



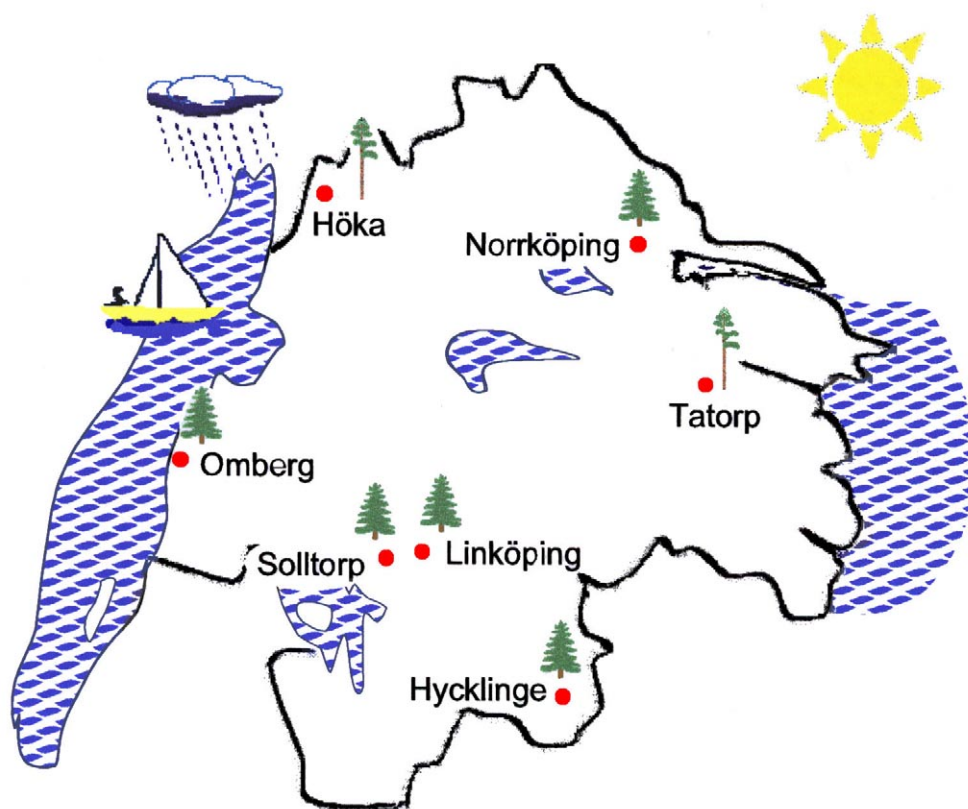
# rappport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Skogsvårdsstyrelsen i Östra Götaland och Östergötlands  
Luftvårdsförbund

## Övervakning av luftföroreningar i Östergötlands län

Resultat till och med september 2000



Eva Hallgren Larsson, redaktör

B 1411

Aneboda, april 2001

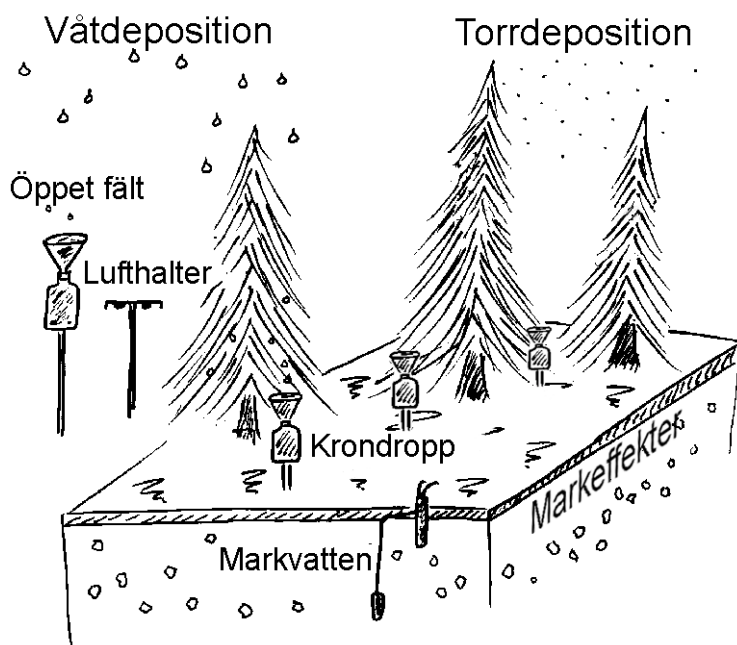
## För Skogsvårdsstyrelsen i Östra Götaland och Östergötlands Luftvårdsförbund

**Övervakning av luftföroreningar i Östergötlands län****Resultat till och med september 2000**

På uppdrag av Skogsvårdsstyrelsen i Östra Götaland och Östergötlands Luftvårdsförbund har IVL mätt nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på sju platser i länet. I februari 1998 startades mätning av lufthalter på två av dessa. Syftet är att beskriva nedfallets storlek, markvattnets sammansättning i skogsytor och luftens innehåll av föroreningar i olika delar av länet, samt hur förhållandena ändras med tiden. Resultaten kan jämföras med förväntad utveckling i takt med att beslutade utsläppsminskningar genomförs. Ytorna har samlokaliseras med Skogsvårdsorganisationens observationsytor, vilket gör att resultaten kan jämföras med uppgifter om skogens hälsa.

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost. Längre norrut i landet finns en gradient med större deposition i Stockholmsområdet och längs Norrlandskusten än inåt landet. Belastningen i Östergötlands län är något lägre än generella nivåer i angränsande Jönköpings och Örebro län och högre än i Kalmar och Södermanlands län. Sedan mätningarna startade har skillnaden mellan de olika regionerna och nedfallet av svavel minskat betydligt samtidigt som nederbörden blivit mindre sur. Till stor del förklaras det av minskade utsläpp av svavel i Europa. När det gäller kväve är det svårt att se trender. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av i första hand kväve, men även svavel, att minska till år 2010.

Mest utmärkande för oktober 1999 till september 2000 är liten torrdeposition av svavel, vilket gäller hela södra och mellersta Sverige. Nederbörden var mindre sur än vanligt (pH-värde 4,8) och mängden nederbörd normal jämfört med tidigare mätningar, 700 mm. Nedfallet av försurande ämnen var fortfarande större än acceptabla nivåer, speciellt för kväve. Till granytorna i länet deponerades 3 kg svavel per hektar, vilket är den lägsta noteringen sedan mätningarna startade 1991. Nedfallet av kväve var på samma nivå som tidigare; 5-6 kg per hektar öppen mark och uppskattningsvis 7-8 kg per hektar till länets skogar. Markvatten från Tatorp, Solltorp och Höka var mer försurningspåverkat än från övriga lokaler, pH-värdet oftast 5 eller lägre. Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid och ammoniak var låga. Liksom tidigare år innebär uppmätta halter av marknära ozon risk för skador på vegetationen. Halterna var dock lägre än året innan, vilket förklaras av den regniga sommaren 2000.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

**Uppdragsgivare:**

SVS och Östergötlands LVF

**Utförande organ:**IVL Svenska Miljöinstitutet AB  
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT**Författare:** Eva Hallgren Larsson, red.**Nyckelord:** Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter, Östergötlands län**IVL rapport B 1411****Beställs från:**SVS i Östra Götaland  
Kristian Svedberg  
Box 228  
593 24 VÄSTERVIK

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 Östergötlands län.....	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Förklaring till stationsfigurer.....	4
Stationsvis redovisning.....	5
Tidsutveckling deposition.....	16
Tidsutveckling markvatten.....	17
Tidsutveckling lufthalter.....	18
Faktaruta: Ozonhalter.....	18
Data i tabellform – deposition, lufthalter, markvatten.....	21

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 Ane-boda 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. Mer 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 nu i EUs manualer för miljöövervakning.

Denna redovisning är den sista med ett program som i stora drag tillämpats från det undersökningarna inleddes i mitten av 1980-talet. Under 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.

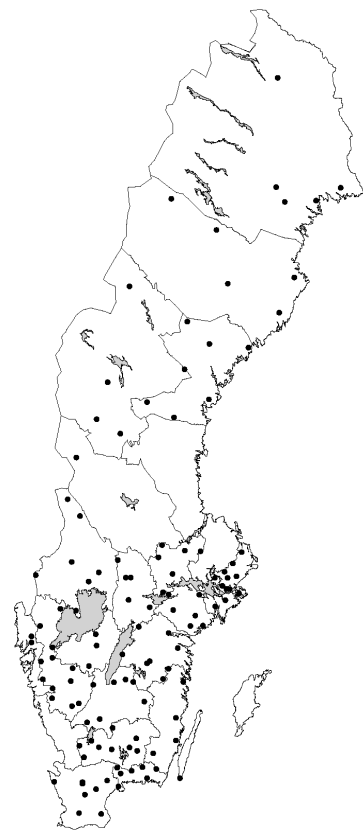
Projektet ledde fram till ett nytt program för framtida regional övervakning av luftföroreningar som har påbörjats under hösten 2000. Det nya programmet har ökat samordningen med nationell övervakning av luft genom att utnyttja modellberäkningar av nedfall som komplement till mätningar. Formerna för 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 **Östergötlands län** är resultat av ett lagarbete, där provtagning utförts av Tore Lindén, Mats Holm och Björn Johansson, samtliga Skogsvårdsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. Gunnel Hedberg, Karol Koos, Marie Jonsson, Inger Torbrink, Sari Svensson, Anna Danielsson, Christer Larsson, Kerstin Hommerberg och Brita Dusan står för analysarbetet. Validering av data har huvudsakligen utförts av Gunnel Hedberg. Johan Knulst, Gunnar Malm och Cecilia Akselsson har arbetat med databearbetning och figurframställning. Eva Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med Olle Westling och Gunilla Pihl Karlsson (lufthalter) svarat för utvärdering och rapportering.



Figur 2. Krondroppsnätet 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 miljö kvalitetsmål innebär  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  marknära ozon under sommarhalvåret, se faktaruta under "Tidsutveckling lufthalter". Svenska miljö kvalitetsnormer 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 miljö kvalitetsmål.

**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

Se figur 3-9 om deposition och markvatten, figur 10 om lufthalter samt tabell 1-5.

**Norrköping** (E 02): Äldre granskog, med inslag av tall, på stenig moränmark och låg bonitet (ståndortsindex G24). Lokalen, som också kallas **Kvillinge**, har ett något exponerat läge i en sluttning nordväst Norrköping, vilket bidrar till att det är den lokal i Östergötland som varit mest utsatt för nedfall av försurande ämnen. Lokalen har, tillsammans med Skullebo/Linköping och Omberg, varit med sedan mätningarna i Östergötlands län startade 1991.

Mätningarna i Norrköping illustrerar på ett mycket tydligt sätt vad som gäller för hela södra Sverige; att nedfallet av svavel har minskat markant under 1990-talet. Främst gäller det torrdeposition av svavel, det vill säga deposition av gaser och partiklar som innehåller svavel. Sedan mätningarna startade i Norrköping har det totala nedfallet av svavel halverats. Till marken i skogen deponerades i genomsnitt 10,1 kg/ha under de tre första åren jämfört med 5,0 kg/ha under de tre senaste åren. Dessutom visar resultaten från 1999/00 mindre svavelbelastning än något år tidigare sedan mätningarna startade; 3,6 kg/ha till marken i skogen. I genomsnitt har torrdepositionen av svavel i Norrköping minskat från 4 kg/ha som medelvärde de första fyra åren till 1 kg/ha under de fyra senaste åren (mätt som skillnad mellan nedfall via krondropp och nedfall på öppet fält). När det gäller kväve är det svårare att se trender, även om senaste årets data visar mindre våtdeposition än tidigare; 4 kg/ha, räknat som summan av ammoniumkväve och nitratkväve. Norrköping är den enda lokal i Östergötland där krondroppsmätningarna visar större nedfall av kväve; 4,4 kg/ha. Den troliga orsaken är att torrdepositionen av kväve är större i Norrköping än på flertalet övriga lokaler i länet. Nedfallet av klorid

var på samma nivå som tidigare år; 14 kg/ha.

Trots förhållandevis stor belastning av försurande ämnen visar markvattnet ingen ökad försurningsgrad jämfört med övriga lokaler i området. Troligtvis beror det på inslag av ytligt grundvatten. Grundvatten har ofta betydligt högre pH-värden, lägre halter av aluminium och högre halter av baskatjoner än vad markvatten har. I allmänhet har pH-värdet varit 5,5 och halterna av oorganiskt aluminium låga; 0,14 mg/l. Flera ämnen visar signifikant minskande halter sedan mätningarna startade. Det gäller kalcium, magnesium, mangan, totalt och oorganiskt aluminium samt totalt organiskt kol. Före 1997 visade flertalet provtagningar manganhalter runt 0,04 mg/l medan samtliga värden från och med 1997 varit under detektionsgränsen (0,02 mg/l).

**Linköping** (E 03): Gammal, grov, ganska gles granskog med hög bonitet (ståndortsindex G30) på sandig-moig morän. Lokalen, som också kallas **Skullebo**, har fältskikt av gräs och ganska skyddat läge. Nedfallet av försurande ämnen brukar därför vara lägre än på föregående lokal.

På samma sätt som i Norrköping visar mätningarna i Linköping halverat svavelnedfall sedan mätningarna startade och resultaten från senaste året var lägre än något år tidigare. Till marken i skogen deponerades endast 1,7 kg/ha jämfört med 2,8 kg/ha på öppet fält. Att mätningarna visar mindre svavelnedfall via krondropp än på öppet fält indikerar att torrdepositionen av svavel varit liten. Samtidigt kan resultaten påverkas av ett visst upptag av svavel i trädkronorna samt viss mätosäkerhet. Som genomsnitt för alla nio års mätningar i Linköping gäller 3,6 kg/ha på öppet fält och 5,4 kg/ha via krondropp. Under de första fyra åren visade krondroppsvärden i genomsnitt 3,0 kg större nedfall av svavel än mätningarna på öppet fält. Motsvarande för de fyra senaste åren är betydligt mindre; 0,1 kg/ha.

Nedfallet av kväve har visat ungefär samma nivå hela tiden; cirka 5 kg/ha på öppet fält och 3-4 kg/ha via krondropp. Senaste årets data visar 5,3 kg/ha på öppet fält och 2,3 kg/ha via krondropp. Att mätningarna visar mindre nedfall av kväve via krondropp än på öppet fält är normalt i områden med låg till måttlig belastning av kväve. Det beror på upptag eller omvandling av kväve i trädkronorna. Torrdepositionen av kväve gör att den totala kvävebelastningen till skogen i Skullebo kan antas vara cirka 30 % större än nedfallet på öppet fält. Nedfallet av havssalter var på samma nivå som tidigare år; drygt 15 kg klorid per hektar.

Även i Skullebo kan rörligt markvatten/ytligt grundvatten förekomma och förbättra markvattnets status. Markvattnets pH-värde har oftast varit 5,5 och aluminiumhalterna låga, under 0,5 mg/l. Senaste årets resultat visar något lägre pH-värden än vanligt, 5,3, och högre totalhalter av aluminium 0,6-0,7 mg/l. Frånsett Omberg är det i Skullebo de högsta halterna av kalcium brukar förekomma och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium är därför generellt högre än på övriga lokaler i länet, medianvärde 31. Sedan mätningarna startade 1991 har halterna av flertalet ämnen minskat signifikant. Det gäller sulfatsvavel, klorid, kalcium, magnesium, natrium, kalium, oorganiskt aluminium och totalt organiskt kol (se även avsnittet om tidsutveckling markvatten).

**Tatorp** (E 04): Nationell observationsyta med drygt 60-årig, ganska tät tallskog med ståndortsindex T24. Fältskiktet är av ristyp och ytan har ett skyddat läge. Mätning av deposition och markvatten startade i oktober 1996 och resultat från fyra hydrologiska år finns.

Genomsnittlig våtdeposition under dessa år är 3,6 kg svavel och 5,5 kg kväve per hektar. Krondropp har generellt visat lägre värden både för svavel och kväve; 3 kg svavel och 4,4 kg kväve per hektar och år. Resultaten från senaste året visar liknande belastning. Att

svavel visar mindre nedfall via kronddropp än på öppet fält är vanligare i tallskog än i granskog. Sannolikt beror det på mindre filtrerande yta i tallskog, i kombination med större andel stamavrinning. Denna bidrar till den totala depositionen utan att fångas upp i kronddropsinsamlarna. Delvis på grund av kostnadsskäl ingår inte stamavrinning i dessa undersökningar. Dessutom kan det under vissa väderförhållanden förekomma torrdeposition i de ständigt öppna insamlarna på öppet fält. Faktorer som ligger inom felmarginalen, exempelvis hur effektivt torrdeponerade partiklar tvättas av från barr och grenar, kan också påverka resultaten. I takt med att torrdeposition av svavel har minskat i Götaland har det blivit vanligare att kronddropp visar mindre svavelnedfall än mätningarna på öppet fält.

Markvattnet har generellt visat ganska stabila förhållanden med låga pH-värden (4,6), måttliga halter av oorganiskt aluminium (0,5 mg/l) och förhållandevis mycket organiskt kol (27,5 mg/l). Totalhalterna av aluminium har varit betydligt högre i Tatorp än på länets övriga lokaler, 1,6 mg/l. Trots låga pH-värden har merparten aluminium varit bundet i organiska föreningar, vilket förklaras av de höga halterna av totalt organiskt kol. Halterna av kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) har varit under detektionsgränsen vid samtliga utom två provtagningar i början av mätperioden. Inga statistiskt signifikanta förändringar har noterats.

**Omberg** (E 08): Gammal, grov, ganska gles granskog uppe på Omberg. Ytan ligger i sluttning åt väster ut mot Vättern. Marken är bördig och kalkrik och har ett fältskikt av örter. Tillsammans med lokalerna Norrköping och Linköping/Skullebo har mätningar utförts på Omberg sedan 1991.

Även på Omberg har nedfallet av svavel minskat betydligt, medan nedfallet av kväve varit på samma nivå, sedan mätningarna startade. I genomsnitt deponerades 3,9 kg

svavel per hektar öppen mark och 6,4 kg/ha via kronddropp under de första fyra åren. Motsvarande för de fyra senaste åren är 3,3 kg/ha både på öppet fält och via kronddropp. Siffrorna innebär en tydlig reduktion av torrdeponerat svavel på Omberg; från 2,5 kg/ha i början av 1990-talet till mycket låga nivåer i slutet av 1990-talet. De två senaste åren har kronddropsmätningarna till och med visat lägre värden än på öppet fält. Nedfallet av kväve visar inte samma nedåtgående trend. Genomsnittet för hela perioden är 5,4 kg/ha på öppet fält och 4,0 kg/ha via kronddropp. Senaste året visar till och med högre värden; 6,3 kg/ha på öppet fält och 4,8 kg/ha via kronddropp. Nedfallet av klorid var 21 kg/ha, vilket är något mer än tidigare år. Det visar ofta betydande variation mellan olika år beroende på i vilken utsträckning saltförande vindar förekommer.

Till följd av den kalkrika marken har pH-värdena varit högre än på övriga lokaler i länet. På grund av att det varit mycket torrt i marken under senaste året blev provtagningen i november 1999 och april resultatlös. Vid provtagningen i augusti var det också torrt i markerna, vilket sannolikt påverkar markvattnets sammansättning. Provmängden blev endast 86 ml och analyserna visade tydligt högre värden för pH och kalcium än vanligt. Sannolikt har det medfört att totalhalten aluminium var lägre än vanligt. Sedan mätningarna startade har halterna av sulfatsvavel, klorid, magnesium, natrium, kalium samt totalt organiskt kol minskat signifikant. Förhöjda halter av nitratkväve var vanligare i början av mätperioden än på senare år. Förändringen är dock inte statistiskt signifikant.

**Solltorp** (E 21) Internationell observationsyta (EU-yta) med 65-årig granskog som gallrades i början av 1990-talet. Ståndortsindex är G32 och beståndet utgör första generationen skog på före detta betesmark. Marken sluttar svagt åt öster och lokalen ligger väl skyddad inne i beståndet. Mät-

ning av deposition och markvatten startade i oktober 1996. Lufthaltsmätningar startade i februari 1998.

Nederbörds mängden i Solltorp under 1999/00 (684 mm) var något mindre än genomsnittet för fyra års mätningar. Av detta passerade knappt 40 % krontaket och bildade kronddropp. Det är mindre än på övriga granytor i länet och mindre än medelvärdet för samtliga granytor där IVL mäter nedfall av luftföroreningar (drygt 60 %). Mängden kronddropp påverkas bland annat av hur tät skogen är och hur det regnar. Resultaten från senaste året visar att svavelbelastningen var 4,4 kg/ha på öppet fält. Till marken i skogen noterades betydligt mindre, endast 2,5 kg/ha. Förhållandet indikerar liten torrdeposition av svavel även om skyddat läge och liten mängd kronddropp bidrar till att kronddropp visar lägre värden än mätningarna på öppet fält. Under de fyra år som mätningar genomförts har nedfallet av svavel i genomsnitt varit 4,2 kg/ha på öppet fält och 3,6 kg/ha via kronddropp. Resultaten från senaste året visar att kvävebelastningen var på samma nivå som tidigare år; 5,1 kg/ha på öppet fält och 1,6 kg/ha via kronddropp.

Att den totala mängden kronddropp generellt varit liten i Solltorp kan bidra till att det ofta varit svårt att få markvatten från ytan. Åtta provtagningar visar pH-värden runt 4,9 och negativa värden för syraneutraliserande förmåga (ANC, se sid 4). Halterna av aluminium har varit högre än på flertalet övriga lokaler i länet. Till alla största delen har det varit oorganiskt aluminium (0,77 mg/l) vilket bidrar till att den försurningsindikerande kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium oftast varit lägre än på övriga lokaler i länet (större försurningsgrad). Halterna av kväve har så gott som alltid varit under detektionsgränsen, vilket är normalt för växande bestånd.

Årsmedelhalten för SO<sub>2</sub> var något lägre än förra året. Årsmedelhalten för NO<sub>2</sub> var lite högre än motsva-

rande förra året. Främst beror det på förhållandevis höga halter under januari och februari. Övriga mätningar som IVL genomfört (Urban-projektet) visade en episod med samtidig förhöjning av halterna av kvävedioxid i hela södra Sverige den 10-14 januari. Halterna svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) var av samma storleksordning som motsvarande i Södermanlands län. SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-halterna i Solltorp var långt under svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av hälsa och ekosystem, se tidsutveckling lufthalter. Ammoniakhalten i Solltorp var dubbelt så hög under sommarhalvåret 2000 jämfört med året innan.

Säsongmedelvärdet för marknära ozon (O<sub>3</sub>), 58 µg/m<sup>3</sup>, var på samma nivå som i Höka och halterna i norra Kalmar län. Ozonhalterna i Södermanlands län var lite lägre. Säsongmedelvärdet som uppmättes vid närmaste EMEP-stationen Norra Kvill var 62 µg/m<sup>3</sup>. De högsta halterna noterades under mars - juni vilket, förklaras av vädersituationen. Det är normalt eftersom bildningen av ozon påverkas av tillgång på kväveoxider, flyktiga organiska ämnen, ljus och värme. För mer information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta under tidsutveckling.

**Höka** (E 22): Internationell observationsyta, EU-yta, i länets nordvästligaste hörn. Beståndet utgörs av medelgrov, 65-årig tallskog (T24) på typisk tallmark med fältskikt av blåbärsris. Mätning av deposition och markvatten startade 1991 och för lufthalter startade mätningarna i februari 1998.

På samma sätt som förra året noterades mer nederbörd i Höka än på någon av länets övriga lokaler; 800 mm. Tillsammans med förhållandevis höga koncentrationer gör det att mätningarna på öppet fält visar större nedfall av svavel och kväve i Höka än på övriga lokaler i länet. Nedfallet under 1999/00 uppmättes till 4,4 kg

svavel och 7,2 kg kväve per hektar, vilket är mer än året innan. Nedfallet via krondropp var betydligt mindre, vilket varit regel i Höka sedan mätningarna startade; 2,5 kg svavel och 3,1 kväve per hektar.

Trots att det var mycket torrt i marken vid provtagningen i oktober 1999 erhöles 60 ml prov som visade tämligen normala förhållanden för lokalen; pH-värde 5,0 och kvävehalter under detektionsgränsen. Vid provtagningarna före och under vegetationsperioden (april respektive augusti) 2000 noterades lägre värden för pH och kalcium samtidigt som halterna av oorganiskt aluminium var högre. Tillsammans bidrar det till oro-väckande låga kvoter mellan bas-kationer och oorganiskt aluminium; 2,6 respektive 1,7. Det är tydligt lägre än vad som noterats tidigare i Höka och beror delvis på att halterna av oorganiskt aluminium har ökat signifikant sedan mätningarna startade. För övrigt har signifikanta förändringar endast noterats för järn, där de från början låga halterna har sjunkit ytterligare.

Årsmedelhalten för SO<sub>2</sub> var, liksom vid stationen i Solltorp, lite lägre än förra året. I Höka var även halten av NO<sub>2</sub> generellt något lägre än under 1998/99. Däremot var halten av NH<sub>3</sub> nästan tre gånger så hög som året innan, räknat som medelvärde under perioden april till september och dubbelt så hög som vid Solltorp. Främst beror det på de förhållandevis höga halter under vår och höst (april till juni samt september). Halterna av marknära ozon var på samma nivå som i Solltorp; 59 µg/m<sup>3</sup> vilket kan jämföras med miljömålet på 50 µg/m<sup>3</sup>. Att halterna av marknära ozon är högre än angivet miljömål är inte unikt för dessa lokaler. Situationen är likartad i så gott som hela Sverige och de höga halterna kan orsaka betydande skörde-förluster inom jord- och skogsbruk.

**Hycklinge** (E 28): Nationell observationsyta i snart 70-årig, grov och ganska gles granskog (G30) i sydligaste delen av länet. Lokalen har ett skyddat läge på plan och bördig mark med fältskikt av gräs. Mätning av deposition och markvatten påbörjades i oktober 1996.

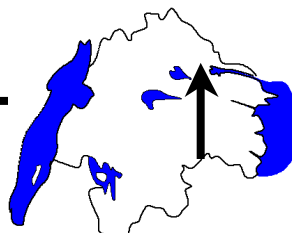
De nederbörds-kemiska mätningarna på öppet fält visar nästan samma nederbörds-mängd som genomsnittet för länets sju lokaler. Nedfallet av svavel och kväve var dock större, vilket beror på något högre koncentrationer i Hycklinge i söder jämfört med medelvärdet från länets samtliga lokaler. Summerat under året visade de nederbörds-kemiska mätningarna 3,5 kg svavel och 6,1 kg kväve per hektar. För första gången visade krondroppsmätningarna mindre nedfall av svavel än mätningarna på öppet fält. Enligt beskrivningar ovan har detta noterats på alla granytor i länet utom Norrköping. Liknande resultat har noterats i övriga delar av södra Sverige och indikerar att torrdepositionen av svavel haft väldigt liten omfattning under 1999/00. Krondroppsmätningarna har hela tiden visat lägre värden för nedfall av kväve än mätningarna på öppet fält, vilket är normalt.

Markvattnet indikerar måttlig försurningspåverkan. Åtta provtagningar har i allmänhet visat pH-värde 5,2 och 0,44 mg/l oorganiskt aluminium. Utrustningen, som har förstörts av vildsvin och grävling, reparerades hösten 1999 och samtliga lysimetrar hägnades in. På grund av extremt lite nederbörd under juli till november blev provtagningen under hösten -99 resultatlös. Följande provtagning i april 2000 visade förhöjda värden av de båda kvävefraktionerna. Detta är ovanligt för Hycklinge där kvävehalterna nästan alltid varit under detektionsgränsen, vilket är normalt i växande bestånd. Fortsatta mätningar får visa om det var en engångsföreteelse.



## Norrköping (E 02)

Gran, 80 år

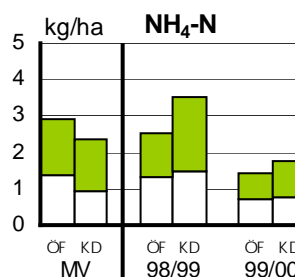
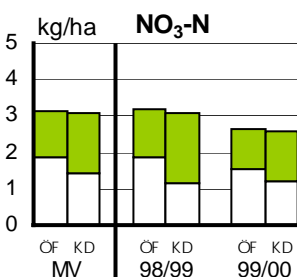
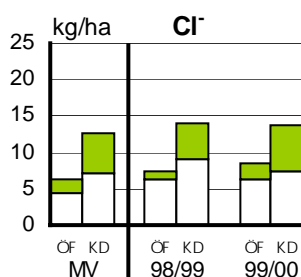
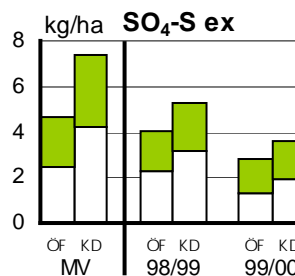
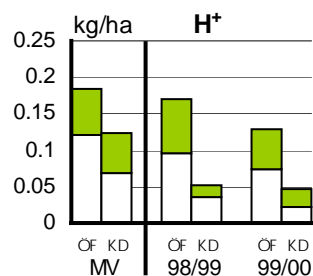
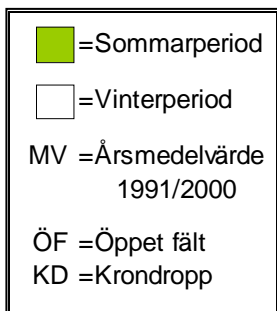


### DEPOSITION

(E 02)

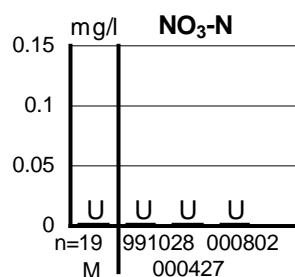
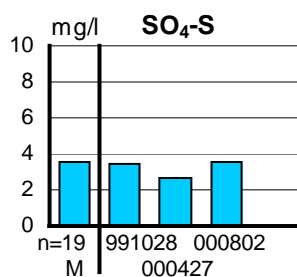
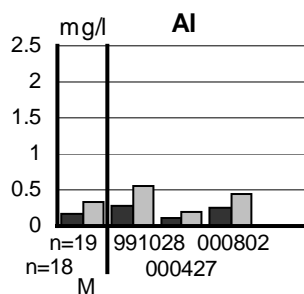
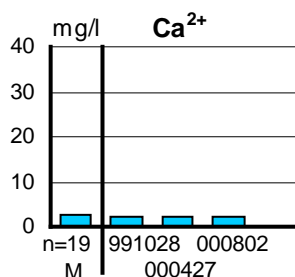
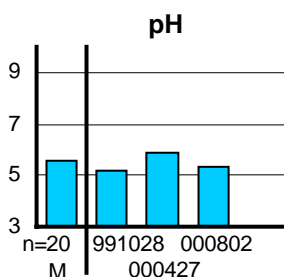
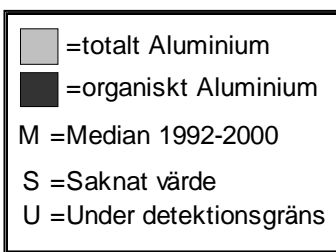
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	98/99	99/00	
Sommar	347	328	371
Vinter	317	381	267



### MARKVATTEN

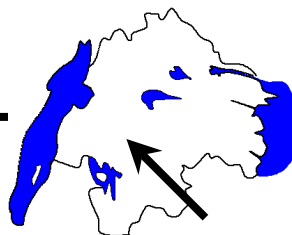
(E 02)



Figur 3. Depositions- och markvattendata från Norrköping, Kvillinge, E 02.

### Skullebo (E 03)

Gran, 103 år

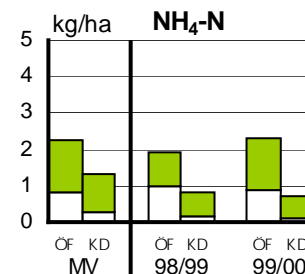
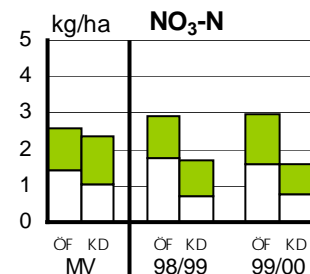
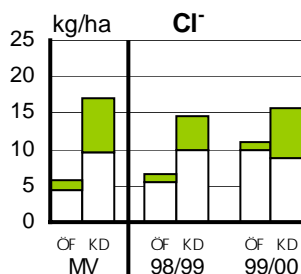
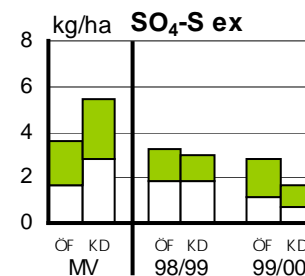
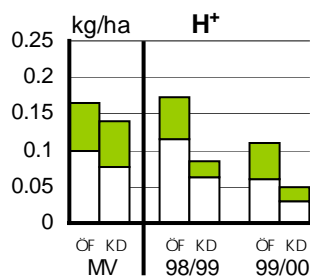
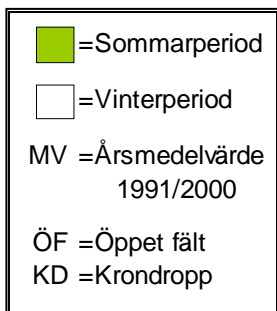


## DEPOSITION

(E 03)

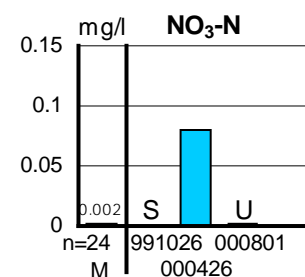
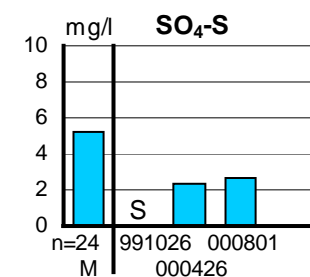
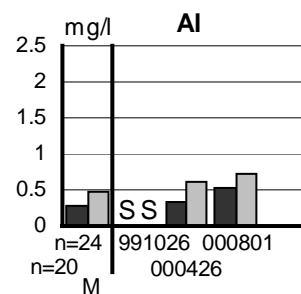
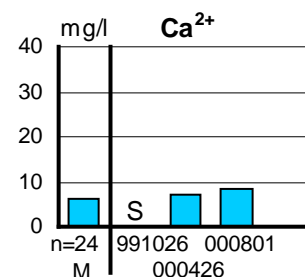
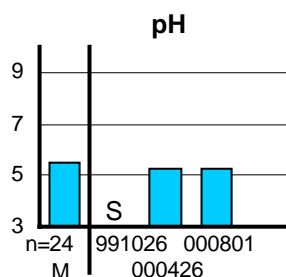
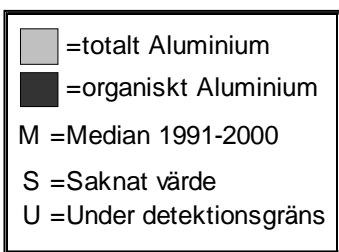
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	98/99	99/00	
Sommar	370	332	355
Vinter	319	429	311



## MARKVATTEN

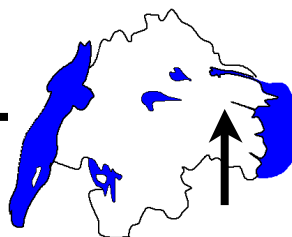
(E 03)



Figur 4. Depositions- och markvattendata från Linköping, Skullebo, E 03.

# Tatorp (E 04)

Tall, 64 år



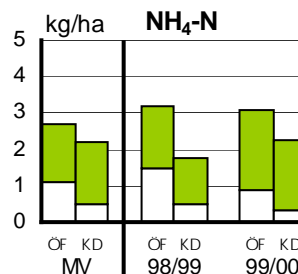
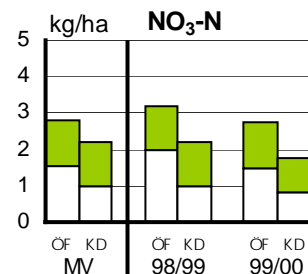
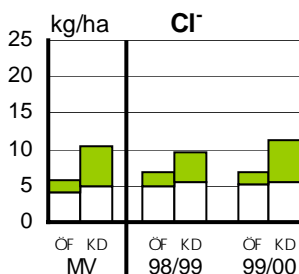
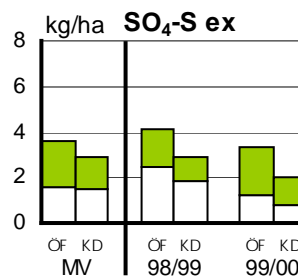
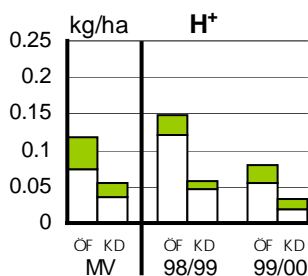
## DEPOSITION

(E 04)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	398	365	401
Vinter	356	440	363

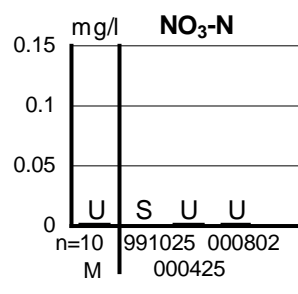
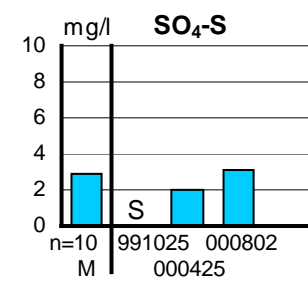
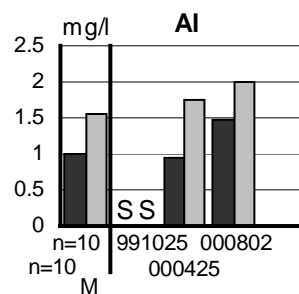
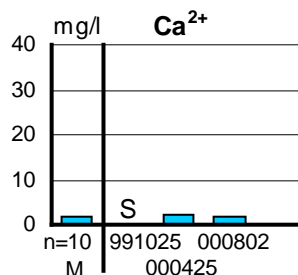
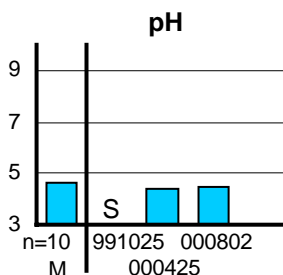
=Sommarperiod  
 =Vinterperiod  
 MV =Årsmedelvärde 1996/2000  
 ÖF =Öppet fält  
 KD =Kronddropp



## MARKVATTEN

(E 04)

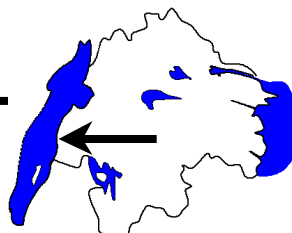
=totalt Aluminium  
 =organiskt Aluminium  
 M =Median 1996-2000  
 S =Saknat värde  
 U =Under detektionsgräns



Figur 5. Depositions- och markvattendata från Tatorp, E 04.

# Omberg (E 08)

Gran, 78 år



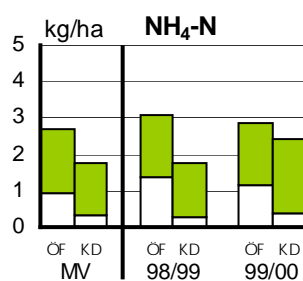
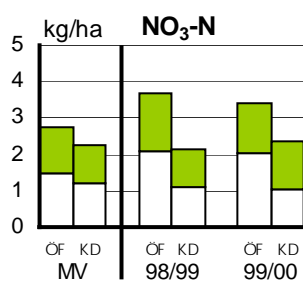
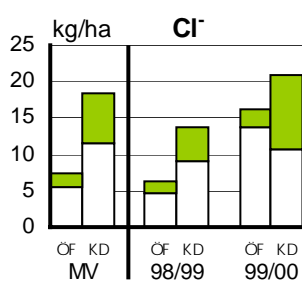
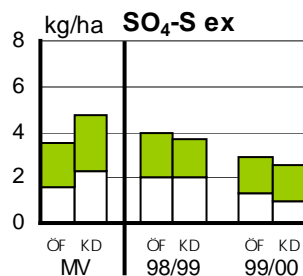
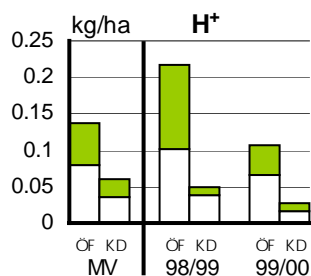
## DEPOSITION

(E 08)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV	98/99	99/00	
Sommar	358	454	386
Vinter	307	429	321

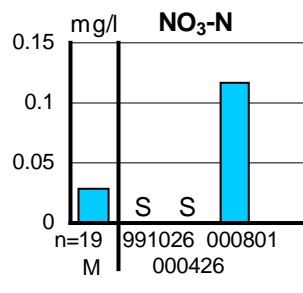
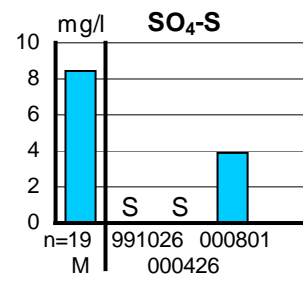
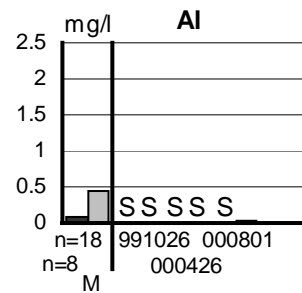
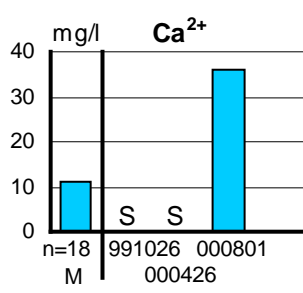
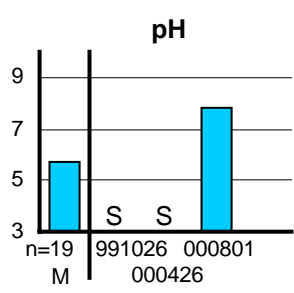
=Sommarperiod  
 =Vinterperiod  
 MV =Årsmedelvärde 1991/2000  
 ÖF =Öppet fält  
 KD =Kronddropp



## MARKVATTEN

(E 08)

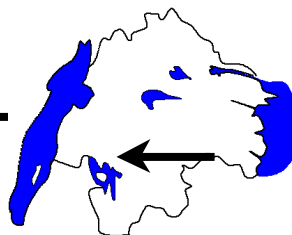
=totalt Aluminium  
 =organiskt Aluminium  
 M =Median 1992-2000  
 S =Saknat värde  
 U =Under detektionsgräns



Figur 6. Depositions- och markvattendata från Omberg, E 08.

### Solltorp (E 21)

Gran, 65 år

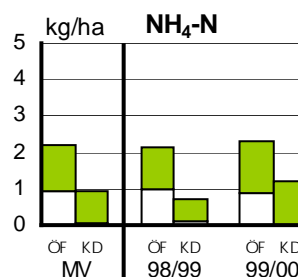
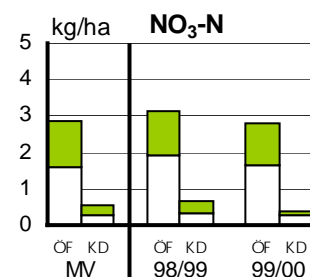
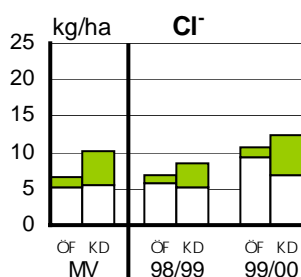
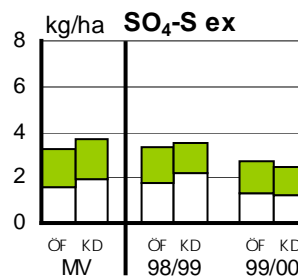
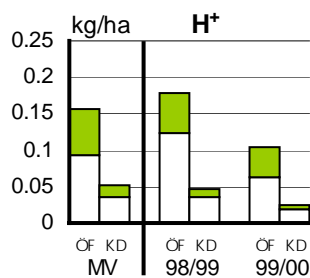
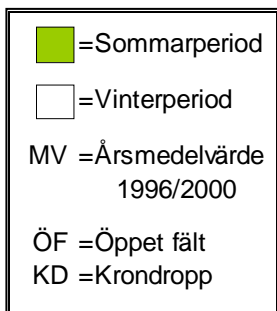


## DEPOSITION

(E 21)

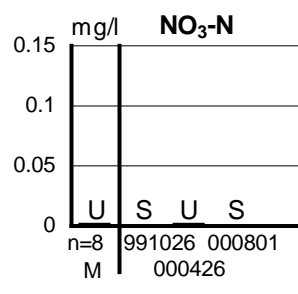
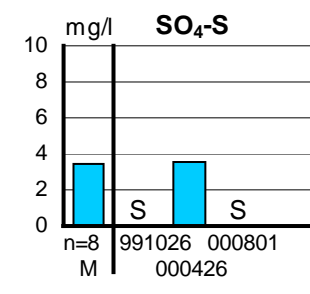
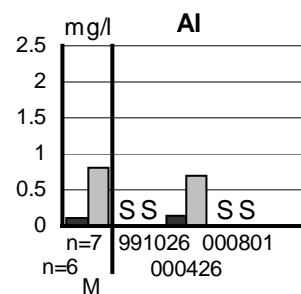
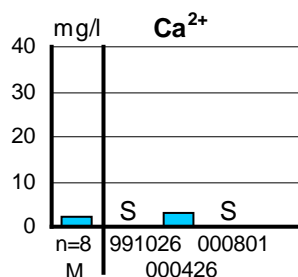
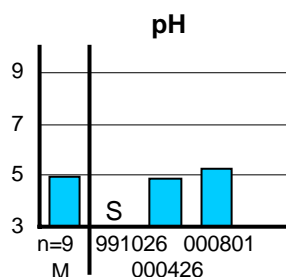
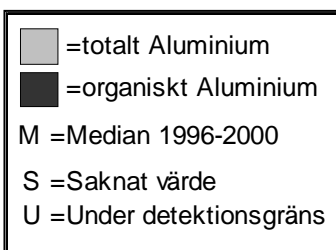
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	402	370	355
Vinter	378	453	329



## MARKVATTEN

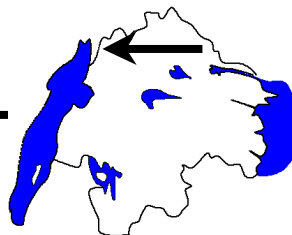
(E 21)



Figur 7. Depositions- och markvattendata från Solltorp, E 21.

## Höka (E 22)

Tall, 65 år

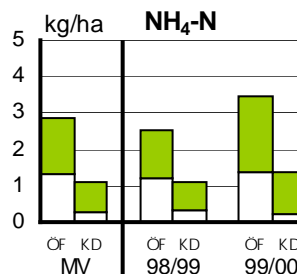
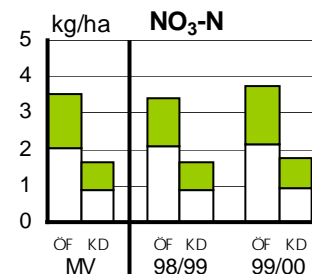
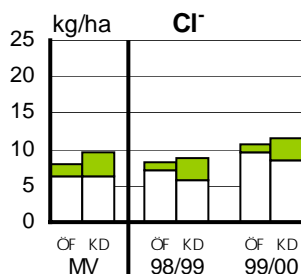
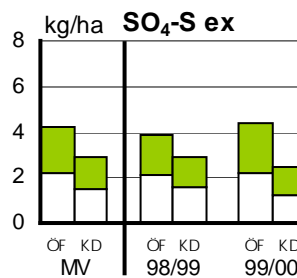
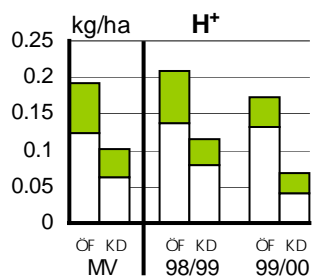
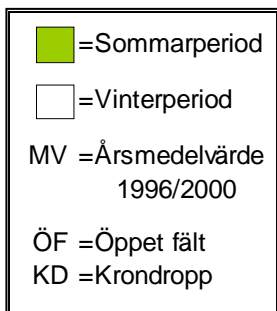


### DEPOSITION

(E 22)

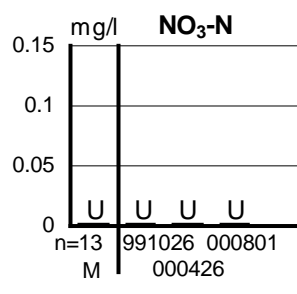
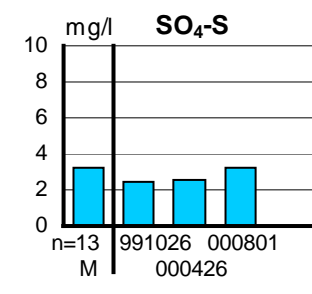
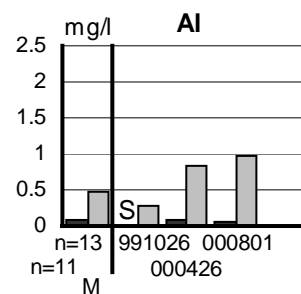
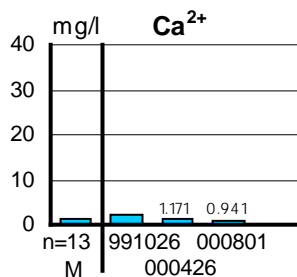
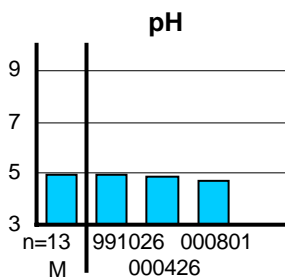
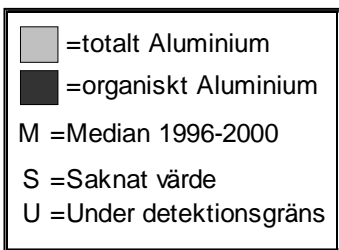
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	427	415	396
Vinter	463	551	404



### MARKVATTEN

(E 22)



Figur 8. Depositions- och markvattendata från Höka, E 22.

## Hycklinge (E 28)

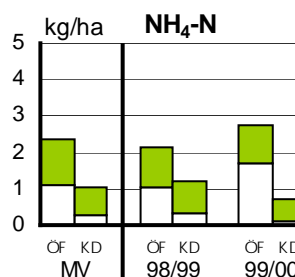
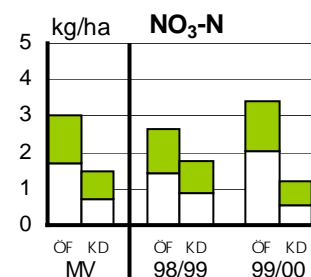
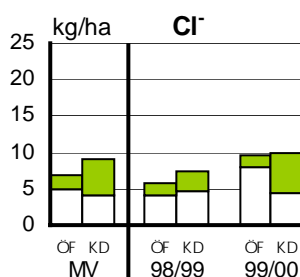
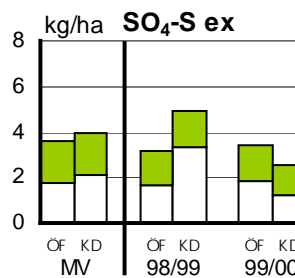
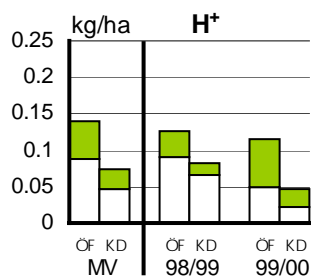
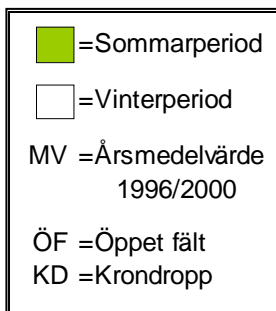
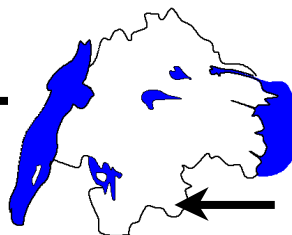
Gran, 69 år

### DEPOSITION

(E 28)

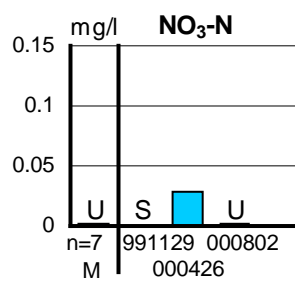
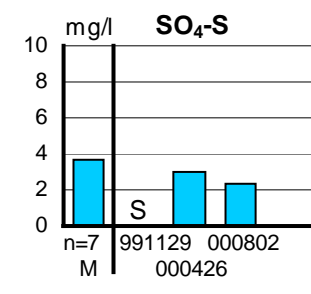
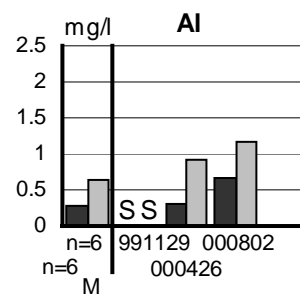
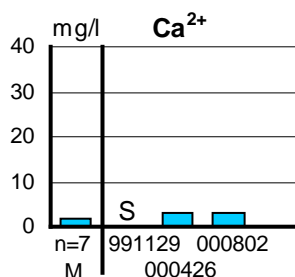
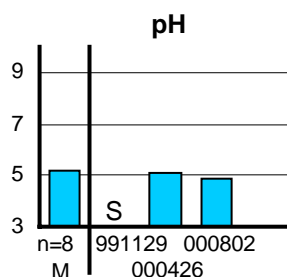
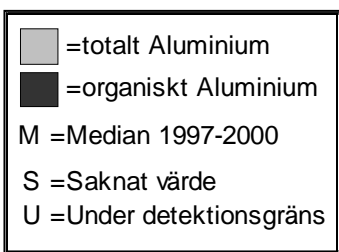
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	377	283	416
Vinter	299	292	271

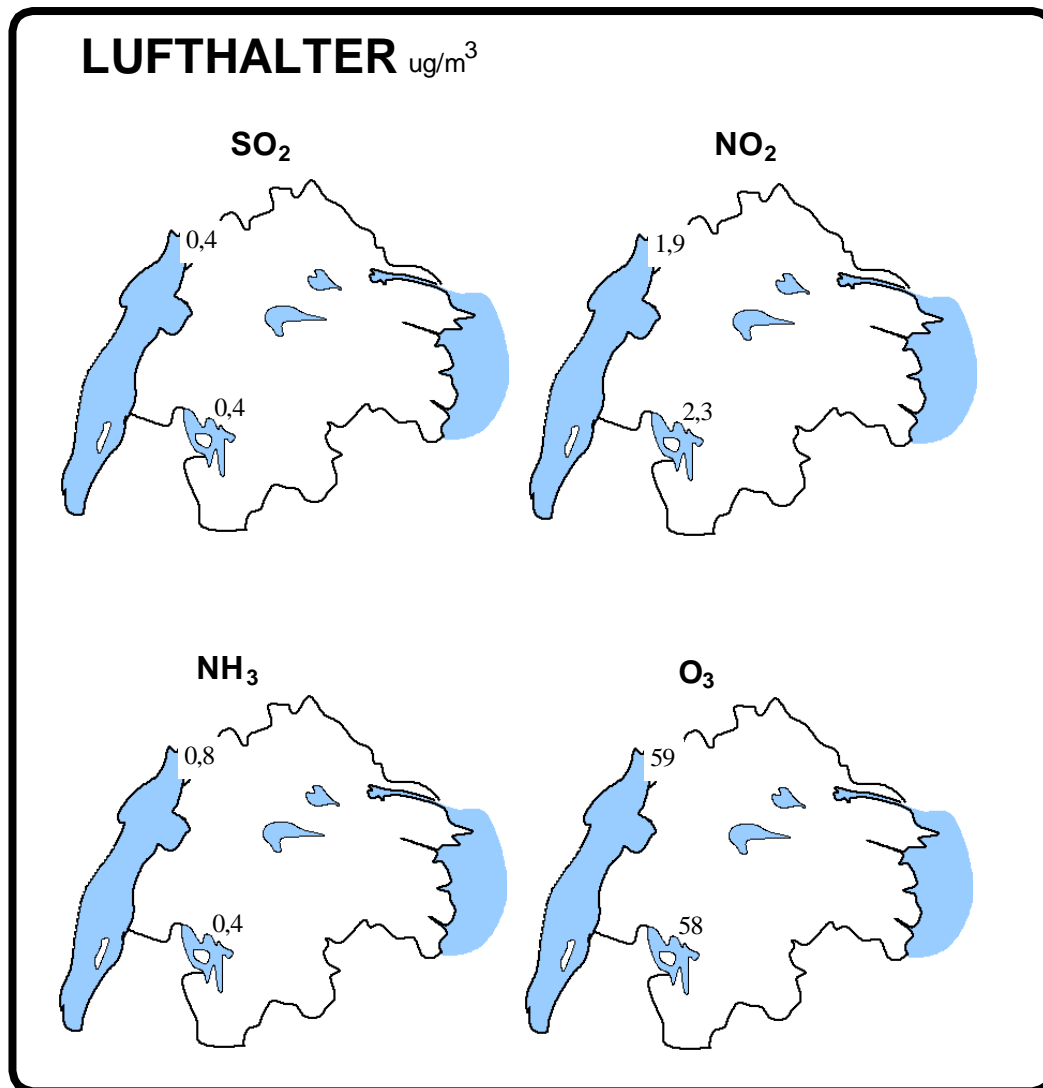


### MARKVATTEN

(E 28)



Figur 9. Depositions- och markvattendata från Hycklinge, E 28.



Figur 10. Periodmedelvärde ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) av halter i luft på öppet fält. För  $\text{SO}_2$  och  $\text{NO}_2$  gäller oktober 1999 till september 2000 och för  $\text{O}_3$  och  $\text{NH}_3$  gäller perioden april - september 2000.



### Tidsutveckling deposition

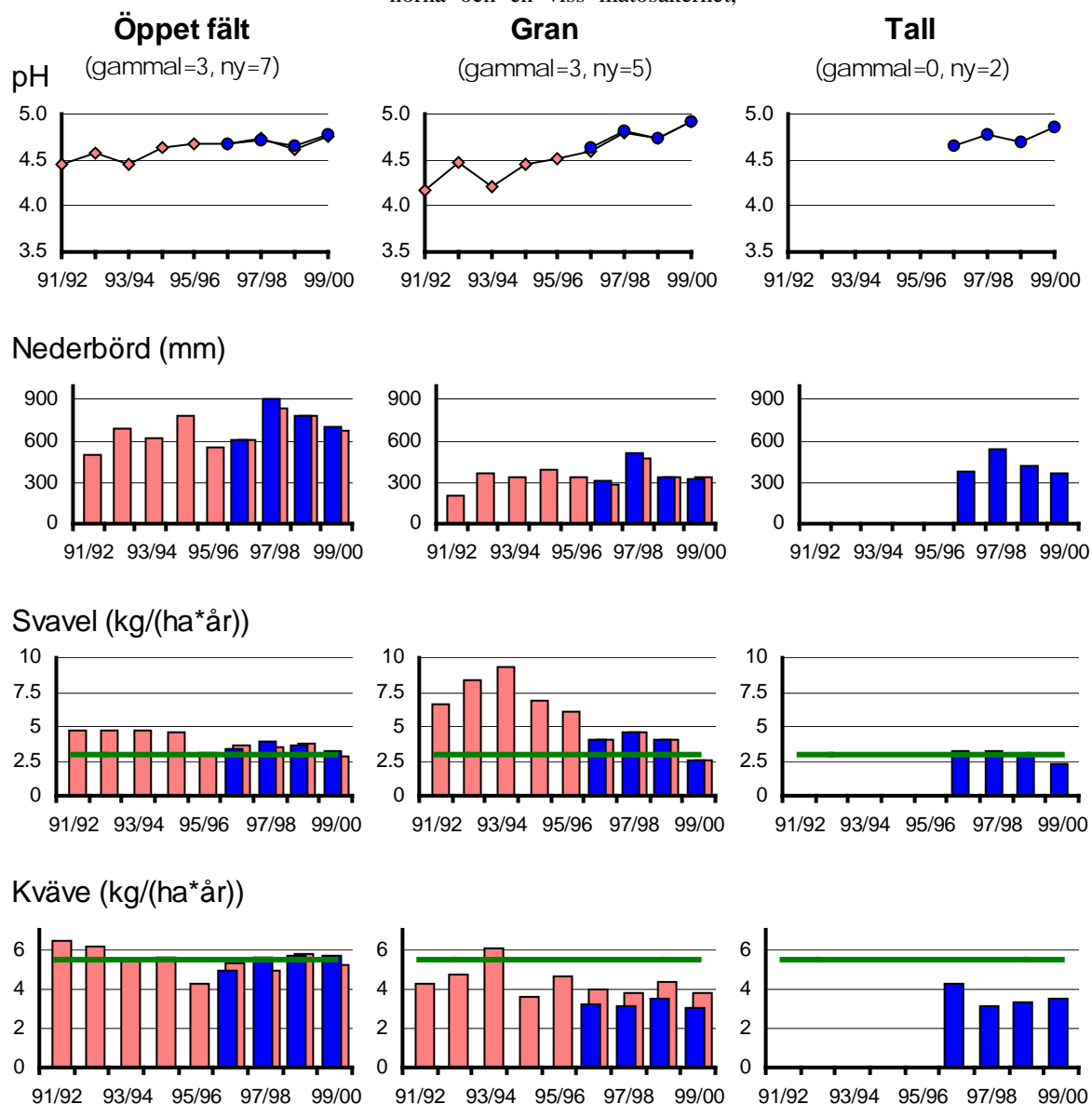
Tidsserie "gammal" visar utveckling på tre lokaler som varit med sedan mätningarna startade 1991. De ingår även i serien med aktuella lokaler. Generellt visar "gammal" serie *utveckling i tiden* medan "ny" serie ger en bättre bild av *nuvarande nivå*.

Figuren visar minskad försurningsbelastning. Nederbördens pH-värde har ökat från 4,5 till 4,7 räknat som medelvärden från de tre första och tre senaste åren. Utvecklingen är tydligare i kron dropp (gran) som också påverkas av torrdeposition. Räknat som

medelvärden har skillnaden mellan "gamla" och "nya" lokaler varit liten. Vidare framgår normal nederbördsmängd under det senaste året jämfört med tidigare mätningar; drygt 700 mm. Av detta har hälften passerat trädkronorna som kron dropp. Vidare noterades mindre svavelnedfall än något år tidigare i länet; 2,6 kg/ha som medelvärde i kron dropp från fem granytor. Under hydrologiska året 1999/00 visade kron dropp till och med lägre värden än mätningarna på öppet fält på alla granytor utom Norrköping. Skälet kan vara ett visst upptag av svavel i trädkronorna och en viss mätosäkerhet,

men resultaten indikerar mycket liten torrdeposition av svavel. För kväve är det svårare att se trender. Nedfallet på öppet fält har oftast varit 5-6 kg/ha. Hydrologiska året 1993/94 utmärker sig genom sur nederbörd, samt stor deposition av svavel och kväve. Det var tydligt i hela södra och östra Sverige och orsakades sannolikt av meteorologiska förhållanden.

Liten torrdeposition av svavel samt likartad belastning av kväve jämfört med tidigare års mätningar är ett allmänt mönster för södra Sverige under senaste året.



Figur 11. Årsmedelvärden för valda parametrar i tre miljöer i Östergötland; öppet fält, gran- och tallskog och två tidsserier. Syftet är att belysa tidsutveckling trots övergång från "gammal" serie (från 1991/92) till "ny" serie (från 1996/97). Streckad linje anger förväntad genomsnittlig nivå i Götaland år 2010 om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

Under senaste året deponerades i genomsnitt 3 kg svavel och uppskattningsvis 7-8 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 men den genomsnittliga depositionen är fortfarande högre än förväntad genomsnittlig belastning i Götaland år 2010.

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

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

Figur 12 visar att markvattnets innehåll av baskatjonerna kalcium, magnesium och kalium, samt mangan har minskat signifikant på nära hälften av lokalerna i Götaland. Den tydligaste trenden är dock minskat innehåll av sulfatsvavel vilket noterats på mer än

Åtgärdsarbetet har styrts av internationella avtal som baserats på känsligheten i olika ekosystem i Europas länder (kritiska belastningsgränser som varierar mellan regionerna). Medvetna åtgärder för att minska *svavelutsläpp*, samt en ekonomisk utveckling som medfört att energiintensiva industrier och äldre kolkraftverk lagts ner, medförde en snabb minskning av belastningen, främst efter 1989. Halterna i luft av svaveldioxid speglar denna utveckling väl (se avsnittet om tidsutveckling lufthalter). Halter i luft av gaser och partiklar orsakar torrdeposi-

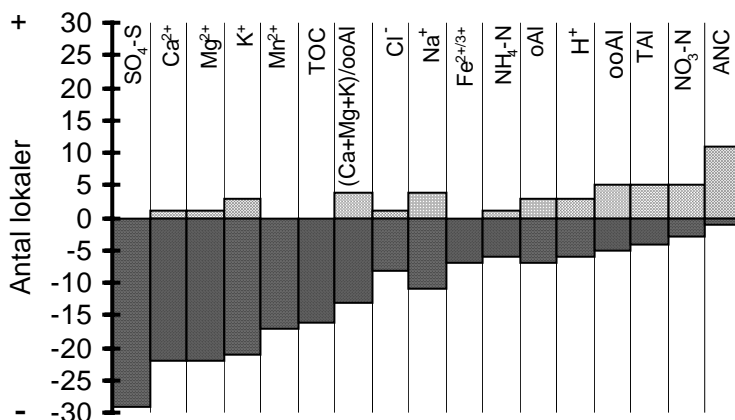
tion. Den kraftiga haltminskningen kan även läsas av i depositions-mätningarna i skog som det senaste året visar förhållandevis liten torrdeposition.

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. Åtgärdsarbetet försvåras av att det omfattar många olika källor och sektorer i samhället, som transporter, jordbruk och energiproduktion.

hälften av lokalerna. Detta är en logisk följd av minskad svaveldeposition. På en tredjedel av lokalerna har halterna av organiskt kol och mikronäringsämnet mangan minskat och på en något mindre andel har kvoten mellan baskatjoner och aluminium minskat. Förhållandena i skogsytorna i Östergötland följer i princip detta mönster med undantag för kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium där inga signifikanta förändringar noterats i Östergötland.

Ett sätt att uttrycka markvattnets syra-bas status är förmågan att buffra mot syror. Den syraneutraliserande förmågan kan uttryckas

som ANC, se "ord att förklara" sidan 4. Markvattnets beräknade syraneutraliserande förmåga har ökat på 20 % av ytorna. Undersökningarna visar dock att episoder med stort nedfall av havssalt under några få dagar kan leda till omfattande jonbytesprocesser i sura marker, vilket diskuterades närmare i föregående årsrapport. 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.



Figur 12. Trendberäkningar för markvatten på 51 lokaler i Götaland. 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 svaveldioxid, (SO<sub>2</sub>), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) och ozon (O<sub>3</sub>) mäts vid Höka och Solltorp sedan februari 1998. Figur 13 visar deras års-tidsvariation (månadsmedelvärden) av SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> och O<sub>3</sub> fram till september 2000. Årsmedelhalten för SO<sub>2</sub> var lite lägre än förra året. För NO<sub>2</sub> var den något högre i Solltorp än året innan, vilket förklaras av höga halter i januari och februari 2000, se stationsbeskrivning. I Höka visade halterna av NO<sub>2</sub> något lägre värden än året innan. De högsta halterna förekommer oftast under de kalla vintermånaderna. Mätserien är ännu för kort för att man skall kunna se någon trend i resultaten vid mätlokalen. SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-halterna i länet har varit långt under svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av hälsa och ekosystem (se förklaring under "lufthalter" på sidan 3).

Halterna av ammoniak, NH<sub>3</sub>, räknat som medelvärdet under perioden april - september, var högre sommaren 2000 jämfört med året innan på båda lokalerna. I Solltorp noterades en fördubbling och i Höka nästan tre gånger så höga halter.

Säsongmedelhalten av marknära ozon, O<sub>3</sub> var lägre än året innan på grund av vädret: sommaren 2000 var betydligt regnigare än sommaren 1999. Ozonhalterna på båda lokaler överskred det av Naturvårdsverket föreslagna miljö kvalitetsmålet för ozon. 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

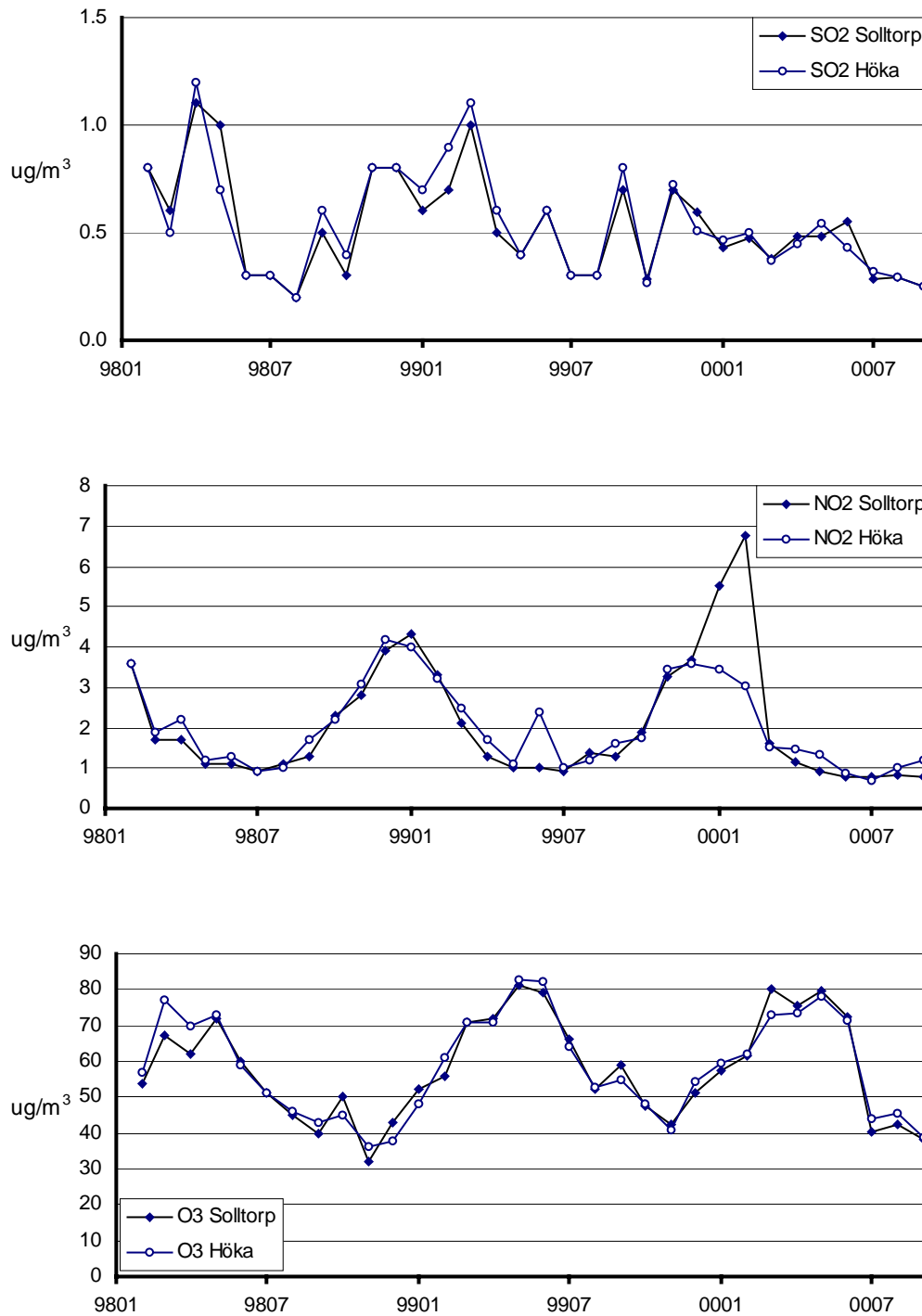
information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta nedan.

Som jämförelse till lufthalternas tidsutveckling i länet visar figur 14 tidsutveckling på fyra EMEP-lokaler i hela Sverige. Dessa har betydligt längre mätserier: Vavihill i centrala Skåne, Rörvik söder om Göteborg, Aspveten öster om Nyköping samt Esrange öster om Kiruna. EMEP-stationerna i södra Sverige, visar en kraftigt nedåtgående trend av SO<sub>2</sub>. Även för NO<sub>2</sub> tycks en viss minskning ha skett sedan början av 1990-talet. Någon trend för NH<sub>3</sub> och O<sub>3</sub> kan ännu ej utläsas på grund av för korta mätserier. Korrelation mellan minskande halter och deposition diskuteras närmare under avsnitt "Tidsutveckling deposition".

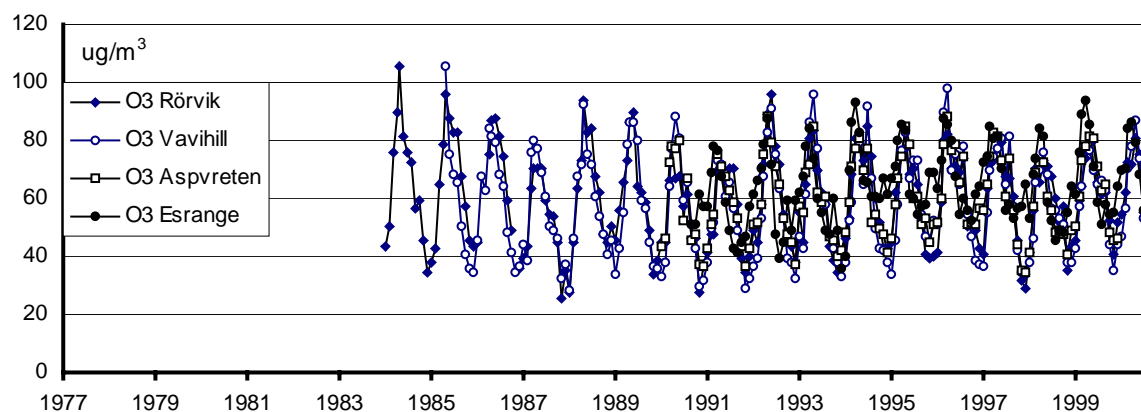
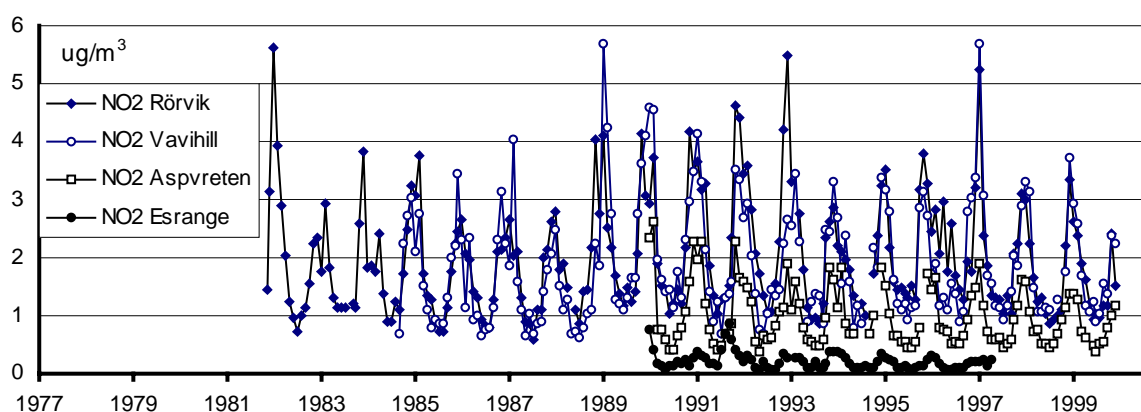
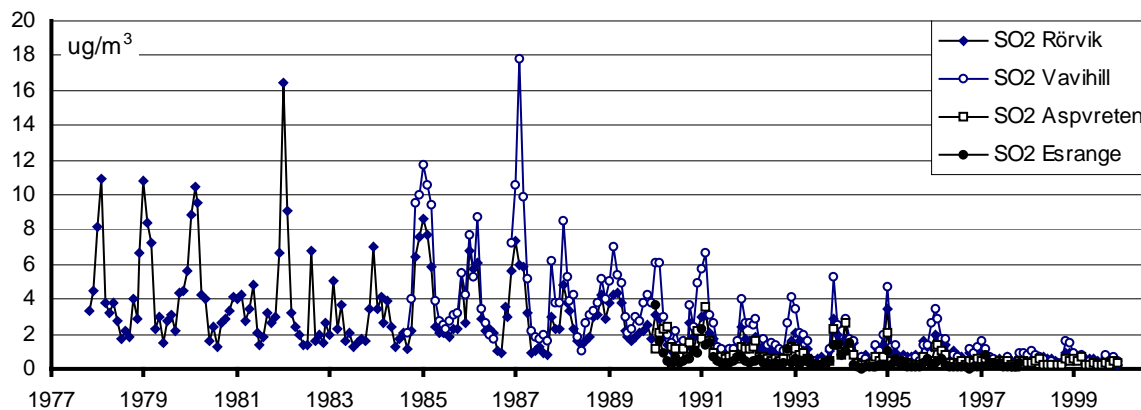
### Faktaruta: Ozonhalter

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 13. Månadsmedelvärden av svaveldioxid, ( $\text{SO}_2$ ) kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) och ozon ( $\text{O}_3$ ) på fyra lokaler i Solltorp och Höka under perioden februari 1998 till september 2000.



Figur 14. Månadsmedelvärden av svaveldioxid, (SO<sub>2</sub>) kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) och ozon (O<sub>3</sub>) på fyra EMEP-lokaler i Sverige; Vavihill i centrala Skåne, Rörvik söder om Göteborg, Aspvreten öster om Nyköping samt Esrange öster om Kiruna. Observera att stationernas mätningar startar olika år och att det är annan skala än i figur 13.

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

Tabell 1. Öppet fältdata från Östergötlands 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>
Norrköping (E 02 A)	91/92	581	0,22	6,9	6,6	5,3	4,0	4,7					
	92/93	680	0,19	5,6	5,2	9,3	3,0	3,5					
	93/94	636	0,26	5,5	5,4	3,8	2,9	2,8					
	94/95	770	0,19	5,7	5,4	6,9	3,6	3,0					
	95/96	559	0,14	4,6	4,4	3,5	2,6	2,9					
	96/97	641	0,19	4,6	4,3	7,0	3,2	2,7					
	97/98	762	0,16	4,4	4,2	4,3	3,0	2,6					
	98/99	709	0,17	4,4	4,1	7,5	3,2	2,5	2,5	0,7	5,1	2,3	0,06
	99/00	638	0,13	3,2	2,8	8,4	2,6	1,4					
Skullebo (E 03 A)	91/92	536	0,20	4,1	3,9	3,5	2,6	2,5					
	92/93	804	0,22	5,5	5,1	10,5	3,1	3,1					
	93/94	628	0,22	4,9	4,7	3,8	2,6	2,5					
	94/95	853	0,21	4,3	4,1	4,4	2,8	2,2					
	95/96	534	0,11	2,4	2,3	2,0	1,5	1,1					
	96/97	598	0,11	3,7	3,4	7,1	2,6	2,2					
	97/98	816	0,14	3,3	3,1	3,8	2,4	2,2					
	98/99	761	0,17	3,6	3,3	6,6	2,9	1,9					
	99/00	665	0,11	3,4	2,8	11,1	3,0	2,3					
Tatorp (E 04 A)	96/97	537	0,10	3,1	2,9	4,8	2,4	1,8					
	97/98	908	0,15	4,1	3,9	4,7	2,9	2,8					
	98/99	805	0,15	4,5	4,2	6,8	3,2	3,2					
	99/00	764	0,08	3,6	3,3	7,0	2,7	3,1					
Omberg (E 08 A)	91/92	391	0,11	3,8	3,5	4,9	2,7	2,8					
	92/93	588	0,13	4,6	4,0	11,9	2,2	3,5					
	93/94	605	0,17	4,2	4,0	4,2	2,5	2,7					
	94/95	745	0,14	4,5	4,2	6,0	2,7	2,4					
	95/96	555	0,09	2,9	2,8	2,6	2,2	2,4					
	96/97	596	0,09	3,6	3,2	8,8	2,7	2,5					
	97/98	919	0,17	3,4	3,1	5,7	2,7	1,9					
	98/99	882	0,22	4,3	4,0	6,4	3,7	3,1					
	99/00	707	0,11	3,7	2,9	16,1	3,4	2,9					
Solltorp (E 21 A)	96/97	583	0,12	3,1	2,9	4,1	2,2	1,8	1,6	0,6	2,2	1,3	0,09
	97/98	1029	0,22	4,4	4,2	4,8	3,3	2,4	2,4	0,6	3,2	1,7	0,13
	98/99	823	0,18	3,6	3,3	6,9	3,1	2,1	2,3	0,7	4,1	1,6	0,08
	99/00	684	0,10	3,2	2,7	10,6	2,8	2,3	2,3	1,1	6,5	1,9	0,14
Höka (E 22 A)	96/97	787	0,17	4,3	4,0	7,2	3,2	2,6	2,0	0,8	4,1	1,5	0,10
	97/98	1008	0,22	4,9	4,7	5,5	3,8	2,9	2,7	0,7	3,9	1,8	0,19
	98/99	966	0,21	4,3	3,9	8,3	3,4	2,5	2,2	0,7	5,2	1,5	0,10
	99/00	800	0,17	4,9	4,4	10,8	3,7	3,5	2,9	1,0	6,8	1,7	0,26
Hycklinge (E 28 A)	96/97	555	0,13	3,6	3,3	7,9	2,6	1,7					
	97/98	889	0,19	4,6	4,4	4,5	3,4	2,8					
	98/99	574	0,13	3,5	3,2	5,8	2,6	2,2					
	99/00	688	0,11	3,9	3,5	9,6	3,4	2,7					

Tabell 2. Krondroppsdata från Östergötlands 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>
Norrköping (E 02 A)	91/92	262	0,21	9,3	8,8	12,3	3,6	1,8					
	92/93	415	0,14	11,3	10,3	21,3	3,4	1,6					
	93/94	385	0,27	11,9	11,4	10,7	4,4	3,1					
	94/95	383	0,15	8,7	8,2	11,3	2,4	1,3					
	95/96	364	0,11	8,3	7,9	8,6	2,6	3,2					
	96/97	289	0,07	5,4	4,9	9,3	2,6	2,2					
	97/98	474	0,06	6,7	6,1	12,2	2,8	2,8					
	98/99	379	0,05	5,9	5,3	13,9	3,1	3,5	4,3	1,7	7,5	14,8	1,00
	99/00	423	0,05	4,2	3,6	13,7	2,6	1,8					
Skullebo (E 03 A)	91/92	199	0,15	6,8	5,9	18,1	2,5	1,0					
	92/93	356	0,17	9,2	7,9	29,1	2,5	1,7					
	93/94	312	0,24	9,7	9,1	12,9	3,4	2,5					
	94/95	385	0,19	7,5	6,8	16,0	2,1	1,1					
	95/96	311	0,14	6,8	6,2	11,4	2,8	2,1					
	96/97	285	0,11	4,8	4,0	16,5	2,4	1,4					
	97/98	482	0,12	5,4	4,4	20,3	2,0	0,7					
	98/99	251	0,08	3,7	3,0	14,5	1,7	0,8					
	99/00	269	0,05	2,4	1,7	15,6	1,6	0,7					
Tatorp (E 04 A)	96/97	266	0,05	3,8	3,4	9,3	2,6	3,2					
	97/98	509	0,08	4,0	3,5	11,2	2,3	1,6					
	98/99	294	0,06	3,3	2,9	9,5	2,2	1,8					
	99/00	297	0,03	2,5	2,0	11,3	1,8	2,2					
Omberg (E 08 A)	91/92	158	0,06	5,9	5,3	14,4	2,2	1,8					
	92/93	331	0,07	9,5	7,2	49,3	2,9	2,1					
	93/94	306	0,13	8,0	7,4	12,6	2,7	1,9					
	94/95	400	0,07	6,4	5,7	15,4	2,2	1,8					
	95/96	329	0,05	4,6	4,2	8,5	1,9	1,5					
	96/97	296	0,04	4,1	3,3	15,5	2,1	1,4					
	97/98	482	0,05	4,1	3,4	15,9	1,9	1,1					
	98/99	376	0,05	4,3	3,7	13,8	2,1	1,8					
	99/00	330	0,03	3,5	2,6	20,9	2,4	2,4					
Solltorp (E 21 A)	96/97	330	0,07	4,5	4,1	8,8	0,7	0,9	2,8	1,1	3,3	11,4	1,10
	97/98	526	0,07	5,1	4,5	11,1	0,5	0,8	4,5	1,4	4,0	21,6	1,64
	98/99	304	0,05	3,9	3,5	8,4	0,7	0,7	2,9	1,1	3,1	13,7	1,09
	99/00	270	0,02	3,0	2,5	12,5	0,4	1,2	3,1	1,3	5,0	20,4	1,17
Höka (E 22 A)	96/97	490	0,12	3,7	3,2	10,7	1,8	0,9	3,3	1,5	5,5	7,0	0,69
	97/98	582	0,10	3,2	2,9	7,6	1,5	0,9	2,9	1,2	4,1	7,4	0,68
	98/99	555	0,12	3,3	2,9	8,7	1,6	1,1	2,7	1,3	4,6	7,4	0,54
	99/00	431	0,07	3,0	2,5	11,6	1,7	1,4	2,9	1,4	6,3	8,5	0,55
Hycklinge (E 28 A)	96/97	326	0,07	4,0	3,6	7,6	1,4	1,2					
	97/98	588	0,09	5,2	4,7	10,8	1,6	1,1					
	98/99	371	0,08	5,3	4,9	7,5	1,7	1,2					
	99/00	305	0,05	3,0	2,5	9,8	1,2	0,7					

Tabell 3. Beräknad totaldeposition av väte- och baskatjoner i Östergötlands län, kg/(ha 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>
Norrköping (E 02 A)	96/97	0,27	2,2	1,0	5,3	1,7	0,09
	97/98	0,29	2,9	1,1	6,2	2,2	0,13
	98/99	0,27	3,6	1,0	7,5	3,5	0,10
	99/00	0,21	3,0	1,4	8,4	2,6	0,25
Skullebo (E 03 A)	96/97	0,18	2,7	1,6	9,4	2,1	0,10
	97/98	0,23	2,7	1,6	10,7	2,1	0,15
	98/99	0,20	2,3	1,1	7,4	1,9	0,10
	99/00	0,12	2,4	1,4	9,4	2,1	0,20
Tatorp (E 04 A)	96/97	0,15	2,2	0,9	4,9	1,7	0,08
	97/98	0,18	2,5	1,0	5,7	2,0	0,14
	98/99	0,17	2,6	0,9	5,1	2,1	0,11
	99/00	0,09	2,6	1,0	6,2	2,2	0,27
Omberg (E 08 A)	96/97	0,14	2,8	1,5	8,7	2,2	0,09
	97/98	0,23	2,8	1,3	8,3	2,2	0,17
	98/99	0,26	2,5	1,1	7,1	2,1	0,12
	99/00	0,14	3,5	2,0	13,3	3,1	0,31
Solltorp (E 21 A)	96/97	0,21	1,8	0,8	3,7	1,5	0,09
	97/98	0,29	3,0	0,9	4,8	2,2	0,18
	98/99	0,23	2,5	0,7	4,6	1,7	0,09
	99/00	0,13	3,3	1,3	7,8	2,9	0,24
Höka (E 22 A)	96/97	0,18	2,1	0,9	5,5	1,6	0,10
	97/98	0,25	3,2	0,7	4,2	2,1	0,24
	98/99	0,24	2,5	0,8	5,9	1,7	0,11
	99/00	0,20	3,4	1,1	7,7	2,1	0,32
Hycklinge (E 28 A)	96/97	0,17	2,3	1,0	5,4	1,8	0,08
	97/98	0,24	2,9	1,0	5,4	2,3	0,15
	98/99	0,23	2,1	0,7	3,9	1,8	0,09
	99/00	0,13	3,2	1,3	7,4	2,8	0,23

Tabell 4. Lufthalter, Östergötlands län, diffusionsprovtagning, µg/m<sup>3</sup>

År, mån	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		NH <sub>3</sub>		O <sub>3</sub>	
	Svaveldioxid		Kvävedioxid		Ammoniak		Ozon	
	Solltorp	Höka	Solltorp	Höka	Solltorp	Höka	Solltorp	Höka
<b>Mv 9804-9809</b>					<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>55</b>	<b>57</b>
<b>Mv 9804-9809</b>					<b>&lt;0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
<b>Mv 9810-9909</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,4</b>				
9910	0,3	0,3	1,9	1,7	<0,3	<0,3	47	48
9911	0,7	0,7	3,3	3,4	<0,3	<0,3	42	41
9912	0,6	0,5	3,7	3,6	<0,3	<0,3	51	54
0001	0,4	0,5	5,5	3,5 <sup>1)</sup>	0,5	0,3	57	60
0002	0,5	0,5	6,8	3,1	0,5	0,7	61	62
0003	0,4	0,4	1,6	1,5	<0,3	0,6	80	73
0004	0,5	0,4	1,2	1,5	0,6	1,3	75	74
0005	0,5	0,5	0,9	1,3	0,5	1,0	80	78
0006	0,6	0,4	0,8	0,9	0,5	0,9	72	71
0007	0,3	0,3	0,8	0,7	<0,3	<0,3	41	44
0008	0,3	0,3	0,8	1,0	<0,3	0,3	42	45
0009	0,2	0,2	0,8	1,2	0,5	1,2	38	39
<b>Mv 9910-0009</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>				
<b>Mv 0004-0009</b>					<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>58</b>	<b>59</b>

1) uppskattat värde



Tabell 5. Markvattendata från Östergötlands 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
Norrköping (E 02 A)	1999-10-28	5,2	-	0,007	3,50	4,85	<0,002	0,114	2,16	1,11	3,32	0,73	<0,020	0,018	0,279	0,556	8,2	11
	2000-04-27	5,9	0,012	0,069	2,71	4,33	<0,002	0,187	2,40	1,24	2,74	0,73	<0,020	0,018	0,062	0,186	6,3	56
	2000-08-02	5,3	-	0,039	3,58	3,55	<0,002	0,061	2,17	1,12	3,36	0,65	<0,020	0,032	0,174	0,431	8,0	18
	<b>median</b>	<b>5,5</b>	-	<b>0,038</b>	<b>3,58</b>	<b>4,33</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,047</b>	<b>2,62</b>	<b>1,33</b>	<b>3,15</b>	<b>0,68</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,023</b>	<b>0,137</b>	<b>0,338</b>	<b>10,0</b>	<b>21</b>
	<i>n</i> =	20	-	18	19	19	19	20	19	18	19	19	18	18	19	19	19	17
Skullebo (E 03 A)	1999-10-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-04-26	5,3	-	0,124	2,28	17,00	0,080	0,090	7,13	1,63	5,85	0,30	0,075	0,084	0,263	0,610	11,0	26
	2000-08-01	5,3	-	0,142	2,71	19,34	<0,002	0,055	8,42	1,54	7,00	0,23	<0,020	0,176	0,188	0,709	15,0	40
	<b>median</b>	<b>5,5</b>	-	<b>0,075</b>	<b>5,17</b>	<b>11,88</b>	<b>0,002</b>	<b>0,013</b>	<b>6,40</b>	<b>1,36</b>	<b>5,79</b>	<b>0,25</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,027</b>	<b>0,224</b>	<b>0,467</b>	<b>14,0</b>	<b>31</b>
	<i>n</i> =	24	-	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	20	24	24	20	
Tatorp (E 04 A)	1999-10-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-04-25	4,4	-	0,043	1,95	9,68	<0,002	<0,010	2,42	0,98	3,89	2,65	0,084	0,347	0,791	1,745	24,0	5,7
	2000-08-02	4,5	-	0,099	3,12	6,00	<0,002	<0,010	1,95	0,85	5,33	2,49	<0,020	0,417	0,531	2,000	36,0	7,5
	<b>median</b>	<b>4,6</b>	-	<b>0,072</b>	<b>2,90</b>	<b>5,78</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>1,97</b>	<b>0,83</b>	<b>3,69</b>	<b>2,40</b>	<b>0,058</b>	<b>0,270</b>	<b>0,503</b>	<b>1,558</b>	<b>27,5</b>	<b>8,0</b>
	<i>n</i> =	10	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Omberg (E 08 A)	1999-10-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-04-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-08-01	7,8	-	1,541	3,93	19,59	0,117	0,502	35,87	1,54	9,75	0,29	<0,020	0,007	-	0,021	9,9	-
	<b>median</b>	<b>5,7</b>	-	<b>0,026</b>	<b>8,48</b>	<b>22,40</b>	<b>0,029</b>	<b>0,210</b>	<b>11,00</b>	<b>1,66</b>	<b>11,27</b>	<b>0,92</b>	<b>0,146</b>	<b>0,026</b>	<b>0,413</b>	<b>0,441</b>	<b>18,0</b>	<b>25</b>
	<i>n</i> =	19	-	18	19	19	19	19	18	18	18	18	18	8	18	14	7	
Solltorp (E 21 A)	1999-10-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-04-26	4,8	-	0,012	3,56	7,08	<0,002	<0,010	3,28	0,86	3,02	2,65	0,131	0,020	0,563	0,706	11,0	8,9
	2000-08-01	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>median</b>	<b>4,9</b>	-	<b>-0,039</b>	<b>3,44</b>	<b>4,39</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>2,15</b>	<b>0,83</b>	<b>1,78</b>	<b>0,86</b>	<b>0,140</b>	<b>0,024</b>	<b>0,772</b>	<b>0,792</b>	<b>9,4</b>	<b>4,1</b>
	<i>n</i> =	9	-	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	6	7	6	6	
Höka (E 22 A)	1999-10-26	5,0	-	0,004	2,47	4,43	<0,002	<0,010	2,36	0,55	2,51	0,42	<0,020	0,009	-	0,287	-	-
	2000-04-26	4,8	-	-0,032	2,52	4,16	<0,002	<0,010	1,17	0,59	2,74	0,66	0,082	0,008	0,733	0,820	4,1	2,6
	2000-08-01	4,7	-	-0,081	3,23	3,68	<0,002	<0,010	0,94	0,47	2,85	0,60	<0,020	0,003	0,919	0,981	4,0	1,7
	<b>median</b>	<b>5,0</b>	-	<b>-0,017</b>	<b>3,17</b>	<b>3,10</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>1,47</b>	<b>0,55</b>	<b>2,85</b>	<b>0,61</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,015</b>	<b>0,365</b>	<b>0,478</b>	<b>7,3</b>	<b>5,5</b>
	<i>n</i> =	13	-	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	11	11	
Häcklinge (E 28 A)	1999-11-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-04-26	5,1	-	0,040	3,05	3,03	0,029	0,030	3,12	0,81	1,91	0,54	0,078	0,028	0,601	0,913	9,8	5,6
	2000-08-02	4,9	-	0,039	2,33	4,54	<0,002	<0,010	2,91	0,63	2,21	0,75	<0,020	0,037	0,493	1,156	14,0	6,4
	<b>median</b>	<b>5,2</b>	-	<b>0,011</b>	<b>3,64</b>	<b>1,61</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>1,88</b>	<b>0,68</b>	<b>1,86</b>	<b>1,11</b>	<b>0,057</b>	<b>0,030</b>	<b>0,438</b>	<b>0,631</b>	<b>7,5</b>	<b>6,8</b>
	<i>n</i> =	8	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	

## 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