

IVL-RAPPORT

Luftföroreningar i norra Sverige

Nedfall, halter och effekter
oktober 1995 - september 1996

RECEIVED

SEP 29 1997

OSTI



Eva Hallgren Larsson och Olle Westling

Aneboda, juni 1997
B 1264

IVL

INSTITUTET FÖR VATTEN- OCH LUFTVÅRDSFORSKNING

Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Summary	III
1. Inledning.....	1
2. Metoder	3
2.1 Samordnade program	3
2.2 Nedfall	3
2.3 Markvatten.....	5
2.4 Provstationer.....	6
2.5 Kvalitetskontroll.....	8
3. Väderlek	10
4. Resultat.....	12
4.1 Koncentration i nederbörd.....	12
4.2 Nedfall	20
4.3 Förändring av nedfall	30
4.4 Markvatten.....	34
4.5 Förändring av markvatten	46
5. Jämförelse med övriga Sverige	47
5.1 Deposition	47
5.2 Markvatten.....	53
6. Referenser.....	60

Bilaga med stationsvis redovisning

MASTER

DISCLAIMER

**Portions of this document may be illegible
in electronic image products. Images are
produced from the best available original
document.**

<p>Organisation/Organization Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning</p> <p>Adress/Address IVL Aneboda S-360 30 LAMMHULT</p> <p>Telefonnr/Telephone 0472-620 75</p>	<p>RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary</p> <p>Projekttitel/Project title</p> <p>Anslagsgivare för projektet/Project sponsor Länsstyrelserna i Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län, Rönnskärsverken samt Älvsbyns, Kiruna och Luleå kommuner.</p>
<p>Rapportförfattare, author Hallgren Larsson E. & Westling O.</p>	
<p>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Luftföroreningar i norra Sverige - nedfall, halter och effekter oktober 1995 till september 1996.</p>	
<p>Sammanfattning/Summary</p> <p>Regional övervakning av försurande luftföroreningar, svavel och kväve, under perioden oktober 1995 till september 1996 i fyra län i norra Sverige har på uppdrag utförts av IVL. Mätningarna omfattar ett gemensamt basprogram med nedfallsmätningar på öppet fält och i näraliggande skogsytor (krondropp). Målet är att beskriva tillstånd, regionala skillnader och utveckling i tiden. Effekterna av nedfallet beskrivs med hjälp av undersökningar av markvatten som passerat skogens rotzon. Jämförelse med resultat från tidigare år och övriga Sverige ingår.</p> <p>Mätningarna har visat en gradient med surare nederbörd på kustnära lokaler jämfört med lokaler längre in i landet. Även nedfallet av svavel och kväve har varit större längs kusten. På kustnära lokaler var nedfallet av svavel och kväve större än Naturvårdsverkets miljömål för Norrland. Nedfallet av svavel och kväve i norra Sverige var som helhet betydligt lägre under 1995/96 jämfört med närmast föregående 4-5-årsperiod. Till största delen förklaras detta av små nederbördsmängder.</p> <p>Försurningspåverkan har noterats i markvatten från lokalerna utanför Umeå och Luleå. Delvis kan detta ha orsakats av en naturlig förekomst av svavel i marken. Kvävehalterna i markvattnet har generellt varit låga, men förhöjda halter har noterats på två lokaler i Västernorrlands län. Detta indikerar att tillgängligt kväve inte utnyttjas till fullo, samt viss transport av kväve till omkringliggande vattendrag. Linjär regressionsanalys av markvattnets sammansättning visar minskade halter mangan på hälften av lokalerna.</p>	
<p>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords Deposition, svavel, kväve, skogsytor, norra Sverige, markvatten</p>	
<p>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport B 1264</p>	
<p>Beställningsadress för rapporten/Ordering address IVL, Biblioteket, Box 21060, S-100 31 Stockholm, Sweden</p>	

Sammanfattning

På uppdrag av länsstyrelserna i Jämtlands, Västerbottens, Norrbottens och Västernorrlands län samt Kiruna, Älvsbyns och Luleå kommuner har IVL utfört undersökningar av försurande luftföroreningar. Skogsvårdsstyrelserna har medverkat med urval och beskrivning av skogsytor samt provtagning. En mätstation i Västerbottens län ingår i Rönnskärsverkens omgivningskontroll.

Syftet med mätningarna är att kvantifiera belastningen av svavel och kväve till skog, samt beskriva eventuella försurningseffekter i skogsmarken. Nedfallet undersöks genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält, samt genom krondroppsmätningar i skogsytor. I skogsytorna undersöks även markvattnets kvalitet, som indikation på marktillståndet. Lufthalter har undersökts på två lokaler i Jämtlands län tidigare, men saknas under 1995/96. Flertalet mätstationer etablerades under 1991, och kompletterades med internationella observationsytor (EU-tytor) under 1995 och 1996. Mätresultat från fyra av dessa ingår i denna resultatredovisning, som omfattar det hydrologiska året från oktober 1995 till september 1996 på knappt 20 lokaler i de fyra nordligaste länen i Sverige. Resultaten jämförs med tidigare år och övriga delar av Sverige.

Betydligt mindre nederbördsmängder än normalt noterades i hela Norrland under hydrologiska året 1995/96. Mest markant var detta under höst och vintermånaderna. Som medelvärden för hela perioden var temperaturerna normala.

Halter i nederbörd

Resultaten från det hydrologiska året 1995/96 visar små nederbördsmängder; runt 450 mm över hela området. De visar en gradient med surare nederbörd och högre halter av svavel på kustnära lokaler, jämfört med lokaler längre in i landet. Nederbörden har dock varit mindre sur, och innehållit mindre svavel, 1995/96 än året innan. Som medelvärde för alla norrlandslokaler gäller pH 4,9 och svavelkoncentrationen 0,4 mg/l ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$). Kvävehalterna var som regel låga, knappt 0,2 mg/l som medelvärde av vardera ammoniumkväve och nitratkväve, vilket är ungefär desamma som året innan.

Deposition

Nedfallet visar en gradient med större nedfall av svavel och kväve längs kusten än längre in i landet. Cirka 70% av nederbörden har nått marken i form av krondropp. Till följd av surare nederbörd längs kusten var våtdepositionen av vätejoner på dessa lokaler dubbelt så stor jämfört med på inlandslokalerna. På kustnära lokaler var belastningen av svavel och kväve större än Naturvårdsverkets miljömål för Norrland; 2,5 kg svavel och 3 kg kväve per hektar och år. Betydligt mindre nedfall av kväve till skogsmarken än på öppet fält tyder på ett betydande upptag av kväve i trädkronorna, vilket är normalt i områden med låg eller måttlig deposition. Nedfallet av svavel och kväve i norra Sverige var som helhet betydligt lägre under 1995/96 jämfört med närmast föregående 4-5-årsperiod. Till största delen förklaras detta av små nederbördsmängder.

Mätningarna i hela landet visar stor belastning och torrdeposition av svavel och kväve i södra Sverige och betydligt måttligare belastning i norr. I södra Sverige finns en markant gradient som visar störst belastning i sydväst och avtagande värden mot nordost. I norra Sverige finns en gradient med större deposition på kustnära lokaler än på inlandslokaler.

Markvatten

Det suraste markvattnet (pH 4,5-4,6) och de högsta halterna av aluminium har påträffats på kustnära lokaler utanför Luleå och Umeå. Delvis kan detta ha orsakats av en naturlig förekomst av svavel i marken. På flertalet övriga lokaler har markvattnets pH-värde varit mellan 5,2 och 6,5. Kvävehalterna har generellt varit låga. Förhöjda värden har dock noterats på två lokaler i Västernorrlands län, vilket indikerar att tillgängligt kväve inte utnyttjas till fullo, samt viss transport av kväve till omkringliggande vattendrag. Markvatten från fyra nyetablerade EU-tytor i Norrbotten och Västerbotten indikerar mycket magra marker med låga halter av flertalet ämnen.

Mest påtagligt för norra Sverige är en signifikant trend mot minskande värden av mikronäringsämnet mangan i markvatten från hälften av lokalerna. För övriga ämnen saknas generella trender i norra Sverige. I södra och mellersta Sverige har halterna av baskatjoner och mangan minskat signifikant på en tredjedel av lokalerna. Samtidigt har pH minskat och aluminiumhalterna i markvatten ökat i många tytor, och det indikerar att försurningen fortskrider.

Mätningar från hela landet visar en kraftig försurningspåverkan på många platser i södra Sverige med surt markvatten som innehåller mycket aluminium och lite baskatjoner. Liknande förhållanden har noterats i Örebro län samt på två kustnära lokaler i norra Sverige. Generellt utnyttjas tillgängliga kvävemängder i de undersökta skogsytorna. Undantag finns främst på kustnära lokaler i södra Sverige, där mätningarna indikerar transport av nitratkväve från skogsekosystemet.

Summary

On request of regional and local environmental authorities in four counties of northern Sweden, the deposition of acidifying compounds was monitored by the Swedish Environmental Research Institute, IVL. Regional forestry authorities have participated in selection and description of forest stands, and sampling. One sample station in the county of Västerbotten is part of the environmental impact assessment programme for the smelter in Rönnskär, south of Skellefteå.

The purpose of the monitoring programme is to quantify sulphur and nitrogen deposition to forests, and to illustrate possible acidification of the soil. Deposition is investigated by precipitation studies in open field areas and as throughfall. Soilwater chemistry in the forest stands is used as indicator of soil conditions. Air concentrations of sulphur and nitrogen compounds were not included 1995/96 from the county of Jämtland, as previous years. Most locations were established during 1991. During 1995 and 1996 seven international permanent forest plots were established. This report concerns the hydrological year from October 1995 through September 1996 for almost 20 locations in the four most northern counties of Sweden. The results are compared with previous years and other regions in Sweden.

Less precipitation was measured in northern Sweden during the hydrological year 1995/96, compared to averages for 1961-90. The drought was most pronounced during autumn and winter. As averages for 1995/96, temperatures were normal.

Concentrations in precipitation

Low precipitation amounts, about 450 mm, were measured in 1995/96 throughout the region. A gradient with more acidic precipitation with higher concentrations of sulphur at coastal, than at inland, locations was found. Precipitation has been less acid, with lower concentrations of sulphur during 1995/96 compared to 1994/95. Average pH-value for all locations in northern Sweden was 4,9 with sulphur concentrations 0,4 mg/l ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$). Concentrations of nitrogen as nitrate and as ammonium were low; averaged almost 0,2 mg/l each, about the same as previous year.

Deposition

Deposition illustrates a gradient with larger loads of sulphur and nitrogen at coastal, than at inland locations. About 70% of the precipitation reached the ground as throughfall. The acidity of precipitation being higher at coastal locations, wet deposition of hydrogen ions at the coast was twice that of inland locations. Coastal locations received larger amounts than target loads set for northern Sweden; 2,5 kg sulphur and 3 kg nitrogen per hectare and year, as stated by the Swedish Environmental Protection Agency. Less nitrogen was found in throughfall than in open field areas. This indicate considerable biosorption of nitrogen in tree canopies, which is normal in areas with low to medium nitrogen load. Deposited amounts of sulphur and nitrogen were lower in 1995/96 compared to the 4-5 preceding years, mainly caused by low precipitation amounts in 1995/96.

Sulphur and nitrogen deposition were larger in southern than in northern Sweden. A clear gradient, with largest deposition in south-western Sweden, diminishing towards northeast, was found. In northern Sweden, a gradient with larger deposition at coastal, than at inland locations was measured.

Soil solution

The most acidified soil solutions (pH 4,5-4,6) with highest concentrations of aluminium were found at coastal locations outside Luleå and Umeå. One contributing factor might be a natural occurrence of higher sulphur levels in the soil. At most of the other locations pH-values were between 5,2 and 6,5. Concentrations of nitrogen in soil solution were low at most locations. Elevated concentrations were found at two sites in the county of Västernorrland, indicating incomplete use of available nitrogen, and loss of nitrogen from the forest area to surrounding surface and ground water. Soil solutions from four recently established observation plots in Västerbotten and Norrbotten indicate poor forest soils, with low concentrations of studied substances.

A significant trend towards diminished amounts of the micronutrient manganese were found in soil solution from half of the locations. For other substances, no general trends were found in northern Sweden. In southern and central Sweden general trends towards diminished amounts of base cations and manganese have been found at 1/3 of the locations. At the same time lowered pH-values and higher concentrations of aluminium were found at many locations, indicating a continuing acidification process.

Measurements from the whole country illustrate acidified conditions at many locations in southern Sweden with acidic soil solutions, rich in aluminium and poor in base cations. Similar conditions were found in the county of Örebro (central Sweden) and at two coastal locations in northern Sweden (see above). Available amounts of nitrogen were generally utilised by the vegetation in the studied areas. Exceptions are mainly found at coastal locations in southern Sweden, where raised nitrate concentrations in soil solution indicate transport of nitrogen from the forest plots.

1. Inledning

Nedfall av försurande luftföroreningar, med ursprung i utsläpp av svavel och kväve i hela Europa, har orsakat kraftig försurning av mark och vatten i stora delar av Sverige. I områden med försurningskänsliga jordar i norra Europa är effekter av svavel och kväve ett stort miljöproblem.

I södra Sverige, med hög belastning och tydliga effekter av svavel- och kvävenedfall, startades länsvisa nedfallsmätningar i skogsytor under slutet av 1980-talet, med syfte att kvantifiera belastningen, beskriva den regionala variationen samt beskriva effekterna på marken. Erfarenheter från samordnade regionala mätningar i skogsytor i Sverige finns redovisade i ett antal rapporter (till exempel Westling m. fl. 1992 och Hallgren Larsson m. fl. 1996 och 1997).

Observerade och befarade försurningsproblem i norra Sverige motiverade en liknande kartering av nedfallet som i de södra delarna av landet. Länsstyrelsen i Jämtlands län startade mätningar sommaren 1990. Våren 1991 påbörjades en kartering av nedfallet av svavel och kväve i de nordiska länderna, med några stationer i norra Sverige. Undersökningen utfördes på uppdrag av Nordiska Ministerrådet och resultaten har redovisats av Lövblad m. fl., 1993. Stationerna i norra Sverige har sedan övertagits och kompletterats med fler skogsytor av länsstyrelserna i Västerbottens, Västernorrlands och Norrbottens län samt Kiruna, Älvsbyns och Luleå kommuner. Skogsvårdsstyrelserna medverkar i flera län med urval och beskrivning av skogsytor samt provtagning. En mätstation i Västerbottens län ingår i Rönnskärsverkens omgivningskontroll. Mätprogrammet i norra Sverige består av stationer, där flertalet ligger längs linjer från ostkusten till fjällkedjan, med syfte att beskriva eventuella nedfallsgradienter.

Övergripande mål för den här typen av studier är att beskriva miljötillstånd, nuläge och eventuella förändringar samt bidra med underlag för åtgärder. En rimlig prognos för framtiden är att utsläpps begränsande åtgärder kommer att fortsätta i Europa, men trots ansträngningarna kommer försurningsproblemen troligen kvarstå under lång tid.

Resultaten kan, tillsammans med andra undersökningar, konstatera om skador redan har uppstått, bedöma risker för skador i framtiden samt beskriva försurningsförloppets hastighet. Regionalt kan relationen mellan långväga transport och det mer lokala bidraget av luftföroreningar belysas. Speciellt utsatta skogs- och marktyper kan identifieras. Den informationen kan utnyttjas vid planering av åtgärder och ställningstaganden på regional och lokal nivå. Exempel på lokala åtgärder är kalkning av mark och vatten samt modifiering av skogsskötselmetoderna. Resultaten kan även ligga till grund för ställningstagande i samband med lokalisering och prövning av miljöstörande verksamhet. Regionalt framtagna undersökningsresultat kan även användas på nationell och internationell nivå i arbetet med att begränsa utsläppen av luftföroreningar i hela Europa.

Som hjälp vid tolkning av dessa nedfallsmätningar kan resultaten jämföras med nationella miljömål. Miljömål för svavel- och kvävebelastning grundar sig på beräkning av den kritiska belastningen. Naturvårdsverket har i sitt aktionsprogram, Miljö 93 angivit **2,5 kg svavel per hektar och år** som riktvärde för belastningen i Norrland. (NV, 1993). Vittringen av mineral är avgörande för skogsmarkens förmåga att neutralisera syror och därmed motverka försurningen. Detta gör att områden med kalkrikare berggrund och

snabbare vittringshastighet, kan tolerera högre deposition av svavel än urbergsområden dominerade av granit och gnejs.

Den kritiska belastningsgränsen för kväve i skogsmark kan bestämmas av flera olika faktorer som exempelvis förändringar av markkemi, risk för onormalt kväveläckage till vatten eller upplagring av kväve i markprofilen samt påverkan på vegetationens art-sammansättning och produktion (Grennfelt och Thörnelöf, 1992). Den lägsta belastningsgränsen (2-3 kg kväve per hektar och år) sätts i områden med kvävekänsliga växtarter samt i skogar utan skogsbruk, där inget kväve lämnar skogsekosystemet via biomassa-uttag. Även i skogsjordar med brist på andra näringsämnen än kväve blir den kritiska belastningsgränsen låg. Skogsområden som brukas, har en belastningsgräns för kväve som beror på storleken av skördeuttaget. Som miljömål anger Naturvårdsverket **3 kg kväve per hektar och år** i Norrland.

Undersökningarna av nedfall och markvatten i norra Sverige utförs av Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL) i Aneboda. Provtagning sköts lokalt av personal från Länsstyrelsen, Skogsvårdsstyrelsen, kommuner, Esrange eller i vissa fall privatpersoner. IVL svarar för analys, utvärdering och redovisning av resultaten. På IVL har Gunnel Hedberg, Karol Koos, Lena Järkendal, Jeanette Lindbom, Inger Torbrink, Pia Karlsson och Leila Ameri svarat för huvuddelen av analysarbetet medan Johan Knulst och Gunnar Malm arbetat med databearbetning och figurframställning. Arvid Karsvall har tecknat framsidans illustration. Eva Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med Olle Westling svarat för utvärdering och rapportering.

2. Metoder

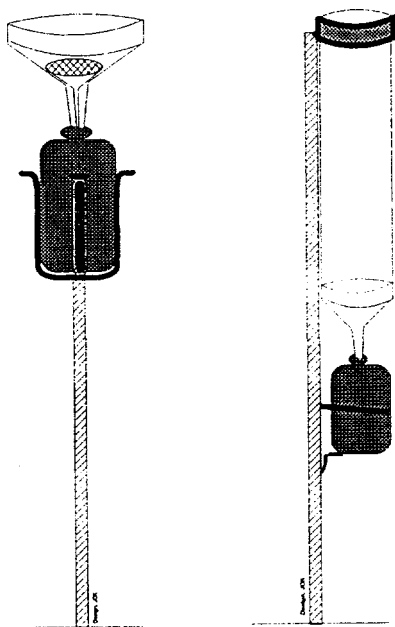
2.1 Samordnade program

Regional miljöövervakning i denna form startade oktober 1985 i Blekinge. Sedan dess har fler län successivt kommit till och IVL samordnar och utför nu den här typen av mätningar i så gott som samtliga län i Sverige.

Erfarenheterna har delvis använts som grund för manualer på nationell och internationell nivå. På nationell nivå är det Naturvårdsverkets Handbok för Miljöövervakning, delprogram Permanenta observationsytor (NV, 1995). På internationell nivå är det "International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forest" som under konventionen om långdistanstransporterade luftföroreningar fastställt en manual för undersökningar i skogsytor (ICP-Forest, 1994). Den har antagits av EU som manual för den europeiska miljöövervakningen. Ett komplement avseende markvatten har arbetats fram (ICP-Forest, 1996). Metodiken i föreliggande undersökning följer dessa manualer och är densamma i hela Sverige. Detta gör att resultat från olika delar av landet kan jämföras med varandra.

2.2 Nedfall

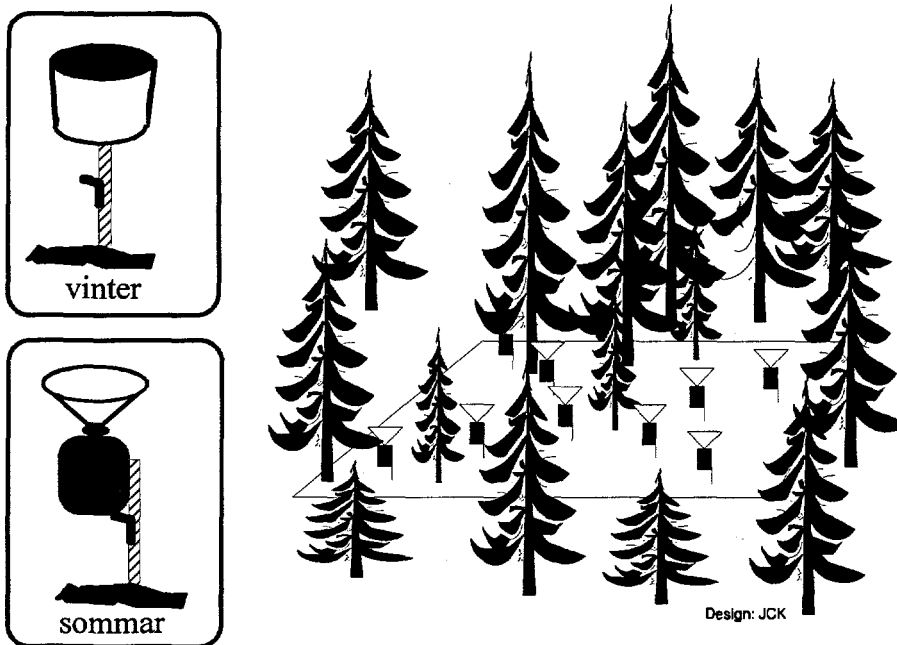
Metoden bygger på att nederbörd provtas med insamlare som har en känd area. Genom att mäta mängden nederbörd och koncentrationen av föroreningar kan deposition per tidsperiod och ytenhet beräknas för varje analyserat ämne. Figur 2.1 visar en principskiss för nedfallsmätningar på öppet fält. På en öppen yta samlas nederbörden in med hjälp av en trattförsedd dunk, placerad på stolpe 1,5 m över marken. Under vintern ersätts tratten med en meterlång snösäck. Nedfallet på öppet fält består huvudsakligen av våtdeposition.



Figur 2.1 Princip för nedfallsmätningar i en skogsyta.

Summan av våt- och torrdeposition mäts som krondropp inne i skogen, i skogsytor som vanligen är 30*30m². Krondroppsvärden påverkas av upptag i trädkronorna (kväve) och interncirkulation mellan träd och mark (främst kalium och mangan).

Figur 2.2 visar en principskiss för nedfallsmätningar i skogsytor. Trädkronorna fungerar som provtagare och filtrerar torra partiklar och gaser från luften. Föroreningarna sköljs sedan ner av nederbörden och samlas upp i tio trattförsedda dunkar per skogsyta. Dessa tio delprov slås samman till ett sammelprov. Under vinterperioden ersätts dunkar och trattar av hinkar. Provinsamlarna är placerade utmed ytans diagonaler enligt från början utslumpade avstånd från hörnen. För att minska inverkan av fältskikt och snödrev är insamlarna placerade på stolpar, minst 0,5 m ovan mark.



Figur 2.2 Princip för nedfallsmätningar i en skogsyta.

För att minimera effekten av ljusinstrålning är samtliga dunkar försedda med aluminiumfolie som reflekterar solstrålarna och håller temperaturen i proverna nere. För att inte behöva diska dunkarna vid varje provtagningstillfälle används plastpåsar av livsmedelskvalitet. Dessa påsar byts vid varje provtillfälle.

Nedfallsinsamlarna på öppet fält och i skogsytorna töms en gång i månaden. Exponeringstid, antal trattar, trattadie och volym noteras och proven analyseras på IVL's ackrediterade laboratorier enligt tabell 2.1.

Tabell 2.1 Parameterlista för nederbörds- och krondroppsprover.

Vad?	Hur?
surhetsgrad, pH	SS 028122-2
eventuell alkalinitet	SS 028139
konduktivitet, ledningsförmåga	SIS 028123
ammoniumkväve, NH ₄ -N	Tecator ASN, 50-05/90
sulfatsvavel, SO ₄ -S	Jonkromatograf EPA test metod 300.0 (Dec 1989), SS 02 84 21
klorid, Cl	(utgåva 1)
nitratkväve, NO ₃ -N	-"

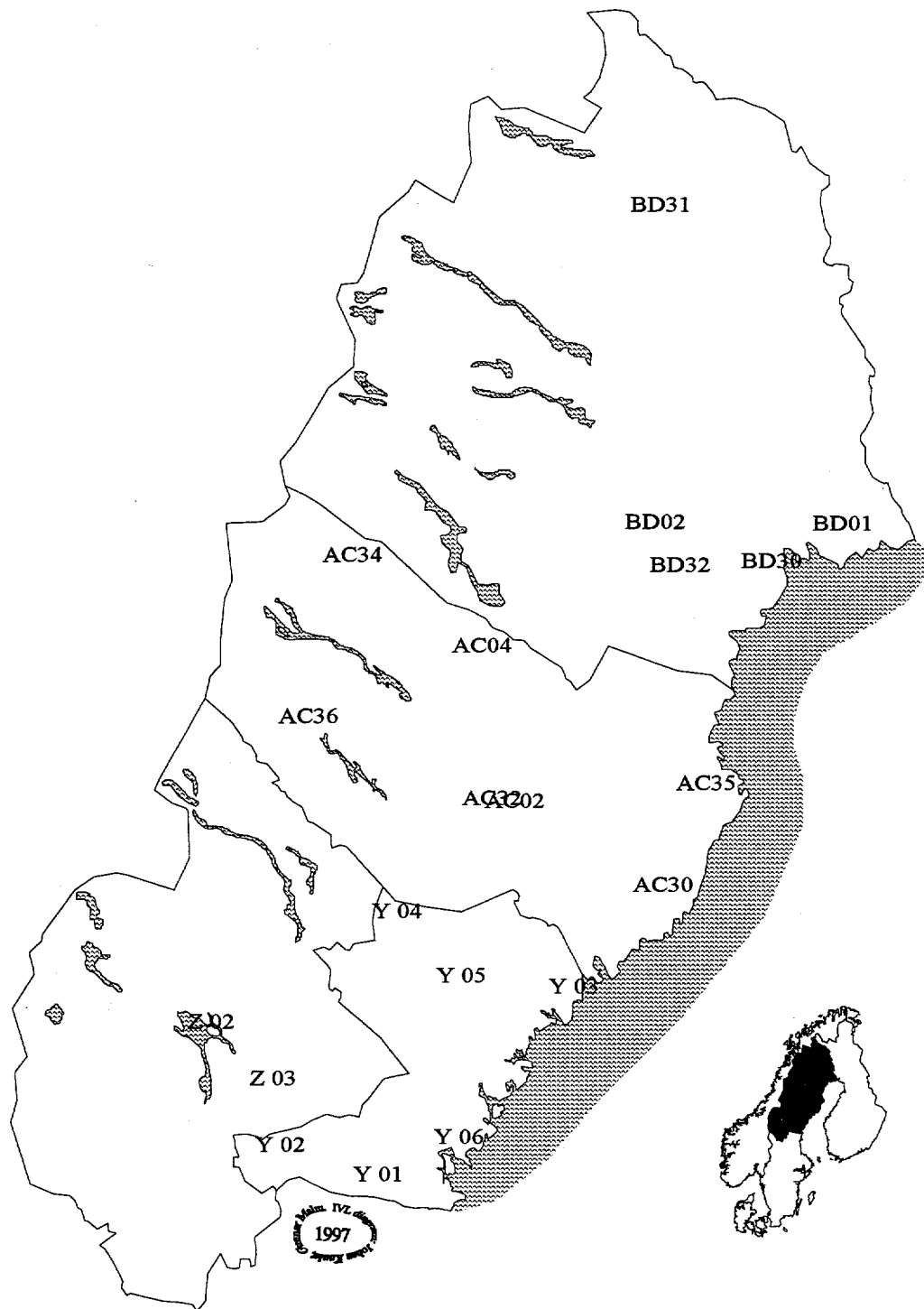
Tabell 2.2 Parameterlista för markvattenprover.

Vad?	Hur?
pH, surhetsgrad	SS 028122-2
alkalinitet, buffertkapacitet	SS 028139
SO ₄ -S sulfatsvavel	Jonkromatograf, EPA metod 300.0 (Dec 1989)
Cl, klorid	"-
NO ₃ -N, nitratkväve	"-
NH ₄ -N, ammoniumkväve	Tecator ASN 50-05/90
TOC, totalt organiskt kol	SS 028199
Ca, kalcium	Jonkromatograf, Small, H., 1989. New York, Pelnum Press
Mg, magnesium	"-
Na, natrium	"-
K, kalium	"-
Fe, järn	Atomabs, grafitugn SS 028184 eller flamma SS 028152-2
Mn, mangan	Jonkromatograf, Small, H., 1989. New York, Pelnum Press
TAl, totalt aluminium	Atomabs, grafitugn SS 028184 eller flamma SS 028152-2
ToAl, totalt organiskt alum.	Jonbyte enl. Driscoll -84, atomabs. med grafitugn
ooAl, oorganiskt aluminium	TAl - ToAl

2.4 Provstationer

Depositionsmätningarna sker på flertalet platser i för ändamålet etablerade provtytor i skog. Några stationer har sedan tidigare etablerats av Skogsvårdsstyrelsen (SVS) i respektive län för studium av skogsskador. Skogen utgörs av medelålders till gammal granskog och lokalerna är valda så att inverkan från stora lokala utsläppskällor skall undvikas. Stationsnätet under 1995/96 framgår av kartan i figur 2.5. Ytterligare information om lokalerna framgår av tabell 2.4.

Många av de observationsytor som etablerades 1984 är idag inte längre lämpliga för mätning av skogsskador. Cirka 250 nya lokaler i landet har därför valts ut för fortsatt mätning av skogsskador, både som nationella och internationella (så kallade EU-tytor) observationsytor. Kraven på ytorna har varit mycket strikta, både med tanke på objektiv utläggning, kriterier för skog, mark och avstånd till föroreningskällor med mera. Förändrat stationsnät för skogliga observationsytor har även fått till följd att stationsnätet för deposition och markvatten förändrats under 1995/96 med nedläggning av vissa gamla, och uppstart av nya, lokaler. Stationsnätet har ändrats mer i södra Sverige än i norra Sverige. Med syfte att bibehålla gamla mätserier har strävan varit att någon eller några gamla lokaler i respektive län ska ingå i det nya mätnätet.



Figur 2.5 Stationsnät för krondroppundersökningar i norra Sverige under 1995/96.

Tabell 2.4 Provstationer i norra Sverige under 1995/96.

Provstation	Trädslag	Medelålder (år)	Mätperiod	Anm.
BD01, Gammelgården	tall	62	9601-	EU-yta
BD02, Myrberg	gran	92	9601-	EU-yta
BD30, Luleå	gran	120-140	9105-	
BD31, Esrange	gran		9105-	ej markvatten
BD32, Stockfors	tall	~153	9110-	
AC02, Brattfors	tall	72	9511-	EU-yta
AC04, Högbränna	gran	82	9511-	EU-yta
AC30, Bäcksjö	gran		9105-	
AC32, Vägsele	gran		9105-9510	Flyttat till EU-yta i närheten
AC34, Ammarnäs	gran		9105-	
AC35, Holmsvatten	gran		9110-	ej markvatten
AC36, Stora Njakafjäll	gran	~110-140	9210-9510	Flyttat till EU-yta
Y01, Stöde	gran	~97	9105-9609	Flyttat till EU-yta i närheten
Y02, Snöberg	gran	65	9110-	
Y03, Lakamark	gran		9110-	
Y04, Ruskhöjden	gran		9110-	
Y05, Hällvattnet	gran		9210-	
Y06, Storsjön	gran		9210-	
Z01, Kall	gran	90	9007-9509	
Z02, Rödön	gran		9306-9509	
Z03, Gällö	gran	95	9007-	

2.5 Kvalitetskontroll

Hela kedjan från programskrivning till rapportering är viktig för att slutresultatet skall vara av god kvalitet. För att uppnå detta finns provtagningsmanualer som noga beskriver provtagningsförfarandet i fält. Eventuella anmärkningar noteras på fältprotokoll. Med undantag för speciering av aluminium i markvatten används endast ackrediterade analysmetoder och laboratorier.

Vid inmatning av analysresultat i databasen ingår valideringsrutiner som automatiskt ställs mot inmatade värden. Detta är ett första steg som främst kan påvisa eventuella mätfel och inmatningsfel.

Därefter krävs en manuell genomgång av materialet som innebär att analysresultat från olika parametrar och näraliggande lokaler jämförs. Om ett prov saknas, är uppenbart förorenat, eller ett mätvärde är uppenbart felaktigt måste det strykas. Vad gäller depositions-mätningarna måste ett nytt värde uppskattas för att den sammanlagda depositionen under mätperioden skall bli så rättvisande som möjligt. Uppskattade data markeras i databasen. Processen innebär en subjektiv bedömning, grundad på erfarenhet och eventuella protokollsanteckningar. Kriterier för "felaktigt" värde kan exempelvis vara:

- anmärkningar på fält- och analysprotokoll
- stor avvikelse jämfört med resultat från kringliggande lokaler eller tidsperioder
- tidigare observerad samvariation med andra mätparametrar/lokaler, upphör plötsligt
- obalans mellan jonstyrka (konduktiviteten) och mängden uppmätta joner
- obalans mellan uppmätta positiva och negativa joner
- stor avvikelse från långtidsmedelvärdet

Vid tveksamheter gäller principen hellre fria än fälla och uppmätt värde får stå kvar.

Tabellen nedan visar en sammanfattning av antalet uppskattade värden på de olika lokalerna i norra Sverige under det hydrologiska året från oktober 1995 till september 1996. Volymsuppskattningar anges specifikt eftersom dessa styr depositionen av samtliga ämnen den månaden.

Tabell 2.5 *Antal uppskattade värden på provstationer i norra Sverige under det hydrologiska året 1995/96. (Endast lokaler med fullständigt mätår.)*

Provstation	Öppet fält		Kronddropp			
	Antal uppskattningar Volym	Antal <-värden Övrigt	Antal uppskattningar Volym	Antal <-värden Övrigt	Antal <-värden	
BD30 A	-	4	-	1	5	11
BD31 A	5	21		3	2	13
BD32 A	1	11	1	1	12	3
AC04 A	1	16	2	1	10	12
AC30 A			4			8
AC34 A			5			17
AC35 A	1	3				12
Y01 A	2	7	4			8
Y02 A			1			8
Y03 A	1	6	1			12
Y04 A	1					9
Y05 A			1			11
Y06 A						6
Z03 A	2	5		2		10
Summa	14	63	19	8	29	140
Totalt antal	168	1008 analysvärden		168	1008 analysvärden	
% av totalt	8	7	2	5	3	14

I Luleå (BD30 A) och Stockfors i Älvsbyns kommun (BD32 A) har provtagningen i stort sett fungerat mycket bra. Gjorda uppskattningar i Luleå beror på ett kraftigt förorenat kronddropsprov i september -96. För Stockfors del är orsaken en informationsmiss, som resulterade i att två prover inte skickades in, samt förorenat öppet fält prov i december och förorenat kronddropsprov i juli. Det stora antalet uppskattningar i Erange (BD31 A) beror dock till största delen på problem med provtagning under sommaren.

I Högbränna (AC04 A) startade mätningarna i november -95 och resultat för oktober uppskattades. I Holmsvatten (AC35 A) visade pH, alkalinitet och ammoniumkväve kraftigt förhöjda värden på öppet fält i juni och värdena uppskattades. I Stöde hade snösäcken kommit ur läge i mars och april och vissa resultat uppskattades. Decemberprovet från öppet fält i Lakamark visade 6 gånger mer nederbörd än övriga lokaler och samtliga analyser visade kraftigt förhöjda värden och resultat uppskattades i stället. Uppskattningarna från Gällö i Jämtland beror på avvikande och osäkra analysresultat till följd av lång tid mellan provtagning och ankomst till laboratoriet för analys.

Alla värden under detektionsgränsen (<-värden i tabellen) har gällt kväve som då varit under 2 - 10 µg/l. Detta är vanligast i kronddropp beroende på kväveupptag i trädkronorna.

3. Väderlek

Betydligt mindre nederbörds mängder än normalt noterades i hela Norrland under hydrologiska året 1995/96. Mest markant var detta under höst och vintermånaderna. Som medelvärden för hela perioden var temperaturerna normala.

Den aktuella vädersituationen under provperioden påverkar nedfallet av luftföroreningar och har därmed stor betydelse för utvärderingen av resultaten. Till exempel är våtdepositionen till stor del beroende av aktuell nederbörds mängd och intransport av föroreningar är till stor del beroende av aktuella vindar. Redovisad väderinformation har hämtats från Väder och Vatten (SMHI 1995 och 1996). Data från åtta SMHI-stationer, fördelat på två lokaler per län, används som referens till övervakningsprogrammets mätdata. Temperatur och nederbörd på dessa platser redovisas i tabell 3.1.

Det hydrologiska året från oktober 1995 till september 1996 inleddes med en som helhet mild oktober, även om både början och slutet på månaden var förhållandevis kalla. November var kylig med mindre nederbörds mängder än normalt i större delen av norra Sverige. Undantaget utgörs av nordvästra Lappland som fick mer nederbörd än normalt, vilket bland annat medförde nytt snörekord för november i Katterjåkk. Även december var förhållandevis kall (speciellt i områdets sydöstra och nordöstra delar) och extremt lite nederbörd noterades. Den extrema torra som rått vid södra Norrlandskusten under hösten fortsatte och december -95 var den nederbördsfattigaste som redovisats sedan mätning av nederbörds mängd startade 1860.

Extremt små nederbörds mängder gäller även januari -96, och månaden var 2-6°C varmare än normalt. Februari bjöd på riktigt vinterväder även om snötillgången var rekordlåg i norra Norrlands inre delar. Små nederbörds mängder noterades även i mars och vinterkylan kombinerat med det tunna snötäcket medförde bland annat mycket djup tjäle. Aprilväder med omväxlande milda och kyliga perioder medförde normal medeltemperatur för månaden. Även nederbörds mängderna var normala i större delen av området. Maj och juni var kyliga med normala till rikliga nederbörds mängder. Relativt normala temperaturer och nederbörds mängder noterades i juli. Med augusti kom högt tryck, värme som gjorde augusti till årets varmaste månad. Nederbörds mängderna var små längs ostkusten. Det hydrologiska året avslutades med en temperaturmässigt normal septembermånad med mindre nederbörds mängder än normalt i större delen av Norrland.

Tabell 3.1 Temperatur (°C) och nederbörd (mm) under det hydrologiska året 1995/96, jämfört med perioden 1961-90. Nederbörden är ej korrigerad för avdunstning och andra felkällor hos mätutrustningen. Data från SMHI.

Månad	Temperatur, °C		Nederbörd, mm		Temperatur, °C		Nederbörd, mm	
	95/96	61-90	95/96	61-90	95/96	61-90	95/96	61-90
	Kiruna-Esrange				Luleå flygplats			
Oktober	-2,2		70	49	4,4	3,0	53	50
November	-10,6		46	43	-5,9	-4,0	27	52
December	-17,4		4	32	-11,8	-9,0	12	41
Januari	-10,8		3	30	-6,5	-11,5	4	40
Februari	-14,9		18	24	-12,2	-10,7	23	28
Mars	-7,7		13	26	-5,5	-6,0	8	32
April	-2,6		49	24	0,3	0,1	41	29
Maj	1,6		21	29	5,1	6,4	31	33
Juni	9,7		63	47	11,8	13,0	84	33
Juli	12,6		72	78	14,6	15,5	55	50
Augusti	13,2		44	70	16,3	13,6	25	60
September	4,4		19	52	8,4	8,3	65	58
Medeltemp	-2,1				1,6	1,6		
Totalt nb			422	504			428	506
	Dikanäs-Skansnäs				Umeå flygplats			
Oktober	1,7	0,3	52	62	5,8	3,8	45	65
November	-7,0	-6,8	26	60	-3,6	-2,4	30	76
December	-11,9	-10,4	14	52	-9,4	-6,6	12	56
Januari	-8,5	-12,9	7	49	-4,7	-9,1	*~6	49
Februari	-13,4	-11,0	22	37	-11,7	-8,6	9	39
Mars	-6,4	-7,0	9	43	-3,5	-4,3	12	41
April	-0,5	-1,8	29	35	1,4	1,2	14	36
Maj	3,7	4,5	41	45	6,3	7,3	52	41
Juni	9,0	10,1	96	67	12,1	13,0	58	44
Juli	11,1	11,8	86	103	14,0	15,2	99	53
Augusti	12,9	10,0	45	84	16,0	13,5	15	78
September	5,5	5,2	57	74	8,8	8,7	36	73
Medeltemp	-0,3	-0,7			2,6	2,6		
Totalt nb			484	711			(388)	651
	Junsele				Sundsvalls flygplats			
Oktober	4,6	2,7	37	48	5,9	4,5	26	52
November	-6,6	-4,9	45	45	-3,5	-2,0	19	55
December	-14,3	-10,0	8	41	-9,6	-6,7	2	52
Januari	-9,3	-12,1	8	37	-6,1	-9,0	7	40
Februari	-13,7	-9,8	16	28	-10,6	-7,9	13	30
Mars	-4,2	-4,4	20	29	-2,5	-3,1	12	34
April	2,2	1,3	39	30	2,5	2,1	16	31
Maj	6,6	7,8	35	39	6,4	7,8	54	38
Juni	12,2	13,1	87	51	12,4	13,4	72	43
Juli	13,7	14,4	107	82	14,2	15,3	65	62
Augusti	15,7	12,6	38	61	15,9	14,0	37	67
September	8,0	7,7	32	61	9,1	9,4	37	66
Medeltemp	1,2	1,5			2,8	3,2		
Totalt nb			472	552			360	570
	Gäddede				Frösön			
Oktober	3,9	3,0	102	80	5,7	3,8	38	37
November	-3,5	-2,9	54	70	-2,5	-2,2	22	31
December	-6,9	-6,8	55	79	-6,2	-6,1	4	31
Januari	-6,5	-9,9	10	74	-7,7	-8,6	2	27
Februari	-10,9	-8,8	35	52	-9,6	-7,3	23	21
Mars	-4,4	-5,0	10	55	-2,7	-3,6	28	23
April	0,8	0,0	34	38	2,3	1,0	36	28
Maj	4,7	5,8	33	43	5,2	7,2	43	35
Juni	9,7	10,6	101	62	10,5	11,8	107	57
Juli	11,7	12,6	66	92	12,5	13,4	53	76
Augusti	14,7	11,5	55	82	15,6	12,3	45	60
September	7,0	7,2	46	91	7,9	8,0	19	59
Medeltemp	1,7	1,4			2,6	2,5		
Totalt nb			601	818			420	485

*av IVL uppskattat värde

4. Resultat

4.1 Koncentration i nederbörd

Resultaten från det hydrologiska året 1995/96 visar små nederbördsmängder; runt 450 mm över hela området. De visar en gradient med surare nederbörd och högre halter av svavel på kustnära lokaler, jämfört med lokaler längre in i landet. Nederbörden har dock varit mindre sur, och innehållit mindre svavel, 1995/96 än året innan. Som medelvärde för alla norrlandslokaler gäller pH 4,9 och svavelkoncentrationen 0,4 mg/l ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$). Kvävehalterna var som regel låga, knappt 0,2 mg/l som medelvärde av vardera ammoniumkväve och nitratkväve, vilket är ungefär desamma som året innan.

Figur 4.1-4.6 visar nederbördsmängd och volymvägd medelkoncentration i nederbörd (öppet fält) från samtliga lokaler i norra Sverige under perioden oktober 1995 till september 1996. Vid beräkning av volymvägd medelkoncentration divideras den totala depositionen av ett ämne med den totala nederbördsmängden. Detta gör att en stor mängd nederbörd med en viss koncentration av ett ämne under en enskild månad, påverkar volymvägd medelkoncentration mer än om nederbördsmängden var liten.

Figur 4.1 visar detta året relativt likartade **nederbördsmängder** över hela området med cirka 450 mm på samtliga lokaler. Nederbörden var dock betydligt mindre detta år jämfört med året innan, då mängderna var betydligt större längs kusten än längre inåt landet och medelvärdet från alla lokaler var 645 mm. Detta får i sin tur stora konsekvenser för nedfallet; med likartade koncentrationer av föroreningar i nederbörden resulterar det i mindre våtdeposition och mindre regional variation under 1995/96 än året innan.

I figur 4.2 har volymvägd medelkoncentration av vätejoner räknats om till **pH-värden**. Ju högre koncentration av vätejoner, desto surare vatten och lägre pH. Figuren visar att nederbördens pH-värde som genomsnitt var 4,9 och generellt lägre på kustnära lokaler (4,6-4,8) än längre in i landet (5,0-5,2).

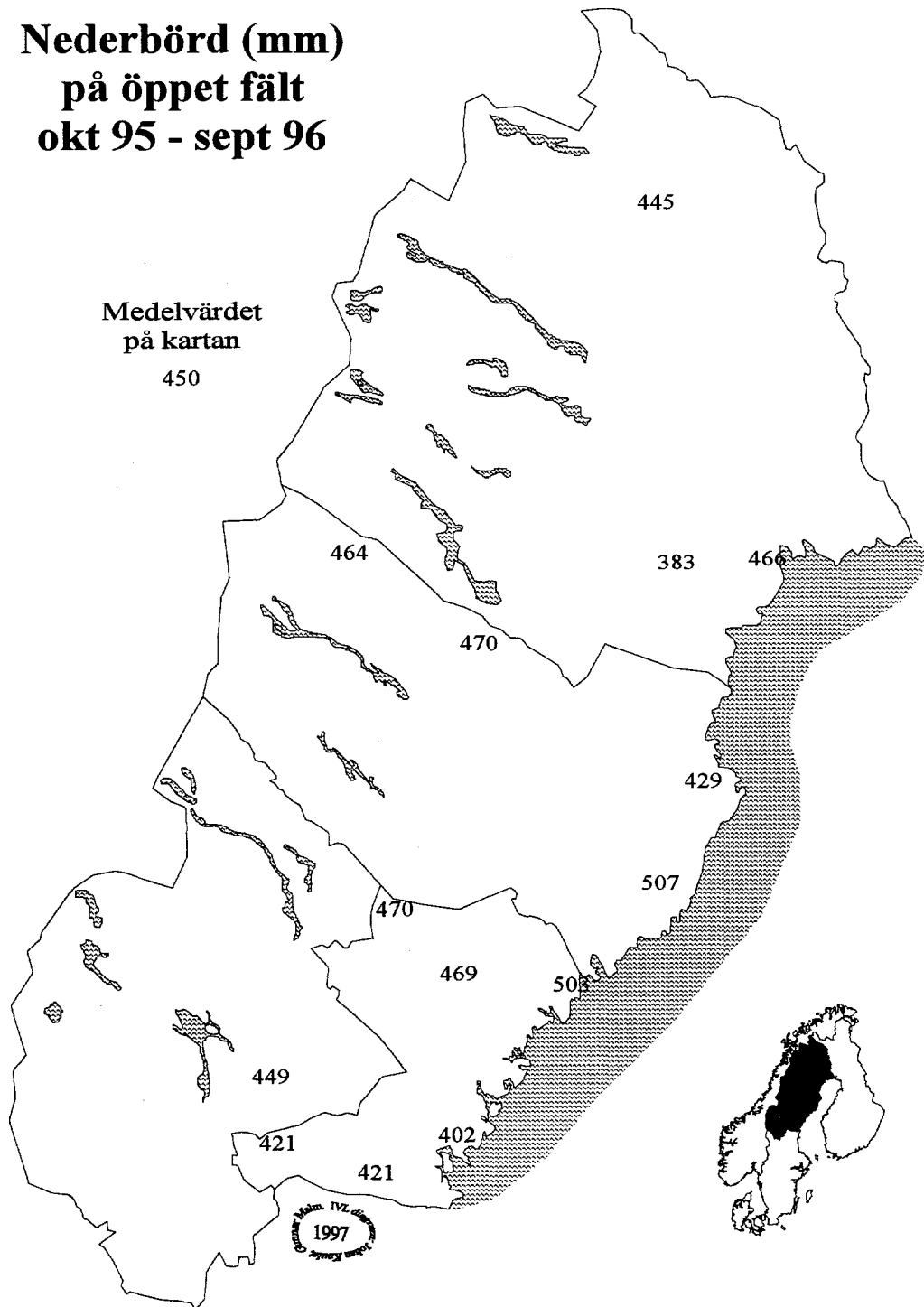
När det gäller **svavel** kan det anges både som $\text{SO}_4\text{-S}$ och $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$. Med $\text{SO}_4\text{-S}$ menas sulfatsvavel, inklusive svavel från havssalter. $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ innebär "icke-marint" svavel, där svavel med ursprung i havssalter har räknats bort med hjälp av uppmätta kloridvärden samt en känd relation mellan klorid och svavel i havssalt. Huvuddelen av detta "icke-marina" svavel kommer från antropogena källor, såsom förbränning av fossila bränslen. Utöver antropogena källor kan mindre svavelbidrag även komma från vulkanutbrott. I fortsättningen kommer termen antropogent svavel att användas för $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$. Orsaken till uppdelningen är den stora variationen av havssaltets bidrag till svavelnedfallet i olika delar av Sverige. Dessutom har svavel från havssalter inte samma försurande verkan som svavel från förbränning, eftersom det avges och transporteras från havet som neutralt salt, med ekvivalenta mängder av svavel och baskatjoner.

Nederbördens surhet beror bland annat på innehåll av svavel. Analogt med surare nederbörd längs kusten än längre in i landet visar figur 4.3 högre svavelhalter på kustnära lokaler än i inlandet. Medelvärdet för kustnära lokaler var ungefär dubbelt så högt som på inlandslokalerna; 0,4-0,6 jämfört med 0,2-0,3 mg $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ /l. Figuren visar generellt lägre halter detta år jämfört med 1994/95.

Figur 4.4 och 4.5 visar att koncentrationen av **nitratkväve** och **ammoniumkväve** var låga; som genomsnitt knappt 0,2 mg/l, vilket är ungefär detsamma som året innan. Ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), som till stor del kommer från djurhållning och hantering av stallgödsel, deponeras i allmänhet närmare källan än nitratkväve. Nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) härrör till största delen från förbränningsprocesser och där är biltrafik en viktig källa. På kustnära lokaler, speciellt Storsjön i Västernorrlands län och Bäcksjö i Västerbottens län, var kvävehalterna högre än på lokalerna längre in i landet.

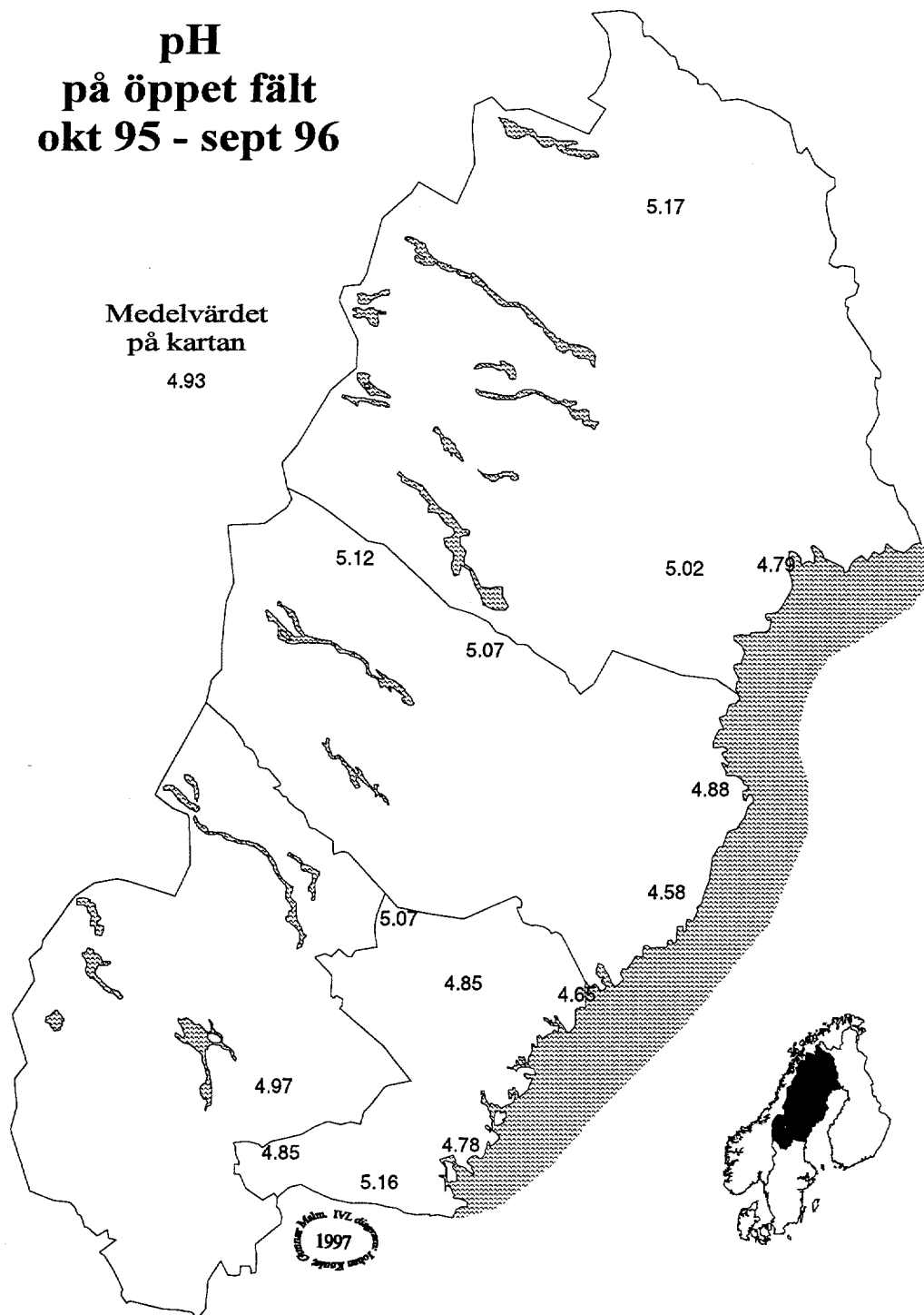
Kloridhalterna i figur 4.6 visar låga, relativt likartade värden, runt 0,4 mg Cl/l. Tidigare års mätningar har visat högre halter på de västligaste lokalerna orsakat av västlig intransport av havssalt från Atlanten och in över fjällkedjan.

Nederbörd (mm) på öppet fält okt 95 - sept 96



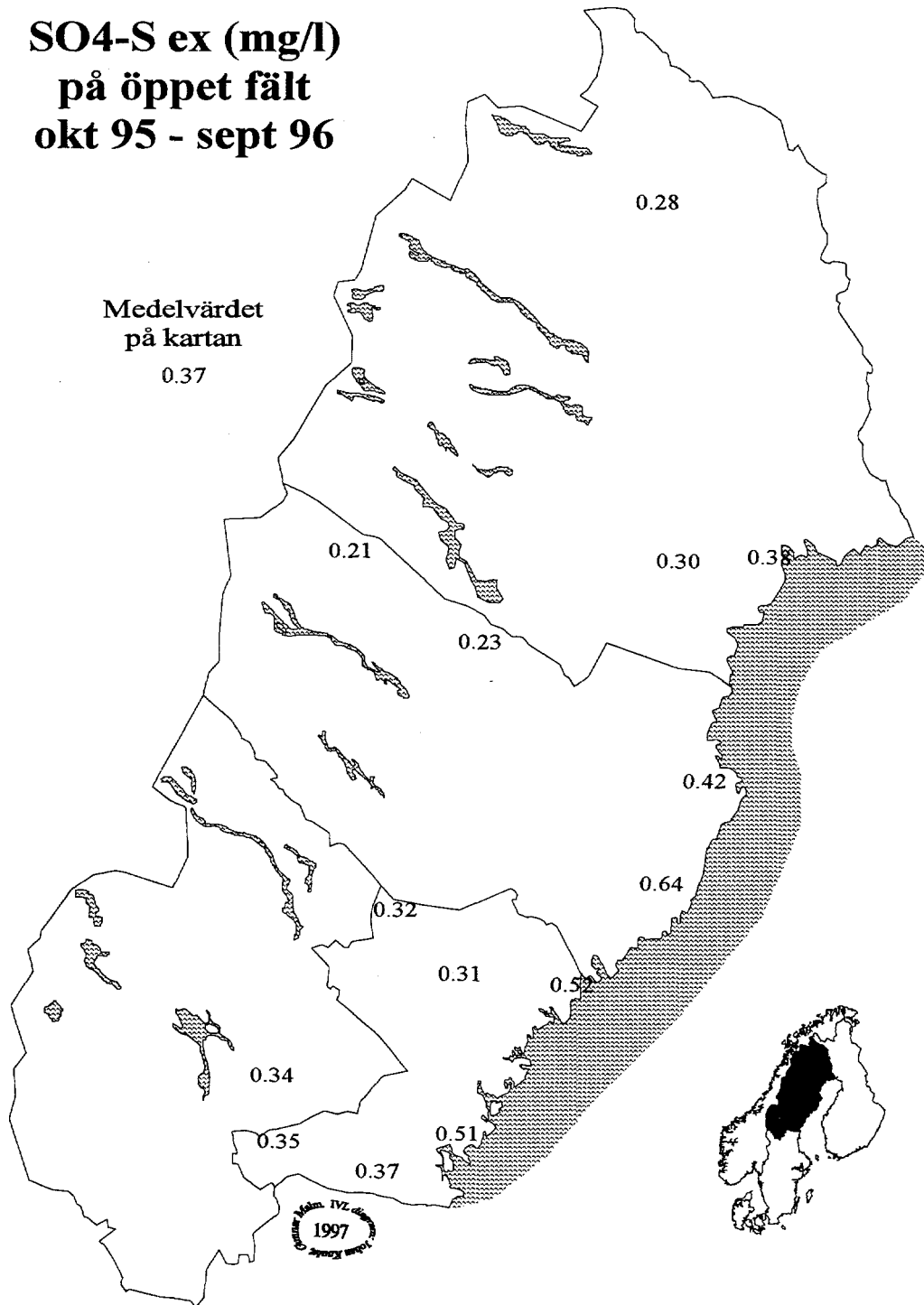
Figur 4.1 Nederbördsmängder, hydrologiska året 1995/96.

**pH
på öppet fält
okt 95 - sept 96**



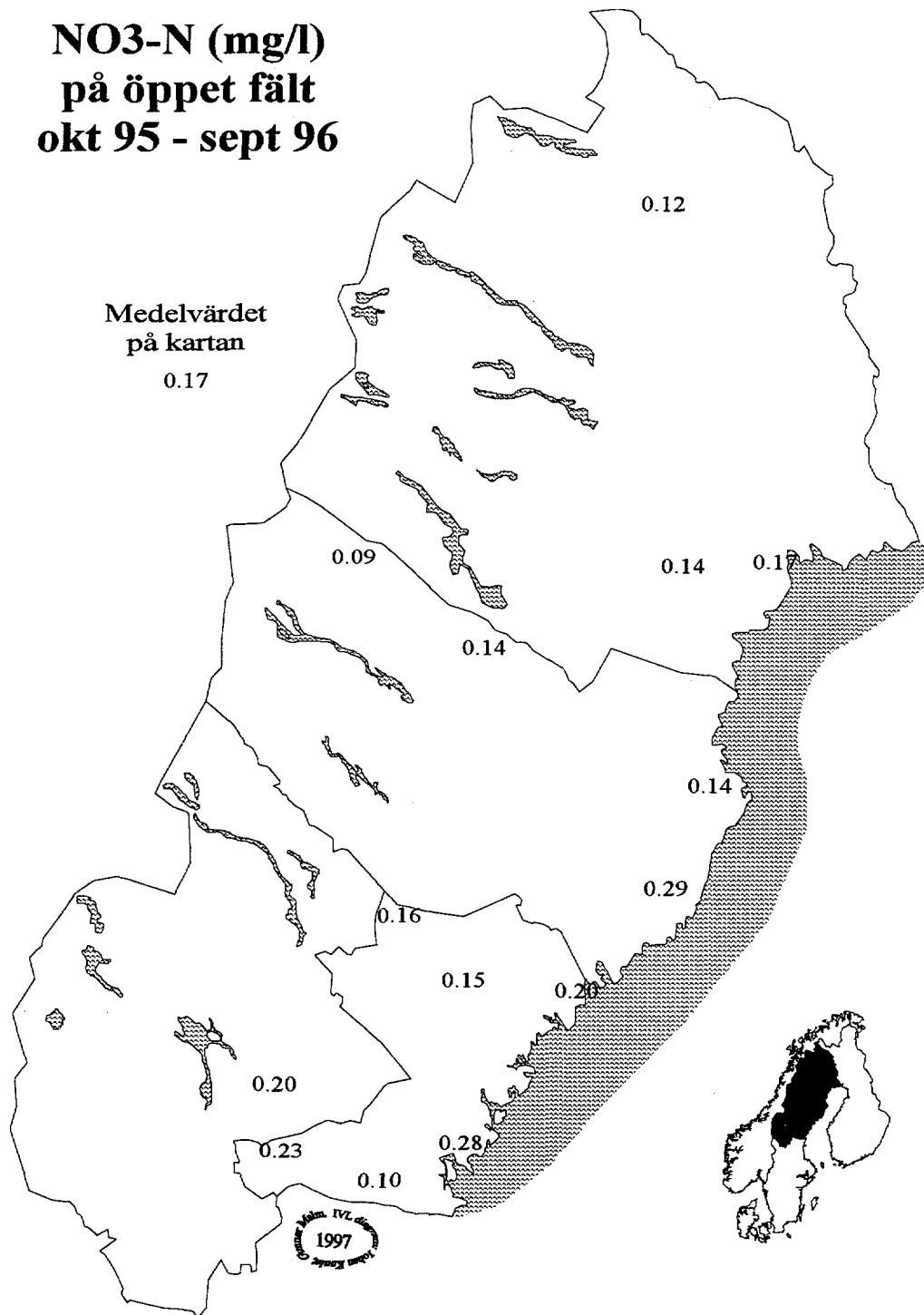
Figur 4.2 Volymvägda medelvärden av pH i nederbörd, hydrologiska året 1995/96

SO₄-S ex (mg/l)
på öppet fält
okt 95 - sept 96



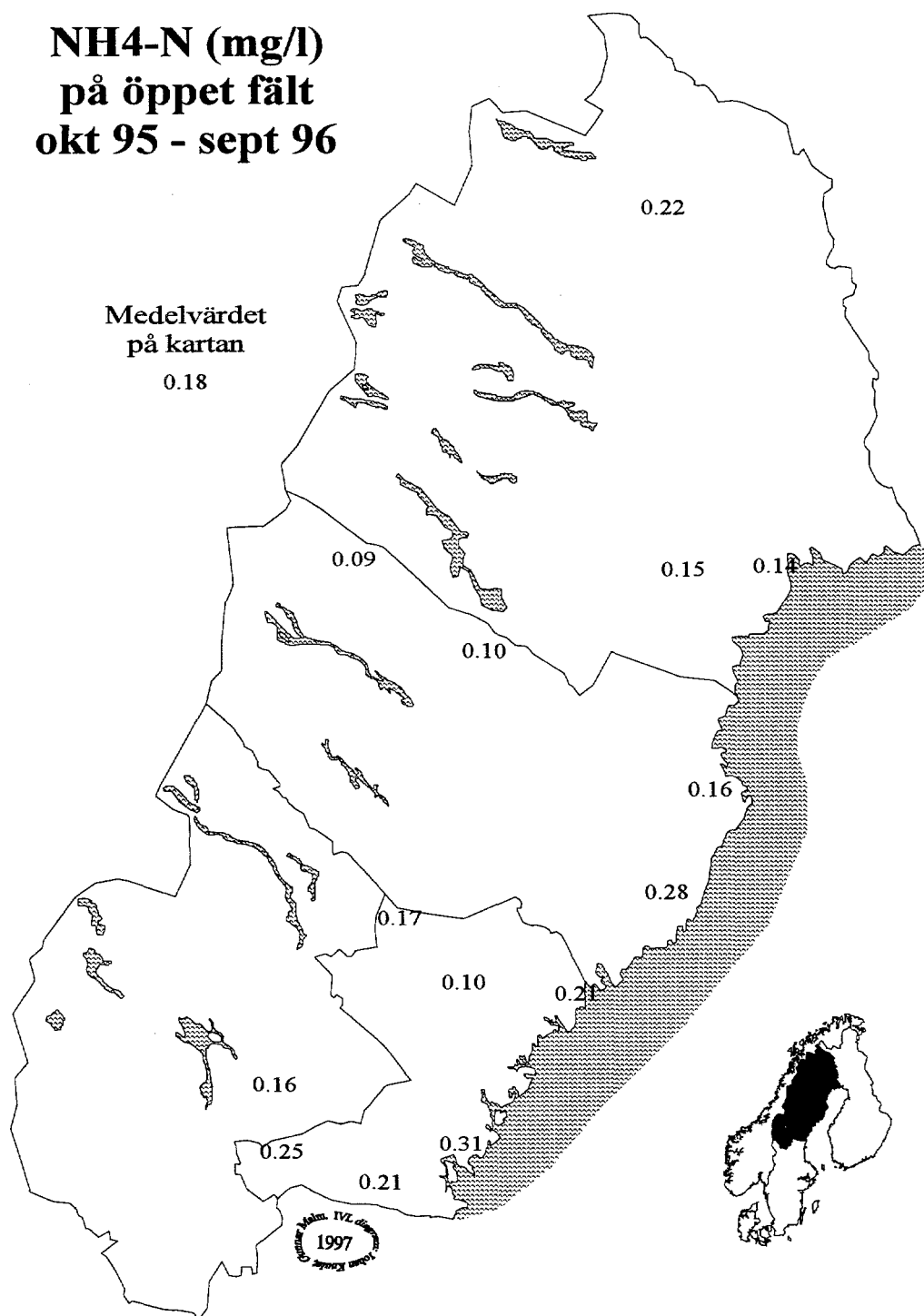
Figur 4.3 Volymvägda medelkoncentrationer av antropogent svavel i nederbörd, hydrologiska året 1995/96.

**NO₃-N (mg/l)
på öppet fält
okt 95 - sept 96**



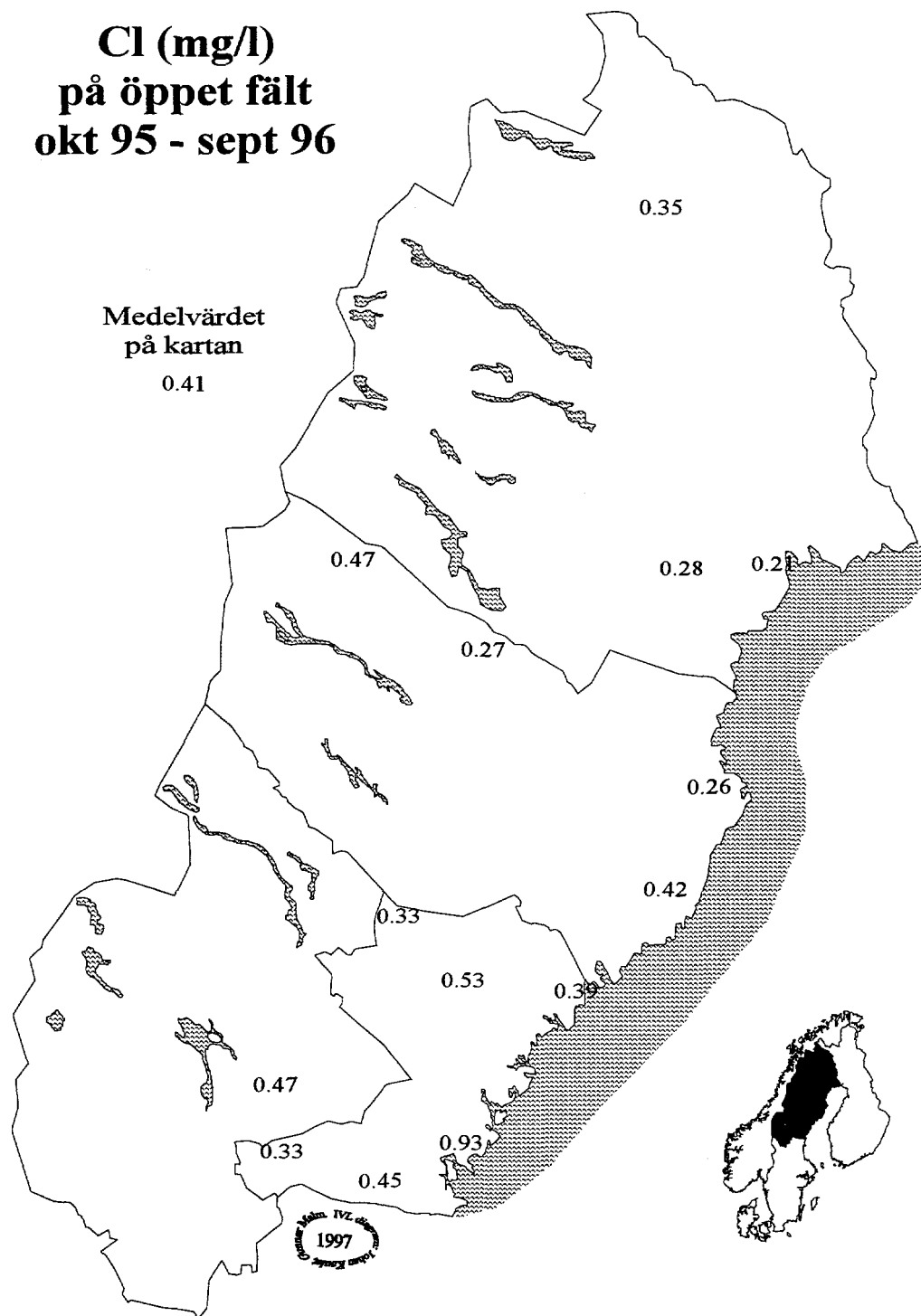
Figur 4.4 Volymvägda medelkoncentrationer av nitratkväve i nederbörd, hydrologiska året 1995/96.

NH₄-N (mg/l)
på öppet fält
okt 95 - sept 96



Figur 4.5 Volymvägda medelkoncentrationer av ammoniumkväve i nederbörd, hydrologiska året 1995/96.

**Cl (mg/l)
på öppet fält
okt 95 - sept 96**



Figur 4.6 Volymvägda medelkoncentrationer av klorid i nederbörd, hydrologiska året 1995/96.

4.2 Nedfall

Nedfallet visar en gradient med större nedfall av svavel och kväve längs kusten än längre in i landet. Cirka 70% av nederbörden har nått marken i form av kronddropp. Till följd av surare nederbörd längs kusten var våtdepositionen av vätejoner på dessa lokaler dubbelt så stor jämfört med på inlandslokalerna. På kustnära lokaler var belastningen av svavel och kväve större än Naturvårdsverkets miljömål för Norrland; 2,5 kg svavel och 3 kg kväve per hektar och år. Betydligt mindre nedfall av kväve till skogsmarken än på öppet fält tyder på ett betydande upptag av kväve i trädskronorna, vilket är normalt i områden med låg eller måttlig deposition.

Figur 4.7-4.13 visar depositionen på öppet fält och i kronddropp på samtliga lokaler i norra Sverige under perioden oktober 1995 till september 1996.

Nedfallet på öppet fält är till stor del beroende av aktuella nederbördsmängder, men påverkas också av de regionala haltvariationer som redovisats i avsnitt 4.1 ovan. Nedfallet via kronddropp beror, utöver nederbördens sammansättning, bland annat på trädslag, exponeringsgrad och mängden gaser och partiklar i luften. När det gäller trädslag är granskog i allmänhet ett effektivare filter för gaser och partiklar än vad tall- och lövskog är. Biomassan av barr och grenar är betydligt större hos gran än hos tall, vilket innebär att den filtrerande ytan blir större, eftersom granens grenar är tunnare och barren mindre. I lövskogen är den filtrerande ytan minst när träden är avlödade under vintern; en period som åtminstone i södra Sverige kännetecknas av betydande intransport och förhöjda halter av gaser och partiklar i luften. Även i norra Sverige är torrdepositionen sannolikt störst under vinterhalvåret från oktober till mars, men deponerade ämnen sköljs inte av och deponeras till marken förrän sent på våren, när nederbörden huvudsakligen utgörs av regn. Detta gör att kronddroppsmätningar från norra Sverige oftast visar större deposition under sommarhalvåret än under vinterhalvåret (se figur 1-14 i bilagan) medan förhållandet är det motsatta i södra Sverige. I skogsbryn och andra exponerade lägen, såsom höjder eller västsluttningar, är torrdepositionen i allmänhet större än i mer skyddade bestånd. Effekten av skogens filtrerande kapacitet och exponeringsgrad är större i södra Sverige, där mängden gaser och partiklar i luften som regel är större än i norra Sverige.

Resultat från SMHI visar att **nederbördsmängderna** var mycket små under 1995/96. På de åtta jämförelsestationerna var nederbörden endast 60-85% jämfört med vad som varit normalt den senaste 30-årsperioden. Störst skillnad mellan detta och närmast föregående år noterades på Umeå Flygplats och i Bäcksjö, strax norr om Umeå, där nederbörden bara var ungefär hälften så stor under 1995/96 jämfört med året innan. Detta får stora konsekvenser för nedfallet av olika föroreningar som överlag visat lägre värden under 1995/96 jämfört med tidigare års mätningar i norra Sverige. Figur 4.7 visar att 2/3 av nederbörden nått marken i skogsytor. Lakamark i Västernorrlands län och Bäcksjö utanför Umeå avviker och där nådde hälften av nederbörden marken. Orsaken i Lakamark är sannolikt att skogens har ett väldigt tätt krontak (Klasson J-E, 1996) som gör att mycket av nederbörden aldrig når marken utan istället "fastnar" i krontaket för att sedan avdunsta direkt, alternativt att provytan ligger i någon form av "regnskugga". I höglänta områden visar nederbördsmängderna som regel stor lokal variation; andelen dimdeposition är större och den totala depositionen svårare att mäta på grund av starka vindar som påverkar insamlingen av nederbörd och kronddropp.

Till följd av surare nederbörd deponerades nästan dubbelt så mycket **vätejoner** längs kusten än längre in i landet (figur 4.8). Eftersom pH-skalan är logaritmisk kan en liten skillnad i pH-värde innebära en avsevärd skillnad i vätejonkoncentration, och större skillnad ju lägre pH-värdet är.

Även nedfallet av **svavel** var ungefär dubbelt så stort på de kustnära lokalerna än längre in i landet (figur 4.9). Det var generellt lägre 1995/96 jämfört med tidigare år; mellan 1-1,5 kg/ha ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$) som medelvärde för 3 lokaler i nordost och 3 kg/ha som medelvärde från 5 kustnära lokaler. På flera av lokalerna var nedfallet mindre till skogsmarken än på öppet fält. Troligtvis kan träden ta upp och metabolisera ungefär 1 kg svavel per hektar och år (Hellgren, 1992). Detta bör få större betydelse ju mindre den totala svavelbelastningen är. En annan faktor som kan spela större roll ju längre norrut man kommer (längre snöperiod med dålig tvätteffekt) är att en viss del av deponerat svavel som fastnar på barr, grenar och lavpåväxt inte sköljs av ordentligt innan det ramlar till marken som förnafall. Denna svaveldeposition kan inte mätas med hjälp av krondroppssinsamlarna, men understiger sannolikt 0,5 kg per hektar och år.

Även om ovanstående osäkerheter medräknas var svavelbelastningen under 1995/96 sannolikt under Naturvårdsverkets miljömål på nio av lokalerna. På de fem kustnära lokalerna var belastningen dock större än miljömålet, som innebär att den årliga svavelbelastningen i Norrland ej skall överskrida 2,5 kg/ha.

Nedfallet av **kväve** redovisas i figur 4.10-4.12 och illustrerar, genom betydligt mindre nedfall till skogsmarken än på öppet fält, ett betydande upptag av kväve redan i trädkronorna. Det kväve som tas upp i trädkronorna kan antingen användas för trädens tillväxt eller för påväxt av alger och lavar på trädens barr och grenar. På samma sätt som för svavel kan naturligtvis en viss del fastna på barr, grenar och lavar och deponeras i samband med förnafall.

På de kustnära lokalerna var nedfallet av kväve på öppet fält endast hälften så stort under senaste året jämfört med året innan; 2,0 kg/ha under 1995/96 jämfört med 4,4 kg/ha under 1994/95. Till största delen beror det på mindre nederbördsmängder. På de tre nordvästligaste lokalerna var nedfallet av kväve¹ betydligt lägre; drygt 1 kg/ha. För att få ett mått på den totala kvävebelastningen skall torrdeposition och deposition av organiskt kväve adderas. På samma sätt som våtdepositionen är torrdepositionen sannolikt större längs kusten än längre in i landet. Generellt kan totaldepositionen, inklusive torrdeposition, av oorganiskt kväve till skog i norra Sverige uppskattas vara 5-20% större än nedfallet på öppet fält. Deposition av organiskt kväve kan uppskattas vara i storleksordningen 1,5-2,5 kg per hektar och år i hela Sverige. Den organiska andelen får större relativ betydelse i områden med låg till måttlig belastning av kväve, som norra Sverige, än i södra Sverige med betydligt större kvävebelastning.

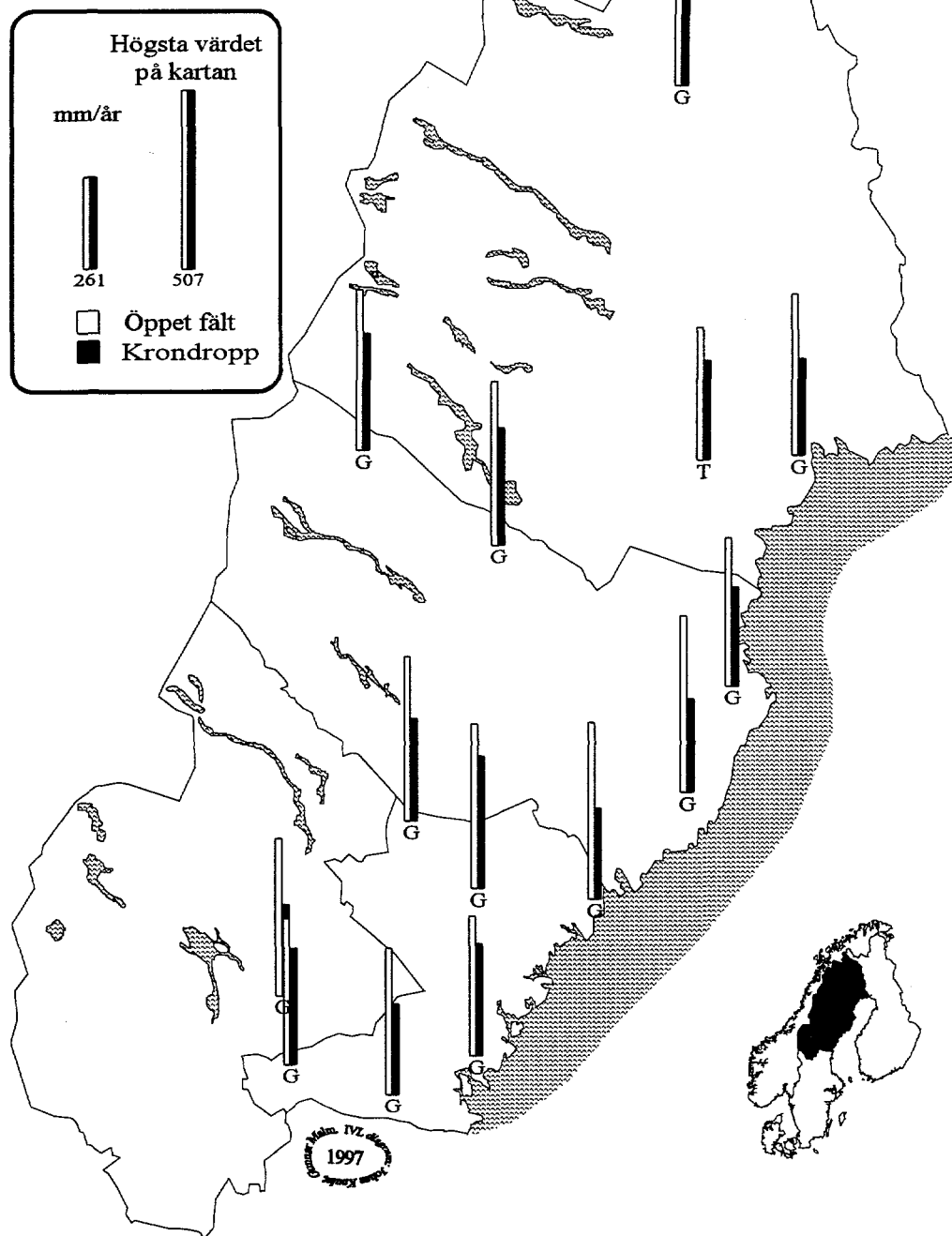
Sammantaget innebär detta att kustlokalerna sannolikt haft en kvävebelastning som överstiger den nivå på 3 kg per hektar och år som Naturvårdsverket angett som maximum för att känsliga delar av naturen inte skall ta skada på sikt. För övriga lokaler är det

¹ räknat som summan av ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$).

mer oklart; omfattningen av torrdeposition och deposition av organiskt kväve får större betydelse för att avgöra om man ligger över eller under gränsen.

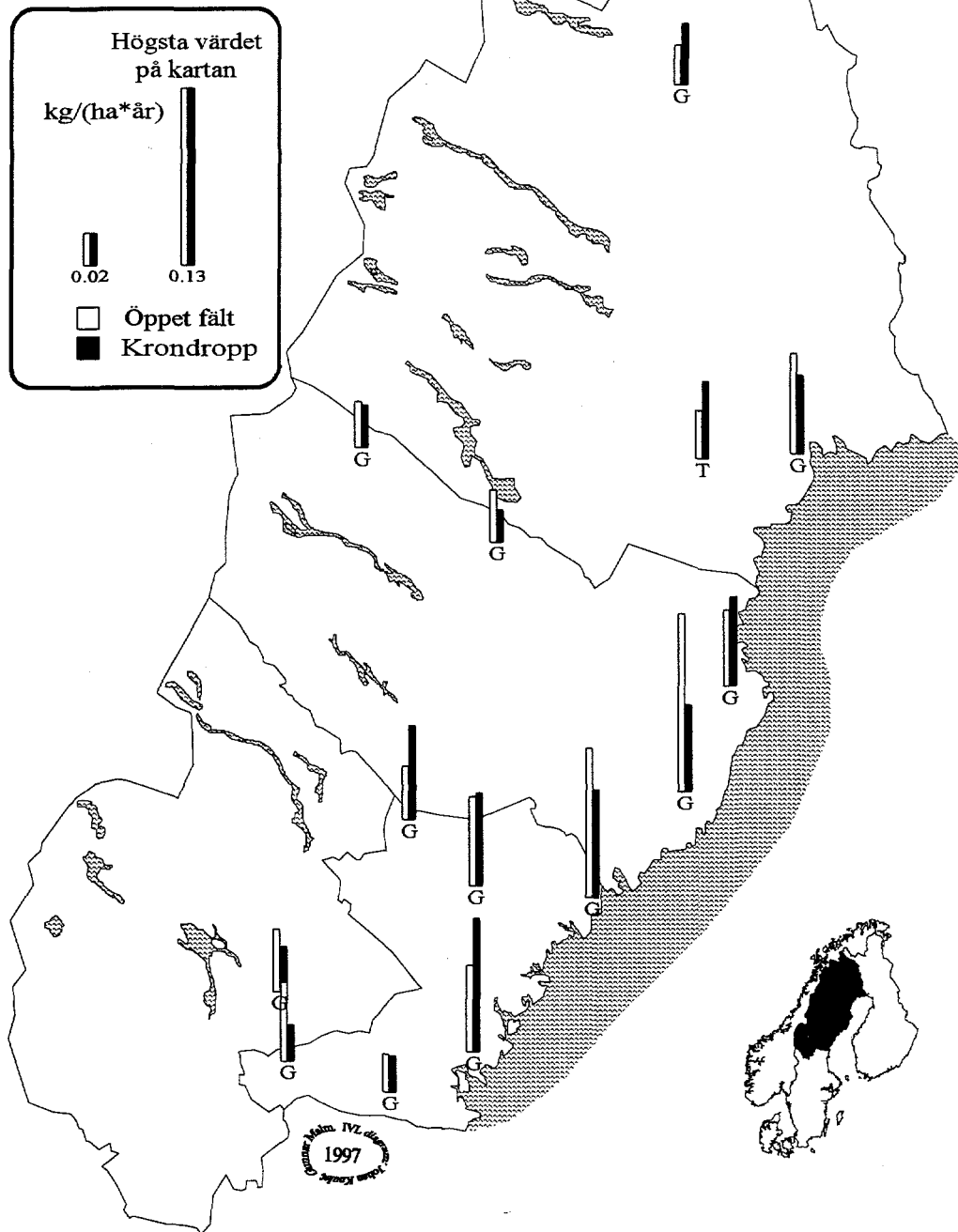
Nedfallet av **klorid** kan variera avsevärt mellan olika perioder och områden beroende på närheten till havet och hur blåsigt det har varit under den aktuella tiden. Figur 4.13 illustrerar att nedfallet till skogsmarken under det hydrologiska året 1995/96 varierade mellan 1,6 kg/ha i Stockfors (tallyta i Älvsbyns kommun) och 7,3 kg/ha i Gällö (granyta i Jämtland).

Nederbörd okt 95 - sept 96



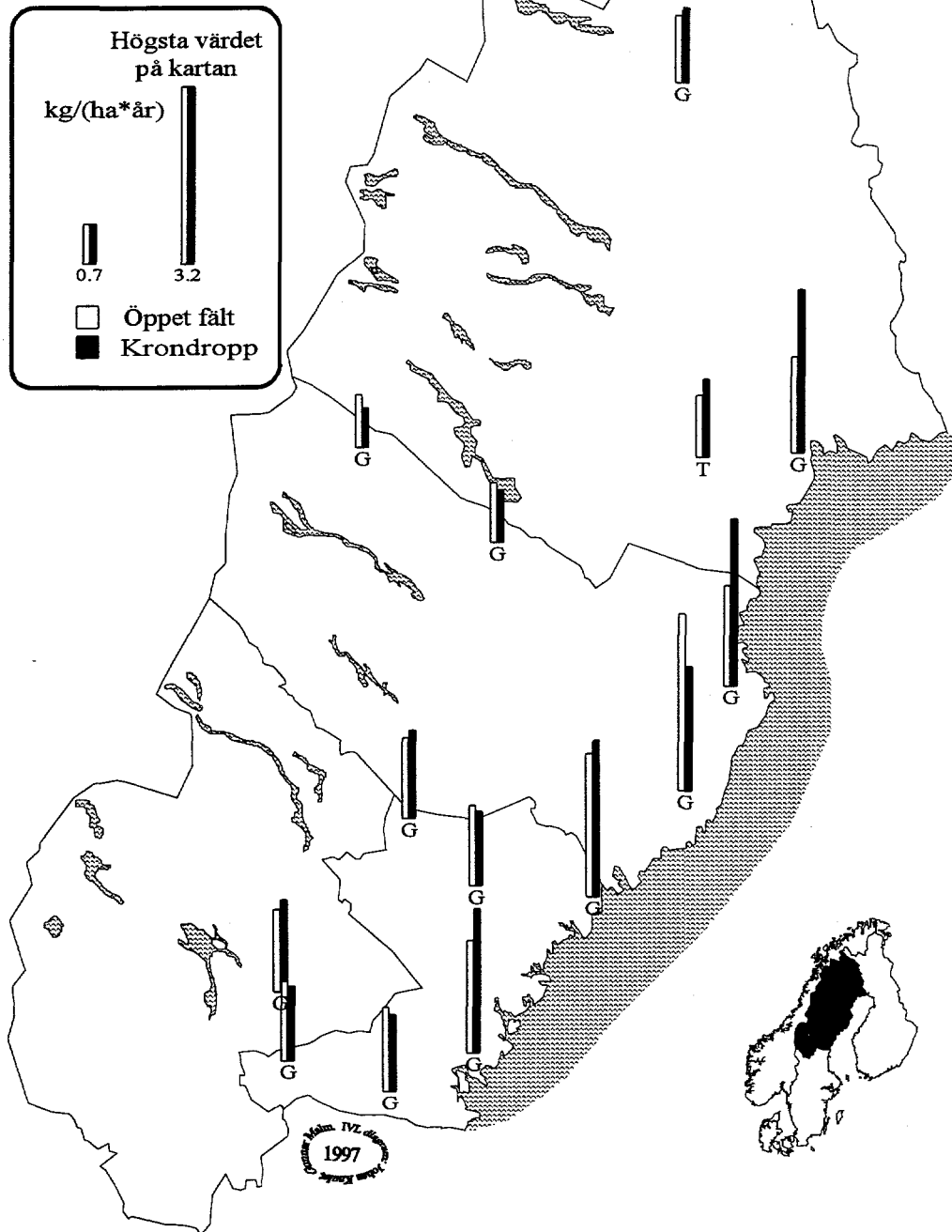
Figur 4.7 Nederbörd på öppet fält och i skogsytor (kron dropp), hydrologiska året 1995/96.

Vätejonnedfall okt 95 - sept 96



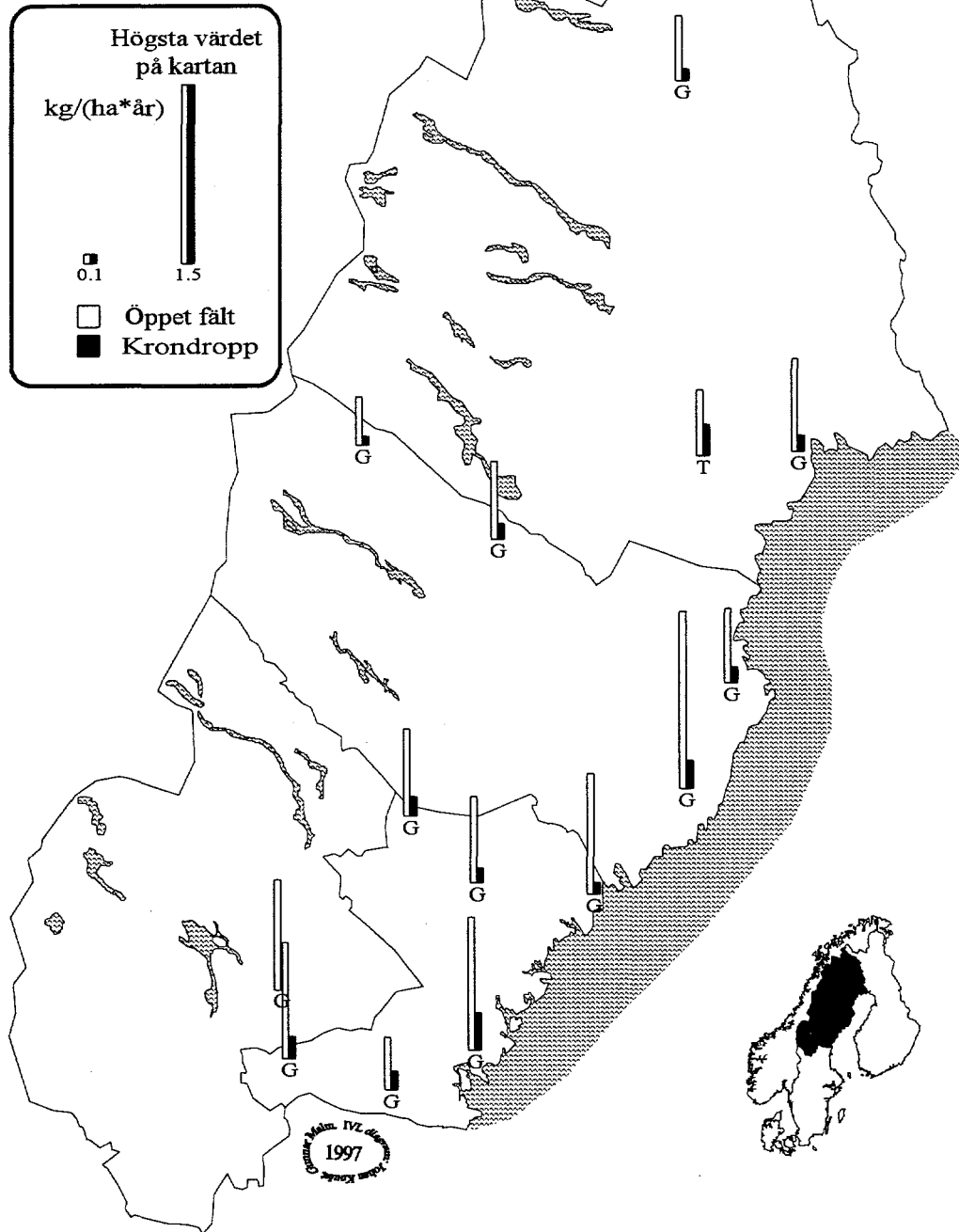
Figur 4.8 Nedfall av vätejoner på öppet fält och i skogsytor (krondropp), hydrologiska året 1995/96.

Svavelnedfall okt 95 - sept 96



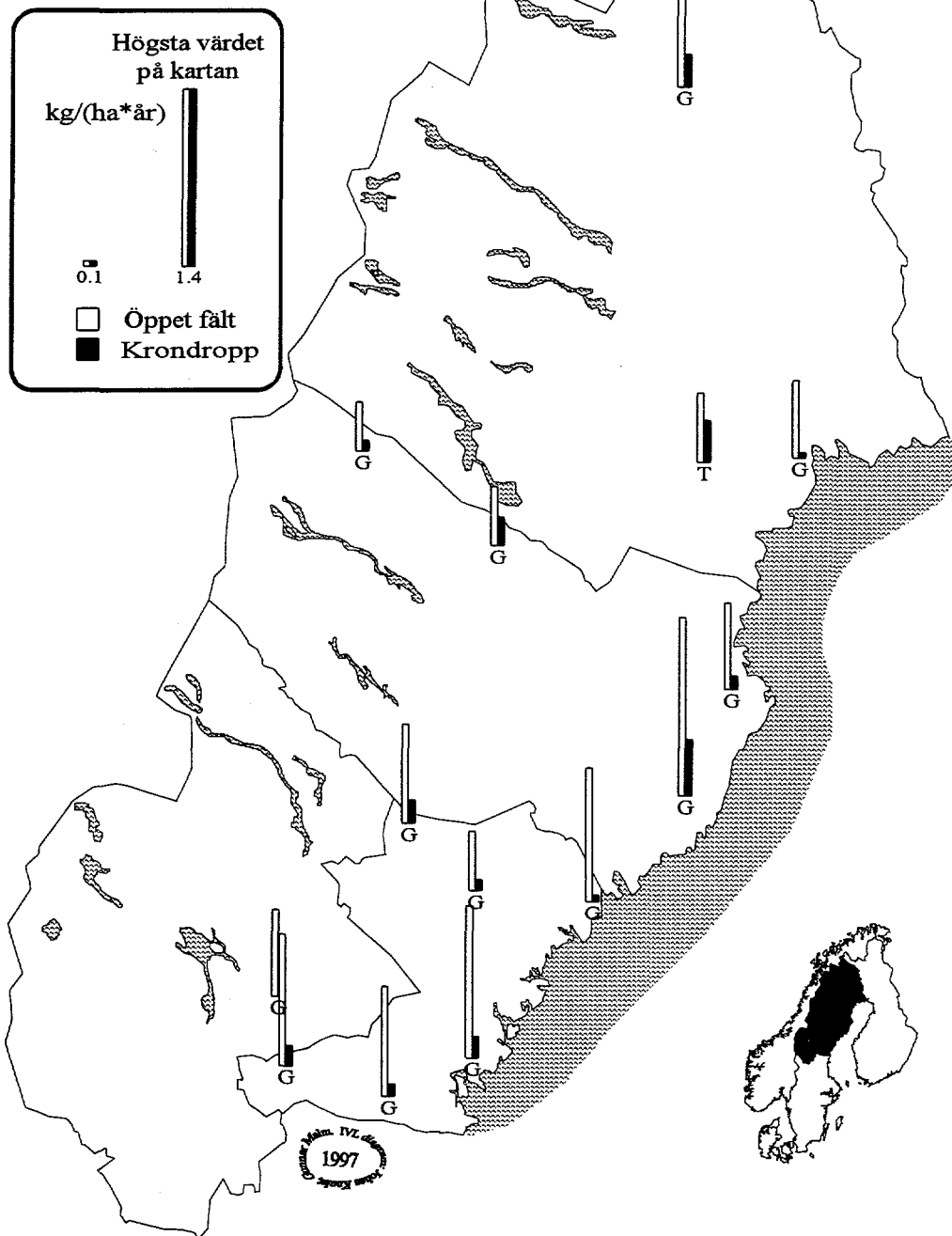
Figur 4.9 Nedfall av antropogent svavel på öppet fält och i skogsytor (krondropp), hydrologiska året 1995/96.

Nitratkvävenedfall okt 95 - sept 96



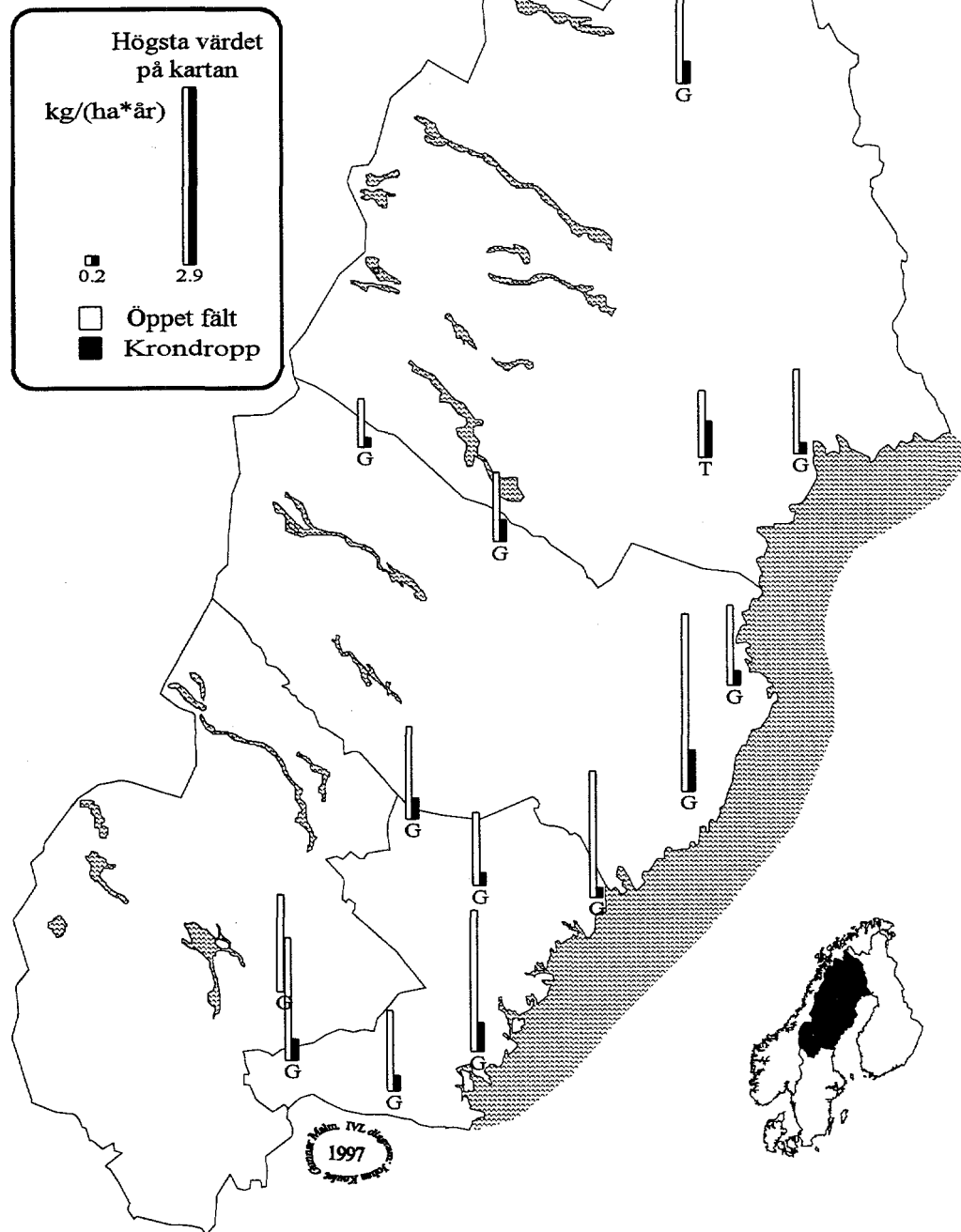
Figur 4.10 Nedfall av nitratkväve på öppet fält och i skogsytor (kron dropp), hydrologiska året 1995/96.

Ammoniumkvävenedfall okt 95 - sept 96



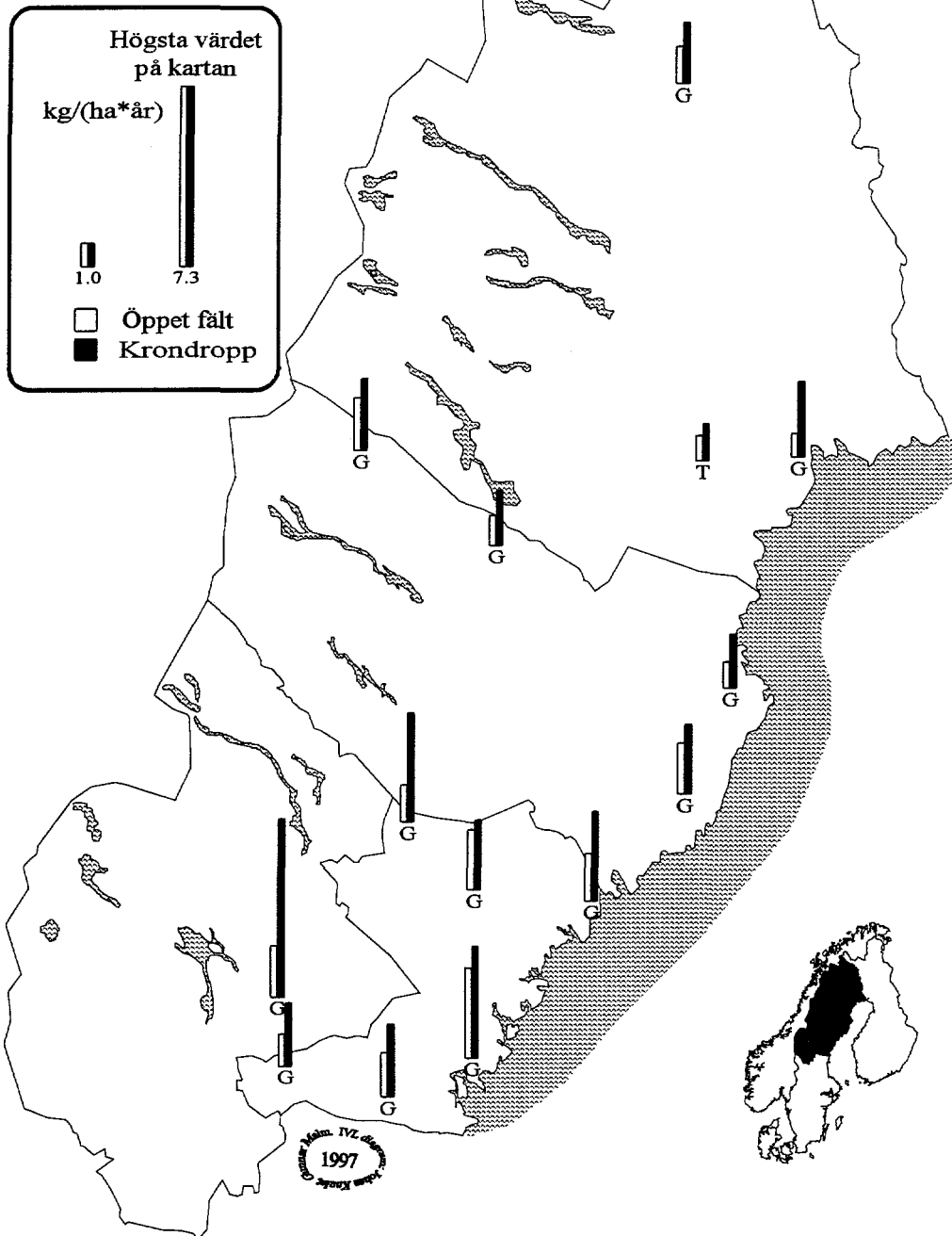
Figur 4.11 Nedfall av ammoniumkväve på öppet fält och i skogsytor (krondropp), hydrologiska året 1995/96.

Kvävenedfall okt 95 - sept 96



Figur 4.12 Nedfall av kväve, räknat som summa nitratkväve och ammoniumkväve, på öppet fält och i skogsytor (kronddropp), hydrologiska året 1995/96.

Kloridnedfall okt 95 - sept 96



Figur 4.13 Nedfall av klorid på öppet fält och i skogsytor (krondropp), hydrologiska året 1995/96.

4.3 Förändring av nedfall

Nedfallet av svavel och kväve i norra Sverige var som helhet betydligt lägre under 1995/96 jämfört med närmast föregående 4-5-årsperiod. Till största delen förklaras detta av små nederbördsmängder.

Figur 4.14 - 4.16 visar hur nederbördsmängd och nedfall av svavel och kväve varierat på öppet fält och i olika skogsytter sedan mätningarna startade inom varje län. Staplarna visar också ett medelvärde från samtliga lokaler med mätningar på öppet fält, granskog eller tallskog i respektive län. Siffran under stapeln anger hur många lokaler som ingår i beräkningen. Stationer som inte varit med hela tidsperioden har uteslutits för att få ett bättre mått på verklig tidsutveckling, utan inverkan av om en hög- eller lågbelastad lokal tillkommit eller avslutats. Vidare bör det observeras att staplarna gäller förhållanden på de undersökta skogslokalerna som representerar produktiv skogsmark på låg och måttligt hög höjd i Norra Sverige. I fjällnära skog nära trädgränsen och på kalvfället kan nedfallet vara förhöjt på grund av dimdeposition och starka vindar (Westling och Ferm, 1997).

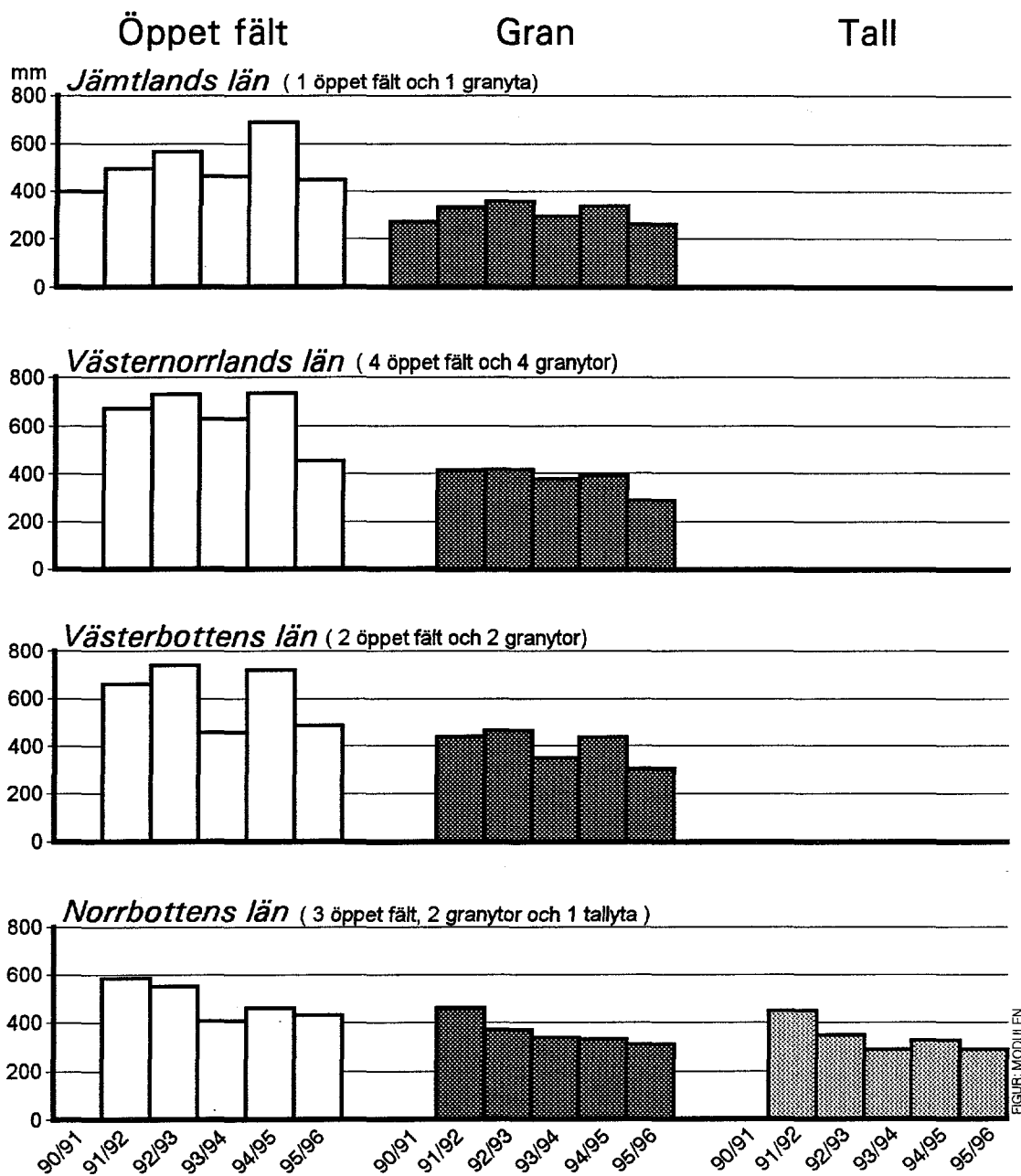
Figurerna visar att **nederbördsmängderna** på de undersökta lokalerna var 400-500 mm under 1995/96, vilket är mindre än normalt och betydligt lägre än 1994/95 som var nederbördsrikt. Detta är den viktigaste orsaken till att nedfallet av **svavel** och **kväve** var lägre under 1995/96 än året innan. Bidragande orsak är också att koncentrationen av svavel och kväveföreningar som helhet visat något lägre värden.

Ur figur 4.15 kan man också utläsa ett medelvärde för svavelnedfallet på öppet fält från 10 lokaler i dessa fyra län som var mellan 1,4 och 2,1 kg per hektar under 95/96. För nedfallet till marken i granytorna var motsvarande värde något högre; mellan 1,6 och 2,2 kg per hektar.

Figur 4.16 visar att våtdepositionen av kväve² på de undersökta lokalerna i norra Sverige var låg under det hydrologiska året 1995/96; mellan 1,4 kg per hektar i Norrbottens län och 1,9 kg per hektar i Västerbottens län.

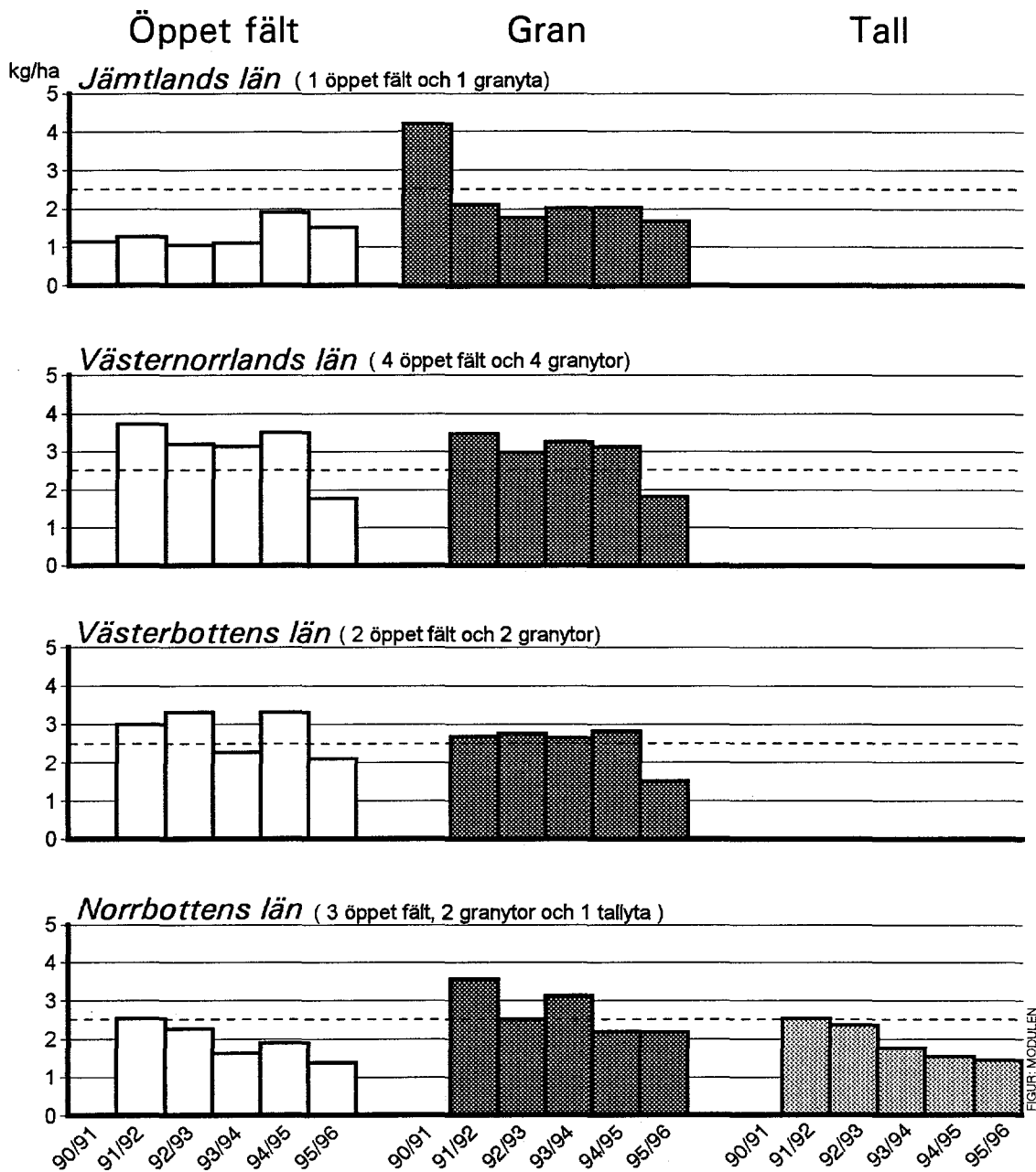
² räknat som summan av ammoniumkväve (NH₄-N) och nitratkväve (NO₃-N).

Nederbörd



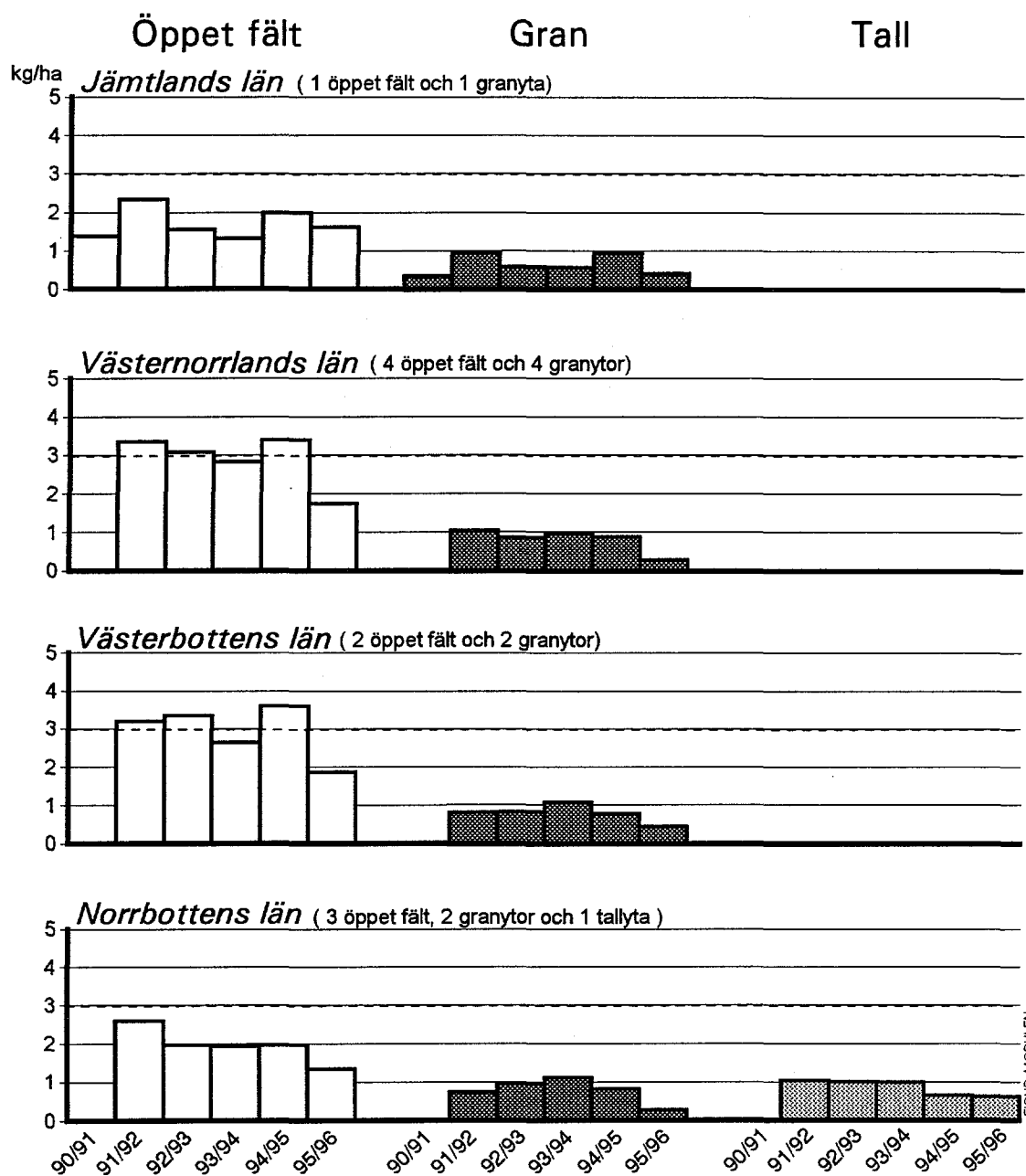
Figur 4.14 Årsmedelvärde av nederbördsmängd på lokaler med öppet fält, gran- eller tallskog i fyra län i norra Sverige.

Svavel



Figur 4.15 Årsmedelvärde av svavelnedfall på provlokaler med öppet fält, gran- eller tallskog i fyra län i norra Sverige. Streckad linje anger Naturvårdsverkets miljömål för Norrland.

Kväve



Figur 4.16 Årsmedelvärde av kvävenedfall ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) på provlokaler med öppet fält, gran- eller tallskog i fyra län i norra Sverige. Streckad linje anger Naturvårdsverkets miljömål för Norrland.

4.4 Markvatten

Det suraste markvattnet (pH 4,5-4,6) och de högsta halterna av aluminium har påträffats på kustnära lokaler utanför Luleå och Umeå. Delvis kan detta ha orsakats av en naturlig förekomst av svavel i marken. På flertalet övriga lokaler har markvattnets pH-värde varit mellan 5,2 och 6,5. Kvävehalterna har generellt varit låga. Förhöjda värden har dock noterats på två lokaler i Västernorrlands län, vilket indikerar att tillgängligt kväve inte utnyttjas till fullo, samt viss transport av kväve till omkringliggande vattendrag. Markvatten från fyra nyetablerade skogsytor (EU-ytor) i Norrbotten och Västerbotten indikerar mycket magra marker med låga halter av flertalet ämnen.

I figur 4.17-4.24 redovisas medianvärden från samtliga stationer i form av trianglar, där triangelns yta är proportionell mot värdet. Medianvärdet baseras på samtliga provtagningar på respektive station och har räknats ut för alla lokaler med minst tre provtagningssomgångar. Detta innebär att resultat från de nystartade EU-ytorna inte redovisas i figurerna och att trianglarna i figurerna baseras på mellan 9 och 17 provtagningar. Mätseriernas längd i norra Sverige framgår av tabell 2.4 och antal värden som ligger till grund för respektive medianvärde framgår av tabell 2 i bilagan, där medianvärden och rådata för senaste årets markvattenprovtagningar redovisas.

I samband med nedfall av försurande ämnen buffrar så kallade utbytbara baskatjoner (kalcium, magnesium och kalium) som finns i marken mot att markvattnet försuras. I detta sammanhang är det viktigt att skilja på markvattnets, respektive markens, försurningsstatus. Om tillgången på baskatjoner i marken är god, ökar markvattnets halter av baskatjoner i markvattnet när försurningsbelastningen ökar. Samtidigt reduceras markens förråd av baskatjoner (marken försuras). I områden med kraftig markförsurning, låga pH-värden och liten mängd utbytbara baskatjoner på markpartiklarna, är det sedan aluminium som tar vid som buffrande ämne för att inte markvattnets pH-värde skall sjunka ytterligare. Detta visar sig genom att halterna av aluminium i markvätskan blir höga i förhållande till halterna av baskatjoner. Vid låga pH-värden föreligger aluminium till största delen i oorganisk form. Höga halter av främst oorganiskt aluminium medför risk för störningar av trädens upptag av vatten och näring via rötterna samt andra processer i marken (Innes, 1993). Om stora mängder aluminium transporteras vidare till vattendragen kan allvarliga effekter även uppstå på fisk och andra vattenlevande organismer. Den giftiga effekten av aluminium kan mildras om tillgången på baskatjoner är stor, och förhållandet mellan markvattnets innehåll av baskatjoner (BC) och oorganiskt aluminium (ooAl) är därför intressant. Förhållandet anges ofta som en molbaserad kvot (BC/ooAl) och kan sägas indikera graden av markförsurning.

Figur 4.17 visar låga **pH-värden** (4,5-4,6) i markvatten från de båda kustnära lokalerna utanför Umeå och Luleå. Bidragande orsak är sannolikt lokala markförhållanden med marina avlagringar som ofta innebär en naturlig förhöjning av svavelinnehållet i marken. Samtidigt är belastningen av försurande luftföroreningar förhöjd. Under flera decennier var nedfallet troligen betydligt större än nu i Norrlands kustområden. Markvatten från Gällö i Jämtland hade en helt annan kvalitet med pH-värden över 7 och höga **kalciumhalter** (figur 4.18). På övriga lokaler, inklusive de fyra nystartade EU-ytorna i Norrbotten och Västerbotten var pH-värdet mellan 5,2 i St. Njakafjäll och 6,5 i Ammarnäs. Värt att minnas är att detta innebär mer än 10 gånger så hög vätejonkoncentration i markvattnet från St. Njakafjäll jämfört med i Ammarnäs. Frånsett Gällö med mycket

höga kalciumhalter (40 mg/l) och Ammarnäs (9 mg/l) har kalciumhalterna oftast varit 1-4 mg/l. Mycket låga kalciumhalter (<1 mg/l) har förekommit i markvatten från Njakafjäll, Luleå och de fyra nystartade EU-ytorna i Norrbotten och Västerbotten. Detta magra marker som är mycket känsliga för belastning av försurande ämnen.

De högsta halterna av **magnesium** (1,5 mg/l) har förekommit i ett stråk från södra Västernorrland och in i Jämtlands län (figur 4.19). På övriga lokaler, inklusive de fyra nystartade EU-ytorna, var halterna betydligt lägre, oftast under 0,5 mg/l. Den analys av totalgeokemin på 50 cm djup som Ståndortskarteringen genomfört på 1900 provtytor spridda över landet, indikerar att skogsjordarna i detta stråk innehåller något mer magnesium än området norr och söder därom (SLU, 1994). Magnesium ingår i havssalt och samband mellan nedfallet av havssalt och markvattnets innehåll av magnesium har noterats i södra Sverige.

Figur 4.20 visar att markvattnets innehåll av **sulfatsvavel** oftast varit mellan 1 och 3 mg/l. På två av de nya EU-ytorna har ännu lägre sulfathalter noterats; 0,7 mg/l i markvatten från granytan i Myrberg i Norrbotten och så lågt som 0,2 mg/l i tallytan Brattfors i Västerbottens län. Markvattnets innehåll av sulfatsvavel påverkas av många faktorer, som till exempel vattenflöden genom marken, nedfall av svavel och naturligt sulfidhaltiga jordar. I samband med torrperioder kan sulfider i marken oxideras och resultera i förhöjda sulfathalter.

Figur 4.21-22 visar generellt låga halter av **kväve** i markvatten från samtliga lokaler i norra Sverige, inklusive de nystartade EU-ytorna i Norrbotten och Västerbotten. Förhöjda värden har konstaterats i markvatten från Hällvattnet och Storsjön i Västernorrlands län. Tydligast har detta varit för nitratkväve vid höstprovtagningar i Storsjön, till exempel 0,2 mg/l i augusti -95 och så mycket som 1,1 mg/l senare på hösten (november), samt 0,1 respektive 0,6 mg/l i augusti och oktober -96. Detta indikerar att tillgängligt kväve inte till fullo utnyttjas av vegetationen och viss transport av kväve från skogsmarken till omkringliggande vattendrag under hösten. Depositionsmätningarna visar inget anmärkningsvärt utan indikerar måttligt nedfall med omfattande, och normalt, upptag av kväve i trädkronorna.

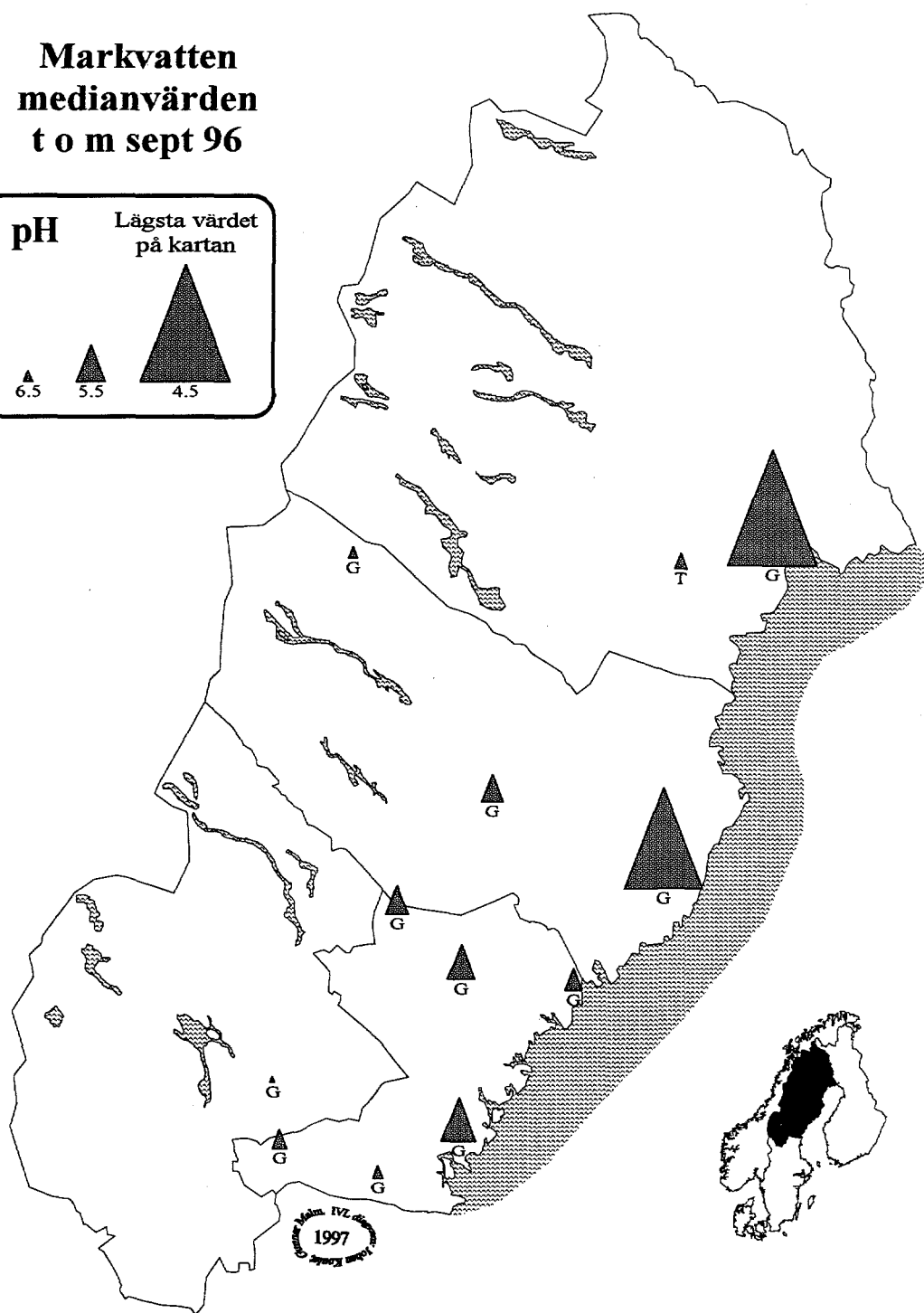
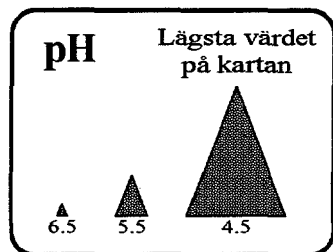
Höga halter av **aluminium** har framför allt noterats i markvatten från de båda kustnära lokalerna utanför Umeå och Luleå (figur 4.23). De högsta halterna (1,9 mg/l tAl) har noterats i markvattnet från Bäcksjö, utanför Umeå. På denna lokal har fördelningen varit jämn mellan organiskt bundet och oorganiskt aluminium (giftigaste fraktionen). När markvattnet är såpass surt som i Bäcksjö (pH 4,6) föreligger annars aluminium till största delen i oorganisk form. En bidragande orsak till den jämna fördelningen är sannolikt mer organiskt material (TOC) i Bäcksjö jämfört med på övriga lokaler. Markvatten från Sundom utanför Luleå har innehållit 0,9 mg /l av totalt aluminium. Av detta har 75% utgjorts av oorganiskt aluminium, vilket innebär att halten oorganiskt aluminium varit mer likartad på de bägge lokalerna (0,6-1 mg ooAl/l). På de nya EU-ytorna har halterna av aluminium varit låga (<0,5 mg/l tAl).

På grund av de förhållandevis höga aluminiumhalterna utanför Umeå och Luleå har kvoten mellan markvattnets innehåll av baskatjoner och oorganiskt aluminium varit lägst (2-5) på dessa lokaler vilket framgår av figur 4.24. En låg kvot (under 1) mellan markvattnets innehåll av baskatjoner och oorganiskt aluminium anses medföra risk för att trädens upptag av vatten och näring försämras (se ovan). Inget samband mellan

markvattnets innehåll av oorganiskt aluminium och skogens tillväxt under de senaste 15 åren, kådflöde eller rottröta har emellertid noterats i den studie som Sveriges Lantbruksuniversitet i Asa och IVL genomförde på 10 lokaler i södra och mellersta Sverige under vintern 93/94 (Örlander m. fl., 1994).

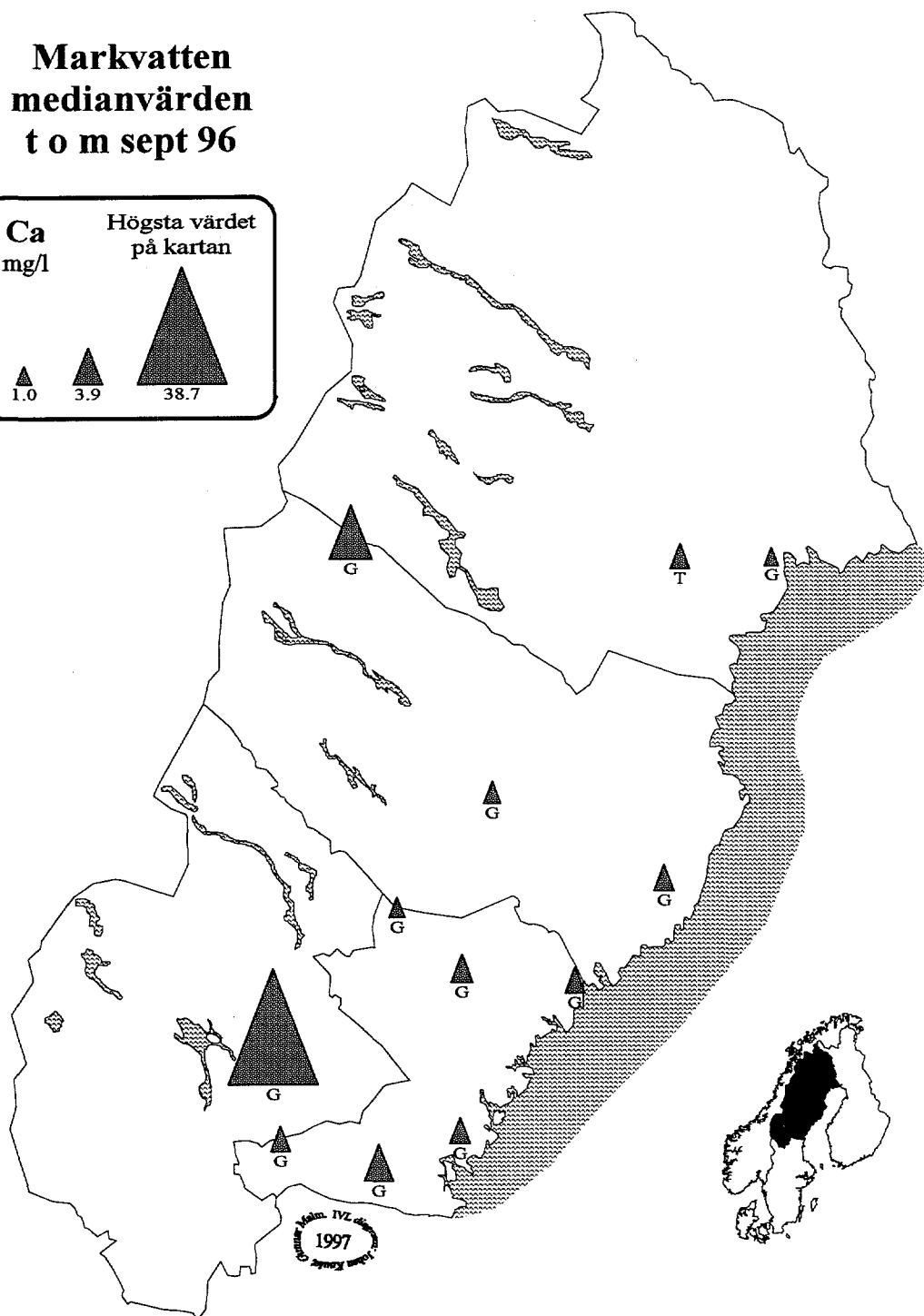
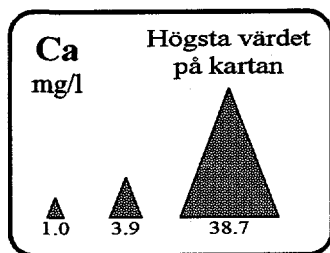
Figur 4.25 visar att markvattnets innehåll av **organiskt material** (TOC) varit mellan 5 och 15 mg/l. På de fyra nya EU-ytorna har halterna dock varit betydligt lägre; 2-3 mg/l vid två provtagningar på vardera stället..

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



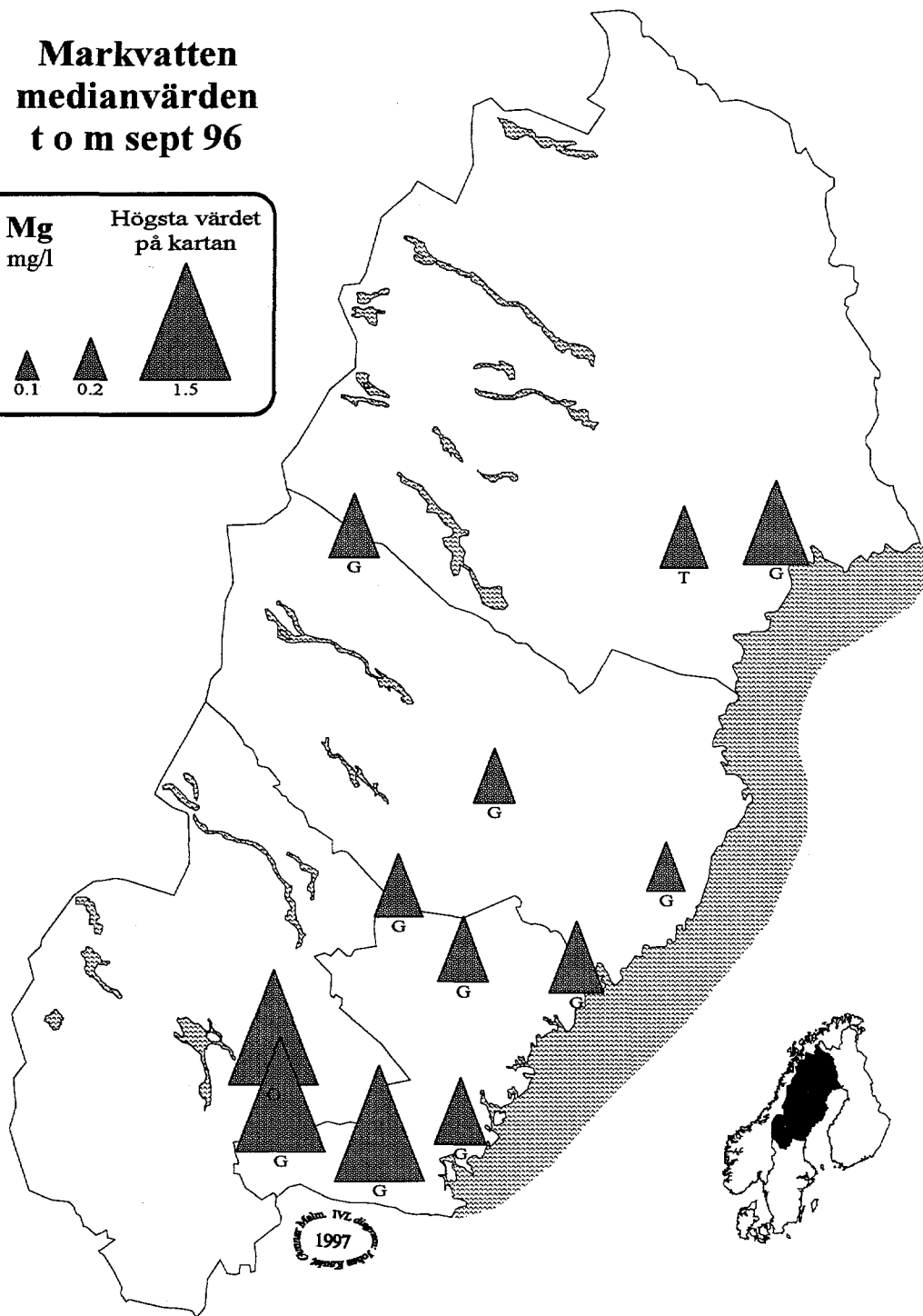
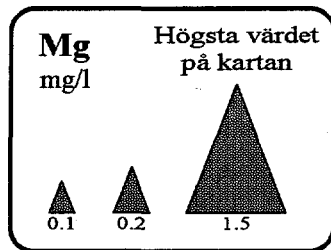
Figur 4.17 pH-värde i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



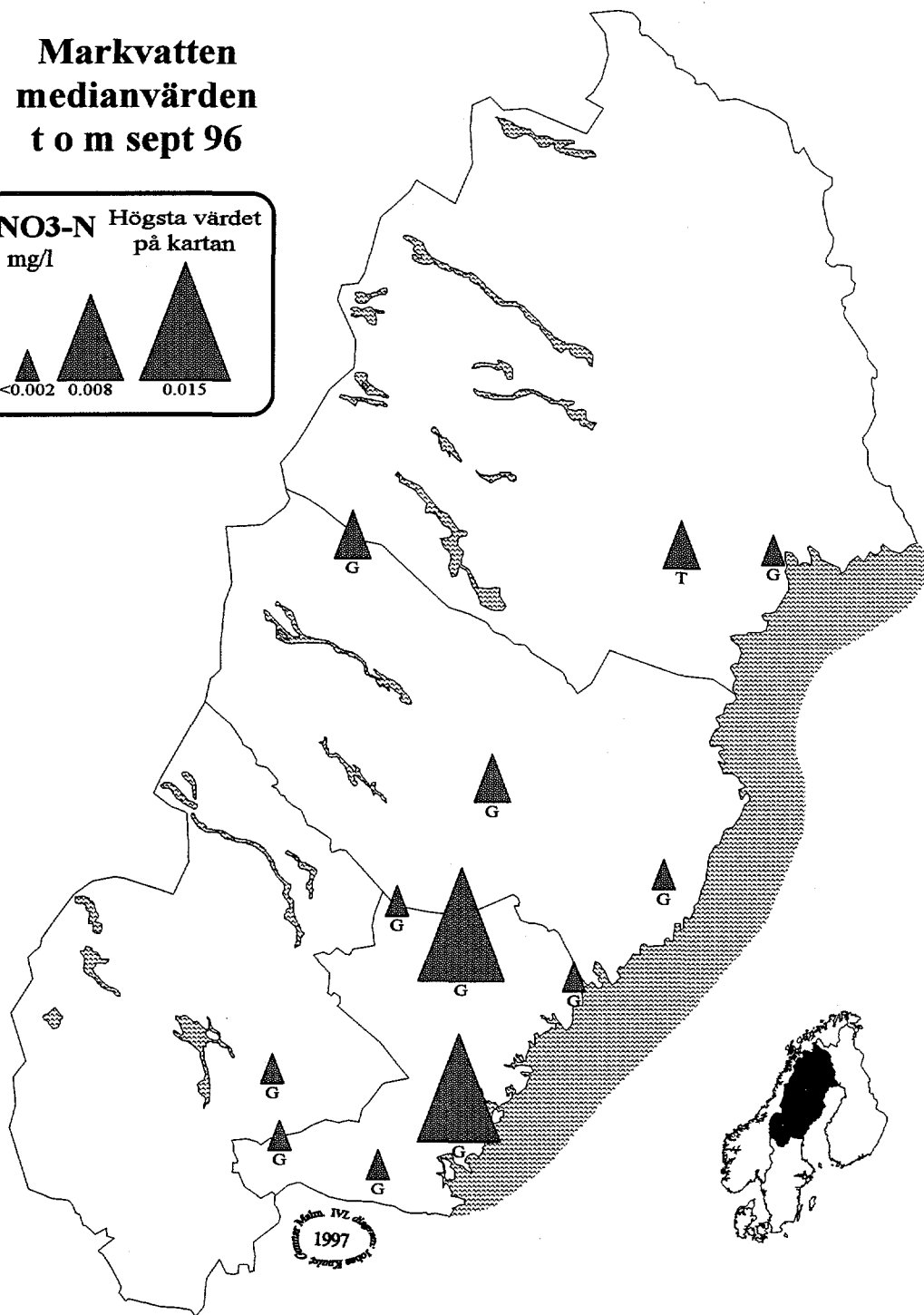
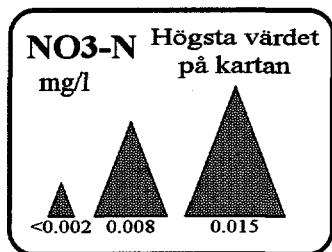
Figur 4.18 Kalciumkoncentration i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

Markvatten medianvärden t o m sept 96



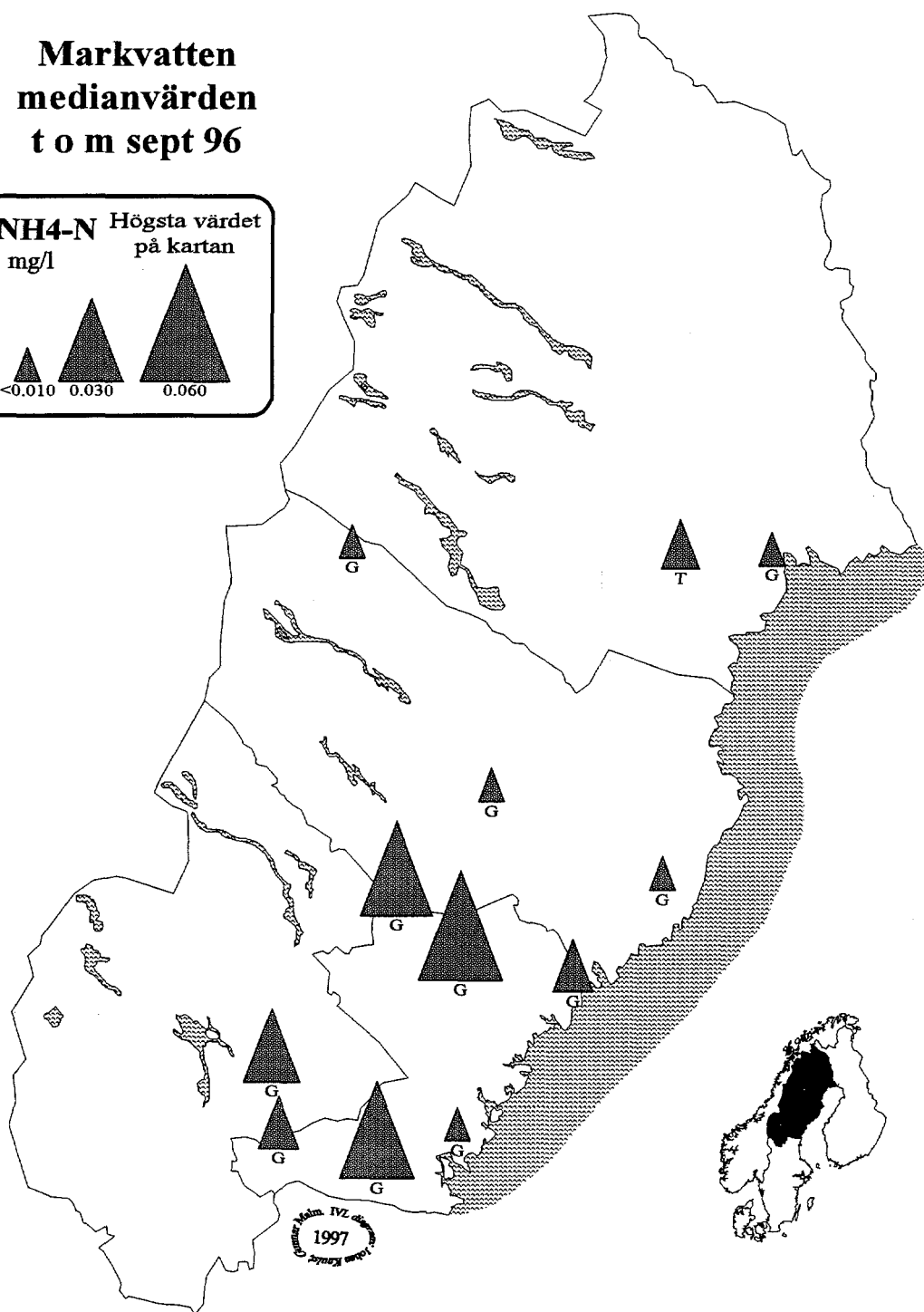
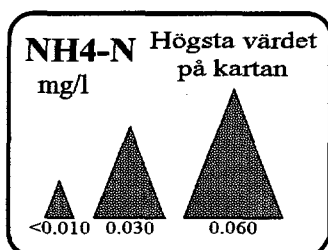
Figur 4.19 Magnesiumkoncentration i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



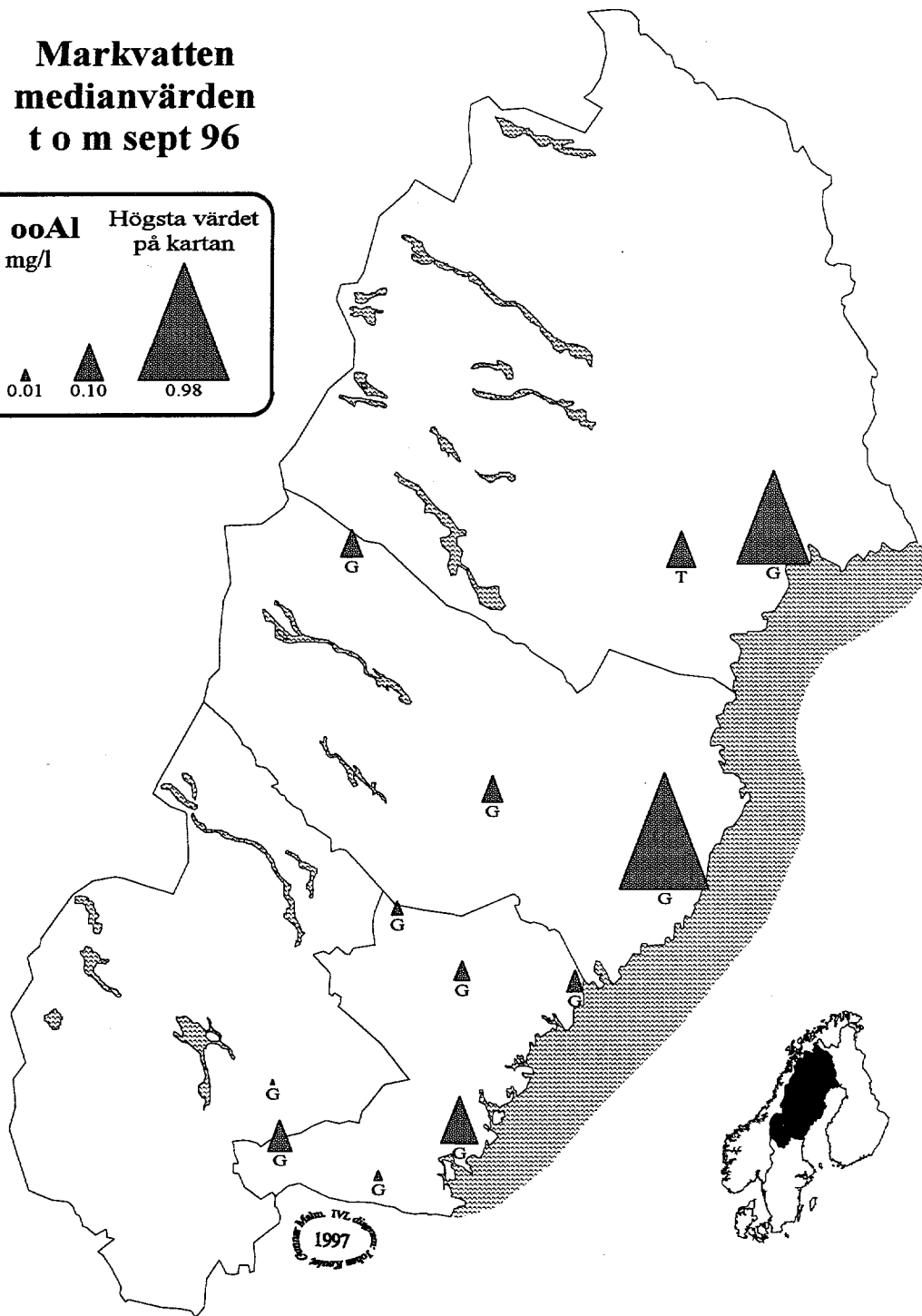
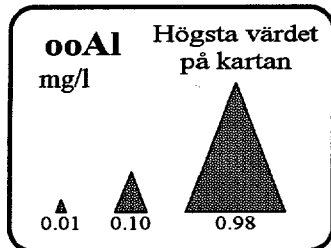
Figur 4.21 Nitratkväve i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



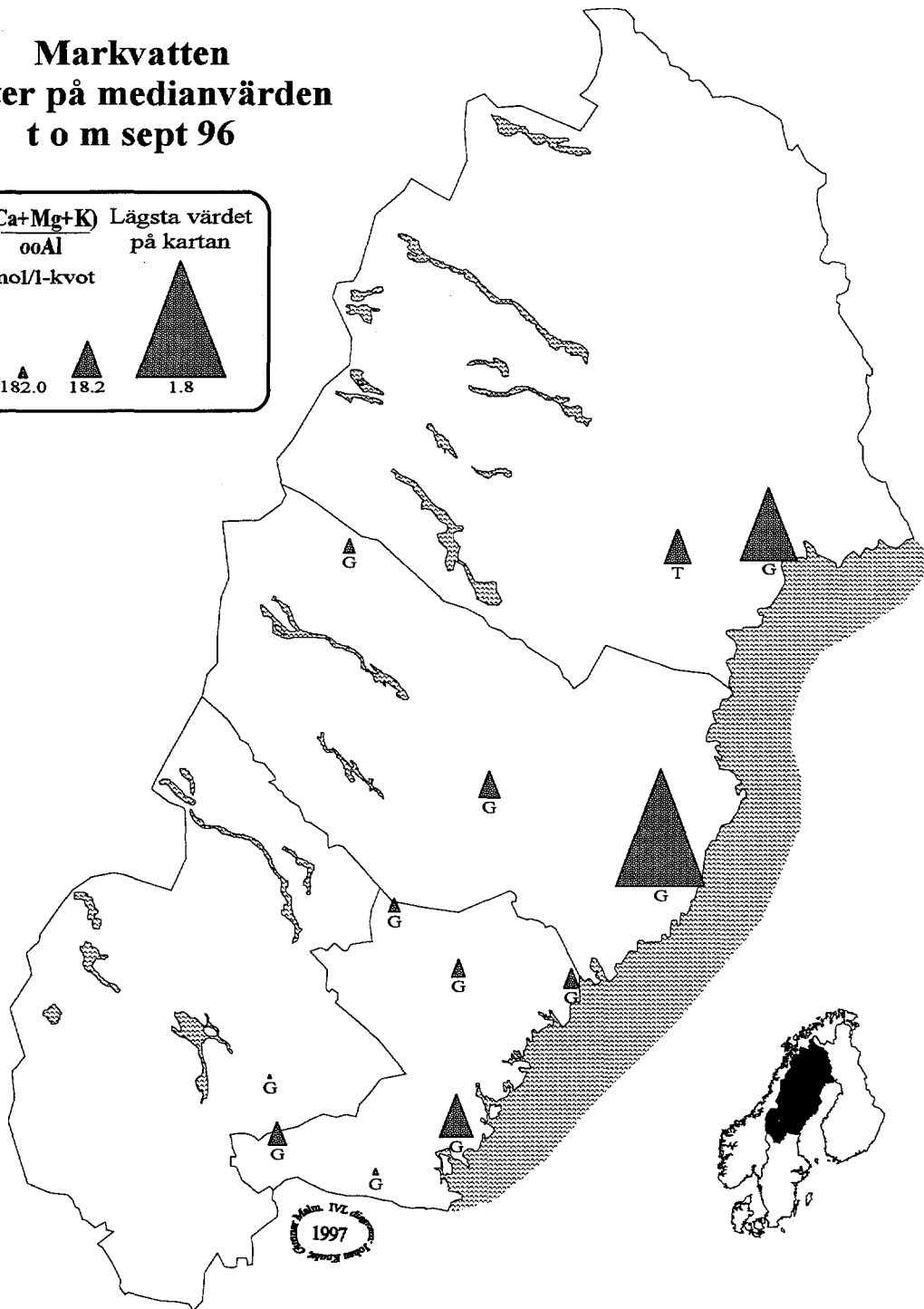
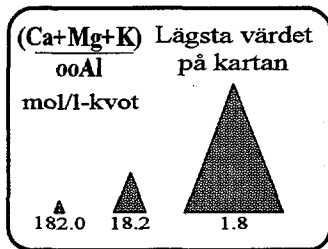
Figur 4.22 Ammoniumkväve i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



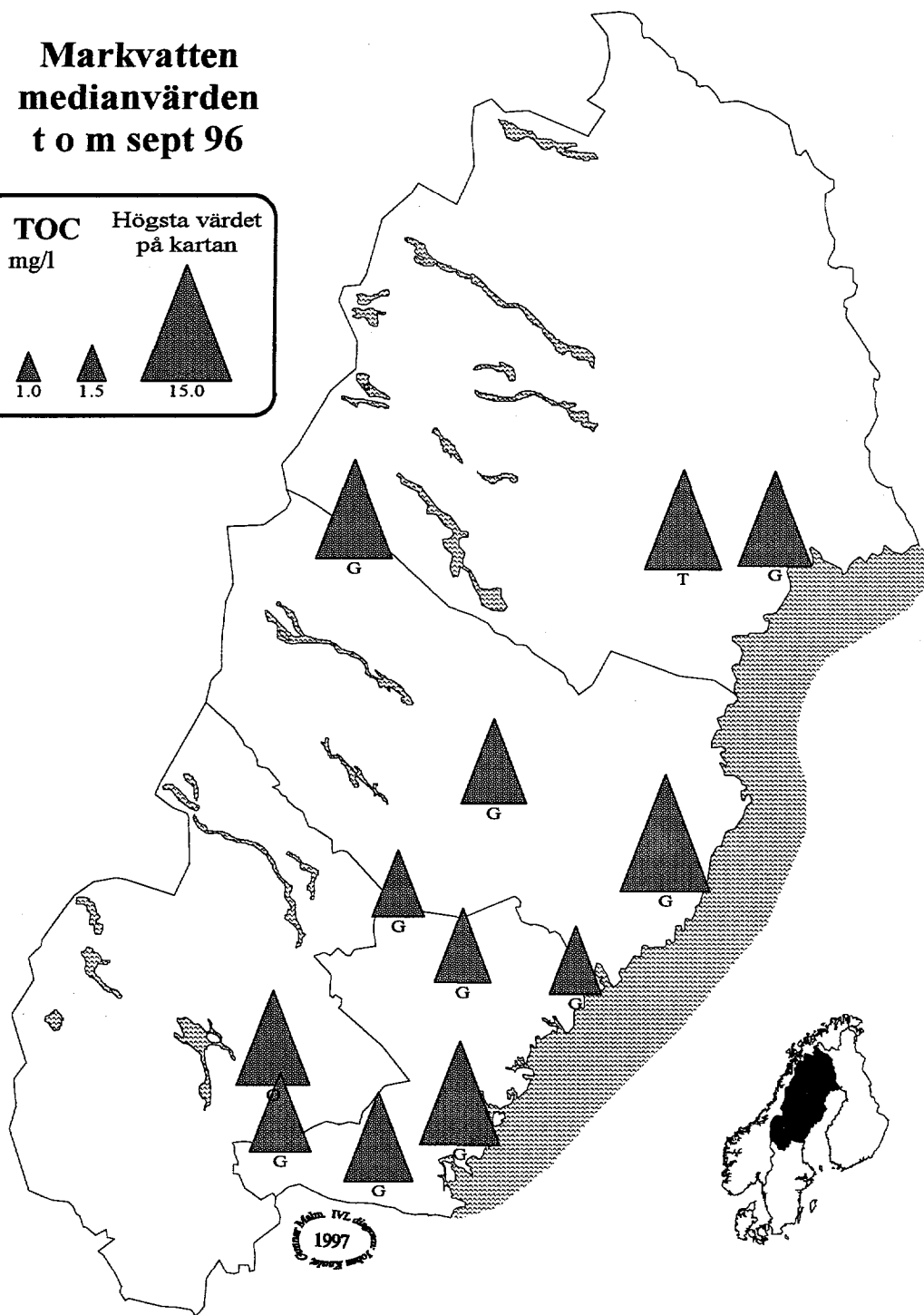
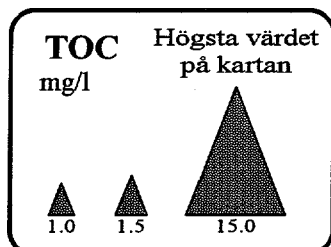
Figur 4.23 Oorganiskt aluminium i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

Markvatten kvoter på medianvärden t o m sept 96



Figur 4.24 Kvoten mellan baskatjonerna kalcium, magnesium samt kalium och aluminium i markvatten från 50 cm djup. Medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996. Notera att kvoten är inverterad, vilket gör att en låg kvot (stor ekologisk risk) ger stor triangel.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



Figur 4.25 Totalt organiskt kol (TOC) i markvatten från 50 cm djup, medianvärde från samtliga provtagningar på respektive lokal till och med september 1996.

4.5 Förändring av markvatten

Mest påtagligt för norra Sverige är en signifikant trend mot minskande värden av mikronäringsämnet mangan i markvatten från hälften av lokalerna. För övriga ämnen saknas generella trender i norra Sverige. I södra och mellersta Sverige har halterna av baskatjoner och mangan minskat signifikant på cirka en tredjedel av lokalerna. Samtidigt har pH minskat och aluminiumhalterna i markvattnet ökat i många ytor, och det indikerar att försurningen fortskrider.

Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera eventuella förändringar av markvattnets sammansättning med tiden på tolv lokaler. Mätserierna längd varierar mellan tre och sex år. För att dra några egentliga slutsatser är antalet lokaler för få och tidsserierna för korta, men sammanställningen kan trots detta ge intressanta indikationer på utvecklingen i skogsmark och markvatten. Samtliga parametrar har studerats och resultaten redovisas länsvis i tabell 4.1.

Tabellen läses enligt följande; siffran 1+ högst upp i andra kolumnen innebär att på en lokal i Västerbottens län har halterna av vätejoner i markvattnet ökat sedan mätningarna startade hösten -91 (markvattnet blivit surare och pH värdet sjunkit). Siffran 1- i kolumnen "NO₃-N" innebär att på en av Västerbottens lokaler har halterna av nitratkväve minskat. Tabellen visar signifikanta förändringar av markvattnets sammansättning, vilket innebär att den statistiska säkerheten för en redovisad positiv eller negativ linjär trend är minst 95%.

Tabell 4.1 Trendberäkningar för markvatten, alla data till och med september 1996.

Län	H ⁺	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca	Mg	Na	K	Mn	Fe	ooAl	ToAl	TAI	TOC
AC n=2	1+		1+	1-						1-	1-		1-		1-
BD n=2									2+		1+				
Y n=6	1+				1+				1+				2+		1-
Z n=2										1-					1+
Σ n=12	2+		1+		1+				3+		1+		2+		1+
				1-					2-	6-	1-	3-			2-

Mest påtagligt är minskande halter av mikronäringsämnet mangan, vilket noterats på hälften av alla lokaler. Förändringen är mest påtaglig i Västernorrlands län där manganhalterna minskat på fyra av sex lokaler. När det gäller baskatjoner har inga generella trender noterats.

Resultat av beräkningarna för södra och mellersta Sverige visar att trenden mot surare markvatten med lägre halter av baskatjoner på cirka en tredjedel av lokalerna håller i sig. Minskade halter av baskatjoner kan ses som tecken på att markernas utbytbara förråd av dessa ämnen minskat, men det kan även vara en fördröjd effekt av att belastningen av försurande luftföroreningar, och utlakningen, var högre åren före mätningarna startade.

5. Jämförelse med övriga Sverige

5.1 Deposition

Mätningarna visar stor belastning och torrdeposition av svavel och kväve i södra Sverige och betydligt måttligare belastning i norr. I södra Sverige finns en markant gradient som visar störst belastning i sydväst och avtagande värden mot nordost. I norra Sverige finns en gradient med större deposition på kustnära lokaler än på inlandslokaler.

Som jämförelse redovisas resultat från flertalet lokaler med granskog i hela Sverige under det hydrologiska året från oktober 1995 till september 1996. De förändringar som gjorts avseende stationsnätet (se avsnitt 2.5) innebär bland annat att två högbelastade lokaler i Skåne avslutats under året. De två lokaler som skall ersätta dessa har inte fullt mätår utan startade i januari -96 och ingår därför inte i figurerna. Figurerna visar gradienten över Sverige med stor belastning och torrdeposition i södra Sverige och betydligt måttligare belastning i norr.

Figur 5.1 visar nedfallet av antropogent svavel ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$), som huvudsakligen härrör från förbränning av fossila bränslen (se även avsnitt 4.1). Nedfallet var generellt lägre under 1995/96 jämfört med året innan, vilket delvis kan förklaras av mindre nederbörds mängder. Totalbelastningen av svavel var störst i granskog i södra Sverige. Även lokalerna i Stockholms län visar förhöjd deposition av svavel jämfört med kringliggande län. För norra Sverige framgår en kusteffect med större belastning på kustnära lokaler, jämfört med lokaler längre in i landet.

Periodens högsta svavelbelastning (12 kg $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ per hektar) har uppmätts i Beterås med 67-årig granskog i västra Kronobergs län. Samtidigt var våtdepositionen 5 kg $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ per hektar, vilket innebär att 7 kg utgjordes av torrdeposition³ (gaser och partiklar). Lika mycket torrdeponerades till 42-årig granskog i Arkelstorp i Skåne, där den totala depositionen av antropogent svavel dock var något lägre; 11 kg/ha.

Den högsta svavelbelastningen i Svealand, nästan 10 kg per hektar under perioden, noterades även detta år i 100-årig granskog i Stockholms län (lokal A44 Gladö). Till allra största delen (7,5 kg/ha) utgjordes detta av torrdeposition. Siffrorna innebär att torrdepositionen av antropogent svavel på denna lokal var större under 1995/96, jämfört med föregående hydrologiska år. Samtidigt var nederbörds mängd och våtdeposition liten, vilket gjorde att den totala belastningen av svavel var lägre 1995/96 jämfört med 1994/95. Generellt gäller att torrdepositionens omfattning i Svealand varit av ungefär samma omfattning under 95/96 som 94/95.

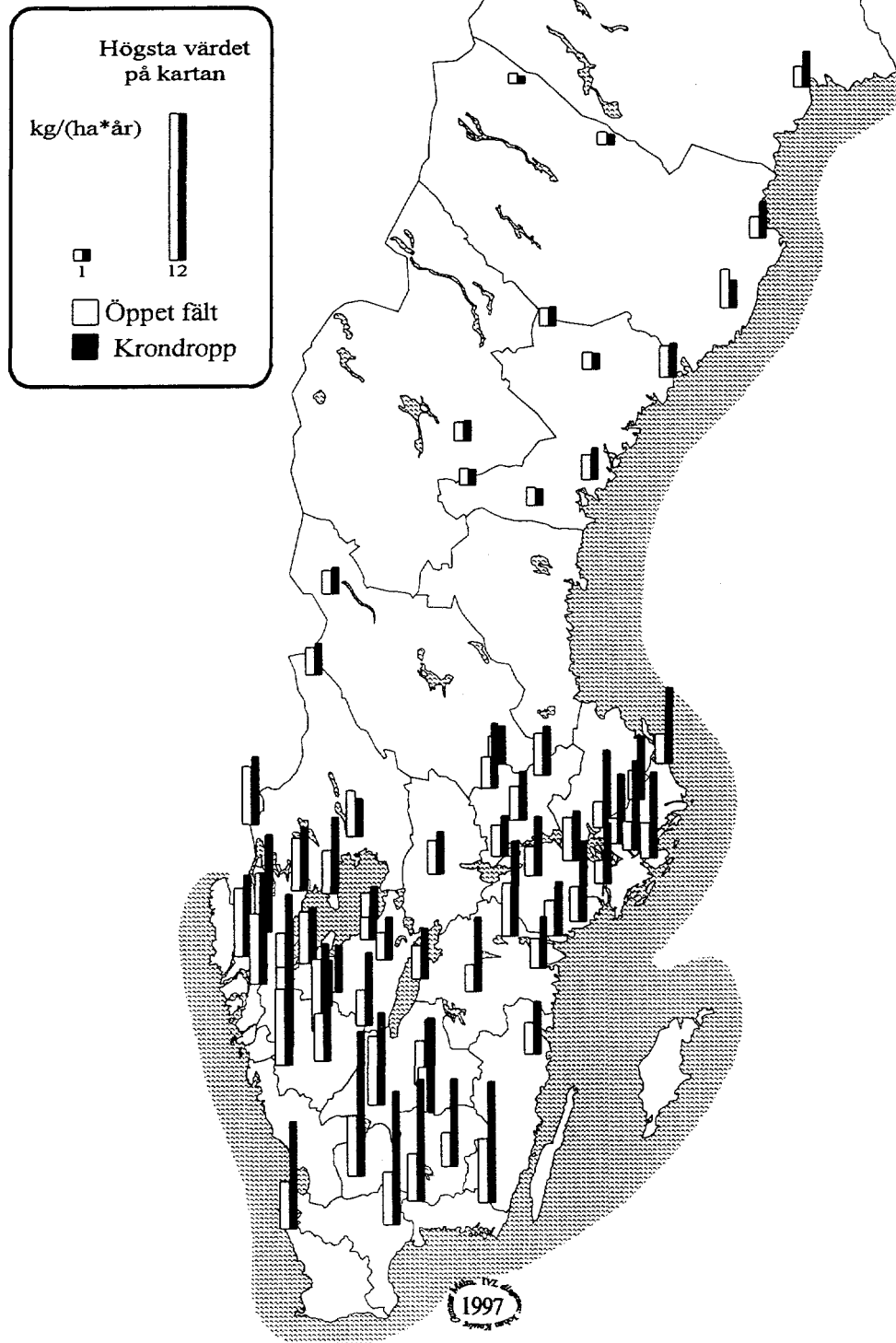
Den högsta svavelbelastningen i Norrland, 3 kg per hektar, noterades på de fem kustnära lokalerna. Till skillnad mot Gladö i Stockholms län utgjordes den till största delen av våtdeposition. Torrdepositionen, mätt som skillnad mellan krondropp och deposition på öppet fält, var mindre än 1,2 kg/ha. Den minsta svaveldepositionen, 1 kg per hektar, noterades i Ammarnäs.

³ Med torrdeposition menas här skillnad mellan nedfall till skogsmark och nedfall på öppet fält.

Som miljömål för svavel, belastningsgräns, anges: (Naturvårdsverket, 1993)

- 2,5 kg per hektar och år i Norrland och Svealand
- 3 kg per hektar och år i Götaland.

Svavelnedfall okt 95 - sept 96



Figur 5.1 Nedfall av antropogent svavel (SO_4-S_{ex}) på ett urval lokaler under det hydrologiska året 1995/96.

Nedfallet av kväve på öppet fält, räknat som summan av ammoniumkväve och nitratkväve framgår av figur 5.2. För Götaland gäller att våtdepositionen generellt var störst på västkusten och minst på östkusten. Drygt 8 kg kväve per hektar gäller som medelvärde för nedfall på öppet fält från 17 lokaler i Älvsborgs och Göteborgs och Bohus län. Motsvarande för 10 lokaler i Blekinge och Kalmar län var drygt 5 kg per hektar. Delvis kan detta förklaras av större nederbörds mängder, men även koncentrationen av kväve var större i nederbörd från västkusten. Som regel var fördelningen mellan reducerat ammoniumkväve och oxiderat nitratkväve jämn. Högst värden för krondropp (19-21 kg per hektar) noterades på två granytor i Skaraborgs län. Dessa lokaler utgörs i princip av skogsdungar i jordbruksintensiva områden och illustrerar maximal kvävebelastning till skogsmark i denna del av Sverige. Samtidigt var nedfallet på öppet fält knappt 6 kg per hektar. Bland övriga krondroppsvärden kan 14 kg per hektar nämnas från en exponerad granyta på Billingen utanför Skövde. I tre normalt exponerade granytor i Skåne och Älvsborgs län samt en exponerad bokskog i Blekinge var motsvarande 10-11 kg per hektar. På många platser var dock depositionen av kväve betydligt lägre till marken inne i skogen än på öppet fält. Som exempel på detta kan Asa i norra Kronobergs län nämnas, där nedfallet på öppet fält var drygt 5 kg per hektar och i skogen drygt 1 kg per hektar.

Längre norrut i landet gäller generellt störst kvävedeposition i Stockholms län, där medelvärdet på öppet fält var knappt 4 kg och till marken inne i skogen knappt 5 kg kväve per hektar. Våtdepositionen var likartad i Västmanlands län men krondroppsvärdena visade betydligt lägre värden än i Stockholms län; 1,5 kg per hektar. Orsaken är troligen större torrdeposition i Stockholms län, eftersom det är svårt att föreställa sig att den kväveupptagande förmågan skulle vara så mycket större i Västmanlands, jämfört med i Stockholms län.

Även i Norrland var nedfallet av kväve större på kustnära lokaler i öster än längre in i landet. Värdena var generellt lägre 1995/96 än föregående år och betydligt lägre än i Svealand. Våtdepositionen av kväve var 2 kg per hektar räknat som medelvärde från de fem kustnära lokalerna och 0,4 kg per hektar till marken inne i skogen på samma lokaler. Detta tyder på att vegetationen på ett mycket effektivt sätt utnyttjat tillgängliga kvävemängder. Fördelningen mellan reducerat och oxiderat kväve var i stort sett jämn.

Det totala kvävenedfallet går inte att mäta på samma sätt som för svavel, eftersom kväve tas upp i trädkronorna. Kvävedepositionen till skogsmarken, mätt via krondropp, är därför klart lägre än kvävedepositionen på öppet fält i opåverkade miljöer. Upptag av kväve direkt i trädkronorna får också större relativ betydelse i områden där den totala kvävedepositionen är låg. Det kväve som tas upp direkt i trädkronorna kan antingen användas för trädens tillväxt eller för påväxt av alger och lavar på trädens barr och grenar. På Sveriges syd- och västkust är kvävedepositionen på många håll så stor att huvuddelen passerar trädkronorna utan att tas upp av vegetationen. Kvävenedfallet till skogsmarken visar därför en ännu större gradient över landet än nedfallet på öppet fält.

Som miljömål, belastningsgräns för kväve anges: (Naturvårdsverket, 1993)

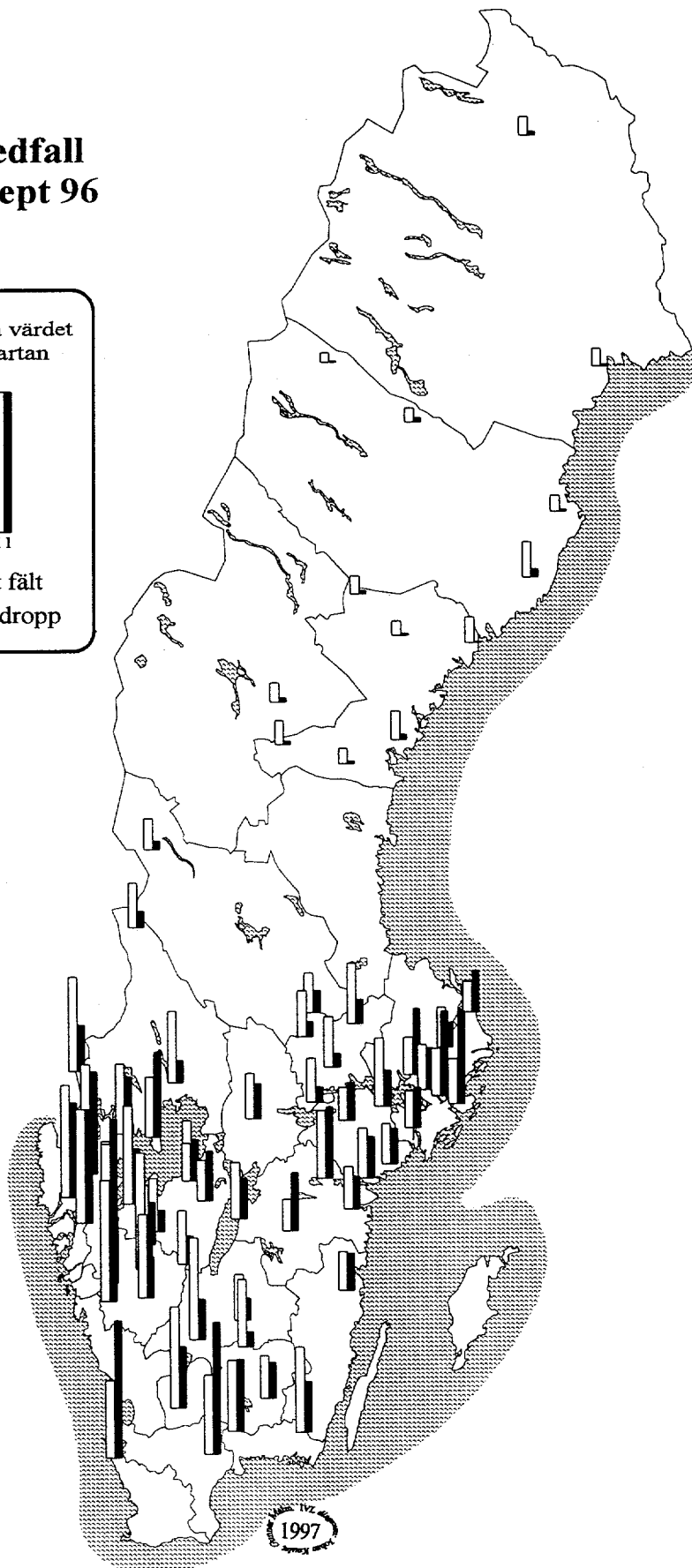
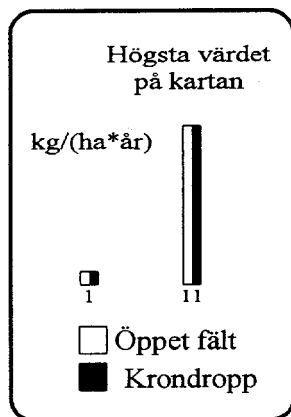
- 3 kg per hektar och år i Norrland
- 4 kg per hektar och år i Svealand
- 5 kg per hektar och år i Götaland

Den stora regionala skillnaden mellan nedfallet av svavel och kväve i olika delar av Sverige framgår även av tabell 5.1 (egentligen en sammanfattning av senaste årens data i figur 4.15 och 4.16 i denna rapport och motsvarande för södra och mellersta Sverige). Tabellen visar generellt lägre värden för 1995/96 än för 1994/95.

Tabell 5.1 Nedfall av svavel och kväve under oktober 1995 - september 1996. Variation mellan medelvärden i olika län, baserat på mätningar i fyra län i norra Sverige, sju län i mellersta Sverige och åtta län i södra Sverige. Siffror inom parentes anger motsvarande för 1994/95.

	Svavel, kg/ha*år		Kväve, kg/ha*år	
	Öppet fält	Krondropp i granskog	Öppet fält	Krondropp i granskog
Norra Sverige	1-2 (2-4)	2 (2-3)	1-2 (2-3)	<0,5 (1)
Mellersta Sverige	2-4 (4-5)	2-7 (5-9)	3-5 (4-6)	1-5 (2-5)
Södra Sverige	3-6 (4-9)	6-11 (7-16)	5-10 (5-14)	3-11 (2-20)

Kvävenedfall okt 95 - sept 96



Figur 5.2 Nedfall av kväve, räknat som summa nitratkväve och ammoniumkväve, på ett urval lokaler under det hydrologiska året 1995/96.

5.2 Markvatten

Resultaten visar en kraftig försurningspåverkan på många platser i södra Sverige med surt markvatten som innehåller mycket aluminium och lite baskatjoner. Liknande förhållanden har noterats i Örebro län samt på två kustnära lokaler i norra Sverige. På de båda norrlandslokalerna kan orsaken delvis vara naturlig förekomst av svavel i marken. Generellt utnyttjas tillgängliga kvävemängder i de undersökta skogsyterna. Undantag finns främst på kustnära lokaler i södra Sverige, där mätningarna indikerar transport av nitratkväve från skogsekosystemet.

Som jämförelse mellan olika delar av landet redovisas resultat från markvattenprovtagningarna på samma granytor som redovisades i avsnitt 5.1, med översikt över depositions- och markvattnets sammansättning varierar i allmänhet mer än nedfallets storlek och på grund av skillnader i markegenskaper kan stora skillnader föreligga mellan olika lokaler inom ett län. De i figur 5.3-5.7 redovisade värdena avser medianvärdet från samtliga mättillfällen på respektive lokal. Tidsperioderna och antalet provtagningar skiljer sig därför mellan olika områden. Generellt finns längre tidsserier i södra Sverige än i norra Sverige.

Vid en jämförelse av halter i markvatten från olika lokaler i Sverige, är det viktigt att komma ihåg att mängden nederbörd varierar i olika områden. Detta kan göra att koncentrationen blir högre på en lokal med liten nederbörd, jämfört med en nederbördsrik plats, trots likartad belastning av luftföroreningar, samt liknande markkemi.

Det **pH-värde** som oftast noterats i markvatten från de olika lokalerna framgår av figur 5.3 och visar en kraftig försurningspåverkan främst i landets södra delar. Riktigt surt markvatten, pH-värden under 4,4, har främst förekommit i landets södra delar; Skåne och Blekinge. Markvatten från en av de två kraftigt kvävebelastade "skogsdungarna i jordbruksintensivt område" i Skaraborgs län (se avsnitt 5.1, "kväve") har varit ännu surare; 4,1 som medianvärde. För Svealand gäller generellt att markvattnet varit mindre surt; runt 5 i Värmland, Västmanland och Östergötland och närmare 6 på lokalerna i Stockholms och Södermanlands län. Markvatten från lokalerna i Örebro län avviker med betydligt surare markvatten än i kringliggande län; oftast runt 4,6. I Norrland har liknande värden förekommit på de båda kustnära lokalerna utanför Umeå och Luleå. Delvis kan det på dessa lokaler ha orsakats av en naturlig förekomst av svavel i marken. Markvattnet från övriga Norrlandslokaler har generellt varit mindre surt; runt pH 6.

Markvattnets innehåll av nitratkväve har varit under detektionsgränsen på 2 µg/l på flertalet undersökta lokaler. Höga halter har främst förekommit på fem kustnära lokaler i södra Sverige (nu avslutade) samt Omberg i Östergötlands län. På två av sex nystartade lokaler i Skåne har halterna av nitratkväve dock varit höga vid de två första provtagningarna.

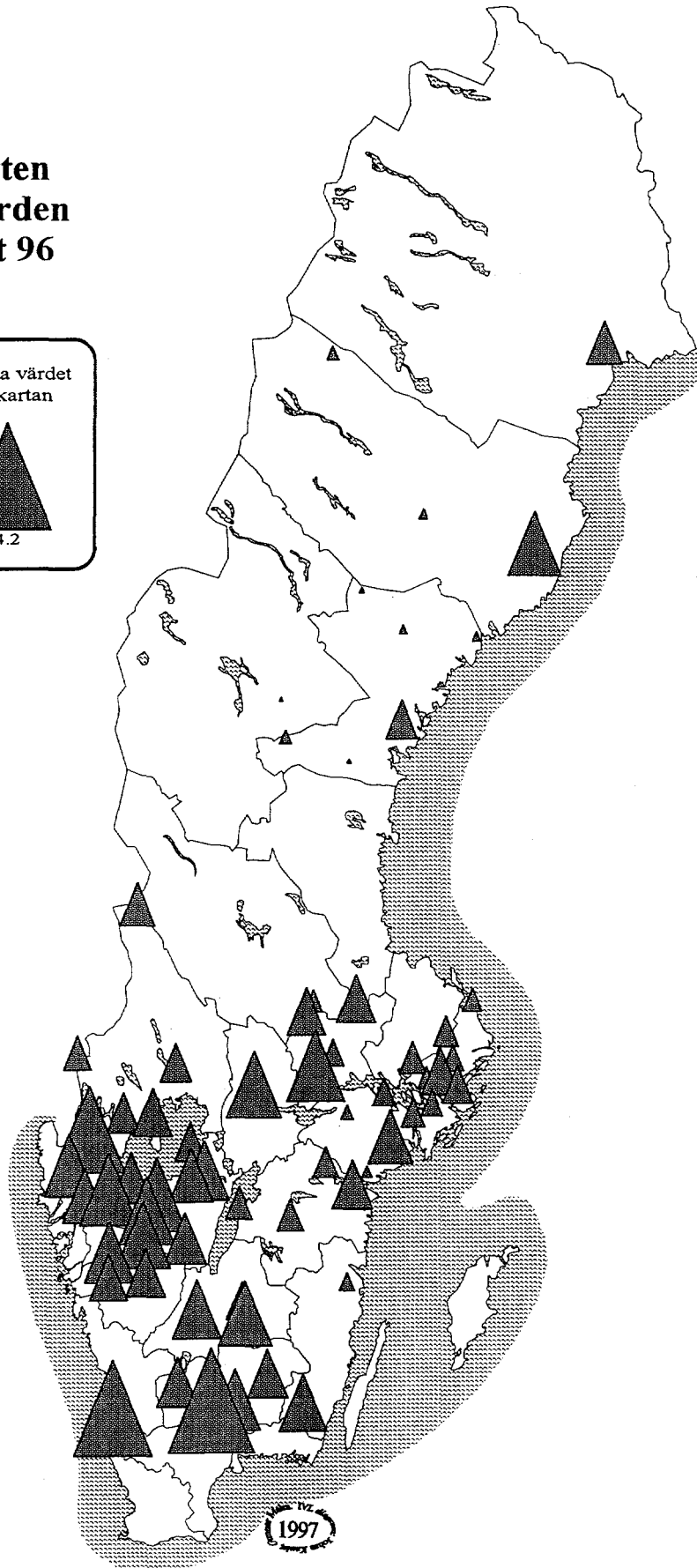
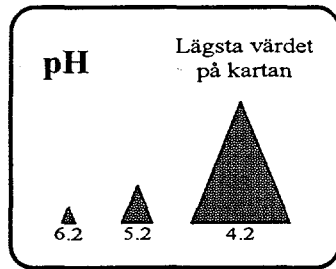
De lägsta halterna av **kalcium** (fig 5.5) har som regel påträffats i södra Sveriges inland och på västkusten. Även markvatten från Sundom utanför Luleå, den avslutade lokalen i Stora Njakafjäll i Västerbotten samt fyra nystartade EU-ytor i Norrbottens och Västerbottens län har haft kalciumhalter under 1 mg/l. Mängden kalcium i markvattnet påverkas av markens förråd av utbytbar kalcium och nedfallet av starksyra (svavelsyra och salpetersyra). I samband med belastning av starksyra gör den normala buffertmekanismen att kalcium löses ut, från markpartiklarna till markvattnet, vilket gör att markvatt-

nets pH-värde inte sjunker. I södra Sverige har flera decenniers kraftig syradeposition utarmat markernas normala buffertsystem, med låga halter av kalcium och andra baskatjoner som följd i markvatten från flera lokaler. I ett område som Stora Njakafjäll och de nystartade EU-ytorna i Norrbotten och Västerbotten beror de låga kalciumhalterna sannolikt på en kombination av låg deposition och svårvittrade marker. Områden med svårvittrade marker, och liten mängd utbytbara baskatjoner på markpartiklarna, är känsligare för belastning av försurande ämnen än områden med kalciumrika, och mer lättvittrade, jordarter. Under förutsättning att markvattenprovtagarna, på 50 cm djup, inte är påverkade av grundvatten antyder de mycket höga halterna av kalcium (40-50 mg/l) kalkrika och välbuffrade marker på Rödön och i Gällö i Jämtlands län. I Bergboö i norra Stockholms län är den troliga orsaken relativt ung jordart med hög kalkhalt (Björkhem, 1989).

Figur 5.6 visar generellt högre halter av **aluminium** i södra Sverige än i norra Sverige, beroende på samband mellan starksyrabelastning samt markvattnets surhetsgrad och aluminiumhalter. Halterna har generellt varit högst i Skåne, Halland, Blekinge, Göteborgs och Bohus, Kalmar och Älvsborgs län, där länsbaserade medianvärden från samtliga provtagningar i respektive län varit mellan 1,5 och 3,1 mg/l (Hallgren Larsson m fl, 1997). Jämfört med övriga Svealand har förhållandevis höga aluminiumhalter på 1,5 mg/l också noterats i Örebro län (tillsammans med låga pH-värden som redovisats ovan) Markvatten från lokalerna utanför Umeå och Luleå har haft aluminiumhalter mellan 1-2 mg/l vilket skiljer sig från övriga Norrlandslokaler där halterna oftast varit under 0,1 mg/l.

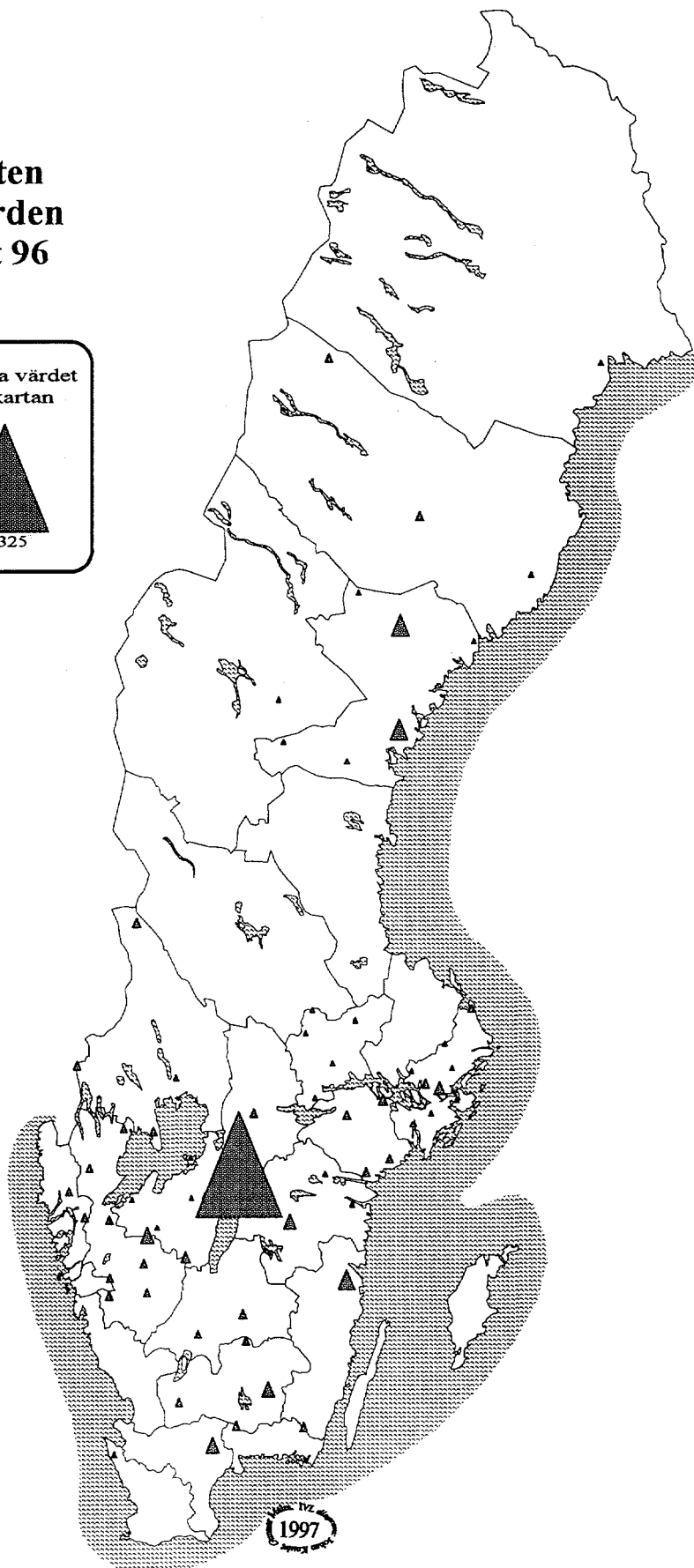
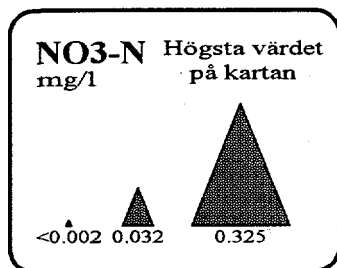
Markvattnets innehåll av baskatjoner (BC) i relation till mängden oorganiskt aluminium (ooAl) används ofta som indikation på markens **försurningsstatus**. Värdet anges som en kvot (BC/ooAl) och baseras på enheten mol. Låg kvot innebär mer försurad mark än hög kvot. Stor risk för skador anses föreligga om kvoten är under 1. Figur 5.7 visar generellt betydligt lägre kvoter i södra Sverige än i norra Sverige. Trots likartade aluminiumhalter är trianglarna mindre (mindre ekologisk risk/högre kvot) på västkusten än en bit in i landet. Orsaken är den stora depositionen av havssalter som bidrar till högre halter av främst magnesium i markvattnet, vilket teoretiskt minskar den toxiska effekten av aluminium. Från norra Sverige indikeras längst framskriden markförsurning på lokalerna utanför Umeå och Luleå. (Se även avsnitt 4.4 om markvatten.)

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



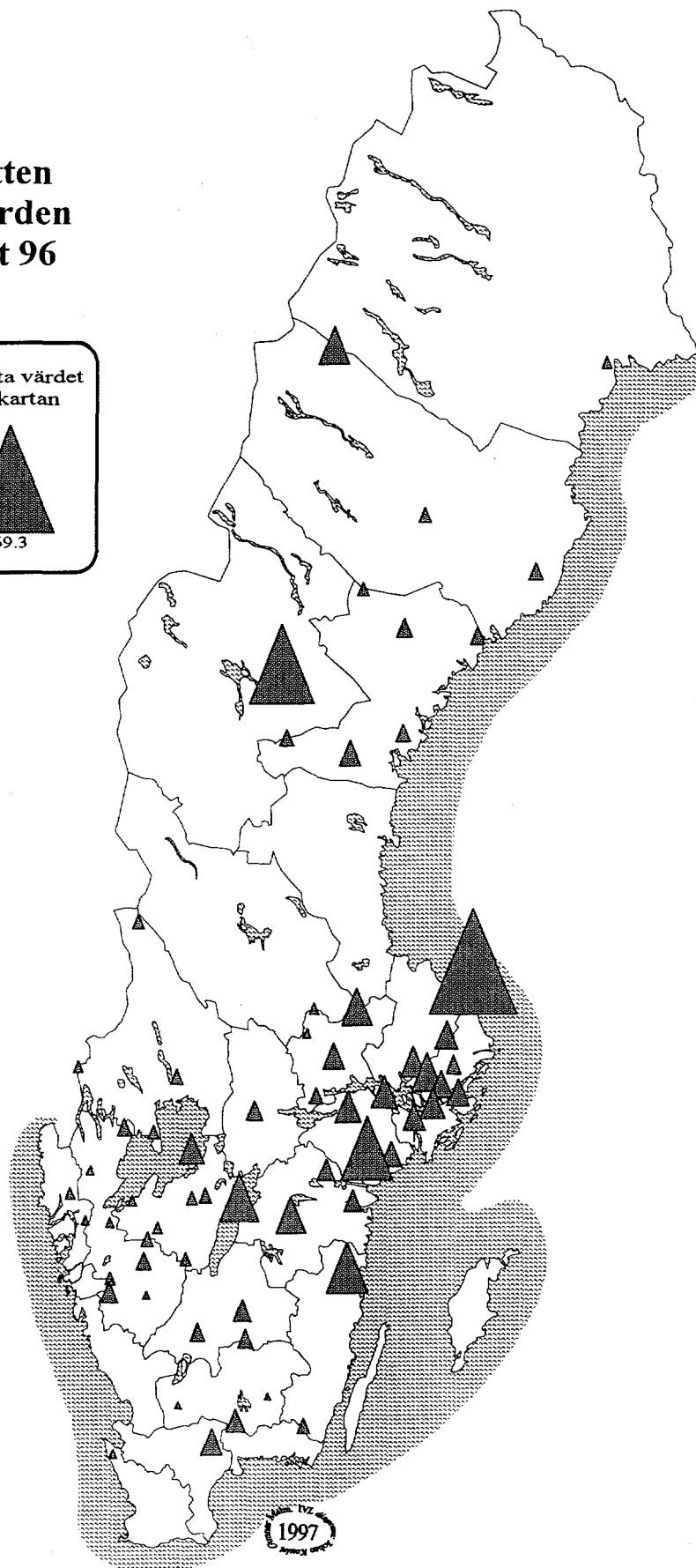
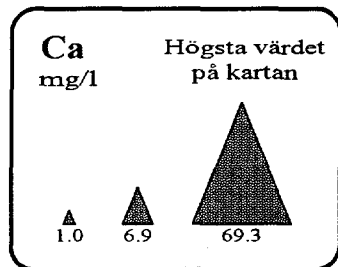
Figur 5.3 Vätejonkoncentration i markvatten från 50 cm djup från flertalet lokaler, medianvärden från samtliga provtagningar till och med september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



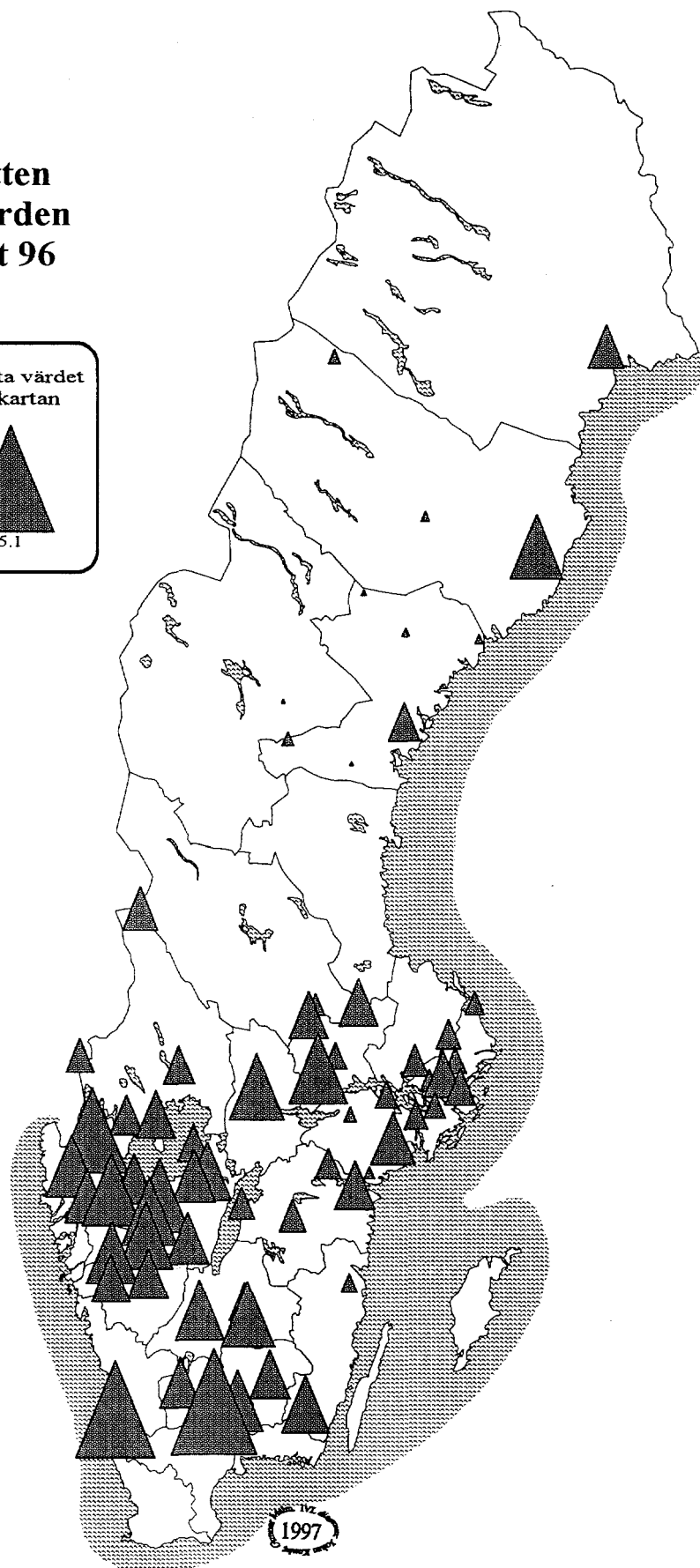
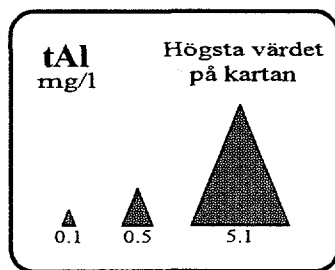
Figur 5.4 Koncentration av nitratkväve i markvatten från 50 cm djup. Medianvärden från flertalet lokaler; samtliga provtagningar till september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



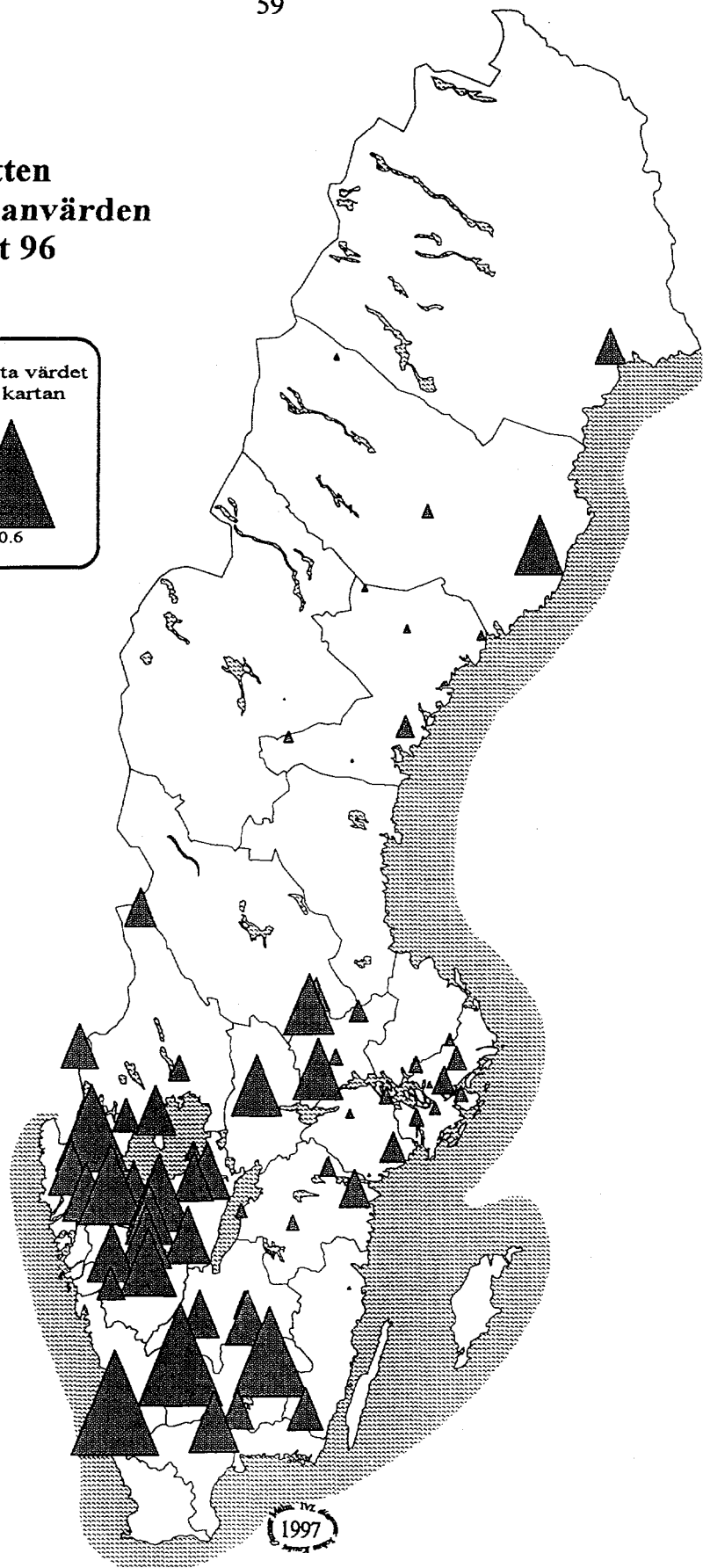
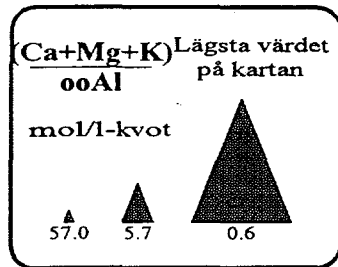
Figur 5.5 Koncentration av kalcium i markvatten från 50 cm djup. Medianvärden från flertalet lokaler; samtliga provtagningar till september 1996.

**Markvatten
medianvärden
t o m sept 96**



Figur 5.6 Koncentration av aluminium i markvatten från 50 cm djup. Medianvärden från flertalet lokaler; samtliga provtagningar till september 1996.

**Markvatten
kvoter på medianvärden
t o m sept 96**

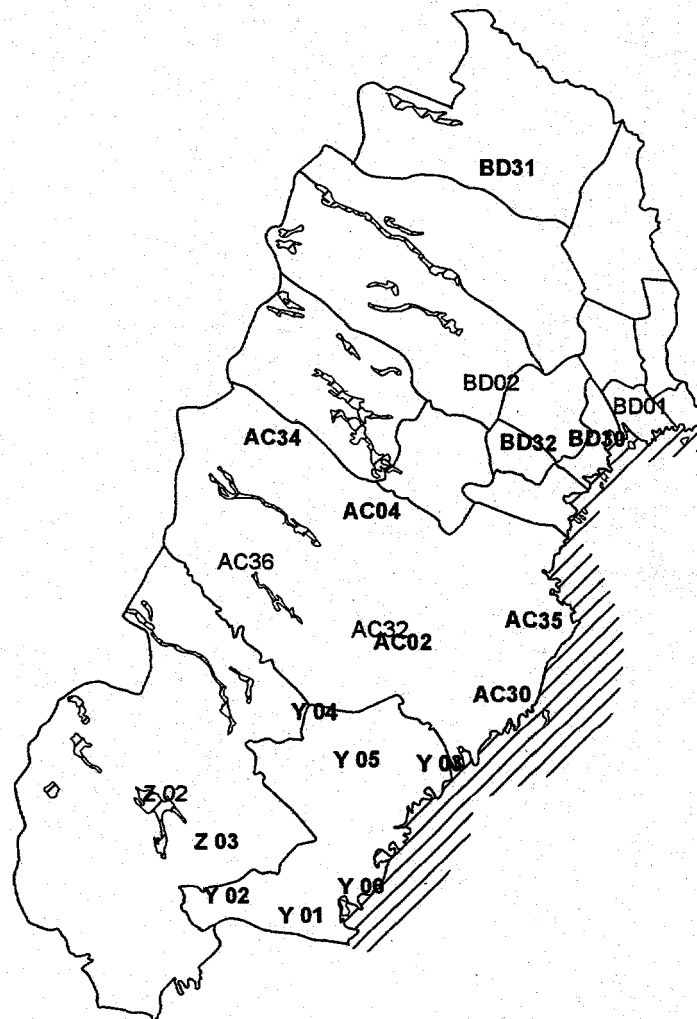


Figur 5.7 Kvot mellan baskatjonerna kalcium, magnesium samt kalium och oorganiskt aluminium i markvatten från 50 cm djup. Medianvärde från alla provtagningar på ett urval lokaler till och med september 1996. Notera att kvoten är inverterad, vilket gör att låg kvot (stor ekologisk risk) ger stor triangel.

6. Referenser

- Björkhem, G. 1989. Skogsprovytor i Stockholms län. Rapport nr 5. Markkemi i Stockholms län. Länsstyrelsens miljöårsrapport.
- Grennfelt, P. och Thörnelöf, E. (editors) 1992. Critical loads for nitrogen - a workshop report. Nordic Council of Ministers. Report 1992:41.
- Hallgren Larsson, E., Knulst, J., Malm, G. och Westling, O. 1995. Deposition of acidifying compounds in Sweden. *Water, Air, and soil Pollution* 85(1-4), pp 2271-2276.
- Hallgren Larsson, E., Sjöberg, K. och Westling, O., 1996a. Luftföroreningar i mellersta Sverige - nedfall, halter och effekter oktober 1994 - september 1995. IVL rapport B 1236.
- Hallgren Larsson, E., Sjöberg, K. och Westling, O., 1996b. Luftföroreningar i norra Sverige - nedfall, halter och effekter oktober 1994 - september 1995. IVL rapport B 1238.
- Hallgren Larsson, E., Knulst, J., Lövblad, G., Malm, G., Sjöberg, K. och Westling, O. 1997. Luftföroreningar i södra Sverige, 1985 till 1995. IVL rapport B 1257.
- Hellgren, J-E., 1992. Institutionen för Genetik och Växtfysiologi, SLU, Umeå. Muntligt meddelande.
- ICP-Forest., 1994. *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Edited by the Programme Coordinating Centres of UN/ECE ICP-Forest, Hamburg and Prague.
- ICP-Forest, 1996. *Draft version of the Submanual on Soil Solution Collection and Analysis*. From the 6th meeting of the Forest Soil Expert Panel, UN/ECE ICP-Forest Brussels, 1-2 April.
- Innes, J.L. 1993. Forest Health: its assessment and status. pp 410-418. CAB international, UK.
- Klasson J-E. 1996. Skogsvårdsstyrelsen i Västernorrlands län. Muntligt meddelande.
- NV, 1993. Ett miljöanpassat samhälle - Miljö 93. Rapport 4234.
- NV, 1995. *Permanent observationsytor*. Delprogram i Naturvårdsverkets handbok för miljöövervakning.
- SLU 1994. MarkInfo, version 1.0. Peter Holmgren, Institutionen för Skoglig Marklära.
- SMHI 1995-1996. Väder och Vatten.
- Westling, O. och Ferm, M. 1997. Deposition av luftföroreningar på hög höjd i svenska fjällen. IVL Aneboda. (Under tryckning)
- Westling, O., Hallgren Larsson, E., Sjöberg, K. och Lövblad, G. 1992. Deposition och effekter av luftföroreningar i södra och mellersta Sverige. IVL rapport B 1079.
- Örlander, G., Westling, O. & Pettersson, P. 1994. Markvattnets innehåll av baskatjoner och aluminium och dess påverkan på tillväxt och kådflöde i kraftigt försurad granskog. IVL rapport B 1155.

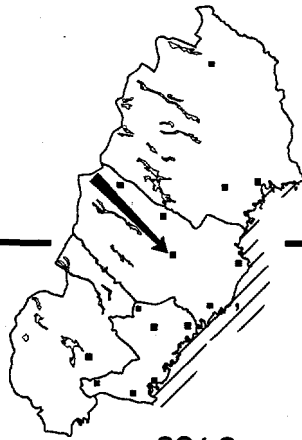
Bilaga med stationsvis redovisning



Innehållsförteckning

	Sid
Figur 1 -15, Stationsfigurer nedfall och markvatten	1
Tabell 1a och b, Samlade data - deposition	16
Tabell 2, Samlade data - markvatten	20

Figur 1. Lokal AC02, Brattfors
Tall, 70 år

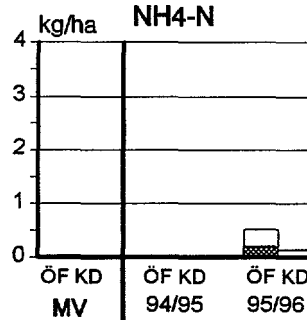
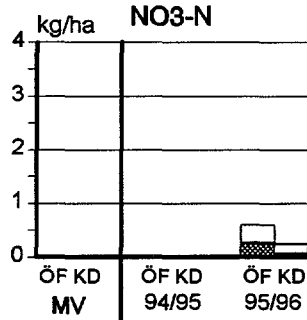
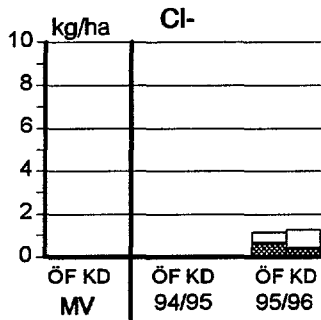
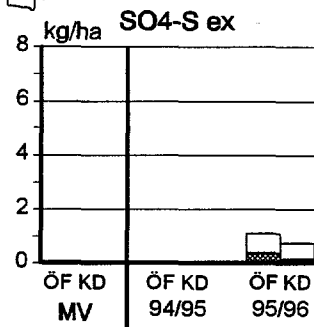
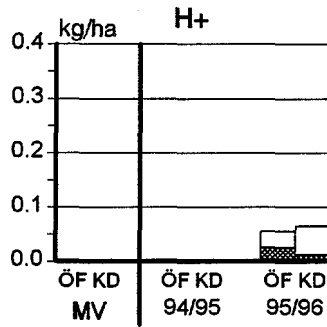


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

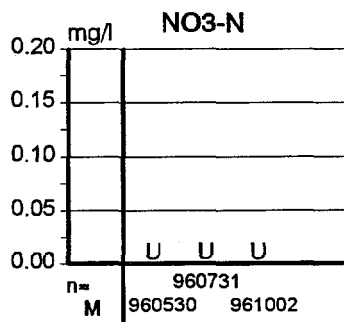
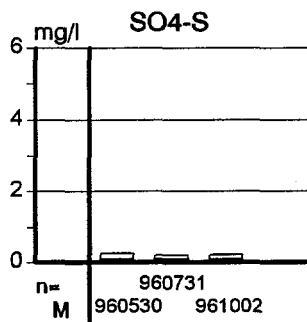
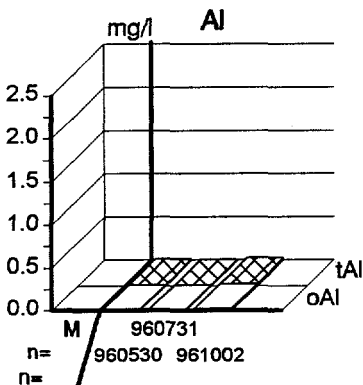
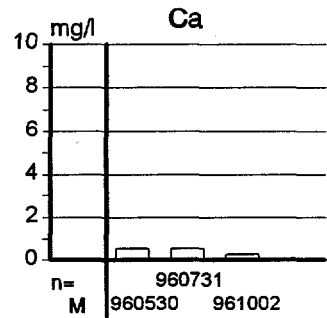
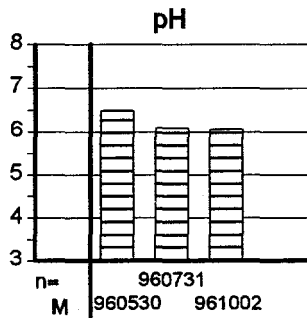
	MV	94/95	95/96
Sommar			303
Vinter			87

= Sommarperiod
 = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp

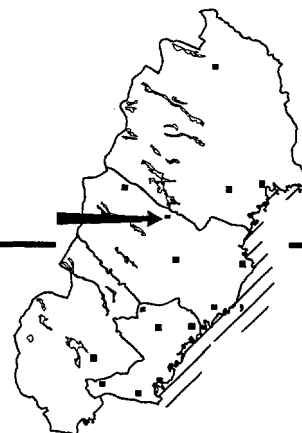


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Figur 2. Lokal AC04, Högbränna Gran, 81 år

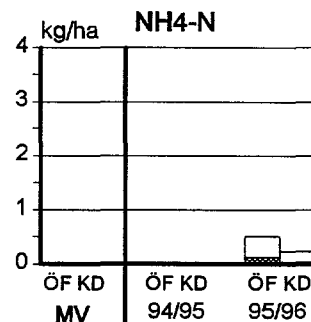
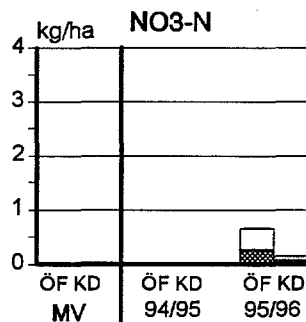
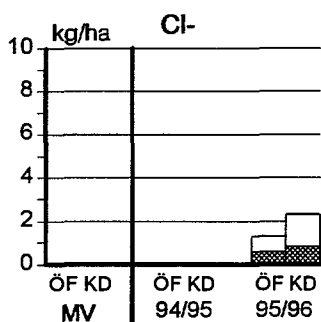
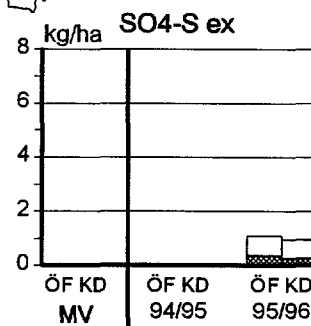
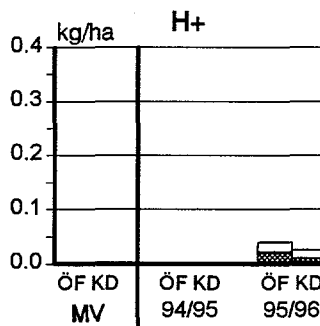


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

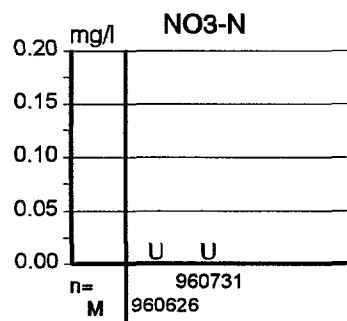
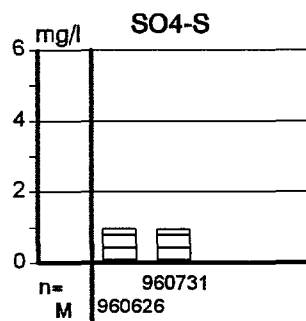
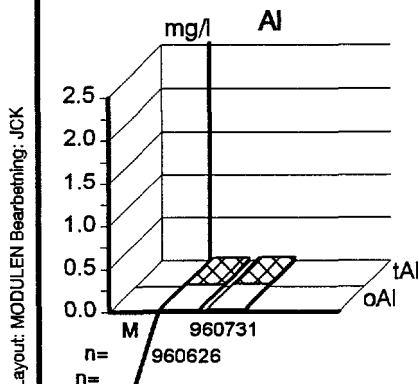
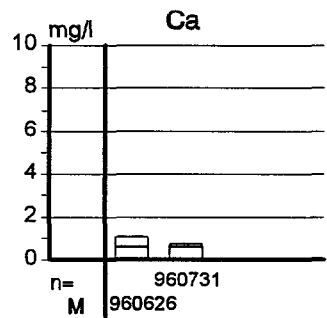
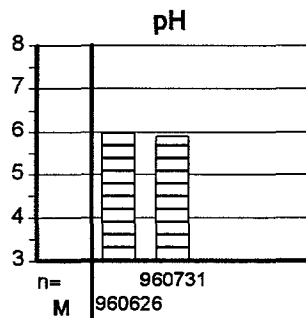
MV	94/95	95/96
Sommar		325
Vinter		145

= Sommarperiod
 = Vinterperiod
MV = Årsmedelvärde
ÖF = Öppet Fält
KD = Krondropp

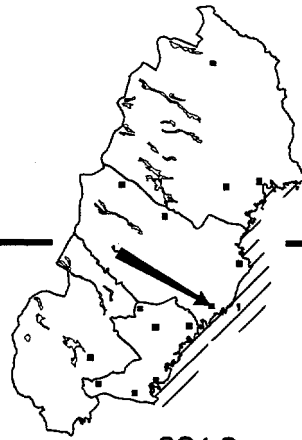


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
oAl = organiskt Aluminium
M = Median
VS = Värde Saknas
U = Under detektionsgräns



Figur 3. Lokal AC30, Bäcksjö Gran

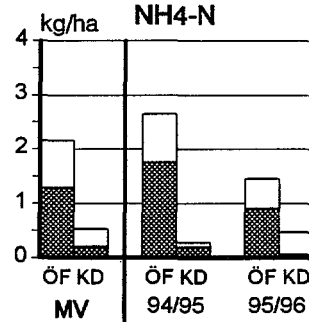
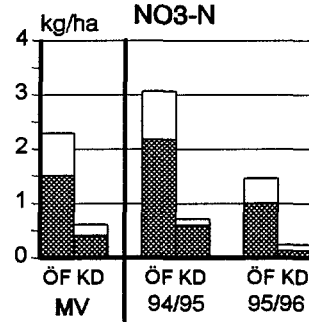
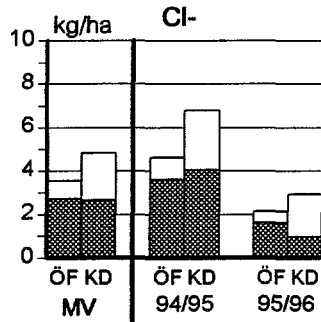
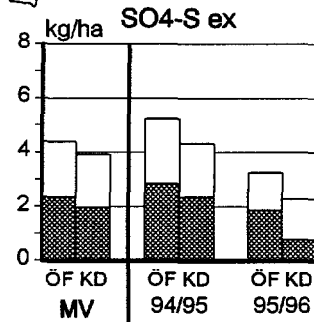
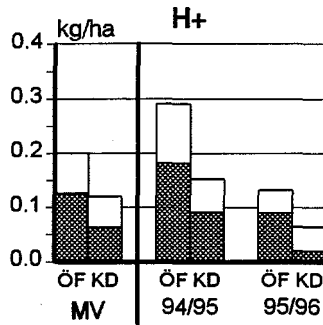


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

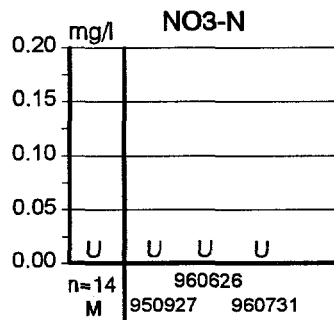
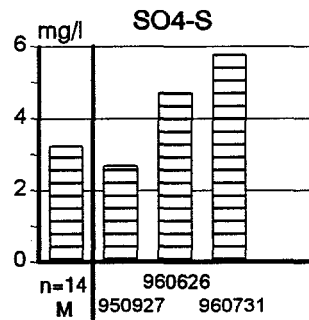
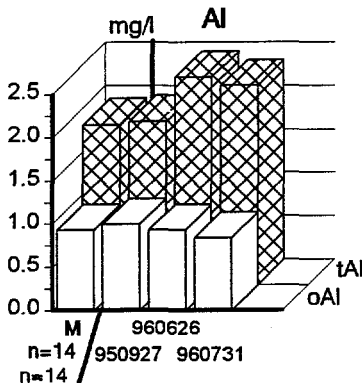
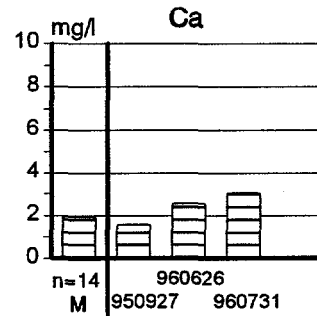
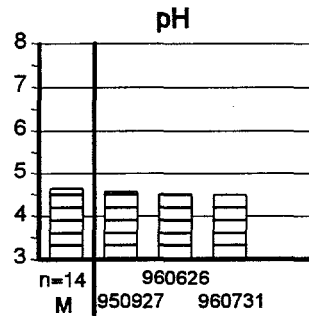
	MV	94/95	95/96
Sommar	344	410	323
Vinter	348	513	184

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1991/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp

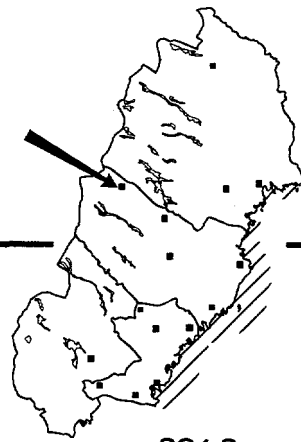


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1991-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Figur 4. Lokal AC34, Ammarnäs
Gran

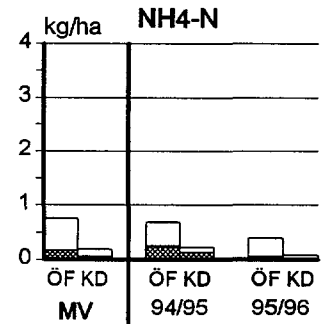
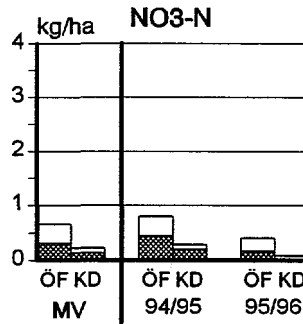
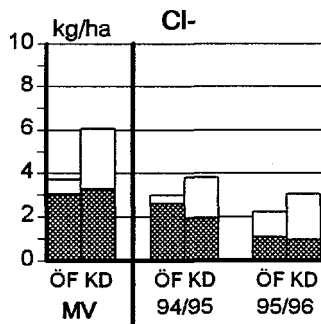
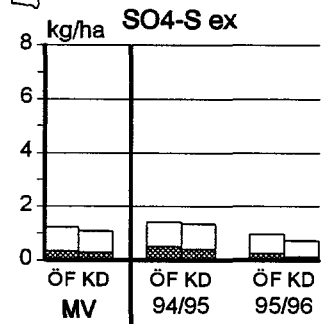
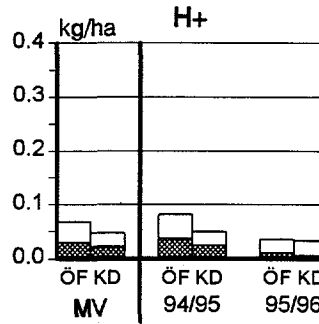


DEPO-SITION

Nederbörd på ÖF (mm)

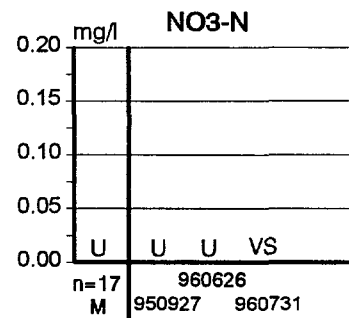
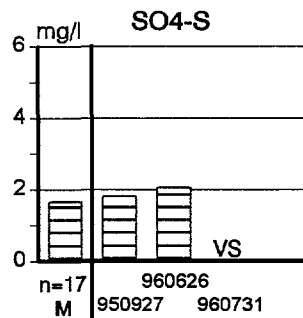
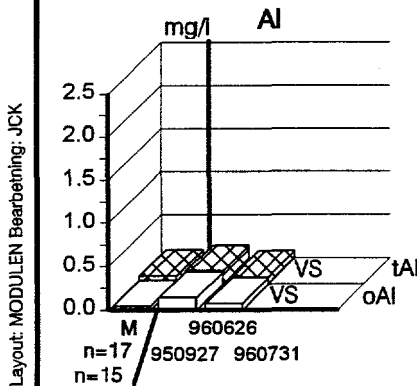
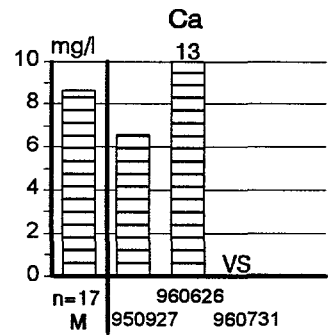
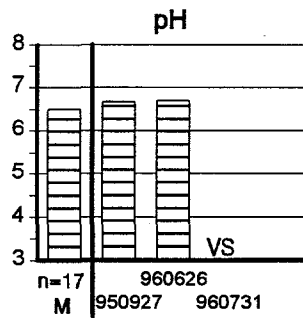
	MV	94/95	95/96
Sommar	307	277	331
Vinter	227	239	134

= Sommarperiod
 = Vinterperiod
MV = Årsmedelvärde 1991/96
ÖF = Öppet Fält
KD = Krondropp



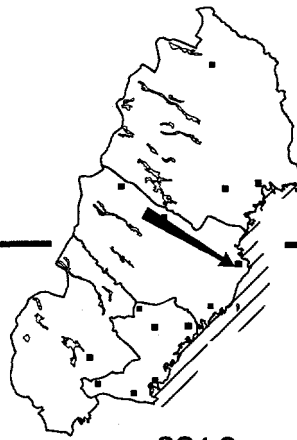
MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
oAl = organiskt Aluminium
M = Median 1991-96
VS = Värde Saknas
U = Under detektionsgräns



Layout: MODULEN Bearbetning: JCK

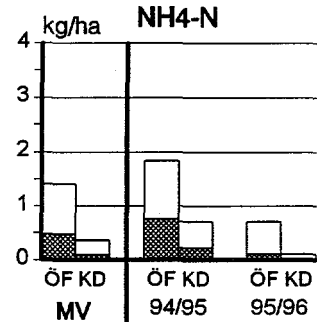
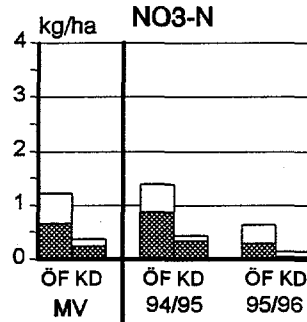
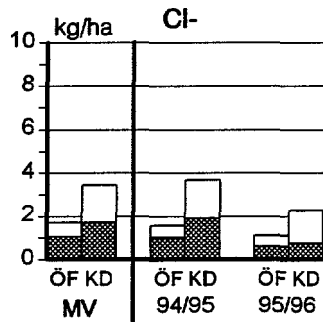
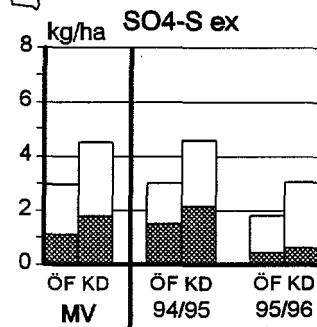
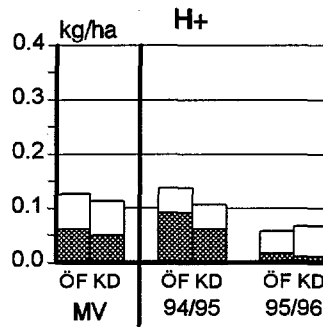
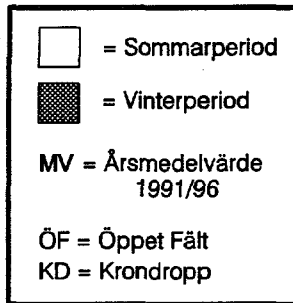
Figur 5. Lokal AC35, Holmsvatten
Gran



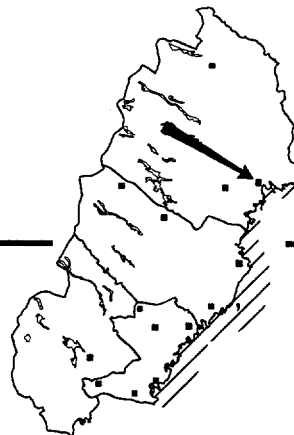
DEPO- SITION

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	94/95	95/96
Sommar	342	290	325
Vinter	240	317	104



Figur 6. Lokal BD30, Luleå
Gran, 97 år

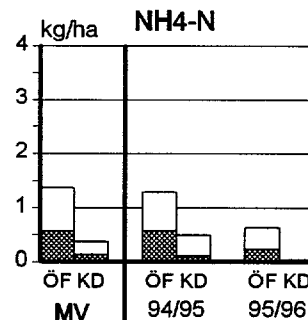
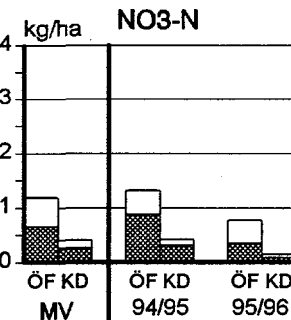
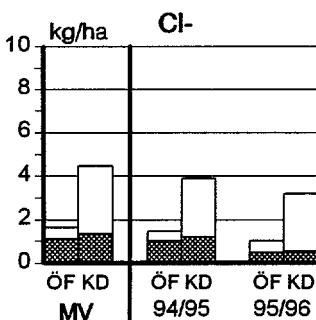
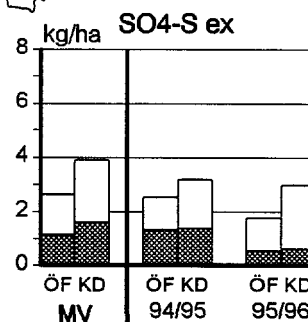
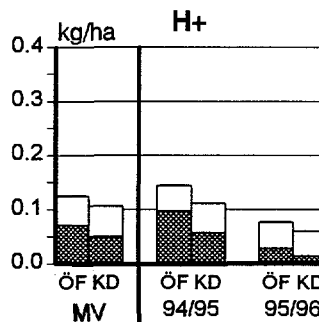


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

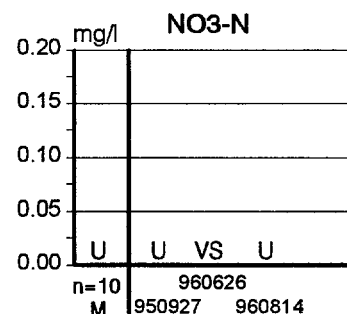
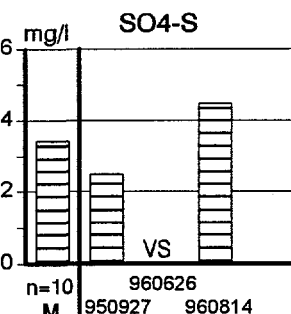
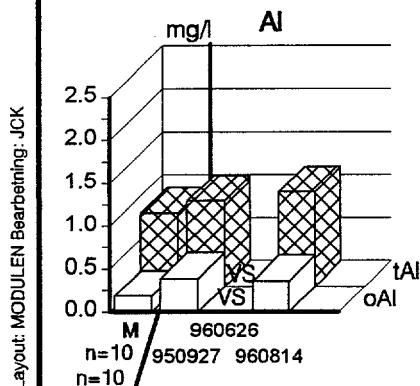
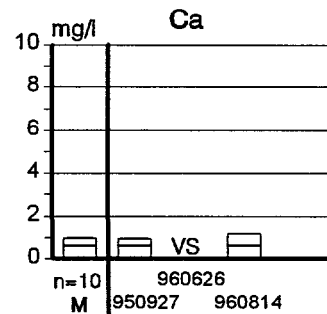
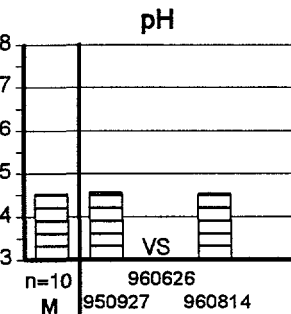
	MV	94/95	95/96
Sommar	311	274	331
Vinter	243	297	136

= Sommarperiod
 = Vinterperiod
MV = Årsmedelvärde 1991/96
ÖF = Öppet Fält
KD = Krondropp



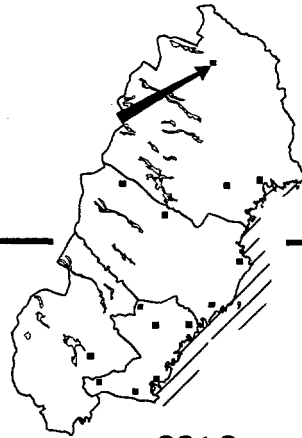
MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
oAl = organiskt Aluminium
M = Median 1991-96
VS = Värde Saknas
U = Under detektionsgräns



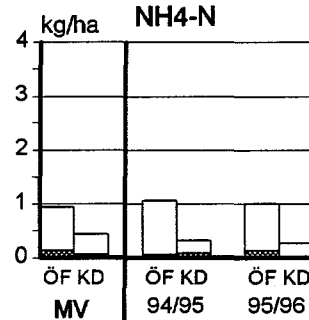
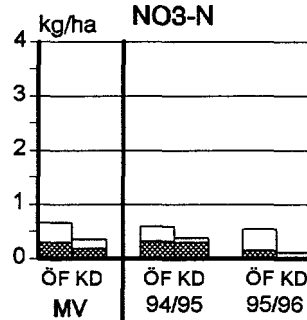
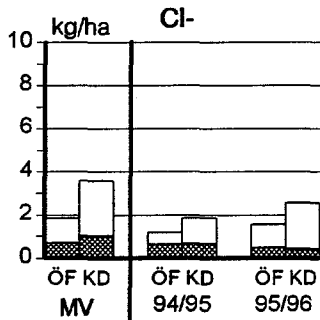
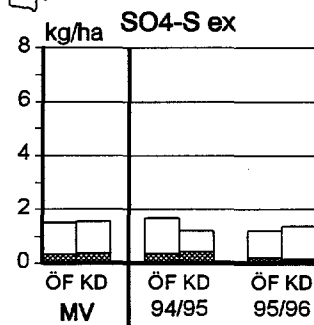
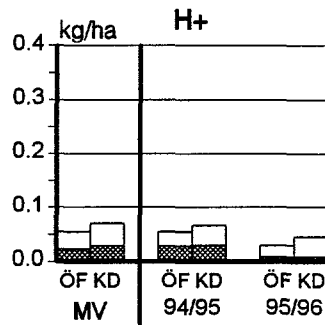
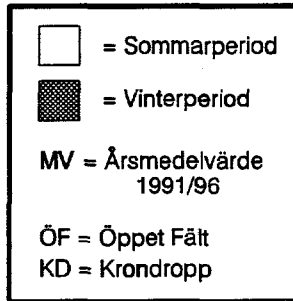
Layout: MODULEN Bearbetning: JCK

Figur 7. Lokal BD31, Esrange
Gran



DEPO- SITION

		Nederbörd på ÖF (mm)		
		MV	94/95	95/96
Sommar		284	223	333
Vinter		150	143	113



Figur 8. Lokal BD32, Stockfors
Tall, 152 år

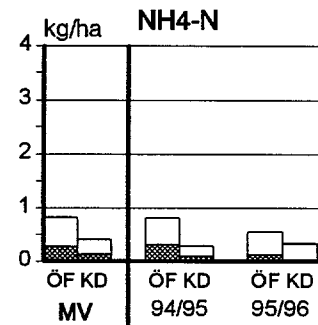
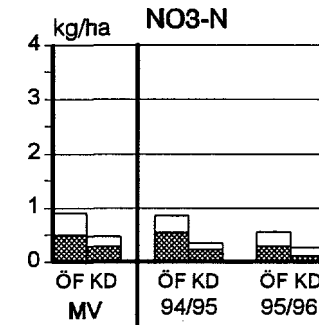
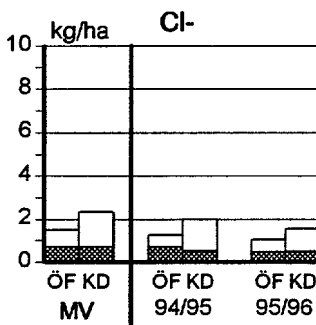
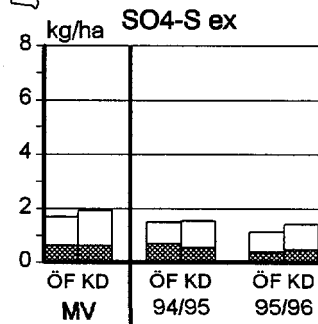
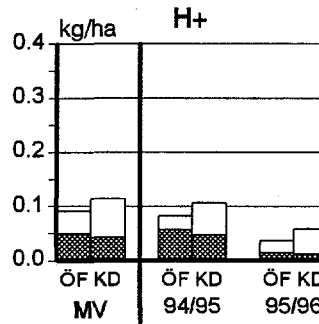


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

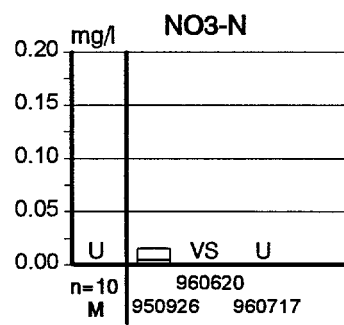
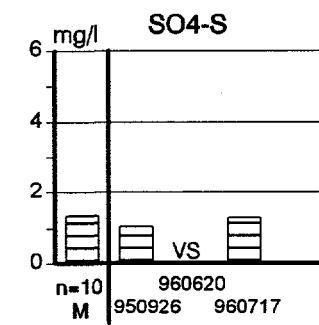
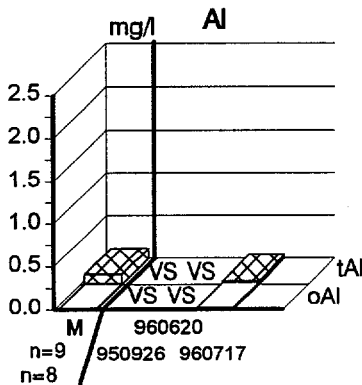
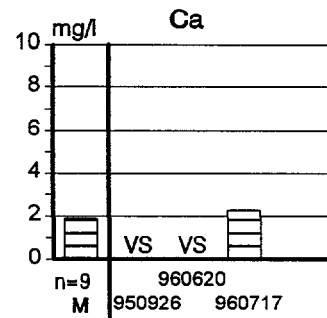
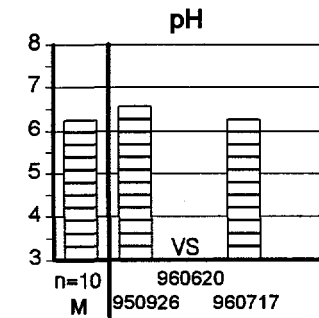
	MV	94/95	95/96
Sommar	281	215	277
Vinter	191	228	106

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1991/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp

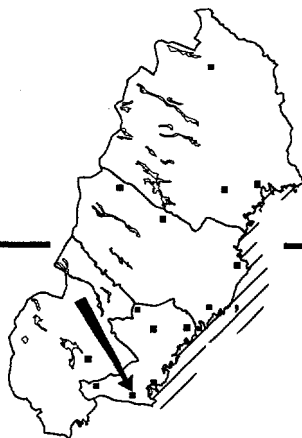


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1991-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Figur 9. Lokal Y 01, Stöde
Gran, 96 år

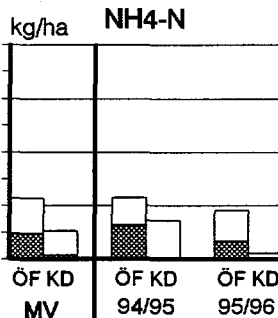
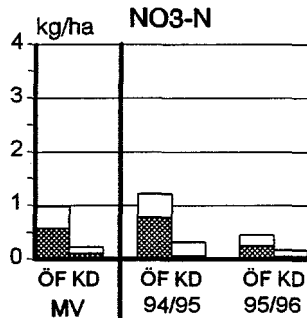
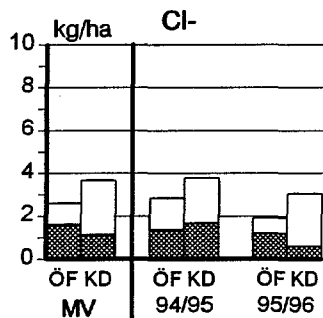
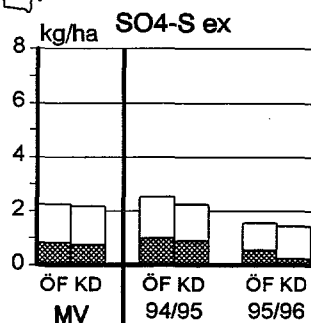
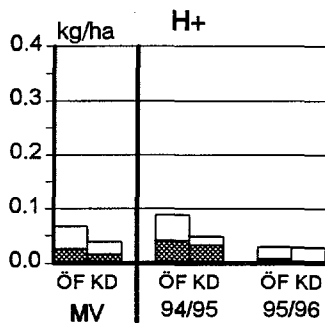


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

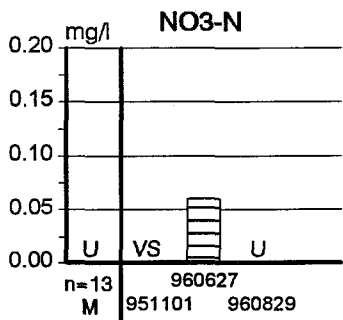
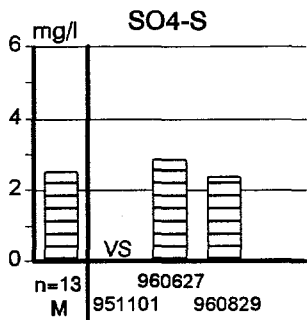
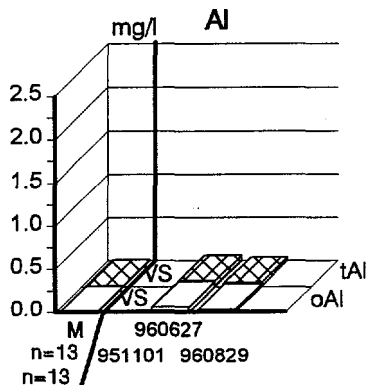
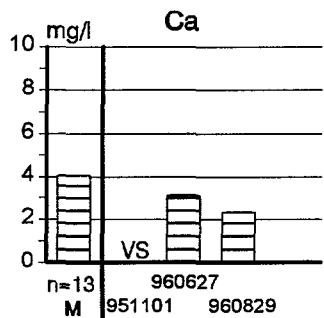
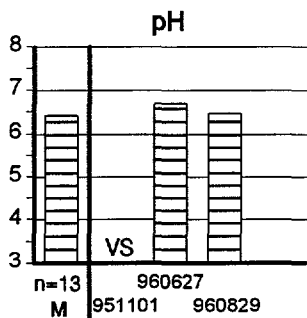
	MV	94/95	95/96
Sommar	348	322	305
Vinter	229	340	116

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1991/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp

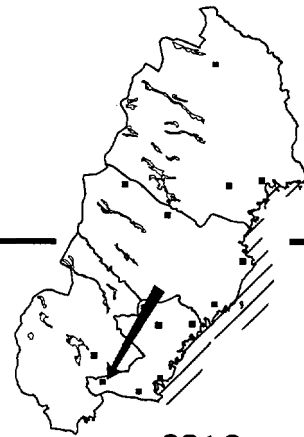


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1991-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Figur 10. Lokal Y 02, Snöberg
Gran, 64 år

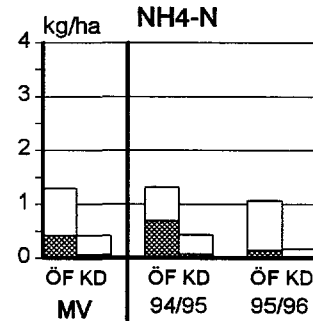
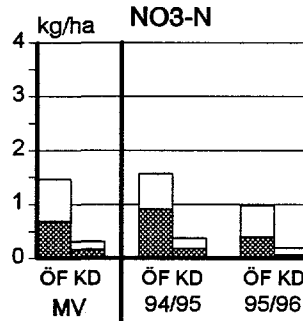
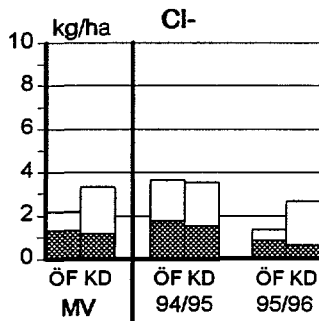
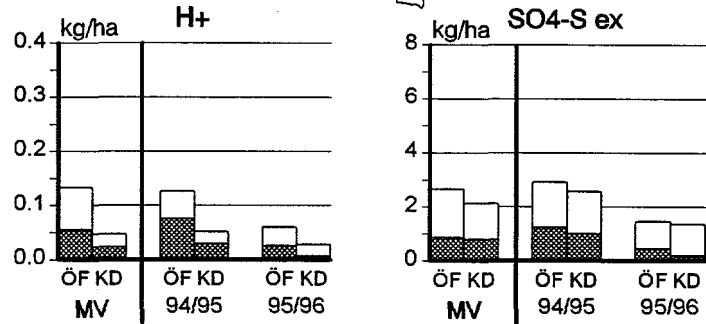


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

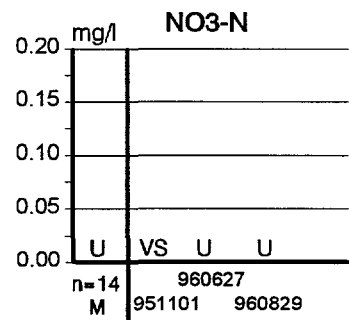
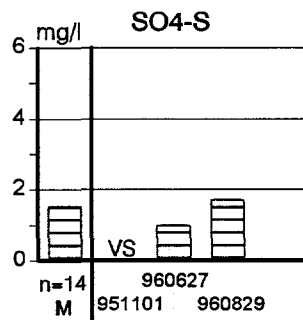
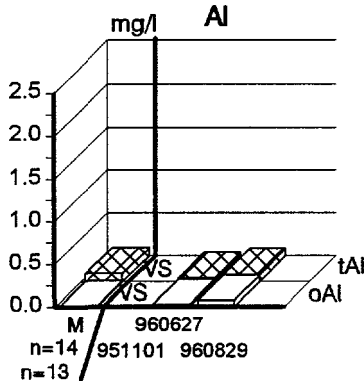
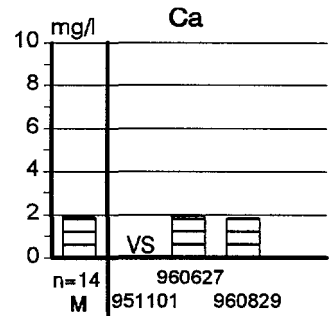
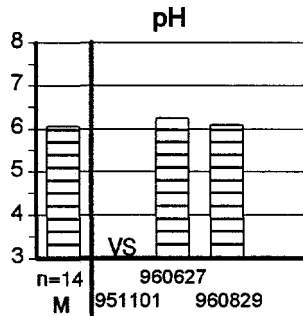
	MV	94/95	95/96
Sommar	390	413	281
Vinter	259	380	140

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1991/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp

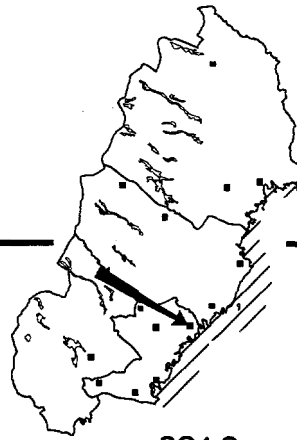


MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1991-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Figur 11. Lokal Y 03, Lakamark Gran

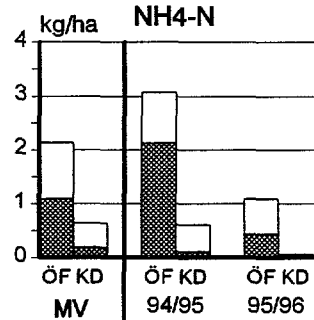
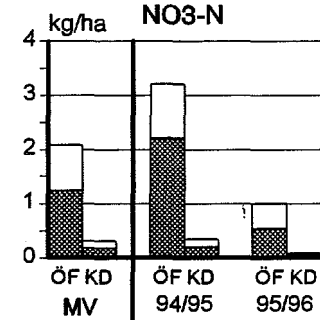
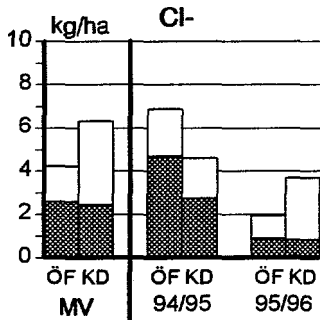
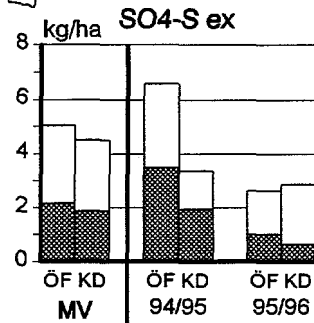
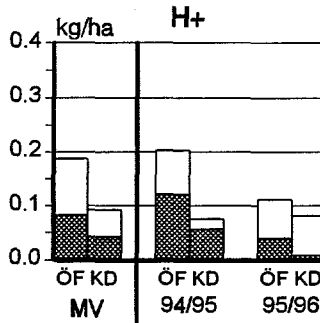


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

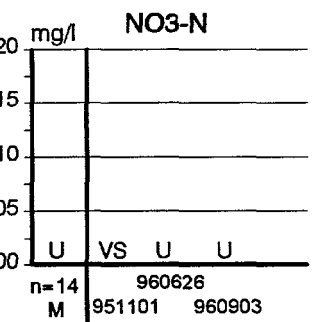
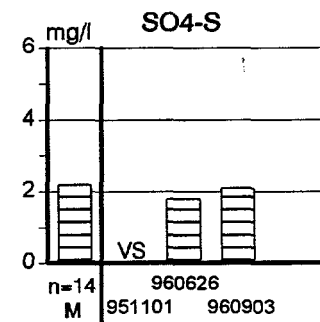
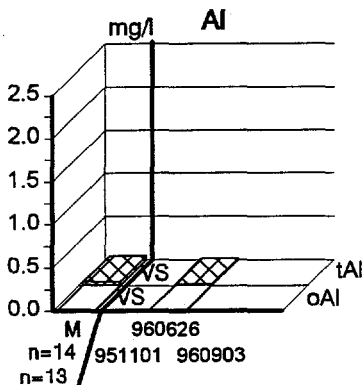
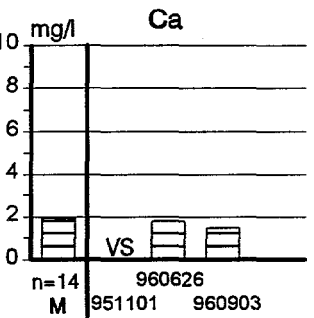
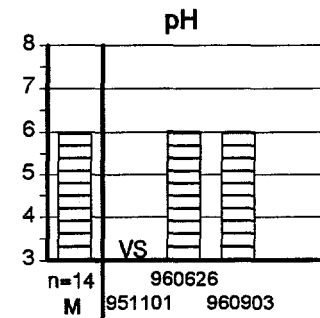
	MV	94/95	95/96
Sommar	397	338	399
Vinter	297	500	104

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1991/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp



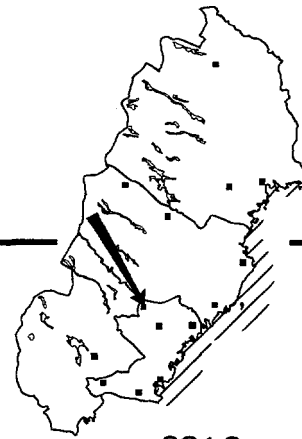
MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1991-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Layout: MODULEN Bearbetning: JCK

Figur 12. Lokal Y 04, Ruskhöjden
Gran

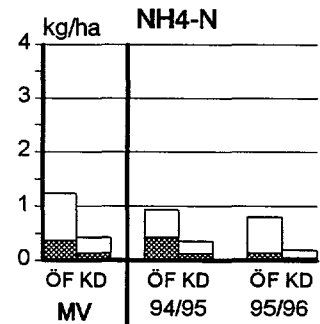
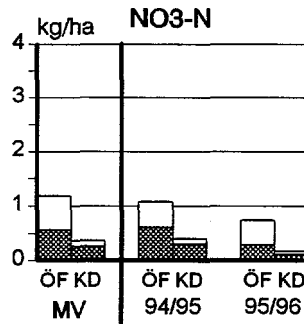
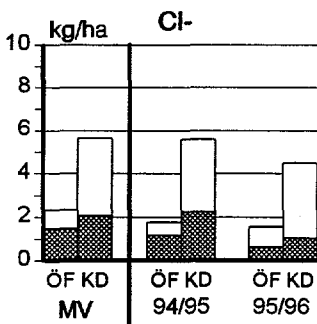
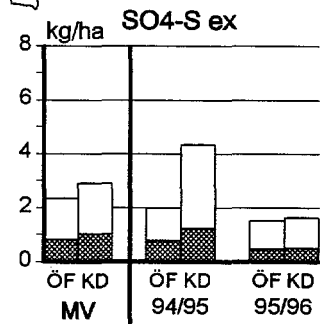
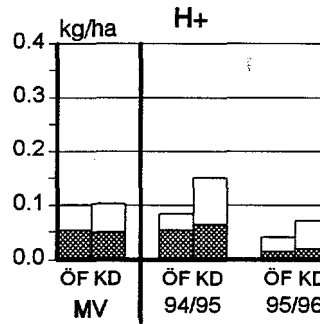


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

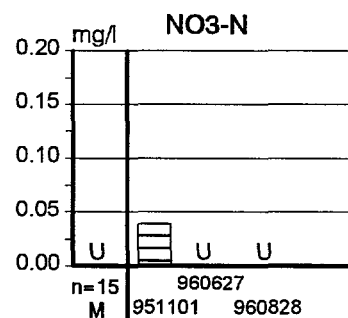
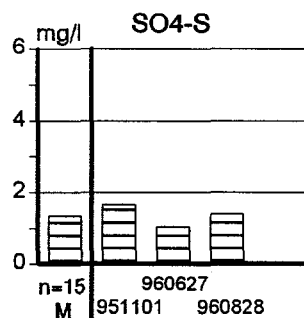
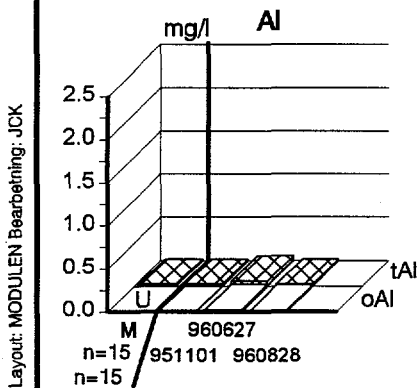
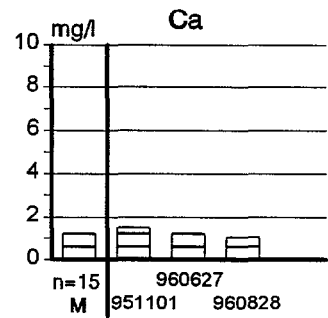
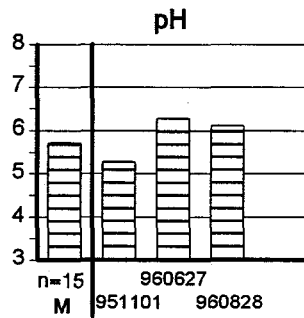
	MV	94/95	95/96
Sommar	389	341	338
Vinter	265	307	132

= Sommarperiod
 = Vinterperiod
MV = Årsmedelvärde 1991/96
ÖF = Öppet Fält
KD = Krondropp



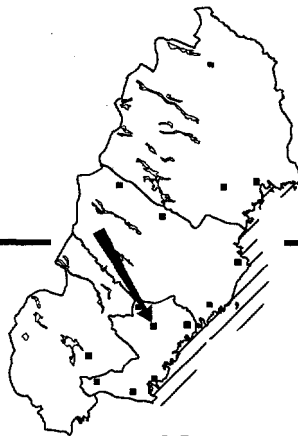
MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
oAl = organiskt Aluminium
M = Median 1991-96
VS = Värde Saknas
U = Under detektionsgräns



Layout: MODULEN Bearbetning: JCK

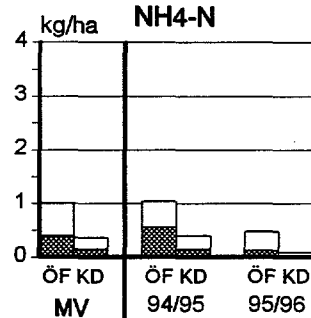
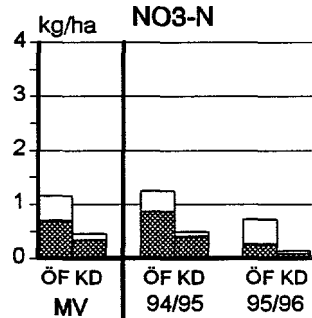
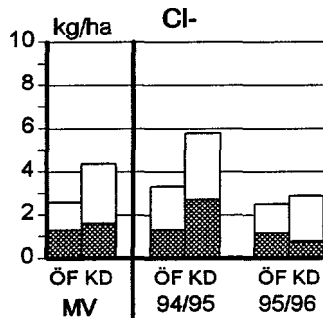
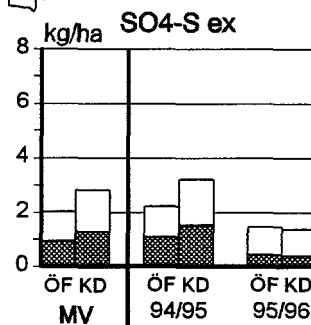
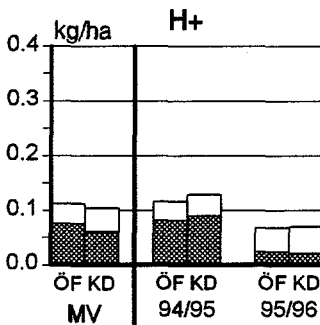
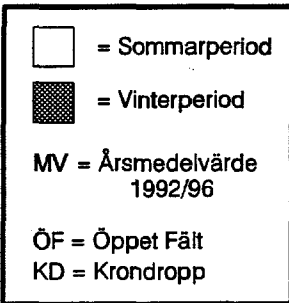
Figur 13. Lokal Y 05, Hällvattnet
Gran



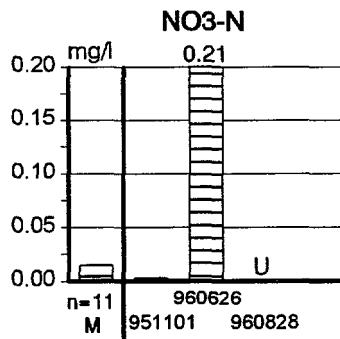
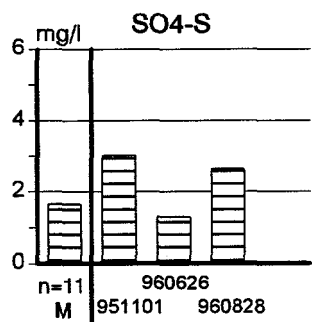
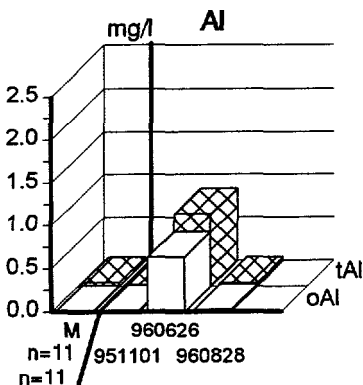
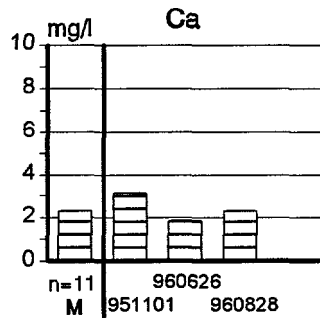
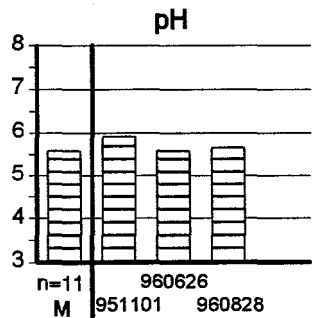
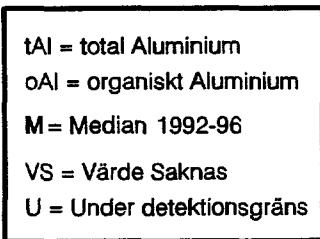
DEPO- SITION

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	94/95	95/96
Sommar	305	325	341
Vinter	286	341	128

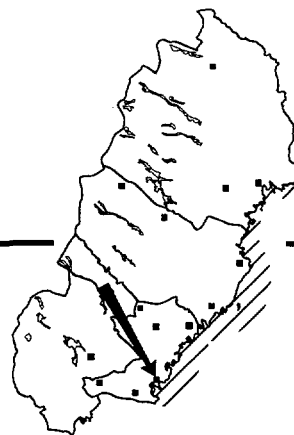


MARKVATTEN



Layout: MODULEN Bearbetning: JCK

Figur 14. Lokal Y 06, Storsjön
Gran

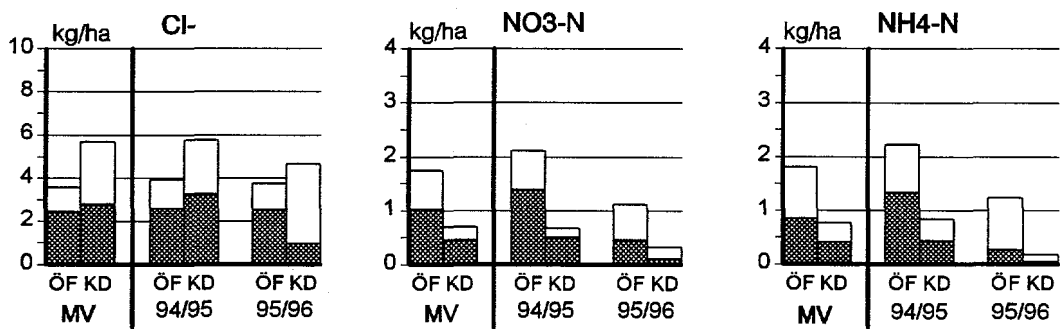
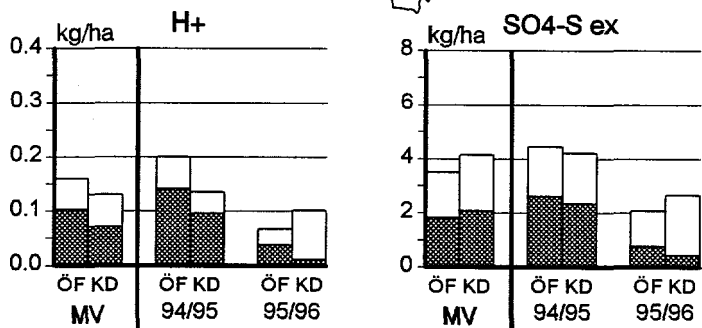


DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	94/95	95/96
Sommar	312	325	297
Vinter	322	458	105

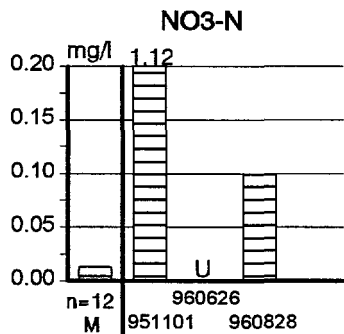
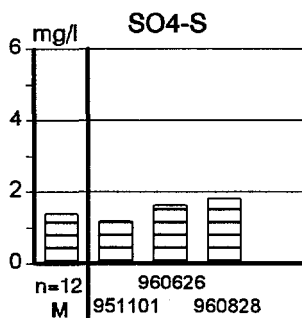
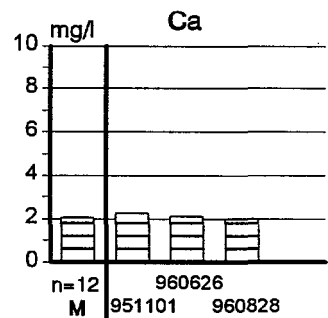
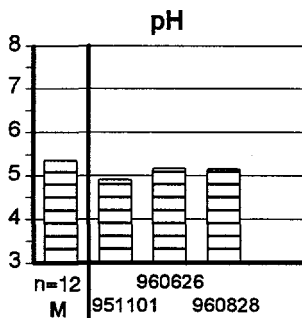
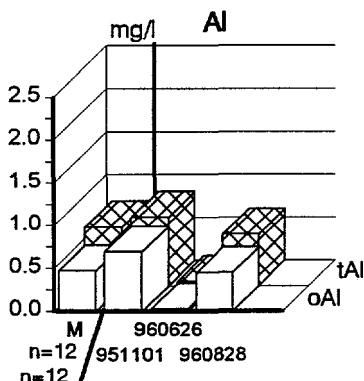
= Sommarperiod
 = Vinterperiod
MV = Årsmedelvärde 1992/96
ÖF = Öppet Fält
KD = Krondropp



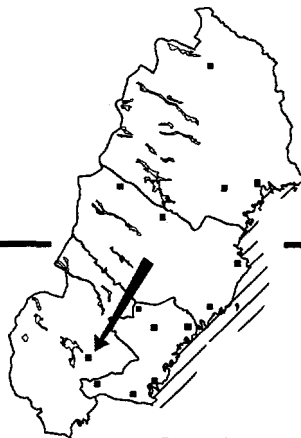
MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
oAl = organiskt Aluminium
M = Median 1992-96
VS = Värde Saknas
U = Under detektionsgräns

Layout: MODULEN Bearbetning: JCK



Figur 15. Lokal Z 03, Gällö
Gran, 94 år

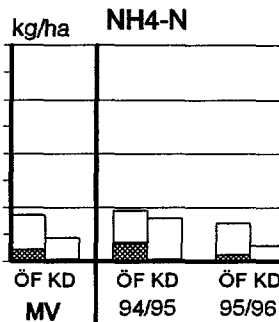
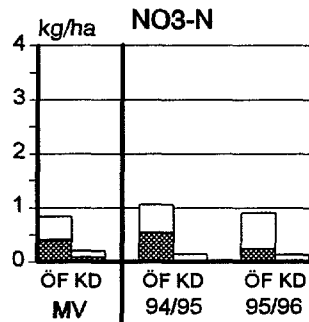
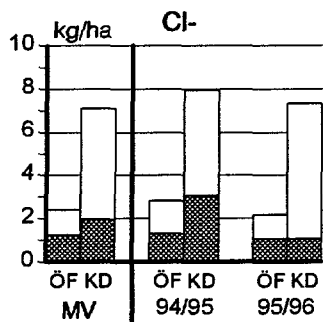
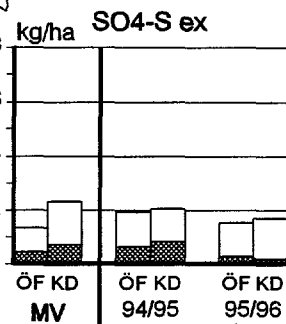
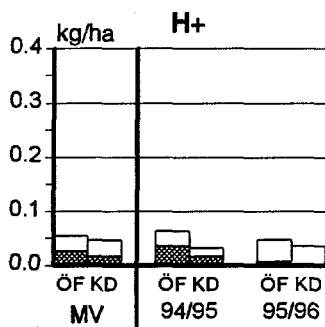


DEPO-SITION

Nederbörd på ÖF (mm)

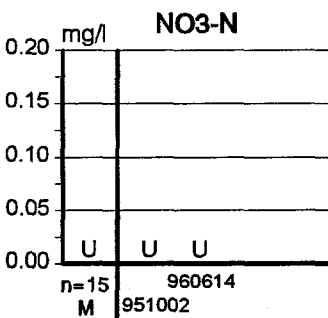
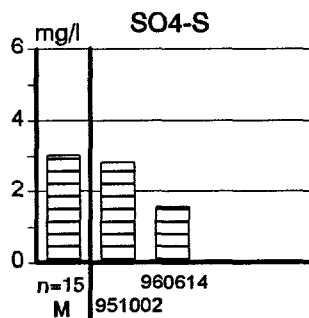
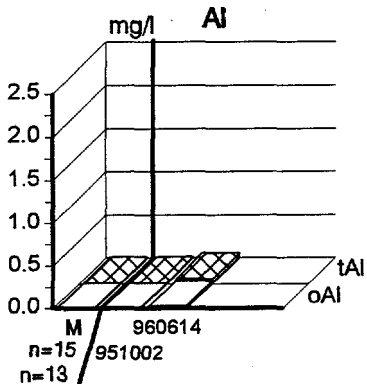
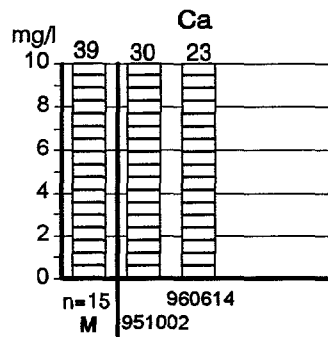
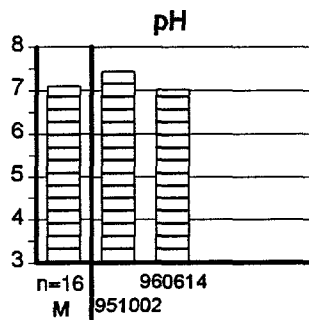
	MV	94/95	95/96
Sommar	311	374	348
Vinter	199	314	101

□ = Sommarperiod
 ■ = Vinterperiod
 MV = Årsmedelvärde 1990/96
 ÖF = Öppet Fält
 KD = Krondropp



MARKVATTEN

tAl = total Aluminium
 oAl = organiskt Aluminium
 M = Median 1990-96
 VS = Värde Saknas
 U = Under detektionsgräns



Tabell 1a. Öppet fältdata från norra Sverige, komplett hydrologisk årsdeposition.

IVL provkod	År	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	NO3-N kg/ha	NH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha
AC02 A-0	95/96	391	0.05	1.2	1.1	1.1	0.60	0.51	0.66	0.14	0.66	0.61
AC04 A-0	95/96	470	0.04	1.2	1.1	1.3	0.66	0.49	1.20	0.18	0.90	0.71
AC30 A-0	91/92	710	0.14	5.2	5.0	4.3	2.53	2.40	-	-	-	-
	92/93	775	0.23	5.1	4.9	4.2	2.53	2.48	-	-	-	-
	93/94	546	0.21	3.7	3.6	2.5	1.84	1.81	-	-	-	-
	94/95	923	0.29	5.4	5.2	4.6	3.07	2.65	-	-	-	-
	95/96	507	0.13	3.3	3.2	2.1	1.47	1.44	-	-	-	-
AC34 A-0	91/92	611	0.07	1.2	1.0	4.3	0.63	0.83	-	-	-	-
	92/93	707	0.10	2.1	1.8	6.9	0.84	0.84	-	-	-	-
	93/94	371	0.05	1.1	1.0	2.1	0.61	1.01	-	-	-	-
	94/95	516	0.08	1.6	1.4	3.0	0.79	0.68	-	-	-	-
	95/96	464	0.04	1.1	1.0	2.2	0.41	0.40	-	-	-	-
AC35 A-0	91/92	768	0.19	4.5	4.4	2.8	1.80	1.94	-	-	-	-
	92/93	619	0.14	3.4	3.3	1.4	1.23	1.41	-	-	-	-
	93/94	484	0.11	2.3	2.3	1.6	1.04	1.11	-	-	-	-
	94/95	607	0.14	3.1	3.0	1.6	1.38	1.83	-	-	-	-
	95/96	429	0.06	1.9	1.8	1.1	0.62	0.70	-	-	-	-
BD30 A-0	91/92	674	0.15	4.0	3.9	2.4	1.18	2.34	-	-	-	-
	92/93	586	0.13	2.8	2.7	2.0	1.34	1.23	-	-	-	-
	93/94	473	0.12	2.3	2.2	1.4	1.33	1.37	-	-	-	-
	94/95	570	0.14	2.6	2.5	1.5	1.32	1.29	-	-	-	-
	95/96	466	0.08	1.8	1.8	1.0	0.78	0.63	-	-	-	-
BD31 A-0	91/92	489	0.05	1.6	1.5	1.8	0.73	1.26	-	-	-	-
	92/93	517	0.09	2.0	1.9	2.5	0.79	0.54	-	-	-	-
	93/94	356	0.06	1.4	1.3	2.1	0.68	0.85	-	-	-	-
	94/95	366	0.05	1.7	1.7	1.2	0.58	1.06	-	-	-	-
	95/96	445	0.03	1.3	1.2	1.6	0.54	1.00	-	-	-	-
BD32 A-0	91/92	593	0.12	2.3	2.3	1.8	1.06	1.25	-	-	-	-
	92/93	547	0.11	2.4	2.3	2.1	1.07	0.92	-	-	-	-
	93/94	397	0.11	1.4	1.4	1.2	0.98	0.61	-	-	-	-
	94/95	443	0.08	1.6	1.5	1.3	0.86	0.81	-	-	-	-
	95/96	383	0.04	1.2	1.1	1.1	0.55	0.56	-	-	-	-
Y 01 A-0	91/92	563	0.09	3.0	2.9	2.4	1.19	1.30	-	-	-	-
	92/93	698	0.08	2.4	2.2	3.2	1.00	1.18	-	-	-	-
	93/94	544	0.06	2.1	2.0	2.5	1.05	1.12	-	-	-	-
	94/95	662	0.09	2.7	2.5	2.8	1.21	1.16	-	-	-	-
	95/96	421	0.03	1.6	1.6	1.9	0.44	0.90	-	-	-	-
Y 02 A-0	91/92	677	0.21	3.8	3.7	1.8	1.42	1.52	-	-	-	-
	92/93	762	0.13	2.8	2.7	1.7	1.68	1.42	-	-	-	-
	93/94	593	0.15	2.7	2.6	2.3	1.64	1.13	-	-	-	-
	94/95	793	0.13	3.1	2.9	3.6	1.55	1.31	-	-	-	-
	95/96	421	0.06	1.5	1.5	1.4	0.97	1.07	-	-	-	-

Tabell 1a. forts.

IVL provkod	År	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	NO3-N kg/ha	NH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha
Y 03 A-0	91/92	727	0.21	5.9	5.7	4.2	2.17	2.84	-	-	-	-
	92/93	682	0.22	4.9	4.8	4.1	1.93	1.77	-	-	-	-
	93/94	721	0.20	5.7	5.5	4.0	2.08	1.92	-	-	-	-
	94/95	838	0.20	6.9	6.6	6.9	3.22	3.07	-	-	-	-
	95/96	503	0.11	2.7	2.6	2.0	1.00	1.08	-	-	-	-
Y 04 A-0	91/92	722	0.13	2.7	2.6	3.3	1.33	1.62	-	-	-	-
	92/93	775	0.11	3.3	3.1	3.1	1.46	1.85	-	-	-	-
	93/94	660	0.14	2.6	2.6	1.9	1.37	0.99	-	-	-	-
	94/95	648	0.08	2.1	2.0	1.8	1.08	0.93	-	-	-	-
	95/96	470	0.04	1.6	1.5	1.5	0.73	0.80	-	-	-	-
Y 05 A-0	92/93	623	0.11	2.2	2.1	2.1	1.21	1.38	-	-	-	-
	93/94	604	0.16	2.4	2.3	2.5	1.41	1.16	-	-	-	-
	94/95	666	0.12	2.4	2.2	3.3	1.24	1.03	-	-	-	-
	95/96	469	0.07	1.6	1.5	2.5	0.72	0.49	-	-	-	-
Y 06 A-0	92/93	727	0.17	4.0	3.8	4.1	1.90	2.06	-	-	-	-
	93/94	624	0.20	3.8	3.7	2.6	1.86	1.69	-	-	-	-
	94/95	783	0.20	4.6	4.5	3.9	2.11	2.23	-	-	-	-
	95/96	402	0.07	2.2	2.1	3.7	1.11	1.24	-	-	-	-
Z 03 A-0	90/91	400	0.05	1.2	1.1	2.0	0.74	0.64	-	-	-	-
	91/92	495	0.04	1.5	1.3	3.6	0.76	1.57	-	-	-	-
	92/93	567	0.06	1.1	1.0	2.2	0.77	0.79	-	-	-	-
	93/94	464	0.06	1.2	1.1	1.7	0.81	0.51	-	-	-	-
	94/95	688	0.06	2.0	1.9	2.8	1.04	0.95	-	-	-	-
95/96	449	0.05	1.6	1.5	2.1	0.91	0.71	-	-	-	-	

- = värde saknas

Tabell 1a. (forts.) Öppet fältdata från norra Sverige, lokaler med mindre än 12 månaders mätdata.

IVL provkod	Första datum	Sista datum	Antal månader	Exp tid dagar	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	O3-NNH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha
AC32 A-0	95-10-30	95-10-30	1	35	42	0.0156	0.3	0.3	0.4	0.16	0.16	-	-	-
AC36 A-0	95-10-30	95-10-30	1	36	43	0.0090	0.1	0.1	0.4	0.07	0.04	-	-	-
BD01 A-0	96-01-29	96-09-30	9	273	362	0.0626	2.0	2.0	1.3	0.74	1.23	0.92	0.27	1.04
BD02 A-0	96-01-30	96-09-30	9	272	400	0.0382	1.1	1.1	0.9	0.48	0.52	0.62	0.14	0.81

- = värde saknas

Tabell 1b. Krondroppsdata från norra Sverige, komplett hydrologisk årsdeposition.

IVL provkod	År	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	NO3-N kg/ha	NH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha
AC02 A-1	95/96	301	0.06	0.8	0.8	1.2	0.24	0.14	0.61	0.19	0.77	1.27
AC04 A-1	95/96	336	0.02	1.1	1.0	2.3	0.14	0.24	0.67	0.30	1.35	3.46
AC30 A-1	91/92	450	0.10	4.7	4.5	5.1	0.54	0.64	-	-	-	-
	92/93	429	0.14	4.4	4.1	5.2	0.70	0.45	-	-	-	-
	93/94	394	0.14	4.5	4.3	4.1	0.85	0.79	-	-	-	-
	94/95	526	0.15	4.6	4.3	6.8	0.71	0.28	-	-	-	-
	95/96	268	0.07	2.4	2.3	2.9	0.24	0.46	-	-	-	-
AC34 A-1	91/92	423	0.04	1.2	0.9	7.1	0.21	0.22	-	-	-	-
	92/93	495	0.07	2.0	1.4	13.2	0.24	0.24	-	-	-	-
	93/94	301	0.05	1.2	1.0	3.2	0.32	0.17	-	-	-	-
	94/95	346	0.05	1.5	1.3	3.8	0.30	0.23	-	-	-	-
	95/96	339	0.03	0.9	0.7	3.0	0.08	0.09	-	-	-	-
AC35 A-1	91/92	501	0.15	5.8	5.6	4.7	0.48	0.44	-	-	-	-
	92/93	407	0.11	4.9	4.7	3.2	0.30	0.28	-	-	-	-
	93/94	385	0.12	4.8	4.7	3.4	0.51	0.28	-	-	-	-
	94/95	448	0.11	4.8	4.6	3.7	0.43	0.71	-	-	-	-
	95/96	287	0.07	3.1	3.0	2.3	0.14	0.11	-	-	-	-
BD30 A-1	91/92	438	0.13	5.3	5.1	5.0	0.39	0.34	-	-	-	-
	92/93	339	0.09	3.7	3.4	5.8	0.36	0.43	-	-	-	-
	93/94	327	0.14	5.0	4.8	4.4	0.73	0.53	-	-	-	-
	94/95	348	0.11	3.3	3.2	3.9	0.42	0.49	-	-	-	-
	95/96	281	0.06	3.1	3.0	3.2	0.14	0.05	-	-	-	-
BD31 A-1	91/92	481	0.07	2.2	2.0	4.2	0.40	0.36	-	-	-	-
	92/93	402	0.06	1.9	1.6	6.4	0.37	0.74	-	-	-	-
	93/94	353	0.11	1.6	1.5	2.9	0.51	0.47	-	-	-	-
	94/95	316	0.07	1.3	1.2	1.8	0.37	0.32	-	-	-	-
	95/96	338	0.05	1.5	1.4	2.6	0.10	0.27	-	-	-	-
BD32 A-1	91/92	450	0.17	2.7	2.5	2.8	0.51	0.53	-	-	-	-
	92/93	349	0.11	2.5	2.4	3.7	0.48	0.54	-	-	-	-
	93/94	287	0.13	1.8	1.8	1.7	0.66	0.34	-	-	-	-
	94/95	326	0.11	1.6	1.5	2.0	0.35	0.30	-	-	-	-
	95/96	287	0.06	1.5	1.4	1.6	0.27	0.34	-	-	-	-
Y 01 A-1	91/92	331	0.03	2.5	2.3	4.4	0.16	0.83	-	-	-	-
	92/93	368	0.04	2.3	2.1	3.3	0.26	0.55	-	-	-	-
	93/94	328	0.04	2.9	2.7	3.8	0.23	0.44	-	-	-	-
	94/95	373	0.05	2.4	2.2	3.8	0.32	0.72	-	-	-	-
	95/96	262	0.03	1.6	1.4	3.0	0.16	0.11	-	-	-	-
Y 02 A-1	91/92	470	0.07	3.1	2.8	5.0	0.29	0.61	-	-	-	-
	92/93	437	0.04	1.8	1.7	2.7	0.31	0.42	-	-	-	-
	93/94	443	0.05	2.3	2.1	2.7	0.39	0.48	-	-	-	-
	94/95	471	0.05	2.7	2.6	3.5	0.36	0.42	-	-	-	-
	95/96	334	0.03	1.5	1.4	2.7	0.19	0.17	-	-	-	-

Tabell 1b. forts.

IVL provkod	År	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	NO3-N kg/ha	NH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha
Y 03 A-1	91/92	409	0.10	6.3	5.9	9.4	0.37	1.06	-	-	-	-
	92/93	370	0.11	5.6	5.3	6.9	0.33	0.82	-	-	-	-
	93/94	358	0.10	5.5	5.2	6.9	0.42	0.62	-	-	-	-
	94/95	327	0.07	3.6	3.4	4.6	0.34	0.61	-	-	-	-
	95/96	261	0.08	3.0	2.9	3.7	0.10	0.06	-	-	-	-
Y 04 A-1	91/92	445	0.09	3.1	2.7	7.6	0.26	0.57	-	-	-	-
	92/93	489	0.09	3.0	2.8	5.6	0.34	0.46	-	-	-	-
	93/94	377	0.11	3.2	2.9	5.0	0.67	0.63	-	-	-	-
	94/95	395	0.15	4.6	4.3	5.6	0.40	0.37	-	-	-	-
	95/96	292	0.07	1.8	1.6	4.5	0.17	0.19	-	-	-	-
Y 05 A-1	92/93	523	0.08	3.0	2.8	4.8	0.53	0.49	-	-	-	-
	93/94	445	0.13	4.0	3.9	4.0	0.60	0.46	-	-	-	-
	94/95	574	0.13	3.5	3.2	5.8	0.49	0.40	-	-	-	-
	95/96	377	0.07	1.5	1.4	2.9	0.13	0.09	-	-	-	-
Y 06 A-1	92/93	481	0.11	4.1	3.8	6.4	0.65	0.87	-	-	-	-
	93/94	522	0.17	6.2	5.9	5.9	1.14	1.16	-	-	-	-
	94/95	493	0.13	4.5	4.2	5.7	0.66	0.84	-	-	-	-
	95/96	324	0.10	2.9	2.7	4.6	0.32	0.18	-	-	-	-
Z 03 A-1	90/91	273	0.06	4.6	4.2	9.0	0.12	0.23	3.75	1.14	3.73	12.88
	91/92	332	0.04	2.5	2.1	8.1	0.17	0.78	2.57	0.66	3.04	11.52
	92/93	356	0.05	2.1	1.8	6.0	0.27	0.31	-	-	-	-
	93/94	293	0.05	2.2	2.0	4.1	0.33	0.24	-	-	-	-
	94/95	336	0.03	2.4	2.0	7.9	0.15	0.80	-	-	-	-
95/96	263	0.03	2.0	1.7	7.3	0.13	0.29	-	-	-	-	

- = värde saknas

Tabell 1b. (forts.) Krondroppsdata från norra Sverige, lokaler med mindre än 12 månaders mätdata.

IVL provkod	Första datum	Sista datum	Antal månader	Exp tid dagar	Nedb mm	H+ kg/ha	SO4-S kg/ha	SO4-Sex kg/ha	Cl kg/ha	O3-NNH4-N kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha	K kg/ha	
AC32 A-1	95-10-30	95-10-30	1	35	12	0.0003	0.05	0.04	0.20	-	-	-	-	-	
AC36 A-1	95-10-30	95-10-30	1	36	45	0.0012	0.11	0.10	0.36	-	-	-	-	-	
BD01 A-1	96-01-29	96-09-30	9	273	231	0.0502	1.44	1.37	1.40	0.42	0.62	0.78	0.26	0.92	1.64
BD02 A-1	96-01-30	96-09-30	9	272	283	0.0379	1.03	0.97	1.17	0.03	0.06	0.74	0.40	0.57	3.87

- = värde saknas

Tabell 2. Markvattendata från norra Sverige.

IVL provkod	Datum åå-mm-dd	pH	Alk mekv/l	SO4-S mg/l	Cl- mg/l	NO3-N mg/l	NH4-N mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	ooAl mg/l	oAl mg/l	tAl mg/l	TOC mg/l
AC02 A-2	96-05-30	6.5	0.042	0.25	0.92	<0.002	<0.010	0.54	0.34	0.79	0.20	<0.010	0.016	0.002	0.009	0.011	2.0
	96-07-31	6.1	0.038	0.20	0.83	<0.002	0.010	0.54	0.19	0.48	0.25	0.006	<0.005	<0.001	0.006	0.006	2.2
AC04 A-2	96-06-26	6.0	0.068	0.97	0.80	<0.002	<0.010	1.07	0.63	1.05	0.89	0.062	0.009	0.016	0.018	0.034	2.2
	96-07-31	5.9	0.034	0.95	1.05	<0.002	<0.010	0.73	0.39	0.86	0.98	0.029	<0.005	0.013	0.026	0.039	2.2
AC30 A-2	95-09-27	4.6	-	2.69	1.68	<0.002	<0.010	1.57	0.19	2.17	<0.25	0.008	0.102	0.893	0.998	1.891	15.0
	96-06-26	4.5	-	4.72	2.18	<0.002	<0.010	2.54	0.28	3.07	<0.25	0.009	0.112	1.470	0.930	2.400	14.0
	96-07-31	4.5	-	5.77	2.65	<0.002	0.010	3.03	0.40	3.22	0.25	0.009	0.090	1.460	0.840	2.300	13.0
	median	4.6	-	3.24	1.85	<0.002	<0.010	1.92	0.28	2.37	0.26	0.009	0.107	0.976	0.926	1.856	15.0
antal värden	14	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
AC32 A-2	95-09-27	5.3	-	0.72	2.21	<0.002	0.021	1.59	0.20	1.54	0.47	0.010	0.079	0.081	0.059	0.140	11.0
	median	5.8	-	0.93	1.85	<0.005	<0.010	1.42	0.34	1.53	0.46	0.010	0.008	0.050	<0.001	0.052	8.0
	antal värden	15	-	14	14	14	15	14	14	14	14	14	14	14	15	14	15
AC34 A-2	95-09-27	6.7	0.153	1.82	2.53	<0.002	<0.010	6.59	0.31	1.07	<0.25	0.002	0.044	0.009	0.141	0.150	8.4
	96-06-26	6.7	0.302	2.06	8.57	<0.002	<0.010	12.70	0.70	1.62	<0.25	<0.001	0.022	0.008	0.075	0.083	11.0
	median	6.5	-	1.66	2.53	<0.005	<0.010	8.61	0.47	1.42	0.44	0.002	0.048	0.057	0.048	0.097	11.0
antal värden	17	-	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	17	17	
AC36 A-2	95-09-27	5.1	-	1.46	0.90	<0.002	<0.010	0.61	0.34	0.93	<0.25	0.038	<0.005	0.177	0.001	0.178	6.3
	median	5.2	-	0.85	1.15	<0.002	0.010	0.51	0.41	0.91	<0.25	0.030	<0.005	0.048	0.008	0.084	6.0
	antal värden	9	-	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
BD01 A-2	96-08-05	6.2	0.048	1.00	0.43	<0.002	<0.010	1.24	0.23	1.01	0.39	0.007	0.006	0.002	0.014	0.016	3.4
	96-08-29	6.4	0.044	0.99	0.41	<0.002	<0.010	0.63	0.14	1.28	0.32	<0.020	<0.005	0.009	0.023	0.032	3.1
BD02 A-2	96-06-26	6.1	0.034	0.67	0.50	<0.003	<0.010	0.91	0.28	0.98	<0.25	0.018	0.018	0.014	0.040	0.054	3.0
	96-08-27	6.1	0.018	0.77	0.35	<0.002	<0.010	0.40	0.17	0.77	0.12	<0.020	<0.005	0.006	0.020	0.026	2.8
BD30 A-2	95-09-27	4.6	-	2.49	1.79	<0.002	0.023	0.95	0.61	1.24	1.97	0.015	0.147	0.604	0.392	0.996	10.0
	96-08-14	4.5	-	4.47	3.55	<0.002	<0.010	1.18	1.09	2.23	3.94	0.077	0.261	0.740	0.360	1.100	10.0
	median	4.5	-	3.41	2.19	<0.002	<0.010	0.97	0.81	1.55	2.02	0.017	0.168	0.629	0.186	0.853	10.0
antal värden	10	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
BD32 A-2	95-09-26	6.6	-	1.05	1.84	0.015	0.732	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	96-07-17	6.3	0.068	1.29	2.17	<0.002	0.075	2.25	0.41	2.41	<0.25	0.009	<0.005	0.020	0.017	0.037	10.0
	median	6.3	-	1.35	1.30	<0.005	0.011	1.86	0.44	2.36	0.40	0.020	0.030	0.098	0.008	0.115	11.0
antal värden	10	-	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	9	9	9

ooAl=oorganiskt aluminium, oAl=organiskt aluminium, tAl=totalt aluminium, TOC= totalt organiskt kol, - = värde saknas

Tabell 2. forts.

IVL provkod	Datum åå-mm-dd	pH	Alk mekv/l	SO4-S mg/l	Cl- mg/l	NO3-N mg/l	NH4-N mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	ooAl mg/l	oAl mg/l	tAl mg/l	TOC mg/l
Y 01 A-2	96-06-27	6.7	0.096	2.86	1.77	0.060	0.279	3.12	1.47	3.51	0.49	0.111	0.022	0.008	0.057	0.065	15.0
	96-08-29	6.5	0.114	2.39	1.38	<0.002	0.042	2.30	1.12	2.18	0.38	<0.020	0.012	0.017	0.026	0.043	5.6
	median	6.4	-	2.53	1.37	<0.002	0.042	4.06	1.55	2.39	0.53	<0.020	0.018	0.008	0.004	0.010	9.0
	antal värden	13	-	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Y 02 A-2	96-06-27	6.2	0.126	0.99	0.74	<0.002	<0.010	1.91	1.33	1.08	0.32	<0.001	0.006	0.019	0.019	0.038	4.5
	96-08-29	6.1	0.112	1.71	1.66	<0.002	<0.010	1.85	1.53	1.42	0.18	<0.020	0.012	0.009	0.076	0.085	6.9
	median	6.1	-	1.54	0.92	<0.002	0.012	1.88	1.53	1.16	<0.25	0.002	0.011	0.070	0.009	0.094	7.0
	antal värden	14	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	14	14
Y 03 A-2	96-06-26	6.0	0.046	1.79	1.33	<0.002	<0.010	1.77	0.49	2.12	0.41	0.003	<0.005	0.002	0.011	0.013	3.3
	96-09-03	6.0	0.060	2.09	1.78	<0.002	<0.010	1.44	0.48	2.59	0.23	<0.020	<0.005	-	-	<0.060	3.7
	median	6.0	-	2.18	1.74	<0.002	0.012	1.94	0.58	1.97	<0.25	0.006	<0.005	0.033	0.003	0.044	5.0
	antal värden	14	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	14	14
Y 04 A-2	95-11-01	5.3	-	1.66	2.87	0.039	0.033	1.48	0.44	1.66	1.32	0.011	0.006	0.018	0.001	0.019	10.0
	96-06-27	6.3	0.038	1.03	1.65	<0.002	0.096	1.22	0.53	1.29	0.56	0.013	<0.005	0.032	0.023	0.055	7.4
	96-08-28	6.1	0.038	1.40	1.94	<0.002	0.010	1.04	0.42	1.54	0.57	<0.020	<0.005	0.001	0.016	0.017	6.2
	median	5.7	-	1.34	1.94	<0.002	0.039	1.21	0.46	1.54	0.67	0.014	<0.005	0.015	<0.001	0.017	5.0
antal värden	15	-	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Y 05 A-2	95-11-01	5.9	0.036	3.00	1.78	0.003	0.231	3.11	0.64	2.19	0.35	0.021	0.008	0.001	0.013	0.014	7.0
	96-06-26	5.6	0.026	1.31	0.93	0.208	0.143	1.84	0.33	1.36	<0.25	0.018	0.031	0.210	0.630	0.840	5.0
	96-08-28	5.6	0.040	2.63	1.40	<0.002	0.092	2.27	0.49	1.96	0.24	0.025	<0.005	0.014	0.025	0.039	4.8
	median	5.6	-	1.65	1.39	0.014	0.053	2.27	0.49	1.74	<0.25	0.025	0.009	0.029	0.009	0.040	6.0
antal värden	11	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
Y 06 A-2	95-11-01	4.9	-	1.18	2.09	1.125	<0.010	2.26	0.59	2.04	0.58	0.014	<0.005	0.107	0.696	0.803	9.8
	96-06-26	5.2	-	1.63	1.02	<0.002	<0.010	2.10	0.52	1.80	<0.25	0.012	0.135	0.021	0.032	0.053	13.0
	96-08-28	5.2	-	1.81	1.54	0.099	<0.010	1.98	0.52	2.11	0.18	<0.020	0.091	0.150	0.450	0.600	12.0
	median	5.4	-	1.40	1.25	0.013	<0.010	2.04	0.51	1.64	<0.25	0.016	0.145	0.163	0.473	0.686	12.0
antal värden	12	-	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Z 02 A-2	95-10-02	7.7	-	11.21	10.28	<0.002	<0.010	38.40	1.13	3.07	0.69	0.004	0.014	-	-	0.064	18.0
	median	7.2	-	8.13	7.75	<0.002	0.010	48.80	1.91	4.06	0.72	0.004	<0.005	0.007	0.013	0.032	11.0
	antal värden	9	-	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	9	9
Z 03 A-2	95-10-02	7.4	1.401	2.82	4.50	<0.002	0.064	29.60	1.16	2.24	0.77	0.004	0.023	0.002	0.007	0.009	7.7
	96-06-14	7.0	1.101	1.57	1.82	<0.002	<0.010	23.20	1.03	1.63	0.53	<0.001	0.029	0.020	0.029	0.049	8.4
	median	7.1	-	3.01	4.58	<0.002	0.027	38.70	1.51	2.43	0.70	0.020	<0.020	0.003	0.007	0.009	9.0
antal värden	17	-	16	16	16	16	15	17	17	17	17	17	14	14	16	16	

ooAl=organiskt aluminium, oAl=organiskt aluminium, tAl=totalt aluminium, TOC= totalt organiskt kol, - = värde saknas