktig kilde for klortilførslene til feltet.

Christophersen og Wright 1981 har i sin behandling av sulfatbudsjettet for årene 1972-1978 på Birkenes kommet til at det synes å være nær balanse mellom tilførsler og avrenning. Balansen er basert på en lengre dataserier over flere år. I gjennom året observeres en akkumulering av sulfat i feltet om våren og en utvasking om høsten. I oktober 1976 gav en høstflom i løpet av 2 uker halvparten av årets sulfattransport ut av feltet. Sulfatbudsjettet for denne ene måned påvirker hele 6-års budsjettet betydelig (vedlegg). En videre vurdering av om slike perioder er hyppig forekommende eller ikke, vil måtte bero til lengre sammenhengende dataserier er tilgjengelige. Stansen i prøvetaging i 1979-1980 gir et uheldig avbrekk i så måte.

Av tabell 3 fremgår det at klor-korrigerte tilførsler gir en større svovelbelastning enn direkte målinger av nedbør, SO_2 gass og SO_4 partikler tilsier. Imidlertid ligger resultatene fra begge beregningsformer så vidt nær hverandre i forhold til usikkerhetsfaktorene knyttet til avsetningsberegningen at man må anta en tilnærmet balanse mellom tilførsler og avrenning av sulfat for Birkenes. Dette stemmer også overens med Christophersen og Wrights analyse av en senere dataserie.

Storgama

Storgama er et vindutsatt felt med lite vegetasjon, og dette gjør representative nedbørmålinger vanskelige. Forskjellig instrumentering er testet og en sammenligning fra 1974/1975 av ukestotalisator i feltet, vektpulviograf i feltet og nedbørstasjoner i Treungen (Johannessen og Joranger, 1978) viste at Treungen gav like rimelige resultater som de øvrige alternativer, men med ca. 10% for lav oppsamlingsevne vintertid. Nedbør i Treungen, snøprøvetaking og snøprøveregistreringer i feltet og vannføringsmålinger i 1978 bekreftet også dette. (Johansen 1979).

I 1981 var de målte nedbørmengder svært små og lavere enn målt avrenning. Dette årets målinger har ført til at "gage" faktoren blir 1,2 for alle års-syklusene sett under ett mens faktoren 1,1 er benyttet i tidligere år (tabell 4).

Christophersen et al. (1982) har beregnet tørravsetningen på Storgama ut fra en kort periode med SO₂ og SO₄ målinger i luft i Treungen. De har tatt hensyn til at tørravsetningshastigheten vinterstid i et slike sparsomt bevokst område er lavere enn om sommeren. Selv om overslaget blir relativt usikkert, så viser det at tørravsetninger betyr relativt lite (mindre enn 20%) for tilførsler av sulfat til Storgamafeltet.

De forskjellige beregninger som er gjengitt i tabell 4 og beregningene for alle år med observasjoner tyder på en nær balanse mellom tilførsler og avrenning av sulfat i feltet.

I vedlegget, tabell 2, vises variasjonene fra år til år av målte tilførsler og avrenning for sulfat. Den direkte metode kan vanskelig brukes da en kun har luft-målingen over en kort periode. De årlige tilførsler kan korrigeres etter klor-metoden. Anvendt på hvert enkelt år tas imidlertid korreksjonsfaktorer fra 1.2 til 2.2. Dette gir videre store variasjoner i forholdet mellom tilførsler og avrenning de enkelte år. Metoden synes derfor best egnet for dataserier over flere år.

Tabell 4. Sulfatbudsjett for Storgama området.

Metode	Periode	"Våt"avsetning		Tørr avsetning	Inn kekv/ km ²	Ut kekv/ km ²	Referanse
		Målt	Korrigert a)				
Klor	1.1.75-1.1.79	53			80	67	SFT 26/81
Klor	1.1.75-1.1.79	53	58		77	67	"
Direkte	1.1.75-1.1.79	53	58	8	66	67	Christophersen et al., 1982
Klor	1.1.80-1.1.81	43	47		71	66	SFT 64/82
Direkte	1.1.80-1.1.81	43	47	8	55	66	SFT 26/81
Klor	1.1.81-1.1.82	51	56		102	77	SFT 64/82
Direkte	1.1.81-1.1.82	51	56	8	64	77	
Klor	1.1.75-1.1.79	51			87	69	
Direkte	1.1.80-1.1.82 "	51	61 c)	8	69	69	

- a) Nedbør volum øket 10% i henhold til sannsynlig fordampning.
- b) Estimert av Christphersen et al., 1982 ut fra målinger sept. 77 - april 79 og avsetningskoeffisienter som variere med årstidene.
- c) Nedbørvolum øket med 20% (gagefaktor 1,2) i henhold til det hydrologiske budsjett for hele perioden.

Langtjern

For Langtjern viser nedbørsamleren ved Krøderen definitivt lavere nedbørmengder enn hva som er representativt for feltet, og korreksjonsfaktoren 1,3 er benyttet.

Transport av sulfat på Langtjern for årene 1974-1980 er vurdert av Wright, 1983. Han konkluderer med at det skogkledde nedbørfeltet holder tilbake 20% av tilførslene av sulfat. For innsjøen selv er det balanse i forholdene mellom tilførsler og avrenning for sulfat. Dette gjør at tilførslene av sulfat overskrider avrenningen for feltet som helhet. Overslaget over tilførte sulfatmengder er imidlertid relativt usikkert, og det må konkluderes med at en eventuell sulfatakkumulering er moderat.

Tabell 5. Midlere årlig sulfatbudsjett for Langtjern. Detaljer gitt ved Wright, 1983. Midlere SO₂ og SO₄ konsentrasjoner i luft for en 14 mnd's periode og avsetningshastigheter på henholdsvis 0,8 og 0,2 cm/sek er benyttet ved beregning av tørravsetninger.

Metode		"Våt"		Tørr ^a avsetning	Inn kekv/ km ²	Ut kekv/ km ²	
		Målt	Korrigert				
Direkte	1974	39	47	13	60	56	Etter SFT 26/81
"	1975	31	45	13	58	41	"
"	1976	34	34	13	47	30	"
"	1977	34	52	13	65	61	"
"	1978	42	47	13	76	46	"
"	1979	64	73	13	86	48	"
"	1980	35	43	13	56	46	"
"	1981	35	46	13	59	29	Etter SFT 64/82
Direkte	74-80	38	49	13	63	45	Wright, 1983
Klor-korr.	74-80	34		-	69	45	Etter Wright 1983

a) Beregnet av Wright, 1983. På bakgrunn av 1.års data.

Året 1979 utmerker seg ved spesielt høy belastning av sulfat og en moderat økning i transporten ut. I 1979 ble spesielt mye sulfat holdt tilbake i feltet, og dette synes heller ikke å ha påvirket avrenningen nevneverdig i de påfølgende år. For de øvrige feltforskningsområdene var det stans i denne perioden, og det er derfor ikke mulig å si om tilsvarende episoder har gitt øket sulfatavrenning der. Man vet heller ikke om de spesielle forholdene i 1979, vil gi effekter påfølgende år i de øvrige stasjoner.

Ettersom man på Langtjern har en sammenhengende dataserie er forholdet mellom tilførsler og avrenning hvert år illustrert på figur 11, hvor tilførslene er beregnet etter den direkte metode. Spredningen av punktene synes relativt stor, og årlige transportbudsjetter synes lite egnet til å belyse effekten av endrede tilførsler, fra det ene året til det neste.

Kårvatn

Overvåkningsrapporten for 1981 summerer det materialet som foreligger fra Kårvatn, hvor målingene tok til 8.2.78. Det hydrologiske budsjett viser at avrenningsmengdene kan ligge til dels betydelig over tilførslene hvilket innebærer at nedbørsamleren har liten oppfangingssevne i forhold til nedbørtilførslene i feltet.

Hvis nedbørmengdene korrigeres til et rimelig volum, tabell 2B, fås større kloridtilførsler (111 kekv/km²/år) enn avrenningen i feltet (92 kekv/km²/-år) viser. Dette er lite rimelig og Skartveit et al. (1981) forklarer dette ved at sjøsaltinnholdet er høyere i nedbør ved stasjonen enn hva som er representativt innover i det høyereliggende feltet.

Tabell 6. Sulfatbudsjett for Kårvatn, i kekv/km².

Metode	Periode	"Våt"		SO ₂	Tørravsetning ^{b)} SO ₄ -part.	Inn	Ut	
		Målt	Korrigert ^{a)}					
Direkte	1978	21	38	7	7	52	36	Etter SFT 64/82
"	1979	23	28	7	7	42	19	"
"	1980	22	26	7	7	40	22	"
"	1981	24	39	7	7	53	36	"
"	78-81	23	34	7	7	48	28	
Klor-korr.	78-81	23	-	-	-	29	28	SFT 64/82

a) Antar 100 mm fordampning og justerer nedbøren deretter.

b) Etter SFT 26/81; tørravsetningshasigheter 0,7 cm/s.

Målingene årene 1979, 1980 og 1981 gir like verdier.

For Kårvatn hvor sjøvann er hovedkilde både for klorid og sulfat i nedbøren viser klorid-metoden en balanse mellom tilførsler og avrenning. Direkte beregninger viser høyere anslåtte tilførselsverdier for sulfat og akkumulering i feltet. Disse verdiene virker noe høyere i det tørravsetninger lite trolig betyr 40% av tilførslene for sulfat.

Ettersom volumkorleksjon av tilførsler gir ca. 20% overestimat av kloridtilførslene kan man anta at også volum korrigert sulfatbelastning er 20% for høy. Reduseres volum-korrigerte tilførsler, beregnet ved den direkte

metode i henhold til dette, blir tilførslene av sulfat $41 \text{ kekV/km}^2/\text{år}$, hvilket fortsatt innebærer en mindre anrikning av sulfat i feltet. Det er mulig at den enklere klormetoden gir et vel så godt bilde av situasjonen her hvor tørravsetningene er små. Da fås nær balanse i sulfatregnskapet for Nauståa (tabell 6).

Konklusjonen blir at sulfatbelastningen i Nauståa er liten og at tilførsler balanseres av avrenningen. Eventuelt kan det være en mindre anrikning av sulfat gjennom de fire årene 1977-1981.

Jergul

I Jergul er nedbørmengdene små, men rimelige ut fra avrenning og fordampning. Tørravsetninger blir en vesentlig kilde for sulfat så vel som klorid. Eppersom tørravsetninger er vanskelige å estimere, blir budsjett for sulfat svært usikkert. Imidlertid er et overslag over 3 år med målinger gitt i tabell 5.

For nedbørfeltet Jergul viser beregningene at det rimeligvis foregår en anrikning av sulfat i feltet.

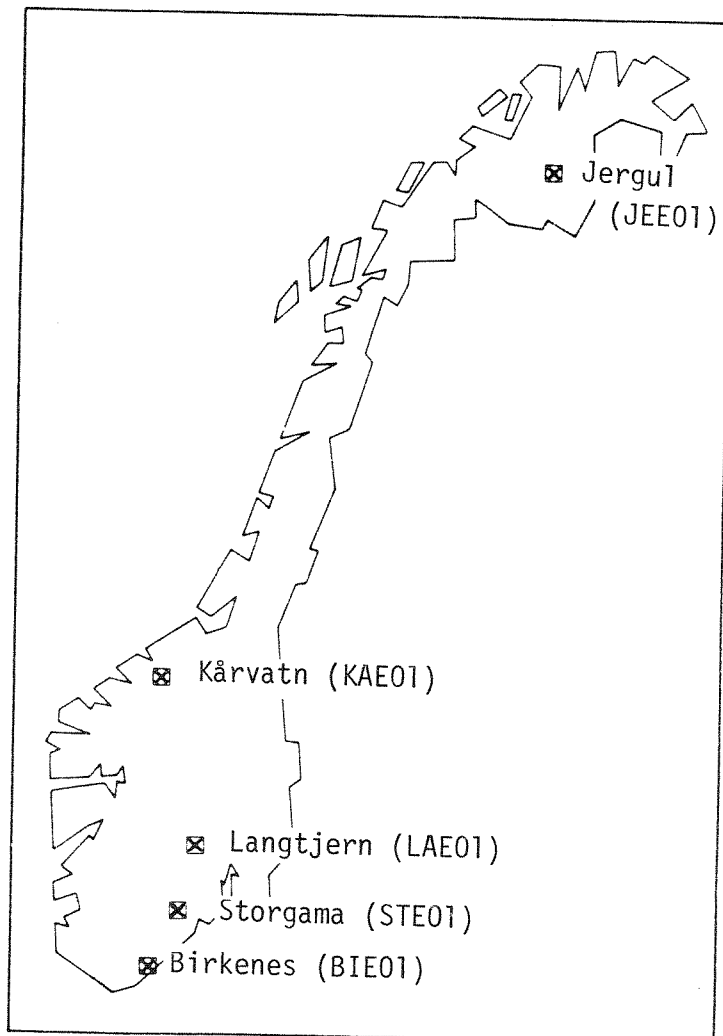
Av undersøkelsene i alle feltene fremgår at en direkte beregning av sulfat tilførslene, basert på målinger av nedbør mengder og konsentrasjoner, samt SO_2 og SO_4 i luft (figur 12) gir rimelige resultater når sulfatbelastningen er høy og tørravsetningene betydelige. Der hvor forurensningene er små og sulfat i nedbøren domineres av sjøvannspåvirkning, gir klor-korreksjonsmetoden antagelig et bedre uttrykk for tilførslene. Felt som f.eks. Storgama, hvor sjøsalt bidraget er lite, samtidig som tørravsetningene blir vanskelige å anslå, kommer i en mellomstusjon hvor det er vanskelig å avgjøre om det er balanse mellom tilførsler og avrenning av sulfat eller en mindre akkumulering i feltet. For Kårvatn hvor transporten av sulfat er relativt liten gir de to beregningsmetoder forskjellig resultat i det den direkte metode gir en akkumulering i feltet mens kloridmetoden angir nærbalanse mellom tilførsler og avrenning for klorid.

For alle tre sydlige felt viser midlere verdier (figur 12) for materialtransporten omlag balanse eller mindre akkumulering i feltet. For Kårvatn er det noe mer sannsynlig at det foregår en mindre akkumulering i observasjonsperioden, og ved Jergul i Finnmark synes akkumulering reell. For de to

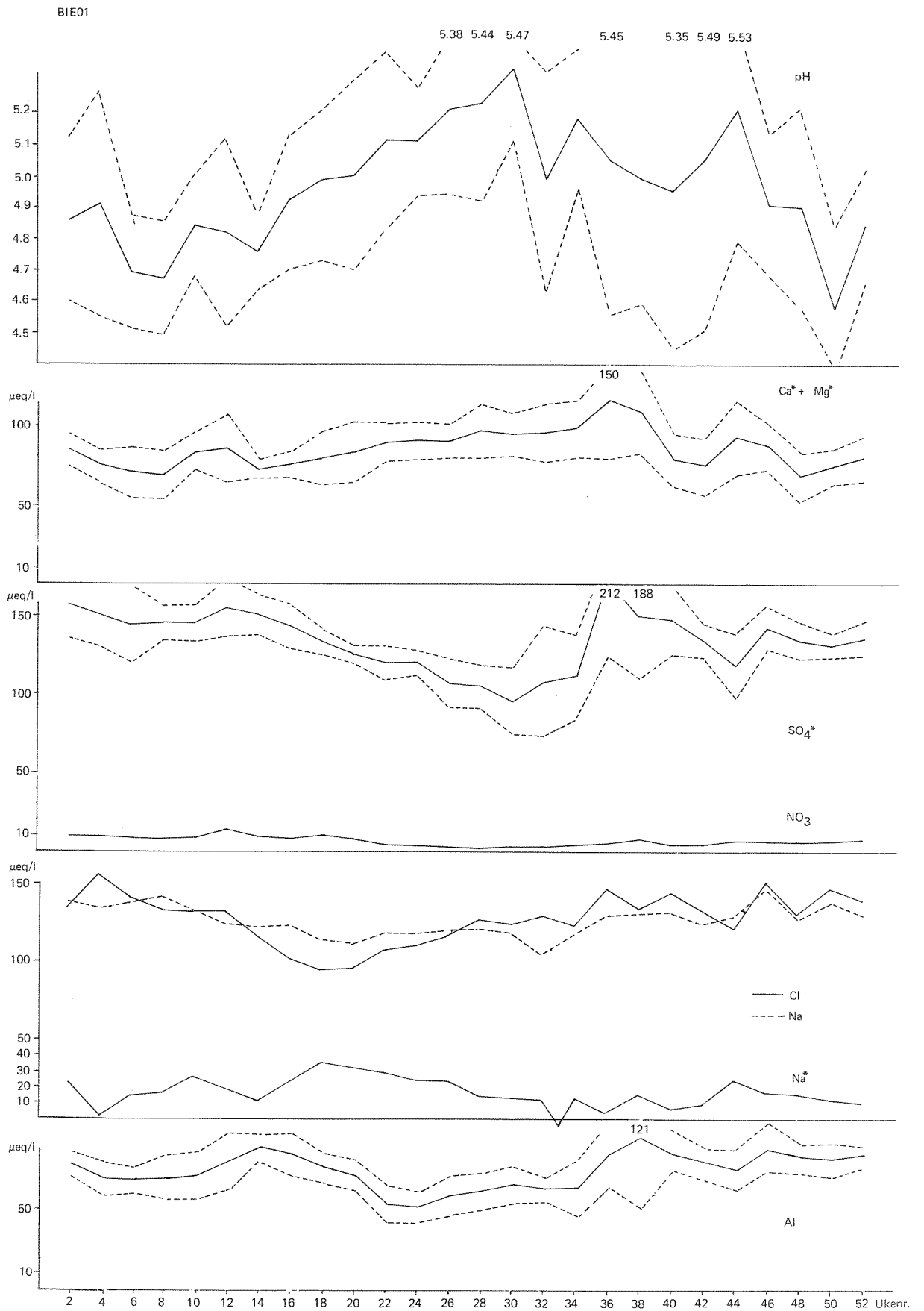
siste feltene viser figuren at selv om en akkumulering sannsynligvis finner sted, er mengdene det dreier seg om ikke så store (0-20 $\text{kekv SO}_4/\text{km}^2$ år), og dette er verdier som også kan gjelde for de sydligste felt hvor den totale omsetning av sulfat er mye større.

LITTERATUR

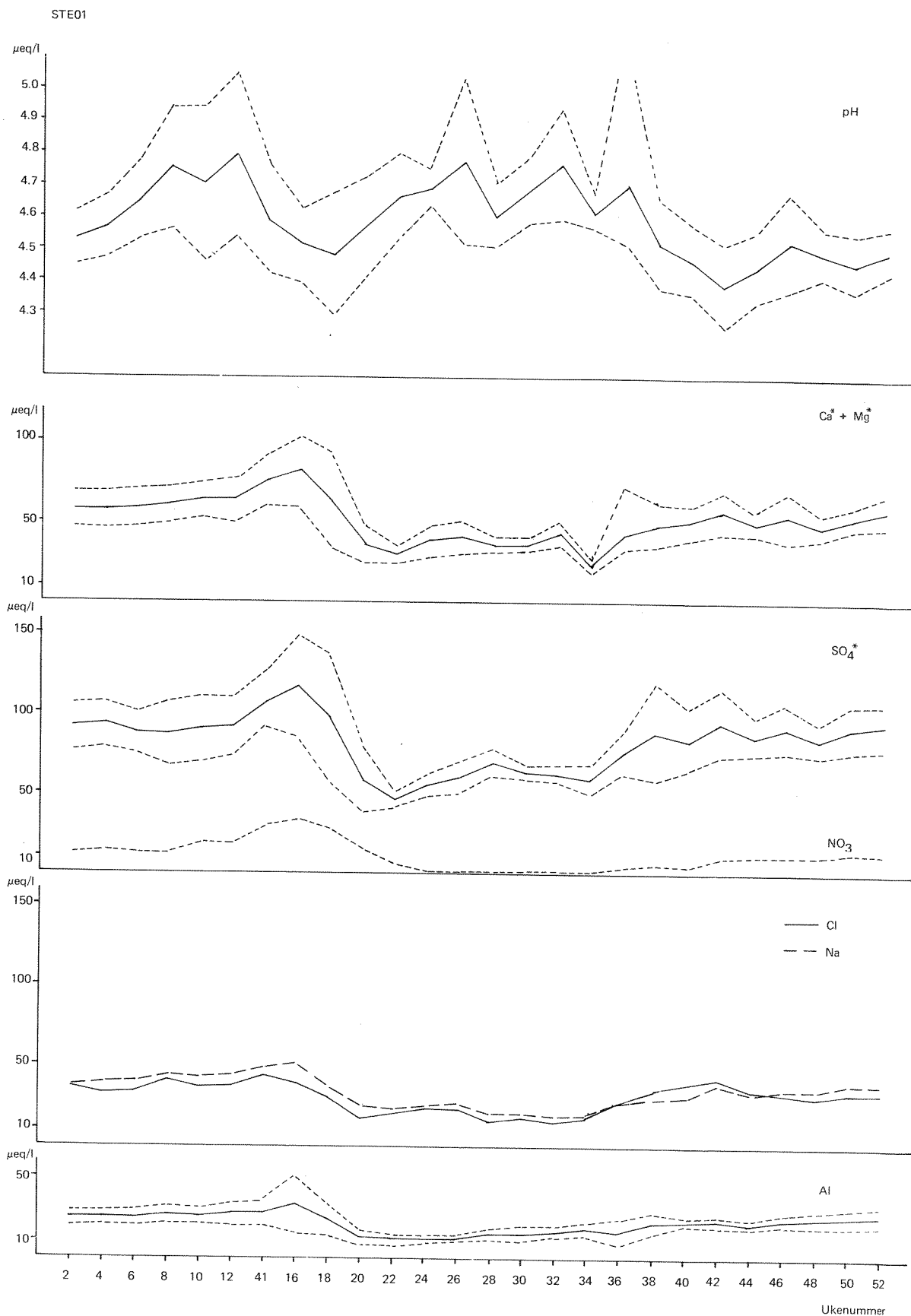
- Christophersen, N., 1982. Freshwater Acidification - A modeling approach. Univ. i Oslo, Inst. for Informatikk, 226 s.
- Christophersen, N., Dybe, L.H. and Seip, H.M., 1982. A model for sulfate in streamwater at Storgama, Southern Norway. (In prep.).
- Christophersen, N., og Wright, R.F., 1981. Sulfate Budget and a Model for Sulfate Concentrations in Streamwater at Birkenes, a Small Forrested Catment in Southern Norway. Water Resources Research, 17, 2: 377-389.
- Forsman, A., 1976. Water balance maps of the Nordic countries. Vannet i Norden. 9: 27-41
- Henriksen, A., 1980. Acidification of freshwaters - a large scale titration. In: Drabløs, D. and Tollan, A (eds.). Ecological impact of acid precipitation, SNSF-project 68-74.
- Johannessen, M., 1983. Overvåking av forurenset luft og nedbør i Finnmark. Vannkjemisk vurdering av forurenset luft og nedbør. SFT 72/83: 40 s.
- Johannessen, M. and Henriksen, A., 1978. Chemistry of snowmelt water changes in concentration during melting. Water Resources Research 14: 615-619.
- Johannessen, M. and Joranger, E., 1976. Vann- og nedbørkjemiske undersøkelser i Fyresdal/Nissedal-feltene. 1/4 1973-1/7 1975. SNSF-prosjektet, TN 30/76:95 s.
- Johannessen, M., Skartveit, A. and Wright, R.F., 1980. Streamwater chemistry before during and after snowmelt. In: Drabløs, D. and Tollan, A. eds. Ecological impact of acid precipitation, SNSF-project. 224-225.
- SFT 1981, Kvæven, B. ed.: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1980. SFT rapport nr. 26/81: 195 s.
- SFT 1982, Kvæven, B. ed.: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1981. SFT rapport nr. 64/82: 176 s.
- SFT 1983, Kvæven, B. ed.: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1982 108/83.
- Skartveit, A., Halsvik, B. og Meisingset, E., 1980. Nedbørtilførsel av sjøsalter og sure komponenter og avrenning av ioner i nedbørfelter på Vestlandet. SNFS-prosjektet IR 63/80: 82 s.
- Wright, R.F., 1983. Input-output budgets at Langtjern, a small acidified lake in Southern Norway. Hydrobiologia 101: 1-12.



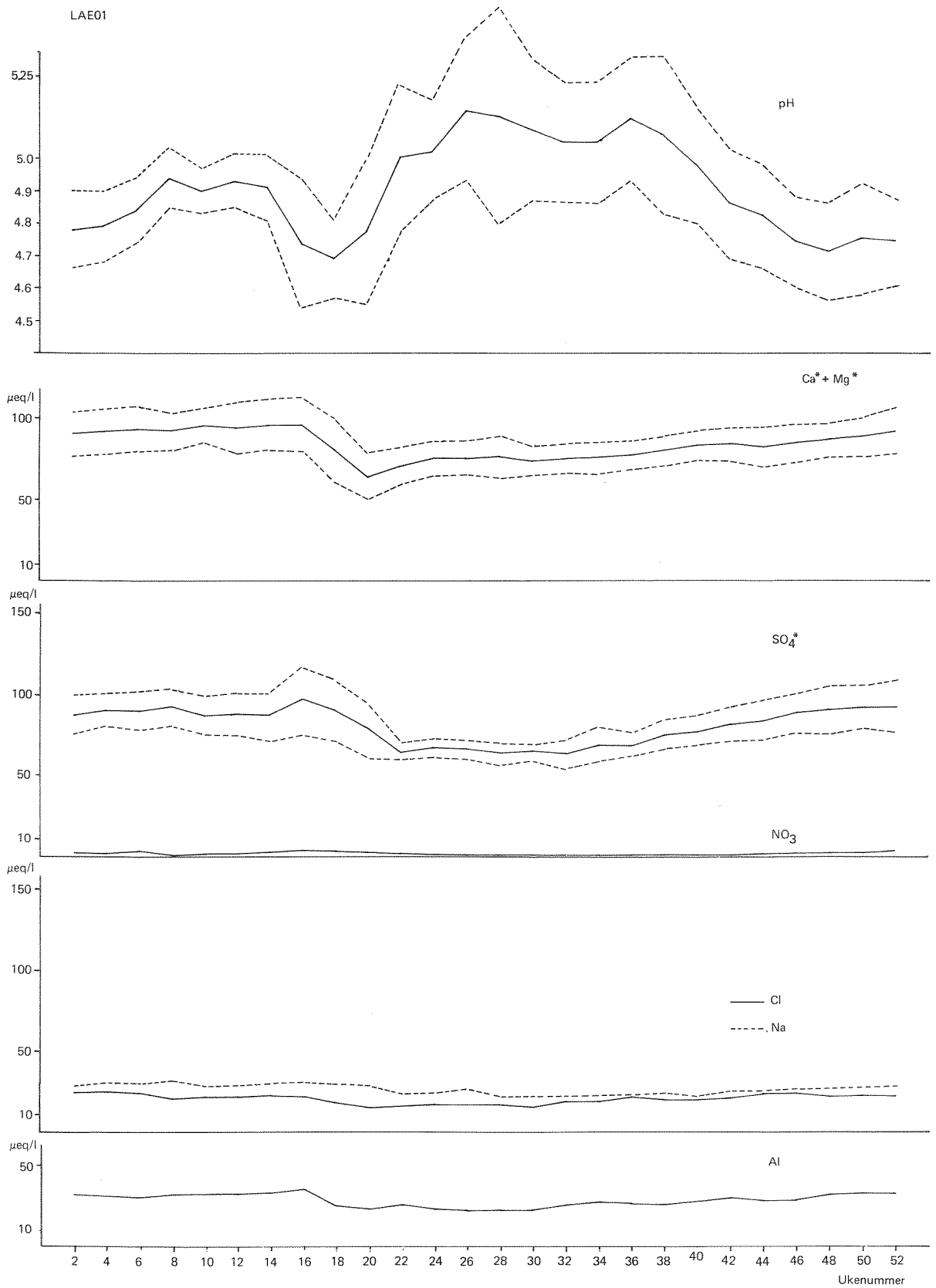
Figur 1. Feltforskningsområdenes beliggenhet.



Figur 2. Birkenes, resultater fra 720720 til 781020 og fra 800506 til 8200801. (* betegner sjøsaltkorrigerte verdier).

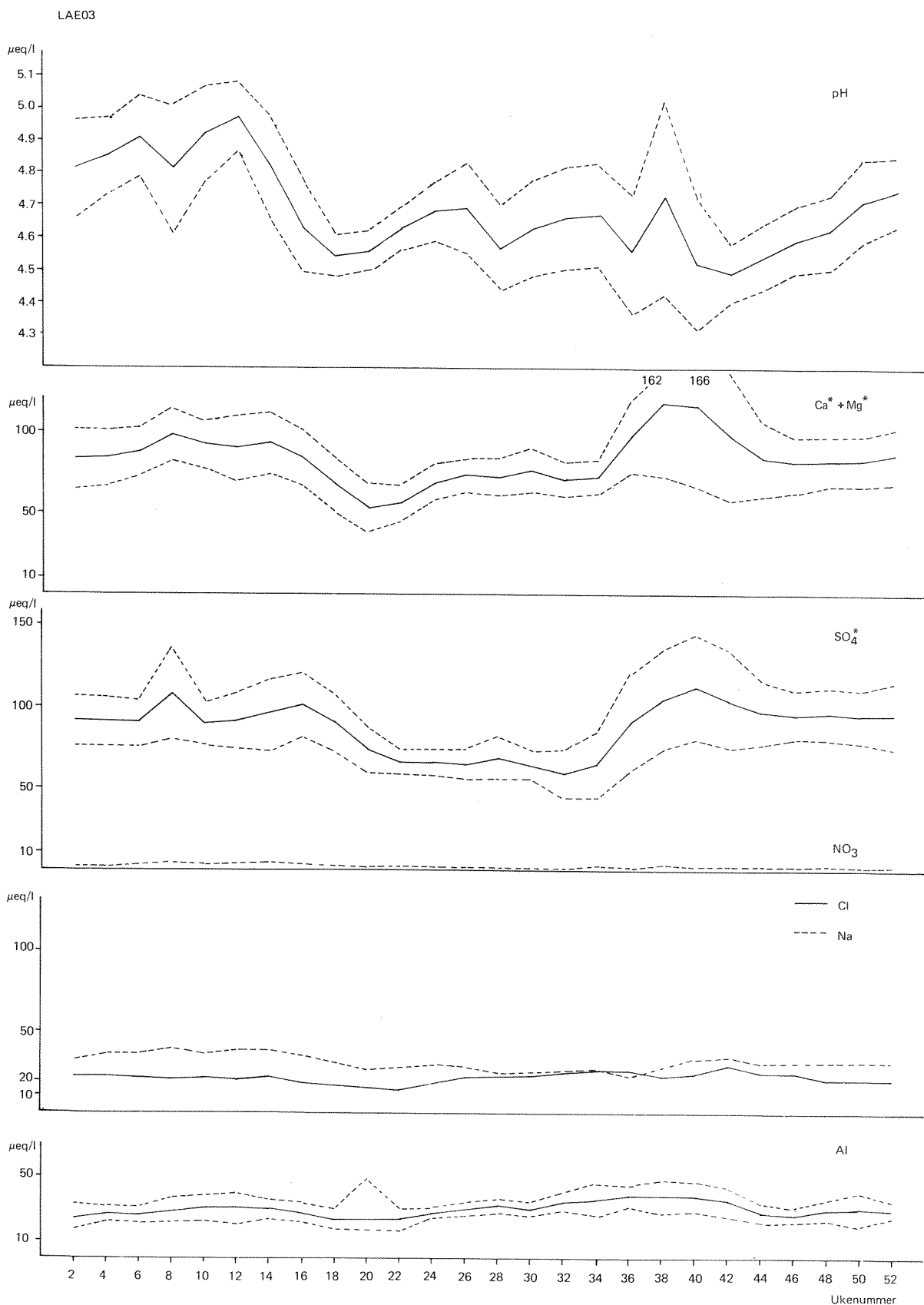


Figur 3. Storgama, resultater fra 740717 til 790330 og fra 800105 til 820801. (* betegner sjøsalkorrigerede verdier).



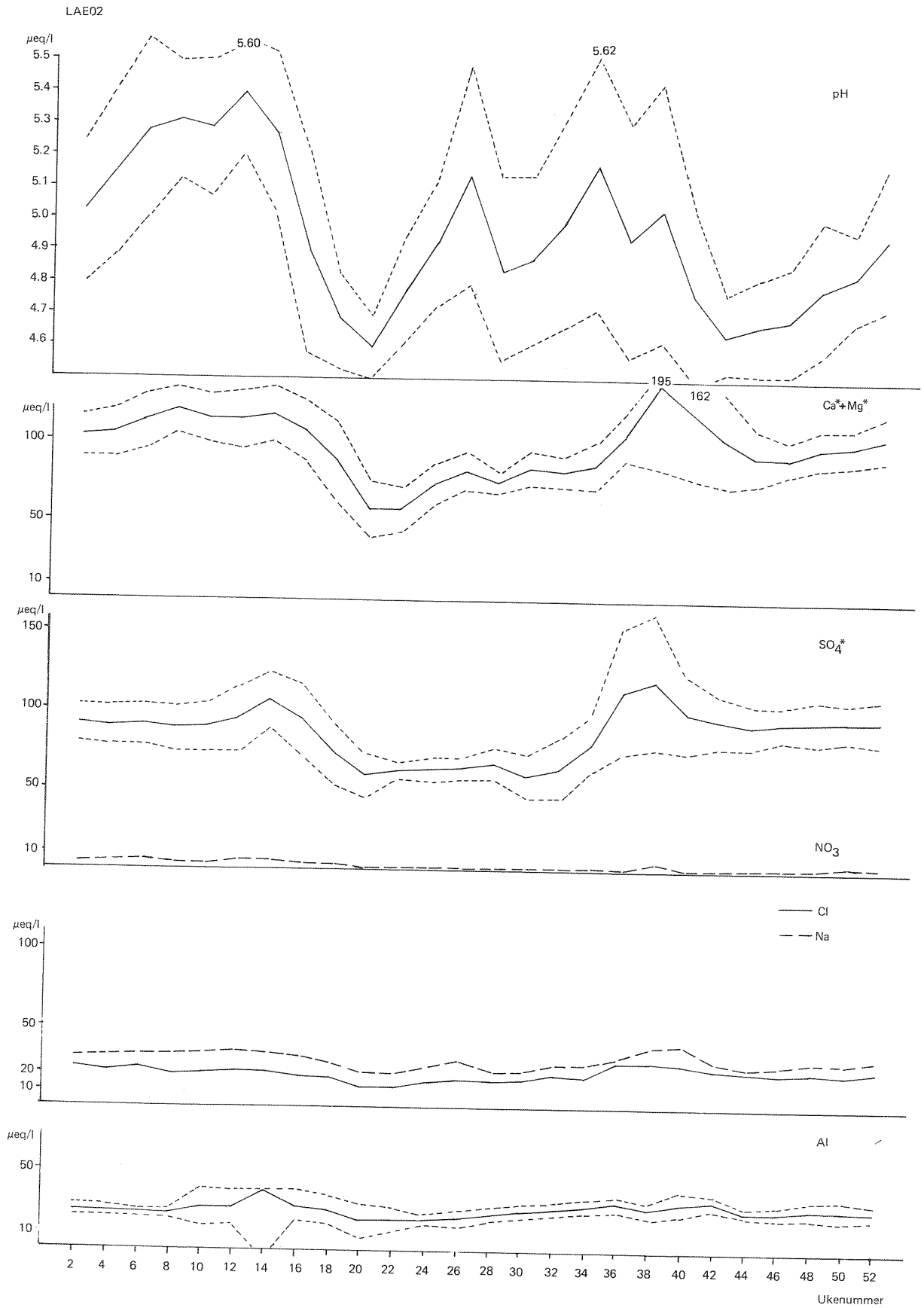
Figur 4. Langtjern utløp (LAE01), resultater fra 730404 til 820801.

(* betegner sjøsalkorrigerede verdier).



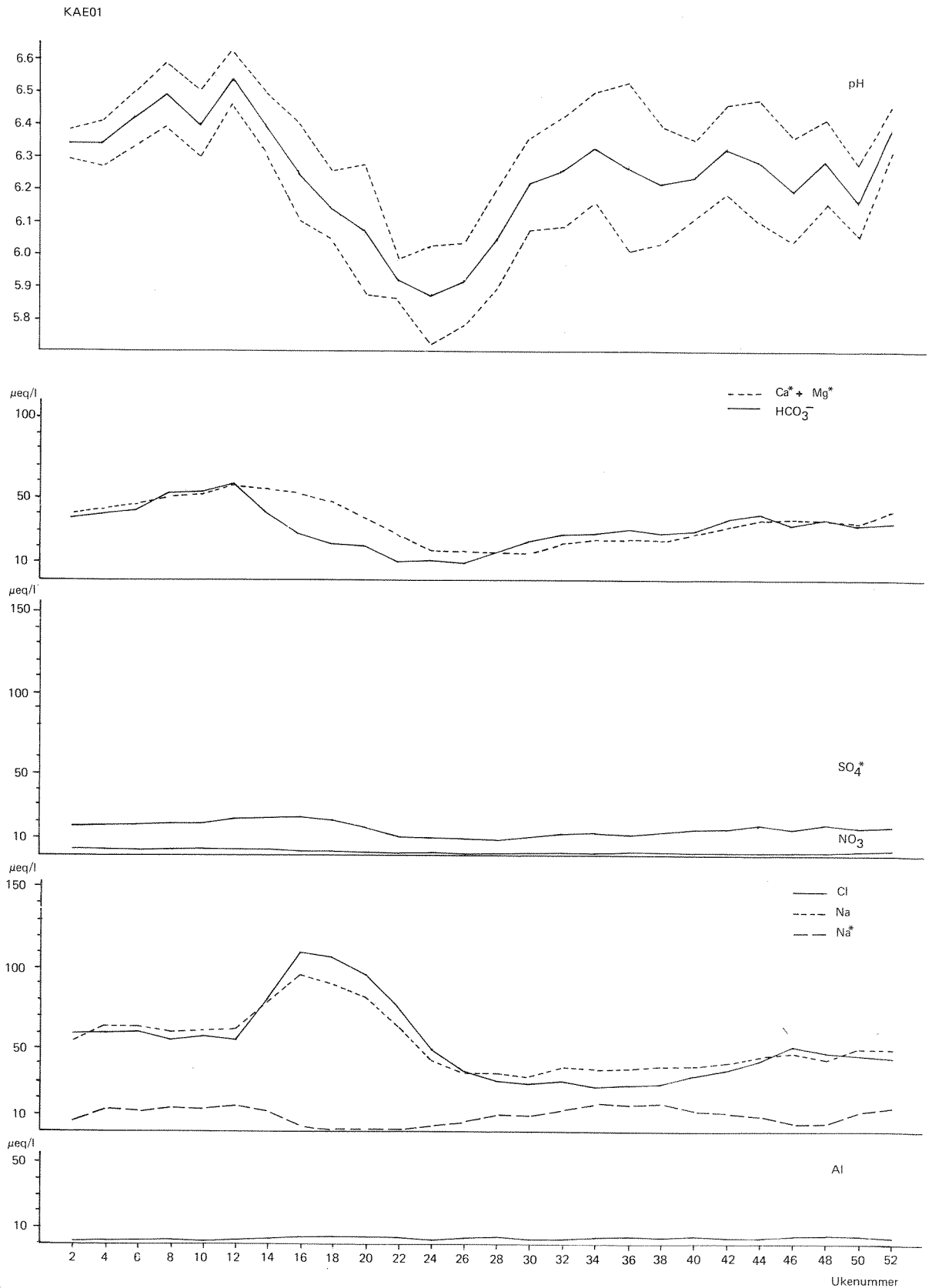
Figur 5. Langtjernområdet, tilløpsbekk til Langtjern i (LAE03).

(* betegner sjøsaltkorrigerte verdier.)

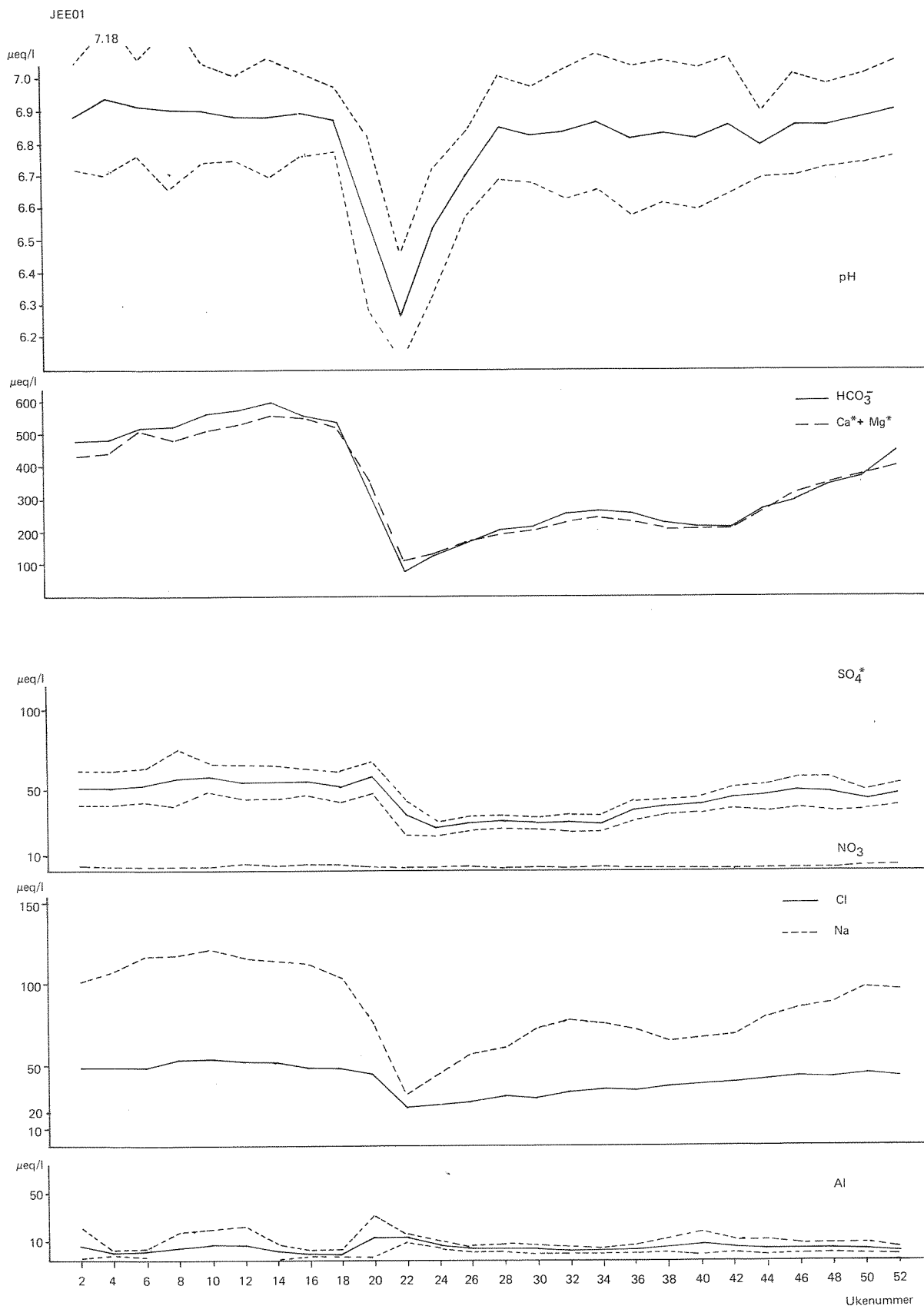


Figur 6. Langtjernområdet, hovedtilløp til Langtjern i syd (LAE02).

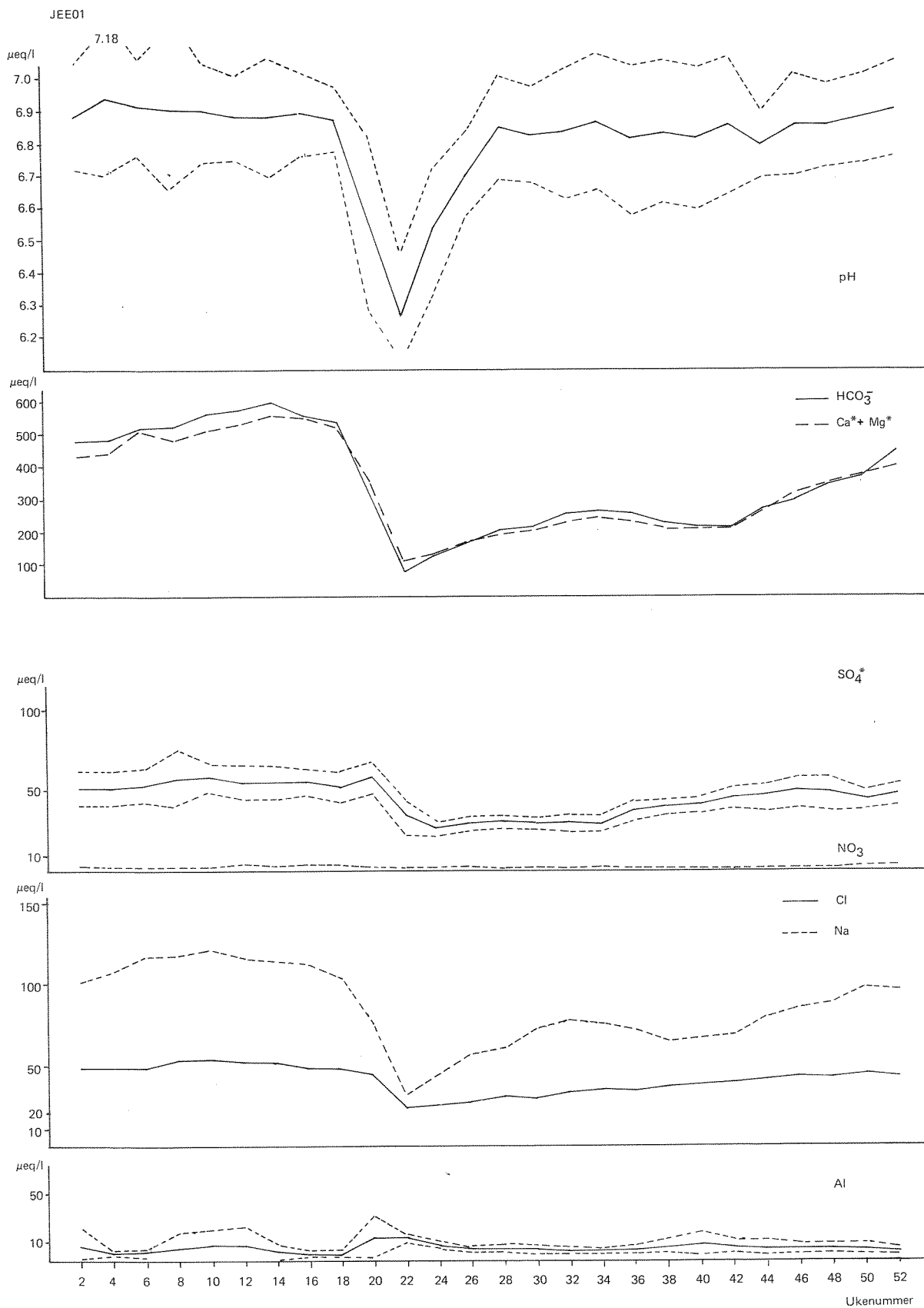
* betegner sjøsaltkorrigerte verdier).



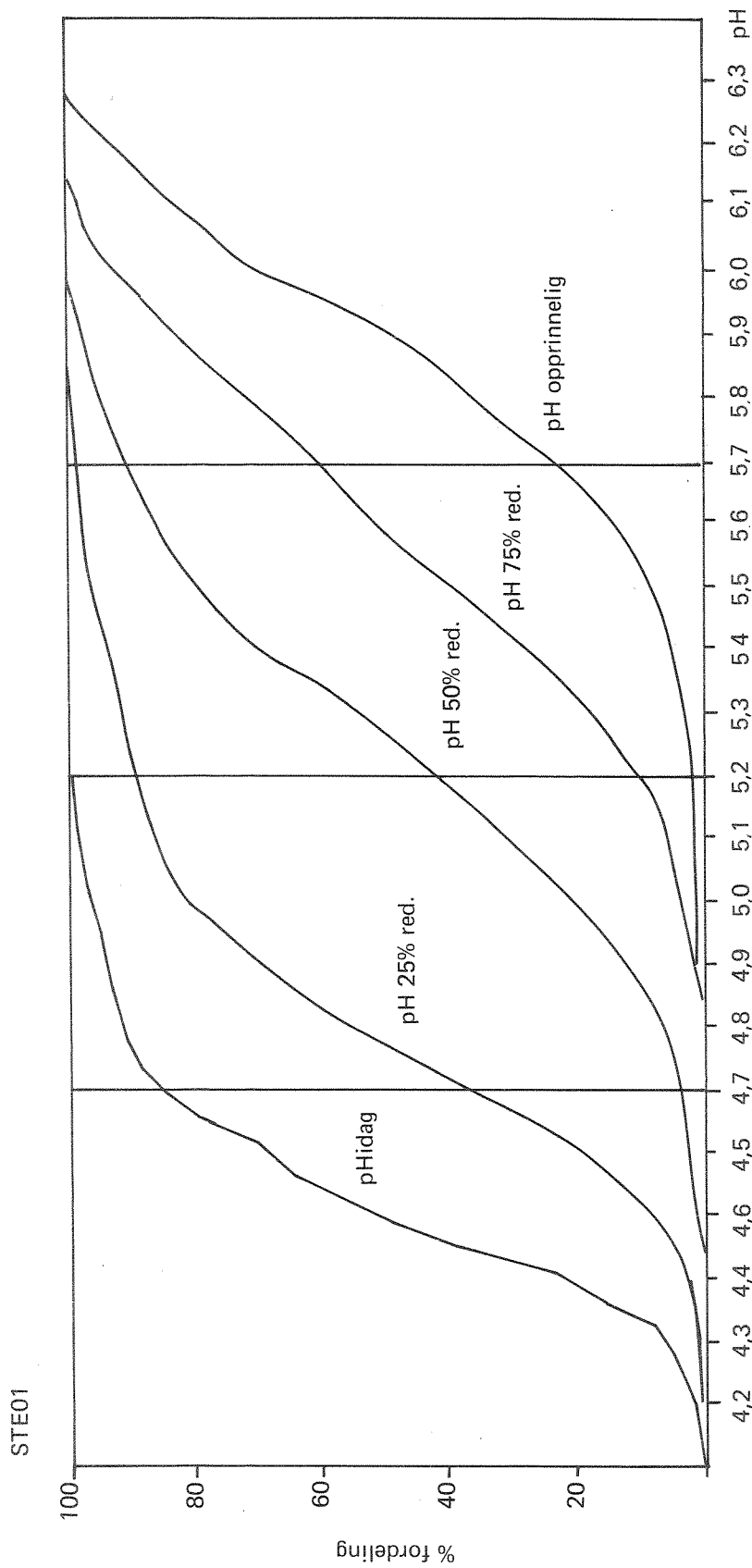
Figur 7. Kårvatn, resultater fra 780208 til 790624 og fra 800111 til 820801. (* betegner sjøsaltkorrigerte verdier).



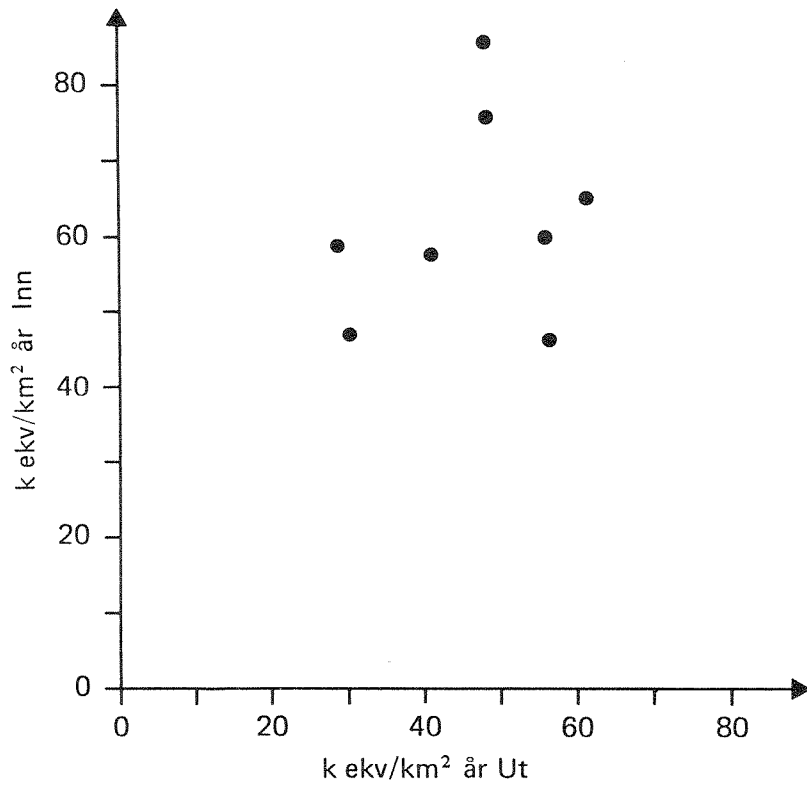
Figur 8. Jergul, resultater fra 761031 til 790416 og fra 800107 til 820830. (* betegner sjøsalkkorrigerede verdier).



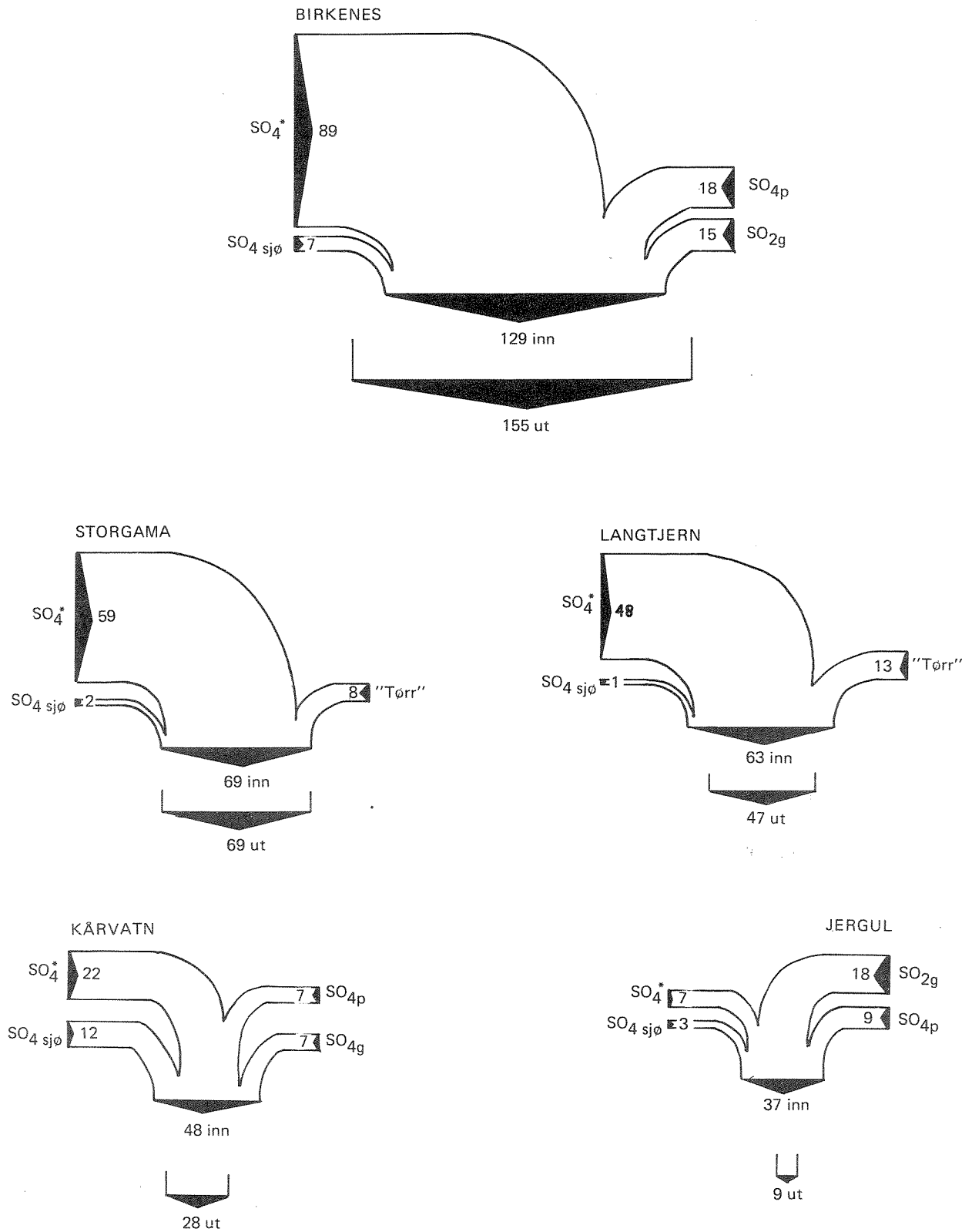
Figur 8. Jergul, resultater fra 761031 til 790416 og fra 800107 til 820830. (* betegner sjøsalkkorrigerede verdier).



Figur 10. Prognosert frekvensfordeling av pH på Storgama ved redusert belastning av sulfat. Figuren viser effekten av 25,50 og 75% reduksjon av sulfatinholdet i avrenningsvannet.



Figur 11. Forholdet mellom årlig tilførsler og avrenning av sulfat på Langtjern. Tilførslene beregnet etter den direkte metode i henhold til tabell 5.



Figur 12. Midlere årlig materialtransport av svovelkomponenter i nedbørfeltene beregnet etter den direkte metode. (tallene angir sulfattransport i kekv/km² år).

VEDLEGG

Årlige målte transportverdier for tilførsler og avrenning i feltforskningsområdene i kekv/km^2 år, vann i mm. Aluminium har valensen 3 i beregningene. Aluminium i nedbør er ikke målt, men kan neglisjeres. NH_4 i vann er heller ikke målt, men kan sannsynligvis neglisjeres på årsbasis.

Tabell 4. Tilførsler og avrenning i Nauståa.
Nauståa

	1978		1979		1980		1981	
	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
H ₂ O mm	1316	2271	1248	1437	1225	1361	1101	1709
H ⁺	14	2	29	2	16	2	12	2
Na	57	97	48	59	57	62	95	111
K	-	7	-	5	-	5	3	6
Ca	8	46	7	29	7	27	9	39
Mg	14	33	10	12	13	16	23	28
Al ^a		7		5		4		6
NH ₄	8		7		7		11	
SO ₄	21	36	23	19	22	22	24	36
Cl	68	99	51	70	65	68	112	129
NO ₃ ⁻	5	3	8	2	7	3	6	1
HCO ₃ ⁻		(47 ^c)		46		23		22

Tabell 5. Tilførsler og avrenning i Jergul.

Jergul

	1978		1979		1980		1981	
	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
H ₂ O mm	351	293	305	-	261	196	434	186
H ⁺	10,7	0,2	14,3	-	7,0	0,0	11,6	0,0
Na	2,9	16	2,1	-	2,4	9	3,2	12
K	-	7	-	-	-	4	0,8	3
Ca	2,3	35	2,2	-	1,5	22	2,3	28
Mg	0,7	18	0,7	-	0,7	11	0,7	13
Al ^a	-	4	-	-	-	-	-	0,1
NH ₄	2,6	-	2,8	-	1,7	-	3,7	-
SO ₄	10,1	11	2,9	-	7,1	7	12,9	9
Cl	2,5	8	1,6	-	2,2	6	2,6	7
NO ₃	2,4	0,3	4,0	-	2,3	0,2	3,6	0,2
HCO ₃	-	40	-	-	-	29	-	37



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.