



# 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 2000



Olle Westling, redaktör  
B 1405  
Aneboda, februari 2001

## För Västmanlands läns Luftvårdsförbund och Länsstyrelsen i Uppsala län

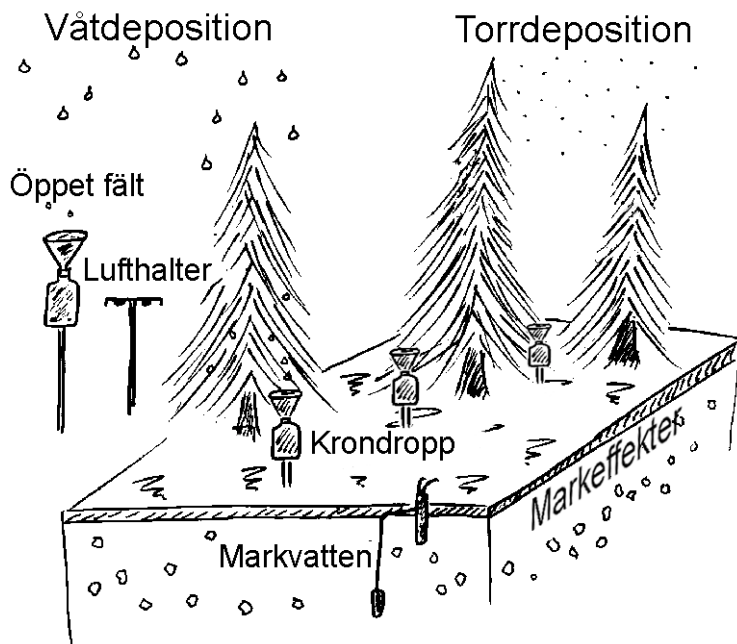
### Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands och Uppsala län Resultat till och med september 2000

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. Belastningen av svavel till marken i de undersökta ytorna har minskat sedan mätningarna startade i Västmanlands län 1992 och minskningen fortsatte även till det senaste mätåret. När det gäller kväve är det svårt att se tydliga förändringar. Under hydrologiska året 1999/00 deponerades i genomsnitt 2,8 kg svavel och 5-6 kg kväve per hektar granskog i området. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen att minska till 2010, i synnerhet för kväve.

Trots det minskade nedfallet av luftföroreningar noteras ingen återhämtning av markvattnets surhetsgrad i skogsytorna med kraftigt sur mark som i Godkärna och Kvisterhult. I måttligt sura marker finns en tendens till att markvattnet surhetsgrad minskat de senaste åren.

Sommarhalvårets halter av marknära ozon har sannolikt varit skadliga för vegetationen, men halterna var betydligt lägre än förra året beroende på den regniga sommaren. Luftens innehåll av svavel- och kvävedioxid var betydligt under svenska miljökvalitetsnormer.



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:** Olle Westling, red.

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

**IVL rapport B 1405**

**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
Tidsutveckling deposition.....	14
Tidsutveckling markvatten.....	15
Tidsutveckling lufthalter.....	16
Faktaruta: Ozonhalter.....	16
Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	19

Mer information finns på  
Krondroppsnätets hemsida:

[www.ivl.se/miljo/projekt/kron/](http://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 svaveldioxid, kvävekomponenter och ozon.

Resultaten från undersökningarna samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår 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](http://www.ivl.se).

Provtagning av nederbörd sker på öppna ytor och analys av föroreningsmängderna ger ett mått på huvudsakligen det våta nedfallet. Provtagning av krondropp görs på närbelägna skogsytor. Skogsmarkens reaktion på det sura nedfallet studeras framför allt genom markvattenstudier. Lufthalter mäts med diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall analyseras.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsvårdsorganisationens (SVO) skogliga observationsytor. SVO undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som 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 i EUs manualer för miljöövervakning.

Denna redovisning är den sista med ett program som i stora drag tillämpats från det undersökningarna inleddes på mitten av 1980-talet. Under åren 1997-1999 genomfördes ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Syftet med projektet var att utveckla och rationalisera de regionala mätningarna så att nyttan för avnämarna ökade.

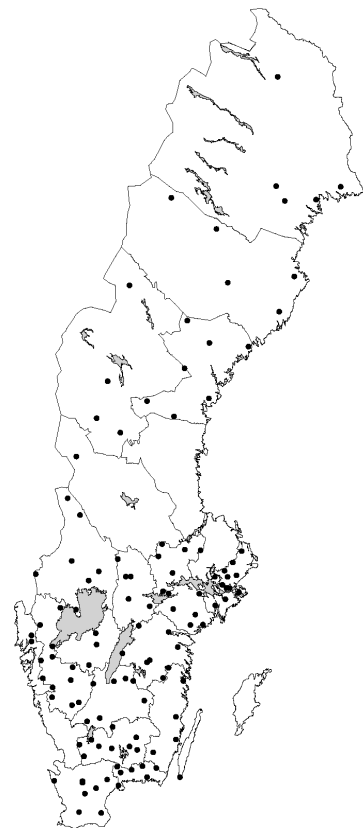
Projektet ledde fram till ett nytt program för framtida regional övervakning av luftföroreningar som har påbörjats under hösten 2000. Det nya programmet har ökat samordningen med nationell övervakning av luft genom att utnyttja modellberäkningar av nedfall som komplement till mätningar. Formerna för redovisning av resultat i rapporter och på hemsida har utvecklats. Mätningarna har förbättrats genom nya metoder att undersöka torrt nedfall i skog. De nya mätningarna är delvis finansierade av NV, vilket gör att vissa undersökningar av deposition till skog sedan hösten 2000 ingår i den nationella miljöövervakningen. Ett speciellt program för att utbilda och certifiera de lokala provtagarna har inletts för att säkra kvalitén i mätningarna.

De svenska metoderna att mäta nedfall till skog har jämförts med 19 andra länder i Europa genom en interkalibrering i ett skogsområde i Holland. Sveriges deltagande finansierades till stor del av NV. De svenska mätresultaten hade en bra 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.

Föreslagna miljökvalitetsmål i Sverige baseras på internationellt avtalade utsläppsminskningar. Minskningen kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Götaland innebär miljökvalitetsmålet cirka 3 kg svavel och 5,5 kg kväve per ha och år, vilket är förväntad genomsnittlig

belastning år 2010 i både öppna och skogbevuxna områden.

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 Dahlöv. I Uppsala har provtagning utförts av Helena Ringblom, Skogsvårdsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. Gunnel Hedberg, Karol Koos, Marie Jansson, Inger Torbrink, Sari Svensson, Anna Danielsson, Christer Larsson, Kerstin Hommerberg och Brita Dusan stod för analysarbetet. Validering av data har huvudsakligen utförts av Gunnel Hedberg. Johan Knulst, Gunnar Malm och Cecilia Akselsson har utfört beräkningar och figurer. Eva Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med Olle Westling och Gunilla Pihl Karlsson (lufthalter) svarat för utvärdering och rapportering.



Figur 2. Krondroppsnätet under 1999/00. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

## Ord att förklara

**ANC:** "Acid Neutralising Capacity" (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) minus starka syror anjoner ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) 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 ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) 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:** 250 skogliga observationsytor i Sverige som ingår i ett Europeiskt nät. 50 av dessa lokaler används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

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

**Intercirkulation:** 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.

**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 nedfallet 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 kron-

droppmätningar 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 ( $\text{SO}_2$ ), kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ), ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) och ozon ( $\text{O}_3$ ) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare. NVs förslag till miljökvalitetsmål innebär 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  marknära ozon under sommarhalvåret, se faktaruta under "Tidsutveckling lufthalter". Svenska miljökvalitetsnormer för skydd av ekosystem och hälsa innebär att  $\text{SO}_2$ -halterna ej får överstiga 20 respektive 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Motsvarande för  $\text{NO}_2$  är 30 respektive 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**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).

Markvatten redovisar det senaste årets provtagningar (normalt tre), vilka kan jämföras med ett långtidsvärde. Medianvärde i markvatten används för att undvika en kraftig inverkan 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, där 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 ( $\text{H}^+$ ), sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), kloridjoner ( $\text{Cl}^-$ ), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ) och aluminium (Al).

## Stationsvis redovisning

Figur 3-8, deposition och markvatten, samt figur 9, halter i luft.

**Högskogen (C 01):** 60-årig granskog 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 oktober 1997 och omfattar nu tre års resultat. Årsnederbörden var relativt lika de båda senaste åren, även om nederbörden var högre under vinterhalvåret det senaste året. Även depositionen av svavel och kväve var på samma nivå de båda senaste åren, cirka 3 kilo per ha för svavel och vardera av de två kvävekomponenterna. Det första året (1997/98) var depositionen av svavel något högre än senare år, samtidigt som kvävedepositionen var likartad under alla tre åren. Nedfallet klorid var högre det senaste året jämfört med tidigare år. Främst styrs det av avstånd till havet och förekomst av saltförande vindar. Att nedfallet av svavel och klorid på årsbasis visar lägre värden via krondropp än på öppet fält är ovanligt. Skillnaderna är dock små och torrdeposition av svavel och klorid förekommer vid vissa tillfällen i de ständigt öppna insamlarna på öppet fält. Kvävenedfall via krondropp har varit betydligt mindre än på öppet fält, vilket är normalt och indikerar betydande upptag eller omvandling av kväve i trädkronorna. Det senaste årets resultat visar en tendens till att upptag och omvandling av kväve i trädkronan varit mer omfattande än tidigare, speciellt för ammoniumkväve.

Markvattnet har visat tämligen normala värden för området; 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. Innehållet av aluminium har varierat betydligt mellan olika provtagningstill-

fällen. De högsta halterna under 1999/00 noterades under sensommaren.

Halten av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) på årsbasis (0,4 µg/m<sup>3</sup>) var på samma nivå som stationerna i Västmanlands län. Halten av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) på årsbasis för Högskogen, 1,8 µg/m<sup>3</sup>, var på samma nivå som Godkärna och Karsbo men något lägre än Vretbacken, Kvisterhult och Finnbo. SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-halterna i Högskogen och lokalerna i Västmanlands län var långt under de av Naturvårdsverket fastställda gränsvärdena (miljökvalitetsnormerna) för skydd av hälsa och ekosystem (se tidsutveckling lufthalter). Säsongsmedelvärdet av ammoniak (NH<sub>3</sub>) var lågt, under detektionsvärdet. Höga halter av marknära ozon är skadligt för både växter och djur. Säsongsmedelvärdet för ozon (O<sub>3</sub>) var lite högre (62 µg/m<sup>3</sup>) än de halter som uppmättes vid lokalerna i Västmanlands län, förutom Karsbo som hade en liknande halt. De högsta halterna var i mars, april, maj och juni vilket är vanligt förekommande. För mer information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta under tidsutveckling.

**Finnbo (U 01):** Granya med inslag av tall och lövträd på tidigare betesmark. Det 80-100 år gamla beståndet är på moränmark och jordmånen är brunjord. Skogen avverkades i januari 2000, vilket gör att endast resultat från öppet fält och markvatten kan redovisas. Flyttning till en ny skogsytta planeras till oktober 2001 år.

Nederbördsmängden var på samma nivå som tidigare år. Nedfallet av svavel och klorid på öppet fält (4,6 respektive 5,0 kg/ha) var högre än föregående år. Nedfallet av kväve mättes till 6,6 kg/ha på öppet fält, vilket är högre än medelvärdet för tidigare år.

Markvattenmätningarna har visat måttlig surhetsgrad, pH-värden runt 5,3 och aluminiumhalter strax under 1 mg/l. Halten nitratkväve och ammoniumkväve har oftast varit mycket låg. Förhöjda halter har noterats vid ett antal tillfällen i

början av mätperioden. Markvattnets innehåll av jonerna sulfat, kalcium, magnesium, natrium, och oorganiskt aluminium har minskat sedan mätningarna startade. Halterna av kalcium var dock något högre än det senaste året.

Halten av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) var av samma storleksordning som medelvärdet för samtliga stationer. Endast en mätning utfördes under säsongen av ammoniak. Halten av marknära ozon (O<sub>3</sub>) var i samma storleksordning som övriga lokaler i Västmanlands län förutom Karsbo.

**Godkärna (U 02):** Drygt 90-årig granskog 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.

Nederbördsmängd under hydrologiska året 1999/00 var normal både i relation till tidigare års mätningar och övriga lokaler i länet. Nedfall av svavel och kväve via nederbörd, 3,7 respektive 6,0 kg/ha, var högre än året innan och tillsammans med Högskogen och Finnbo högre än övriga lokaler. Beroende på upptag eller omvandling av kväve i trädkronorna var nedfallet av kväve via krondropp nästan 5 kg lägre än på öppet fält. Liksom tidigare år var totala nedfallet av svavel (mätt som krondropp) större i Godkärna än på övriga lokaler i de båda länen. Torrdepositionen var dock liten för första gången sedan mätningarna startade 1992/93.

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. Vid samtliga provtagningar under de första fyra åren var halterna av nitratkväve under detektionsgränsen. De fyra senaste åren har förhöjda halter förekommit vid mer-

parten tillfällen. Detta kan ses som tecken på att kväve inte utnyttjas tillfullo i ekosystemet. Det kan bero på någon form av störning i trädens näringsupptag, som dock brukar följas av att krondroppet bidrar med en relativt hög kvävedeposition jämfört med öppet fält. Så är inte fallet i Godkärra där depositionen under trädkronorna är väsentligt mycket lägre än på öppet fält, i synnerhet det senaste året.

Halten av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) på årsbasis var likartad den vid övriga lokaler. Årsmedelhalten av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) var i samma storleksordning som den vid Karsbo och Högsbogen (C-län). Säsongsmedelvärdet av ammoniak (NH<sub>3</sub>) var högst i Godkärra. Halterna av marknära ozon (O<sub>3</sub>) var i samma storleksordning som vid övriga lokaler i Västmanlands län förutom Karsbo.

**Vretbacken** (U 03): Snart 90-årig granskog med 40 % inslag av tall i småkuperad terräng. Jordarten är finkornig morän och jordmånen järnpodsol.

Uppmätt nederbördsmängd var mindre i Vretbacken än på övriga lokaler i området. Till följd av måttlig nederbörd var våtdepositionen av svavel och kväve lägre än på övriga lokaler i länet, förutom Karsbo som låg på samma nivå. Depositionen var den lägsta sedan mätningarna startade både på öppet fält och via krondropp. På öppet fält deponerades 2,3 kg svavel respektive 4 kg kväve per hektar under 1999/00. Torrdeponerat svavel utgör numera en liten del av depositionen av svavel i skogsytan. Nedfallet av kväve (betydligt mindre via krondropp än på öppet fält) indikerar betydande upptag eller omvandling av kväve i trädkronorna.

Marken i provytan har ofta varit torr, vilket försvårat provtagning av markvattnet. Med syfte att förbättra provutbytet installerades ytterligare lysimetrar i ytan hösten 1998. Trots det har provmängderna förblivit ganska små. Resultaten från 2000 visar liknande värden

som flera tidigare år; höga pH-värden (över 6), låga halter av aluminium (0,1 mg/l), förhöjda halter av ammoniumkväve samt resultatlös provtagning under sommaren. Provtagningarna 1992-94 visade lägre pH-värden och medianvärdet från hela perioden är tydligt lägre än de senaste två årens resultat.

NO<sub>2</sub>-halten på årsbasis var tillsammans med Kvisterhult högst av de halter som har uppmätts vid stationerna i dessa två län. Halten av SO<sub>2</sub> på årsbasis och säsongsmedelvärdet för marknära ozon (O<sub>3</sub>) var i samma storleksordning som vid övriga lokaler i länet förutom Karsbo. Säsongsmedelvärdet av ammoniak (NH<sub>3</sub>) var lågt, under detektionsgränsen.

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

Resultaten från 1999/00 visar lägre våtdeposition av svavel, 2,6 kg/ha, jämfört med föregående år. Förra året var depositionen högst i Kvisterhult. Nedfallet till marken i skogen har också minskat till 2,0 kg/ha det senaste året, vilket till och med är lägre än på öppet fält. För kväve var nedfallet på öppet fält, 4,4 kg/ha, något lägre än vad som noterades året innan, men i nivå med genomsnittet sedan 1993/94.

De båda länens suraste markförhållande indikeras från Kvisterhult. Värden 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. Kvoten har sjunkit signifikant sedan mätningarna startade 1993 och för första gången låg årets samtliga mätningar klart under 1. Trots det numera låga nedfallet av svavel noteras inget tecken på återhämtning från försurning av markvattnet. Sura förhållanden redovisas även genom tydligt negativa värden för syraneutraliserande förmåga, redovisat som ANC i tabell 5. ANC

uppvisade en mycket kraftig nedgång under 1999, samtidigt med låga pH-värden, låg kvot BC/Al och mycket höga halter av oorganiskt aluminium. Värdena återgick till mer genomsnittlig nivå under 2000 med undantag av BC/Al kvoten.

NO<sub>2</sub>-halten på årsbasis vid Kvisterhult var tillsammans med Vretbacken högst av stationerna i de båda länen. Halten av SO<sub>2</sub> på årsbasis var likartad den för övriga lokaler. Säsongsmedelvärdet av ammoniak (NH<sub>3</sub>) var lågt, under detektionsgränsen. Halten marknära ozon (O<sub>3</sub>) var i samma storleksordning som vid övriga lokaler i länet förutom Karsbo.

**Karsbo** (U 05): Gran, 70 år, på finkornig sedimentmark. Ytan innehåller fuktiga partier och jordmånen är påverkad av humusblandning i sedimentet.

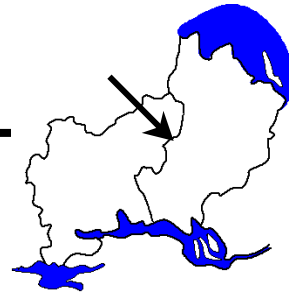
Karsbo har sedan mätningarna startade haft en lägre deposition av svavel och kväve, jämfört med övriga lokaler i de båda länen. Nedfallet under 1999/00 har varit cirka 2,5 kg/ha både på öppet fält och via krondropp, vilket är lägre än medelvärdet för hela mätperioden. När det gäller kväve på öppet fält noterades 3,7 kg/ha under 1999/00, räknat som summa ammoniumkväve och nitratkväve. Det är samma nivå som medelvärdet för hela mätperioden som startade 1993.

Senaste årets markvattenprovtagningar visar likartade värden som närmast föregående år; pH-värde 5,2 och relativt låga halter av aluminium (0,4 - 0,5 mg/l). Låga halter av baskatjoner gör dock kvoten mellan dessa och aluminium låg. Sedan mätningarna startade 1993 har kvoten sjunkit kraftigt. Även ANC har minskat signifikant.

Halten av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) var i samma storleksordning som den vid Godkärra och Högsbogen (C-län). Endast en mätning utfördes under säsongen av ammoniak. Säsongsmedelvärdet för marknära ozon (O<sub>3</sub>) var lite högre än övriga lokaler i länet.

# Högskogen (C 01)

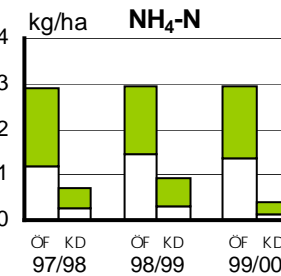
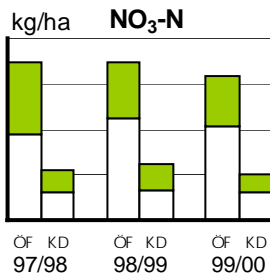
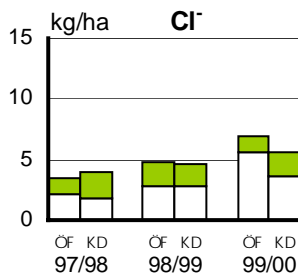
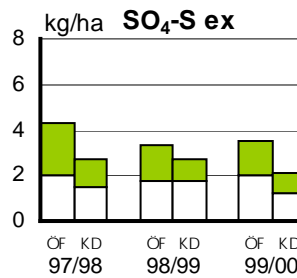
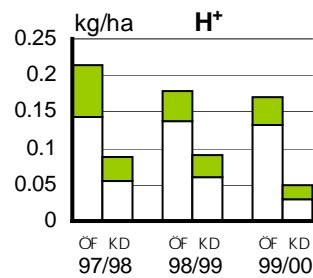
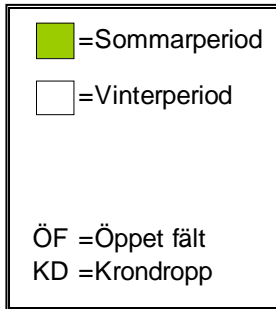
## Gran, 60 år



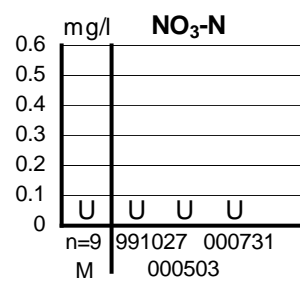
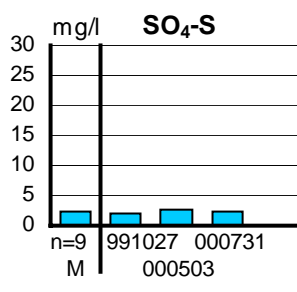
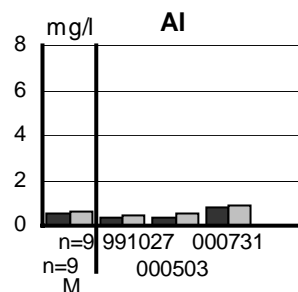
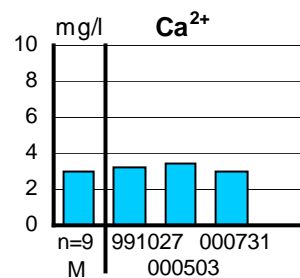
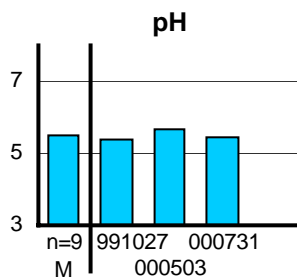
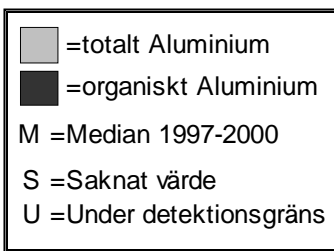
### DEPOSITION (C 01)

Nederbörd på ÖF (mm)

	97/98	98/99	99/00
Sommar	521	384	316
Vinter	381	377	425



### MARKVATTEN (C 01)

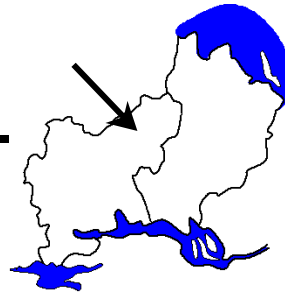


Figur 3. Deposition och markvattendata från Högskogen, C 01.



## Finnbo (U 01)

Gran, 93 år

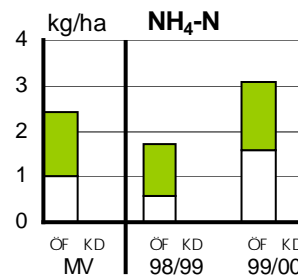
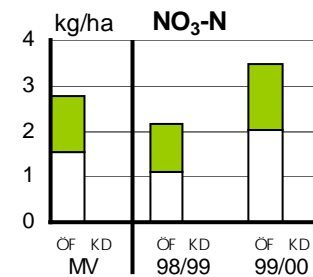
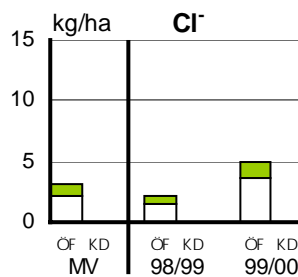
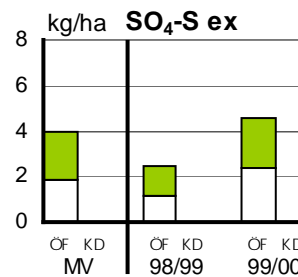
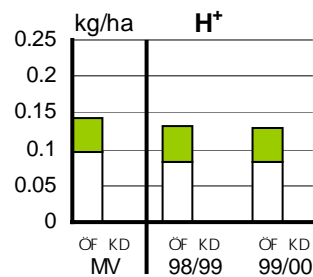
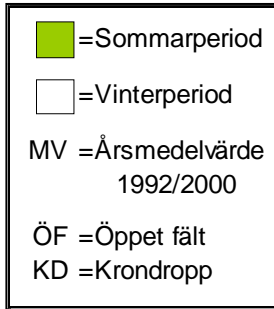


### DEPOSITION

(U 01)

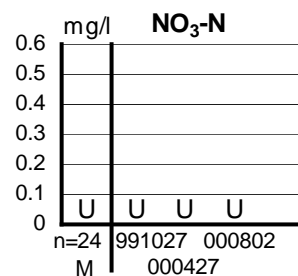
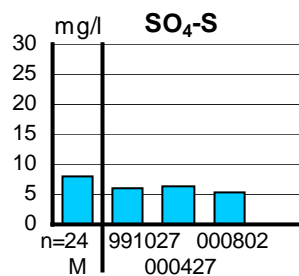
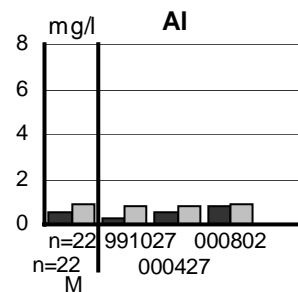
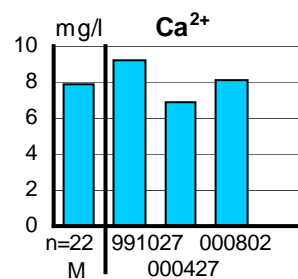
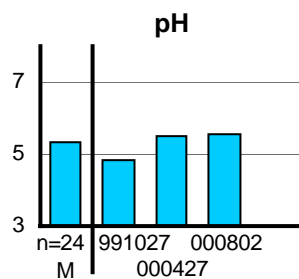
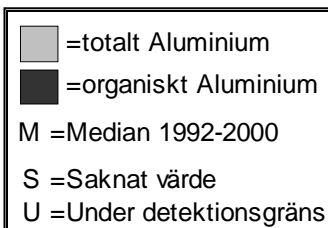
Nederbörd på ÖF (mm)

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



### MARKVATTEN

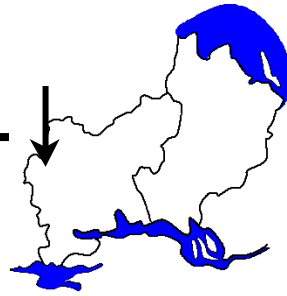
(U 01)



Figur 4. Deposition och markvattendata från Finnbo, U 01.

# Godkärra (U 02)

Gran, 93 år



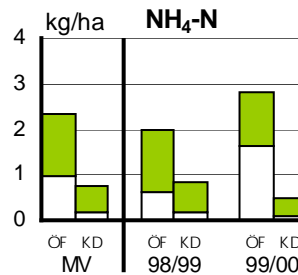
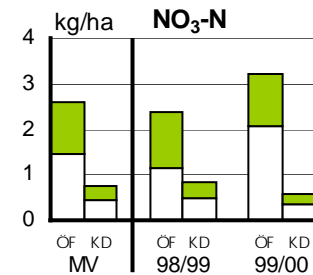
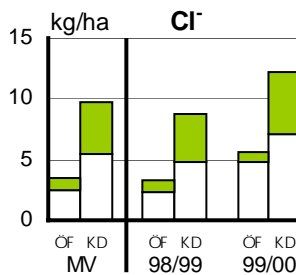
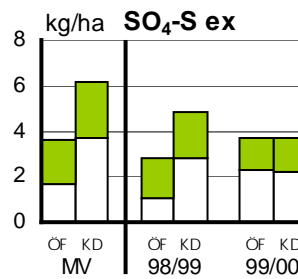
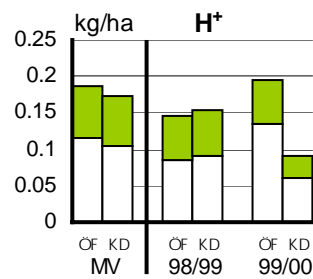
## DEPOSITION

(U 02)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	391	383	364
Vinter	336	315	355

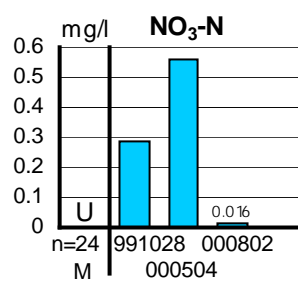
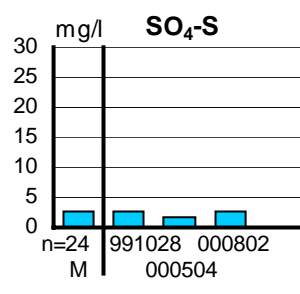
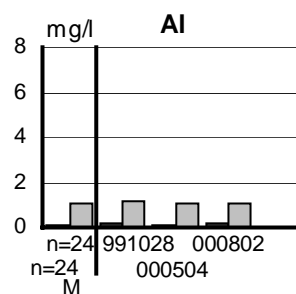
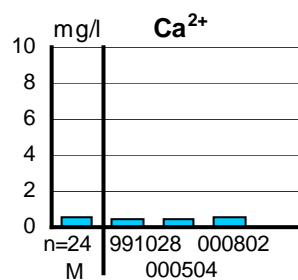
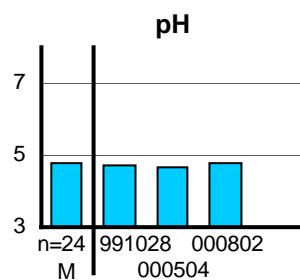
=Sommarperiod  
 =Vinterperiod  
 MV =Årsmedelvärde 1992/2000  
 ÖF =Öppet fält  
 KD =Kronddropp



## MARKVATTEN

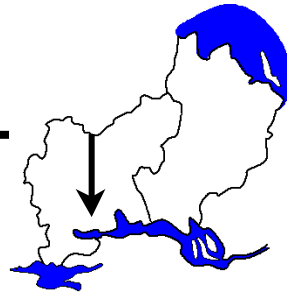
(U 02)

=totalt Aluminium  
 =organiskt Aluminium  
 M =Median 1992-2000  
 S =Saknat värde  
 U =Under detektionsgräns



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

**Vretbacken (U 03)**  
**Gran, 90 år**

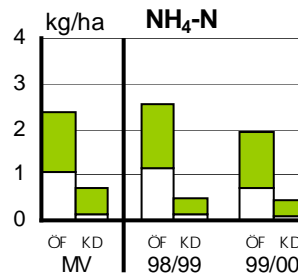
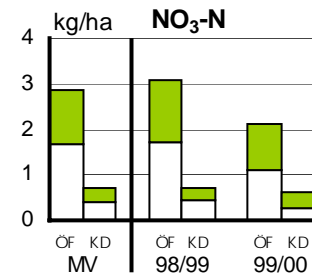
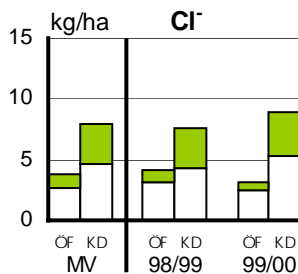
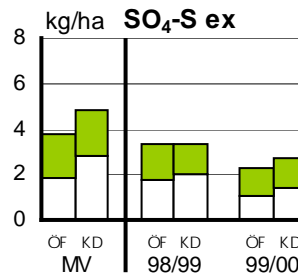
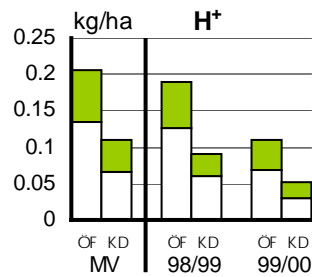


**DEPOSITION**  
(U 03)

Nederbörd på ÖF (mm)

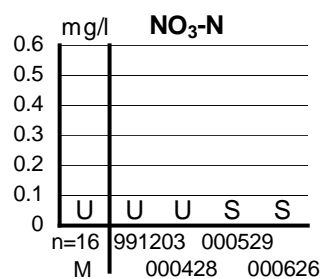
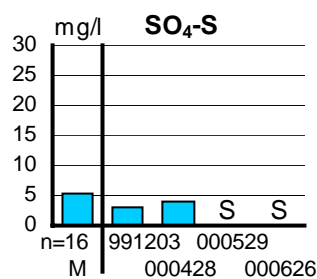
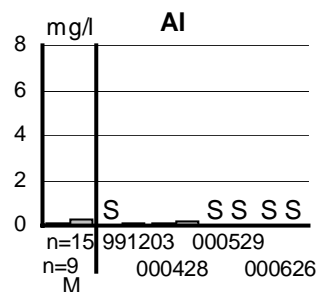
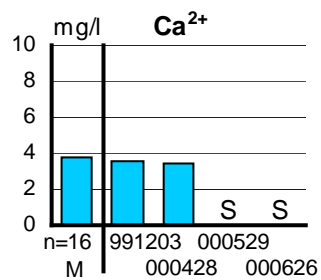
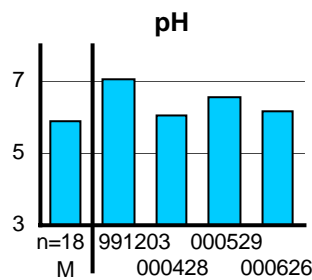
	MV	98/99	99/00
Sommar	372	390	333
Vinter	329	396	260

■ =Sommarperiod  
□ =Vinterperiod  
MV =Årsmedelvärde 1992/2000  
ÖF =Öppet fält  
KD =Kronddropp



**MARKVATTEN**  
(U 03)

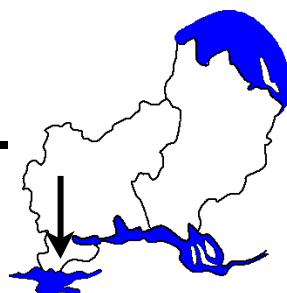
■ =totalt Aluminium  
■ =organiskt Aluminium  
M =Median 1992-2000  
S =Saknat värde  
U =Under detektionsgräns



Figur6. Deposition och markvattendata från Vretbacken, U 03.

## Kvisterhult (U 04)

Gran, 80 år

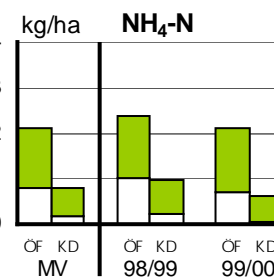
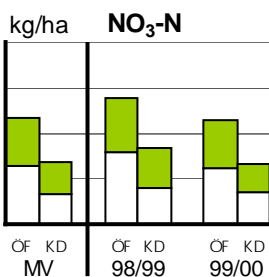
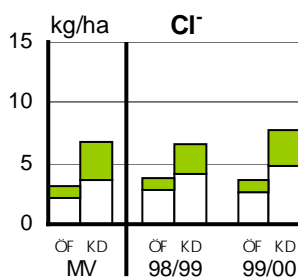
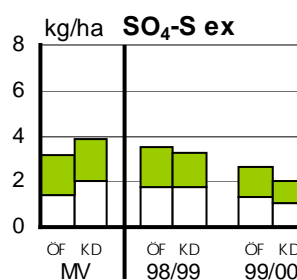
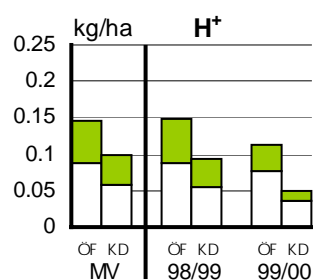
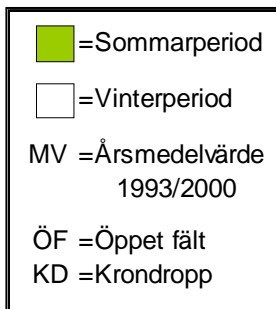


### DEPOSITION

(U 04)

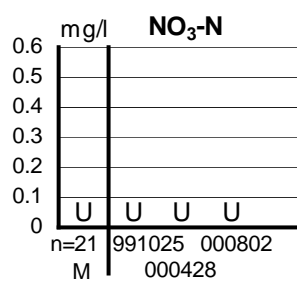
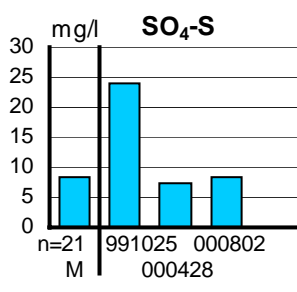
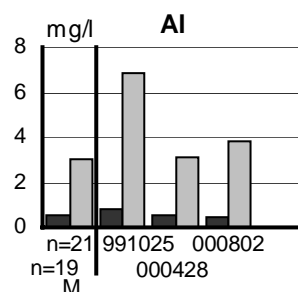
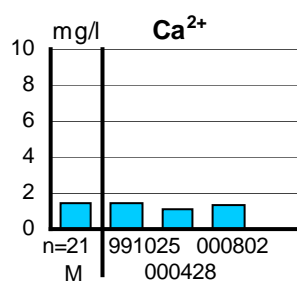
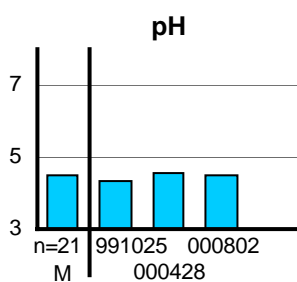
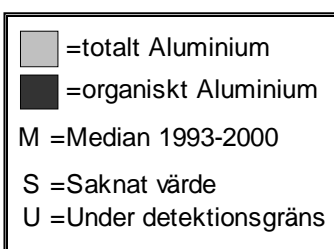
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	98/99	99/00	
Sommar	371	399	328
Vinter	299	359	305



### MARKVATTEN

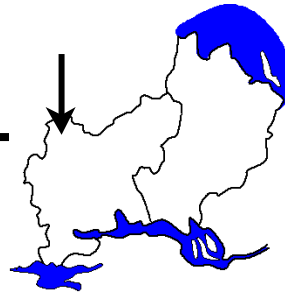
(U 04)



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

## Karsbo (U 05)

Gran, 73 år

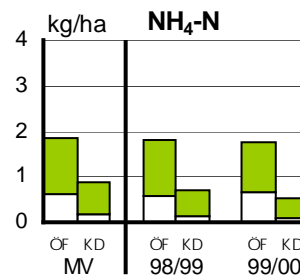
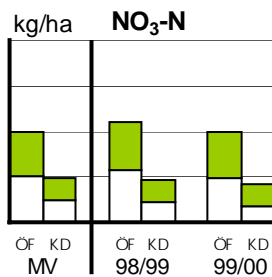
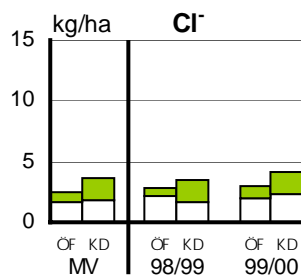
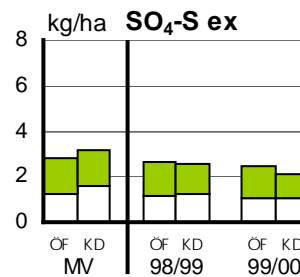
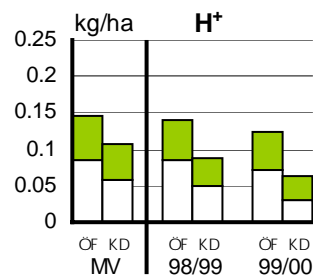
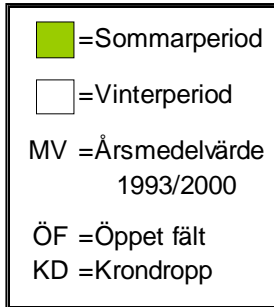


### DEPOSITION

(U 05)

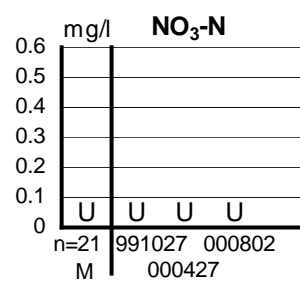
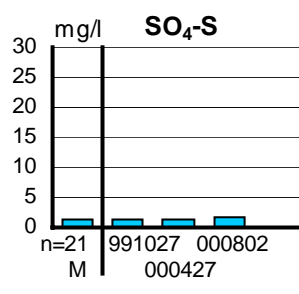
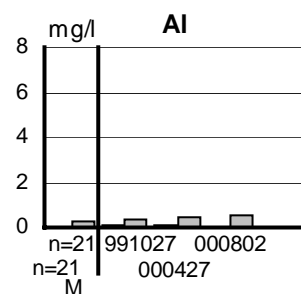
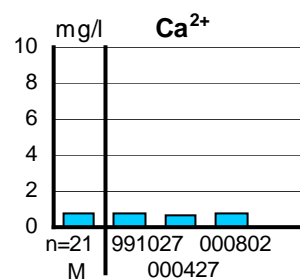
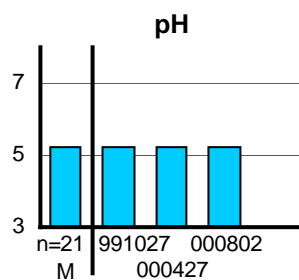
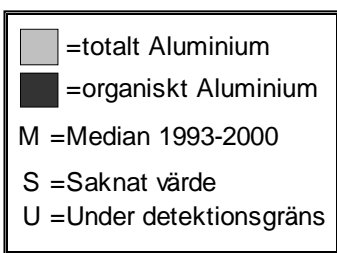
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	374	380	376
Vinter	287	372	263

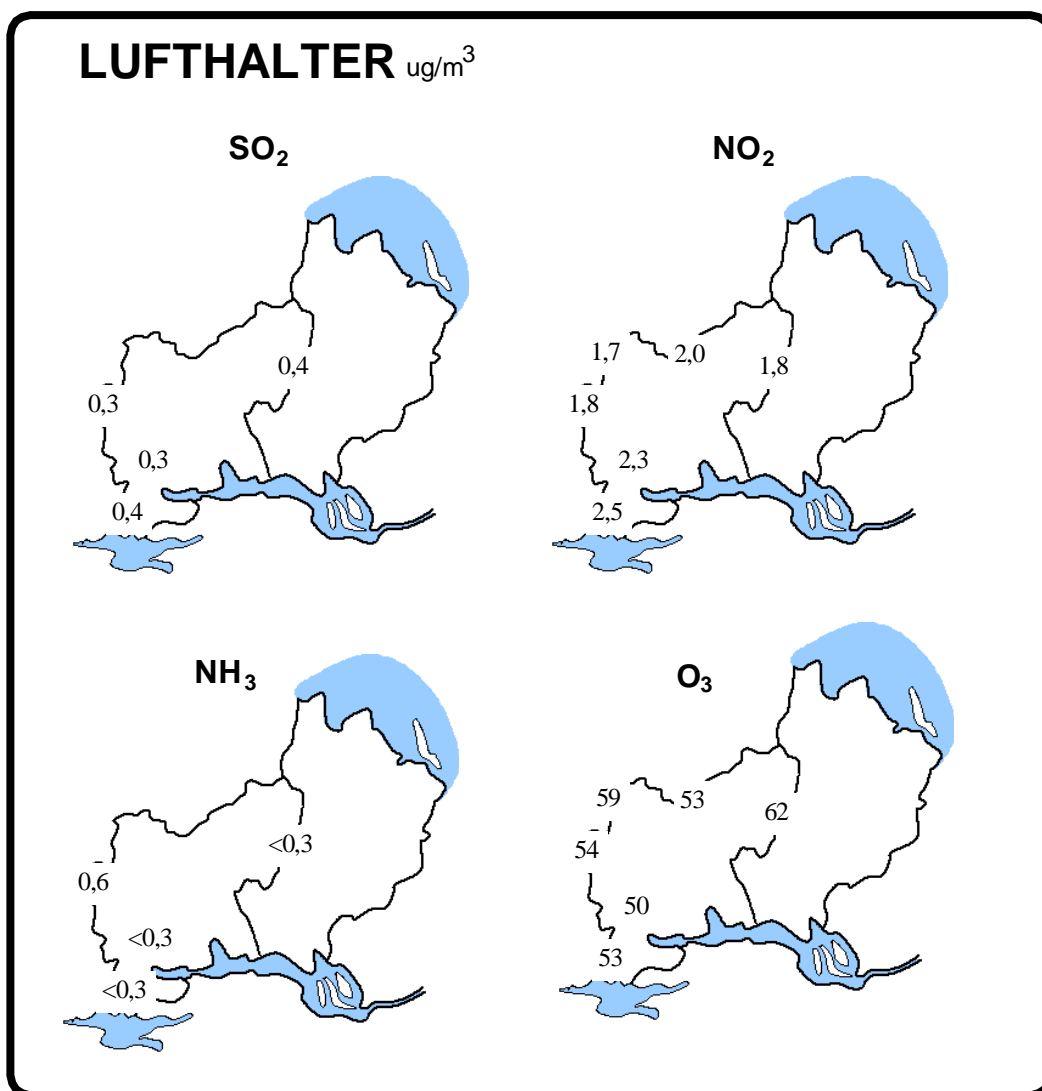


### MARKVATTEN

(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  $\text{SO}_2$ , och  $\text{NO}_2$  gäller perioden oktober 1999 till september 2000 och för  $\text{NH}_3$  och  $\text{O}_3$  april - september 2000.

### Tidsutveckling deposition

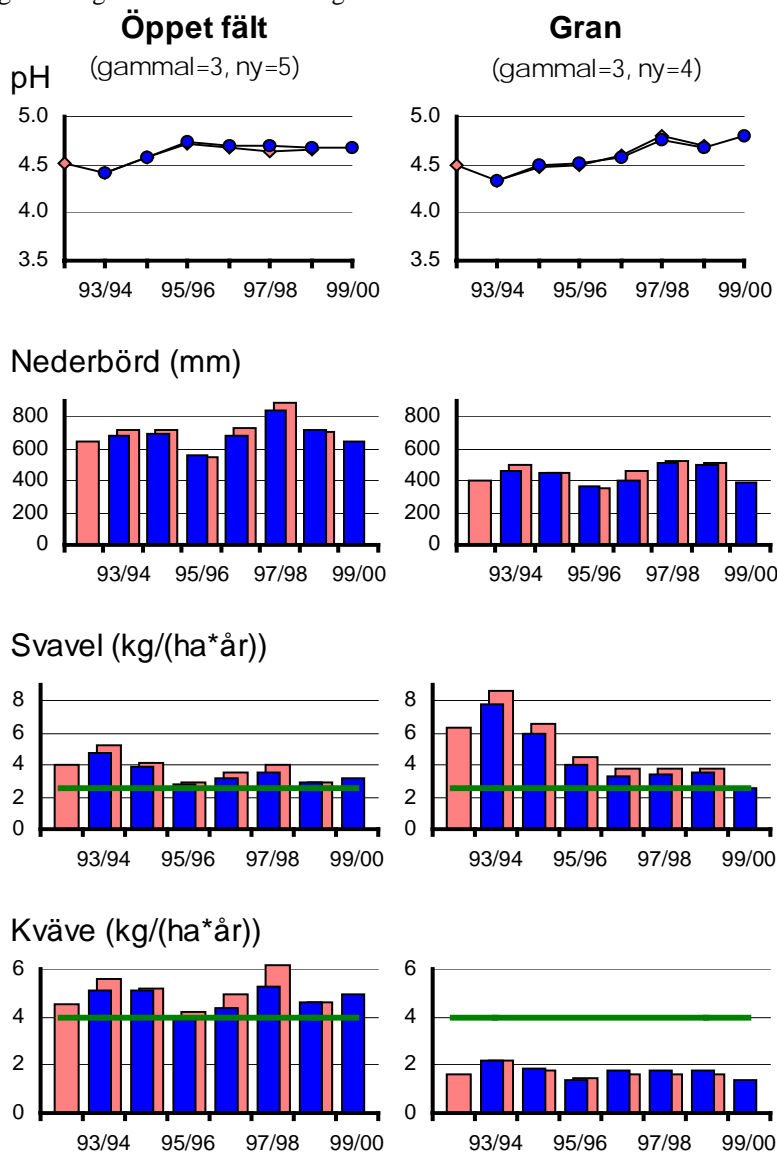
Figur 10 visar att genomsnittligt pH-värde varit 4,7 i nederbörd på öppet fält under de fem senaste åren. Under de tre första åren var nederbörden generellt surare. Krondropp från granskog visar liknande utveckling. Volymvägt pH-värde i nederbörd och krondropp visar god korrelation med nedfall av svavel. 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.

Nederbördsmängden på undersökta lokaler var relativt normal under det senaste hydrologiska året, 649 mm. Cirka 60 % passerade kronskiktet och mättes upp som krondropp. Att nederbörden var på samma nivå som tidigare år bidrar till likartad våtdeposition; 3,1 kg svavel och 4,9 kg kväve per hektar.

Torrdepositionen av svavel var mycket liten det senaste året, krondroppet visar för första gången lägre värden än deposition på

öppet fält. Skälet till det kan vara visst upptag av svavel och en viss mätosäkerhet. 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. Det totala nedfallet av kväve till skog kan uppskattas vara 10-30 % större än nedfallet på öppet fält. Nedfallet av kväve visar inte heller samma positiva utveckling som svavel.



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).

Under senaste året deponerades i genomsnitt 3 kg svavel och uppskattningsvis 5-6 kg kväve per hektar granskog i området. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av svavel och kväve att minska till år 2010. För svavel har den huvudsakliga minskningen redan skett och den genomsnittliga depositionen låg det senaste året nära vad som förväntas år 2010.

Den kraftiga minskningen av sva-velnedfallet i hela Sverige de senaste 15 åren är ett resultat av minskade utsläpp i hela Europa.

Åtgärdsarbetet har styrts av inter-nationella avtal som baserats på känsligheten i olika ekosystem i Europas länder (kritiska belast-ningsgränser som varierar mellan regionerna). Medvetna åtgärder för att minska svavelutsläpp, samt en ekonomisk utveckling som ledde till att energiintensiva in-dustrier och äldre kolkraftverk lades ner, medförde en snabb minskning av belastningen, främst efter 1989. Halterna i luft av sva-veldioxid speglar denna utveckling väl (se figur 13 i avsnittet om tidsutveckling lufthalter). Halter i

luft av gaser och partiklar orsakar torrdeposition. Den kraftiga minskningen kan även läsas av i depositionsmätningarna i skog som det senaste året visar en mycket liten torrdeposition.

Åtgärder för att minska utsläppen av kväve och kolväten som ger upphov till bland annat förhöjda halter av kväveoxider och marknära ozon har hittills inte varit så framgångsrika. Åtgärdsar-betet försvåras av att det omfattar många olika källor och sektorer i samhället som transporter, jord-bruk och energiproduktion.

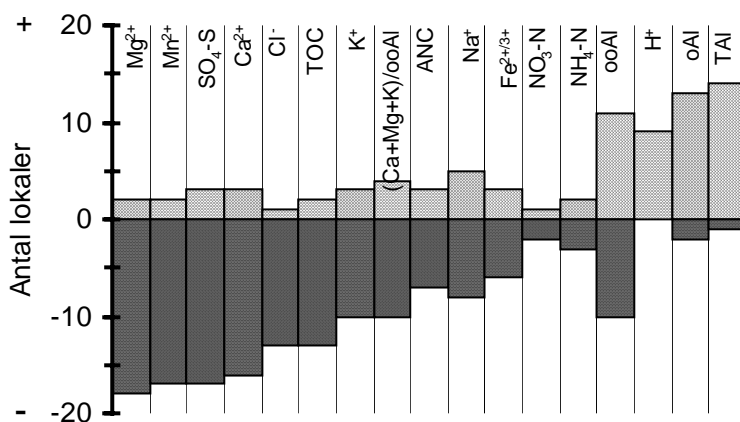
### Tidsutveckling markvatten

Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifi-kant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är korta. Lokaler med mindre än fem provtagningar (~2 år) ingår ej.

Figur 11 visar att markvattnets halter av baskatjonerna kalcium och magnesium, samt även man-gan och klorid, har minskat signi-fikant på en tredjedel av lokalerna. En stor andel lokaler visar även minskande halter av sulfatsvavel. Detta är en logisk följd av mins-

kad svaveldeposition. Förändring-ar av markvattnets surhetsgrad är inte lika tydliga, det finns exempel på både minskad och ökad försur-ning. Förhållandena i skogsytorna i Västmanlands och Uppsala län avviker inte från övriga Mellan-sverige. Ett sätt att uttrycka mark-vattnets syra-bas status är förmå-gan att buffra mot syror. Den sy-raneutraliserande förmågan kan uttryckas som ANC. I sura vatten är ANC negativ eftersom all väte-karbonat som bildar alkalinitet är förbrukad och halten organiska ämnen är inte tillräcklig för att upprätthålla en syrabuffrande förmåga. ANC har inte förändrats så mycket även om variationen mellan år kan vara betydande.

Orsaken till att markvattnets ANC utvecklas på olika sätt under rela-tivt korta perioder som tre till sex år är främst att varierande nedfall av neutralt havssalt tillfälligt på-verkar kemien i markvattnet. med måttligt surt markvatten (låg men positivt ANC) visade en uppgång av ANC under hela perioden sam-tidigt som halterna av klorid sjönk kraftigt. Naturliga episoder med havssaltsnedfall gör att framför allt natrium jonbyter med andra ämnen som sitter bundna till markpartik-larna. I skogsjordar som oftast är sura innebär det att vätejoner och aluminium under en viss tid tillförs markvattnet.



Figur 11. Trendberäkningar för markvatten på 52 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 NO<sub>2</sub> och O<sub>3</sub> mäts vid sex lokaler i Västmanlands och Uppsala län. SO<sub>2</sub> och NH<sub>3</sub> mäts vid fyra av dessa. SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-mätningarna startade 1993, ammoniak- och ozonmätningarna startade 1995 respektive 1996. Medelhalten av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> under det hydrologiska året 1999/00 var något lägre än året innan (se tabell 4).

SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-halterna i länet ligger mycket långt under de av Naturvårdsverket fastställda gränsvärdena (miljö kvalitetsnormerna) för skydd av hälsa och ekosystem (se ord att förklara och faktarutan om ozon nedan).

EMEP-stationerna i södra Sverige, visar en kraftigt nedåtgående trend av SO<sub>2</sub>. Figur 13 visar tidsserier från fyra stationer; Vavihill i centrala Skåne, Rörvik söder om Göteborg, Aspveten öster om Nyköping samt Esrange öster om Kiruna. De kraftiga vinterepisoder som återkom regelbundet fram till slutet av 1980-talet är nästan helt borta nu. Denna utveckling kan också skönjas när det gäller SO<sub>2</sub>-halterna i Västmanlands län. Figur 12 visar utvecklingen av SO<sub>2</sub> för

samtliga lokaler, oktober 1993 till september 2000, där det framgår att de toppar som fanns vintrarna 1993 och 1994 har planat ut under senare år. Denna typ av mätserier bör dock vara minst tio år för att kunna fastställa trender.

Vad gäller NO<sub>2</sub>-halterna visar EMEP-data en viss minskning sedan början av 1990-talet (figur 13), men haltvariationen i stort sett likartad nu som för 20 år sedan. De geografiska skillnaderna är dock stora. En viss minskning gäller även för Västmanlands län (se figur 12), även om mätserien ännu är för kort för säkert kunna uttala sig om trender.

Någon trend för NH<sub>3</sub> kan ännu ej utläsas på grund av för korta mätserier, vare sig för EMEP-data eller mätningarna från Uppsala och Västmanlands län. Halterna var i regel låga, ofta under detektionsgränsen. Högst halter uppmättes oftast vid Godkärra och anledningen till det är inte helt klar.

Säsongmedelhalten av O<sub>3</sub> för samtliga lokaler var lägre än året innan (se tabell 4) vilket är väderberoende. Halten var högst i Högskogen och lägst i Godkärra, vilket

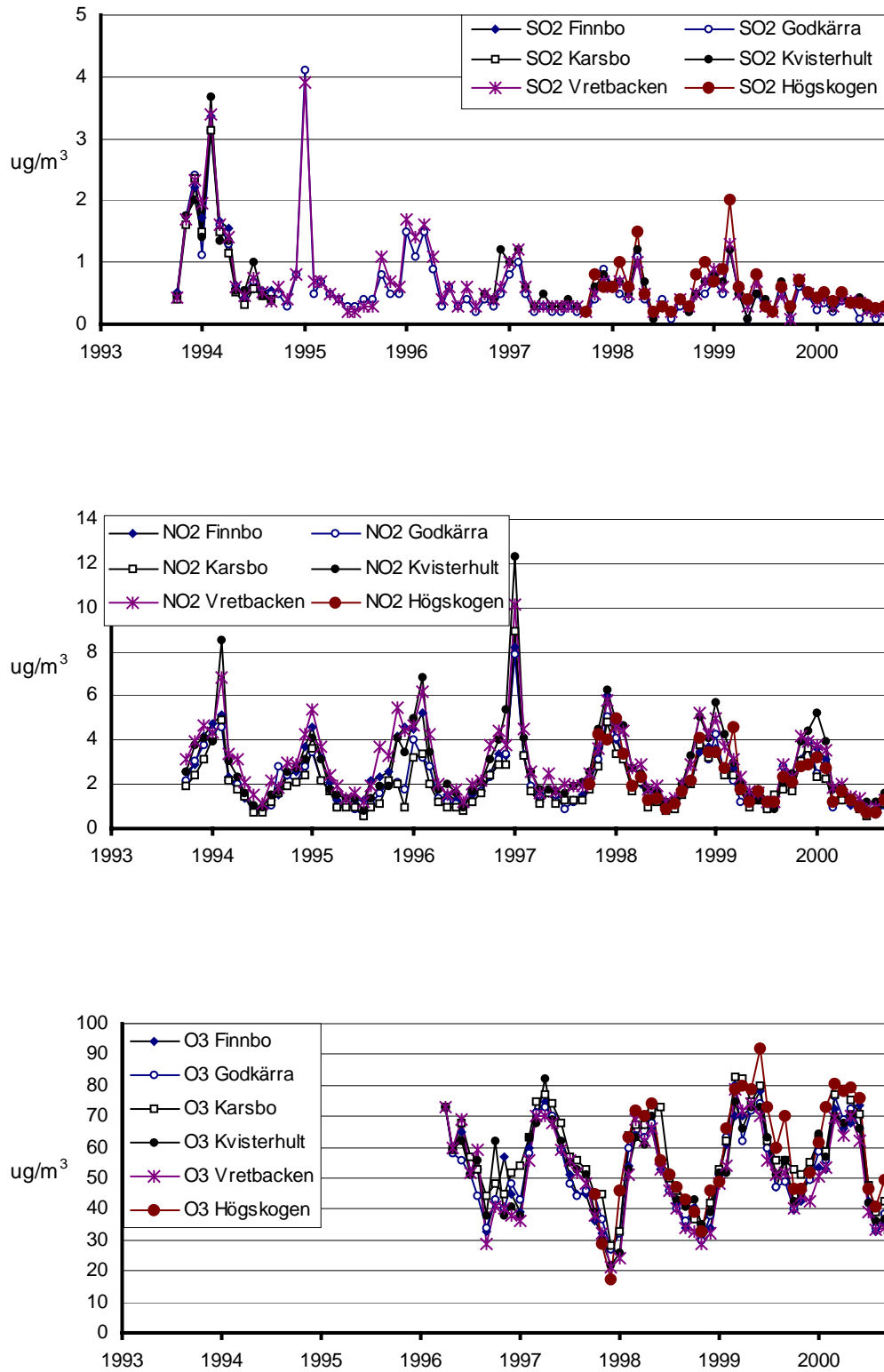
sannolikt beror på det geografiska läget som Högskogen har i den östra delen av den undersökta regionen, norr om regionala utsläppskällor i området Stockholm till Uppsala. Figur 12 visar utvecklingen av månadsmedelvärden för marknära ozon för samtliga lokaler i de båda länen, april 1996-september 2000. Skillnaderna mellan de olika lokalerna var betydligt mindre än halterna på en lokal olika år. Detta gäller även för mätningarna på EMEP stationer i hela Sverige där skillnaderna mellan lokalerna var begränsade (se figur 13).

Marknära ozon bildas i luftmassor som är förorenade med kväveoxider och kolväten under påverkan av solljus. Hög solinstrålning medför högre ozonhalter. Det är under vår och tidig sommar som de högsta halterna brukar framträda. Ozonhalterna är mycket starkt knutna till vädersituationen och trender är ej möjliga att utläsa om mätserierna är kortare än 20-30 år. För mer information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta nedan.

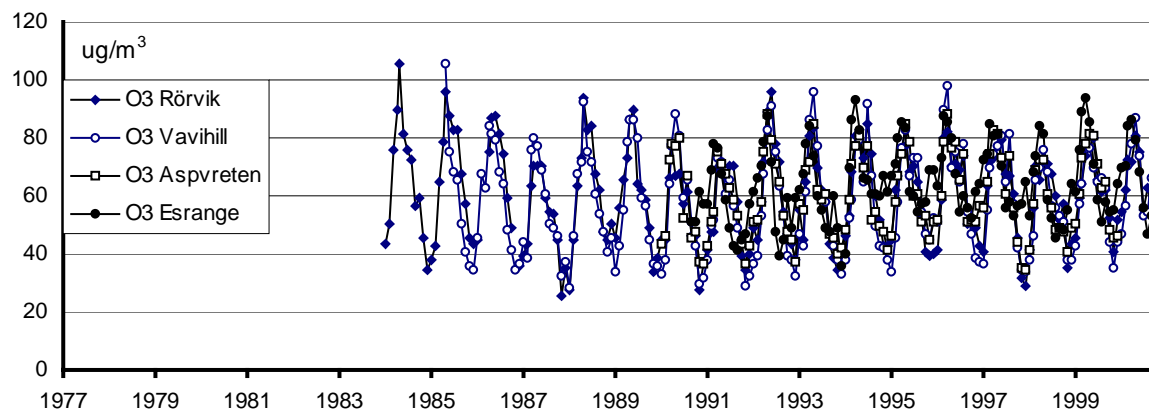
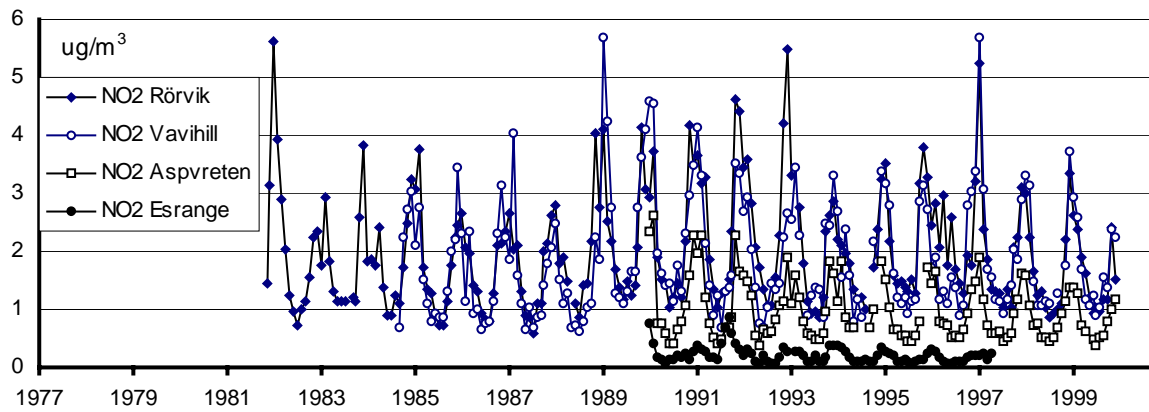
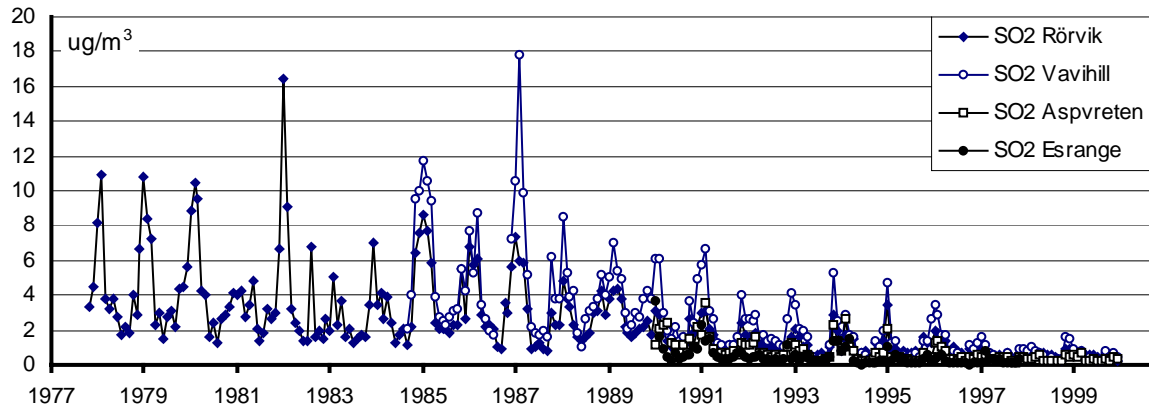
### Faktaruta: Ozonhalter

Naturvårdsverkets förslag till långsiktigt miljö kvalitetsmål innebär att medelvärdet under sommarhalvåret inte överskrider 50 µg/m<sup>3</sup>. I det internationella arbetet med kritiska gränsvärden används inte säsongmedelvärdet. 1992-93 visades att summerat överskridande av en tröskelhalt gav bättre överensstämmelse med observerade ozoneffekter, vilket motiverade det dosrelaterade AOT-begreppet. AOT (Accumulated exposure Over Threshold) beskriver summerat överskridande av en viss halt under en viss tidsperiod som gränsvärde för skador på vegetation och uttrycks i ppb-timmar (1ppb=1,96 µg/m<sup>3</sup>). Det exponeringsindex som används är AOT40 (tröskelvärdet 40 ppb). Orsaken är till stor del att ett lägre värde ligger nära de ozonhalter som uppträder i bakgrundsluft över norra halvklotet. Eftersom växterna tar upp ozon främst under dygnets ljusa timmar, summeras AOT40 endast för dessa.

För jordbruksgrödor, vilda örter och gräs är den kritiska ozonnivån 3000 ppb-timmar för maj-juli. För skogsträd är ozonnivån 10000 ppb-timmar för april-september. AOT40 avspeglar inte direkt växternas upptag av ozon utan räknas fram endast utifrån halten i luften. Utvecklingen mot ett upptagsbaserat exponeringsindex för ozon har påbörjats, men det finns ännu ingen allmänt vedertagen metod för detta. Diffusionsprovtagare ger ett månadsmedelvärdet som ännu inte kan översättas till AOT. Resultat från diffusionsprovtagarna kan dock användas för direkt jämförelse med NVs miljö kvalitetsmål. Forskning för att översätta resultat från diffusionsprovtagare till både existerande AOT40 begrepp samt till det mer upptagsbaserade exponeringsindexet pågår och beräknas vara avslutad inom de närmaste två åren.



Figur 12. Månadsmedelvärden av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> oktober 1993 till september 2000 samt O<sub>3</sub> april 1996 till september 2000.



Figur 13. Månadsmedelhalter av SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> och O<sub>3</sub> på fyra EMEP stationer i Sverige. Observera att stationernas mätningar startar olika år och att skalorna skiljer sig från figur 12.

**Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten**

Tabell 1. 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 <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Högskogen (C 01 A)	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
	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
	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
Finnbo (U 01 A)	92/93	576	0,17	3,6	3,5	2,5	2,1	1,9					
	93/94	680	0,17	5,5	5,3	2,6	2,9	2,4	1,5	0,3	1,4	0,8	0,04
	94/95	640	0,13	4,1	4,0	3,2	2,8	2,3	1,9	0,4	2,0	1,2	0,03
	95/96	539	0,08	3,5	3,4	2,3	2,4	2,5	1,7	0,4	1,7	1,1	0,06
	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
	97/98	916	0,19	4,4	4,3	2,9	3,4	3,1					
	98/99	622	0,13	2,6	2,5	2,2	2,2	1,7					
	99/00	662	0,13	4,8	4,6	5,0	3,5	3,1					
Godkärra (U 02 A)	92/93	718	0,21	4,3	4,1	3,1	2,4	2,5					
	93/94	771	0,28	4,8	4,6	2,7	2,8	2,3	1,0	0,2	1,5	1,1	0,03
	94/95	785	0,21	4,0	3,9	3,1	2,6	2,4	1,9	0,2	1,9	0,9	0,02
	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
	96/97	733	0,15	3,8	3,6	4,5	2,5	2,1	1,5	0,5	2,8	1,0	0,07
	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
	98/99	698	0,15	2,9	2,8	3,2	2,4	2,0					
	99/00	719	0,19	4,0	3,7	5,6	3,2	2,8					
Vretbacken (U 03 A)	92/93	648	0,22	4,5	4,4	3,0	2,5	2,4					
	93/94	695	0,38	6,1	5,9	4,3	3,7	2,8	1,4	0,4	2,5	1,0	0,04
	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
	95/96	573	0,12	2,9	2,8	1,8	2,1	2,0	1,4	0,3	1,3	0,8	0,06
	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
	97/98	882	0,23	4,1	4,0	3,3	3,4	2,9					
	98/99	786	0,19	3,5	3,3	4,0	3,1	2,5					
	99/00	593	0,11	2,5	2,3	3,2	2,1	1,9					
Kvisterhult (U 04 A)	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	Karsbo (U 05 A)	93/94	636	0,24	3,8	3,7	1,9	2,3	1,7	0,9	0,2	0,9	0,9
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
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
96/97		627	0,11	2,6	2,5	2,9	1,7	1,6	1,1	0,4	1,5	1,4	0,10
97/98		749	0,12	2,5	2,4	2,9	1,8	1,4					
98/99		752	0,14	2,8	2,6	2,8	2,2	1,8					
99/00		638	0,12	2,6	2,4	2,9	2,0	1,7					

Tabell 2. 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 <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Högskogen (C 01 A)	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
	98/99	443	0,09	3,0	2,7	4,5	1,2	0,9	2,5	1,0	2,1	7,3	0,78
	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
Finnbo (U 01 A)	92/93	321	0,07	4,7	4,4	6,3	0,8	1,2					
	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
	94/95	402	0,13	5,7	5,4	7,0	1,1	1,1	4,7	1,6	2,8	10,6	1,06
	95/96	389	0,09	4,3	4,0	5,5	1,2	0,8	3,5	1,3	2,4	10,4	0,70
	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
	97/98	493	0,06	3,6	3,3	5,5	0,8	0,8					
	98/99	463	0,07	3,5	3,2	5,9	1,1	0,8					
Godkärna (U 02 A)	92/93	477	0,19	8,4	7,9	11,1	0,6	0,6					
	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
	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
	95/96	346	0,15	5,8	5,4	7,8	0,7	0,5	3,8	1,4	2,9	14,1	1,48
	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
	97/98	548	0,11	4,7	4,4	7,9	0,6	1,3	3,3	1,2	2,8	18,1	1,51
	98/99	588	0,15	5,2	4,8	8,8	0,8	0,8					
	99/00	453	0,09	4,3	3,7	12,1	0,6	0,5					
Vretbacken (U 03 A)	92/93	405	0,13	7,0	6,6	9,1	0,6	1,1					
	93/94	441	0,20	9,0	8,6	8,1	1,2	0,9	4,9	1,7	2,5	15,4	1,63
	94/95	438	0,13	6,8	6,3	9,6	0,7	0,8	4,5	1,6	3,1	15,9	1,62
	95/96	332	0,09	4,4	4,1	5,7	0,6	0,6	3,1	1,1	2,0	12,8	1,00
	96/97	415	0,10	3,8	3,4	7,5	0,6	0,7	3,3	1,3	2,8	11,9	1,22
	97/98	515	0,08	3,9	3,6	7,5	0,7	0,6					
	98/99	476	0,09	3,7	3,4	7,5	0,7	0,5					
	99/00	410	0,05	3,1	2,7	8,9	0,6	0,5					
Kvisterhult (U 04 A)	93/94	390	0,18	7,3	7,0	6,5	1,7	0,9	3,8	1,3	2,4	11,0	1,30
	94/95	390	0,12	5,3	5,0	6,7	1,3	0,9	3,5	1,1	2,6	10,8	1,19
	95/96	386	0,10	3,7	3,4	5,2	0,9	0,4	2,6	0,9	2,0	10,1	0,84
	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
	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
	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
	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
Karsbo (U 05 A)	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
	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
	95/96	418	0,10	3,3	3,2	3,4	1,0	0,9	1,9	0,7	1,4	7,9	0,45
	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
	97/98	522	0,09	2,6	2,5	3,0	0,9	0,6					
	98/99	486	0,09	2,7	2,5	3,4	0,9	0,7					
	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					

Tabell 3. Beräknad totaldeposition av väte- och baskatjoner i Uppsala och Västmanlands län, kg/hektar och år.

Lokal	År	H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Högskogen (C 01 A)	97/98	0,25	2,4	0,6	2,6	1,6	0,14
	98/99	0,23	2,1	0,5	3,0	1,9	0,08
	99/00	0,20	2,8	0,7	4,7	1,4	0,25
Finnbo (U 01 A)	96/97	0,17	1,9	0,8	4,4	1,4	0,10
	97/98	0,22	2,7	0,6	2,8	2,1	0,16
	98/99	0,19	1,5	0,5	2,7	1,2	0,09
	99/00						
Godkärra (U 02 A)	96/97	0,21	1,9	0,7	3,9	1,4	0,10
	97/98	0,28	1,8	0,5	3,1	1,9	0,14
	98/99	0,27	1,8	0,7	4,3	1,5	0,12
	99/00	0,23	1,7	0,9	6,2	1,5	0,22
Vretbacken (U 03 A)	96/97	0,20	1,6	0,7	3,5	1,0	0,08
	97/98	0,26	1,8	0,7	4,1	1,4	0,14
	98/99	0,24	1,5	0,6	3,6	1,3	0,11
	99/00	0,15	1,4	0,7	4,4	1,2	0,21
Kvisterhult (U 04 A)	96/97	0,18	1,4	0,6	3,2	1,0	0,08
	97/98	0,17	3,3	0,5	2,6	2,3	0,11
	98/99	0,18	2,3	0,5	2,9	1,5	0,08
	99/00	0,13	1,8	0,5	3,5	1,5	0,17
Karsbo (U 05 A)	96/97	0,14	1,1	0,4	1,7	1,4	0,10
	97/98	0,15	1,6	0,4	2,2	1,2	0,13
	98/99	0,17	1,4	0,3	2,1	1,1	0,10
	99/00	0,14	1,3	0,4	2,3	1,1	0,21

Tabell 4 Lufthalter i Uppsala och Västmanlands län, diffusionsprovtagning.

År,mån	Svaveldioxid, SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärra	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
<b>Mv 9310-9409</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	
<b>Mv 9410-9509</b>		<b>0,8</b>	<b>0,8</b>			
<b>Mv 9510-9609</b>		<b>0,7</b>	<b>0,9</b>			
<b>Mv 9610-9709</b>		<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>		
<b>Mv 9710-9809</b>		<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>		<b>0,6</b>
<b>Mv 9810-9909</b>		<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>		<b>0,7</b>
9910		<0,2 <sup>1)</sup>	<0,2	0,2		0,3
9911		0,6	0,7	0,7		0,7
9912		0,5	0,5	0,5		0,5 <sup>1)</sup>
0001		0,2	0,4	0,4		0,4
0002		0,3	0,4	0,4		0,5
0003		0,2	0,3	0,3		0,4
0004		0,4	0,4	0,4		0,5
0005		0,4	0,4	0,4		0,4
0006		<0,2 <sup>1)</sup>	0,3	0,4		0,3
0007		0,2	0,2	0,2		0,3
0008		<0,2	0,2	0,3		0,3
0009		0,2	0,2	0,3		0,3
<b>Mv 9910-0009</b>		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>		<b>0,4</b>

1) uppskattat värde

År,mån	Kvävedioxid, NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärra	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
<b>Mv 9310-9409</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>3,2</b>	<b>2,9</b>	<b>2,2</b>	
<b>Mv 9410-9509</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>	
<b>Mv 9510-9609</b>	<b>2,7</b>	<b>2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>	<b>1,7</b>	
<b>Mv 9610-9709</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	<b>2,5</b>	
<b>Mv 9710-9809</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,4</b>
<b>Mv 9810-9909</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>2,9</b>	<b>2,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,5</b>
9910	2,0	1,9 <sup>1)</sup>	2,4	2,5	1,7	2,1
9911	3,1	2,9	4,2	4,0	3,1	2,8
9912	3,9	3,9	4,0	4,4	3,7	2,9 <sup>1)</sup>
0001	3,6	2,5	3,7	5,2	2,3	3,2
0002	3,2	2,9	3,5	3,9	2,3	2,7
0003	1,2	1,0	1,8	1,8	1,2	1,2
0004	1,5	1,3	2,0	1,9	1,3	1,7
0005	1,1	1,3	1,5	1,4	1,3	1,3
0006	1,0	1,0 <sup>1)</sup>	1,4	1,2	0,9	0,9
0007	0,8	0,8	0,9	1,2	0,6	0,7
0008	0,9	0,7	1,0	1,2	0,8	0,8
0009	1,2	1,0	1,3	1,6	1,1	1,3
<b>Mv 9910-0009</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>

1) uppskattat värde

Tabell 4. Lufthalter forts.

År,mån	Ammoniak, NH <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärna	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
<b>Mv 9504-09</b>	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
<b>Mv 9604-09</b>	<0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	
<b>Mv 9704-09</b>	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	
<b>Mv 9804-09</b>	<0,3	0,6	<0,3	<0,3	0,3	<0,3
<b>Mv 9904-09</b>	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	0,4
9910						<0,3
9911						<0,3
9912	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
0001						<0,3
0002		0,5 <sup>1)</sup>	<0,3	<0,3		<0,3
0003						<0,3
0004		0,8	<0,3	0,3		0,4
0005		0,5	<0,3	0,4		<0,3
0006		0,4 <sup>1)</sup>	<0,3	0,5		<0,3
0007		<0,3	<0,3	<0,3		<0,3
0008		1,0	<0,3	<0,3		<0,3
0009		0,6	0,5	<0,3		<0,3
<b>Mv 0004-0009</b>		<b>0,6</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,3</b>		<b>&lt;0,3</b>

1) uppskattat värde

År,mån	Ozon, O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>					
	U 01 A Finnbo	U 02 A Godkärna	U 03 A Vretbacken	U 04 A Kvisterhult	U 05 A Karsbo	C 01 A Högskogen
<b>Mv 9604-09</b>	<b>56</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	
<b>Mv 9704-09</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	
<b>Mv 9804-09</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>59</b>	<b>57</b>
<b>Mv 9904-09</b>	<b>64</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>68</b>	<b>76</b>
9910	40	40 <sup>1)</sup>	40	43	53	46
9911	42	47	44	45	51	47
9912	52	50	43	51	55	52 <sup>1)</sup>
0001	54	59	51	64	63	62
0002	53	56	54	57	58	73
0003	72	76	69	70	77	80
0004	66	69	64	68	79	78
0005	68	72	70	70	76	79
0006	74	66 <sup>1)</sup>	62	66	71	76
0007	43	42	39	42	47	46
0008	33	34	33	36	39	41
0009	35	39	34	37	43	49
<b>Mv 0004-0009</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>62</b>

1) uppskattat värde



Tabell 5. Markvattendata från Västmanlands län.

Lokal	Datum	pH	mekv/l →		mg/l →										mol/mol			
			Alk	ANC	SO <sub>4</sub> -S	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Finbo (U 01 A)	1999-10-27	4,8	-	0,068	6,14	15,62	<0,002	<0,010	9,24	2,13	5,40	0,81	<0,020	0,120	0,520	0,826	14,0	18
	2000-04-27	5,5	0,044	0,127	6,41	5,60	<0,002	<0,010	6,92	1,80	4,06	0,58	0,091	0,161	0,306	0,806	12,0	23
	2000-08-02	5,5	0,118	0,289	5,30	5,58	<0,002	<0,010	8,07	1,76	4,84	0,77	<0,020	0,943	0,126	0,897	18,0	63
	<b>median</b>	<b>5,3</b>	-	<b>0,101</b>	<b>8,03</b>	<b>5,59</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,015</b>	<b>7,85</b>	<b>2,15</b>	<b>5,51</b>	<b>0,58</b>	<b>0,026</b>	<b>0,165</b>	<b>0,474</b>	<b>0,883</b>	<b>18,0</b>	<b>18</b>
	<i>n</i> =	24	-	22	24	24	24	24	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Godkärra (U 02 A)	1999-10-28	4,7	-	-0,056	2,51	1,70	0,290	0,014	0,49	0,48	2,00	0,71	<0,020	0,005	0,971	1,125	4,5	1,4
	2000-05-04	4,7	-	-0,045	1,78	2,12	0,558	<0,010	0,46	0,47	1,87	0,87	0,090	0,003	0,983	1,101	4,3	1,5
	2000-08-02	4,8	-	-0,043	2,75	1,32	0,016	<0,010	0,54	0,47	1,73	1,03	0,158	0,050	0,920	1,060	4,8	1,7
	<b>median</b>	<b>4,8</b>	-	<b>-0,064</b>	<b>2,73</b>	<b>2,07</b>	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>0,55</b>	<b>0,54</b>	<b>2,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,059</b>	<b>0,005</b>	<b>0,859</b>	<b>1,034</b>	<b>5,2</b>	<b>1,5</b>
	<i>n</i> =	24	-	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Vretbacken (U 03 A)	1999-12-03	7,1	-	0,374	3,08	3,36	<0,002	<0,010	3,58	1,90	7,17	0,54	0,041	0,098	-	0,064	-	-
	2000-04-28	6,1	0,112	0,223	4,12	2,95	<0,002	0,309	3,39	2,35	4,45	0,27	<0,020	0,056	0,042	0,171	17,0	121
	2000-05-29	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-06-26	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-07-31	6,6	0,210	0,358	3,60	4,05	<0,002	0,048	4,37	2,77	5,71	0,11	<0,020	0,030	0,025	0,242	16,0	244
	<b>median</b>	<b>5,9</b>	-	<b>0,146</b>	<b>5,18</b>	<b>3,87</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,029</b>	<b>3,77</b>	<b>2,54</b>	<b>5,03</b>	<b>0,25</b>	<b>0,038</b>	<b>0,044</b>	<b>0,202</b>	<b>0,242</b>	<b>24,0</b>	<b>29</b>
	<i>n</i> =	18	-	15	16	16	16	16	16	15	16	16	15	15	9	15	13	8
Kvisterhult (U 04 A)	1999-10-25	4,3	-	-0,656	24,00	5,25	<0,002	<0,010	1,48	1,84	17,43	0,25	<0,020	0,044	6,055	6,840	14,0	0,5
	2000-04-28	4,5	-	-0,250	7,41	5,49	<0,002	<0,010	1,14	0,90	5,30	0,24	0,093	0,026	2,626	3,125	9,8	0,7
	2000-08-02	4,5	-	-0,246	8,49	6,41	<0,002	<0,010	1,30	0,84	7,41	0,32	<0,020	0,096	3,330	3,785	14,0	0,6
	<b>median</b>	<b>4,5</b>	-	<b>-0,241</b>	<b>8,49</b>	<b>5,55</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>1,47</b>	<b>1,07</b>	<b>7,29</b>	<b>0,38</b>	<b>0,068</b>	<b>0,027</b>	<b>2,478</b>	<b>3,010</b>	<b>12,0</b>	<b>1,1</b>
	<i>n</i> =	21	-	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	19	21	19	19
Karsbo (U 05 A)	1999-10-27	5,2	-	0,015	1,35	0,81	<0,002	<0,010	0,83	0,24	1,32	0,16	<0,020	0,002	0,343	0,396	2,0	2,7
	2000-04-27	5,2	-	0,021	1,21	0,82	<0,002	<0,010	0,71	0,26	1,31	0,23	<0,020	0,002	0,396	0,446	2,5	2,3
	2000-08-02	5,2	-	-0,010	1,83	0,97	<0,002	<0,010	0,75	0,26	1,50	0,33	<0,020	0,002	0,523	0,542	2,8	1,9
	<b>median</b>	<b>5,3</b>	-	<b>0,011</b>	<b>1,49</b>	<b>0,90</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>0,76</b>	<b>0,23</b>	<b>1,49</b>	<b>0,21</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>0,254</b>	<b>0,294</b>	<b>3,6</b>	<b>3,4</b>
	<i>n</i> =	21	-	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

BC = Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

Tabell 5. Markvattendata forts. från Uppsala län.

Lokal	Datum	pH	Alk		ANC	mg/l →						mol/mol							
			mekv/l →	-		SO <sub>4</sub> -S	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Högskogen (C 01 A)	1999-10-27	5,4	-	0,069	2,10	5,30	<0,002	<0,010	3,17	0,97	2,42	0,27	<0,020	0,093	0,081	0,406	7,6	42	
	2000-05-03	5,7	0,084	0,175	2,59	2,41	<0,002	0,013	3,50	1,20	2,95	0,11	<0,020	0,086	0,131	0,504	7,3	29	
	2000-07-31	5,5	0,052	0,169	2,20	2,28	<0,002	<0,010	3,05	1,00	3,08	0,09	<0,020	0,161	0,114	0,911	18,0	28	
	<b>median</b>	<b>5,5</b>	<b>0,052</b>	<b>0,136</b>	<b>2,20</b>	<b>2,28</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>2,97</b>	<b>0,97</b>	<b>2,78</b>	<b>0,12</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,130</b>	<b>0,113</b>	<b>0,614</b>	<b>14,0</b>	<b>28</b>	
	<i>n</i> =	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

BC = Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

## 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 arbete för ett bärkraftigt samhälle.

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

### Forsknings- 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](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



#### **IVL Svenska Miljöinstitutet AB**

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

#### **IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd**

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 20 75  
Fax: +46 472 26 20 04