



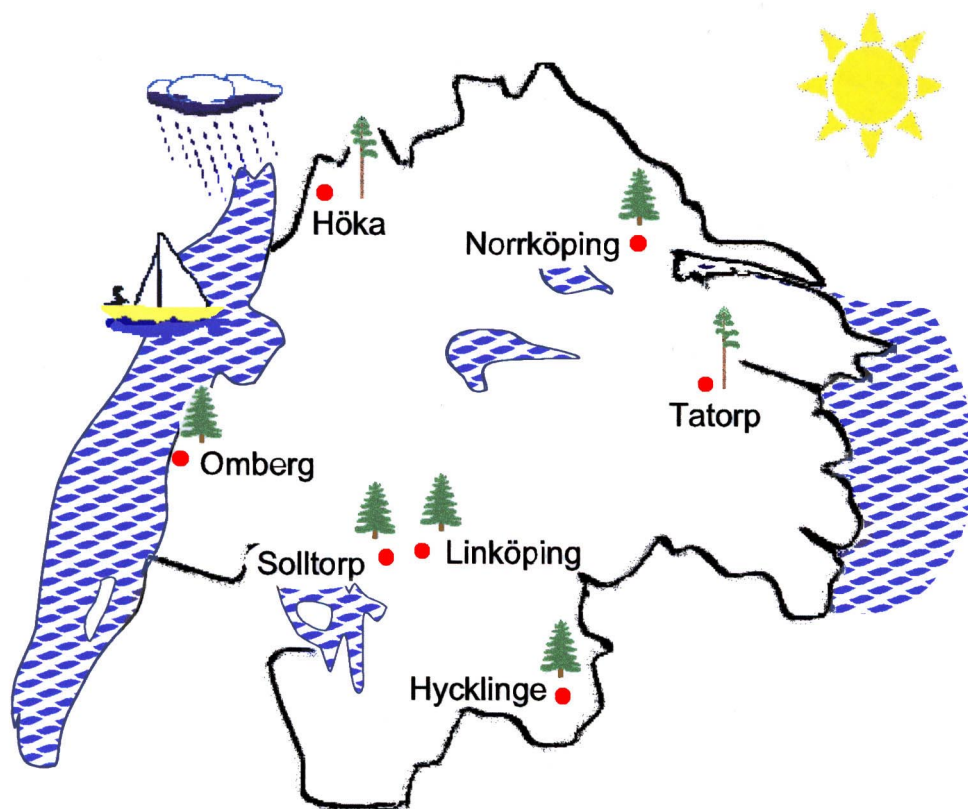
rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Skogsvårdsstyrelsen i Östra Götaland och Östergötlands
Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Östergötlands län

Resultat till och med september 2001



Eva Hallgren Larsson, redaktör

B 1459

Aneboda, mars 2002

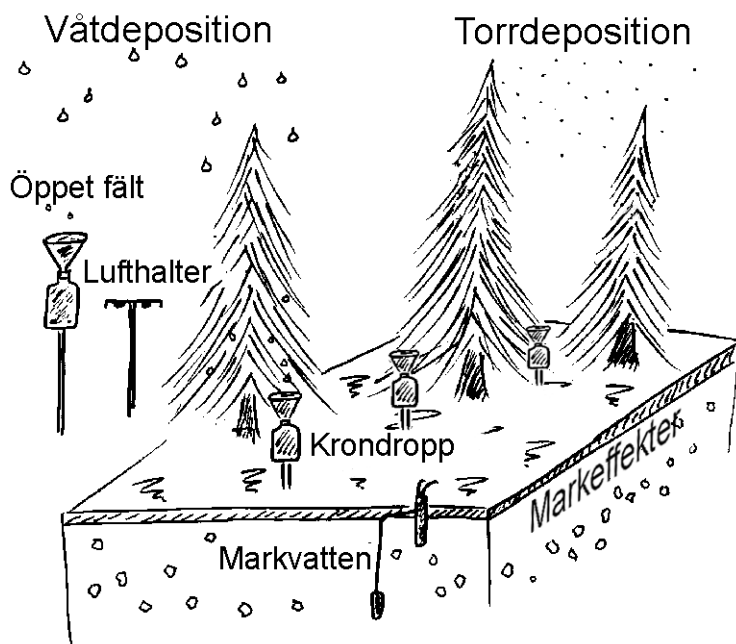
För Skogsvårdsstyrelsen i Östra Götaland och Östergötlands Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Östergötlands län**Resultat till och med september 2001**

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 skogsyrtorna 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. Yrtorna har samlokaliserats 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. 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. Senaste årets data visar ungefär samma belastning av svavel och kväve i Östergötland som i Jönköpings och Örebro län och något mindre belastning än i Kalmar och Södermanlands län. När det gäller kväve är det svårt att se trender. Det är viktigt att internationellt avtalade åtgärder genomförs för att nå förväntad belastning år 2010.

Mest utmärkande för hydrologiska året från oktober 2000 till och med september 2001 var riklig nederbördsmängd, samt större våtdeposition av kväve än något år tidigare sedan mätningarna startade 1991. Som genomsnitt för länets sju lokaler noterades knappt 900 mm nederbörd med pH-värde 4,6 och dess bidrag till kvävenedfallet var 7,3 kg/ha. Även svavelnedfallet var större än vanligt i länet under senare år. Det suraste markvattnet har generellt påträffats i Tatorp och Höka, men även Solltorp och Hycklinge har visat relativt sura förhållanden. Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid och ammoniak har varit låga. Dock var halterna av svaveldioxid tydligt högre än närmast föregående år. Luftens innehåll av marknära ozon har sannolikt orsakat vegetationsskador i hela länet, vilket dock inte är unikt för Östergötlands län utan gäller stora delar av Sverige.



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, skogsyrtor, försurning, markvatten, lufthalter, Östergötlands län**IVL rapport B 1459****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.....	17
Tidsutveckling markvatten.....	19
Tidsutveckling lufthalter	20
Faktaruta: Ozonhalter	20
Data i tabellform – deposition, lufthalter, markvatten	22

Mer information finns på
Krondroppsnetets hemsida:

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

Där finns bland annat:

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

Inledning

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

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

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 första

med det nya programmet för regional övervakning av luftföroreningar, påbörjat hösten 2000. Programmet är ett resultat av ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Det innebär bland annat ökad samordning med nationell övervakning av luft, redovisning av resultat både via hemsida och ordinarie rapporter, förbättrade metoder för att undersöka torr nedfall i skog samt ett program för kvalitetssäkring av mätningarna.

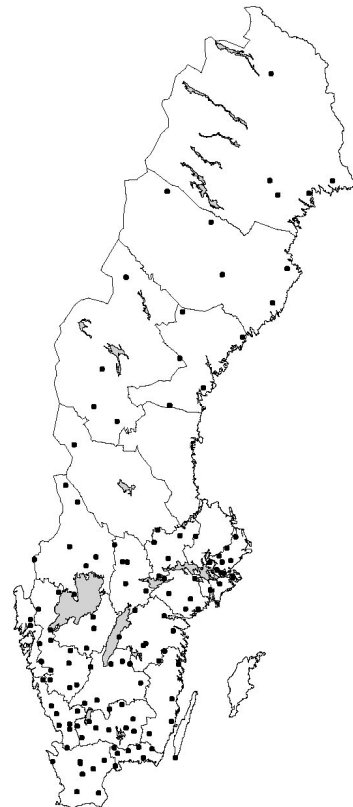
Konkret innebär det att antalet nederbördskemiska mätningar på öppet fält har reducerats och ersatts av beräkningar, vilket framgår av stationsfigurer och tabeller i årets rapport. Modellberäkningar av deposition utförs av SMHI och resultaten kommer i första hand att finnas tillgängliga via hemsida från sommaren 2002. Förbättrade metoder att undersöka torr nedfall i skog är delvis finansierade av NV. Dessa mätningar görs i så kallade intensivytor. Det är elva lokaler, utvalda för att representera olika delar av landet. Intensivytorna ingår i NVs program för övervakning av deposition till skog, start hösten 2000. När det gäller kvalitetssäkring är provtagningen ackrediterad enligt SWEDAC. En provtagarutbildning genomfördes på Asa Herrgård i Kronobergs län (SLUs Försöks-park) den 14-15 november 2001. Totalt deltog 38 provtagare, vilket motsvarar drygt hälften av samtliga inom Krondroppsnätet.

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

Föreslagna miljö kvalitetsmål i Sverige baseras på internationellt avtalade utsläppsminskningar. Minskningen kan räknas om till

deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Götaland år 2010 innebär det en förväntad genomsnittlig belastning i både öppna och skogbevuxna områden på cirka 3 kg svavel och 5,5 kg kväve per ha och år.

Undersökningarna i **Östergötlands län** är resultat av ett lagarbete, där provtagning utförts av Tore Lindén, Björn Johansson, Bertil Karlsson och Peter Andersson, samtliga Skogsvårdsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. G. Hedberg, K. Koos, M. Jonsson, I. Torbrink, S. Svensson, A. Danielsson, C. Larsson, K. Hommerberg och B. Dusan står för analysarbetet. Validering av data har huvudsakligen utförts av G. Hedberg. J. Knulst, G. Malm och E. Ugglar har arbetat med databearbetning och figurframställning. E. Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med O. Westling och A. Svensson (lufthalter) utvärderat och rapporterat resultaten.



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

Ord att förklara

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

Antropogen: Orsakad av människan.

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

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

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och lufthalter mäts.

Förklaring till stationsfigurer

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

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

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

Stationsvis redovisning

Se figur 3-9 om deposition och markvatten, figur 10 om lufthalter samt tabell 2-5.

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.

Utmärkande för senaste årets data i Norrköping/Kvillinge är mycket riklig nederbördsmängd. Under perioden oktober 2000 till september 2001 noterades 1095 mm nederbörd, vilket är betydligt mer än något år tidigare och 50 % mer än genomsnittet för alla tio år när mätningar har genomförts. Detta är den huvudsakliga förklaringen till stor våtdeposition av svavel och kväve under senaste året; 6,2 kg svavel och 9,6 kg kväve per hektar. Till marken i skogen noterades 6,8 kg svavel och 7,9 kg kväve per hektar. Siffrorna visar ungefär dubbelt så stor belastning av svavel och kväve under senaste året jämfört med närmast föregående år. För kväve är det till och med mer än vad som noterats något år tidigare i den nu tioåriga mätserien.

För övrigt illustrerar mätperioden som helhet på ett 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 1991 har det totala nedfallet av svavel halverats. Till marken i skogen deponerades i genomsnitt 10 kg/ha under de tre första åren jämfört med 5 kg/ha under de tre senaste åren. 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. Inverkan från havssalter, mätt som nedfall av klorid, var något mindre än genomsnittet för alla tio år. Till marken i skogen noterades drygt 12 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. Senaste årets data visar inget anmärkningsvärt utan ligger i nivå med tidigare års resultat. Provtagningen i juli blev resultatlös, sannolikt på grund av torka. Medianvärden från samtliga provtagningar är pH-värde 5,5 samtidigt som totala halterna av aluminium har varit låga; 0,13 mg/l. Halterna av nitratkväve har oftast varit under detektionsgränsen. Det är normalt i svensk skogsmark och indikerar att tillgängligt kväve utnyttjas effektivt i ekosystemet. Sedan mätningarna startade har ett flertal signifikanta förändringar noterats. Det gäller sjunkande halter av klorid, kalcium, magnesium, mangan, oorganiskt och totalt aluminium samt totalt organiskt kol.

Linköping (E 03): Över 100 år 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. Mätning av deposition och markvatten startade 1991.

Även från Skullebo redovisas mer nederbörd under oktober 2000 till september 2001 än genomsnittet för den tioåriga mätserien. På öppet fält noterades 789 mm,

vilket bidragit till förhållandevis stor våtdeposition av svavel och kväve; 4,3 kg svavel och 6,5 kg kväve per hektar. För kväve är det den största våtdepositionen sedan mätningarna startade. För svavel förekom högre värden under två år i början av 1990-talet. På samma sätt som för många andra lokaler i länet visade krondroppsmätningarna lägre värden både för svavel och kväve. För kväve är detta normalt i områden med låg till måttlig kvävebelastning eftersom kväve påverkas av upptag och omvandling i trädskronorna. Torrdeposition av kväve gör att den totala kvävebelastningen till skogen är större än uppmätt deposition via krondropp. För Skullebo kan den totala kvävebelastningen antas vara cirka 30 % större än nedfallet på öppet fält. Att mätningarna visar mindre svavelnedfall via krondropp än på öppet fält indikerar att torrdepositionen av svavel varit liten. Nedfallet av havssalter, mätt som kloridnedfall, var mindre än något år tidigare; knappt 10 kg/ha.

Även i Skullebo kan rörligt markvatten/ytligt grundvatten förekomma och påverka provtagningsresultaten, vilket kanske främst noteras som förbättrad status avseende försurningsparametrar. Det medför även att variationen mellan olika provtagningsomgångar blir större. I stora drag gäller för området ganska normala förhållanden avseende försurning och kvävestatus, pH-värde 5,4, knappt 0,5 mg/l av aluminium totalt samt kvävehalter som oftast varit under detektionsgränsen. Halterna av klorid har visat betydande variation i Skullebo. Som exempel kan nämnas att halterna under våren och sommaren 2001 (3-5 mg/l) var betydligt lägre än vid de tre provtagningarna år 2000 (17-25 mg/l). Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har varit bland de högsta i länet, vilket indikerar mindre försurningsgrad jämfört med övriga lokaler. Trots betydande variationer mellan olika provtagningsomgångar har ett flertal signifikanta förändringar

noterats sedan mätningarna startade 1991. Det gäller sjunkande värden för sulfatsvavel, klorid, katjonerna kalcium, magnesium, natrium och kalium samt oorganiskt aluminium. Samtidigt har halterna av aluminium som är bundet i organiska föreningar och vattnets syraneutraliserande förmåga, ANC, ökat. Ökad ANC antyder minskad försurningsgrad.

Tatorp (E 04): Nationell observationsyta med drygt 65-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 fem hydrologiska år finns.

Senaste årets data från Tatorp visar större våtdeposition av svavel och kväve än något år tidigare i mätserien; 5,8 kg svavel och 6,9 kg kväve per hektar. Förklaringen är främst höga halter av dessa ämnen i senaste årets nederbörd. Uppmätt mängd nederbörd, 816 mm, ligger nära genomsnittet för femårsperioden i Tatorp. Förhållandevis höga värden för våtdeponerat svavel och kväve har förekommit på många platser i södra Sverige under senaste året och generellt har både nederbörsmängd och dess halter av framför allt kväve visat höga värden.

Liksom tidigare år noterades lägre värden i kron dropp både för svavel och kväve. Att svavel visar mindre nedfall via kron dropp 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 kron droppsinsamlarna. 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 fel marginalen, exempelvis hur effektivt torrdeponerade partiklar tvättas av från barr och grenar, kan också påverka resultaten. Om svavel kan tas upp som nä-

ringsämne i träd kronorna är oklart. I takt med att torrdeposition av svavel har minskat i Götaland har det blivit vanligare att kron dropp visar mindre svavelnedfall än mätningarna på öppet fält.

Tatorp har i allmänhet haft länets suraste markvatten och situationen ser inte ut att ha förbättrats. Två provtagningar under senaste året visar något lägre pH-värden och högre halter av de olika aluminiumfraktionerna än medianvärdet från samtliga provtagningar. Tyvärr blev juli månads provtagning resultatlös på grund av torka; sparsam nederbörsmängd i kombination med stort vattenbehov för vegetationen. Som medianvärden från denna lokaler gäller pH-värde 4,6 och 1,7 mg/l av totalt aluminium. Halterna av nitratkväve har nästan alltid varit under detektionsgränsen, vilket är normalt i svensk skogsmark och indikerar att tillgängligt kväve utnyttjas effektivt av vegetationen. Sedan mätningarna startade har pH-värdet i marken sjunkit signifikant (ökad försurningsgrad).

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.

Senaste årets data från Omberg visar mer nederbörd och större nedfall av svavel och kväve än närmast föregående år. På öppet fält noterades 3,4 kg svavel och 6,7 kg kväve per hektar och via kron dropp 2,7 kg svavel och 4,0 kg kväve. För svavel var det mindre än genomsnittet för hela perioden. Det förklaras av att vi har haft en gynnsam utveckling med successivt minskad svavelbelastning under 1990-talet. Främst är det torrdepositionen av svavel som har minskat. När det gäller kväve finns inte samma positiva trend; senaste årets resultat visar till och med något större kvävebelastning än vad som varit normalt under hela 1990-talet. Påverkan från havet,

mätt som kloridnedfall, var det minsta som noterats under hela tioårsperioden, drygt 8 kg/ha. Nedfallet av klorid visar ofta betydande variation mellan olika år beroende på i vilken utsträckning saltförande vindar förekommer.

Marken på Omberg är kalkrik och bördig och markvattenprovtagningarna har oftast visat högre värden för pH och ammoniumkväve än från länets övriga lokaler. Vid provtagningarna i början av 1990-talet noterades i allmänhet pH-värden mellan 5 och 6. Data från senare år har visat större variation, och så mycket som pH-värde 4,6 respektive 7,3 vid två provtagningar senaste året. Generellt har det varit svårt att få markvatten på Omberg och utbytet har varit litet trots att två extra lysimetrar installerats i september 2000. Till exempel erhöles endast 40 respektive 67 ml vid provtagningarna i november 2000 och april 2001. Möjligtvis kan de små vattenmängderna medföra koncentrationseffekter och förhållandevis höga halter. Eftersom ytan ligger i en sluttning kan vatten sannolikt transporteras i sidled i marken och medföra skillnader mellan olika tillfällen. Senaste årets data visar ovanligt höga halter av nitratkväve, vilket även noterades under de första åren. Det indikerar någon form av störd kväveomsättning i ekosystemet och att utlakning av kväve förekommer vid vissa tillfällen. Sedan mätningarna startade har halterna av sulfatsvavel, klorid, magnesium, natrium, kalium och totalt organiskt kol minskat signifikant medan beräknad ANC har ökat.

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

På samma sätt som på Omberg noterades drygt 10 % mer nederbörd än genomsnittet för den nu femåriga mätperioden. Samtidigt visade nedfallet av både svavel och kväve högre värden än något år tidigare i Solltorp. Det beror på en kombination av mycket nederbörd och höga halter av svavel och kväve i både nederbörd och krondropp. På öppet fält noterades 4,4 kg svavel och 6,8 kg kväve per hektar. Till marken i skogen deponerades 4,7 kg svavel och 2,3 kg kväve per hektar. På samma sätt om övriga lokaler i länet var påverkan från havssalt liten, i Solltorp till och med mindre än något år tidigare i mätserien. Drygt 40 % av nederbördsmängden passerade krontaket och blev krondropp. Detta är mindre än på övriga granytor i länet och mindre än medelvärdet för samtliga granytor där IVL mäter nedfall av luftföroreningar (drygt 60 %). Mängden krondropp påverkas bland annat av hur tät skogen är och hur det regnar.

Att den totala mängden krondropp generellt varit liten i Solltorp kan bidra till att det ofta varit svårt att få markvatten från ytan. Under det senaste året har det dock fungerat enligt planerna sånär som på att provtagningen i juli blev resultatlös, vilket gäller länets samtliga ytor. Provseriens högsta pH-värde noterades i april 2001; 5,9. Samtidigt var halten totalt aluminium lägre än vanligt medan halten ammonium var högre än vanligt. Övriga undersökningar som IVL genomfört har visat att påtagliga halter av ammonium har varit vanligast på bördiga marker med relativt höga pH-värdena. För lokalen typiska värden visar viss försurning; pH-värde 5,0 och 0,8 mg/l av aluminium totalt. Halterna av nitratkväve har oftast varit under detektionsgränsen vilket är normalt för växande bestånd med normal kväveomsättning.

Lufthalterna av svaveldioxid (SO₂) i Solltorp var jämförbara med dem i Höka som är beläget i nordvästra hörnet av Östergötlands län. Medelhalterna under hydrologiska

året oktober 2000 till september 2001 var även jämförbara med halterna i Edeby i mellersta Södermanland, Risebo i norra Kalmar samt Bordsjö och Fagerhult i nordöstra Jönköpings län. Även halterna av kvävedioxid (NO₂) var jämförbara med de i Höka, Edeby, Bordsjö och Fagerhult. Halterna i Risebo var något lägre än de i Solltorp. Lufthalterna av svaveldioxid och kvävedioxid var lägre än de delmål för Miljökvalitetsmålet Frisk luft som riksdagen har beslutat ska gälla för år 2010, se "Ord att förklara". Ammoniakhalterna (NH₃) i Solltorp var något högre än de i Höka. Dock var halterna generellt låga och medelhalten för sommarhalvåret var 0,5 µg/m³ på båda stationerna. Medelhalten av marknära ozon (O₃) under sommarhalvåret, 56 µg/m³, var ungefär den samma som föregående år och något lägre än den i Höka. På EMEP-stationen Norra Kvill, belägen i nordvästra delen av Kalmar län, var sommarens medelhalt betydligt högre, 73 µg/m³. Den högre halten i Norra Kvill var dock väntad på grund av stationens läge och representativitet för storskalig ozonbelastning. De högsta halterna noterades i april och maj, vilket är normalt eftersom bildningen av ozon påverkas av tillgång på kväveoxider, flyktiga organiska ämnen, ljus och värme.

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.

I Höka noterades 1113 mm nederbörd på öppet fält under oktober 2000 till september 2001. Det är mer än något år tidigare och 20 % mer än genomsnittet för de fem år som mätningar har genomförts. Halterna av svavel och kväve var på ungefär samma nivå som tidigare, vilket leder till större nedfall av dessa ämnen än något år tidigare i mätserien (gäller både öppet fält

och krondropp). På öppet fält noterades 4,9 kg svavel och 8,2 kg kväve per hektar och för krondropp var siffrorna lägre.

Markvatten från Höka visar försurningspåverkan genom låga pH-värden, (4,9), negativa värden för ANC och länets lägsta värden för den försurningsindikerande kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. Olika provtagningstillfällena har generellt visat samstämmiga resultat. Senaste årets provtagningar antyder ingen förbättring avseende försurningsstatus; snarare har lägre värden noterats för både pH, ANC och kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. 16 provtagningar visar signifikant ökad halt av vätejoner, totalt och oorganiskt aluminium och sjunkande värden för ANC. Dessa förändringar indikerar ökad försurningsstatus. Övriga signifikanta förändringar som noterats är sjunkande värden för magnesium, natrium, kalium, järn och totalt organiskt kol (TOC).

Lufthalterna av svaveldioxid (SO₂) och kvävedioxid (NO₂) var på jämförbar nivå med halterna i Solltorp. Halterna av både svaveldioxid och kvävedioxid var lägre än de delmål som riksdagen har beslutat ska gälla för år 2010, se "Ord att förklara". Ammoniakhalterna i Höka var låga och medelhalten för sommarhalvåret var, precis som i Solltorp, 0,5 µg/m³. Medelhalten av marknära ozon (O₃) under sommarhalvåret, 61 µg/m³, var ungefär densamma som föregående år och något högre än i Solltorp, Edeby i mellersta Södermanland, Risebo i norra Kalmar samt Bordsjö och Fagerhult i nordöstra Jönköpings län. På EMEP-stationen Norra Kvill, belägen i nordvästra delen av Kalmar län, var halterna generellt högre, 73 µg/m³ som medelvärde för sommarhalvåret. Liksom i Solltorp noterades de högsta halterna i april och maj. Situationen är likartad i så gott som hela Sverige och de höga halterna kan orsaka betydande skördeförluster 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. Vildsvin och grävling förekommer i området och efter diverse reparation hägnades utrustningen in hösten 1999.

Liksom på övriga lokaler där mätningarna startade 1996 noterades mätseriens största nedfall av svavel och kväve under det senaste hydrologiska året. På öppet fält noterades 4,4 kg svavel och 6,7 kg kväve per hektar. Via krondropp deponerades 5,6 kg svavel per hektar. Trots sitt skyddade läge på plan mark innebär det en andraplacering, efter Norrköpings-

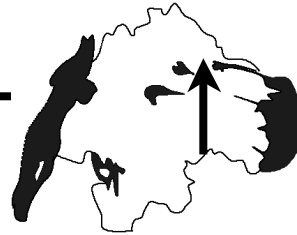
tan, i länets interna "svavelliga". Torrdepositionen av svavel, mätt som skillnad mellan nedfall via krondropp och på öppet fält, var 1,2 kg/ha, vilket är mer än föregående år och mer än medelvärdet för hela mätserien. Förhållandevis stor torrdeposition av svavel stämmer väl överens med högre halter av svaveldioxid vintern 2000/01 än vintern 1999/00, vilket noterades i såväl Solltorp som Höka, se figur 13. Högre halter av svaveldioxid och större torrdeposition av svavel hydrologiska året 2000/01 än 1999/00 gäller en stor del av undersökta lokaler i södra Sverige.

Markvatten från Hycklinge har visat måttlig, men något ökande, försurningsgrad. Medianvärdet för 10 provtagningar av markvatten är pH-värde 5,1 och senaste årets

data visade något lägre värden, 4,9-5,0. Halterna av aluminium visar samstämmiga resultat och senaste årets data visar högre värden (1,0-1,3 mg/l) jämfört med medianvärdet för hela perioden, 0,8 mg/l. Både när det gäller sjunkande pH-värden och ökande halter av aluminium är förändringarna signifikanta och indikerar ökad försurningsgrad i markvatten. Övriga signifikanta förändringar som noterats i markvatten från Hycklinge är sjunkande halter av sulfatsvavel och kalium samt ökande halter av organiskt bundet aluminium. Halterna av nitratkväve har varit under detektionsgränsen utom vid ett tillfälle (april 2000) vilket är normalt i växande bestånd.

Norrköping (E 02)

Gran, 81 år

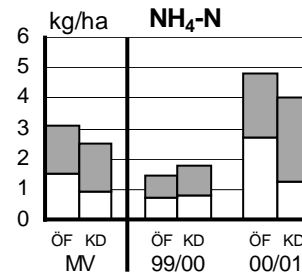
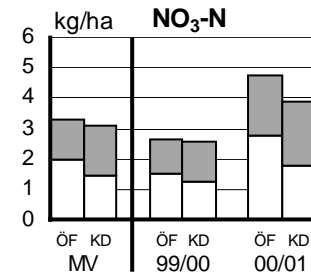
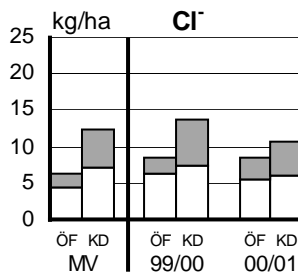
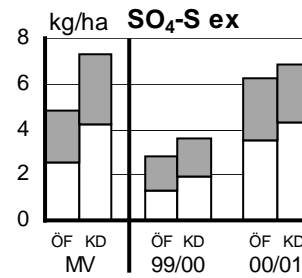
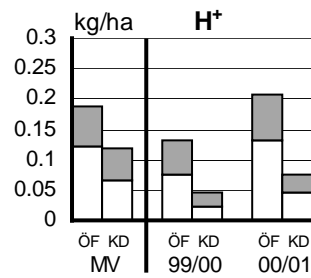
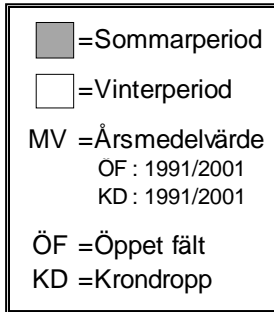


DEPOSITION

(E 02)

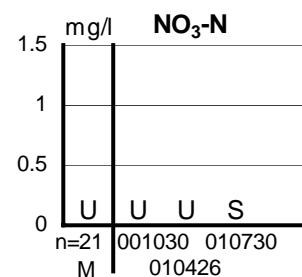
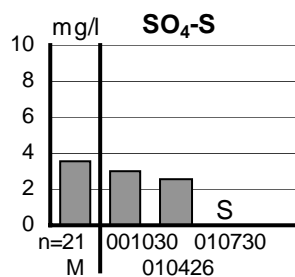
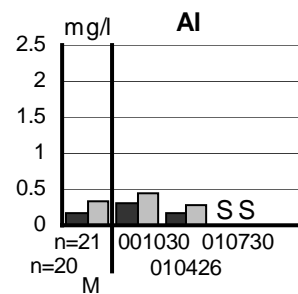
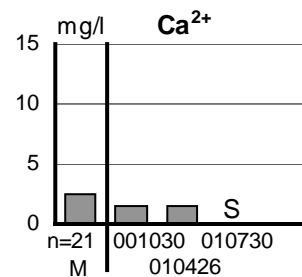
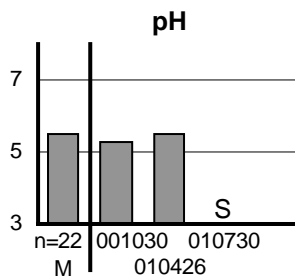
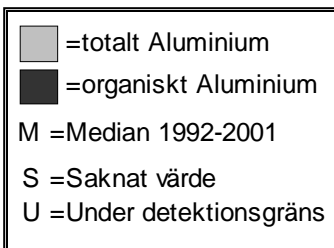
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	99/00	00/01	
Sommar	359	371	465
Vinter	348	267	630



MARKVATTEN

(E 02)



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

Skullebo (E 03)

Gran, 104 år

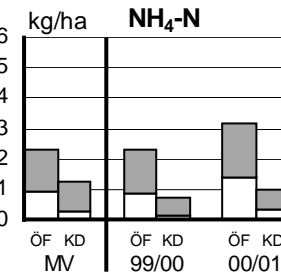
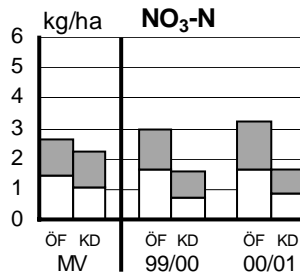
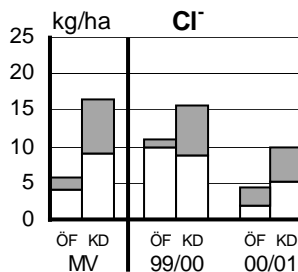
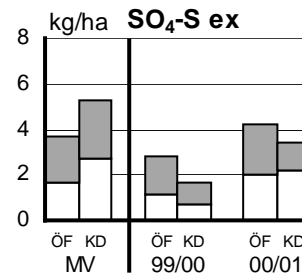
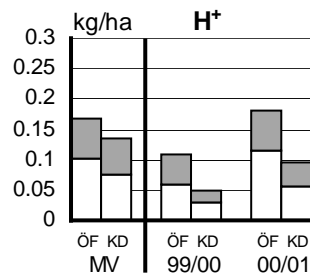
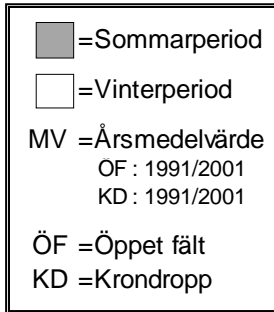


DEPOSITION

(E 03)

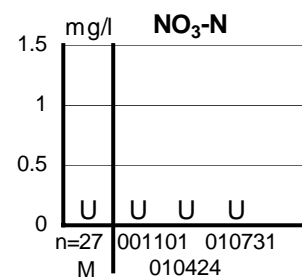
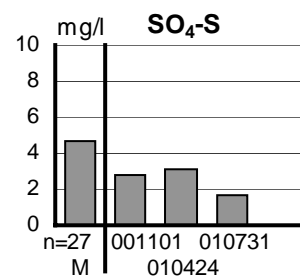
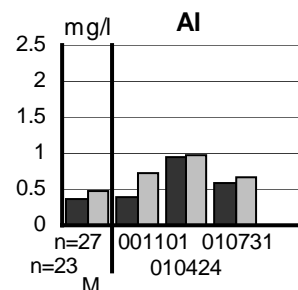
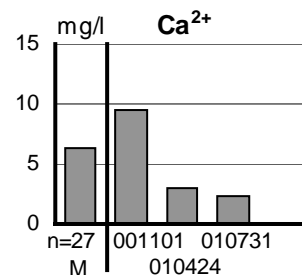
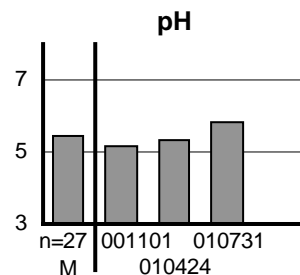
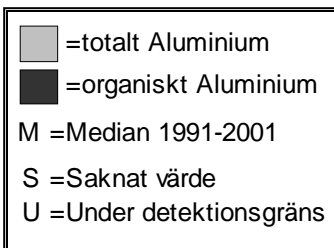
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00	00/01
Sommar	376	355	439
Vinter	322	311	350



MARKVATTEN

(E 03)



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

Tatorp (E 04)

Tall, 65 år

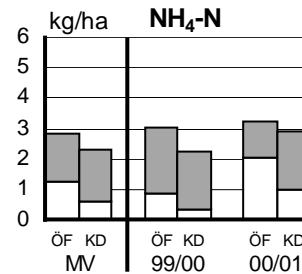
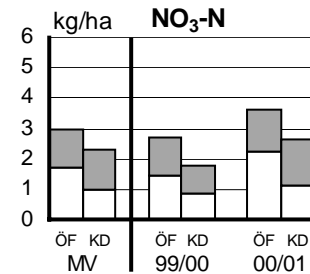
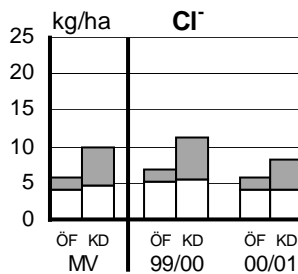
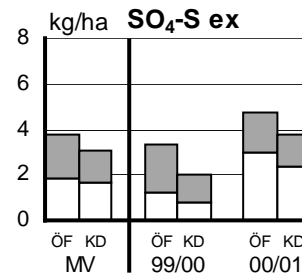
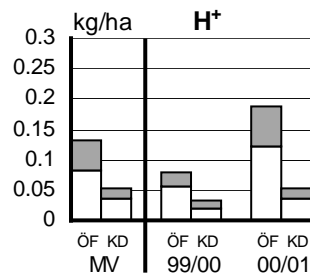
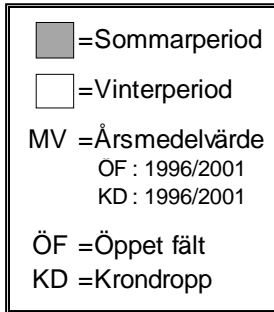


DEPOSITION

(E 04)

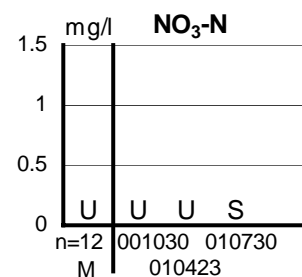
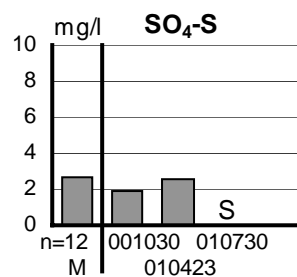
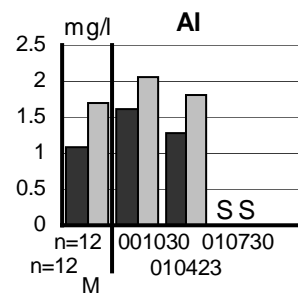
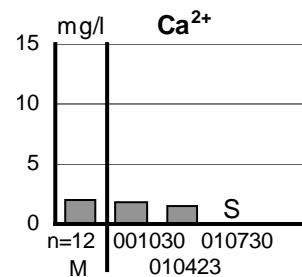
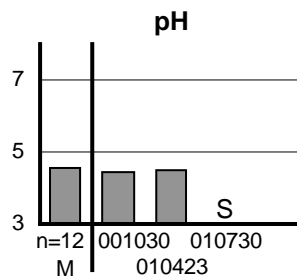
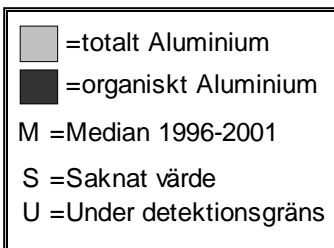
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00	00/01
Sommar	385	401	332
Vinter	381	363	483



MARKVATTEN

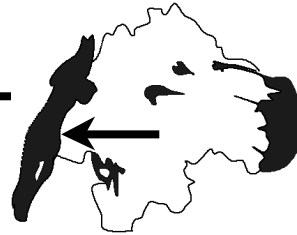
(E 04)



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

Omberg (E 08)

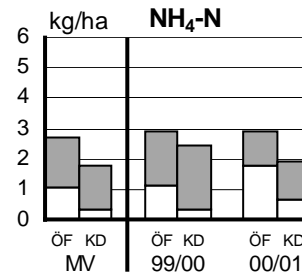
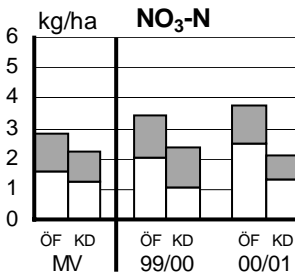
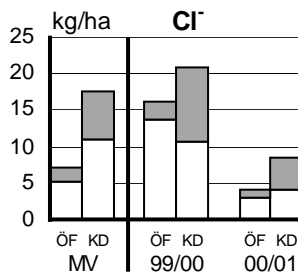
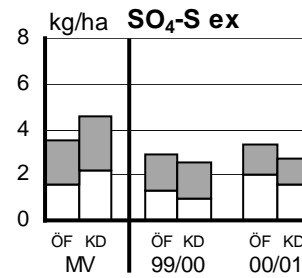
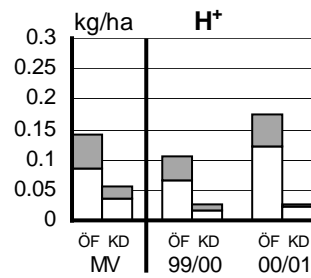
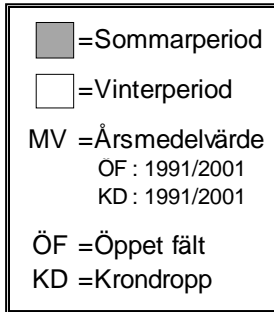
Gran, 79 år



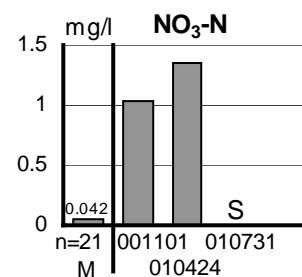
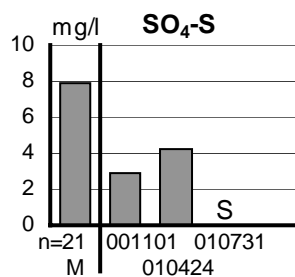
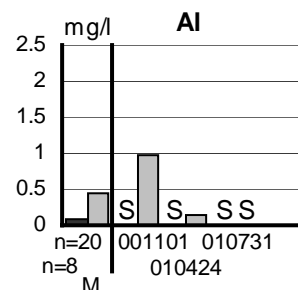
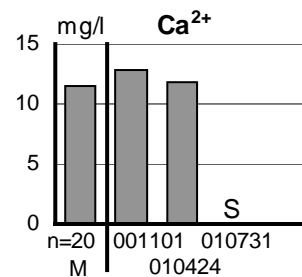
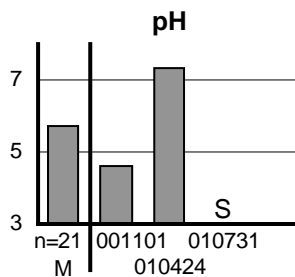
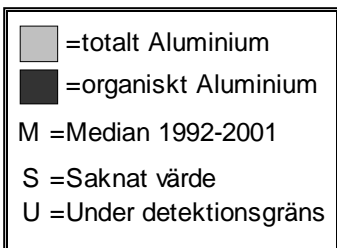
DEPOSITION (E 08)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV	99/00	00/01	
Sommar	356	386	333
Vinter	320	321	434



MARKVATTEN (E 08)



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

Solltorp (E 21)
Gran, 66 år

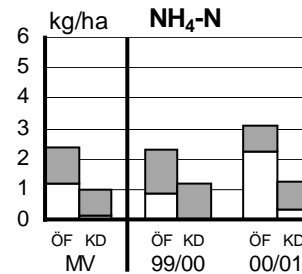
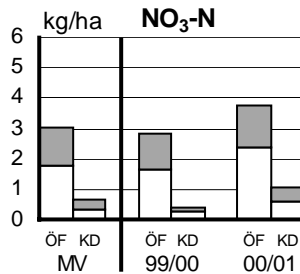
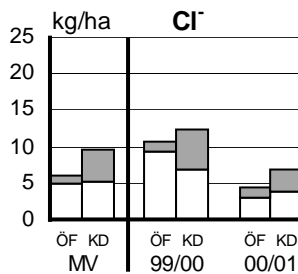
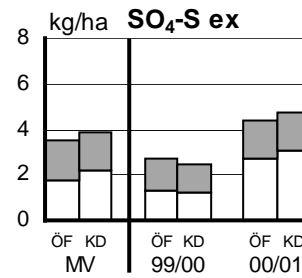
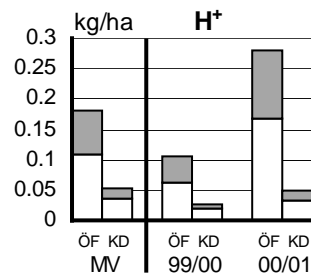


DEPOSITION
(E 21)

Nederbörd på ÖF (mm)

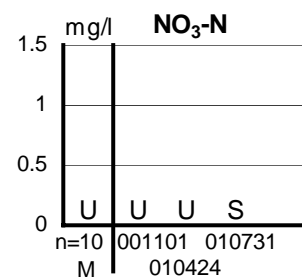
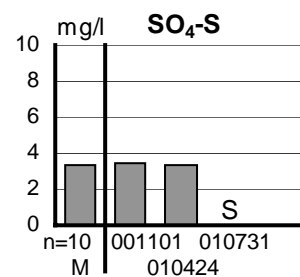
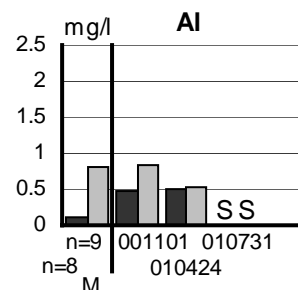
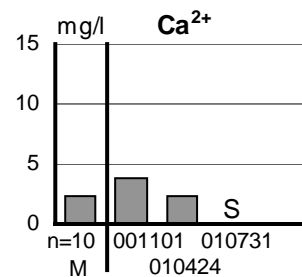
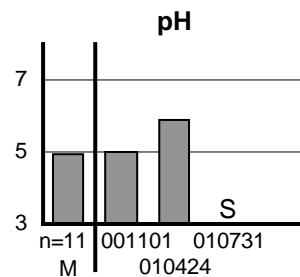
	MV	99/00	00/01
Sommar	405	355	419
Vinter	401	329	493

=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 OF : 1996/2001
 KD : 1996/2001
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN
(E 21)

=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1996-2001
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



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

Höka (E 22)

Tall, 66 år



DEPOSITION

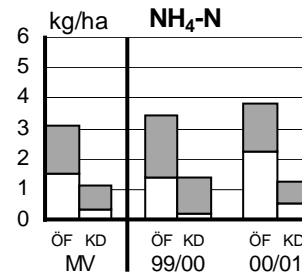
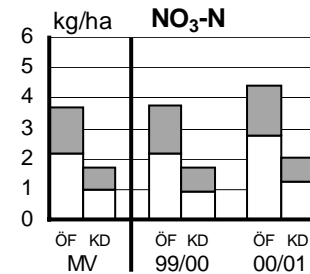
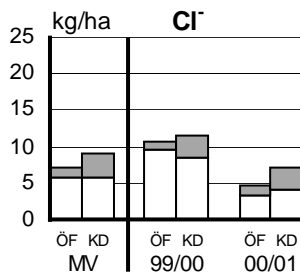
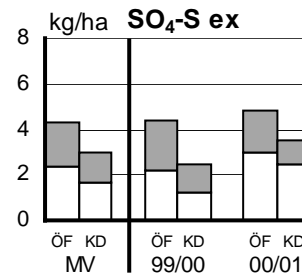
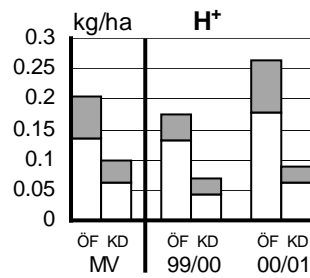
(E 22)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV	99/00	00/01
423	396	407
512	404	706

Sommar
Vinter

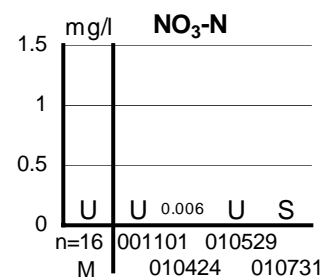
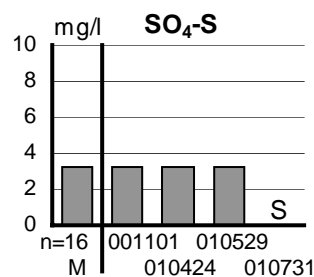
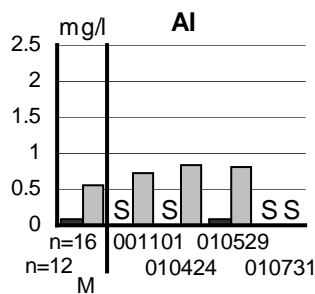
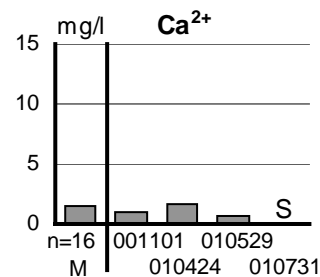
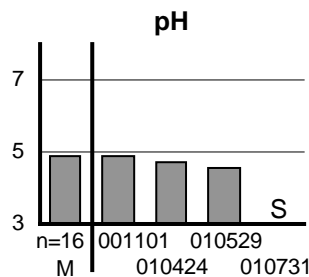
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1996/2001
 KD : 1996/2001
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(E 22)

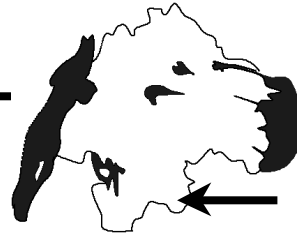
=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1996-2001
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



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

Hycklinge (E 28)

Gran, 70 år

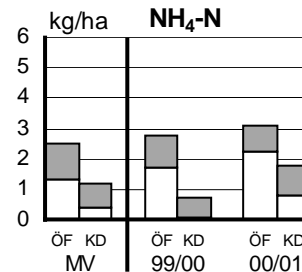
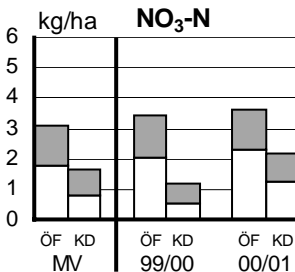
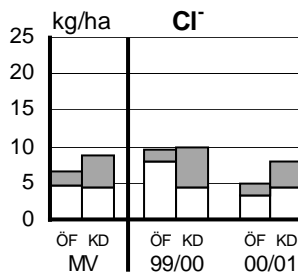
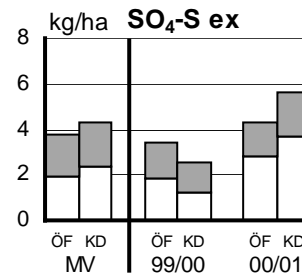
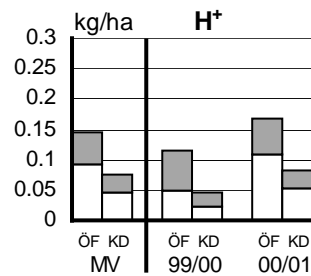
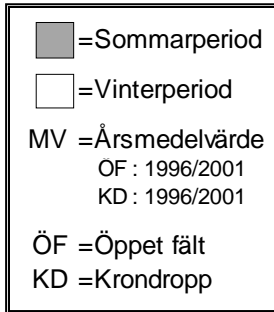


DEPOSITION

(E 28)

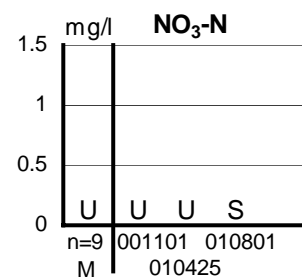
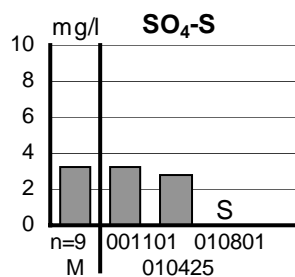
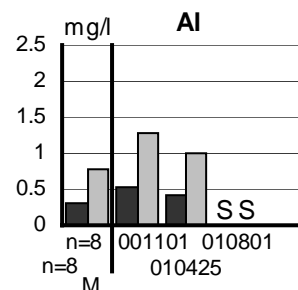
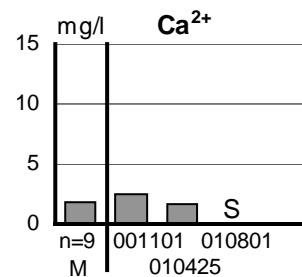
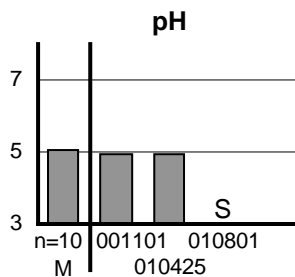
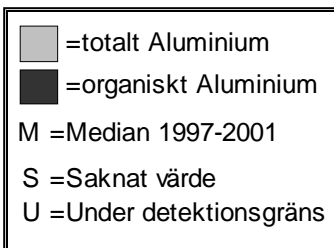
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	99/00	00/01
Sommar	368	416	328
Vinter	323	271	420

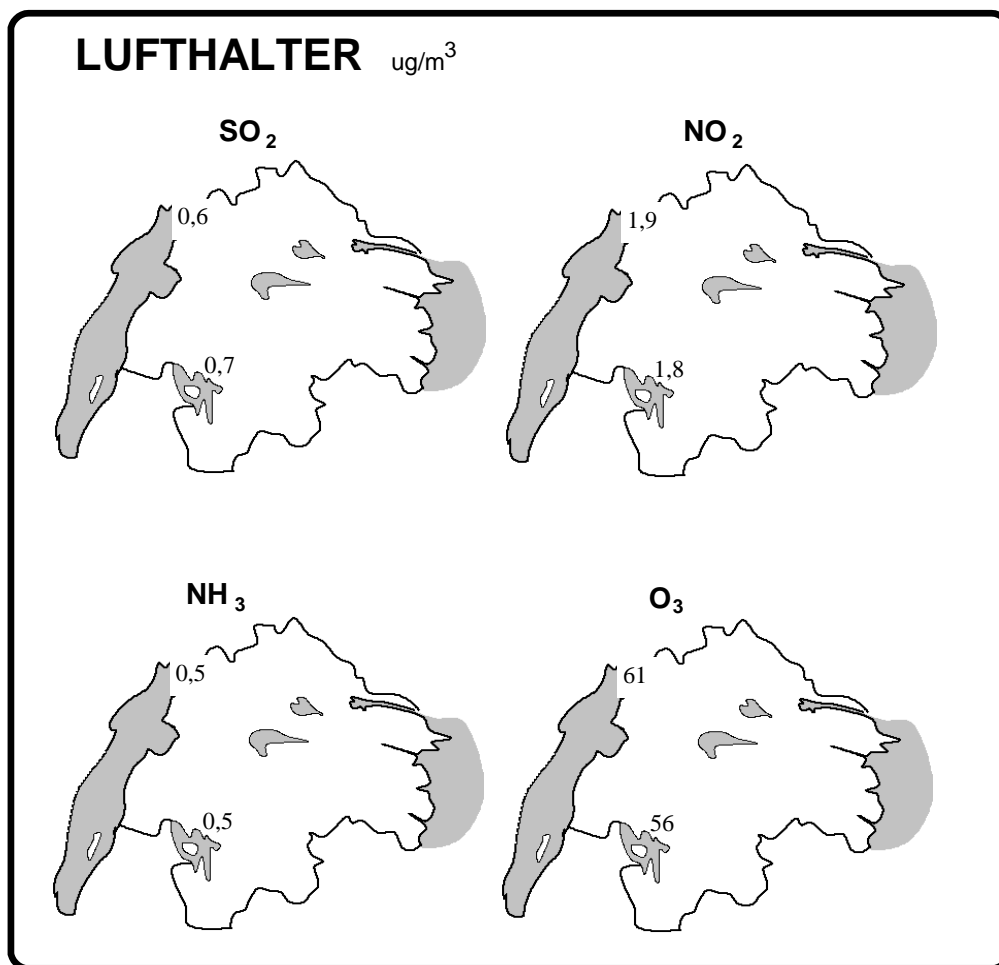


MARKVATTEN

(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 SO_2 och NO_2 gäller oktober 2000 till september 2001 och för O_3 och NH_3 gäller perioden april - september 2001.

Tidsutveckling deposition

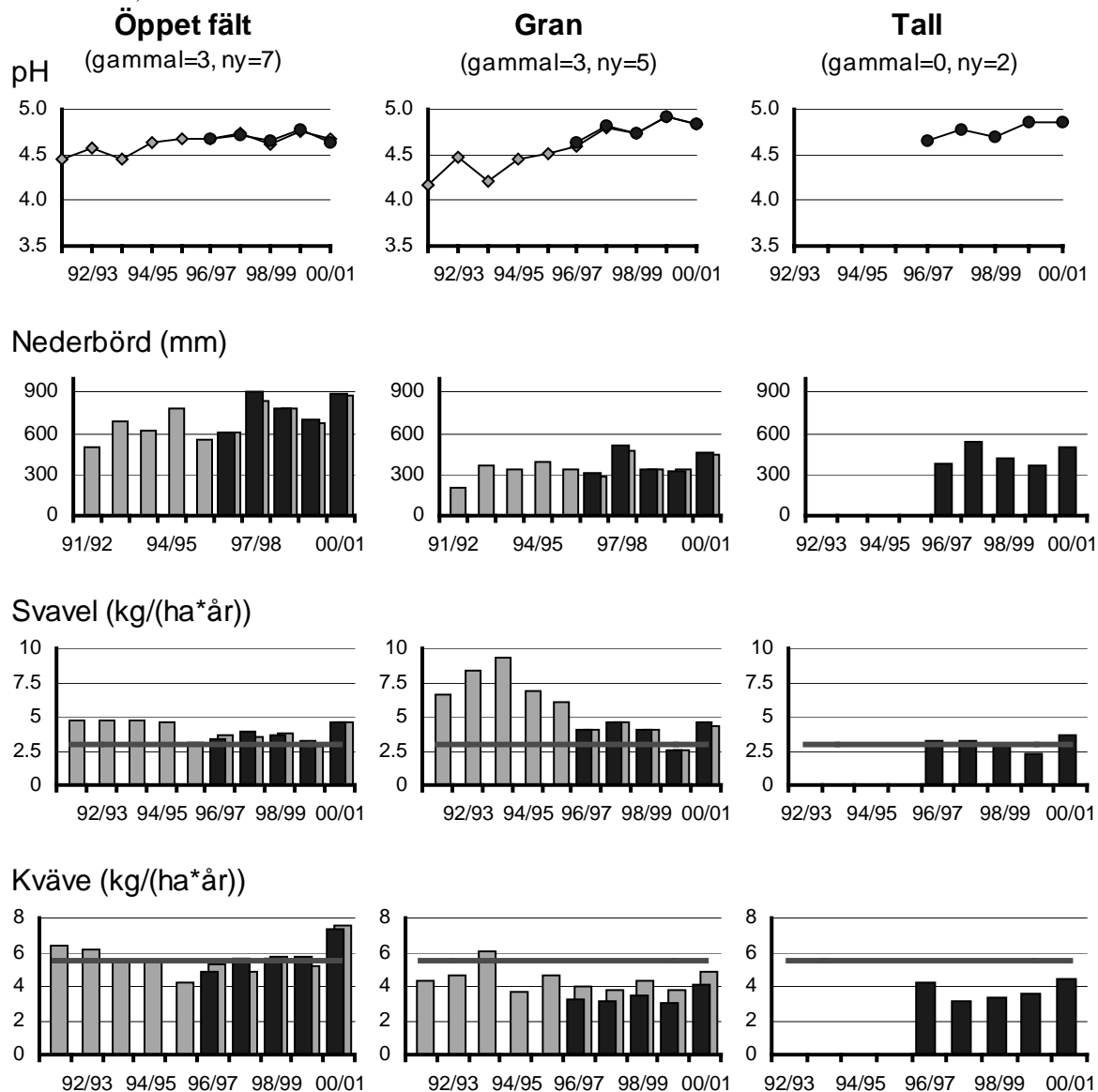
Tidsserie "gammal" visar utveckling på tre lokaler som varit med sedan mätningarna startade 1991. De ingår även i serien med nuvarande lokaler. Generellt visar "gammal" serie *utveckling i tiden* medan "ny" serie ger en bättre bild av *nuvarande nivå*.

Figur 11 visar minskad försurningsbelastning i länet och att surhetsgraden i nederbörd och krondropp har minskat sedan mätningarna startade 1991. Utvecklingen har varit tydligare i krondropp som även påverkas av torrdeposition och olika processer i trädkronan, se "Interncirkula-

tion" i ord att förklara. Som genomsnitt för senaste årets nederbörd gäller pH-värde 4,6. Vidare visar figuren en successiv ökning av nederbördsmängden. Sedan mätningarna startade har uppmätt nederbördsmängd ökat med 50 % i Östergötlands län. Som genomsnitt för länets samtliga lokaler gäller 891 mm under perioden oktober 2000 till och med september 2001. Ungefär hälften av detta har passerat trädkronorna som krondropp.

Riklig nederbördsmängd har medfört förhållandevis stor våtdeposition av svavel och kväve. För svavel gäller 4,6 kg/ha, vilket är i nivå med situationen i början av

1990-talet. Senaste årets svavelnedfall till marken i skogen var på samma nivå som på öppet fält; 4,7 kg/ha. På grund av torrdeposition av svavel visade krondroppsmätningarna betydligt högre värden i början av 1990-talet. För kväve finns inte samma tydliga trend mot minskad belastning som för svavel. Senaste årets data visar till och med större belastning på öppet fält än något år tidigare. Till stor del förklaras det av riklig nederbördsmängd, men också av förhållandevis höga halter av kväve i nederbörden under senaste året, oktober 2000 till september 2001.



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). Markerad linje anger förväntad genomsnittlig nivå i Götaland år 2010 om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

Dock har halterna av oorganiskt kväve i nederbörd från Östergötlands län generellt sett varit lägre under de fem senaste åren jämfört med de fem första åren då mätningar genomfördes.

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

att halterna har minskat kraftigt har inte depositionen på öppet fält reducerats i samma omfattning i alla län. Det beror på att större delen av Sverige har haft en successivt ökande nederbörds mängd under 1990-talet, i vissa fall över 50 %.

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

Det finns exempel på minskade halter av oorganiskt kväve i undersökningarna av nederbörden på öppet fält. Signifikanta minskningar i storleksordningen 30 till

40 % under perioden 1991 till 2001 noteras i flera län i mellersta och norra Sverige. Depositionen har dock inte minskat på grund av de ökande nederbörds mängderna under perioden. I södra Sverige, där halterna inte förändrats så mycket, finns exempel på öknings av depositionen på öppet fält under senare år med hög nederbörd. Krondroppsmätningar i granskog visar i regel relativt konstanta nivåer på kvävedeposition, vilket indikerar att totaldepositionen till skog inte ökat kraftigt med de stigande nederbörds mängderna. Däremot har fördelningen mellan våt och torr deposition troligen förändrats. Ökat upptag och omvandling av kväve i trädkronan kan också minska kvävemängderna i krondroppet under år med riklig nederbörd och goda förhållanden för träd tillväxt, samt tillväxt av alger och lavar på träden.

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

Län	Öppet fält			Granskog		
	Volymvägda halter, SO ₄ -S _{ex} , mg/l			Deposition, SO ₄ -S _{ex} , kg/ha*år		
	Beräknat 1991	Beräknat 2001	Minskning	Beräknat 1991	Beräknat 2001	Minskning
Skåne län	1,05	0,54	49%	17,8	6,7	62%
Blekinge län	1,01	0,52	48%	14,9	5,2	65%
Jönköpings län	0,86	0,42	52%	13,8	3,0	78%
Västra Götaland	0,86	0,41	52%	13,4	4,3	68%
Kronobergs län	0,81	0,39	52%	10,7	4,4	59%
Kalmar län	0,97	0,43	55%	-	-	-
Örebro län	0,90	0,33	63%	8,2	2,3	73%
Östergötlands län	0,84	0,40	53%	8,9	3,2	64%
Södermanlands län	0,84	0,40	53%	8,1	3,9	52%
Värmlands län	0,75	0,35	53%	7,1	2,9	59%
Fyra norrlandslän	0,52	0,22	57%	3,0	1,9	37%
Medelvärde			53%			64%

Tidsutveckling markvatten

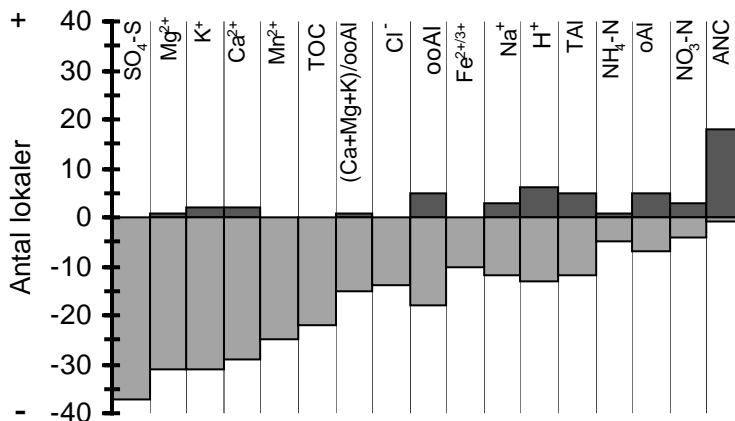
Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är korta. Lokaler med mindre än fem provtagningar (~2 år) ingår ej, vilket innebär att samtliga lokaler i Östergötlands län ingår i figur 12.

I stora drag visar figuren liknande tidsutveckling i Götaland som förra året. Tydligast är minskat innehåll av sulfatsvavel. Det har noterats på mer än hälften av lokalerna och är en logisk följd av minskad svaveldeposition. Därefter följer minskat innehåll av baskatjonerna kalcium, magnesium och kalium, samt mangan på nästan hälften av lokalerna. Förklaringen kan vara en kombination av att buffringsbehovet har minskat i

takt med att nedfallet av försurande svavel har minskat, samt att markernas innehåll av dessa ämnen i utbytbar form har minskat. På en tredjedel av lokalerna har innehållet av organiskt kol minskat och på en något mindre andel har kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium minskat liksom halterna av klorid. Därefter följer ett antal ämnen, där halterna inte förändrats lika tydligt och rangordningen skiljer sig jämfört med förra året. Tydligt är dock att markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC (se ord att förklara, sidan 4) har ökat på en dryg fjärdedel av lokalerna. Förutom att försurningsbelastningen har minskat i området kan det även ha påverkats av nedfall av havssalt och sjunkande halter av klorid i markvattnet under senare år, vilket noterats på hälften av lokalerna med ökad ANC. Tidigare undersökningar visar att episoder med stort nedfall av havssalt under

några få dagar kan leda till omfattande jonbytes-processer i sura marker, vilket diskuterades närmare i årsrapporten för 1998/99. Följden blir höga kloridkoncentrationer och låg ANC under flera år framöver och illustrerar vikten av långa tidsserier för att säkerställa trender i markvattnets surhetsgrad som beror på minskat nedfall av försurande ämnen.

Lokalerna i Östergötland följer i princip detta, för Götaland, generella mönster. Dock har inga signifikanta trender noterats för den försurningsindikerande kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. Samtidigt har beräknad ANC ökat i Skullebo, Omberg och i Solltorp och minskat i Höka. De flesta förändringarna har noterats i Norrköping (Kvillinge), Skullebo, Solltorp och Höka, där ungefär hälften av undersökta ämnen visat signifikanta trender.



Figur 12. Trendberäkningar för markvatten på 63 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 (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och marknära ozon (O₃) mäts på två lokaler i länet, Solltorp och Höka. Mätningarna på båda lokalerna har pågått sedan februari 1998.

Svaveldioxid har lång livslängd i atmosfären och kan transporteras långa sträckor. Intransporten av förorenad luft från centrala Europa har stor betydelse för halterna av bland annat svaveldioxid i Sverige. Vid sådana storskaliga episoder kan förhöjda halter av föroreningen mätas upp på stationer inom ett stort geografiskt område. Sot, partiklar och ozon uppträder på samma sätt medan förhöjda halter av ammoniak, och i viss mån kvävedioxid, oftast är ett lokalt fenomen.

Variationen av halten svaveldioxid i luft på mätstationerna i Östergötlands län redovisas i figur 13. Figuren visar mycket god överensstämmelse mellan de två mät-

punkterna, vilket tyder på att båda stationerna representerar den storskaliga föroreningsbelastningen och är mindre påverkade av lokala källor. Jämfört med de halter som mättes upp i södra Sverige under 1970- och 1980-talet är dagens halter mycket låga. På sydsvenska bakgrundsstationer med dygns-mätningar av lufthalter (till exempel EMEP-stationen Vavihill) uppmättes några av vinterhalvårets högsta halter (5-6 µg/m³) den 21-23 januari 2001 i samband med vindar från syd och sydost. Denna episod var tydlig på stationerna i Skåne och Kalmar län, men verkar inte ha påverkat halterna i Solltorp och Höka i någon större utsträckning.

Halterna av kvävedioxid är generellt högre under kalla vintermånader än under sommarhalvåret. Detta är tydligt i Solltorp och Höka där sommarmånadernas halter sedan 1997 har varit cirka 1 µg/m³ och vinterns halter 3,5-4,0 µg/m³.

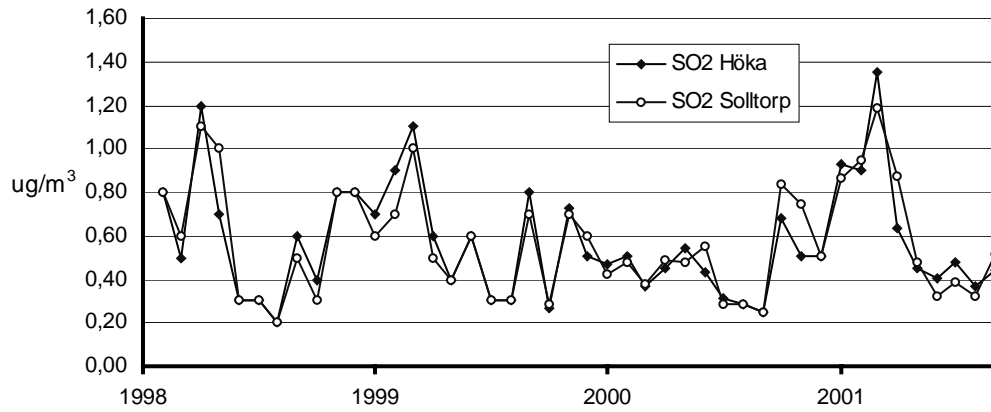
Ammoniakhalterna i Solltorp och Höka har varit låga sedan mätningarnas början. Månadshalterna har, med få undantag, varit lägre än 1,5 µg/m³ under hela mätperioden.

Marknära ozon är en sekundär luftförorening som bildas genom kemiska reaktioner mellan kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska kolväteföreningar (VOC) under solljusets inverkan. Väder som gynnar ozonbildning är högtrycks-situationer då vädret är varmt och soligt med låga vindhastigheter. De meteorologiska faktorerna orsakar stora naturliga variationer i ozonhalter mellan åren. En jämförelse mellan medelhalten av ozon i Solltorp och Höka under sommarhalvåret och antalet uppmätta soltimmar i Norrköping (Väder och Vatten, SMHI) under samma perioder tydliggör sambandet mellan marknära ozon och solsken, se figur 14.

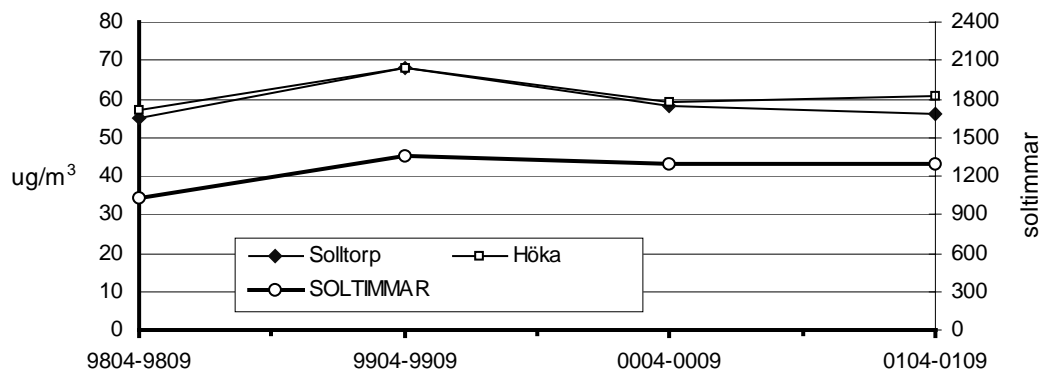
Faktaruta: Ozonhalter

Ett av 15 svenska Miljö kvalitetsmål kallas Frisk luft. Där anges som delmål: "Halten marknära ozon ska inte överskrida 120 µg/m³ som åttatimmars medelvärde år 2010". Detta värde gäller främst skydd av människors hälsa. Inom övriga Europa har arbetet även omfattat ozons effekter på växter och första generationens kritiska nivåer baserades på halter, uttryckta som medelvärden över olika tidsperioder. Numera används ett dosrelaterat mått; AOT40 där AOT står för Accumulated exposure Over Threshold. AOT40 tillhör andra generationens ozonmått och innebär ackumulerat överskridande av halten 40 ppb under en viss tidsperiod, vanligen 3 månader. För jordbruksgrödor, vilda örter och gräs är den kritiska ozonnivån 3000 ppb-timmar under maj - juli.

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



Figur 13. Månadsmedelvärden av svaveldioxid, (SO₂) i Solltorp och Höka, februari 1998 till september 2001.



Figur 14. Medelvärden av marknära ozon (O₃) under april - september 1998 - 2001 i Solltorp och Höka, samt antal soltimmar i Norrköping.

Data i tabellform – deposition, lufthalter, markvatten

Tabell 2. Öppet fältdata från Östergötlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Norrköping (E 02 A)	00/01	1095	0,21	6,6	6,2	8,6	4,8	4,8					
	99/00	638	0,13	3,2	2,8	8,4	2,6	1,4					
	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
	97/98	762	0,16	4,4	4,2	4,3	3,0	2,6					
	96/97	641	0,19	4,6	4,2	6,9	3,2	2,7					
	95/96	559	0,14	4,6	4,4	3,5	2,7	2,9					
	94/95	770	0,19	5,7	5,4	6,9	3,6	3,0					
	93/94	636	0,26	5,5	5,4	3,8	2,9	2,8					
	92/93	680	0,19	5,6	5,2	9,3	3,0	3,5					
	91/92	581	0,22	6,9	6,6	5,3	4,0	4,7					
Skullebo (E 03 A)	00/01	789	0,18	4,5	4,3	4,6	3,3	3,2					
	99/00	665	0,11	3,4	2,8	11,1	3,0	2,3					
	98/99	761	0,17	3,6	3,3	6,6	2,9	1,9					
	97/98	816	0,14	3,3	3,1	3,8	2,4	2,2					
	96/97	598	0,11	3,7	3,4	7,1	2,6	2,2					
	95/96	534	0,11	2,4	2,3	1,9	1,5	1,1					
	94/95	853	0,21	4,3	4,1	4,4	2,8	2,2					
	93/94	628	0,22	4,9	4,7	3,8	2,6	2,5					
	92/93	804	0,22	5,5	5,1	10,5	3,1	3,1					
	91/92	536	0,20	4,1	3,9	3,5	2,6	2,5					
Tatorp (E 04 A)	00/01	816	0,19	5,0	4,8	5,7	3,6	3,3					
	99/00	764	0,08	3,6	3,3	7,0	2,7	3,1					
	98/99	805	0,15	4,5	4,2	6,8	3,2	3,2					
	97/98	908	0,15	4,1	3,9	4,7	2,9	2,8					
	96/97	537	0,10	3,1	2,9	4,8	2,4	1,8					
Omberg (E 08 A)	00/01	768	0,18	3,5	3,4	4,2	3,8	2,9					
	99/00	707	0,11	3,7	2,9	16,1	3,4	2,9					
	98/99	882	0,22	4,3	4,0	6,4	3,7	3,1					
	97/98	919	0,17	3,3	3,1	5,7	2,7	1,9					
	96/97	596	0,09	3,6	3,2	8,9	2,7	2,5					
	95/96	555	0,09	2,9	2,8	2,6	2,2	2,4					
	94/95	745	0,14	4,5	4,2	6,0	2,7	2,4					
	93/94	605	0,17	4,2	4,0	4,2	2,5	2,7					
	92/93	588	0,13	4,6	4,1	11,9	2,2	3,5					
	91/92	391	0,11	3,8	3,5	4,9	2,7	2,8					
Solltorp (E 21 A)	00/01	912	0,28	4,6	4,4	4,3	3,7	3,1	2,2	0,6	2,5	0,9	0,22
	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
	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
	97/98	1029	0,22	4,4	4,2	4,7	3,3	2,4	2,4	0,6	3,2	1,7	0,13
	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
Höka (E 22 A)	00/01	1113	0,26	5,1	4,9	4,5	4,4	3,8	2,0	0,7	3,0	0,9	0,38
	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
	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
	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
	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
Hycklinge (E 28 A)	00/01	748	0,17	4,6	4,4	5,0	3,6	3,1					
	99/00	688	0,11	3,9	3,5	9,6	3,4	2,7					
	98/99	574	0,13	3,5	3,2	5,8	2,6	2,2					
	97/98	889	0,19	4,6	4,4	4,5	3,4	2,8					
	96/97	555	0,13	3,6	3,3	7,9	2,5	1,7					

Tabell 3. Krondroppsdata från Östergötlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Norrköping (E 02 A)	00/01	527	0,08	7,3	6,8	10,7	3,9	4,0					
	99/00	423	0,05	4,2	3,6	13,7	2,6	1,8					
	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
	97/98	474	0,06	6,7	6,1	12,2	2,8	2,8					
	96/97	289	0,07	5,4	4,9	9,3	2,6	2,2					
	95/96	364	0,11	8,3	7,9	8,6	2,6	3,2					
	94/95	383	0,15	8,7	8,2	11,3	2,4	1,3					
	93/94	385	0,27	11,9	11,4	10,7	4,4	3,1					
	92/93	415	0,14	11,3	10,3	21,3	3,4	1,5					
	91/92	262	0,21	9,3	8,8	12,3	3,6	1,8					
Skullebo (E 03 A)	00/01	462	0,09	3,9	3,5	9,9	1,6	1,0					
	99/00	269	0,05	2,4	1,7	15,6	1,6	0,7					
	98/99	251	0,08	3,7	3,0	14,5	1,7	0,8					
	97/98	482	0,12	5,4	4,4	20,3	2,0	0,7					
	96/97	285	0,11	4,8	4,0	16,5	2,4	1,4					
	95/96	311	0,14	6,8	6,2	11,4	2,8	2,1					
	94/95	385	0,19	7,5	6,8	16,0	2,1	1,1					
	93/94	312	0,24	9,7	9,1	12,9	3,4	2,5					
	92/93	356	0,17	9,2	7,8	29,1	2,5	1,6					
	91/92	199	0,15	6,7	5,9	18,1	2,5	1,0					
Tatorp (E 04 A)	00/01	423	0,05	4,2	3,8	8,2	2,6	2,9					
	99/00	297	0,03	2,5	2,0	11,3	1,8	2,2					
	98/99	294	0,06	3,3	2,9	9,5	2,2	1,8					
	97/98	509	0,08	4,0	3,5	11,2	2,3	1,6					
	96/97	266	0,05	3,8	3,4	9,3	2,6	3,2					
Omberg (E 08 A)	00/01	366	0,03	3,1	2,7	8,4	2,1	1,9					
	99/00	330	0,03	3,5	2,6	20,9	2,4	2,4					
	98/99	376	0,05	4,3	3,7	13,8	2,1	1,8					
	97/98	482	0,05	4,1	3,4	15,9	1,9	1,1					
	96/97	296	0,04	4,1	3,3	15,5	2,1	1,4					
	95/96	329	0,05	4,6	4,2	8,5	1,9	1,5					
	94/95	400	0,07	6,4	5,7	15,4	2,2	1,8					
	93/94	306	0,13	8,0	7,4	12,6	2,7	1,9					
	92/93	331	0,07	9,5	7,2	49,3	2,9	2,1					
	91/92	158	0,06	5,9	5,3	14,4	2,2	1,8					
Solltorp (E 21 A)	00/01	406	0,05	5,0	4,7	6,9	1,0	1,3	3,9	1,4	3,2	16,8	1,23
	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
	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
	97/98	526	0,07	5,1	4,5	11,1	0,5	0,8	4,5	1,4	4,0	21,5	1,64
	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
Höka (E 22 A)	00/01	587	0,09	3,8	3,5	7,1	2,0	1,2	3,0	1,5	3,7	10,3	0,83
	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
	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
	97/98	582	0,10	3,2	2,8	7,6	1,5	0,9	2,9	1,2	4,1	7,4	0,68
	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
Hycklinge (E 28 A)	00/01	507	0,08	6,0	5,6	7,9	2,2	1,8					
	99/00	305	0,05	3,0	2,5	9,8	1,2	0,7					
	98/99	371	0,08	5,3	4,9	7,5	1,7	1,2					
	97/98	588	0,09	5,2	4,7	10,8	1,6	1,1					
	96/97	326	0,07	3,9	3,6	7,6	1,4	1,2					

Tabell 4. Lufthalter, Östergötlands län, diffusionsprovtagning, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lokal	Period	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NH ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Solltorp (E 21 A)	0010	0,8	3,0	1,8	33
	0011	0,7	2,4	0,9	18
	0012	0,5	2,8	<0,3	24
	0101	0,9	2,3	1,2	27
	0102	0,9	2,9	1,0	54
	0103	1,2	2,0	<0,3	59
	0104	0,9	1,4	<0,3	67
	0105	0,5	1,1	0,4	66
	0106	0,3	0,8	<0,3	60
	0107	0,4	0,8	<0,3	60
	0108	0,3	1,0	1,1	51
	0109	0,5	1,1	0,9	34
	Mv hydr. år	9810-9909	0,6	2,1	-
9910-0009		0,4	2,3	-	-
0010-0109		0,7	1,8	-	-
Mv sommar	9804-9809	-	-	0,6	55
	9904-9909	-	-	<0,3	68
	0004-0009	-	-	0,4	58
	0104-0109	-	-	0,5	56
Höka (E 22 A)	0010	0,7	3,4	1,1	29
	0011	0,5	1,8	^U 1,0	15
	0012	0,5	2,6	0,4	20
	0101	0,9	3,2	0,3	^U 25
	0102	0,9	2,6	<0,3	57
	0103	1,4	1,9	<0,3	66
	0104	0,6	1,4	0,7	71
	0105	0,4	1,2	0,7	75
	0106	0,4	1,0	<0,3	61
	0107	0,5	1,0	<0,3	64
	0108	0,4	1,1	0,5	53
	0109	0,4	1,3	0,5	40
	Mv hydr. år	9810-9909	0,6	2,4	-
9910-0009		0,4	1,9	-	-
0010-0109		0,6	1,9	-	-
Mv sommar	9804-9809	-	-	<0,3	57
	9904-9909	-	-	<0,3	68
	0004-0009	-	-	0,8	59
	0104-0109	-	-	0,5	61

U) uppskattat värde

Tabell 5. Markvattendata från Östergötlands län.

Lokal	Datum	pH	mekv/l →		mg/l →										mol/mol			
			Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Norrköping (E 02 A)	2000-10-30	5,3	-	0,025	3,02	3,24	<0,002	0,056	1,56	0,94	3,11	0,55	<0,020	0,016	0,150	0,442	6,8	17
	2001-04-26	5,5	0,026	0,048	2,55	1,56	<0,002	0,063	1,43	0,91	2,10	0,56	<0,020	0,016	0,109	0,288	5,7	22
	2001-07-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,5	-	0,038	3,57	4,05	<0,002	0,052	2,52	1,29	3,11	0,66	<0,020	0,019	0,130	0,338	9,9	21
	<i>n</i> =	22		20	21	21	21	22	21	20	21	21	20	21	20	21	21	19
Skullebo (E 03 A)	2000-11-01	5,1	-	0,092	2,79	24,77	<0,002	0,015	9,51	1,86	7,72	0,07	<0,020	0,115	0,326	0,726	13,0	26
	2001-04-24	5,3	-	0,121	3,13	3,38	<0,002	<0,010	3,04	0,95	4,16	0,04	0,254	0,697	0,027	0,982	22,0	116
	2001-07-31	5,8	0,025	0,121	1,62	4,72	<0,002	<0,010	2,41	0,66	4,14	0,02	<0,020	0,292	0,067	0,663	15,0	35
	median	5,4	-	0,080	4,66	11,63	<0,002	0,010	6,34	1,35	5,74	0,21	<0,020	0,028	0,212	0,483	14,0	35
	<i>n</i> =	27		27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	23	27	27	23
Tatorp (E 04 A)	2000-10-30	4,4	-	0,119	1,86	5,89	<0,002	<0,010	1,81	0,69	4,00	3,15	0,181	0,519	0,446	2,058	40,0	9,3
	2001-04-23	4,5	-	0,023	2,61	3,44	<0,002	<0,010	1,42	0,71	2,97	0,94	0,126	0,326	0,504	1,794	22,0	4,7
	2001-07-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	4,6	-	0,072	2,68	5,72	<0,002	<0,010	1,92	0,80	3,69	2,40	0,061	0,319	0,489	1,700	27,5	8,0
	<i>n</i> =	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Omberg (E 08 A)	2000-11-01	4,6	-	-0,068	2,88	36,63	1,031	0,220	12,82	1,83	9,35	0,88	0,398	0,062	-	0,976	-	-
	2001-04-24	7,3	-	0,400	4,23	6,56	1,356	0,274	11,87	0,91	5,96	0,78	<0,020	0,124	-	0,133	22,0	-
	2001-07-31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,7	-	0,026	7,85	22,40	0,042	0,220	11,49	1,66	10,65	0,89	0,146	0,034	0,413	0,441	20,0	25
	<i>n</i> =	21		20	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20	8	20	15	7
Solltorp (E 21 A)	2000-11-01	5,0	-	0,089	3,40	5,32	<0,002	<0,010	3,81	0,71	2,42	3,81	0,182	0,037	0,382	0,843	23,0	16
	2001-04-24	5,9	0,038	0,070	3,37	1,63	<0,002	0,755	2,40	0,66	2,21	2,18	<0,020	0,023	0,028	0,515	16,0	138
	2001-07-31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,0	-	-0,023	3,39	4,39	<0,002	<0,010	2,31	0,80	2,00	0,96	0,140	0,024	0,649	0,792	11,0	7,5
	<i>n</i> =	11		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	9	8	8
Höka (E 22 A)	2000-11-01	4,9	-	-0,060	3,21	2,59	<0,002	<0,010	1,02	0,42	2,48	0,77	<0,020	0,003	-	0,735	5,7	-
	2001-04-24	4,7	-	-0,035	3,19	1,61	0,006	0,010	1,63	0,36	2,12	0,23	0,093	0,015	-	0,821	-	-
	2001-05-29	4,6	-	-0,067	3,17	0,53	<0,002	<0,010	0,65	0,29	1,87	0,35	0,085	0,005	0,737	0,809	3,6	1,4
	median	4,9	-	-0,023	3,18	2,83	<0,002	<0,010	1,45	0,55	2,62	0,60	<0,020	0,014	0,401	0,542	6,4	4,9
	<i>n</i> =	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	16	13	12

Tabell 5. Markvattendata, forts.

Lokal	Datum	mekv/l →		mg/l →										mol/mol					
		pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺		Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Hyclinge (E 28 A)	2000-11-01	5,0	-	-0,012	3,18	3,05	<0,002	0,021	2,50	0,66	2,02	0,23	<0,020	0,029	0,745	1,266	11,0	3,5	
	2001-04-25	4,9	-	0,007	2,80	0,63	<0,002	0,026	1,61	0,60	1,37	0,44	0,277	0,028	0,562	0,988	8,2	3,6	
	2001-08-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,1	-	0,007	3,18	1,61	<0,002	<0,010	1,88	0,66	1,86	1,10	0,057	0,029	0,488	0,781	8,1	6,0	
	<i>n</i> =	10		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

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

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

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

Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

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

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



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

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

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

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

www.ivl.se