



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB



För Västmanlands läns Luftvårdsförbund
och Länsstyrelsen i Uppsala län



LÄNSSTYRELSEN
UPPSALA LÄN

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands och Uppsala län

Resultat till och med september 2001



Eva Hallgren Larsson, redaktör
B 1445
Aneboda, februari 2002

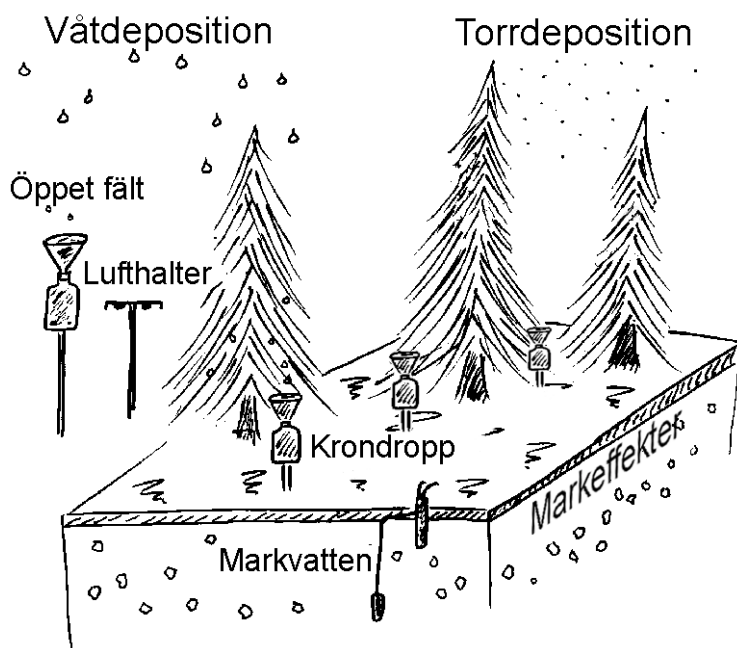
För Västmanlands läns Luftvårdsförbund och Länsstyrelsen i Uppsala län

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands och Uppsala län Resultat till och med september 2001

På uppdrag av Västmanlands läns Luftvårdsförbund och Länsstyrelsen i Uppsala län har IVL mätt nedfall av luftföroreningar, markvattnets kvalitet och lufthalter på fem lokaler i Västmanlands län och en lokal i Uppsala län. Syftet är att beskriva nedfallets storlek och markvattnets sammansättning i skogsytorna, men även visa skillnader mellan olika delar av regionen och hur förhållandena ändras med tiden. Vissa av provytorna ligger i Skogsvårdsorganisationens observationsytor, vilket gör att Luftvårdsförbundets och Länsstyrelsens data kan jämföras med skogliga uppgifter.

Mätningarna visar måttlig belastning av svavel och kväve i de båda länen jämfört med situationen i Sverige som helhet. Generellt sett har belastningen av svavel till marken i de undersökta ytorna minskat sedan mätningarna startade i Västmanlands län 1992. För kväve saknas tydliga trender. Hydrologiska året, oktober 2000 till september 2001, utmärker sig genom större svavelbelastning än på flera år; i genomsnitt 4 kg svavel per hektar mark i fyra granytor. När det gäller kväve visar senaste årets data högre värden än något år tidigare, drygt 6 kg kväve per hektar på öppet fält. Orsaken är riklig nederbörds mängd i kombination med höga halter av kväve i nederbörden. Om avtalade utsläpmsminskningar genomförs kommer depositionen att minska till 2010, i synnerhet för kväve.

Godkärna och Kvisterhult har haft surast markvatten, oftast pH-värden 4,5-4,8. I Vretbacken finns en tendens till minskad surhetsgrad sedan mätningarna startade, vilket saknas på övriga lokaler trots minskat nedfall av försurande luftföroreningar. Marknära ozon har sannolikt orsakat vegetationsskador i regionen. I genomsnitt var halterna 50-58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under sommaren 2001, vilket är samma nivå som året innan. Luftens innehåll av svavel- och kvävedioxid har visat låga värden.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Västmanlands läns LVF och
Länsstyrelsen i Uppsala län

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT

Författare: Eva Hallgren Larsson, red.

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve,
skogsytorna, försurning, markvatten, luft-
halter, Västmanlands län, Uppsala län

IVL rapport B 1445
Beställs från:

Västmanlands läns LVF
Per Hedenbo
c/o Länsstyrelsen i Västmanland
721 86 VÄSTERÅS
eller

Länsstyrelsen i Uppsala län
Mats Thuresson
751 86 UPPSALA
eller

IVL, Publikationsservice
Box 21060
SE-100 31 STOCKHOLM
Tel: 08-598 563 00
Fax: 08: 598 563 60

publikationsservice@ivl.se

Innehållsförteckning

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands och Uppsala län.....	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Förklaring till stationsfigurer.....	4
Stationsvis redovisning.....	5
Faktaruta: Ozonhalter.....	14
Tidsutveckling deposition.....	15
Tidsutveckling markvatten.....	16
Tidsutveckling lufthalter.....	17
Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	19

Mer information finns på
Krondroppsnätets hemsida:

www.ivl.se/miljo/projekt/kron/

Där finns bland annat:

- bakgrund och metodbeskrivning
- information om provytorna
- databas och kartor för hela Sverige
- notiser och aktuell information

Inledning

På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogsvårdsstyrelser och kommuner mäter IVL i Aneboda deposition och markvatten på över 100 lokaler i Sverige. Fördelningen i landet framgår av figur 2. Syftet är att kvantifiera belastning och beskriva effekter i marken. På vissa lokaler mäts lufthalter av olika ämnen.

Resultaten från undersökningarna samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett måttår är ett hydrologiskt år som sträcker sig från oktober till september. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga länsrapporter. Ord och begrepp som förekommer i texten förklaras i faktarutan på sidan 4. Där finns även en förklaring till innehållet i stationsfigurerna, som visar resultat från enskilda lokaler. Ytterligare information nås via www.ivl.se.

Provtagning av nederbörd sker på öppna ytor. Analys av föroreningar ger mått på huvudsakligen det våta nedfallet. Provtagning av krondropp görs på närbelägna skogsytor. Skogsmarkens reaktion på surt nedfall studeras framför allt genom markvattenstudier. Lufthalter mäts med diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som analyseras.

Merparten av dessa undersökningar sker i Skogsvårdsorganisationens (SVO) skogliga observationsytor. SVO undersöker skogens och skogsmarkens tillstånd; tillväxt, kronutglesning samt barr- och markkemi. Det gör att luftföroreningarnas inverkan på skogens och markens tillstånd kan analyseras. De skogliga observationsytorna ingår i såväl ett nationellt som ett Europeiskt nät. De samordnade undersökningarna startade i Blekinge 1985 och omfattar nu större delen av landet. Metoderna har i princip bibehållits sedan början av mätningarna och ingår nu i EUs manualer för miljöövervakning.

Denna redovisning är den första med det nya programmet för regional övervakning av luftförore-

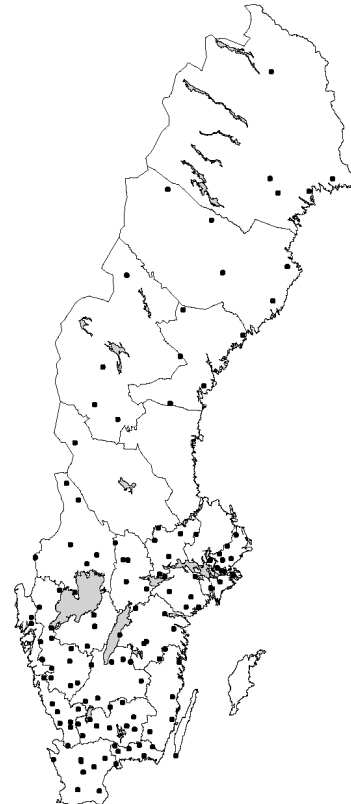
ningar, start hösten 2000. Programmet är resultat av ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Det innebär bland annat ökad samordning med nationell övervakning av luft, redovisning av resultat både via hemsida och ordinarie rapporter, förbättrade metoder för att undersöka torrt nedfall i skog samt ett program för kvalitetssäkring av mätningarna. Konkret innebär det att antalet nederbördskemiska mätningar på öppet fält har reducerats radikalt och ersatts av beräkningar; framgår av stationsfigurer och tabeller i årets rapport. Modellberäkningar av deposition utförs av SMHI. Resultat kommer i första hand att finnas tillgängliga via hemsida från sommaren 2002. Förbättrade metoder att undersöka torrt nedfall i skog är delvis finansierade av NV. Detta görs i så kallade intensivytor. Det är elva lokaler, utvalda för att representera olika delar av landet. Intensivytorna ingår i NVs program för krondroppsmätningar i skog, start hösten 2000. När det gäller kvalitetssäkring är provtagningen ackrediterad enligt SWEDAC. En provtagarutbildning genomfördes på Asa i Kronobergs län (SLUs Försökspark) den 14-15 november 2001. Totalt deltog 38 provtagare, vilket motsvarar drygt hälften av samtliga inom Krondroppsnetet.

De svenska metoderna att mäta nedfall till skog har jämförts med 19 andra länder i Europa. Sveriges deltagande finansierades till stor del av NV. Resultaten visade god överensstämmelse med genomsnittet för alla länder. Den största skillnaden var att de svenska mätningarna var billigast, och skillnaden var stor jämfört med många andra länder. Ytterligare information finns på hemsidan.

Föreslagna miljö kvalitetsmål i Sverige baseras på internationellt avtalade utsläppsminskningar. Minskningen kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Svealand år 2010 innebär det en förväntad genom-

snittlig belastning i både öppna och skogbevuxna områden på cirka 2,5 kg svavel och 4 kg kväve per ha och år.

Undersökningarna i **Västmanlands och Uppsala län** är resultat av ett lagarbete. I Västmanland har provtagning utförts av Kjell Eklund, Magnus Gunnarsson, Jörgen Claesson, Lars Gullberg, Hanna Salander och Anders Dahlöf. I Uppsala har provtagning utförts av Helena Ringblom, Skogsvårdsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. G. Hedberg, K. Koos, M. Jonsson, I. Torbrink, S. Svensson, A. Danielsson, C. Larsson, K. Hommerberg och B. Dusan stod för analysarbetet. Validering av data har huvudsakligen utförts av G. Hedberg. J. Knulst, G. Malm och E. Uggla har gjort beräkningar och figurer. E. Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med O. Westling och A. Svensson (lufthalter) svarat för utvärdering och rapportering.



Figur 2. Krondroppsnetet under 2000/01. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

ANC: "Acid Neutralising Capacity" (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) minus starka syror anjoner (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syrabuffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.

Antropogen: Orsakad av människan.

Baskatjoner: Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syraneutraliserande föreningar. Viktigast i detta sammanhang är kalcium, magnesium och kalium.

BC/ooAl: Kvot mellan baskatjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) och oorganiskt aluminium. Baseras på enheten mol och indikerar markens försurningsstatus. Kvot under 1 anses medföra en ekologisk risk.

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

EMEP: Europeiskt samarbete för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar över nationsgränser.

EU-yta: 223 skogliga observationsytor lades ut 1995-97. 100 ingår i ett Europeiskt nät och 50 av dessa används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

Hydrologiskt år: Omfattar oktober till september, baseras på vattnets cirkulation i naturen.

Interncirkulation: Vissa ämnen, till exempel kalcium, magnesium, kalium och mangan, interncirkuleras mellan träd och mark. De deltar i jonbytesprocesser där vätejoner tas upp och baskatjoner avges i trädkronan.

Intensivyta: 11 av SVOs skogliga observationsytor. Ingår i Naturvårdsverkets nationella program för krondroppsmätningar i skog.

Jordart: Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv (den senare har bildats av organiskt material).

Jordmån: Övre delen av marken som påverkas av organismer, klimat och vegetation. Vanligaste jordmåner i skog på fastmark är podsoler, övergångsjordar och brunjordar.

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på total belastning i skog av ämnen som inte påverkas av interncirkulation eller upptag, såsom svavel och klorid. För kväve indikeras i regel upptag eller omvandling i trädkronan. Det gör att ned-

fallet av kväve i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än till marken i skogen. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar större deposition än mätningar på öppet fält.

Kritisk belastning: Under denna kvantitativa gräns kan skadliga effekter på känsliga delar av ekosystemet undvikas. Utgör grund för beslutade utsläppsminskningar.

Lufthalter: Luftens innehåll av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare. Som delmål under Miljökvalitetsmålet Frisk luft har riksdagen beslutat att årlig medelhalt av svaveldioxid ska vara högst $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ år 2005 och för kvävedioxid gäller $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ år 2010. Angående ozon hänvisas till separat faktaruta.

Markvatten: Vatten i markens omättade zon, oftast på väg nedåt mot grundvattnet. Provtas i dessa undersökningar med lysimetrar, 50 cm ner i mineraljorden. Suger vatten via ett fint, keramiskt filter (typ P 80).

pH-värde: Mått på surhetsgrad. Ju lägre pH-värde, desto mer vätejoner och surare förhållanden.

$\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$: Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljökvalitetsmål.

Ståndortsindex: För att uppskatta ståndortens förmåga att producera virke används ett ståndortsindex (H100) som uttrycker den övre höjden vid totalåldern 100 år för ett givet trädslag. G står för gran och T för tall.

Torrdeposition: Gaser och partiklar som deponeras. Dessa fastnar exempelvis på trädkronor och sköljs ned med nederbörden mot marken. För svavel och havssalt beräknas torrdeposition i dessa undersökningar som nedfall via krondropp minus nedfall på öppet fält.

Total belastning: Summan av våt- och torrdeposition, se "krondropp". Beräknas i dessa undersökningar för väte- och baskatjoner.

Våtdeposition: Ämnen som deponeras med nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält.

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och lufthalter mäts.

Förklaring till stationsfigurer

Figuren redovisar ett urval ämnens deposition de två senaste åren. Detta jämförs med ett medelvärde för hela den period som mätningar utförts på lokalen. Åren är indelade i sommar- (april-september) och vinterperiod (oktober-mars). Olika tidsperioder kan gälla mätningar på öppet fält och i krondropp.

Markvatten redovisar det senaste årets provtagningar (normalt tre), vilka kan jämföras med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inver-

kan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total- och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H^+), sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), kloridjoner (Cl^-), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalciumjoner (Ca^{2+}) och aluminium (Al).

Stationsvis redovisning

Se figur 3-8 om deposition och markvatten, figur 9 om halter i luft, samt tabell 2-5.

Högskogen (C 01): 60-årig gran-skog med ståndortsindex G28 i Uppsala län, nära gränsen till Västmanlands län. Ytan har ett fältskikt av mossor och ligger på något stenig och fuktig, men plan mark. Vindpåverkan kan därför bedömas som ringa. Mätningarna startade i oktober 1997. Det är en av landets elva Intensivytor som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Bland annat innebär det att vissa mätningar bekostas av nationella anslag.

Resultaten från det hydrologiska året 2000/01 skiljer sig inte nämnvärt från de tre första åren. Nederbördsmängden, som var 781 mm, bidrog till att 3,6 kg svavel och 5,2 kg kväve deponerades per hektar. Krondroppsmätningarna visade något högre värden än tidigare år, samtidigt som båda fortfarande visade lägre värden än på öppet fält. Normalt sett bör svavel visa högre värden via krondropp. Lägre värden förklaras i första hand av att det under vissa väderförhållanden kan förekomma torrdeposition i de ständigt öppna insamlarna på öppet fält. I takt med att torrdepositionen av svavel har minskat (och i områden med låg till måttlig svavelbelastning) har det blivit vanligare att krondropp visar mindre svavelnedfall än mätningarna på öppet fält. Kvävenedfallet via krondropp (2,5 kg/ha räknat som summa nitratkväve och ammoniumkväve) var endast hälften av vad som mättes upp på öppet fält, vilket är normalt och indikerar betydande upptag eller omvandling av kväve i trädkronorna.

Markvattnet har visat tämligen stabila och för området normala värden; pH-värden runt 5,5 och mycket låga kvävehalter. De låga kvävehalterna korrelerar väl med stor skillnad mellan kvävenedfall på öppet fält och via krondropp som indikerar att tillgängligt kväve utnyttjas effektivt i ekosystemet.

Totalhalter av aluminium har så gott som alltid varit under 1 mg/l. Markant för Högskogen är att halterna av spårämnet mangan alltid varit under detektionsgränsen. Brist på mangan kan få negativa effekter när det gäller bildning av klorofyll. Halterna av organiskt material (TOC) visar signifikant sjunkande värden.

Den hydrologiska årsmedelhalten av svaveldioxid (SO₂) i luft var högre i Högskogen än på stationerna i Västmanlands län. Medelhalten har varit högst i Högskogen sedan mätningarna startade 1997/1998, med undantag av 1999/2000 då svaveldioxid i Kvisterhult visade samma nivå. Medelhalten av kvävedioxid (NO₂) i Högskogen var högre än i Karsbo, samma som i Finnbo och Godkärra men lägre än i Vretbacken och Kvisterhult. Månadshalten av kvävedioxid i oktober 2000 var hög jämfört med stationerna i Västmanland. Orsaken till den förhöjda halten är inte känd. Gemensamt för båda dessa ämnen är dock att de ligger under riksdagens beslutade delmål för Miljö kvalitetsmålet Frisk luft, se "Ord att förklara". Mätningar av ammoniak (NH₃) utfördes endast i Högskogen och Kvisterhult. Halterna var i allmänhet något högre i Högskogen än i Kvisterhult, generellt sett var dock var halterna låga. Halterna av ozon (O₃) var på samma förhöjda nivå som på stationerna i Västmanland, med risk för negativa vegetationseffekter.

Finnbo (U 01): Före detta granyta med inslag av tall och lövträd på tidigare betesmark. Det gamla beståndet är på moränmark och jordmånen är brunjord. Skogen avverkades i januari 2000 och mätningarna på öppet fält avslutades december 2000. Markvattenmätningarna har fortsatt för att studera eventuella hyggeseffekter. En ny lokal, där mätningarna startade oktober 2001 har etablerats i området.

Tidigare depositions mätningar i Finnbo visar att svavelnedfallet till marken i skogen i genomsnitt varit drygt 4 kg/ha under perioden

1992-99. När det gäller kväve har nedfallet varit i genomsnitt drygt 5 kg/ha på öppet fält.

Det är svårt att se några tydliga hyggeseffekter, exempelvis förhöjda halter av nitratkväve och kalium. De tre senaste provtagningarna visar dock högre pH-värden än medianvärdet från samtliga 27 provtagningar i ytan, 5,5, vilket ofta är en hyggeseffekt i norra Sverige. Halterna av kväve brukar vara under detektionsgränsen men förhöjda halter har noterats vid ett par tillfällen både i början och slutet av mätperioden. Även halterna av sulfatsvavel visar lägre värden senaste året jämfört med medianvärdet. Detta har dock varit en trend under hela mätperioden som kan relateras till successivt minskande svavelnedfall. Avverkningen av träden har sannolikt bidragit till en ytterligare minskning av deposition, då trädkronornas insamling av torrdeposition uteblir.

Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) och ammoniak (NH₃) mättes inte i Finnbo under perioden. Den hydrologiska årsmedelhalten av kvävedioxid (NO₂) var samma som i Högskogen och Godkärra. Halterna av marknära ozon var på jämförbar nivå med de i Högskogen, Godkärra, Kvisterhult och Karsbo.

Godkärra (U 02): 95-årig gran-skog med ståndortsindex G26 och inslag av tall. Jordarten är morän och jordmånen järnpodsol. Skogsvårdsstyrelsens besiktning av ytan i november 1993 visade röta och enstaka mekaniska skador i beståndet. De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält avslutades i december 2000.

Mätningarna visar förhållandevis stort svavelnedfall till marken i Godkärra under 2000/01, 5,5 kg/ha. Liksom tidigare år är det mer än på någon av övriga lokaler i dessa två län. Dessutom den största svavelbelastning som noterats sedan hydrologiska året 1994/95. Generellt högre svavelbelastning under 2000/01 stämmer väl överens med observerade lufthalter av svaveldioxid som

visat högre värden vintern 2000/01 jämfört med året innan. Figur 5 illustrerar tydligt att även kvävednedfallet till marken i skogen var stort under 2000/01. Via krondropp noterades 3,8 kg/ha, räknat som summa nitratkväve och ammoniumkväve. Detta är dock mindre än det totala nedfallet till beståndet, eftersom kväve kan tas upp eller omvandlas i trädkronorna. Tidigare års mätningar har i genomsnitt visat 3-4 kg mer kväve på öppet fält än via krondropp. Nedfallet av havssalter, mätt som klorid via krondropp, visar ofta betydande skillnader mellan olika år. Senaste året var det större än något år tidigare, 13 kg/ha, och belastningen var relativt jämnt fördelad under året.

Markvattnet visar försurnings-symtom genom låga och stabila pH-värden, 4,8. Samtidigt har halterna av baskatjoner varit låga och halterna av aluminium tämligen höga, 1 mg/l. Detta resulterar i låg kvot mellan baskatjoner och aluminium som medför risk för skadliga effekter på ekosystemet. Halterna av nitratkväve har varit under detektionsgränsen vid samtliga provtagningar det senaste året. Förhöjda halter var dock vanliga under åren 1997-2000, vilket kan ses som tecken på att tillgängligt kväve inte utnyttjades tillfullo i ekosystemet. Antingen kan det bero på någon form av störning i trädens näringsupptag eller att den totala belastningen av kväve i området är stor. Innevarande års provtagningar får visa om den stora kvävedepositionen till marken kommer att resultera i förhöjda halter i markvattnet. Vissa signifikanta förändringar av markvattnets sammansättning har noterats sedan mätningarna startade 1992. Det gäller halterna av svavel, magnesium, natrium, totalt organiskt kol och organiskt bundet aluminium som har sjunkit. Samtidigt har halterna av kalium ökat, vilket är mycket ovanligt. De fem första åren var halterna nästan alltid under 0,5 mg/l medan de oftast varit runt 1,0 mg/l under de tre senaste åren.

Den hydrologiska årsmedelhalten av svaveldioxid (SO₂) i luft var lägst i Godkärra och Vretbacken, i genomsnitt 0,5 µg/m³. Nivån för kvävedioxid (NO₂) var på samma nivå som övriga lokaler i länet. De högsta halterna av ammoniak (NH₃) har tidigare år noterats i Godkärra, som ligger i närheten av jordbruksmark. Under det hydrologiska året 2000/2001 mättes ammoniak enbart under december 2000. Halten var då drygt tre gånger högre än övriga två stationer, Högslogen och Vretbacken. Halterna av ozon (O₃) var på samma nivå som i Högslogen, Finnbo, Kvisterhult och Karsbo.

Vretbacken (U 03): Drygt 90-årig granskog med 40 % inslag av tall i småkuperad terräng. Jordarten är finkornig morän och jordmånen järnpodsol. De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält avslutades i december 2000.

På samma sätt som i Godkärra, visade krondropp mer svavel än vanligt på senare år. Till marken i Vretbacken deponerades 4,1 kg/ha under hydrologiska året 2000/01, vilket dock är mindre än genomsnittet för nio års mätningar; 4,8 kg/ha. Även för kväve noterades större deposition via krondropp än vanligt; 2,2 kg/ha. Tidigare års mätningar har oftast visat 3-4 kg mer kväve per hektar öppen mark.

Marken i provytan har ofta varit torr, vilket försvårat provtagning av markvattnet. Trots att ytterligare lysimetrar installerats har provmängderna förblivit ganska små. Medianvärden från hela tidsperioden visar gynnsamma pH-värden (6,0) samt låga halter av kväve och aluminium (<0,002 respektive totalt 0,24 mg/l). Vid provtagningen i maj 2001 blev provutbytet endast 37 ml vilket sannolikt påverkat pH-värde och aluminiumhalt. Vissa signifikanta förändringar har noterats som indikerar att försurningsgraden i markvattnet har minskat. Det gäller ökande värden för pH, syraneutraliserande förmåga (ANC) och kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. Samtidigt har halterna av totalt och oorganiskt aluminium

minskat. Övriga förändringar som noterats är viss ökning av mängden organiskt bundet aluminium även om halterna hela tiden varit väldigt låga. Successivt sjunkande värden har noterats för halterna av sulfatsvavel, klorid, kalium, magnesium och mangan. Värt att notera är att mangan (0,02 mg/l) nästan alltid varit under detektionsgränsen under de tre senaste åren.

Lufthalterna av svaveldioxid (SO₂) i Vretbacken var generellt låga och den hydrologiska årsmedelhalten var, tillsammans med Godkärra, lägst bland mätstationerna i de båda länen. Däremot var halterna av kvävedioxid (NO₂) i Vretbacken de högsta jämfört med övriga mätstationer, med undantag av Kvisterhult som visade samma nivå. Vretbacken ligger i södra delen av Västmanland; i närhet av Köping, Hallstahammar och E18. Biltrafiken i området bidrar till den något högre kvävedioxidhalten i området. Ammoniak (NH₃) mättes endast i december 2000 då halten var under detektionsgränsen. Sommarmedelhalten av ozon (O₃) var något lägre än på övriga stationer.

Kvisterhult (U 04): EU-yta med 80-årig granskog och ståndortsindex G28 på finkornig moränmark. Jordmånen är järnpodsol.

Kvisterhult är den enda lokal i Västmanlands län med nederbördskemiska mätningar på öppet fält under 2000/01. Resultaten visar betydligt mer nederbörd än något år tidigare; 917 mm, vilket är 30 % mer än medelvärdet för hela mätserien. Det gör att svavelnedfallet på öppet fält var betydligt större än tidigare. För kväve redovisas betydligt mer kväve på öppet fält än något år tidigare. Det förklaras av en kombination av riklig nederbördsmängd och höga koncentrationer av kväve i nederbörden. Krondropp hade generellt betydligt högre koncentrationer av svavel än nederbörd på öppet fält. Trots det visade både svavel och kväve mindre deposition via krondropp.

De båda länen suraste markförhållande indikeras från Kvisterhult. Värdet för pH och baskatjoner har hela tiden varit låga samtidigt som halterna av aluminium varit höga. Tillsammans ger det låg kvot mellan baskatjoner och aluminium och ökad risk för ekologiska skador. Samtliga provtagningar har visat pH-värden mellan 4,3 och 4,7.

De båda länen suraste markförhållande indikeras från Kvisterhult. Förutom låga pH-värden (mellan 4,3 och 4,7 vid samtliga provtagningar) har halterna av baskatjoner varit låga och halterna av aluminium höga (2,7 mg/l som medianvärde för totalt aluminium). Tillsammans ger det låg kvot mellan baskatjoner och aluminium och ökad risk för ekologiska skador. Dessutom visar tabell 5 tydligt negativa värden för syraneutraliserande förmåga (ANC). Både ammoniumkväve och nitratkväve har i princip alltid varit under detektionsgränsen, vilket indikerar att kväve utnyttjas väl i ekosystemet. Trots generellt minskad svavelbelastning i området noteras inga tecken på återhämtning från försurning av markvattnet. Snarast visar resultaten ökad försurningsgrad genom att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har minskat signifikant och varit under 1 vid samtliga provtagningar sedan 1999. Övriga

signifikanta förändringar som noterats i Kvisterhult är sjunkande värden för kalcium, kalium och mangan i markvattnet.

Den hydrologiska årsmedelhalten av svaveldioxid (SO₂) i luft var mellan de lägsta medelhalterna i Vretbacken och Godkärra, och den högsta i Högskogen. Medelhalten av kvävedioxid (NO₂) var den högsta i de båda länen, tillsammans med Vretbacken. Båda dessa lokaler ligger i södra delen av Västmanland i närhet till Arboga och E18. Biltrafiken i området bidrar till den något högre kvävedioxidhalten i området. För första gången sedan luftmätningarna av ammoniak (NH₃) i Kvisterhult startade 1995 var den hydrologiska årsmedelhalten av ammoniak över detektionsgränsen. Dock var den mycket låg, 0,3 µg/m³. Ozonhalterna var på jämförbar nivå med övriga stationer i länen, med undantag av Vretbacken där halterna som genomsnitt var lägre.

Karsbo (U 05): Gran, 74 år, på finkornig sedimentmark. Ytan innehåller fuktiga partier och jordmånen är påverkad av humusinblandning i sedimentet.

Karsbo har generellt haft lägre deposition av svavel och kväve än övriga lokaler i de båda länen. Undantaget är 2000/01 då krondropp från Högskogen visade något mindre svavelnedfall. Från

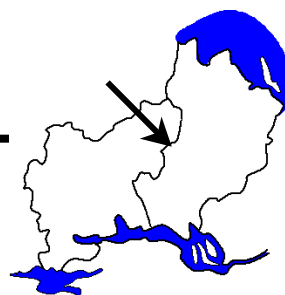
Karsbo redovisas 3,2 kg svavel och 2,2 kg kväve per hektar. För svavel är det samma som medelvärdet för hela mätperioden medan det för kväve till och med är något högre.

Markvatten från Karsbo har i allmänhet visat pH-värden runt 5,3 och mycket låga koncentrationer av flertalet ämnen. Halterna av mangan har nästan alltid varit under detektionsgränsen (0,02 mg/l). Brist på mangan kan få negativa konsekvenser för bildningen av klorofyll. Sedan mätningarna startade har ett flertal signifikanta förändringar noterats. Det gäller ökande värden för aluminium i både organiskt och oorganisk form samt minskande värden för ANC, klorid, kalcium, magnesium, natrium och totalt organiskt kol.

Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) och ammoniak (NH₃) mättes inte i Karsbo under perioden. Liksom tidigare var den hydrologiska årsmedelhalten av kvävedioxid (NO₂) den lägsta bland mätstationerna i de två länen. Månadshalterna av ozon (O₃) var generellt något högre i Karsbo än på övriga stationer. Dock var skillnaderna mellan ozonhalterna små och samtliga stationer låg på jämförbara nivåer.

Högskogen (C 01)

Gran, 61 år

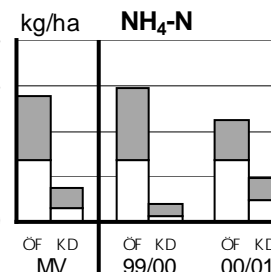
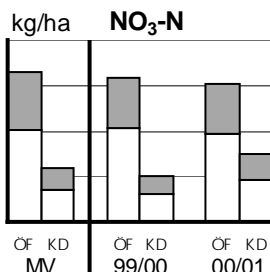
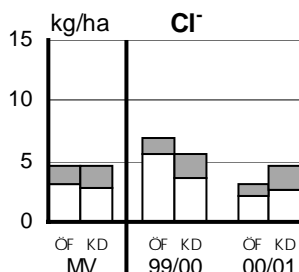
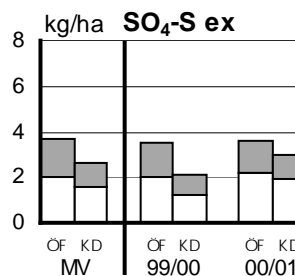
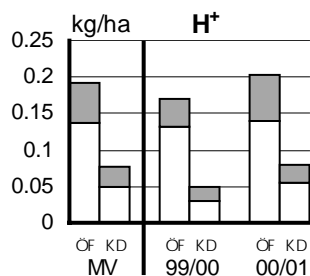
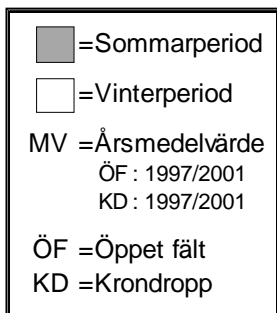


DEPOSITION

(C 01)

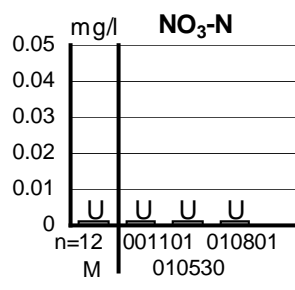
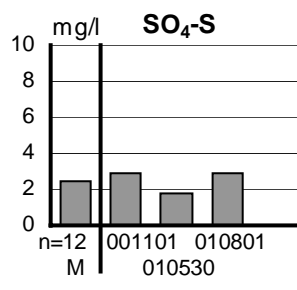
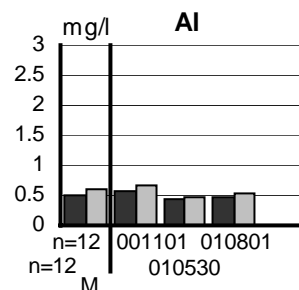
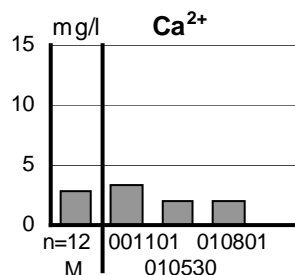
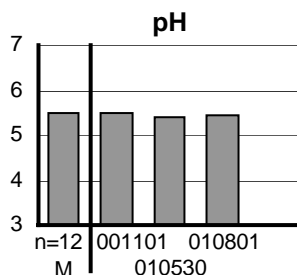
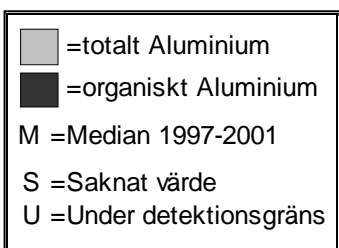
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00	00/01
Sommar	385	316	319
Vinter	411	425	462



MARKVATTEN

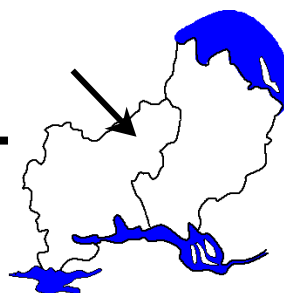
(C 01)



Figur 3. Deposition och markvattendata från Högskogen, C 01.

Finnbo (U 01)

Gran, 93 år

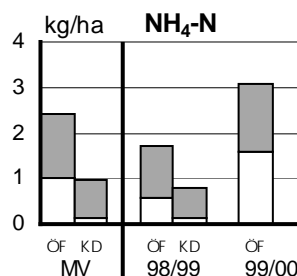
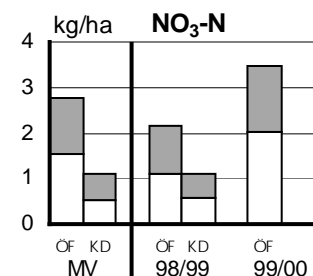
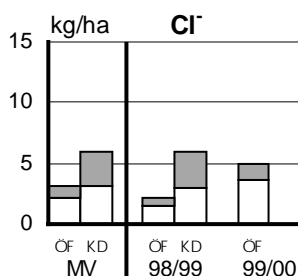
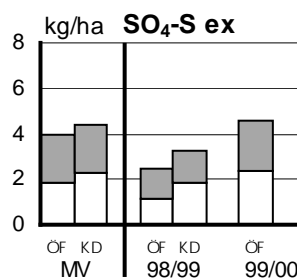
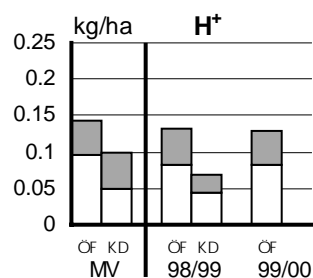
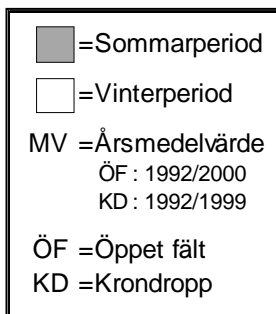


DEPOSITION

(U 01)

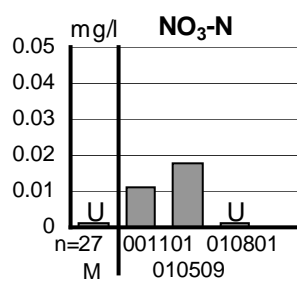
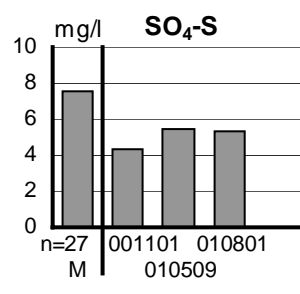
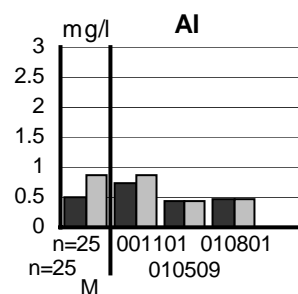
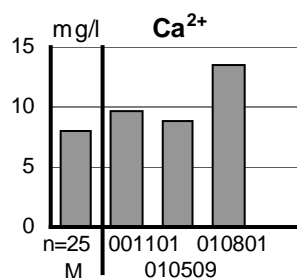
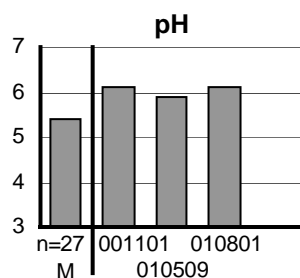
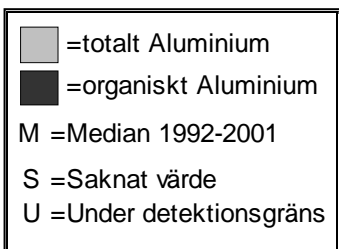
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	370	341	355
Vinter	304	281	307



MARKVATTEN

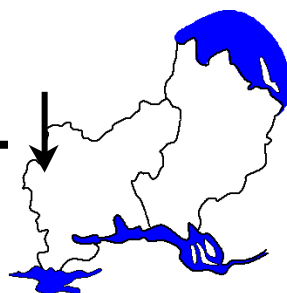
(U 01)



Figur 4. Deposition och markvattendata från Finnbo, U 01. OBS! Beståndet avverkades i januari 2000.

Godkärra (U 02)

Gran, 94 år



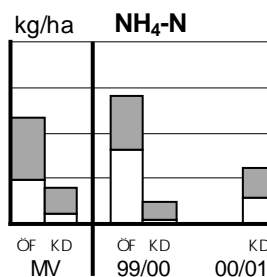
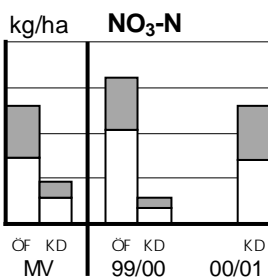
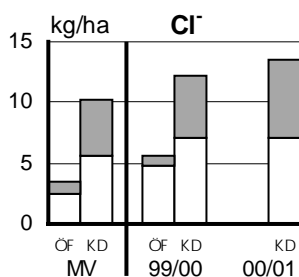
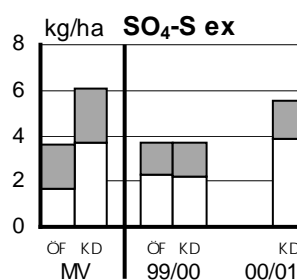
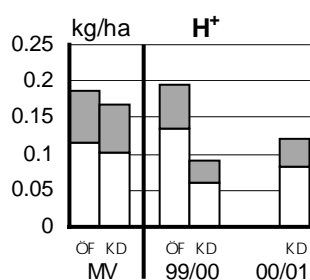
DEPOSITION

(U 02)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV	99/00	
Sommar	391	364
Vinter	336	355

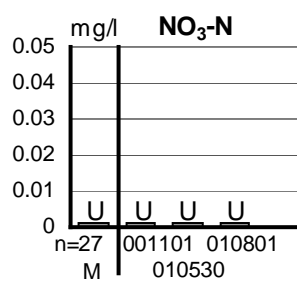
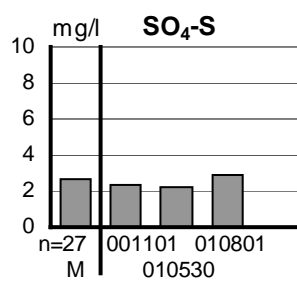
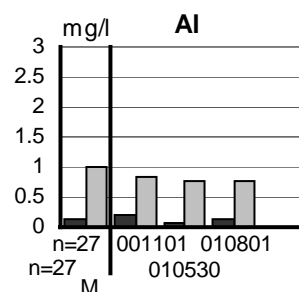
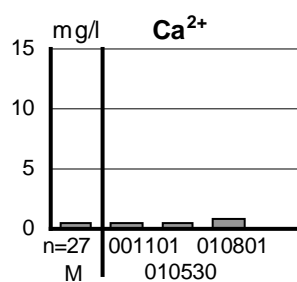
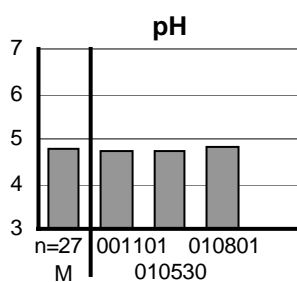
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1992/2000
 KD : 1992/2001
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(U 02)

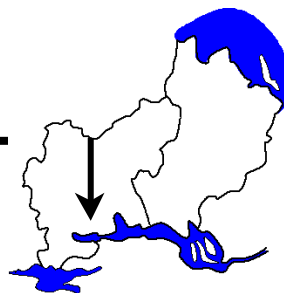
=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1992-2001
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 5. Deposition och markvattendata från Godkärra, U 02.

Vretbacken (U 03)

Gran, 91 år

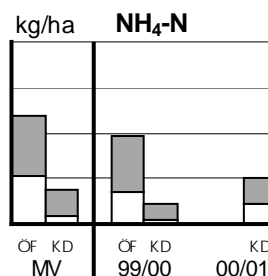
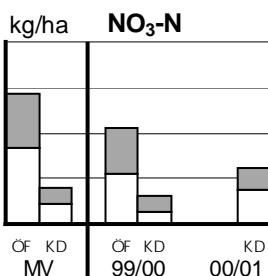
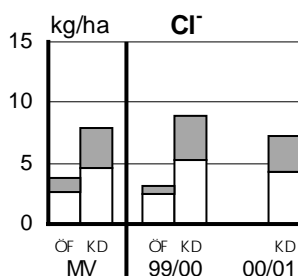
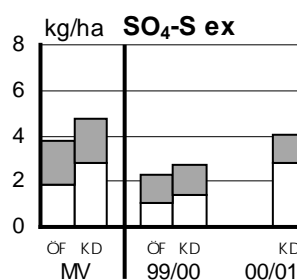
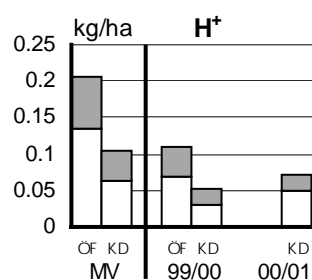
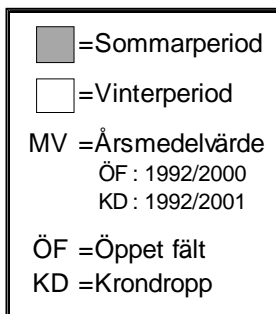


DEPOSITION

(U 03)

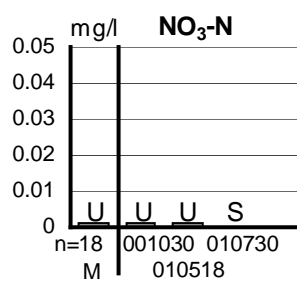
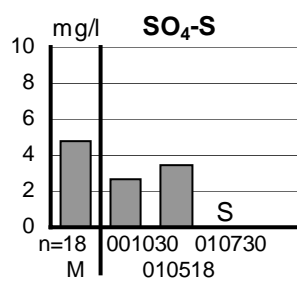
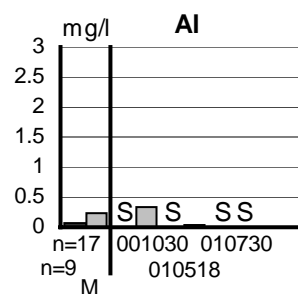
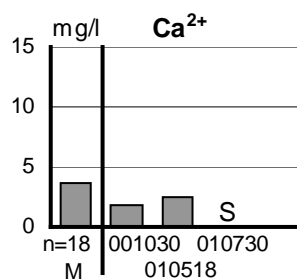
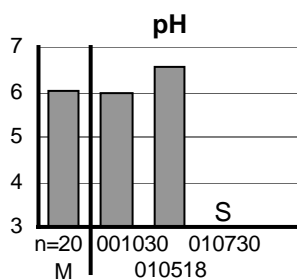
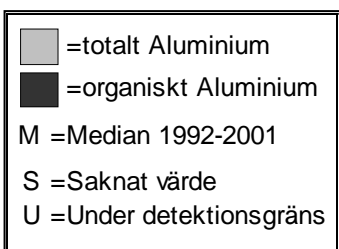
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	99/00	
Sommar	372	333
Vinter	329	260



MARKVATTEN

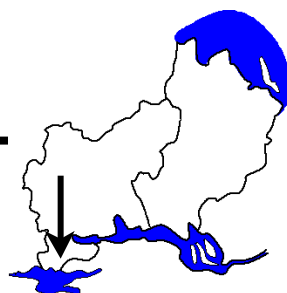
(U 03)



Figur 6. Deposition och markvattendata från Vretbacken, U 03.

Kvisterhult (U 04)

Gran, 81 år



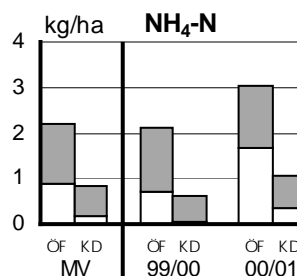
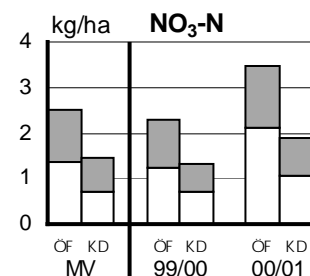
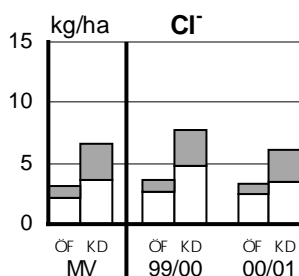
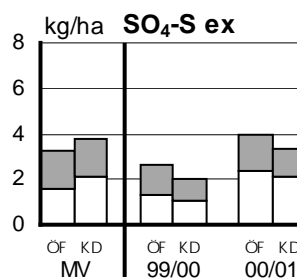
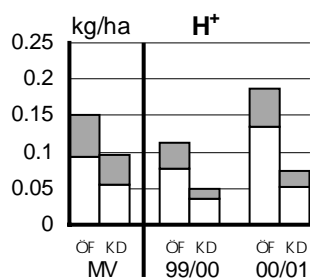
DEPOSITION

(U 04)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00	00/01
Sommar	367	328	336
Vinter	334	305	581

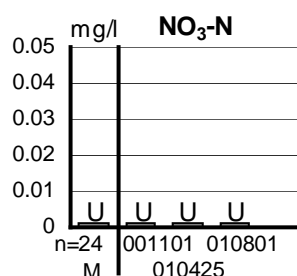
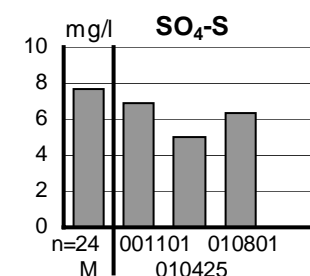
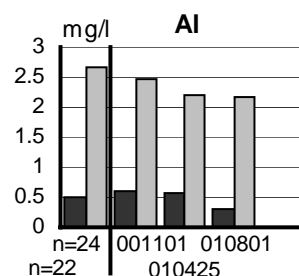
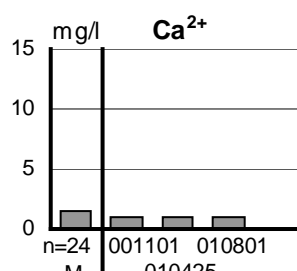
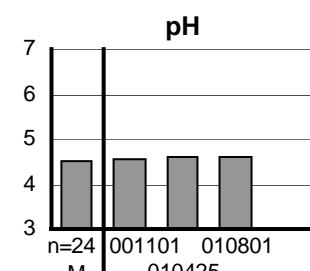
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1993/2001
 KD : 1993/2001
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(U 04)

=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1993-2001
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 7. Deposition och markvattendata från Kvisterhult, U 04.

Karsbo (U 05)

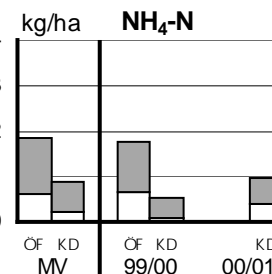
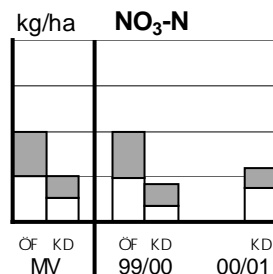
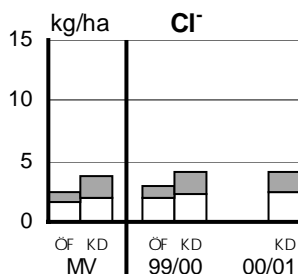
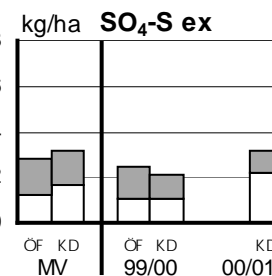
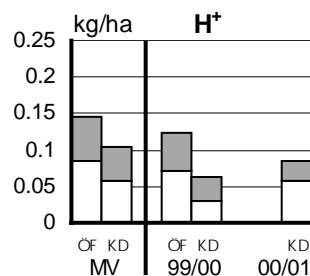
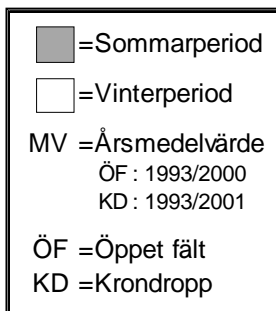
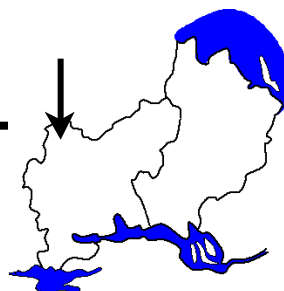
Gran, 74 år

DEPOSITION

(U 05)

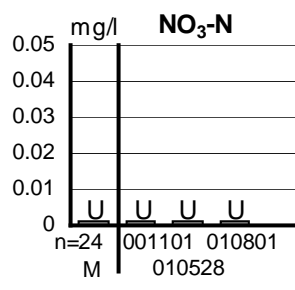
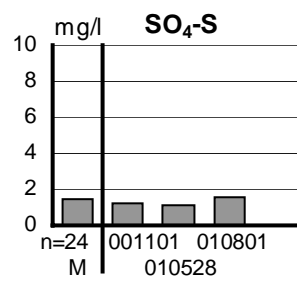
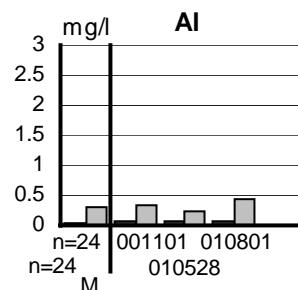
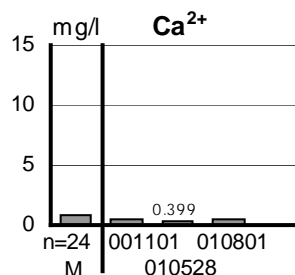
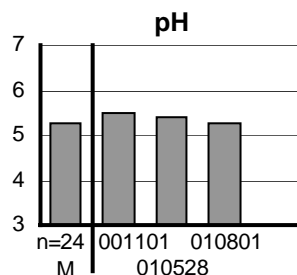
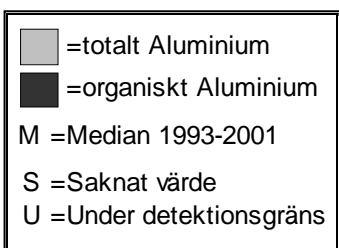
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00
Sommar	374	376
Vinter	287	263

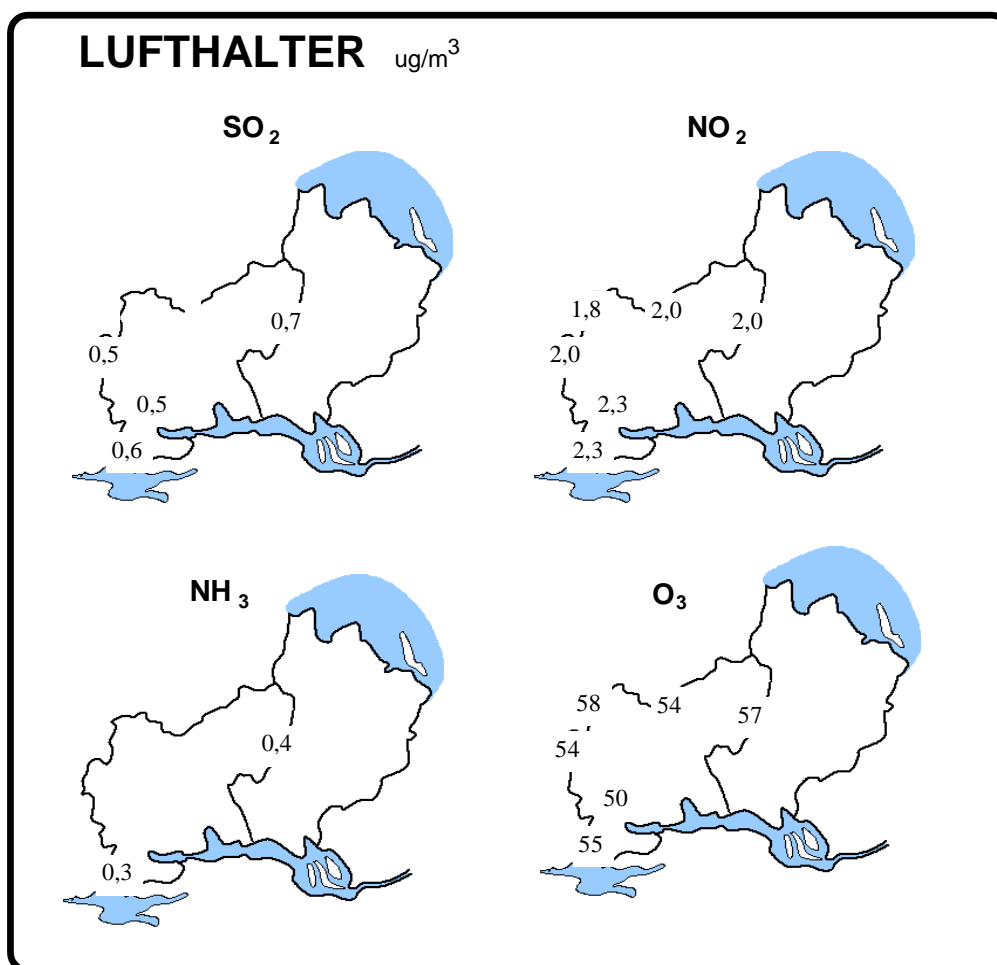


MARKVATTEN

(U 05)



Figur 8. Deposition och markvattendata från Karsbo, U 05.



Figur 9. Periodmedelvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av halter i luft på öppet fält. För SO₂ och NO₂ gäller perioden oktober 2000 till september 2001 och för NH₃ och O₃ april - september 2001.

Faktaruta: Ozonhalter

Ett av 15 svenska Miljö kvalitetsmål kallas Frisk luft. Där anges som delmål: "Halten marknära ozon ska inte överskrida $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som åttatimmars medelvärde år 2010". Detta värde gäller främst skydd av människors hälsa. Inom övriga Europa har arbetet även omfattat ozons effekter på växter och första generationens kritiska nivåer baserades på halter, uttryckta som medelvärden över olika tidsperioder. Numera används ett dosrelaterat mått; AOT40 där AOT står för Accumulated exposure Over Threshold. AOT40 tillhör andra generationens ozonmått och innebär ackumulerat överskridande av halten 40 ppb under en viss tidsperiod, vanligen 3 månader. För jordbruksgrödor, vilda örter och gräs är den kritiska ozonnivån 3000 ppb-timmar under maj - juli.

AOT40 avspeglar inte direkt växternas upptag av ozon utan räknas fram från uppmätta halter. Utvecklingen mot ett upptagsbaserat exponeringsindex för ozon har påbörjats (tredje generationen). Som kortsiktig delmål till år 2010 anger EU i sitt ozondirektiv att "AOT40 under tre sommarmånader inte ska överskrida 9000 ppb-timmar". Som långsiktigt mål inom EU gäller dock att "AOT40 under tre sommarmånader inte ska överskrida 3000 ppb-timmar". Forskning för att översätta månadsresultat från diffusionsprovtagare till både existerande AOT40 begrepp samt till ett upptagsbaserat exponeringsindex pågår och beräknas vara avslutad inom de närmaste två åren.

Tidsutveckling deposition

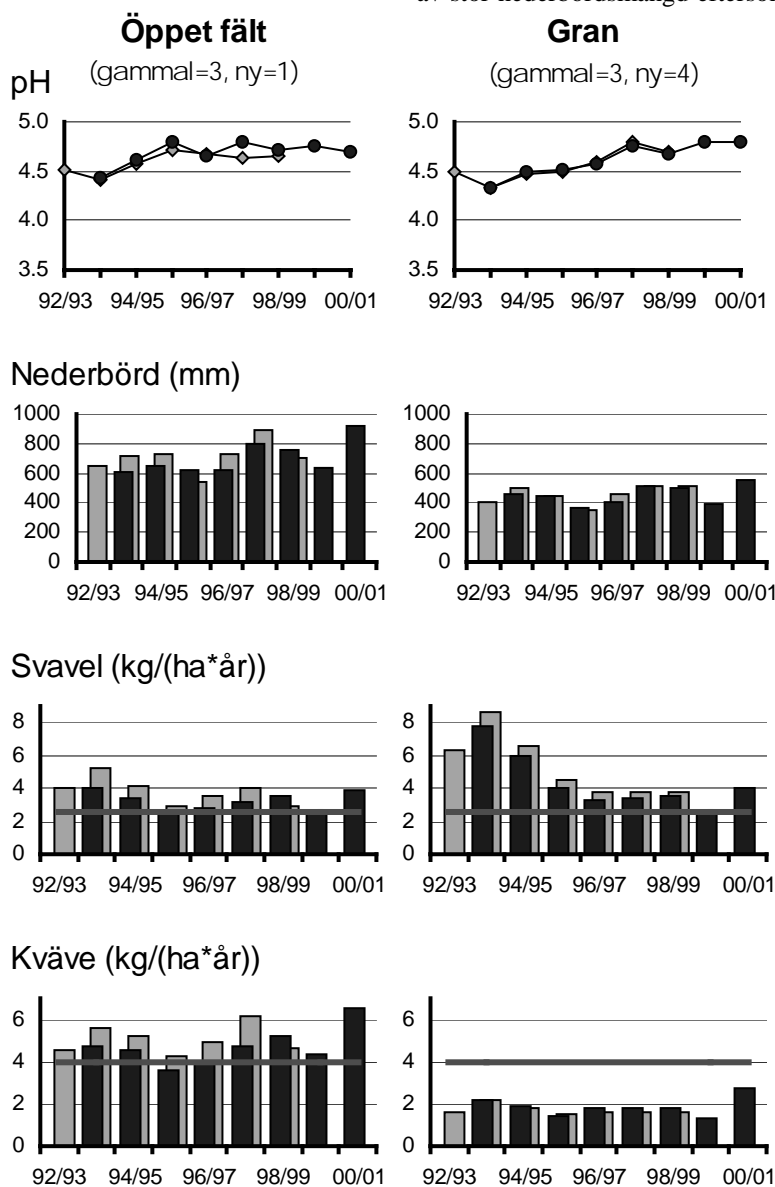
Figur 10 visar att genomsnittligt pH-värde varit 4,7 i nederbörd på öppet fält under de senaste sex åren. Under de tre första åren var nederbörden generellt surare. Krondropp från granskog visar liknande utveckling. Volymvägt pH-värde i nederbörd och krondropp visar god korrelation med nedfall av svavel. Det var störst under det hydrologiska året 1993/94 samtidigt som nederbörden var surast. Detta år noterades stort nedfall av både svavel och kväve i hela södra och östra Sverige. Trolig orsak var meteorologis-

ka förhållanden som påverkat intransport av förorenad luft.

Under det senaste hydrologiska året noterades mer nederbörd och större våtdeposition av kväve än något år tidigare; 917 mm nederbörd och 6,5 kg kväve per hektar i Kvisterhult, den enda lokal i Västmanlands län med nederbördskemiska mätningar 2000/01. Stor våtdeposition av kväve beror både på riklig nederbördsmängd och högre halter än genomsnittet för samtliga års mätningar. Även våtdepositionen av svavel var större än på flera år. Det förklaras av stor nederbördsmängd eftersom

koncentrationen av svavel i nederbörden var lägre än genomsnittet för hela perioden.

Resultaten från Kvisterhult och Högekogen visar liten torrdeposition av svavel; krondropp visar lägre värden än deposition på öppet fält. Skälet kan vara visst upptag av svavel och viss mätsäkerhet. Resultat från de tre första åren visar betydligt större torrdeposition av svavel; cirka 2,5 kg/ha och år. Torrdeposition av kväve kan inte beräknas på detta sätt eftersom kväve tas upp eller omvandlas i trädkronorna.



Figur 10. Årsmedelvärden för valda parametrar i två miljöer i Västmanland; öppet fält och granskog, uppdelat på två delvis överlappande tidsserier. Figuren visar tidsutvecklingen trots övergång från "gammal" serie (från 1992/93) till "ny" serie (från 1993/94) Streckad linje anger genomsnittlig förväntad nivå år 2010 i Svealand om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

Undersökningarna av skogsytor har visat att nedfallet av svavel har minskat kraftigt i hela Sverige under de senaste tio åren. Tabell 1 beskriver utvecklingen i olika län som har en komplett mätserie under hela den perioden. Den tydligaste förändringen av nederbörden på öppet fält är att halterna av svavel har minskat. Den relativa minskningen runt 50 % är likartad i de flesta län. Örebro län uppvisar en något större minskning och en relativt hög halt 1991 för att vara i Svealand. Tidsserien i början av 1990 talet bygger på endast en station, T10 nära Fjugesta, som eventuellt inte är helt jämförbar med de nuvarande stationerna 2001. Trots att halterna har minskat kraftigt har inte depositionen på öppet fält reducerats i samma omfattning i alla län. Det beror på att större delen av Sveri-

ge har haft en successivt ökande nederbördsmängd under 1990-talet, i vissa fall över 50 %.

Depositionen av svavel till granskog har minskat i ännu större omfattning än nederbörd på öppet fält. Minskningen varierar mellan drygt 50 % och nära 80 %, med undantag för länen i norra Sverige där minskningen inte är lika stor (tabell 1). Det beror troligen på det faktum att torrdepositionen minskat mer än våtdepositionen. Andelen torrdeposition i granskog i norra Sverige var relativt liten även i början på 1990-talet.

Det finns exempel på minskade halter av oorganiskt kväve i undersökningarna av nederbörden på öppet fält. Signifikanta minskningar i storleksordningen 30 till 40 % under perioden 1991 till 2001 noteras i flera län i mellersta

och norra Sverige. Depositionen har dock inte minskat på grund av de ökande nederbördsmängderna under perioden. I södra Sverige, där halterna inte förändrats så mycket, finns exempel på ökning av depositionen på öppet fält under senare år med hög nederbörd. Krondroppsmätningar i granskog visar i regel relativt konstanta nivåer på kvävedeposition, vilket indikerar att totaldepositionen till skog inte ökat kraftigt med de stigande nederbördsmängderna. Däremot har fördelningen mellan våt och torr deposition troligen förändrats. Ökat upptag och omvandling av kväve i trädkronan kan också minska kvävemängderna i krondroppet under år med riklig nederbörd och goda förhållanden för trädutväxt, samt tillväxt av alger och lavar på träden.

Tabell 1. Förändringen av halter av sulfatsvavel i nederbörd och svaveldeposition till granskog. Naturligt svavel i form av havssalt är borträknat. Beräknade värden är anpassade till en statistiskt signifikant tidsutveckling av uppmätta värden mellan 1991 och 2001.

Län	Öppet fält			Granskog		
	Volymvägda halter, SO ₄ -S _{ex} , mg/l			Deposition, SO ₄ -S _{ex} , kg/ha*år		
	Beräknat 1991	Beräknat 2001	Minskning	Beräknat 1991	Beräknat 2001	Minskning
Skåne län	1,05	0,54	49%	17,8	6,7	62%
Blekinge län	1,01	0,52	48%	14,9	5,2	65%
Jönköpings län	0,86	0,42	52%	13,8	3,0	78%
Västra Götaland	0,86	0,41	52%	13,4	4,3	68%
Kronobergs län	0,81	0,39	52%	10,7	4,4	59%
Örebro län	0,90	0,33	63%	8,2	2,3	73%
Östergötlands län	0,84	0,40	53%	8,9	3,2	64%
Södermanlands län	0,84	0,40	53%	8,1	3,9	52%
Värmlands län	0,75	0,35	53%	7,1	2,9	59%
Fyra norrlandslän	0,52	0,22	57%	3,0	1,9	37%
Medelvärde			53%			64%

Tidsutveckling markvatten

Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är kor-

ta. Lokaler med mindre än fem provtagningar (~2 år) ingår ej.

Figur 11 visar att markvattnets innehåll av kationerna kalcium och magnesium har minskat signifikant på hälften av lokalerna i Svealand och Norrland. På nästan lika många har halterna av sulfatsvavel minskat, vilket är en

logisk följd av minskad svaveldeposition. En tydlig trend med sjunkande halter redovisas även för klorid (förknippas med havssalt), spårelementet mangan, organiskt kol (TOC) och kalium.

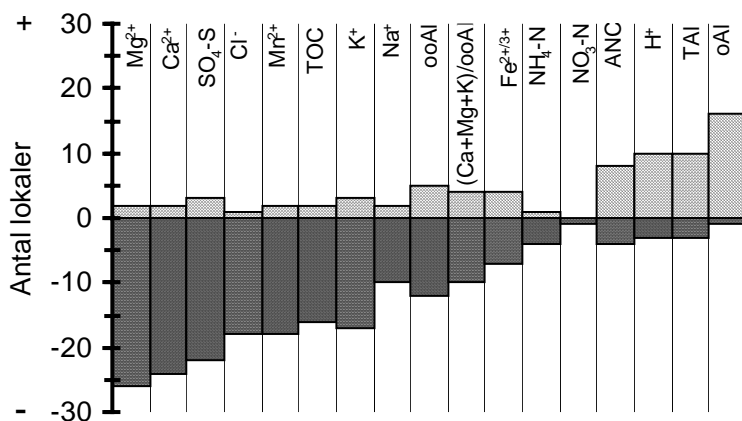
Förändringar av markvattnets surhetsgrad är inte lika tydliga, det finns exempel på både minskad

och ökad försurning. Till exempel har kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium företrädesvis sjunkit (ökad försurningsgrad), medan den syraneutraliserande förmågan (ANC) snarast har ökat (minskad försurningsgrad). Förutom att försurningsbelastningen har minskat i området kan det även ha påverkats av nedfall av havssalt och sjunkande halter av klorid i

markvattnet under senare år, vilket noterats på fem av åtta lokaler med ökad ANC. Tidigare undersökningar visar att episoder med stort nedfall av havssalt under några få dagar kan leda till omfattande jonbytesprocesser i sura marker, vilket diskuterades närmare i årsrapporten för 1998/99. Följden blir höga kloridkoncentrationer och låg ANC under flera

år framöver och illustrerar vikten av långa tidsserier för att säkerställa trender i markvattnets surhetsgrad som beror på minskat nedfall av försurande ämnen.

Utvecklingen på skogsytorna i Västmanlands och Uppsala län följer i princip det generella mönstret för Svealand och Norrland.



Figur 11. Trendberäkningar för markvattnet på 51 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Tidsutveckling lufthalter

Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃) har under perioden mätts på fem lokaler i Västmanlands län och på en i Uppsala län. Svaveldioxid (SO₂) mättes på tre respektive en lokal i Västmanlands och Uppsala län. Halter av ammoniak (NH₃) i luft mättes regelbundet på en lokal i vardera länet.

Utvecklingen av svaveldioxidhalten i luft på mätstationerna i Västmanland och Uppsala län redovisas i figur 12. Under de tidiga mätningarna, 1993 till 1996, i Godkärra och Vretbacken sjönk de hydrologiska årsmedelhalterna från 1,25 µg/m³ till 0,45 µg/m³. Därefter har medelhalterna varit mellan 0,3-0,7 µg/m³ och de lägsta halterna registrerades under perioden 1999/00. Under den senaste mätperioden har halterna varit något högre, vilket syns tydligt i figuren. Detta har bidragit till att

depositionen av svavel varit större under året jämfört med föregående år, vilket beskrivs under stationsbeskrivningar och tidsutveckling deposition.

Partiklar av svaveldioxid har lång livslängd i atmosfären och kan transporteras långa sträckor, 100-200 mil. Intransporten av förorenad luft från centrala Europa har stor betydelse för halterna av bland annat svaveldioxid i Sverige. Vid sådana storskaliga episoder kan förhöjda halter av föroreningen mätas upp på stationer inom ett stort geografiskt område. Sot, partiklar och ozon uppträder på samma sätt medan förhöjda halter av ammoniak, och i viss mån kvävedioxid, oftast är ett lokalt fenomen. På sydsvenska bakgrundsstationer med dygnsmätningar av lufthalter (exempelvis EMEP-stationen Vavihill) uppmättes några av vinterhalvårets högsta halter, 5-6 µg/m³, den 21-

23 januari 2001 i samband med vindar från syd och sydost. De höga halterna under dessa tre dygn slog igenom på stationer med månadsprovtagning i bland annat Skåne och Kalmar län som uppvisade de högsta månadsmedelhalterna i januari 2001 sedan 1997. Denna episod var dock inte synlig på lokalerna i Västmanland och Uppsala län.

Halterna av kvävedioxid är generellt högre under de kallare vintermånaderna. De hydrologiska årsmedelhalterna var på jämförbar nivå med förra årets halter.

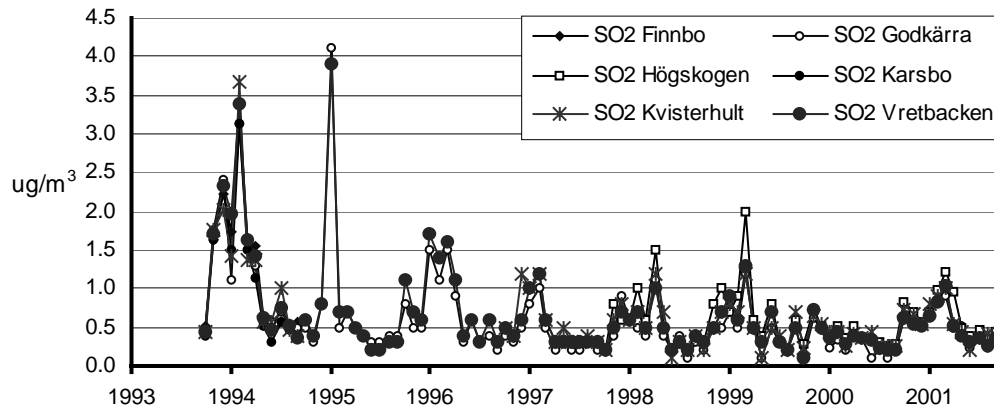
Sommarmedelhalterna av ammoniak (NH₃) har generellt sett varit låga i de två länen sedan 1995. Halterna i Högskogen och Kvissterhult var dock något högre än föregående år. På mätstationen i Godkärra, som generellt har haft de högsta medelhalterna 1995-2000, mättes inte ammoniak under

sommaren 2001.

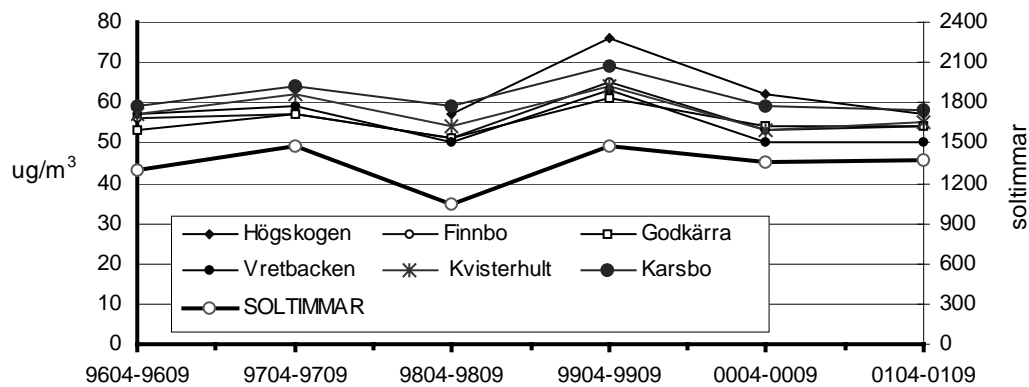
Marknära ozon är en sekundär luftförorening som bildas ur kemiska reaktioner mellan kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska kolväteföreningar (VOC) under solljusets inverkan. Väder som

gynnar ozonbildning är högtrycks-situationer då vädret är varmt och soligt med låga vindhastigheter. De meteorologiska faktorerna orsakar stora naturliga variationer i ozonhalten mellan åren. En jämförelse mellan medelhalten av ozon under sommarhalvåren och

antalet uppmätta soltimmar i Uppsala-Ultuna (Väder och Vatten, SMHI) under samma perioder tydliggör sambandet mellan marknära ozon och solsken, se figur 13.



Figur 12. Månadsmedelvärden av svaveldioxid (SO_2) på undersökta lokaler i Västmanlands och Uppsala län, perioden oktober 1993 till september 2001. Observera att stationernas mätningar startar olika år.



Figur 13. Medelvärden för halten marknära ozon (O_3) under april – september 1996-2001, samt antal soltimmar i Uppsala-Ultuna. Observera att stationernas mätningar startar olika år.

Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten

Tabell 2a. Data från mätningar på öppet fält i Uppsala och Västmanlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Högskogen (C 01 A)	00/01	781	0,20	3,8	3,6	3,1	3,0	2,2	1,3	0,6	2,3	0,5	0,16
	99/00	741	0,17	3,9	3,5	6,9	3,2	2,9	2,4	0,6	4,5	1,3	0,22
	98/99	760	0,18	3,6	3,4	4,8	3,5	3,0	2,1	0,5	2,9	1,8	0,08
	97/98	902	0,21	4,5	4,3	3,4	3,5	2,9	2,3	0,6	2,3	1,5	0,13
Finnbo (U 01 A)	99/00	662	0,13	4,8	4,6	5,0	3,5	3,1					
	98/99	622	0,13	2,6	2,5	2,2	2,2	1,7					
	97/98	916	0,19	4,4	4,3	2,9	3,4	3,1					
	96/97	753	0,15	3,9	3,7	4,5	3,1	2,4	1,8	0,6	2,3	1,3	0,10
	95/96	539	0,08	3,5	3,4	2,3	2,4	2,5	1,7	0,4	1,6	1,1	0,06
	94/95	640	0,13	4,1	4,0	3,2	2,7	2,3	1,9	0,4	2,0	1,2	0,03
	93/94	680	0,17	5,4	5,3	2,6	2,9	2,4	1,5	0,3	1,4	0,8	0,04
	92/93	576	0,17	3,6	3,5	2,5	2,1	1,9					
Godkärra (U 02 A)	99/00	719	0,19	4,0	3,7	5,6	3,2	2,8					
	98/99	698	0,15	2,9	2,8	3,2	2,4	2,0					
	97/98	867	0,20	3,7	3,6	3,2	3,2	2,6	1,7	0,4	2,2	1,8	0,12
	96/97	733	0,15	3,8	3,6	4,5	2,4	2,1	1,5	0,5	2,8	1,0	0,07
	95/96	527	0,11	2,7	2,6	1,8	1,8	1,9	1,0	0,2	1,5	1,0	0,05
	94/95	785	0,21	4,1	3,9	3,1	2,6	2,4	1,8	0,2	1,9	0,9	0,02
	93/94	771	0,28	4,8	4,6	2,7	2,8	2,3	1,0	0,2	1,5	1,0	0,03
Vretbacken (U 03 A)	99/00	593	0,11	2,5	2,3	3,2	2,1	1,9					
	98/99	786	0,19	3,5	3,3	4,0	3,1	2,5					
	97/98	882	0,23	4,1	4,0	3,3	3,4	2,9					
	96/97	688	0,16	3,5	3,3	4,9	2,7	2,1	1,5	0,6	2,8	0,9	0,08
	95/96	573	0,12	2,9	2,8	1,8	2,1	2,0	1,4	0,3	1,2	0,8	0,06
	94/95	744	0,24	4,6	4,4	5,2	3,2	2,5	2,5	0,4	2,6	1,0	0,03
	93/94	695	0,38	6,1	5,9	4,3	3,7	2,8	1,4	0,4	2,5	0,9	0,04
Kvisterhult (U 04 A)	99/00	648	0,22	4,5	4,4	3,0	2,5	2,4					
	00/01	917	0,19	4,1	3,9	3,4	3,5	3,0	1,7	0,5	2,4	1,0	0,15
	99/00	633	0,11	2,8	2,6	3,6	2,3	2,1	1,6	0,4	2,4	1,4	0,16
	98/99	758	0,15	3,7	3,5	3,7	2,8	2,4	2,2	0,4	2,2	1,5	0,08
	97/98	796	0,13	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2	3,2	0,4	1,7	2,2	0,11
	96/97	625	0,14	3,0	2,8	3,8	2,2	1,8	1,3	0,5	2,1	0,9	0,08
	95/96	621	0,10	2,8	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	0,4	1,7	1,8	0,05
Karsbo (U 05 A)	94/95	648	0,16	3,5	3,4	2,6	2,3	2,3	1,9	0,3	1,5	1,0	0,02
	93/94	611	0,23	4,1	4,0	2,7	2,5	2,2	1,0	0,3	1,4	1,0	0,02
	99/00	638	0,12	2,6	2,4	2,9	2,0	1,7					
	98/99	752	0,14	2,8	2,6	2,8	2,2	1,8					
	97/98	749	0,12	2,5	2,4	2,9	1,8	1,4					
	96/97	627	0,11	2,6	2,5	2,9	1,7	1,5	1,1	0,4	1,5	1,4	0,10
95/96	552	0,10	2,4	2,3	1,9	1,7	1,6	1,1	0,2	1,4	1,2	0,07	
94/95	674	0,18	3,7	3,6	2,6	2,3	3,1	2,1	0,3	1,5	1,4	0,07	
93/94	636	0,24	3,8	3,7	1,8	2,3	1,7	0,9	0,2	0,9	0,9	0,06	

Tabell 2b. Öppet fältdata från Västmanlands län, deposition under månader okt-dec 2000. Nederbörd (Nedb) anges i mm/kvartal, övriga parametrar i kg/hektar och kvartal.

Lokal	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Finnbo	331	0,10	2,0	2,0	1,5	1,6	1,5					
Godkärra	425	0,10	1,9	1,8	2,2	1,7	1,4					
Vretbacken	352	0,06	1,5	1,5	1,2	1,2	1,3					
Karsbo	373	0,06	1,5	1,4	1,7	1,2	1,2					

Tabell 3. Krondroppsdata från Uppsala och Västmanlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Högskogen (C 01 A)	00/01	553	0,08	3,2	3,0	4,6	1,5	1,0	2,5	1,1	2,6	10,1	0,87
	99/00	383	0,05	2,4	2,1	5,6	1,0	0,4	2,9	1,0	2,7	9,1	0,73
	98/99	443	0,09	2,9	2,7	4,6	1,2	0,9	2,5	1,0	2,1	7,3	0,78
	97/98	503	0,09	2,9	2,7	3,9	1,1	0,7	2,4	0,9	2,2	8,5	0,74
Finnbo (U 01 A)	98/99	463	0,07	3,5	3,2	5,9	1,1	0,8					
	97/98	493	0,06	3,6	3,3	5,5	0,8	0,8					
	96/97	523	0,10	3,8	3,5	5,9	1,2	1,0	3,6	1,4	4,1	10,1	0,78
	95/96	389	0,09	4,3	4,0	5,5	1,2	0,8	3,5	1,3	2,3	10,4	0,70
	94/95	402	0,13	5,7	5,4	7,0	1,1	1,1	4,7	1,6	2,7	10,6	1,06
	93/94	452	0,17	7,0	6,7	5,7	1,6	0,9	4,6	1,6	2,0	9,7	0,97
	92/93	321	0,07	4,7	4,4	6,3	0,8	1,2					
Godkärra (U 02 A)	00/01	589	0,12	6,2	5,5	13,4	2,6	1,2					
	99/00	453	0,09	4,3	3,7	12,1	0,6	0,5					
	98/99	588	0,15	5,2	4,8	8,8	0,8	0,8					
	97/98	548	0,11	4,7	4,3	7,9	0,6	1,3	3,3	1,2	2,8	18,1	1,50
	96/97	456	0,16	4,9	4,4	10,4	0,8	0,5	3,7	1,4	3,9	13,7	1,44
	95/96	346	0,15	5,8	5,4	7,8	0,7	0,5	3,8	1,3	2,9	14,1	1,48
	94/95	512	0,19	8,4	7,9	11,2	0,7	0,8	5,2	1,6	3,6	17,2	2,37
	93/94	602	0,33	10,9	10,5	8,5	1,1	0,8	5,0	1,7	2,6	15,3	2,15
	92/93	477	0,19	8,4	7,9	11,1	0,6	0,6					
Vretbacken (U 03 A)	00/01	594	0,07	4,4	4,1	7,3	1,2	1,0					
	99/00	410	0,05	3,1	2,7	8,9	0,6	0,5					
	98/99	476	0,09	3,7	3,4	7,5	0,7	0,5					
	97/98	515	0,08	3,9	3,6	7,5	0,7	0,6					
	96/97	415	0,10	3,7	3,4	7,5	0,6	0,7	3,3	1,3	2,8	11,9	1,22
	95/96	332	0,09	4,4	4,1	5,7	0,6	0,6	3,2	1,1	2,0	12,7	1,00
	94/95	438	0,13	6,8	6,3	9,6	0,7	0,9	4,5	1,5	3,1	15,9	1,62
	93/94	441	0,20	9,0	8,6	8,1	1,2	0,9	4,8	1,7	2,5	15,3	1,63
	92/93	405	0,13	7,0	6,6	9,1	0,6	1,0					
Kvisterhult (U 04 A)	00/01	457	0,07	3,6	3,3	6,2	1,9	1,1	3,1	1,1	2,9	12,5	1,02
	99/00	312	0,05	2,4	2,0	7,8	1,3	0,6	2,2	0,9	3,5	10,3	0,77
	98/99	430	0,09	3,5	3,2	6,6	1,7	1,0	2,6	1,0	2,9	11,0	0,75
	97/98	456	0,08	3,6	3,3	6,9	1,5	0,9	3,0	1,1	2,6	12,7	1,02
	96/97	331	0,09	3,5	3,1	7,3	1,4	0,9	2,8	1,0	3,1	9,1	0,86
	95/96	386	0,10	3,7	3,4	5,2	0,9	0,4	2,6	0,9	2,0	10,1	0,85
	94/95	390	0,12	5,3	5,0	6,7	1,2	0,9	3,5	1,1	2,6	10,8	1,19
	93/94	390	0,18	7,3	7,0	6,5	1,7	0,9	3,8	1,3	2,4	10,9	1,30
Karsbo (U 05 A)	00/01	593	0,08	3,4	3,2	4,2	1,2	1,0					
	99/00	389	0,06	2,3	2,1	4,1	0,8	0,5					
	98/99	486	0,09	2,7	2,5	3,4	0,9	0,7					
	97/98	522	0,09	2,6	2,5	3,0	0,9	0,6					
	96/97	426	0,09	2,6	2,4	4,0	0,8	1,4	2,0	0,7	1,6	6,8	0,60
	95/96	418	0,10	3,3	3,2	3,3	1,0	0,9	1,9	0,7	1,4	7,9	0,45
	94/95	451	0,13	4,7	4,4	4,6	1,1	1,2	2,7	0,8	1,5	9,1	0,76
	93/94	427	0,18	5,0	4,8	3,5	1,3	0,9	2,3	0,7	0,9	6,2	0,67

Tabell 4 Lufthalter i Uppsala och Västmanlands län, diffusionsprovtagning.

År,mån	Svaveldioxid, SO ₂ µg/m ³					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärra	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
Mv 9310-9409	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	-
-	-	0,8	0,8	-	-	-
Mv 9510-9609	-	0,7	0,9	-	-	-
Mv 9610-9709	-	0,4	0,5	0,6	-	-
Mv 9710-9809	-	0,5	0,5	0,5	-	0,6
Mv 9810-9909	-	0,5	0,6	0,5	-	0,7
Mv 9910-0009	-	0,3	0,3	0,4	-	0,4
0010	-	0,6	0,6	0,7	-	0,8
0011	-	0,6	0,6	0,7	-	0,7 ¹⁾
0012	-	0,5	0,5	0,5	-	0,6
0101	-	0,7	0,6	0,8	-	0,7
0102	-	0,8	0,8	0,9	-	1,0
0103	-	0,9	1,0	1,0	-	1,2
0104	-	0,5	0,5	0,5	-	1,0
0105	-	0,5	0,4	0,4	-	0,5
0106	-	0,2	0,3	0,2	-	0,4
0107	-	0,4	0,4	0,4	-	0,5
0108	-	0,2	0,3	0,4	-	0,3
0109	-	0,4	0,4	0,4	-	0,4
Mv 0010-0109	-	0,5	0,5	0,6	-	0,7

1) uppskattat värde

År,mån	Kvävedioxid, NO ₂ µg/m ³					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärra	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
Mv 9310-9409	2,5	2,4	3,2	2,9	2,2	-
Mv 9410-9509	2,3	1,8	2,8	2,1	1,6	-
Mv 9510-9609	2,7	2,0	3,3	2,9	1,7	-
Mv 9610-9709	2,6	2,5	3,4	3,5	2,5	-
Mv 9710-9809	2,5	2,4	2,9	3,0	2,1	2,4
Mv 9810-9909	2,3	2,2	2,9	2,9	2,1	2,5
Mv 9910-0009	2,0	1,8	2,3	2,5	1,7	1,8
0010	2,0	1,6	3,0	1,7	1,9	4,2
0011	3,2	3,3	3,1	2,3	2,9	2,7
0012	3,4	3,6	4,1	3,6	3,2	3,0
0101	3,7 ¹⁾	3,7	3,9	4,2	3,5	3,6
0102	2,0	2,7	2,5	3,8	1,9	1,9
0103	2,1	2,2	2,7	2,9	2,3	2,0
0104	1,3	1,5	2,1	1,8	1,4	1,6 ¹⁾
0105	1,2	1,3	1,8	1,5	1,1	1,1
0106	1,2	1,0	1,0	1,4	0,6	0,8
0107	1,5	1,0	1,2	1,2	0,8	1,0
0108	1,4	1,0	1,3	1,2	0,9	1,2
0109	1,0	1,5	1,6	1,6	1,2	1,4
Mv 0010-0109	2,0	2,0	2,3	2,3	1,8	2,0

1) uppskattat värde

Tabell 4. Lufthalter forts.

År,mån	Ammoniak, NH ₃ µg/m ³					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärna	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
Mv 9504-9509	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
Mv 9604-9609	<0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
Mv 9704-9709	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	-
Mv 9804-9809	<0,3	0,6	<0,3	<0,3	0,3	<0,3
Mv 9904-9909	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	0,4
Mv 0004-0009	-	0,6	<0,3	<0,3	-	<0,3
0010	-	-	-	-	-	<0,3
0011	-	-	-	-	-	<0,3
0012	-	0,3	<0,3	<0,3	-	<0,3
0101	-	-	-	-	-	<0,3
0102	-	-	-	<0,3	-	<0,3
0103	-	-	-	<0,3	-	0,6
0104	-	-	-	<0,3	-	0,4
0105	-	-	-	0,6	-	0,7
0106	-	-	-	<0,3	-	<0,3
0107	-	-	-	<0,3	-	<0,3
0108	-	-	-	0,7	-	<0,3
0109	-	-	-	<0,3	-	0,6
Mv 0104-0109	-	-	-	0,3	-	0,4

1) uppskattat värde

År,mån	Ozon, O ₃ µg/m ³					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärna	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
Mv 9604-9609	56	53	57	57	59	-
Mv 9704-9709	57	57	59	62	64	-
Mv 9804-9809	51	51	50	54	59	57
Mv 9904-9909	65	61	63	64	69	76
Mv 0004-0009	53	54	50	53	59	62
0010	32	31	31	32	38	40
0011	29	27	13	17	31	20
0012	22	30	13	28	37	19
0101	35 ¹⁾	38	26	25	32	31
0102	57	63	48	50	63	58
0103	61	60	56	56	62	65
0104	66	69	64	65	71	70 ¹⁾
0105	65	62	59	66	69	68
0106	58	58	53	56	62	62
0107	53	52	51	58	58	58
0108	44	41	40	46	47	47 ¹⁾
0109	35	40	32	37	42	39
Mv 0104-0109	54	54	50	55	58	57

1) uppskattat värde

Tabell 5. Markvattendata från Västmanlands län.

Lokal	Datum	pH	mekv/l →		mg/l →										mol/mol			
			Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Högsången (C 01 A)	2000-11-01	5,5	0,026	0,112	2,94	3,46	<0,002	<0,010	3,33	0,98	3,35	0,06	<0,020	0,143	0,103	0,669	13,0	33
	2001-05-30	5,4	-	0,122	1,82	1,56	<0,002	0,017	2,06	0,74	2,60	0,11	<0,020	0,121	0,055	0,479	9,3	41
	2001-08-01	5,4	0,008	0,059	2,86	1,66	<0,002	<0,010	1,95	0,73	2,78	0,25	<0,020	0,130	0,081	0,534	9,5	28
	median	5,5	-	0,117	2,39	2,23	<0,002	<0,010	2,85	0,88	2,78	0,12	<0,020	0,130	0,099	0,590	12,5	29
	n=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Finnbo (U 01 A)	2000-11-01	6,1	0,209	0,432	4,29	5,60	0,011	0,011	9,64	2,00	4,65	0,46	<0,020	2,800	0,141	0,872	19,0	64
	2001-05-09	5,9	0,338	0,405	5,40	5,73	0,018	0,011	8,89	2,74	5,21	0,35	<0,020	0,791	0,017	0,442	13,0	545
	2001-08-01	6,1	0,383	0,682	5,38	5,95	<0,002	0,037	13,45	2,80	6,30	0,42	<0,020	2,945	0,002	0,455	17,0	6227
	median	5,4	-	0,111	7,59	5,60	<0,002	0,011	8,07	2,18	5,42	0,55	0,023	0,216	0,420	0,868	18,0	18
	n=	27	25	27	27	27	27	27	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Godkärra (U 02 A)	2000-11-01	4,7	-	-0,038	2,37	1,67	<0,002	<0,010	0,48	0,43	1,74	0,84	0,143	0,015	0,631	0,844	5,5	2,2
	2001-05-30	4,8	-	-0,044	2,19	2,47	<0,002	0,021	0,49	0,52	1,39	1,32	0,131	0,005	0,674	0,757	3,9	2,7
	2001-08-01	4,8	-	-0,049	2,89	2,59	<0,002	<0,010	0,77	0,49	1,51	2,33	<0,020	0,006	0,655	0,781	4,0	4,1
	median	4,8	-	-0,063	2,72	2,10	<0,002	<0,010	0,55	0,52	1,87	0,53	0,060	0,005	0,822	1,012	5,2	1,6
	n=	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Vretbacken (U 03 A)	2000-10-30	6,0	-	0,132	2,64	3,54	<0,002	0,023	1,82	1,46	4,18	0,16	<0,020	0,045	-	0,323	20,0	-
	2001-05-18	6,6	-	0,186	3,46	4,00	<0,002	0,118	2,50	1,95	4,92	0,63	<0,020	0,025	-	0,045	-	-
	2001-07-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	6,0	-	0,146	4,79	3,87	<0,002	0,036	3,66	2,42	5,02	0,19	0,026	0,044	0,202	0,242	23,5	29
	n=	20	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	14	14	8
Kvisterhult (U 04 A)	2000-11-01	4,6	-	-0,232	6,84	4,29	<0,002	<0,010	0,95	0,47	5,17	0,19	<0,020	0,028	1,880	2,465	10,0	0,7
	2001-04-25	4,6	-	-0,172	5,02	2,76	<0,002	<0,010	1,05	0,45	2,90	0,13	0,100	0,033	1,657	2,210	9,5	0,8
	2001-08-01	4,6	-	-0,184	6,32	5,37	<0,002	<0,010	1,07	0,45	6,07	0,27	<0,020	0,012	1,865	2,180	8,3	0,8
	median	4,5	-	-0,225	7,69	5,43	<0,002	<0,010	1,46	0,99	6,58	0,34	0,066	0,028	2,153	2,672	11,5	1,0
	n=	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	22
Karsbo (U 05 A)	2000-11-01	5,5	0,014	0,003	1,27	0,88	<0,002	<0,010	0,53	0,18	1,44	0,14	<0,020	0,003	0,254	0,330	3,4	2,6
	2001-05-28	5,4	0,008	0,009	1,12	0,49	<0,002	<0,010	0,40	0,16	1,24	0,23	<0,020	0,005	0,181	0,233	3,9	3,3
	2001-08-01	5,3	-	0,000	1,52	0,56	<0,002	<0,010	0,55	0,19	1,41	0,23	<0,020	0,041	0,370	0,424	3,1	2,0
	median	5,3	-	0,009	1,48	0,89	<0,002	<0,010	0,75	0,21	1,44	0,17	<0,020	0,003	0,254	0,300	3,5	3,4
	n=	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

BC = Ca²⁺, Mg²⁺, K

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt
IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 77 80
Fax: +46 472 26 77 90

www.ivl.se