



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Örebro läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Örebro län Resultat till och med september 2000



Eva Hallgren Larsson, redaktör
B 1413
Aneboda, maj 2001

För Örebro läns Luftvårdsförbund

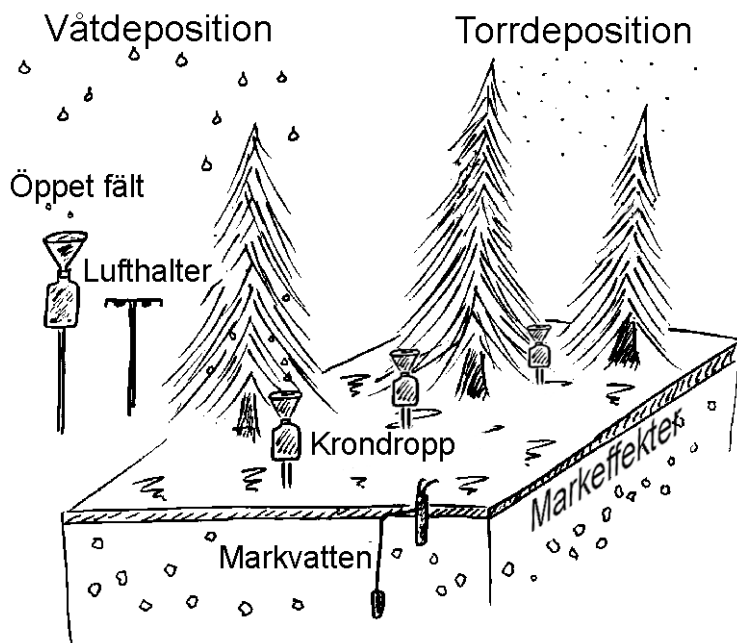
Övervakning av luftföroreningar i Örebro län

Resultat till och med september 2000

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

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost. Längre norrut finns en gradient med större deposition i Stockholmsområdet och längs Norrlandskusten än inåt landet. Belastningen på de undersökta lokalerna i Örebro län ingår i princip i detta generella mönster. Sedan mätningarna startade har nedfallet av svavel minskat betydligt, liksom skillnaden mellan olika regioner i Sverige. Samtidigt har nederbörden blivit mindre sur. Till stor del förklaras det av minskade utsläpp av svavel i Europa. När det gäller kväve är det generellt svårt att se trender. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av i första hand kväve, men även av svavel, att minska till år 2010. Försurningspåverkat markvatten har främst noterats från två lokaler i norra delen av länet; granskogen i Greckssundet och tallskogen i Örlingen.

Mest utmärkande för hydrologiska året mellan oktober 1999 och september 2000 är liten torrdeposition av svavel. Nederbörden var mindre sur än tidigare (i genomsnitt pH-värde 4,7) och mängden nederbörd var drygt 800 mm. Nedfallet av svavel till marken i skogen var i nivå med förväntad genomsnittlig belastning i Svealand år 2010; 2,5 kg/ha. Nedfallet av kväve var dock fortfarande större än acceptabla nivåer, 5,8 kg/ha på öppet fält och uppskattningsvis 8 kg/ha per hektar skog i länet. Samtliga markvattenprovtagningar under året har visat pH-värden mellan 4,8 och 5,5.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Örebro läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT

Författare: Eva Hallgren Larsson, red.

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, Örebro län

IVL rapport B 1413

Beställs från:

Örebro läns Luftvårdsförbund
Peter Ekelund
c/o Länsstyrelsen
701 86 ÖREBRO

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 Örebro län	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning	3
Ord att förklara	4
Förklaring till stationsfigurer	4
Stationsvis redovisning	5
Tidsutveckling deposition	12
Tidsutveckling markvatten.....	14
Data i tabellform, deposition och markvatten	15

Mer information finns på
Krondroppsnetzets 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 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.

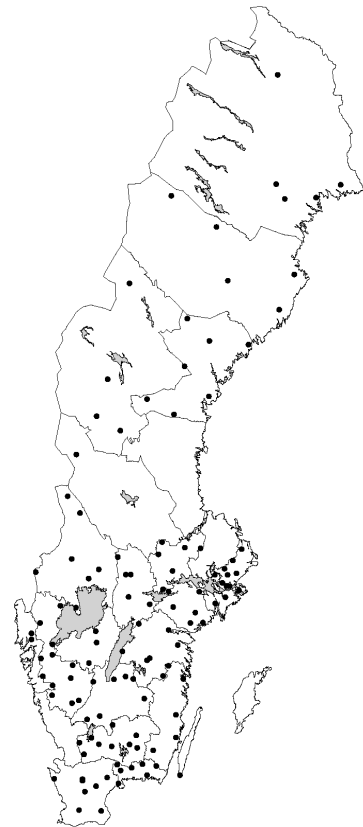
Denna redovisning är den sista med ett program som i stora drag tillämpats från det undersökningarna inleddes på mitten av 1980-talet. Under åren 1997-1999 genomfördes ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Syftet med projektet var att utveckla och rationalisera de regionala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

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

De svenska metoderna att mäta nedfall till skog har jämförts med 19 andra länder i Europa genom en interkalibrering i ett skogsområde i Holland. Sveriges deltagande finansierades till stor del av NV. De svenska mätresultaten hade en bra överensstämmelse med genomsnittet för alla länder. Den största skillnaden var att de svenska mätningarna var billigast, och skillnaden var stor jämfört med många andra länder.

Föreslagna miljö kvalitetsmål i Sverige baseras på internationellt avtalade utsläppsminskningar. Minskningen kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Svealand innebär miljö kvalitetsmålet cirka 2,5 kg svavel och 4 kg kväve per ha och år, vilket är förväntad genomsnittlig belastning år 2010 i både öppna och skogbevuxna områden.

Undersökningarna i Örebro län är resultat av ett lagarbete. Provtagning har på ett förjantfullt sätt utförts av Mikael Nyberg, Länsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. Gunnel Hedberg, Karol Koos, Marie Jansson, Inger Torbrink, Sari Svensson, Anna Danielsson, Christer Larsson, Kerstin Hommerberg och Brita Dusan 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 svarat för utvärdering och rapportering.



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

Ord att förklara

ANC: "Acid Neutralising Capacity" (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (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, lägre kvot ju mer försurat. 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 (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (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. Svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av ekosystem och hälsa innebär att svaveldioxidhalterna ej får överstiga 20 respektive $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Motsvarande för kvävedioxid 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 mot marken med hjälp av nederbörden. 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 (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 3-7 om deposition och markvatten samt tabell 1-4.

Greckssundet (T 02): EU-yta med drygt 50-årig granskog två mil nordväst Nora. Jordarten är finkornig moränmark och jordmånen av övergångstyp. Beståndet har hög bonitet och ståndortsindex G32. Undersökning av deposition och markvatten påbörjades i januari 1996.

Fjärde årets mätningar i Greckssundet visar mindre nedfall av så gott som samtliga undersökta parametrar än något år tidigare. På öppet fält uppmättes 852 mm nederbörd, 3,0 kg svavel och 5,6 kg kväve per hektar. Det är tydligt mindre än föregående år som uppvisade mätseriens största nederbörds mängd och förhållandevis stort nedfall av både svavel och kväve. På samma sätt som på övriga lokaler i länet visade mätningarna mindre nedfall av svavel till marken i skogen jämfört med mätningarna på öppet fält. Allt eftersom torrdepositionen av svavel har minskat har det blivit vanligare att kron dropp visar lägre värden än nedfall på öppet fält (huvudsakligen våtdeposition). Då torrdepositionens betydelse minskar får andra faktorer större betydelse, exempelvis hur effektivt träd kronorna tvättas av. I tallskog kan dessutom stamavrinning i viss mån bidra till deposition utan att fångas upp i kron droppsinsamlarna. Delvis på grund av kostnadsskäl ingår inte stamavrinning i dessa undersökningar. Förhållandevis höga värden för kalium i kron dropp från Greckssundet indikerar betydande interncirkulation i beståndet, se sidan 4.

Markvattnet har generellt varit surare än från länets övriga lokaler; pH-värde runt 5,0 samtidigt som beräknad syraneutraliserande förmåga (ANC) visar negativa värden, sura förhållanden. Även halterna av kalcium har varit låga (runt 0,7 mg/l) vilket bidrar till förhållandevis låg kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium, 3,2. Kvoter under 1 anses

medföra ökad risk för skador på ekosystemet. Halterna av kväve har, med något undantag, alltid varit under detektionsgränsen, vilket är normalt i växande bestånd. Sedan mätningarna startade har markvattnets innehåll av kalium och mangan, samt den försurningsindikerande kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium, sjunkit signifikant (ökad försurningsgrad). Samtidigt har halterna av oorganiskt aluminium och totalaluminium ökat signifikant i Greckssundet.

Örlingen (T 03): EU-yta med 55-årig tallskog i länets nordvästra hörn. Jordarten är finkornig sedimentmark med ringa stenighet. Jordmånen är järnpodsol och boniteten T25. På samma sätt som i Greckssundet startade mätningarna januari 1996 så resultat från fyra hydrologiska år finns nu att tillgå.

Resultaten från det senaste hydrologiska årets mätningar i Örlingen skiljer sig inte nämnvärt från de tre tidigare åren. Dock visade nedfallet av svavel lägre värden under 1999/00 speciellt via kron dropp men även på öppet fält. På öppet fält noterades 917 mm nederbörd, 3,5 kg svavel och 6,8 kg kväve per hektar. Både svavel och kväve visade lägre värden via kron dropp.

På samma sätt som i Greckssundet brukar beräknad syraneutraliserande förmåga vara negativ i markvatten från Örlingen. Senaste årets provtagningar har dessutom visat surare förhållanden i Örlingen jämfört med i Greckssundet. De tre provtagningarna har visat pH-värde 4,8-5,0 samtidigt som beräknad ANC varit runt -0,03 och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium under 2 vid höst- och vårtprovtagning.

Bälgsjön (T 04): Nationell observationsyta med 55-årig tallskog som ligger en mil öster om Greckssundet. Jordarten är morän, texturen grovmo, jordmånen järnpodsol och ståndortsindex samma som i Örlingen, T25. Mätningarna startade i oktober 1996.

Det senaste årets mätningar från Bälgsjön visade 15 % mindre

nederbörds mängd än de tre föregående åren. Tillsammans med generellt lägre halter av svavel och kväve i både nederbörd och kron dropp i Örebro län under senaste året bidrar detta till att nedfallet av svavel och kväve var mindre än tidigare år. På öppet fält deponerades 3,0 kg svavel och 5,7 kg kväve via 809 mm nederbörd med pH-värde 4,7.

Undersökta ämnen i markvatten från Bälgsjön har hållit jämn kvalitet under hela mätperioden. Surhetsgraden har generellt varit mindre än på länets övriga lokaler; pH-värde 5,4 och positiva värden för syraneutraliserande förmåga. Vid samtliga provtagningar har kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium varit mellan 8 och 18. Halterna av kväve har i allmänhet varit under detektionsgränsen, vilket är normalt för växande bestånd. På samma sätt som i Greckssundet och Örlingen noteras generellt låga halter av kalcium. Sedan mätningarna startade i Bälgsjön har markvattnets innehåll av sulfatsvavel och mangan minskat signifikant.

Kilsmo (T 04): Nationell observationsyta med snart 70-årig tallskog på stenig moränmark med texturen finmo. Även här är jordmånen järnpodsol, men boniteten är något högre än på de två andra tallytornera, T27. Fältskiktet utgörs av gräs och ytan ligger cirka 2 mil öster om Kumla. Detta är den nyaste lokalen i länet och mätningarna startade sensommaren 1997.

Två av de tre åren visar mindre nederbörds mängd i Kilsmo än på länets övriga lokaler, vilket kan förklaras av lokalens läge i östra delen av länet. Genomsnittet för dessa tre år är 740 mm nederbörd med pH-värde 4,7 och deposition av 2,8 kg svavel och 4,1 kg kväve per hektar öppen mark. Senaste året visar något lägre värden. Lokalens ostliga läge påverkar också att nedfallet av havssaltsrelaterat klorid varit mindre än på övriga lokaler i länet, cirka 6 kg/ha till marken i skogen.

På samma sätt som i Greckssundet, Örlingen och Bälgsjön indikerar markvattenmätningarna att kväve utnyttjas effektivt av vegetationen i Kilsmo; kvävehalterna har alltid varit under detektionsgränsen. I allmänhet har pH-värdet varit runt 5,1 och halterna av oorganiskt aluminium strax över 0,5 mg/l, vilket är mer än på länets övriga lokaler. Även halterna av kalcium har varit högre än på övriga lokaler i länet, vilket bidrar till att kvoten mellan baskatjoner varit på en för området normal nivå. De tio provtagningar som genomförts visar signifikant sjunkande halter av sulfatsvavel, magnesium, natrium, kalium och kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium samtidigt som halterna av totalt och oorganiskt aluminium har ökat signifikant.

Brohyttan/Fjugesta (T 10): Drygt 75-årig granskog cirka två mil väster om Örebro. Jordmånen har klassificerats som järnpodsol och ståndortsindex är G28. Ytan ligger i en sluttning åt sydost där rörligt markvatten kan förekomma. Lokalen ingår både i Skogsvårdsorganisationens gamla och nya nät av skogliga observationsytor för regelbunden kontroll av skogliga parametrar. Mätning av deposition och markvatten startade i januari 1989. På grund av skogsskador flyttades den inom samma område vid två tillfällen i början av mätperioden; 920429 och 921211. Depositionen har bedömts jämförbar mellan de olika lokalerna. När det gäller markvatten har skillnaderna dock varit för stora och markvat-

tendata från 1989-92 har uteslutits ur tidsserien. Resultaten visar mindre försurningsgrad i markvatten från den nya ytan än från den gamla, där mätningarna avslutades på grund av skogsskador. I fortsättningen kommer namnet Brohyttan att användas på lokalen.

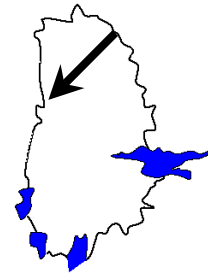
Brohyttan har länets längsta mätserie, depositionen har undersökts de senaste elva åren. Sedan mätningarna startade har nedfallet av kväve och antropogent svavel minskat markant. I genomsnitt noterades 7,1 kg svavel på öppet fält och 7,9 kg svavel per hektar skogsmark under den första femårsperioden. Motsvarande för de senaste fem åren är 4,2 kg på öppet fält och 3,6 kg/ha via krondropp. Det indikerar att våtdepositionen av svavel minskat med 3 kg/ha och torrdepositionen med 1,4 kg/ha, räknat som skillnad mellan nedfall via krondropp och på öppet fält. Även nederbördens bidrag till kvävenedfallet har minskat från i genomsnitt 9,3 kg/ha under de första fem åren till 6,7 kg/ha under den senaste femårsperioden. Nederbördsmängden har i genomsnitt varit cirka 800 mm under båda femårsperioderna. I detta sammanhang måste påpekas att dessa siffror gäller Brohyttan/Fjugesta. Generellt för mätningarna i övriga delar av södra och mellersta Sverige är annars att våtdepositionen av svavel visat likartade värden under hela 1990-talet medan torrdepositionen, mätt som skillnad mellan krondropp och öppet fält, minskat markant. För kväve har det varit svårt att se

trender överhuvudtaget. För till exempel Värmlands län har nedfallet på öppet fält i princip varit 6-7 kg/ha under hela 1990-talet och motsvarande från Västmanlands län är cirka 5 kg/ha.

Senaste årets data från Brohyttan visar 862 mm nederbörd, 3,8 kg/ha för svavel och 7,3 kg/ha för kväve på öppet fält. Nedfallet av klorid var större än på övriga lokaler i länet, 15 kg/ha på öppet fält. Det förklaras av att lokalen ligger längre åt sydväst än övriga lokaler i länet och därmed är mer utsatt för saltförande vindar från Kattegatt.

Ur försurnings synpunkt visar markvattendata från Brohyttan generellt bättre förhållanden än övriga lokaler i länet och tidigare placering i området. Senaste årets data skiljer sig inte nämnvärt från tidigare provtagningar. Medianvärden från 17 provtagningar är pH-värde 5,4, 0,19 mg/l oorganiskt aluminium och 15 som kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. Halterna av nitratkväve har så gott som alltid varit under detektionsgränsen, medan halterna av ammoniumkväve oftast varit förhöjda, 0,03 mg/l. IVLs mätningar på övriga ytor i landet antyder att förhöjda halter av ammoniumkväve i markvatten är vanligare på marker med god bonitet än på magra marker. Provtagningarna visar signifikant sjunkande halter av kalcium, magnesium, kalium och mangan.

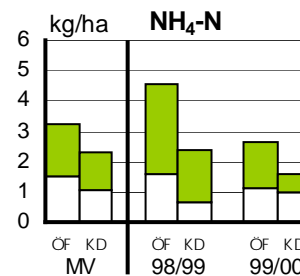
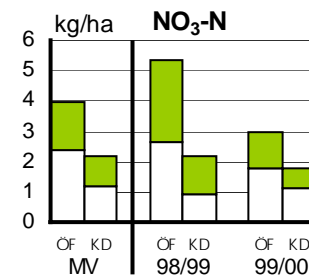
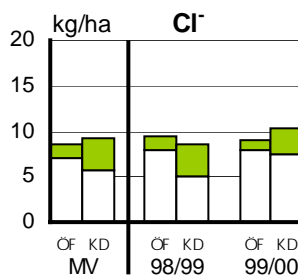
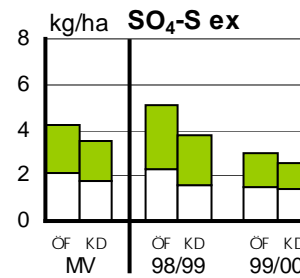
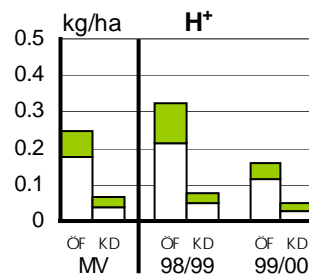
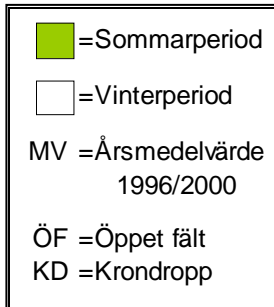
Greckssundet (T 02) Gran, 52 år



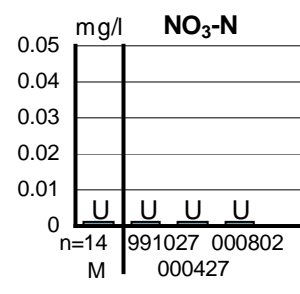
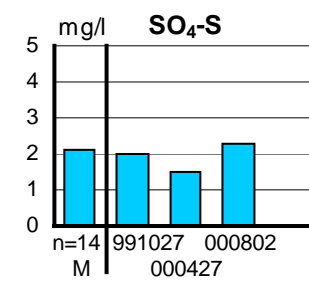
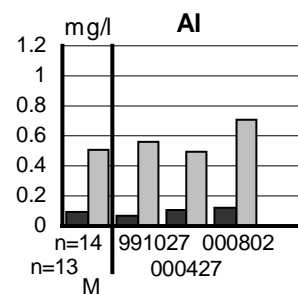
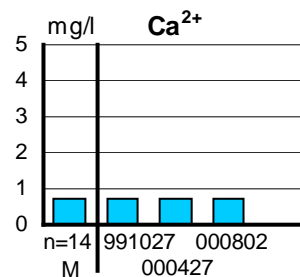
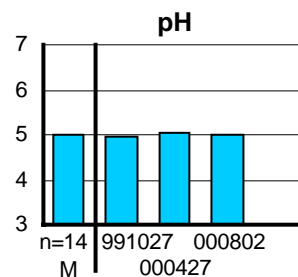
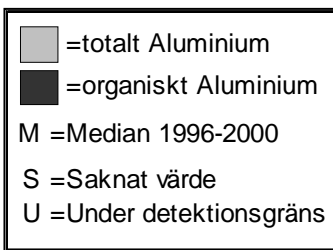
DEPOSITION (T 02)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	454	557	439
Vinter	507	629	414



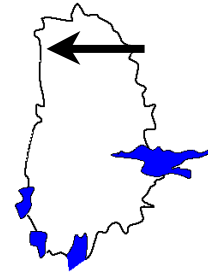
MARKVATTEN (T 02)



Figur 3. Depositions- och markvattendata från Greckssundet, T 02.

Örlingen (T 03)

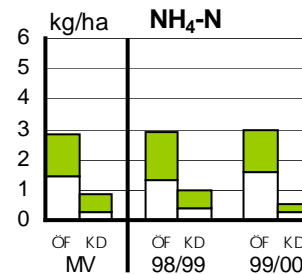
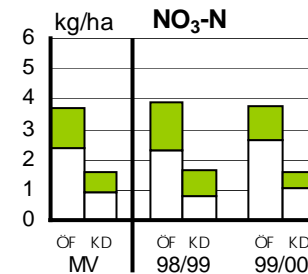
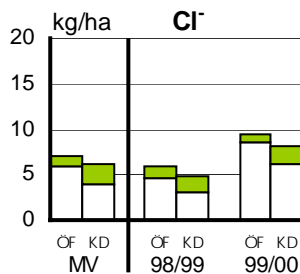
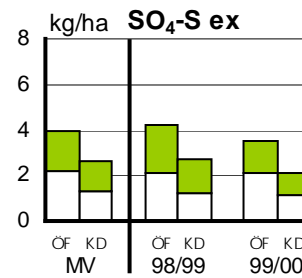
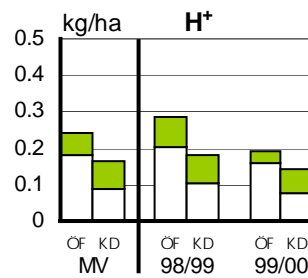
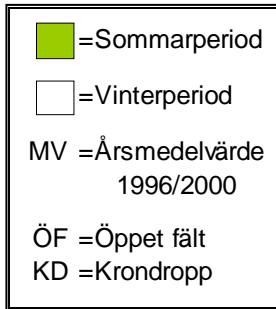
Tall, 54 år



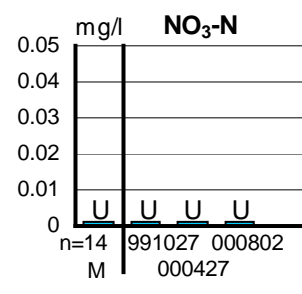
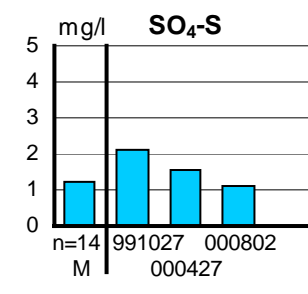
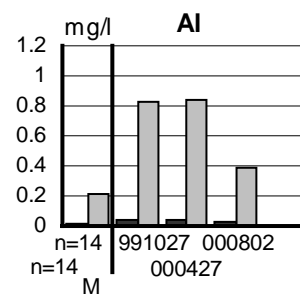
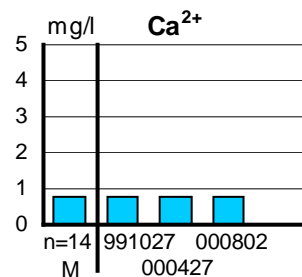
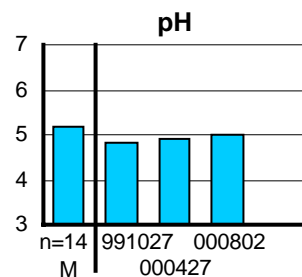
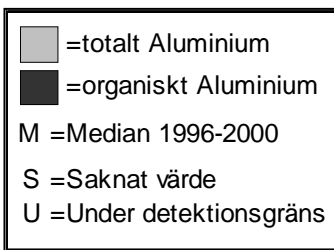
DEPOSITION (T 03)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	430	507	423
Vinter	504	518	494



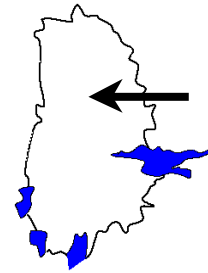
MARKVATTEN (T 03)



Figur 4. Depositions- och markvattendata från Örlingen, T 03.

Bälgsjön (T 04)

Tall, 56 år

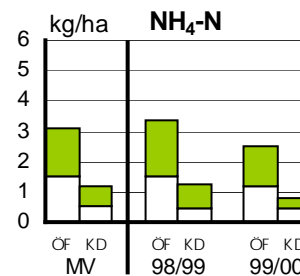
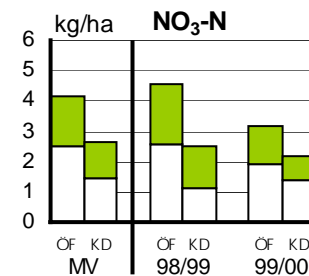
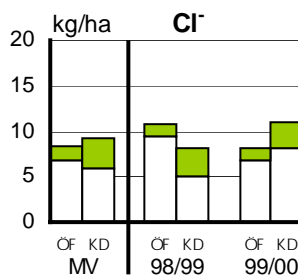
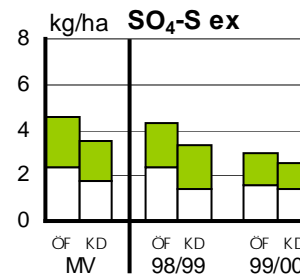
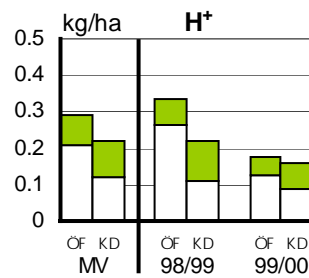
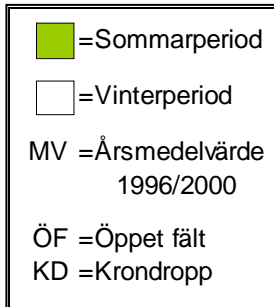


DEPOSITION

(T 04)

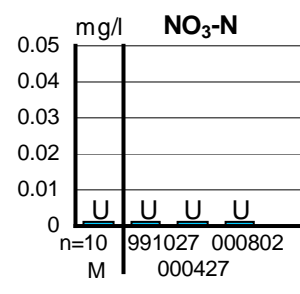
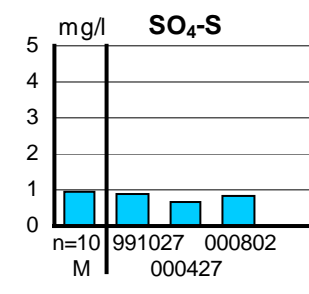
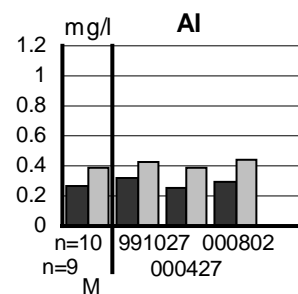
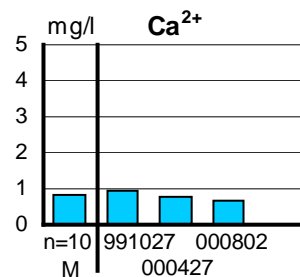
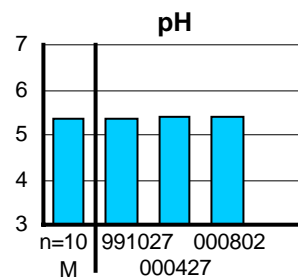
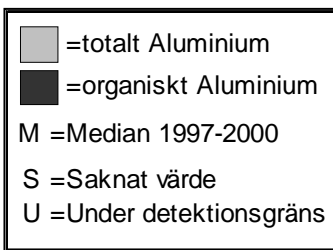
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	457	500	403
Vinter	486	575	406



MARKVATTEN

(T 04)



Figur 5. Depositions- och markvattendata från Bälgsjön, T 04.

Kilsmo (T 05)

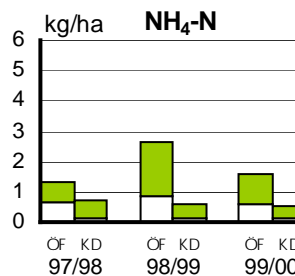
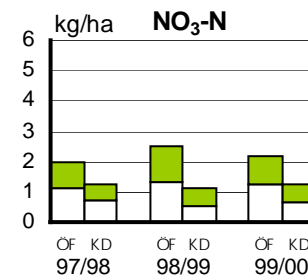
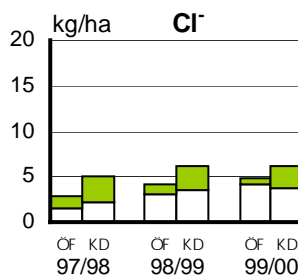
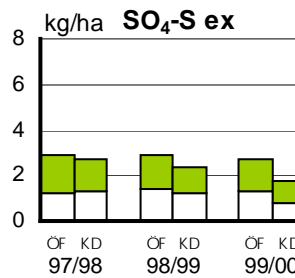
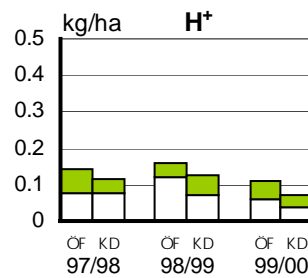
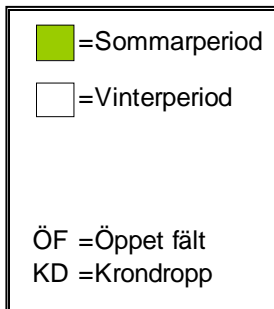
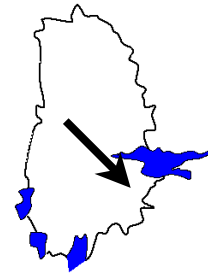
Tall, 69 år

DEPOSITION

(T 05)

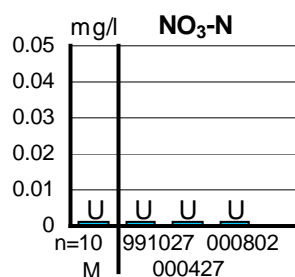
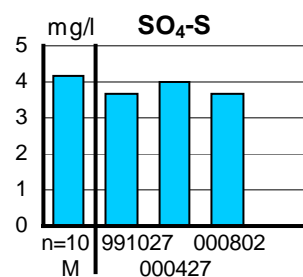
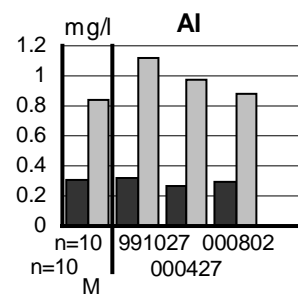
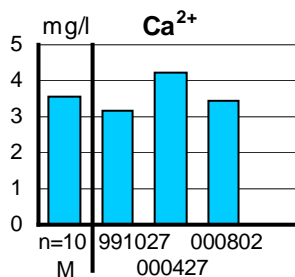
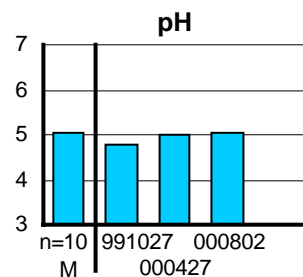
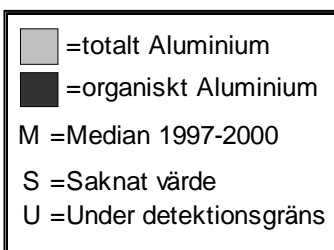
Nederbörd på ÖF (mm)

	97/98	98/99	99/00
Sommar	429	409	333
Vinter	402	370	287



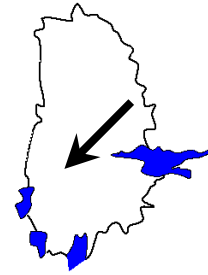
MARKVATTEN

(T 05)



Figur 6. Depositions- och markvattendata från Kilsmo, T 05.

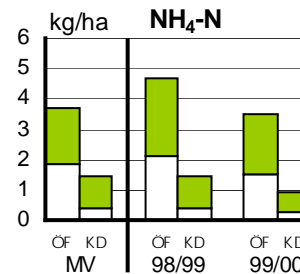
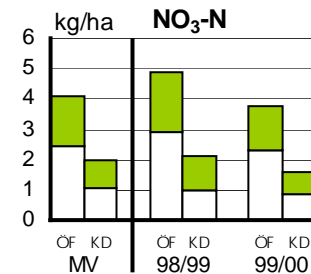
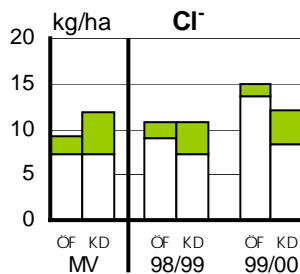
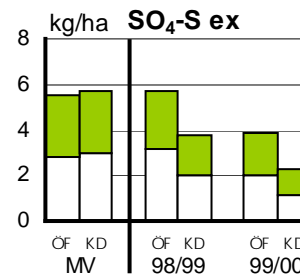
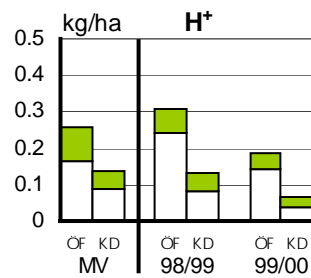
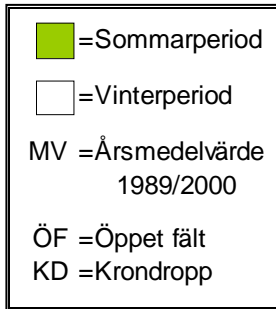
Brohyttan (T 10) Gran, 76 år



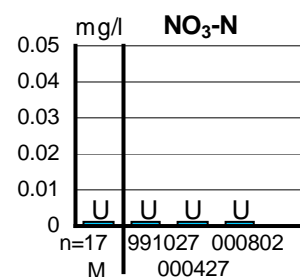
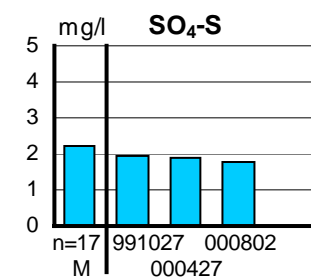
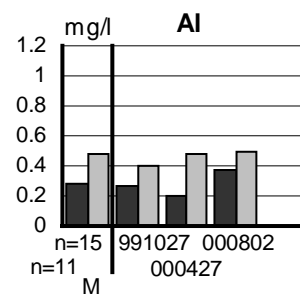
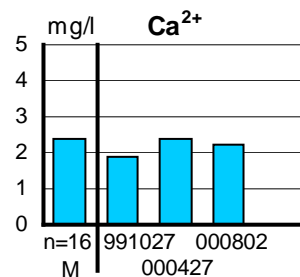
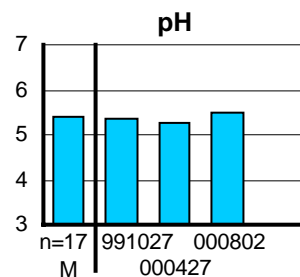
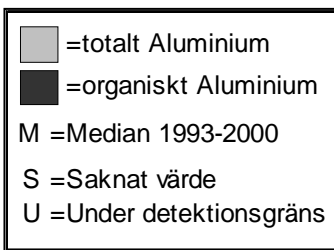
DEPOSITION (T 10)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	381	603	399
Vinter	396	529	464



MARKVATTEN (T 10)



Figur 7. Depositions- och markvattendata från Brohyttan, T 10.

Tidsutveckling deposition

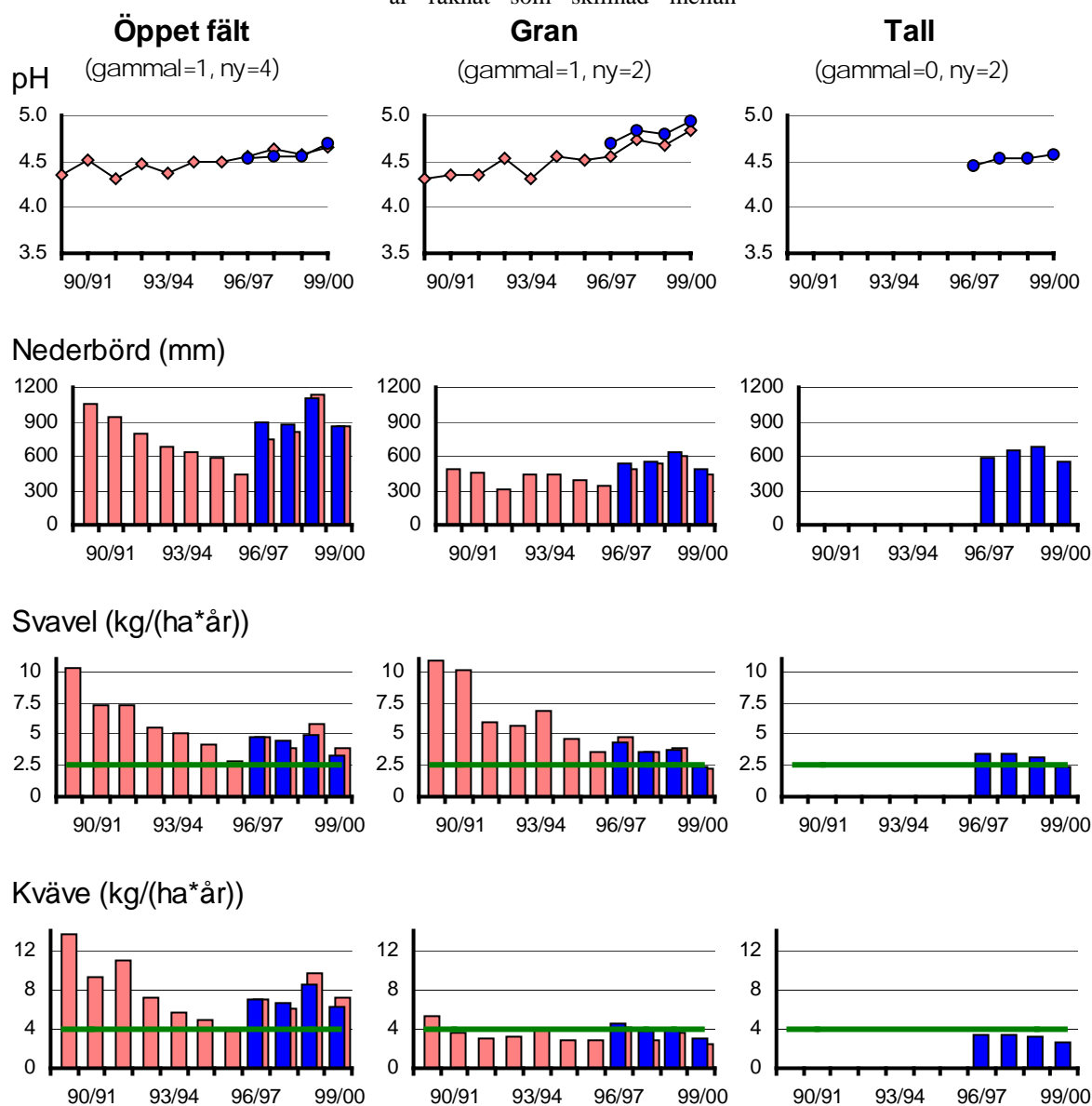
Nederbörden har blivit mindre sur under 1990-talet. Under de första åren var pH-värdet i genomsnitt under 4,5. Sedan 1996/97 har det varit högre än 4,5 och för hydrologiska året 1999/00 noterades i genomsnitt pH-värde 4,7. Utvecklingen är tydligare i granskog som också påverkas av torrdeposition. Volymvägt pH-värde i nederbörd och krondropp visar god korrelation med svavelnedfallets omfattning. Vidare redovisas varierande nederbördsmängder från Brohyttan (Fjugesta). Under de första sju åren minskade nederbördsmäng-

den kontinuerligt, från över 1000 mm till drygt 400 mm. Därefter ökade nederbörden igen. Detta mönster återfinns i stora drag för våtdeposition av svavel och kväve.

Utmärkande för det senaste året är att torrdepositionen av svavel var mycket liten och krondropp visar lägre värden än mätningarna på öppet fält på samtliga lokaler. Skälet till det kan vara ett visst upptag av svavel samt viss mätosäkerhet. Mätningar från början av 1990-talet visar större torrdeposition av svavel än senare delen av årtiondet; i genomsnitt 1 kg/ha och år räknat som skillnad mellan

nedfall via krondropp och på öppet fält i Brohyttan under de fem första åren och 0,6 kg mindre via krondropp än på öppet fält under de fem senaste åren. Under perioden 1990-95 noterades i genomsnitt nästan 8 kg/ha via krondropp. Senaste årets resultat är i nivå med förväntad genomsnittlig belastning i Svealand år 2010.

För kväve är det svårt att se trender och torrdepositionen kan inte beräknas på samma sätt som för svavel eftersom kväve tas upp eller omvandlas i trädskronorna. Mätningarna via krondropp har



Figur 8. Årsmedelvärden för valda parametrar i tre miljöer i Örebro län; öppet fält, gran- och tallskog, uppdelat på två delvis överlappande tidsserier. Figuren visar tidsutveckling trots övergång från "gammal" serie (en lokal från 1989/90) till "ny" serie (fyra lokaler från 1996/97). Markerad linje anger förväntad genomsnittlig nivå i Svealand år 2010 om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

hela tiden visat likartade värden (strax under 4 kg/ha) medan mätningarna på öppet fält visat betydande variation mellan 4 och 14 kg/ha. Till stor del beror det på varierande nederbördsmängder. Det *totala* nedfallet av kväve till skog kan uppskattas vara 30 % större än nedfallet på öppet fält.

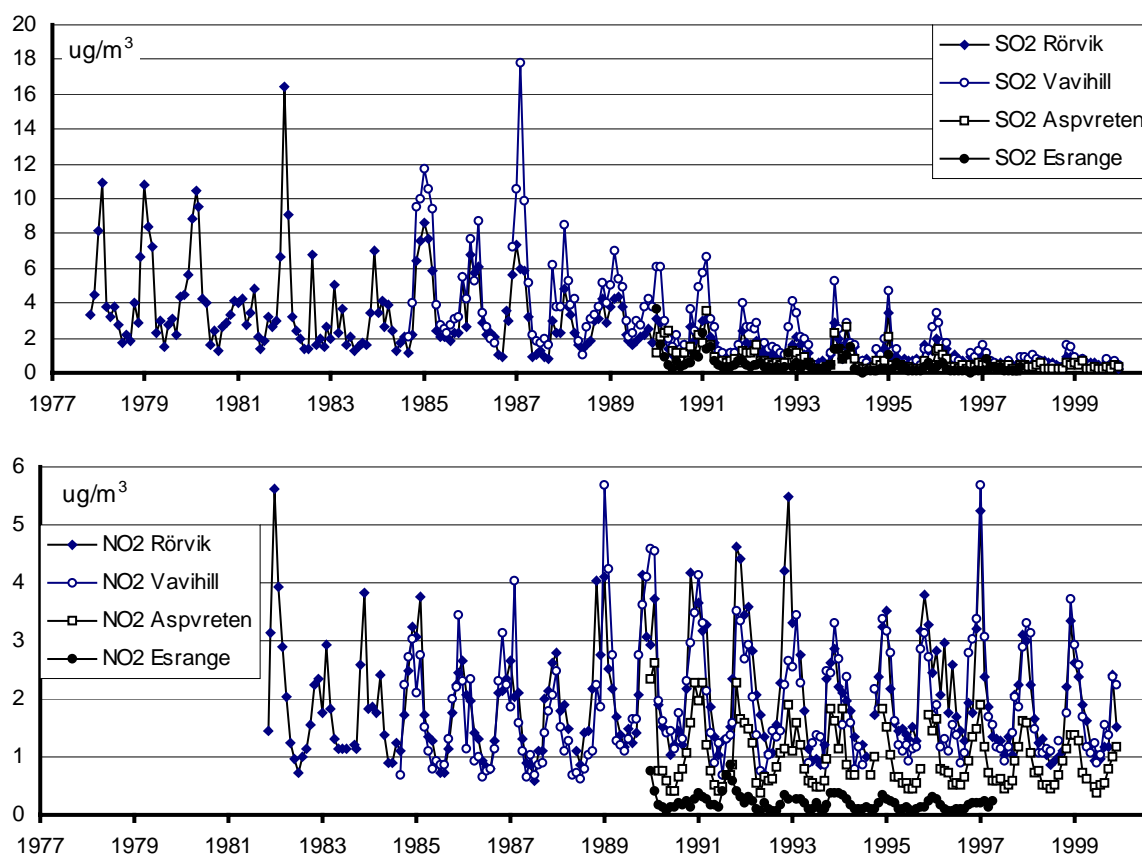
Under 1999/00 deponerades i genomsnitt 2,5 kg svavel via krondropp. Uppskattningsvis deponerades 8 kg kväve per hektar skog i området, vilket är dubbelt så mycket som förväntad nivå i Svealand år 2010. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av svavel och kväve att minska till år 2010. För svavel har den huvudsakliga minskningen redan skett. Senaste årets svavelnedfall i Örebro län

var i nivå med förväntad genomsnittlig belastning i Svealand år 2010.

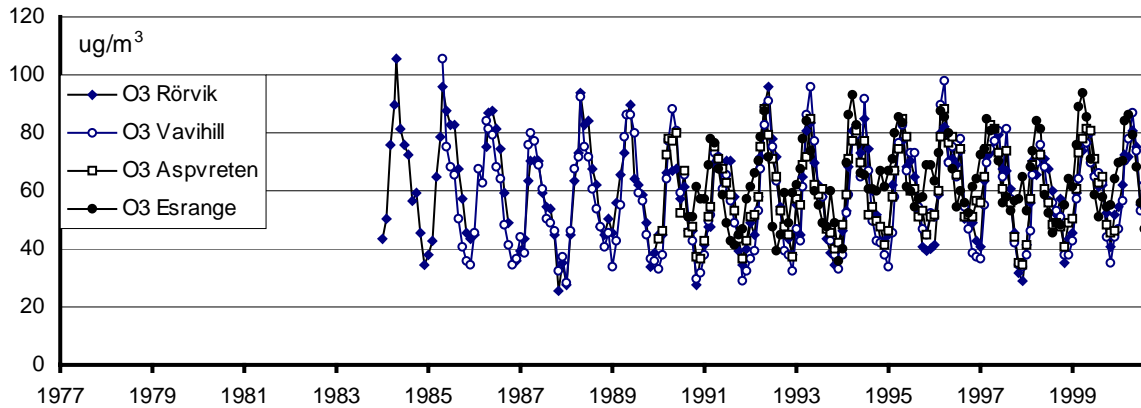
Den kraftiga minskningen av svavelnedfallet i hela Sverige de senaste 15 åren är ett resultat av minskade utsläpp i hela Europa. Åtgärdsarbetet har styrts av internationella avtal som baserats på känsligheten i olika ekosystem i Europas länder (kritiska belastningsgränser som varierar mellan regionerna). 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. Luftens innehåll av svaveldioxid speglar denna utveckling väl, vilket framgår av figur 9 som visar

tidsutveckling av lufthalter på fyra lokaler med nationellt finansierade mätningar. De kraftiga vinterepisoder som återkom regelbundet fram till slutet av 1980-talet är nästan helt borta nu. Halter i luft av gaser och partiklar orsakar torrdeposition. Den kraftiga minskningen kan även läsas av i depositionsmätningarna i skog som det senaste året visar 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, exempelvis transporter, jordbruk och energiproduktion.



Figur 9. Månadsmedelvärden för luftens innehåll av svaveldioxid, (SO_2), kvävedioxid (NO_2) och ozon (O_3) 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.



Figur 9. forts. Månadsmedelvärden lufthalter på EMEP-lokalerna.

Tidsutveckling markvatten

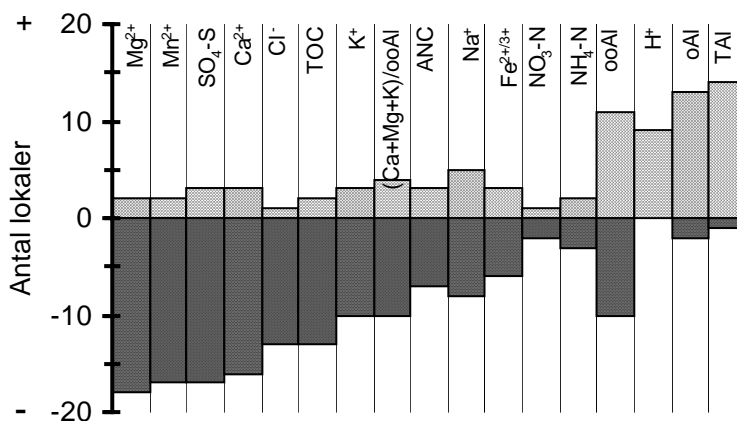
Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är korta. Lokaler med mindre än fem provtagningar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

Figur 10 visar att markvattnets halter av kalcium, magnesium, mangan och klorid, har minskat signifikant på en tredjedel av lokalerna. En stor andel lokaler visar även minskande halter av sul-

fatsvavel. Detta är en logisk följd av minskad svaveldeposition. Förändringar av markvattnets surhetsgrad är inte lika tydliga. Förhållandena i skogsyttorna i Örebro län visar liknande, men mindre tydlig, utveckling som övriga lokaler i mellersta och norra Sverige. En bidragande orsak kan vara att tidsserierna är relativt korta i Örebro län.

Ett sätt att uttrycka markvattnets syra-bas status är förmågan att buffra mot syror. Syranutraliserande förmåga uttrycks som ANC, se "ord att förklara" sidan 4. I takt med att nedfallet av försurande ämnen har minskat bör ANC öka, vilket har noterats på 20 % av

undersökta lokaler i Götaland, där svavelnedfallet minskat kraftigt. I Svealand har ANC snarare minskat. Undersökningarna har visat att episoder med stort nedfall av havssalt under några få dagar kan leda till omfattande jonbytesprocesser i sura marker. Följden blir höga kloridkoncentrationer och låg beräknad ANC under flera år framöver, vilket illustrerar vikten av långa tidsserier för att säkerställa trender i markvattnets surhetsgrad som beror på minskat nedfall av försurande ämnen. Förhållandet diskuterades närmare i föregående årsrapport.



Figur 10. Trendberäkningar för markvatten på 52 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Data i tabellform, deposition och markvatten

Tabell 1. Öppet fältdata från Örebro län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Greckssundet (T 02 A)	96/97	964	0,29	5,3	4,8	11,2	4,1	3,7	1,8	1,0	6,1	1,2	0,15
	97/98	854	0,22	4,4	4,2	4,6	3,6	2,5	1,7	0,6	3,2	1,6	0,21
	98/99	1186	0,33	5,5	5,1	9,5	5,3	4,6	2,0	0,9	5,7	2,2	0,12
	99/00	852	0,16	3,4	3,0	9,0	3,0	2,6	1,3	0,8	5,8	1,0	0,16
Örlingen (T 03 A)	96/97	987	0,28	5,1	4,7	9,0	3,9	3,1	1,8	0,9	4,7	1,3	0,10
	97/98	841	0,19	3,6	3,4	3,5	3,1	2,3	2,0	0,5	2,5	1,4	0,11
	98/99	1026	0,28	4,5	4,2	5,9	3,9	2,9	1,9	0,7	3,6	1,5	0,10
	99/00	917	0,19	3,9	3,5	9,5	3,8	3,0	1,6	0,9	6,1	1,3	0,20
Bälgsjön (T 04 A)	96/97	870	0,27	5,1	4,7	8,1	3,6	2,9	1,5	0,8	4,7	1,0	0,11
	97/98	1021	0,38	6,5	6,2	6,2	5,4	3,7	2,3	0,7	4,3	1,3	0,12
	98/99	1075	0,33	4,8	4,3	10,8	4,5	3,4	1,8	0,9	6,3	1,6	0,11
	99/00	809	0,17	3,4	3,0	8,1	3,2	2,5	1,3	0,7	5,2	0,9	0,13
Kilsmo (T 05 A)	97/98	831	0,14	3,1	2,9	2,8	2,0	1,3					
	98/99	778	0,16	3,1	2,9	4,1	2,5	2,6					
	99/00	620	0,11	3,0	2,7	4,9	2,2	1,6					
Brohyttan (T 10 A)	89/90	1058	0,47	10,8	10,2	12,5	6,6	7,0					
	90/91	941	0,28	7,8	7,3	10,4	4,9	4,4					
	91/92	794	0,38	7,9	7,3	13,4	5,4	5,6					
	92/93	680	0,23	5,7	5,5	6,1	3,4	3,8					
	93/94	633	0,26	5,4	5,1	6,2	3,2	2,4					
	94/95	581	0,19	4,4	4,1	6,1	2,9	2,0					
	95/96	441	0,14	3,1	2,9	4,0	2,3	1,5					
	96/97	748	0,21	5,4	4,8	14,3	3,8	3,2					
	97/98	805	0,19	4,0	3,8	3,9	3,3	2,8					
	98/99	1132	0,31	6,2	5,7	10,7	4,9	4,7					
	99/00	862	0,19	4,5	3,8	14,9	3,8	3,5					

Tabell 2. Krondroppsdata från Örebro län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Greckssundet (T 02 A)	96/97	566	0,08	4,5	4,0	10,3	2,4	2,7	2,3	1,2	4,3	13,3	0,56
	97/98	571	0,06	3,9	3,6	7,7	2,4	2,5	2,3	1,1	3,2	14,9	0,45
	98/99	650	0,07	4,2	3,8	8,6	2,2	2,4	2,6	1,2	3,7	14,4	0,36
	99/00	531	0,05	3,0	2,5	10,3	1,8	1,6	2,0	1,0	4,6	13,3	0,38
Örlingen (T 03 A)	96/97	559	0,17	3,2	2,9	6,7	1,5	0,7	2,3	0,9	3,1	4,7	0,44
	97/98	599	0,14	3,0	2,7	4,8	1,5	0,9	2,3	0,8	2,7	8,5	0,37
	98/99	647	0,18	3,0	2,8	4,8	1,6	1,0	2,6	0,9	2,6	5,3	0,25
	99/00	579	0,14	2,4	2,1	8,1	1,6	0,5	2,2	1,0	4,4	5,8	0,38
Bälgsjön (T 04 A)	96/97	623	0,24	4,5	4,0	10,1	3,0	1,5	2,8	1,3	5,3	4,8	0,58
	97/98	700	0,24	4,4	4,0	7,4	2,8	1,3	2,7	1,1	4,6	6,8	0,50
	98/99	726	0,22	3,7	3,4	8,1	2,5	1,3	2,6	1,2	4,4	7,0	0,42
	99/00	533	0,16	3,1	2,6	11,0	2,2	0,8	2,2	1,2	6,1	7,1	0,49
Kilsmo (T 05 A)	97/98	559	0,12	2,9	2,7	5,0	1,2	0,7					
	98/99	514	0,12	2,7	2,4	6,2	1,2	0,6					
	99/00	439	0,07	2,0	1,7	6,2	1,3	0,6					
Brohyttan (T 10 A)	89/90	493	0,24	11,9	10,9	21,8	2,8	2,6					
	90/91	449	0,20	10,8	10,1	16,2	2,2	1,5					
	91/92	311	0,14	6,6	5,9	13,6	1,8	1,3					
	92/93	435	0,12	6,3	5,6	14,7	1,8	1,4					
	93/94	433	0,21	7,3	6,9	8,5	2,5	1,4					
	94/95	395	0,11	4,9	4,6	7,8	1,7	1,2					
	95/96	335	0,10	3,8	3,6	5,6	1,7	1,2					
	96/97	492	0,14	5,2	4,7	11,9	2,5	1,7					
	97/98	531	0,10	3,9	3,6	8,3	1,7	1,1					
	98/99	608	0,13	4,3	3,8	10,7	2,1	1,4					
99/00	446	0,07	2,9	2,3	12,1	1,6	0,9						

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

Lokal	År	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Greckssundet (T 02 A)	96/97	0,34	1,9	1,1	6,5	1,3	0,15
	97/98	0,26	2,0	0,7	3,3	1,9	0,24
	98/99	0,38	2,2	0,9	6,0	2,4	0,13
	99/00	0,19	1,7	0,8	6,1	1,3	0,22
Örlingen (T 03 A)	96/97	0,32	1,8	0,9	4,9	1,3	0,10
	97/98	0,22	2,2	0,6	3,1	1,5	0,13
	98/99	0,33	1,9	0,7	3,8	1,6	0,11
	99/00	0,23	2,0	0,9	6,6	1,5	0,23
Bälgsjön (T 04 A)	96/97	0,30	1,6	0,9	5,4	1,1	0,12
	97/98	0,44	2,6	0,9	5,3	1,5	0,13
	98/99	0,40	2,1	1,1	7,2	1,8	0,12
	99/00	0,20	1,7	0,8	6,1	1,2	0,17
Kilsmo (T 05 A)	97/98	0,17	2,0	0,5	2,3	1,6	0,14
	98/99	0,18	1,2	0,4	3,1	1,0	0,10
	99/00	0,12	2,0	0,7	4,1	1,7	0,17
Brohyttan (T 10 A)	96/97	0,25	2,5	1,4	8,4	1,9	0,11
	97/98	0,22	2,0	0,7	4,1	1,5	0,13
	98/99	0,36	2,1	1,0	7,0	1,7	0,14
	99/00	0,22	2,1	1,4	9,8	1,8	0,27

Tabell 4. Markvattendata från Örebro 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
Greckssundet (T 02 A)	1999-10-27	4,9	-	0,030	2,01	3,77	<0,002	<0,010	0,72	0,54	2,59	0,32	<0,020	0,007	0,488	0,559	3,3	2,7
	2000-04-27	5,0	-	0,007	1,48	4,29	<0,002	0,083	0,71	0,64	2,84	0,35	<0,020	0,011	0,388	0,490	4,8	3,7
	2000-08-02	5,0	-	0,010	2,29	3,74	<0,002	<0,010	0,72	0,59	3,38	0,28	<0,020	0,016	0,597	0,712	4,5	2,2
	median	5,0	-	0,012	2,12	3,97	<0,002	<0,010	0,72	0,58	2,92	0,36	<0,020	0,011	0,415	0,502	4,9	3,2
	<i>n</i> =	14	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Öringen (T 03 A)	1999-10-27	4,8	-	0,050	2,09	1,43	<0,002	<0,010	0,77	0,24	1,26	0,32	<0,020	0,004	0,784	0,822	3,0	1,3
	2000-04-27	4,9	-	0,036	1,57	2,33	<0,002	<0,010	0,77	0,23	1,47	0,24	0,064	0,003	0,800	0,835	3,6	1,2
	2000-08-02	5,0	-	0,014	1,12	2,51	<0,002	<0,010	0,78	0,23	1,44	0,27	<0,020	0,002	0,369	0,390	3,8	2,6
	median	5,2	-	0,007	1,24	2,00	<0,002	<0,010	0,77	0,23	1,35	0,23	<0,020	0,005	0,198	0,220	4,6	4,0
	<i>n</i> =	14	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Bälgsjön (T 04 A)	1999-10-27	5,3	-	0,045	0,87	1,36	<0,002	<0,010	0,92	0,45	0,95	0,52	<0,020	0,021	0,105	0,421	8,5	14
	2000-04-27	5,4	-	0,059	0,66	2,35	<0,002	<0,010	0,80	0,53	1,62	0,51	<0,020	0,016	0,129	0,381	7,5	11
	2000-08-02	5,4	-	0,061	0,82	0,99	<0,002	<0,010	0,68	0,40	1,35	0,57	<0,020	0,018	0,147	0,446	9,8	8,8
	median	5,4	-	0,049	0,96	1,29	<0,002	<0,010	0,84	0,46	1,24	0,41	<0,020	0,020	0,118	0,382	9,8	11
	<i>n</i> =	10	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Kilsmo (T 05 A)	1999-10-27	4,8	-	0,031	3,65	4,79	<0,002	<0,010	3,19	0,50	2,81	0,36	<0,020	0,054	0,790	1,115	8,5	3,7
	2000-04-27	5,0	-	0,024	3,99	4,19	<0,002	<0,010	4,23	0,64	2,80	0,23	0,115	0,054	0,711	0,980	7,6	5,2
	2000-08-02	5,0	-	0,032	3,67	2,67	<0,002	<0,010	3,47	0,47	2,72	0,28	0,240	0,236	0,584	0,878	9,6	5,2
	median	5,1	-	0,019	4,17	3,53	<0,002	<0,010	3,54	0,62	2,84	0,28	0,115	0,058	0,520	0,839	9,7	6,6
	<i>n</i> =	10	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Brohyttan (T 10 A)	1999-10-27	5,3	-	0,036	1,97	2,71	<0,002	0,116	1,90	0,48	2,18	0,26	<0,020	0,014	0,127	0,394	12,0	16
	2000-04-27	5,3	-	0,058	1,87	4,58	<0,002	0,035	2,41	0,75	2,61	0,34	<0,020	0,013	0,277	0,475	7,4	10
	2000-08-02	5,5	-	0,089	1,77	2,28	<0,002	0,023	2,20	0,52	2,34	0,36	<0,020	0,019	0,121	0,500	10,0	19
	median	5,4	-	0,044	2,24	3,13	<0,002	0,030	2,37	0,69	2,78	0,51	<0,020	0,017	0,193	0,475	10,0	15
	<i>n</i> =	17	-	16	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	11	15	15	11

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

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