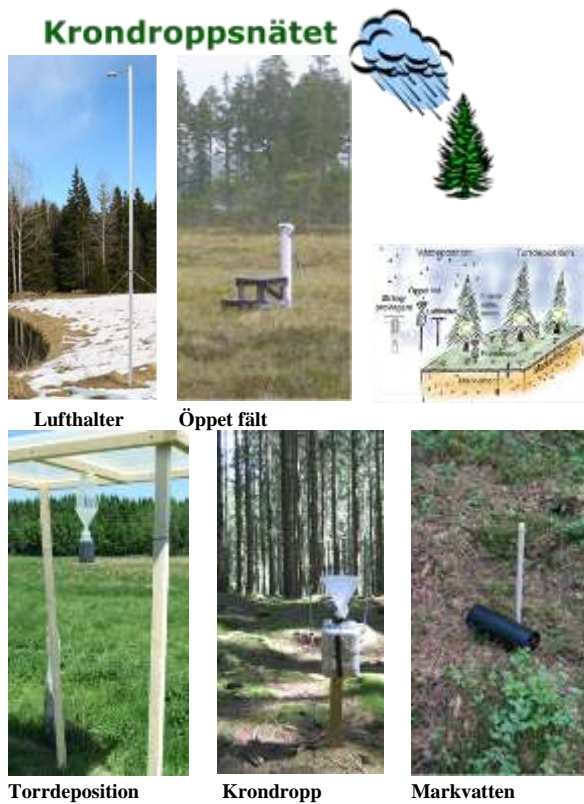


För Länsstyrelsen i Stockholm

Tillståndet i skogsmiljön i Stockholms län

**Resultat från Krondroppsnetet t.o.m.
september 2013**



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson¹⁾,
Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson

B 2175

Juni 2014

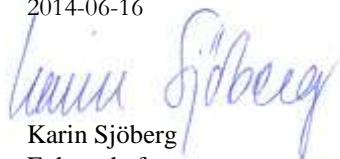
¹⁾ Lunds universitet

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 53021 400 14 Göteborg	Projekttitel Krondropps nätet 2013
Telefonnr 031-725 62 00	Anslagsgivare för projektet Länsstyrelsen i Stockholms län
Rapportförfattare Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson	
Rapporttitel och undertitel Tillståndet i skogsmiljön i Stockholms län - Resultat från Krondropps nätet t.o.m. september 2013.	
Sammanfattning: <p>I denna rapport redovisas resultaten från mätningar inom Krondropps nätet i Stockholms län från perioden oktober 2012 till september 2013, vilka relateras till tidigare års mätningar. Vidare redovisas andra aktiviteter med anknytning till Krondropps nätet.</p> <p>De senaste modellberäkningarna visar att ca 2 % av länets sjöar kan anses vara försurade 2010, på grund av mänsklig verksamhet.</p> <p>Mätningar inom länet visar att det atmosfäriska nedfallet av svavel under de senaste drygt 20 åren har minskat i takt med Sveriges och Europas rapporterade utsläppsminskningar. De senaste åren har svavelnedfallet i länet varit lågt, och en bidragande orsak skulle kunna vara minskningen av svavelhalterna i fartygsbränsle runt 2006-2007. Försurningen orsakas inte bara av försurande nedfall utan även av kvävenedfall samt skogsbruk. Svavelnedfall har en direkt försurande effekt, medan kvävenedfall försurar först när skogsekosystemets förmåga att ta upp kväve överskrids, och det börjar läcka. Skogsbruket försurar genom bortförsl av buffringskapacitet vid skörd. Provtagning och analys av markvattnet tyder på att försurningsstatusen för skogsmarken i länet är god.</p> <p>Även utsläppen av oxiderat och reducerat kväve uppges ha minskat avsevärt under de senaste 20 åren. Nedfallet av kväve med nederbörden visar dock inga tecken på att ha minskat i samma storleksordning under motsvarande period. Dock visar mätningarna av kvävenedfall på öppet fält i länet att kvävebelastningen i länet varit förhållandevis låg under de senaste åren. Kvävenedfallet innebär en upplagring av kväve i skogsmarken. I slutändan kan detta medföra att nitratkväve läcker ut till grundvatten och ytatten. Markvattenmätningarna i länet visar att förhöjda halter av nitrat stundtals förekommer i länet vid ytorna med växande skog. Ett framtida högre kväveläckage från skogsmarken kan innebära negativa effekter både för övergödning och för försurning.</p> <p>Aspekter kring skogsbrukets försurande inverkan, kvävegödning av skogsmark, fördjupad utvärdering av miljömålet samt EU:s luftvårdspolitik diskuteras också i rapporten.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, övergödning, krondropp, markvatten, Stockholms län	
Bibliografiska uppgifter: IVL Rapport B 2175	
Rapporten beställs via: Webbplats: www.ivl.se , e-post: publikationsservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	4
2.	Mätningar inom Krondropps nätet	6
3.	Miljö tillståndet i skogslandskapet i Stockholms län – en översikt	7
3.1.	Försurningen av skogsmarken	8
3.2.	Kvävestatusen i skogslandskapet	13
3.3.	Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13.....	17
4.	Rapporter och artiklar 2013	19
5.	Möten och konferenser 2013.....	21
6.	Specialprojekt på krondroppsytor.....	22
7.	Pågående policyrelaterat arbete med koppling till Krondropps nätet	26
8.	Krondropps nätet webbplats	33
9.	Referenser.....	33
	Bilaga 1. Stationsvis redovisning.....	35
	Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter och markvatten.....	53

Rapporten godkänd
2014-06-16



Karin Sjöberg
Enhetschef

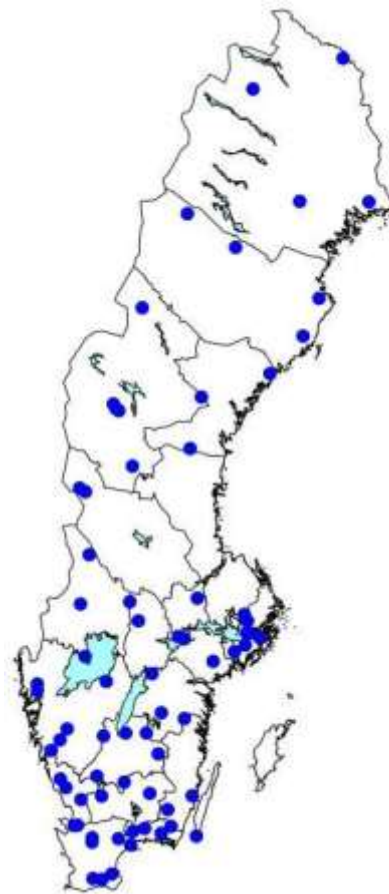
1. Inledning

Inom ramen för Krondroppsnetet bedriver IVL sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Målsättningen med nuvarande samarbetsprogram, ”Program 2011”(2011-2014), är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten.

Under 2012/13 bedrev Krondroppsnetet mätningar av nedfall till skog (krondropp), nedfall på närliggande yta på öppet fält, torrdeposition med strängprovtagare, markvattenkemi samt lufthalter på totalt 71 ytor, fördelade relativt jämnt över hela Sverige, Figur 1. Krondropp och markvattenkemi mättes på de flesta av ytorna, medan övriga mätningar genomfördes på ett urval av ytor.

Resultaten från mätningarna analyseras i relation till effekter främst på tillstånd i mark, markvatten, ytvatten, vegetation samt på den brukade skogens långsiktiga näringstillstånd och hälsa. Resultaten används bland annat i arbetet med de svenska miljö kvalitetsmålen, framför allt med underlag till ”Bara Naturlig Försurning”, ”Ingen Övergödning” och *Frisk Luft*. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnetet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Resultat från Krondroppsnetet används i stor utsträckning inom den länsvisa och den regionala miljöövervakningen. Vidare relateras resultaten på regional nivå till modellresultat från det nationella miljömålsarbetet, bland annat med avseende på kritisk belastning, antropogent försurade sjöar och kväveupplagring i skogsmark samt för att ytterligare fördjupa underlaget för miljömålsuppföljningen.

En av styrkorna med Krondroppsnetet är att mätningar har bedrivits under långa tidsperioder och med god geografisk täckning över Sverige, vilket möjliggör detaljerade studier av variationen i tid och rum. Krondroppsnetet har en stark koppling till den regionala och nationella miljöövervakningen, men är även starkt förankrad i forskningen. Genom att mätningarna inom Krondroppsnetet är nationellt samordnade, och bedrivs med samma metoder överallt, kan mätningarna användas för att beskriva tidsutvecklingen vad gäller olika miljöindikatorer såväl regionalt som nationellt. Krondroppsnetets verksamhet



Figur 1. Krondroppsnetet under 2012/13. Samordnade mätningar av luftföroreningar i 71 skogliga observationsytor.

spänner över stora tidsrymder, och har bland de längsta mätserierna i hela Europa, vilket möjliggör studier av långsiktiga trender. Data från Krondroppsnätet bidrar till modellutveckling, med målet att kunna förutsäga den framtida utvecklingen, inte minst i perspektivet av pågående klimatförändringar som kan medföra stora förändringar vad gäller försurnings- och övergödningsproblematiken.

Krondroppsnätet har en länsvis förankring och drivs främst med regional finansiering från luftvårdsförbund, länsstyrelser och kommuner, men även från enskilda företag. Även Naturvårdsverket bidrar med viss finansiering, främst vad gäller mätningar av nederbörd och torrdeposition över öppet fält.



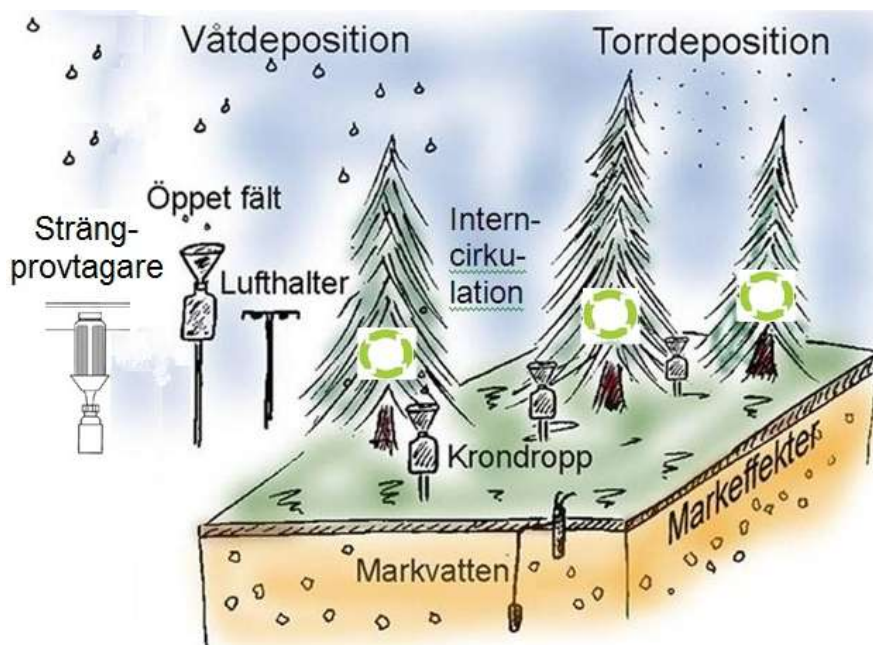
Mätplatser inom Krondroppsnätet i Stockholms län: Bergby, Sticlänge, Farstanäs, Lämshaga, Gladö, Arlanda och Ulriksdal. Samtliga ytor är granytor utom Bergby som är tall.

I Stockholms län finns sju aktiva lokaler inom Krondroppsnätet, se kartan till vänster. Länet ligger i ett område där luftföroreningsbelastningen, i form av svavel- och kvävenedfall, är lägre än i sydvästra Sverige, men högre än i norra Sverige. Länets kuster är särskilt utsatta för påverkan från fartygs- trafiken på Östersjön.

I denna rapport redovisas resultaten från mätningar från perioden januari 2012 till september 2013, vilka relateras till tidigare års mätningar. Först ges en allmän beskrivning av mätningarna inom Krondroppsnätet. Därefter presenteras mätningarna utifrån de perspektiv på skogsmiljön som är mest relevanta för Stockholms län. Resultaten relateras främst till miljömålen *Bara Naturlig Försurning* och *Ingen Övergödning*. Vidare redovisas publikationer, möten och konferenser under 2013, samt aktiviteter med koppling till Krondroppsnätet som är på gång under 2014 och framåt. I Bilaga 1 redovisas det senaste årets mätdata från de aktiva lokalerna inom länet i detalj, tillsammans med aktuell information om mätplatserna. I Bilaga 2 redovisas data i tabellform.

2. Mätningar inom Krondroppsnätet

De metoder som används för att mäta lufthalter, deposition samt markvatten illustreras i Figur 2.



Figur 2. Principskiss för mätningarna som bedrivs inom Krondroppsnätet. Lufthalter mäts 3 meter över marken. Nedfallet till skogstorna består av våt- och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna, vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våt- och torrdeposition \pm intern-cirkulation. Strängprovtagare under tak möjliggör en indirekt mätning av torrdepositionen. Markvattnet mäts på 50 cm djup.

Deposition av luftföroreningar mäts inom Krondroppsnätet på månadsbasis, dels på öppet fält, dels i skogen under krontaket (krondropp) och dels med hjälp av strängprovtagare under tak. Mätningarna på **öppet fält**, som bedrevs vid 32 lokaler i landet under 2012/13, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden.

Krondroppsmätningarna, som bedrevs vid 59 lokaler (2012/13), speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. **Strängprovtagare** används vid 10 lokaler i landet och används för att uppskatta torrdepositionen av vissa ämnen. **Lufthaltsmätningar** av svavel-dioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon bedrevs vid 21 lokaler (2012/13) med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som ska mätas.

Markvattenmätningar bedrevs vid 62 lokaler med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden.

3. Miljötilståndet i skogslandskapet i Stockholms län – en översikt

Inom Krondroppsnetet bedrivs mätningar av deposition, markvatten samt lufthalter för att ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och deras effekter på vegetation, mark och vatten. I Stockholms län finns sju aktiva lokaler inom Krondroppsnetet.

Av Stockholms läns areal utgörs ungefär 45 % av produktiv skogsmark. Barrskog är den vanligaste skogstypen i länet (ca 70 %). Lövskog utgör ca 15 % av skogen i länet, och ca 10 % är blandskog.

Skogslandskapet i Stockholms län har i ett historiskt perspektiv utsatts för ett betydande nedfall av luftföroreningar, både vad gäller försurande och övergödande ämnen. Länet ligger i ett område där luftföroreningsbelastningen, i form av svavel- och kvävenedfall, ligger på en lägre nivå än i sydvästra Sverige, men på en högre nivå än i norra Sverige. Länets kuster är särskilt utsatta för påverkan från fartygstrafiken på Östersjön.

Skogsmarken, vattendrag och sjöar i länet påverkas fortfarande i hög grad av atmosfäriskt nedfall, i huvudsak beroende på långväga transporterade luftföroreningar. I Stockholms län är kalkhaltiga jordar vanligt förekommande, vilket ger en bra buffringsförmåga mot försurning. Detta gör att försurningsproblemen i länet är förhållandevis små jämfört med andra delar av Sverige. En modellberäkning visar att ca 2 % av länets sjöar har försurningsproblem.

Försurningen av mark och vatten beror av flera samverkande faktorer; nedfall av svavel, nedfall av kväve samt skogsbrukets försurande påverkan genom bortförsel av buffrande näringsämnen. Svavelnedfallet till länets skogar har sedan 1992 minskat med 70-80 %, i takt med minskningen av Europas svavelutsläpp. Kvävenedfallet har inte minskat i samma utsträckning, men under de senaste tre åren har kvävenedfallet över öppet fält i länet varit lägre än 5 kg N/ha, vilket är den kritiska belastningen för kvävenedfall till barrskog i Sverige. Även ett beräknat värde av totaldepositionen till skog ligger lägre än 5 kg N/ha. Dock har de tidigare mätningarna i länet visat på överskridande av gränsen. Den kritiska belastningsgränsen för kvävenedfall har således sannolikt överskridits under lång tid i Stockholms län, och växtligheten är därför sannolikt sedan länge påverkad.

Skogsbrukets relativa betydelse för försurningen har ökat och står nu för 40-60 % av skogsmarkens försurning, beroende på om enbart stam eller även grenar och toppar (grot) tas ut. Skogsbruket utgör alltså idag den största regionala källan till försurning i länet. Försurningen vid uttag av grot kan dock motverkas genom näringskompensation i form av askåterföring. Markvattenmätningarna i länet visar på en god försurningsstatus, med pH-värden över 5,0, låga halter av toxiskt oorganiskt aluminium och en bra buffringskapacitet mot försurning med ANC-värden över noll.

Förhöjda halter av nitrat- och ammoniumkväve förekommer tidvis i markvattnet vid flertalet mätplatser i länet. Detta kan tyda på att det pågår en upplagring av kväve i skogsmarken som resulterar i ett läckage till markvattnet i samband med störningar.

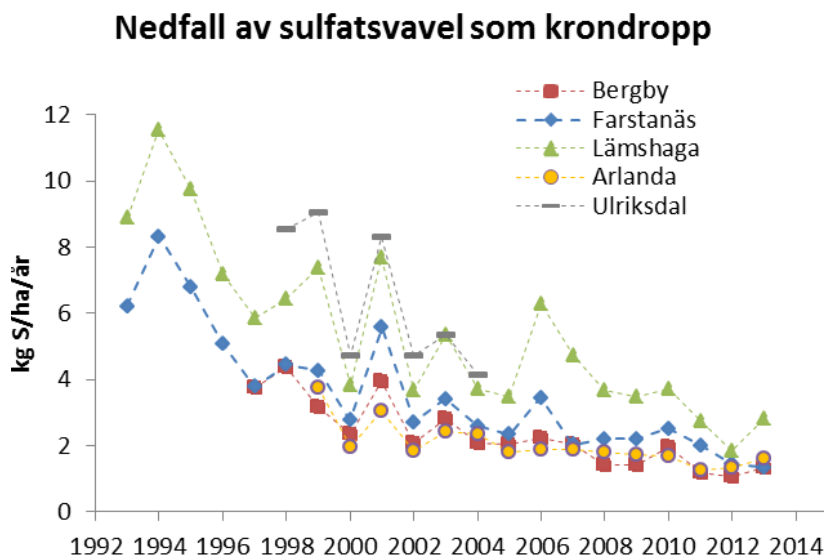
3.1. Försurningen av skogsmarken

Den senaste regionala miljömålsutvärderingen i länet visar att det är möjligt att nå målet *Bara naturlig försurning* till 2020, och sammanfattas enligt följande: ”Målet nås med idag beslutade styrmedel och med åtgärder genomförda före år 2020. Utvecklingen för målet som helhet bedöms som svagt positiv. Minskad deposition av kväve, och eventuellt även av svavel, är nödvändig för att säkerställa den positiva trenden. Skogsbrukets försurningspåverkan bör inte öka”. (www.miljomal.se).

Nedan beskrivs emissioner och nedfall av svavel i Stockholms län från Krondroppsnetets mätningar, relaterat till svavelemissionerna, följt av två avsnitt om ”Försurningseffekter i markvatten” och ”Andra bedömningar försurning – mark och sjöar”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

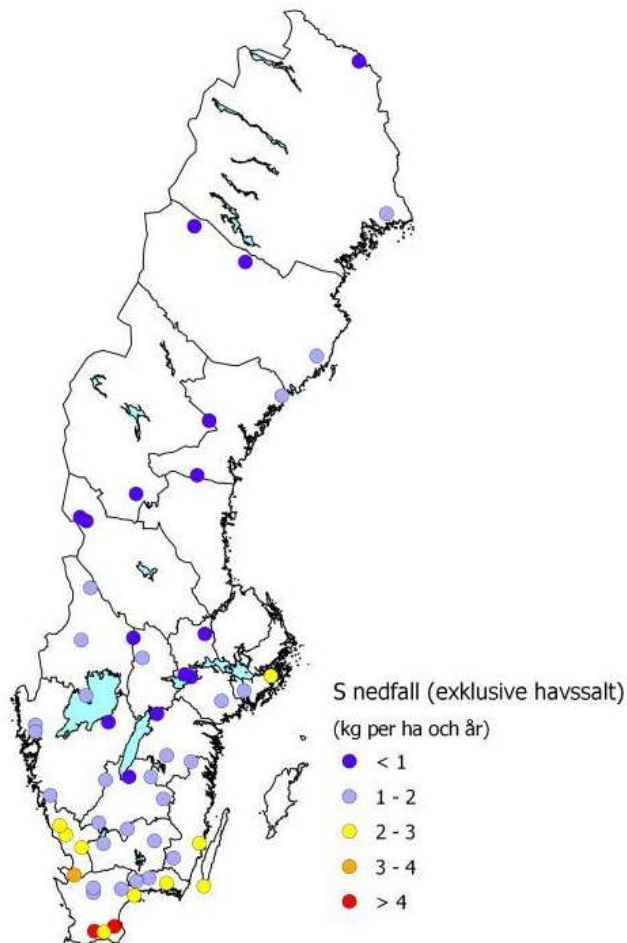
Emissioner och nedfall av svavel

Svavelnedfallet vid Krondroppslokalerna med de längsta tidsserierna i länet, Farstanäs och Lämshaga, har sedan 1992 minskat med i storleksordningen 70 - 80 % (Figur 3). Vid Bergby och Arlanda, där mätningarna började senare, har nedfallet minskat med 50-70%. De rapporterade, samlade svavelutsläppen från Europa har minskat med mer än 80 % sedan 1990, (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Motsvarande minskning sedan 1999 är ca 60 %. I stort sett har svavelnedfallet till skogen i Stockholms län minskat i samma utsträckning som minskningen av de samlade svavelutsläppen från Europa. Svavelnedfallet till länets skogar låg under det hydrologiska året 2012/13 mellan 1 och 3 kg S/ha. Under de senaste sex åren har nedfallet varit lägre än 4 kg S/ha/år. Länets kuster är särskilt utsatta för påverkan från fartygstrafiken på Östersjön, och det låga svavelnedfallet de senaste åren kan delvis bero på införandet av begränsningar av svavel i fartygsbränsle år 2007.



Figur 3. Årliga värden för nedfall av sulfatsvavel (utan havssalt) till fem platser i Stockholms län, uppmätt som krondropp. Samtliga ytor är granytor, förutom Bergby som är en tallyta. Nedfallet i krondropp mättes månadsvis och summerades för hydrologiskt år (okt-sept). Nedfallet har minskat vid samtliga mätplatser, bortsett från Ulriksdal, som dock har en mycket kort tidsserie.

Svavelnedfall i krondropp 2012/13 visas för landet som helhet i Figur 4. Gradienten i försurningsproblematiken från sydväst mot nordost framträder tydligt. Prognoser för framtiden tyder på att svavelnedfallet över Sverige kommer att minska ytterligare. Även kvävednedfall kan verka försurande, men till skillnad från svavel uppkommer den försurande effekten först om/när ekosystemet inte kan hålla kvar allt kväve. När kväve finns i överskott sker nitrifikation, varvid vätejoner som försurar frigörs. Kvävestatusen i skogarna i Stockholms län diskuteras vidare i nästa kapitel.



Figur 4. Nedfall av sulfatsvavel (exklusive bidraget från havssalt) som krondropp under det hydrologiska året 2012/13 vid olika platser inom Krondroppsnetet.

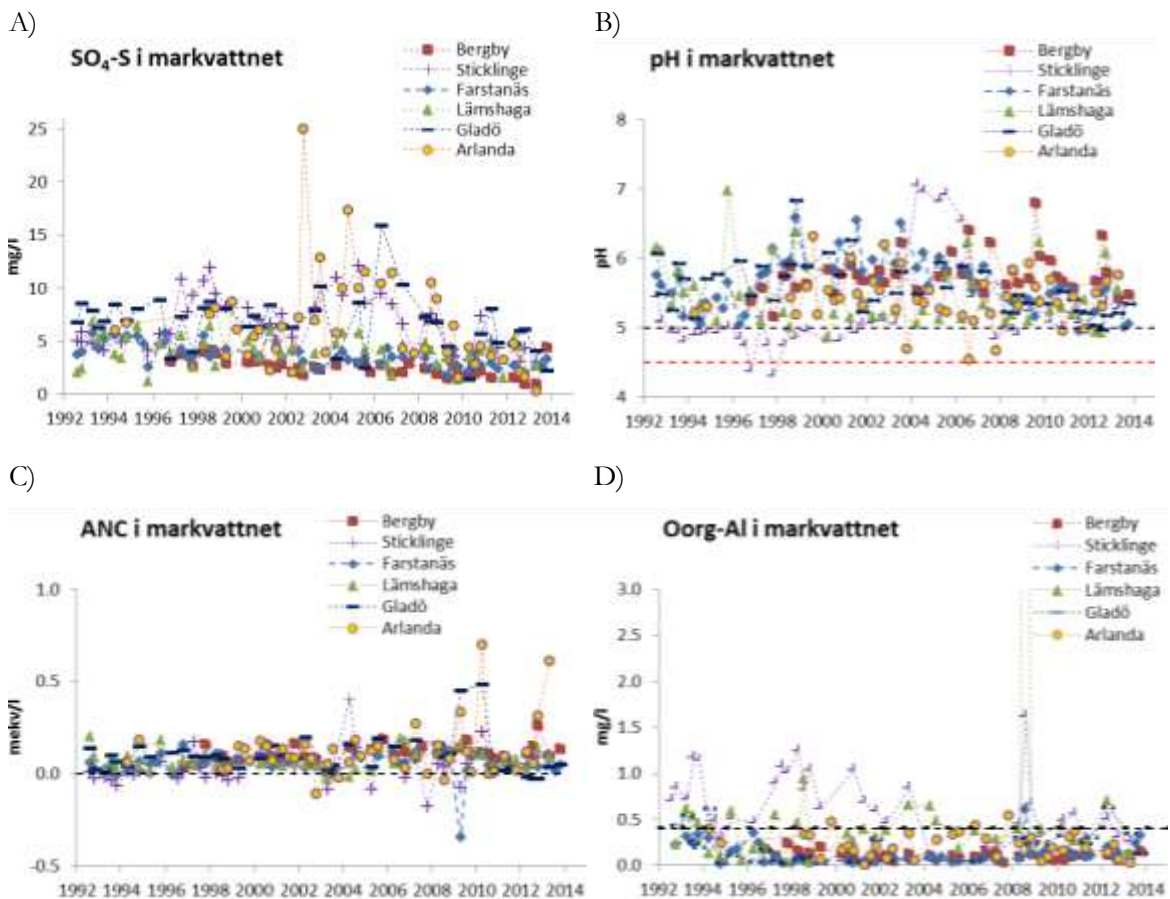
Försurningseffekter i markvatten

Markvattnet är det vatten som rör sig i marklagren under rotzonen men ovanför grundvattnet. Det utgör en länk mellan skogsmarken och rinnande ytvatten. Markvattenmätningar genomförs på sex platser i länet. Vid Sticklinge var halten av flera ämnen i markvattnet, bland annat ammoniumkväve och kalcium, under våren 2004 till våren 2007 kraftigt förhöjda. En misstanke finns att dessa förhöjda värden, i ytan som är belägen nära bebyggelse, orsakats av kontamination i någon form. Data under denna period måste därför tolkas med stor försiktighet.

Det minskade svavelnedfallet syns i markvattenmätningarna som minskade svavelhalter vid fyra av de sex ytorna i länet, se Figur 5A. Markvattnets försurningsstatus kan beskrivas

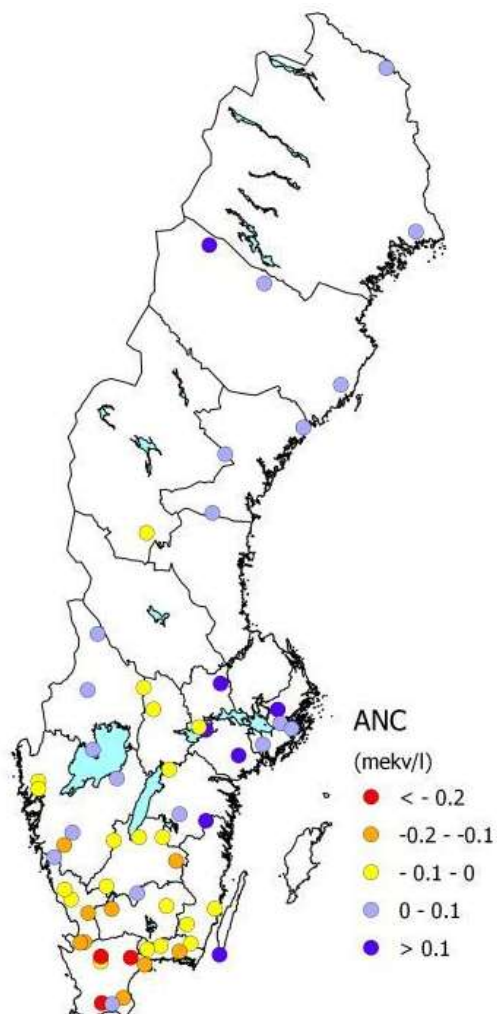
utifrån olika parametrar, som alla ger lite olika aspekter på försurningen, såsom pH, syra-neutraliserande förmåga (ANC) och halter av det toxiska ämnet oorganiska aluminium (oorg-Al). Tack vare att det sura nedfallet av svavel har minskat kraftigt så syns effekter av återhämtning från försurning i markvattnet. Bedömningen av försurningstillståndet i markvattnet vid de sex lokalerna i länet tyder på att samtliga ytor har en bra försurningsstatus.

Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på vilken berggrund som föreligger i området, halterna av organiska ämnen mm. Ett pH < 4.5 anses i de flesta fall indikera antropogen försurning, och ett pH i området 4.5 – 5.0 kan indikera måttlig antropogen försurning. Markvattnet vid samtliga ytor har i huvudsak ett pH-värde över 5,0, se Figur 5B. pH-värdet vid Sticklinge har ökat, vilket är positivt ut försurningssynpunkt. Däremot är det oroväckande att pH har minskat vid Gladö, vilket indikerar återförsurning av ytan.



Figur 5. Halterna av A) sulfatsvavel (SO₄-S), B) pH, C) syra-neutraliserande förmåga (ANC) och D) halten oorganiskt aluminium (oorg-Al) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i Stockholms län, uppmätt inom Krondroppsnetet. Följande förändringar är statistiskt säkerställda: SO₄-S har minskat signifikant vid Bergby, Farstanäs, Lämshaga och Gladö; pH har ökat vid Sticklinge, men minskat vid Gladö; ANC har ökat vid Bergby och Sticklinge; Oorg-Al har inga signifikanta förändringar vid någon lokal. Streckade linjer anger försurningsgränser för pH, ANC och Oorg-Al. Notera toppen av Oorg-Al för Lämshaga på 9,2 mg/l (mätpunkten går utanför y-axeln), 2009.

Figur 5C visar den syraneutraliserande kapaciteten (ANC) hos markvattnet på 50 cm djup vid de sex markvattenytorna. Samtliga ytor uppvisar ANC-värden som i huvudsak ligger över 0. Värdet för ANC ska vara över noll om markvattnet inte ska vara antropogent försurat. I Figur 6 visas ANC hos markvattnet vid olika platser i landet inom Krondroppsnetet. Det finns en gradient vad gäller markförsurningen redovisat på detta sätt från sydväst mot nordost, med det framgår också att det inom denna gradient finns betydande lokala variationer. Orsakerna till denna lokala variation är föremål för forskning. I denna framställning framgår inga av de sex ytorna i Stockholms län som försurade, och länet ligger generellt i en region med tillfredsställande försurningsstatus.



Figur 6. Den syraneutraliserande kapaciteten (ANC) hos markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren. Ett värde på $ANC < 0$ diskuteras som en indikator för försurning av skogsmarken.

Markvattenmätningarna i länet visar på förhållandevis låga halter oorganiskt aluminium i markvattnet. Oorganiskt aluminium frigörs vid sura förhållanden, och kan vara skadligt både för växter och djur. Det används ofta som en indikator på markvattnets försurningsstatus. En kritisk gräns som föreslagits är 0.4 mg/l (Gustafsson m.fl., 2001). Mätningarna visar att markvattenhalterna i huvudsak ligger under denna gräns (Figur 5D). Vid Sticklinge och Lämshaga har dock gränsen stundtals överskridits. Dessa båda mätplatser är platser där pH i markvattnet varit förhållandevis lågt.

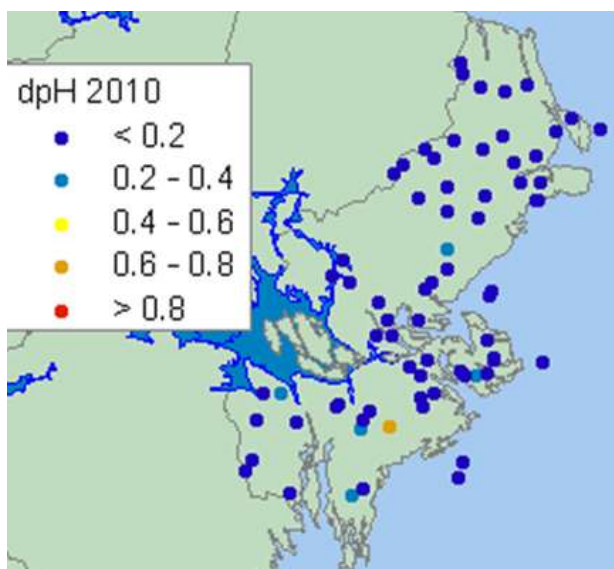
Andra bedömningar försurning – mark och sjöar

Data från markinventeringen används för uppföljning av indikatorn ”Försurad skogsmark”. Uppföljningen görs nationellt och uppdelat i landsdelar. I den del som Stockholms län tillhör, mellersta och östra Sverige, är andelen mark med hög eller mycket hög surhetsgrad enligt bedömningsgrunderna för skogslandskapet 30 %. Trots att det sura nedfallet minskat kraftigt är försurningstillståndet i skogsmarken relativt oförändrat.

Kritisk belastning för skogsmark har traditionellt beräknats med PROFILE-modellen och kvoten mellan koncentrationen av baskatjoner och oorganiskt aluminium har använts som kemiskt kriterium. De senaste nationella beräkningarna (från 2014) visar på att den kritiska belastningen överskrids på 11 % av skogsmarken i Sverige. Vi har dock valt att inte presentera resultat på länsnivå de senaste åren. I modellberäkningen finns inte det historiska nedfallet med, och när nedfallet minskat kraftigt kan resultatet bli missvisande. Vi förespråkar därför en övergång till dynamisk modellering med ForSAFE-modellen. Det finns ett framtaget förslag på metodik för detta.

Indikatorn ”Försurade sjöar” följs upp genom en bedömning av andel antropogent försurade sjöar, på länsnivå, där antropogent försurade sjöar definieras som sjöar vars pH-värde minskat med 0,4 enheter sedan förindustriell tid.

Den senaste skattningen av andelen sjöar som anses försurande genom mänsklig påverkan är att ca 2 % av sjöarna i Stockholms län är försurade under 2010, Figur 7 (Fölster & Valinia, 2012). Eftersom försurningsproblemen minskat är kalkningsverksamheten i länet idag liten. Det är till och med troligt att kalkningsverksamheten upphör helt inom de närmaste åren.



Figur 7. pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2010, baserat på MAGIC-biblioteket. En sjö räknas som antropogent försurad om pH som årsmedian har sjunkit med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid (dpH > 0,4), vilket markeras med gula, orange och röda symboler på kartan. Analysen inkluderar kalkade försurade sjöar baserat på beräknad vattenkemi om man inte hade kalkat.

3.2. Kvävestatusen i skogslandskapet

Den senaste regionala miljömålsutvärderingen i länet visar att det inte är möjligt att nå målet *Ingen övergödning* till 2020, och sammanfattas enligt följande: ”Målet är inte möjligt att nå till år 2020 med i dag beslutade eller planerade styrmedel. Kraftfulla åtgärder behövs för att minska utsläppen av gödande ämnen från jordbruk och markanvändning, avlopps- anläggningar, dåligt fungerande små avlopp, dagvatten, trafik och skogsbruk. Utvecklingen är negativ.” (www.miljomal.se).

Kväve är tillsammans med fosfor orsaken till övergödning av hav och sjöar. (Läs mer om fosfordnedfall i kapitel 3.3). Runt 1950 började nedfallet av kväve till skogen i Sverige öka kraftigt för att nå sin kulmen under 1980-talet (Hansen m.fl., 2013).

Nedan beskrivs nedfall av kväve i Stockholms län från Krondroppsnetets mätningar, relaterat till kväveemissionerna, följt av ett avsnitt om ”Kväveeffekter i markvatten”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

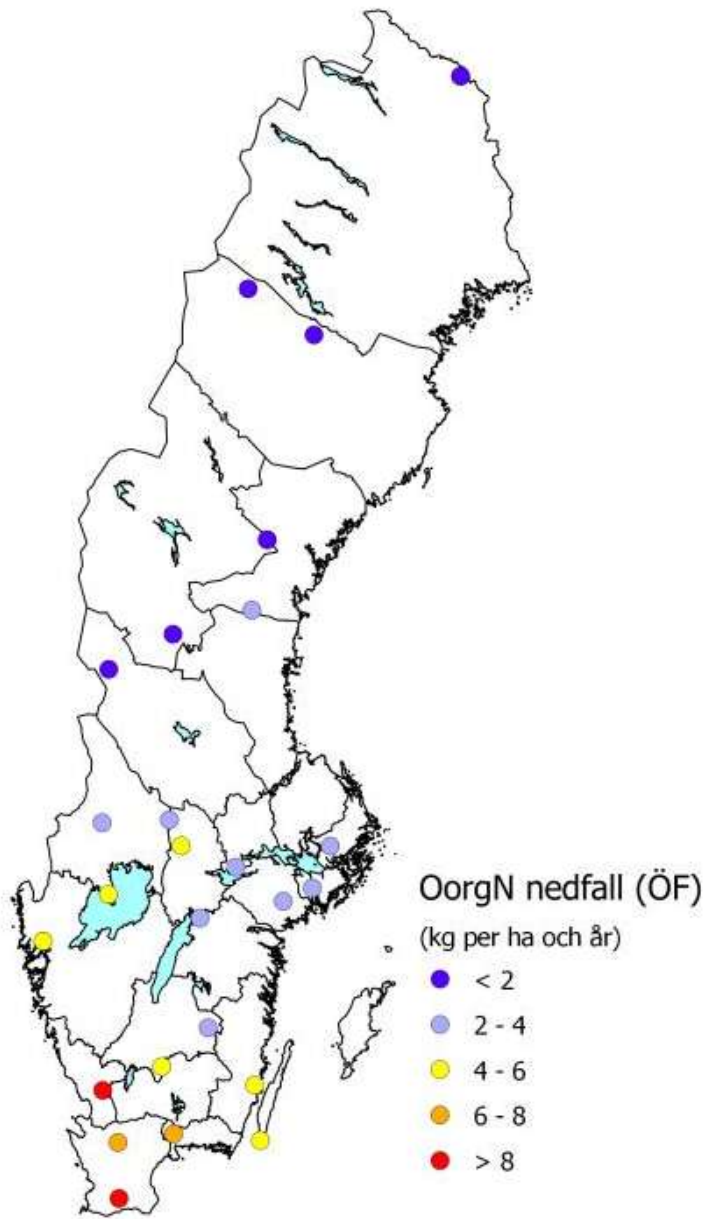
Emissioner och nedfall av kväve

De rapporterade kväveoxidutsläppen i Europa har under de senaste 20 åren minskat med 47 % och ammoniak med 25 % (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Kvävenedfallet med nederbörden har inte minskat över Sverige under perioden 1990-2009, förutom i den sydöstra delen av Sverige, där Stockholms län ingår (Hansen m.fl., 2013).

Nedfallet av kväve till skogen är svårt att mäta på grund av att kvävet kan tas upp direkt till trädkronorna. Krondroppsmätningar för kväve kan därför inte användas rakt av, på samma sätt som för svavel, utan man får istället använda mätningar av våtdeposition på öppet fält och därefter lägga till ett uppskattat bidrag från torrdepositionen. Torrdepositionen beräknas med hjälp av krondroppsmätningarna.

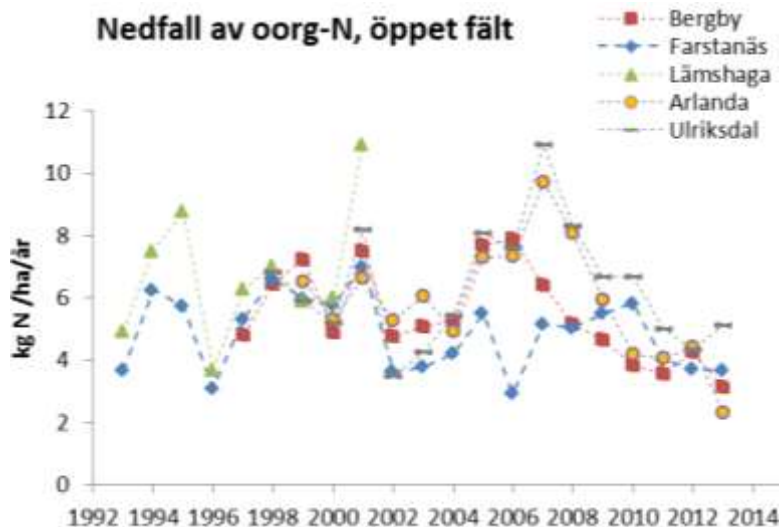
Tidigare analyser har visat att i området runt Stockholms län bidrar torrdepositionen med ca 15 % till det samlade nedfallet av oorganiskt kväve (Karlsson m.fl., 2011).

Nedfallet av oorganisk kväve med nederbörden till öppet fält vid olika platser inom Krondroppsnetet under det hydrologiska året 2012/13 visas i Figur 8. Det högsta kvävenedfallet i landet förekommer i sydväst i Skåne, Blekinge och Halland. Något lägre kvävenedfall finner man i ett stråk från sydost till nordväst, från Kalmar län till södra Värmland.



Figur 8. Nedfallet av oorganiskt kväve (oorgN) med nederbörden till öppet fält vid olika platser inom Krondroppsnetet under det hydrologiska året 2012/13.

I Stockholms län mäts idag kvävenedfall till öppet fält vid fyra ytor: Bergby, Farstanäs, Arlanda och Ulriksdal, se Figur 9. Fram till 2001 mättes kvävenedfallet även vid Lämshaga. Kvävenedfallet av oorganiskt kväve (nitratkväve + ammoniumkväve) låg 2012/13 mellan 2 och 5 kg N/ha/år.



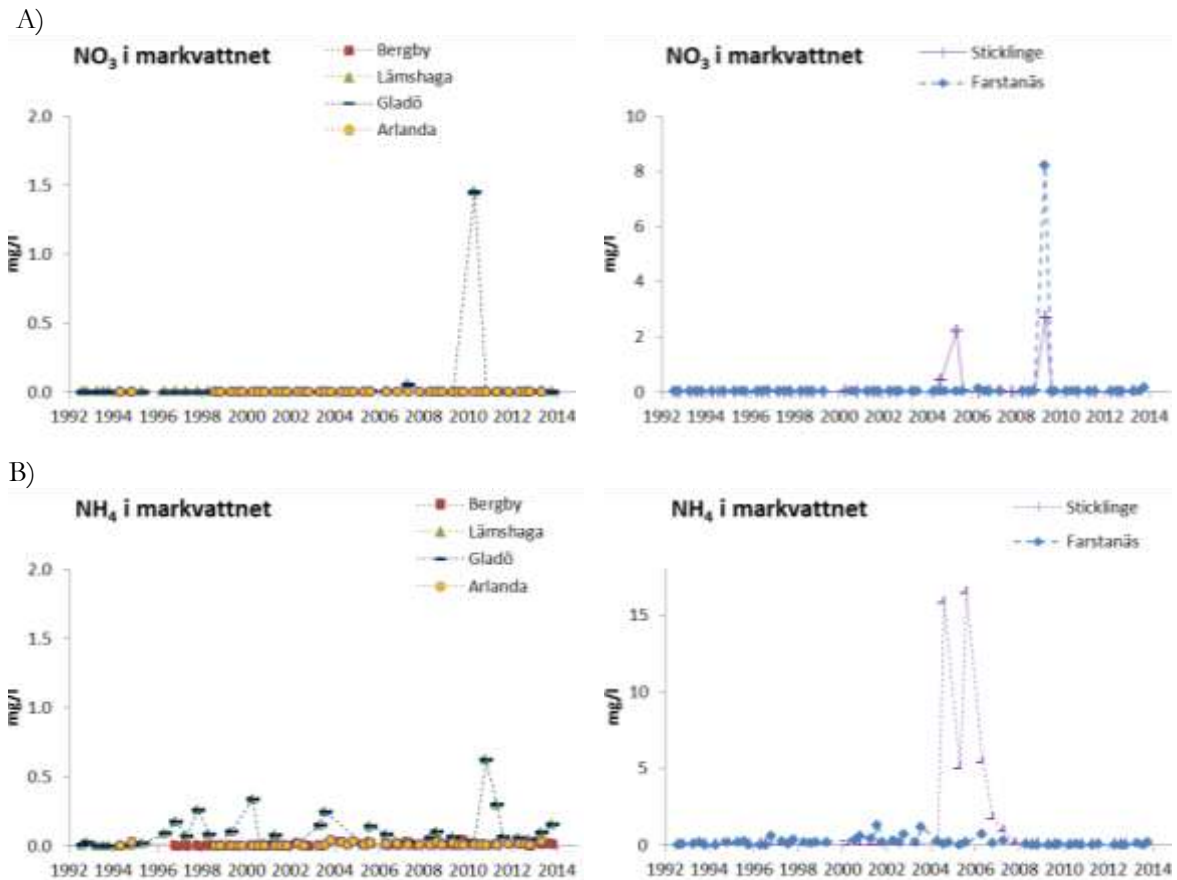
Figur 9. Årliga värden för nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve + ammoniumkväve) med nederbörden till öppet fält vid fem platser i Stockholms län. Sedan 2002 mäts ej depositionen över öppet fält vid Lämshaga. Nedfallet i nederbörden mäts månadsvis och summerades för hydrologiskt år (okt-sept). Nedfallet av nitrat har minskat med statistisk säkerhet vid Bergby. För ammoniumnedfallet finns inga signifikanta förändringar.

Det samlade nedfallet av nitrat- och ammoniumkväve med nederbörden som medelvärde för de senaste 3 åren uppgick till 4,0 kg N/ha vid de fyra aktiva ytorna. Genom att lägga till ett uppskattat värde på torrdepositionen (15 %) blir det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve 4,6 kg N/ha. Detta är glädjande nog lägre än den gräns på 5 kg N/ha/år som fastställts för den kritiska belastningen för kvävenedfall till skydd för förändringar hos växtligheten (Moldan m.fl., 2011). Det är lovande att kvävenedfallet numera är lågt, men de tidigare mätningarna visar på överskridande av gränsen. Den kritiska belastningsgränsen för kvävenedfall har således sannolikt överskridits under lång tid i Stockholms län, och växtligheten är därför sedan länge påverkad.

Kväveeffekter i markvatten

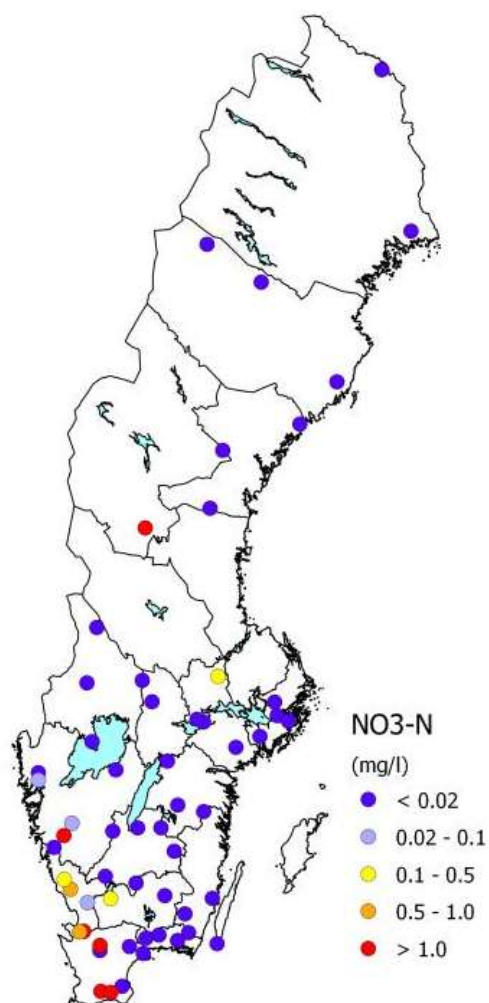
Tillväxten i Sveriges skogar anses generellt vara kvävebegränsad, och skogsekosystemen har en mycket stor förmåga att lagra upp kväve. Förhöjda halter av nitratkväve uppträder därför tämligen sällan i markvattnet i växande skog. Om kväve lagrats upp i skogsmarken kan dock olika störningar såsom avverkning, vindfällen eller skadeinsekter, ge upphov till förhöjda halter av nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet.

Förhöjda halter av nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet förekommer tidvis i länet, vid Gladö, Sticklinge och Farstanäs (Figur 10). I huvudsak är dock nitratkvävehalterna låga, vilket indikerar att kvävetillgången i dagsläget inte nämnvärt överskrider behovet i skogsekosystemet i Stockholms län. I sydvästra Sverige, framförallt i Skåne och i Halland, är det relativt vanligt att nitratkvävehalten i markvattnet är kraftigt förhöjd, vilket betyder att kvävetillgången i marken överskrider skogsekosystemens behov av kväve. Förhöjda halter av nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet innebär negativa effekter både för övergödning och försurning. Eftersom skogen utgör en stor andel av den samlade arealen i Stockholms län (45 % produktiv skogsmark), kan förhöjda halter nitrat i markvattnet innebära att den totala mängden kväve som läcker ut från mark till sjöar ökar i framtiden.



Figur 10. Halterna i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i Stockholms län av A) nitratkväve (NO₃-N), samt B) ammoniumkväve (NH₄-N). Stickle och Farstanäs har tidvis förhållandevis höga nitrat- och ammoniumvärden och visas därför i ett separat diagram med annan skala på y-axeln. Vid Stickle har halten av ammoniumkväve ökat med statistisk säkerhet.

I Figur 11 redovisas mätningar av nitratkväve i markvattnet vid olika lokaler runt om i landet inom Krondroppsnetet, som medianvärdet från de senaste tre årens mätningar. I denna karta redovisas även resultaten från platser som varit utsatta för någon form av störning. Vid provytan Klippan, en röd markering strax öster om Göteborg, dog träden på grund av ett barkborreangrepp 2008 och nitratkväve började läcka ut i markvattnet. Krondroppsytan vid Sör-Digertjärn i södra Jämtlands län kvävegödslades 2012. Uttryckt som medianvärdet för de senaste tre åren är nitratförekomsten i markvattnet inom Stockholms län ännu låg.

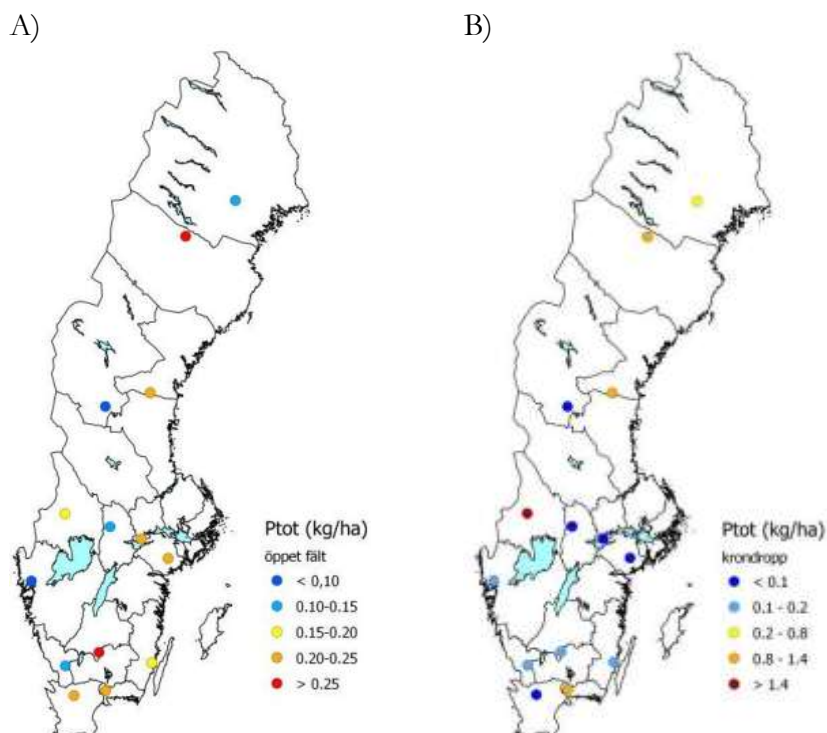


Figur 11. Koncentrationen av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvattnet vid olika platser inom Krondroppsnetet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar.

3.3. Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13

Sedan 2011 mäts nedfallet av fosfor inom Krondroppsnetet. Mätningarna startade mot bakgrund av det bristande underlaget vad gäller fosfordnedfall, och ett ökat fokus på fosfor som en potentiellt begränsande faktor för tillväxt. Det ämne som vanligtvis begränsar skogstillväxten på våra breddgrader är kväve, men i kväverika områden med små mängder fosfor mineral i marken kan fosfor bli det begränsande ämnet. Vid stora uttag av näringsrika grenar och toppar (grot) ökar risken för fosforbrist. Vid fosforbrist blir tillväxten lägre vilket i sin tur kan innebära en ökad risk för kväveutlakning, eftersom träden inte längre kan ta upp lika mycket kväve, vilket i sin tur kan påverka både övergödning och försurning. I sjö- och havsekosystem är i stället ett överskott av fosfor, främst från jordbruket, ett stort problem.

För det hydrologiska året 2012/13 mättes fosfornedfallet vid 14 ytor, och resultaten visade att fosfornedfallet varierade inom landet, se Figur 12. Baserat på mätningarna från 2011/12 drogs slutsatsen att det är vanligare med högre nedfall av fosfor i södra Sverige, framförallt över öppet fält (Pihl Karlsson m.fl. 2013). Resultaten från 2012/13 visar inte detta lika tydligt. Nedfallet över öppet fält var i nivå med föregående års mätningar, 0,18 kg/ha som genomsnitt jämfört med 0,20 kg/ha under det hydrologiska året 2011/12 för de 14 lokalerna.



Figur 12. Årligt nedfall av totalfosfor för hydrologiska året 2012/2013 vid olika platser i Sverige, mätt som A) nedfall med nederbörden till öppet fält, samt B) via krondropp.

Det förefaller inte finnas några lika tydliga geografiska gradienter för fosfornedfall som för svavel och kväve. Värdena vad gäller krondroppsmätningarna av fosfor var generellt sett högre i norra jämfört med övriga Sverige under 2012/13, se Figur 12 B. Nedfallet via krondropp var i nivå med föregående års mätningar, 0,46 kg/ha som genomsnitt jämfört med 0,45 kg/ha föregående år, för de 13 lokaler som fanns representerade under båda dessa år.

Våtdepositionen av fosfor beskrivs på ett bra sätt med mätningarna, men fortsatt arbete krävs för att kunna tolka resultaten från krondropp – hur mycket som är torrdeposition och hur mycket som är interncirkulation.

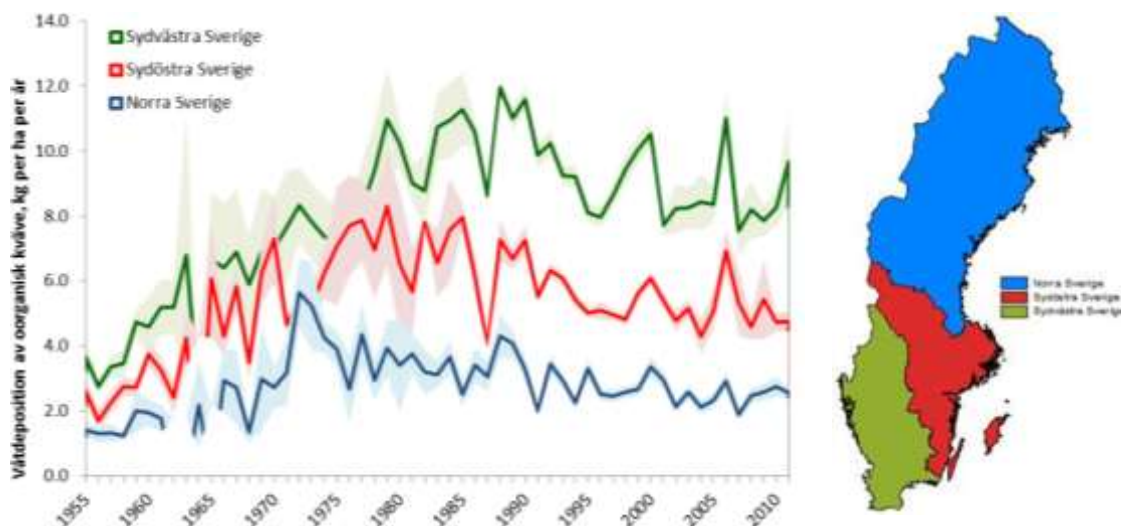
4. Rapporter och artiklar 2013

Kvävetrendrapport

Kvävenedfallet till öppet fält i sydvästra Sverige är i dagsläget runt 10-15 kg N/ha/år och avtar till ca 1-2 kg N/ha/år längst i norr. I sydligaste Skåne kan kvävenedfallet nå över 20 kg N/ha/år. På senare år har mycket diskussioner pågått kring huruvida det finns några tidstrender för kvävenedfall eller inte. Detta föranledde två projekt om trender i kvävenedfall finansierade av Naturvårdsverket (Pihl Karlsson m.fl., 2012, Hansen m.fl., 2013).

Rapporten som blev klar i november 2013 blev även en temarapporten från Krondroppsnetet för 2013 (Hansen, m.fl. 2013). I temarapporten redovisades alla månadsdata som hittills producerats inom Krondroppsnetet vad gäller atmosfäriskt nedfall av kväve med nederbörden till öppet fält. Dessutom användes en del data från Krondroppsnetet avseende kvävenedfall som krondropp. Dessa data användes tillsammans med data från Meteorologiska Institutionen Stockholms Universitet (MISU), Luft och nederbördskemiska nätet och EMEP. I rapporten analyserades trender i kvävedepositionen med nederbörden i Sverige sedan mitten av 1950-talet och framåt. Detta ställdes bl.a. i relation till rapporterade utsläpp av kväve från olika källor i Europa. Dessutom jämfördes med modellerade värden för kvävenedfall från SMHI:s MATCH-modell. I rapporten delades Sverige in i tre områden, Figur 13. Det är samma områden som används i den fördjupade utvärderingen av miljömålet *Bara naturlig försurning*.

Temarapportens övergripande slutsatser visar att kvävenedfallet med nederbörden har ökat sedan mitten av 1950-talet för att kulminera runt 1980-1990.



Figur 13. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) med våtdepositionen (kg/ha/år) i tre regioner (se karta) för åren 1955-2011. Utöver våtdepositionen finns ett litet inslag av torrdeposition från provtagningsutrustningen i provet. Linjerna visar årsvisa medelvärden från de lokaler som det finns mätdata från det aktuella året. Det färgade området kring linjerna visar medelfelet i data (Standard Error). Det är olika antal stationer olika år. Man ser att variationen i data minskade efter det att Krondroppsnetet startade 1985 främst på grund av att antalet mätstationer ökade. Efter 2003 har antalet mätplatser återigen minskat. Källa: IVL, 2013; Hansen m.fl., 2013.

Analys av de senaste 20 årens månadsvisa data visar på olika mönster vid olika platser, men en sammanvägning visar att kvävenedfallet med nederbörden generellt inte minskat i sydvästra samt norra Sverige på ett statistiskt säkerställt sätt. Dock har kvävenedfallet med nederbörden minskat på ett statistiskt säkerställt sätt i sydöstra Sverige. Resultaten stämmer relativt väl överens med en tidigare studie, där årsdata från Krondroppsnetet och Luft- och Nederbördskemiska nätet användes (Pihl Karlsson m.fl., 2012). I analysen med årsdata erhöles inte någon statistiskt säkerställd förändring av kvävenedfallet med nederbörden under de senaste 20 åren i något område.

Det finns olika förklaringar till att kvävenedfallet inte minskar som förväntat då utsläppen i Europa (EU-27) minskat. Utsläppsinventeringar är behäftade med stora osäkerheter, samtidigt som alla utsläpp från hela EU-27 ej når Sverige. Utsläppen från vissa länder har större betydelse för nedfallet över Sverige än andras. Emissionerna från internationell sjöfart är inte heller med i emissionsberäkningen från EU-27. Vidare har det skett betydande förändringar av atmosfärens kemiska sammansättning vilket kan medföra att norra Europa i större utsträckning påverkas av det kväve som släpps ut i kontinentala och södra Europa.

Förslag till nytt program

Ett förslag till nytt program för en ny mätperiod 2015-2020 har tagits fram. Programförslaget skickades på remiss till alla deltagare i början på december 2013. Inför den nu föreslagna programperioden 2015-2020 får alla medverkande luftvårdsförbund och länsstyrelser tillsammans med Naturvårdsverket möjlighet att ge synpunkter och kommentarer. Dessa synpunkter kommer att utgöra underlag för den slutliga utformningen av Program 2015. Programförslaget innebär en optimering utifrån aktuella frågeställningar och rådande ekonomiska ramar. I sin helhet anses antalet mätplatser inom programmet vara något i underkant. Därför har en besparing skett på bekostnad av antal analysparametrar i stället för antal mätplatser. En ambition inför Program 2015 är att ytterligare samordna och samredovisa resultaten mellan olika mätplatser, oavsett länsstillhörighet.

Totaldeposition av baskatjoner till skog

Arbete med att uppskatta totaldepositionen av olika baskatjoner pågår då krondroppsamtningar, på grund av en interncirkulation av dessa ämnen, inte ger ett fullständigt mått på totaldepositionen. Under 2013 publicerades en rapport där det totala nedfallet av baskatjoner uppskattas med en nyligen utvecklad metod baserad på torrdepositionen till strängar av teflon placerade under tak, samt på nettokrondroppet av natrium. De antaganden som ligger till grund för metoden är att depositionen av natrium inte påverkas av interaktioner (upptag och/eller läckage) med trädkronorna samt att den relativa fördelningen av torrdepositionen av olika ämnen är densamma till teflontrådarna som till trädkronorna. Med hjälp av strängprovtagare samt nedfallsmätningar på öppet fält och i krondropp beräknas den partikelbundna torrdepositionen av baskatjoner för 12 platser i landet under en period av 8 år.

Per Erik Karlsson, Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson, Karin Hansen. 2013a. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL B2058.

Tre nya vetenskapliga publikationer:

Under 2013 publicerades tre vetenskapliga publikationer där data från Krondropps nätet ingick.

- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986-2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444, 271-287.
- Bahr, A., Ellström, M., Akselsson, C., Ekblad, A., Mikusinska, A., Wallander, H., 2013. Growth of ectomycorrhizal fungal mycelium along a Norway spruce forest nitrogen deposition gradient and its effect on nitrogen leakage. *Soil Biology and Biochemistry* 59, 38-48.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T., Nihlgård, B. 2013b. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71–79.

Publiceringen av ovan nämnda artiklar finansierades av Naturvårdsverkets miljömålsarbete, forskningsprogrammet CLEO, forskningsprogrammet LUCCI, FORMAS samt av Nordiska Ministerrådet.

5. Möten och konferenser 2013

Havs- och vattenforum, HaV. Den 16 april medverkade Cecilia Akselsson vid Havs- och vattenforum i Göteborg, arrangerat av HaV. Hon ledde tillsammans med Christer Ågren, Luftförorenings- och klimatsektariatet, en workshop om försurningspåverkan från luftutsläpp och skogsbruk, och presenterade då bland annat resultat från Krondropps nätet nedfalls- och markvattenkemimätningar.

Krondropps dagarna 2013. Den 24-25 april 2013 genomfördes Krondropps dagarna 2013. Senast Krondropps dagarna genomfördes var 2009, varför det återigen var viktigt att samlas och diskutera verksamheten. Syftet med dessa dagar var att presentera resultat, ge en överblick över verksamheten samt få synpunkter på och diskutera hur Krondropps nätet ska utvecklas i framtiden. 30 personer deltog i mötet och många intressanta frågeställningar diskuterades, allt ifrån situationen i norra Sverige och fjällen, meteorologiska mätningar, RUS, modellering och nya indikatorer i miljömålsuppföljningen baserade på markvatten till kopplingen skogsbruk-markvatten-ytvatten. Utöver föredragen om resultat från Krondropps nätet hölls även föredrag av representanter från Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten, Luftförorenings- och klimatsektariatet samt Göteborgs universitet.



IUFRO-konferens om effekter på vegetation av klimatförändring och luftföroreningar. Den 1-6 september anordnade IUFRO, "International Union of Forest Research Organizations", konferensen "Vegetation Response to Climate Change and Air Pollution – Unifying Evidence and Research from Northern and Southern Hemisphere" i Ilhéus i Brasilien. Cecilia Akselsson höll ett föredrag, "Can increased weathering rates due to future warming compensate for base cation losses at whole-tree harvesting?". I presentationen ingick resultat från Krondroppsnetets nedfalls- och markvattenkemimätningar.

Seminarium på KSLA om skogsbruk i ett förändrat klimat. Den 16 oktober 2013 arrangerades ett seminarium på KSLA i Stockholm, "Skogsbruk i ett förändrat klimat – Hur påverkas mångfald och miljö?". Arrangörer var forskningsprogrammen BECC, Mistra-SWECIA och CLEO tillsammans med KSLA. Data från Krondroppsnetet ingick i tre presentationer, av Cecilia Akselsson, Håkan Wallander och Salim Belyazid, Lunds universitet.

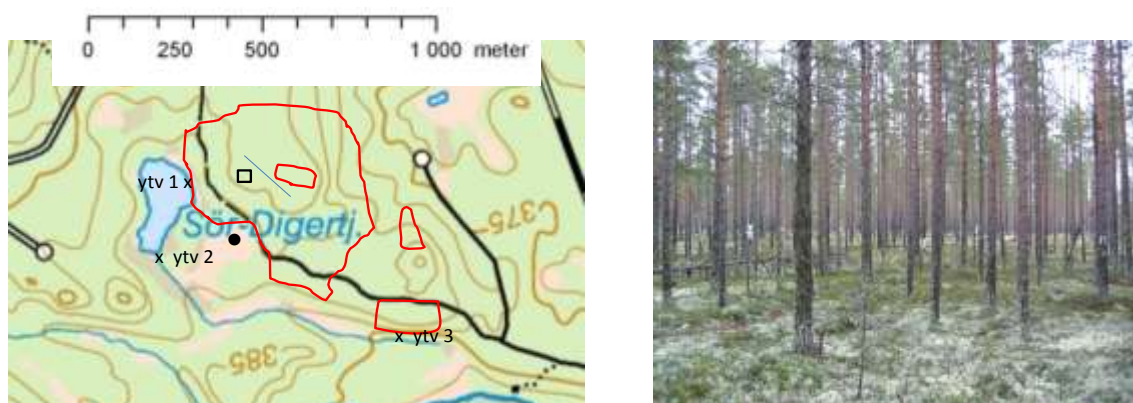
Seminarium vid ICOS workshop. Forskningsprogrammet ICOS (Integrated Carbon Observation Systems) arrangerade en workshop med temat "The role of the boreal ecosystems for the regional carbon cycle" i Ultuna 21-22 oktober 2013. Per Erik Karlsson presenterade där metodiken för att bestämma torrdepositionen till skog med hjälp av s.k. "strängprovtagare".

6. Specialprojekt på krondroppsytor

Kvävegödsling av en krondroppsytta i Jämtland

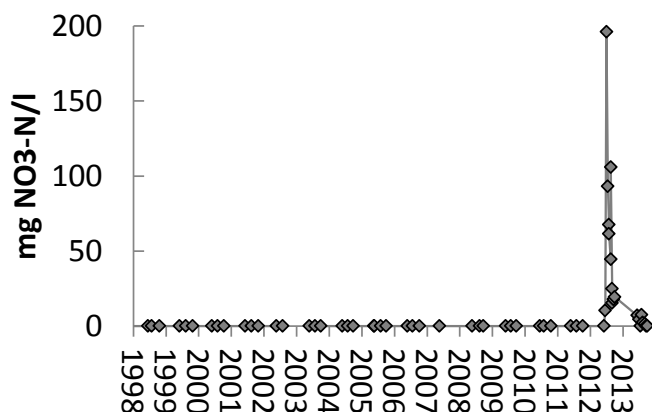
Ökad kvävegödsling är ett sätt att öka tillväxten i den svenska skogen. Skogsstyrelsen ser för närvarande över sina allmänna råd vad gäller kvävegödsel på skogsmark. I norra Sverige är det tillåtet att kvävegödsla skogsmarken 2 alternativt 3 gånger med 150 kg N per

skogsgeneration. Kvävegödsling av skogsmark är i nuläget inte tillåtet i sydvästra Sverige och tillåtet i mycket begränsad omfattning i sydöstra Sverige (Skogsstyrelsen, 2007) till stor del beroende på att det atmosfäriska nedfallet av kväve till skogen i dessa områden är så pass hög att det finns en risk för överskott av kväve, vilket kan leda till kväveutlakning (Zetterberg m.fl., 2006). Det förs diskussioner om att minska något på restriktionerna bland annat vad gäller gödsling av tallskog i sydöstra Sverige. Resultat från mätningar av markvatten vid krondroppsytorna kan bidra med viktig information vad gäller risker för kväveläckage, t.ex. i samband med störningar som stormar eller insektsangrepp, eller vid olika typer av skogsbruksåtgärder, t.ex. skogsgödsling eller gallring.



Figur 14. Karta över området vid Sör-Digertjärn som gödslades 2012, markerat med en röd linje. En svart fyrkant i figuren markerar krondroppsytan. En tunn blå linje öster om KD-ytan markerar den uppskattade vattendelaren vad gäller avrinningen mot sjön. Tre platser för provtagning av ytvatten, ytv 1, ytv 2, samt ytv 3, är markerade. Till höger, ett fotografi av krondroppsytan, taget mot nordost.

En provyta inom Krondroppsnetet med tallskog i Jämtlands län, Sör-Digertjärn, gödslades i juni 2012 med 150 kg N/ha (Figur 14). Genom finansiering från C.F. Lundströms Stiftelse, samt från Länsstyrelsen i Jämtlands län och från Havs- och vattenmyndigheten, intensifierades pågående mätningar av markvattenkemi. Dessutom startades nya mätningar av ytvattenkemi i en närbelägen tjärn och även i dess utlopp (Figur 14), för att kunna följa upp gödslingseffekterna på mark- och ytvatten. Tidigare mätningar av markvattenkemi vid provytan sedan 1997 har inte visat några förhöjda halter av nitrat eller ammonium. Mätningar under 2012 och 2013 visade att skogsgödslingen vid Sör-Digertjärn redan efter tre veckor resulterade i mycket höga halter av både nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet. Även under 2013 har halterna av nitratkväve i markvattnet varit klart förhöjda, medan halterna av ammoniumkväve återgått till samma låga nivå som före gödslingen. I Figur 15 visas nitralthalterna i markvattnet.



Figur 15. Halterna av nitrat i markvatten från 50 cm djup vid krondroppsytan Sör-Digertjärn.

Det finns ännu inga tecken på ökade halter av kväve i ytvattnet i Sör-Digertjärn eller nedströms i den avrinnande bäcken som ett resultat av gödningen. Tolkningen av dessa resultat försvåras dock av att det saknas jämförbara mätningar i ytvattnet från tidigare år. Eftersom den gödslade ytan ligger på en moränås är det möjligt att huvuddelen av kväveöverskottet gick ner i grundvattnet. Tyvärr genomfördes inga grundvattenmätningar.

Det är angeläget att följa halterna av nitrat- och ammoniumkväve i ytvatten under ytterligare några år samt i samband med en framtida avverkning. Då först kan en samlad bedömning göras av effekterna av skogsgödningen på ett lågproduktivt tallbestånd i norra Sverige.

Dynamisk modellering på krondroppsytor

Under 2010 initierades FORMAS-projektet "Kväveomsättning i skogsmark – vilka faktorer påverkar kväveutlakningen och hur kan vi förbättra de dynamiska modellerna?", som finansierade en omfattande provtagning av de då aktiva krondroppsytorna, bland annat med avseende på trädegenskaper som höjd och diameter och markegenskaper i olika markskikt. Många av ytorna ingår i Skogsstyrelsens nät av skogliga observationsytor, vilket innebär att det finns tidigare mätningar, bland annat av traddiameter och trädhöjd, som i sin tur gör att tillväxtberäkningar kan göras.

De kartlagda krondroppsytorna utgör underlag för dynamisk ekosystemmodellering med ForSAFE-modellen i ett flertal projekt vid Lunds universitet. ForSAFE behöver indata i form av tidsserier för klimat, nedfall och skogsbruk, samt totalkemi i marken, kornstorleksfördelning och densitet, och kan då modellera vittring, nedbrytning, trädutväxt samt halter av kol, kväve och baskatjoner i fast mark och i markvatten. Krondroppsnetets ytor är optimala som underlag för ForSAFE-modellering, eftersom indata är av bra kvalitet, och eftersom det även finns bra tidsserier på markvattenkemi och trädutväxt för utvärdering av modellresultaten.

Modellering på krondroppsytor kan tjäna olika syften. Det kan bidra till ökad processförståelse och modellutveckling, vilket till exempel utnyttjas i ovan nämnda FORMAS-projekt, där modellresultat från en nyligen avverkad krondroppsytta vid Västra Torup i

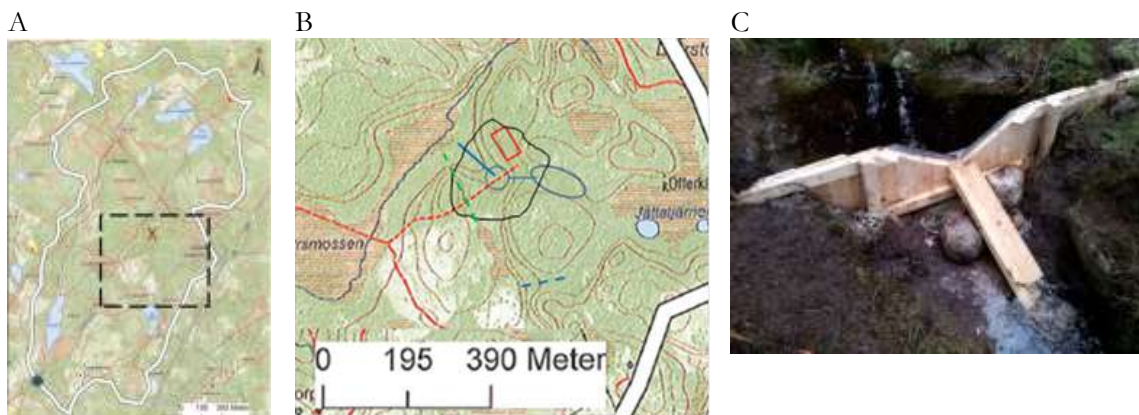
Skåne (Zanchi m.fl., 2014), kommer att jämföras med modellresultat från den närliggande nystartade ytan Hissmossa. Båda är granskogar, men markvattenkemin skiljer sig mycket åt. I Västra Torup var nitratkvävehalterna mycket låga ända tills skogen avverkades, medan halterna i Hissmossa har varit förhöjda vid samtliga tillfällen sedan mätstarten i slutet av 2010. Modelleringen i Västra Torup fångar in ökningen i kvävehalt i markvattnet efter avverkning. Modelleringen i Hissmossa kommer att visa om modellen kan prediktera de förhöjda kvävehalterna i markvattnet som uppmäts där, och studien kommer att vara en bra grund för ökad förståelse av kväveprocesser i marken.

Modellering vid krondroppsytorna kan även utnyttjas för framtidssimuleringar av markvattenkemi och tillväxt vid olika klimat-, skogsbruks- och depositionsscenarioer. Arbete med detta pågår inom CLEO-programmet (se sid 31).

Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C., Yu, L., 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: a Swedish case study. Ecological Modelling 284, 48–59.

Från markvatten till bäckvatten

Mellan markvatten och de mindre vattendragen finns en bäcknära zon som har en betydande inverkan på vattenkemin. Fördelen med att övervaka markvattenkemi i skogsmarken ligger i att få en tidig varning om förändringar av skogsmarken innan de har blivit så genomgripande att de syns ända ut i vattendragen. Nackdelen ligger i svårigheten att bedöma konsekvenserna i ytvattnet av förändringarna i markvattnet. Krondropps nätet har som en målsättning att förbättra kunskaperna vad gäller samband mellan mark- och bäckvatten, genom att etablera nya krondroppsytor i väl definierade avrinningsområden och att få till stånd provtagning och analys av bäckvattnet som kommer ut från dessa områden. En första etablering av en ny krondroppsyta, Storskogen, inom ett lämpligt avrinningsområde (Sågebäcken) finns nu i Västra Götalands län (Figur 16) mellan Alingsås och Borås. Provtagning av avrinningen ut från området har genomförts av Länsstyrelsen i Västra Götalands län sedan slutet av 1990-talet. Bäckvattnet är fortfarande kraftigt försurat och transporten av oorganiskt aluminium ut från området är hög (Länsstyrelsen VG län: 2012:02).



Figur 16. A, Avrinningsområdet Sägebäcken. Avrinningsområdet avgränsas av den breda vita linjen. ● Befintliga ytvattenmätningar i Sägebäcken som avvattnar hela avrinningsområdet (finansierat av Länsstyrelsen i Västra Götaland). B, En uppförstoring (från figur A) av ett mindre delavrinningsområde i anslutning till krondroppsytan. En svart oregelbunden linje indikerar avgränsningen för delavrinningsområdet. En tjockare blå linje visar bäcken där provtagningen av bäckvatten sker. En tjock röd rektangel visar krondroppsytan. Blå cirklar indikerar sankmarker. C, Ett foto av den nyanlagda dammen (2014-04-10).

Med finansiellt stöd från HaV-myndigheten etablerades under våren 2014 en damm för provtagning av bäckvattnet i bäcken nedanför, väster om krondroppsytan (Figur 16 B & C). Dessutom kommer två grundvattenrör att placeras ut i slutningen mellan krondroppsytan och provtagningsbäcken. Provtagning av bäck och grundvatten kommer att ske månadsvis året runt. Tillsammans med nedfallsmätningar på öppet fält samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare finns möjlighet till beräkningar av totalbudgetar för olika ämnen för avrinningsområdet Sägebäcken om mätningar med öppet fält och strängprovtagare startas. Mätningarna i mark-, grund- och bäckvatten kommer bl.a. att kunna användas som underlag för att utveckla modellen ForSAFE till att kunna beskriva markkemiska förändringar vid lateralt vattenflöde från mark till bäckvatten. Inom Krondroppsnetet finns målsättningen att starta liknande provtagningar även i andra län där det finns möjlighet att etablera nya krondroppsytor i lämpliga avrinningsområden.

7. Pågående policyrelaterat arbete med koppling till Krondroppsnetet

Fördjupad utvärdering och förslag på nya indikatorer

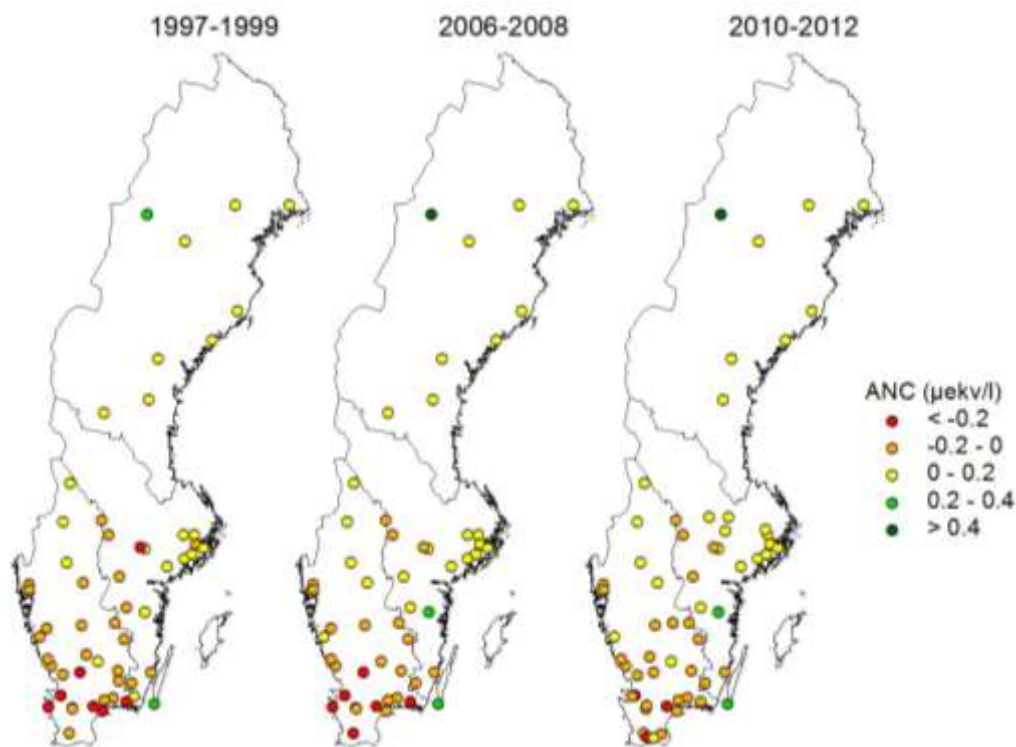
Under 2014 pågår arbete med fördjupade utvärderingar av de 16 miljö kvalitetsmålen. Utvärderingarna ska vara klara 1 september 2015. Data från krondroppsytorna används i flera sammanhang i arbetet med att ta fram underlag för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

Förslag på att inkludera ANC i markvatten i indikatorn "Försurad skogsmark"

Markkemi från Markinventeringen har hittills använts för att utvärdera indikatorn *Försurad*

skogsmark. Krondroppsnetets projektledningsteam förespråkar att indikatorformuleringen ändras så att även markvattenkemi, från Krondroppsnetet, ingår tillsammans med markkemi från Markinventeringen. Markvattenkemin skulle med sina goda förutsättningar för trendanalys på ett bra sätt komplettera Markinventeringen, som i sin tur ger en bra geografisk täckning. Ett färdigt förslag på hur markvattenkemin skulle kunna användas har tagits fram och testats under 2012-2013. Indikatorformuleringen lyder: "Andel krondroppsytor med ANC<0 i markvattnet".

ANC (syraneutraliserande förmåga) i markvattnet för tre olika tidsperioder (medianvärde) visas i Figur 17. Andel krondroppsytor med ANC<0 tenderar att minska något från första perioden till sista. I den sydvästra regionen minskade andelen från 83 % till 77 %. I den centrala/sydöstra delen var motsvarande minskning från 47 % till 30 %. I den norra delen har ingen provyta haft ANC<0 under någon av tidsperioderna. ANC i markvatten kommer att tas upp i den fördjupade utvärderingen, men det är ännu inte klart om det kommer att ingå i indikatorn *Försurad skogsmark*.



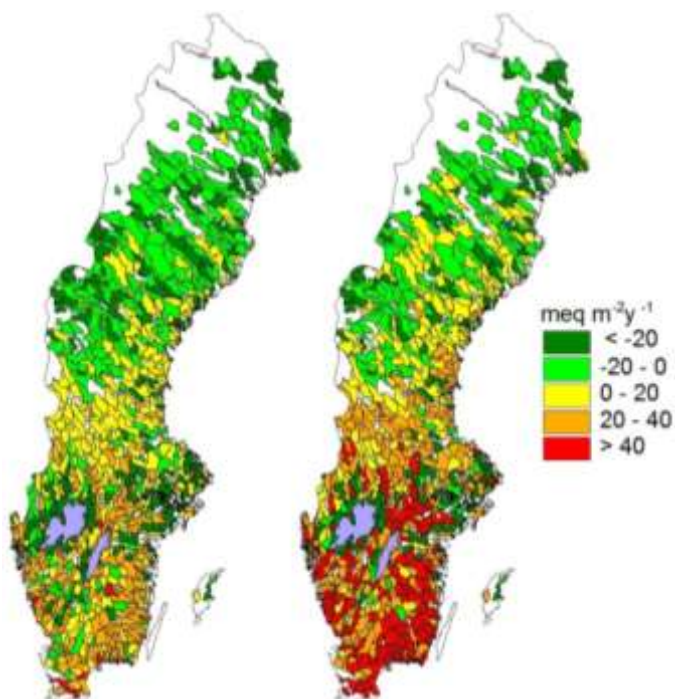
Figur 17. ANC i markvatten på 50 cm djup på krondroppsytor, medianvärde för varje yta från tre olika treårsperioder. Gränserna för de tre försurningsregionerna är utmärkta på kartan.

Förslag på ny indikator för skogsbrukets försurningspåverkan

Svavelnedfallet har minskat kraftigt under de senaste decennierna, och därmed har försurningspåverkan på skogsmark från luftföroreningar minskat. Försurningspåverkan från skogsbruket har däremot ökat, då efterfrågan på förnybar energi ökat frekvensen av heltträdsuttag, det vill säga uttag av grenar och toppar (grot) utöver stamuttaget. Detta har gjort

att försurningspåverkan från luftföroreningar och skogsbruk nu troligen är i samma storleksordning, och skogsbrukets betydelse kan förväntas öka i framtiden. För miljö-kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* finns indikatorer på nedfall av försurande ämnen, men ingen indikator som hanterar skogsbrukets försurning. Mot bakgrund av skogsbrukets ökade roll är det motiverat att tillföra en sådan indikator, och ett förslag på indikatorformulering, "Överskridande av kritiskt basketjonuttag i granskog", har tagits fram.

Kritiskt basketjonuttag bygger på samma princip som kritisk belastning, som använts under många år i arbetet med att begränsa emissionerna av svavel och kväve. Skillnaden är att i stället för att beräkna det högsta nedfall som kan tillåtas utan att en kritisk gräns överskrids, då basketjonuttag och övriga parametrar hålls konstanta, beräknas det högsta basketjonuttag som kan tillåtas utan att en kritisk gräns överskrids, då nedfall och övriga parametrar hålls konstanta. Arbetet pågår för närvarande med att finslipa metodiken för att utvärdera indikatorn. Några frågor som diskuteras är vilket nedfall som ska användas, vilken kritisk gräns som ska sättas samt hur askåterföringen ska vägas in. I Figur 18 visas överskridande av kritiskt basketjonuttag i granskog, med antagandet att enbart det kväve som läcker från systemet som nitratkväve försurar, med ANC=0 som kritisk gräns, och utan att hänsyn tagits till askåterföring. Gul, orange samt röd färg indikerar överskridanden.



Figur 18. Överskridande av kritiskt basketjonuttag i granskog vid stamuttag (a) och uttag av stam och grot (b).

Utvärdering av förändring i markkemi på krondroppsytor

Under åren 1995-1998 provtogs Skogsstyrelsens skogliga observationsytor med avseende på markkemi. Prover togs från humuslagret, 0-5 cm samt 5-10 cm i mineraljorden. Under 2010-2011 upprepades provtagningen av markkemi på de av observationsytorna som då fortfarande var aktiva krondroppsytor. Provtagningen och analyserna finansierades av

FORMAS, med bidrag från Naturvårdsverket. Syftet med provtagningen var att ta fram ett underlag för studier av återhämtning i mark på väl undersökta ytor, där det även finns tidsserier för markvattenkemi.

Inför den fördjupade utvärderingen av *Bara naturlig försurning* kommer återhämtning från försurning studeras på de 46 ytorna genom att jämföra data från de två tidpunkterna, till exempel för pH och basmättnad, i de tre lager där mätningar gjorts. Det översta mineraljordskiktet är av särskilt intresse då det används i bedömningsgrunden för markförsurning. Resultaten kommer även att jämföras med tidsserierna för markvattenkemi på samma platser. Detta kan bidra till kunskapen om interaktionen mellan mark och markvatten vid återhämtning från försurning, och kan vara till hjälp vid tolkning av resultat från tidsserieanalys av markkemi från Markinventeringen och markvattenkemi från Krondropps nätet.

Förslag till reviderad luftvårdspolitik inom EU

Det finns ett nytt förslag till revidering av ett EU-direktiv som är ute på remiss i Sverige. Det gäller Europaparlamentets och rådets direktiv om minskning av nationella utsläpp av vissa luftföroreningar och om ändring av direktiv 2003/35/EG. Om förslaget går igenom kan mätningarna i Krondropps nätet i flera fall användas för uppföljningen av direktivet framöver.

Syftet med direktivet är bland annat att fastställa gränser för medlemsstaternas utsläpp till luften av försurande och övergödande föroreningar, ozonbildande ämnen, primära partiklar och utgångsämnena för bildning av sekundära partiklar och andra luftföroreningar. Direktivet inför krav på att nationella luftvårdsprogram utarbetas, antas och genomförs samt krav på att utsläpp av föroreningar och **deras effekter övervakas** och rapporteras.

Enligt artikel 8 ska medlemsstaterna om möjligt **övervaka luftföroreningars negativa effekter** på akvatiska och **terrestra ekosystem**, i enlighet med bestämmelserna i bilaga V till direktivförslaget.

Ur BILAGA V framgår: ”Övervakning av föroreningars effekter i miljön

21. Medlemsstaterna ska se till att deras nät av övervakningsstationer är representativt för sötvattens ekosystem, naturliga och halvnaturliga ekosystem samt **skogsekosystem**.

22. Medlemsstaterna ska se till att övervakningen baseras på följande obligatoriska indikatorer vid alla stationer i det nät som avses i punkt 1:

(f) **För terrestra ekosystem: bedömning av markens surhetsgrad, förlust av näringsämnen i mark, kvävestatus och kvävebalans samt förlust av biologisk mångfald:**

i) huvudindikatorn markens surhetsgrad: utbytbara fraktioner av baskatjoner (basmättnad) och utbytbar aluminium i mark vart tionde år

samt stödindikatorerna pH, sulfat, nitrat, baskatjoner, aluminiumhalter i marklösningen varje år (i tillämpliga fall).

ii) huvudindikatorn nitratutlakning i marken (NO₃, leach) varje år.

iii) huvudindikatorn kol-kväveknot (C/N) och stödindikatorn totalkväve i marken (N_{tot}) vart tionde år.

iv) huvudindikatorn näringsämnesbalans i blad och barr (N/P, N/K, N/Mg) vart fjärde år.”

Beträffande de förslag som ges i Bilaga V, vad gäller övervakning av föroreningars effekter i miljön, har Krondropps nätets projektledningsteam följande synpunkter:

- Det är bra att det i förslaget inkluderas övervakningsstationer representativa för skogsekosystem. I Sverige är en överväldigande del av skogsarealen brukad skog och det finns konflikter mellan ett intensifierat uttag av biomassa från skogen i samband med avverkningen och den pågående återhämtningen av skogsmarken från försurningspåverkan.
- Det är bra att mätningar av markkemi kombineras med kemiska mätningar i marklösningen, för att följa upp effekter av minskat atmosfäriskt nedfall till följd av minskade emissioner i Europa. Markvattenmätningar har fördelen att de ger en första indikation på risken för påverkan på ytvatten.
- De parametrar som föreslås som stödindikatorer för att beskriva en försurningspåverkan i markvatten, pH, sulfat, nitrat, baskatjoner och aluminiumhalter, är adekvata.
- Vad gäller huvudindikatorn nitratutlakning i marken (NO_3 , leach) antar vi att man här syftar på halterna av NO_3 i marklösningen. Detta är i så fall en adekvat parameter för att indikera kvävestatus och kvävebalans för skogsmarken.
- Implementeringen av förslaget underlättas av att det sedan 1985 finns ett för Sverige geografiskt heltäckande, väl fungerande övervakningssystem med långa tidsserier (Krondropps nätet) som tre gånger årligen mäter ovan nämnda kemiska egenskaper i marklösningen i representativa skogsekosystem med olika trädslag i brukad skog.
- Det finns sedan 1995 ett övervakningssystem med skogliga observationsytor som drivits av Skogsstyrelsen, där provtagning av blad/barrkemi har bedrivits med regelbundna intervall, med 2-4 års mellanrum. Detta övervakningssystem är nu under avveckling, men skulle kunna tas i bruk igen för att möjliggöra övervakning av den föreslagna huvudindikatorn näringsämnesbalans i blad och barr (N/P, N/K, N/Mg). Dessa mätningar genomförs i många fall på samma ytor som övervakas inom Krondropps nätet.

Analys av synergier och konflikter mellan miljömål i CLEO-programmet

CLEO-programmet (CLimate change and the Environmental Objectives) är ett forskningsprogram finansierat av Naturvårdsverket, som löper 2010-2015. Fyra miljökvalitetsmål hanteras i CLEO, *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning*, *Giftfri miljö* och *Frisk luft*.

Krondropps nätets ytor används på olika sätt i ett av CLEO:s delprogram, om synergier och konflikter kopplat till ett intensifierat skogsbruk.

Dynamisk modellering på krondroppsytor

Som beskrivits ovan används krondroppsytorna tillsammans med kompletterande mätningar för modellering med den dynamiska ekosystemmodellen ForSAFE. Syftena med ForSAFE-modelleringen i CLEO är dels att utvärdera effekten av klimatförändring och förändrat skogsbruk på försurning och kväveutlakning, dels att identifiera synergier och

konflikter vid olika klimat- och skogsbruksscenarier, kopplat till försurning, kväveutlakning och kolinbindning.

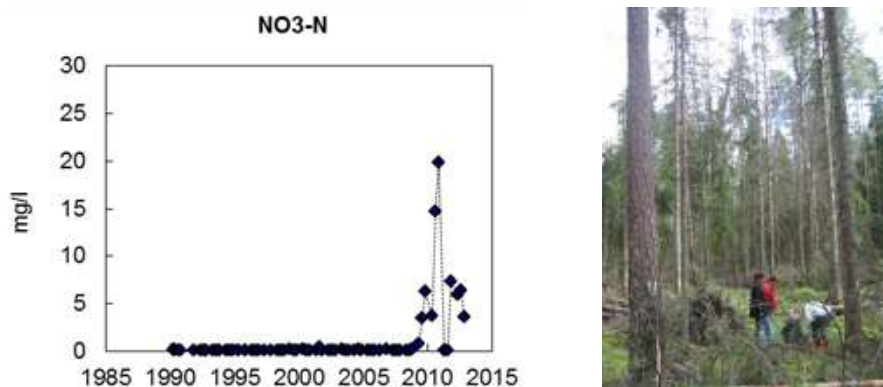
Detaljerade massbalansberäkningar

Inom CLEO har massbalansberäkningar för baskatjoner och kväve gjorts i nationell skala, med 2000 sammanslagna delavrinningsområden (SMED-områden; www.smed.se) som bas. Detta ska kompletteras med beräkningar på krondroppsytor, där mycket mer detaljerade data finns att tillgå. Olika scenarier för biomassaavgång och nedfall kommer att testas, och osäkerhetsanalyser av vittringsuppskattningar kommer att göras i samarbete med FORMAS-programmet QWARTS, om vittring kopplat till uthålligt skogsbruk. Resultatet av osäkerhetsanalysen kommer att vägas in vid tolkningen av resultaten. Massbalansberäkningarna i SMED-områdena, de mer detaljerade beräkningarna i krondroppsytorna och den dynamiska modelleringen på krondroppsytorna kommer tillsammans att ge ett mer robust underlag till bedömningen av försurning och övergödning i olika delar av landet och vid olika scenarier. Vilket kommer att utgöra viktig input till analysen av synergier och konflikter mellan miljömål vid olika skogsbruksscenarier.

Extrema händelser

Ett förändrat klimat kan komma att leda till flera extrema situationer i skogen som kan påverka försurning och kväveutlakning. Ett intensifierat skogsbruk kan också påverka försurning och kväveutlakning, till exempel om gödsling ökar i omfattning.

Det stora antalet provtytor inom Krondroppsnetet innebär att relativt ovanliga händelser, t.ex. stormfällan och angrepp av granbarkborre (Figur 19) samt skogsgödsling, ändå inträffar med en viss regelbunden frekvens. Data från sådana extrema händelser inom Krondroppsnetet kommer att användas som underlag för att testa hur väl modellen ForSAFE kan användas för att beskriva påverkan på markvattnet från dylika händelser vad gäller försurning och kväveutlakning.



Figur 19. Halter av nitrat i markvattnet på 50 cm djup vid krondroppsytan Klippan, belägen i Västra Götalands län, strax öster om Göteborg. År 2008 rapporterades första gången att granarna på provytan var angripna av granbarkborre. Träden stod dock i stor utsträckning kvar uppräta. Längst till höger visas ett foto från ytan taget 2010-08-26.

Utvärdering av miljöövervakning på Skogsstyrelsens observationsytor

Under 2014 pågår en utvärdering av miljöövervakningen som pågått under 30 år vid Skogsstyrelsens observationsytor (obsytenätet). Miljöövervakningen startade 1984, men dagens nät av observationsytor etablerades mellan 1995 och 1998 och samordnades delvis med regionala mätningar av deposition och markvattenkemi inom Krondropps nätet. Huvudsyftet med programmet var att dokumentera utbredningen av skogsskador och förklara orsakssambanden. På senare år har resurserna till miljöövervakningen minskat kraftigt, mycket på grund av att finansieringen från EU upphörde 2006. Ytor har fallit bort sedan mätningarna startade, på grund av storm- och insektsskador samt avverkning. Allt fler ytor kommer upp i en ålder som gör att slutavverkning blir aktuellt. För att kunna fortsätta mätningarna på ett bra sätt hade därför en revidering av ytsystemet behövts. På grund av bristande resurser har Skogsstyrelsen beslutat att i stället lägga ner obsytenätet.

Mot bakgrund av detta har Skogsstyrelsen tillsatt en utvärdering för att få en bra dokumentation av den genomförda verksamheten, för att insamlade data ska kunna utnyttjas på bästa sätt och för att ha som grund för diskussioner om framtida skoglig miljöövervakning i brukad skog. Utvärderingen utförs av Lunds universitet i samarbete med IVL och kommer att slutrapporteras i december 2014. Ett öppet seminarium planeras till hösten 2014.

Analys av ozonets inverkan på träd tillväxt

Under 2013 startade ett nytt forskningsprogram, finansierat av Naturvårdsverket, ”Frisk Luft och Klimat” (SCAC, Swedish Clean Air and Climate Research Program). SCAC ska producera underlag till stöd för Naturvårdsverkets internationella och nationella förhandlingsarbete om klimat och luftkvalitet. En del av programmet handlar om kortlivade klimatgaser, s.k. ”short lived climate forcers” (SLCF).

Ozon räknas som en SLCF, dels därför att den är en växthusgas i sig, dels därför att ozon nära marken verkar begränsande för växtlighetens tillväxt och därmed begränsande för det upptag av koldioxid som sker till växtligheten, främst vad gäller skogen. I dagsläget tar den globala terrestra växtligheten upp ca 25 % av de antropogena utsläppen av CO₂. Ozonets negativa inverkan på unga träd under experimentella förhållanden är relativt väl känd. Däremot har det varit svårare att påvisa ozonets inverkan på vuxna träd i bestånd.

Ett sätt att studera ozonets inverkan på tillväxten hos träd är att korrelera den årliga stamtillväxten med ozonexponeringen för samma år. Svårigheten ligger i att många andra faktorer som styr tillväxten varierar samtidigt. Det krävs därför att även alla andra faktorer som påverkar tillväxten kvantifieras och att alla data analyseras med en avancerad statistisk modell, ett s.k. epidemiologiskt angreppssätt (Karlsson m.fl., 2006). Detta gör det särskilt lämpligt att använda Krondropps nätet försöksytor i denna typ av studier. Med finansiering från SCAC kommer den historiska, årliga träd tillväxten att mätas vid ca 20-30 krondroppsytor genom att borrhävar tas från trädstammarna, s.k. dendrokronologi. Förutom faktorer som ozonexponering, atmosfäriskt nedfall, meteorologi inklusive nederbörds mängder, markförhållanden, beståndskaraktärer m.m., kommer årlig markfuktighet att modelleras.

Alla dessa data kommer att sammanställas i en databas som sedan med hjälp av statistisk expertis kommer att analyseras.

Med hjälp av denna statistiska analys kommer ozonets negativa inverkan på träd tillväxten förhoppningsvis att påvisas tillsammans med inverkan från alla övriga faktorer.

8. Krondropps nätet webbplats

Krondropps nätet webbplats (www.ivl.krondroppsnetet.se) kommer att kompletteras med en engelsk version där den viktigaste informationen, samt nedladdning av data kommer att finnas med. Den engelska versionen planeras finnas tillgänglig under hösten 2014.

9. Referenser

- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986-2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444, 271-287.
- Bahr, A., Ellström, M., Akselsson, C., Ekblad, A., Mikusinska, A., Wallander, H., 2013. Growth of ectomycorrhizal fungal mycelium along a Norway spruce forest nitrogen deposition gradient and its effect on nitrogen leakage. *Soil Biology and Biochemistry* 59, 38-48.
- EMEP (2011): Klein, H., Gauss, M., Nyíri, Á., Steensen, B.M. (2011). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM. Norwegian Meteorological Institute, Data Note 2011, ISSN 1890-0003.
- Fölster, J. and S. Valinia (2012). Försumningsläget i Sveriges ytvatten 2010. Komplettering till rapport 2011:24. Underlag till utvärdering av miljömålet ”Bara naturlig försurning. Rapport 2012:5, Institutionen för vatten och miljö, SLU.
- Gustafsson, J-P., Karlton, E., Lundström, U., Westling, O. (2001). Urvalskriterier för bedömning av markförsurning. Temaserie Markförsurning och motåtgärder. Skogsstyrelsen, Rapport 11D.
- Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P.E., Bennet1, C., Granat, L., Kronnäs, V., von Brömssen, C., Engardt, M., Akselsson, C., Simpson, D., Hellsten, S. & Svensson, A. 2013. Trender i kvävenedfall över Sverige 1955-2011. IVL Rapport B 2119.
- IVL, 2013. Opublicerat.
- Karlsson, P.E., Örlander, G., Langvall, O., Uddling, J., Hjorth, U., Wiklander, K., Areskoug, B., Grennfelt, P. 2006. Negative impact of ozone on the stem basal area increment of mature Norway spruce in south Sweden. *Forest Ecology and Management* 232, 146-151.

- Karlsson, P. E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C. & Pihl Karlsson, G. (2011). Totaldeposition av kväve till skog, IVL Rapport B 1952.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C., Pihl Karlsson, G. & Hansen, K. 2013a. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL B2058.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T., Nihlgård, B. 2013b. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71–79.
- Länsstyrelsen VG län: 2012:02. Regional övervakning av avrinningen från brukad skogsmark i Västra Götalands, Hallands och Jönköpings län. Utvärdering av perioden 1996-2009.
- Moldan, F. 2011. Swedish NFC Report. I ”Modelling Critical Thresholds and Temporal changes of Geochemistry and Vegetation Diversity (Posch m.fl. red.). CCE Status Report 2011. ISBN 978-90-6960-254-7.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E. Akselsson, C., & Ferm, M. 2012. Kvävedepositionen till Sverige - Jämförelse av depositionsdata från Krondropps nätet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP. IVL Rapport B 2030.
- Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Akselsson, C., Kronnäs. V. & Hellsten, S. 2013. Krondropps nätetns övervakning av luftföroreningar i Sverige – mätningar och modellering. IVL Rapport B 2095.
- Skogsstyrelsen, 2007. Kvävegödsling av skogsmark. Skogsstyrelsen Meddelande 2 • 2007.
- Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C., Yu, L., 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: a Swedish case study. *Ecological Modelling* 284, 48–59.
- Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P.E. och Akselsson, C. 2006. Regionala förutsättningar och miljörisker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition – modellerade effekter på kväveupplagring, biomassa, markkemi. IVL Rapport B 1691.

Bilaga 1. Stationsvis redovisning



Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna tillsammans med tidigare års mätningar. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. För markvattendata visas alla mätningar som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden.

I Stockholms län finns sju aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell B1:1). Samtliga ytor är granytor förutom Bergby som är en tallyta. Sticklinge, Farstanäs, Lämshaga och Gladö är de ytor som har längst mätserie, 21 år, och i Farstanäs och Bergby är mätningarna kompletta med nedfall i skog och på öppet fält samt markvattenkemi.

Tabell B1:1. Aktiva ytor i Stockholms län.

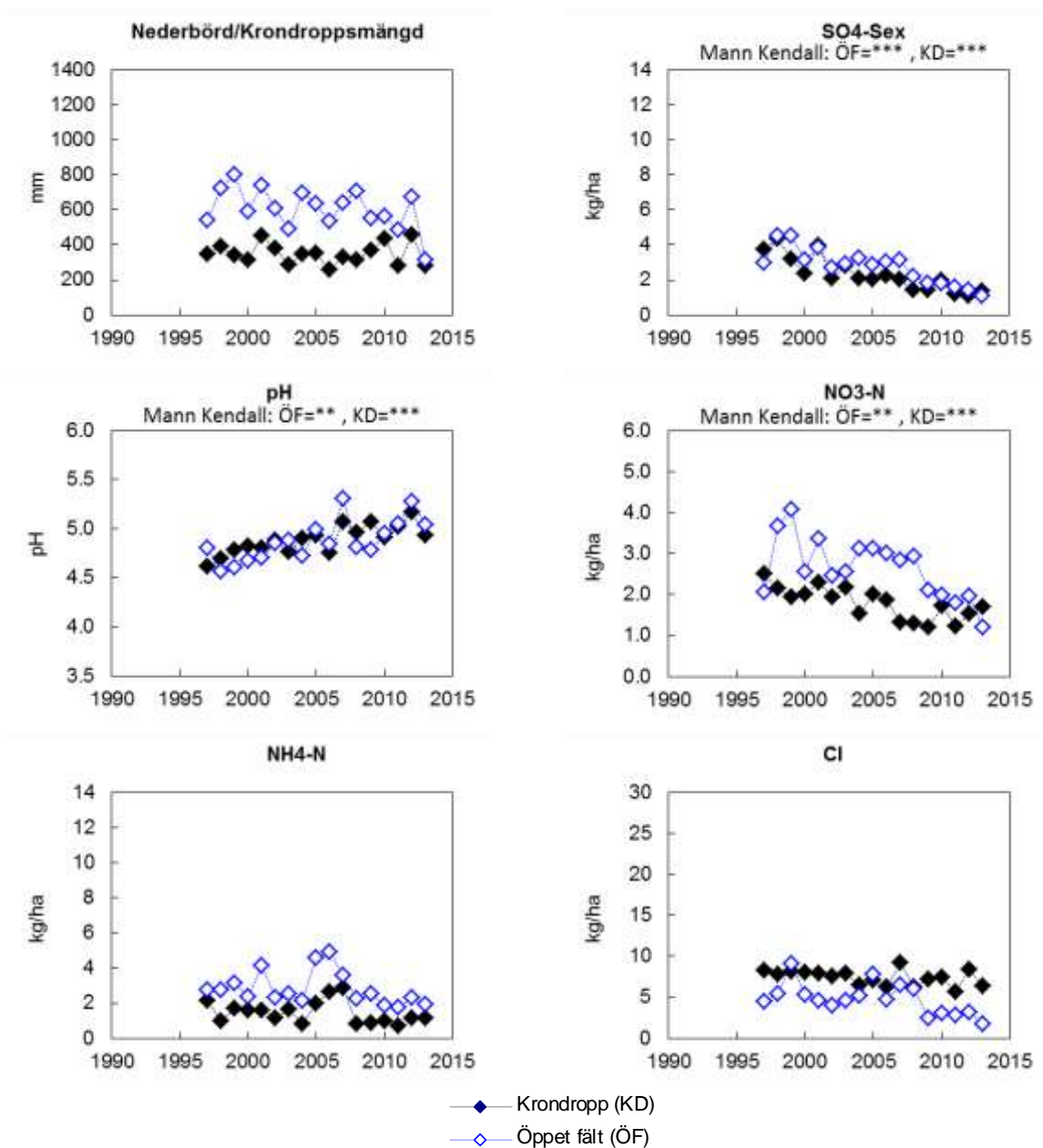
Lokal	Öppet fält	Krondropp	Markvatten
Bergby (A 01)	X	X	X
Sticklinge (A 05)			X
Farstanäs (A 35)	X	X	X
Lämshaga (A 40)		X	X
Gladö (A 44)			X
Arlanda (A 92)	X	X	X
Ulriksdal (A 94)	X		

Undersökningarna i Stockholms län är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av H. Larsson & S. Dackman. På IVL har K. Koos och P. Andersson skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, P. Bengtsson, P. Andersson, S. Honkala, V. Andersson och M. Lidqvist har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av P. E. Karlsson, S. Hellsten och G. Pihl Karlsson. Databasen sköts av G. Malm. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, S. Hellsten, P. E. Karlsson samt G. Pihl Karlsson.

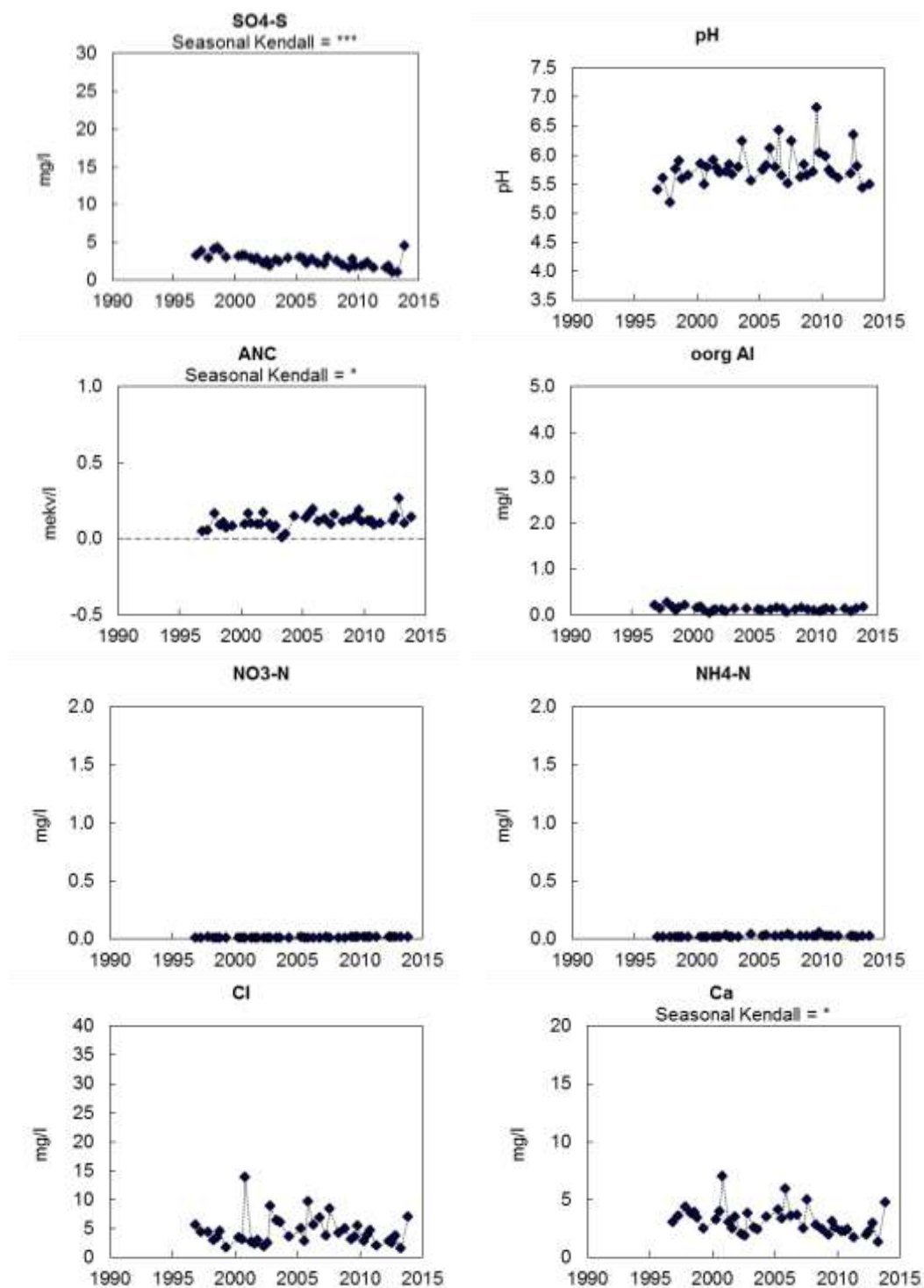
Bergby (A 01): Provyta med 83-årig tallskog med inslag av gran i Vallentuna kommun. Ståndortsindex är T24. Marktypen, med sandig-moig morän och jordmån av övergångstyp, tillhör den näst vanligaste kategorin i länet. Markvegetationen utgörs mestadels av låga örter utan ris. Mätningar av deposition och markvatten i skogsytan samt deposition i en närliggande yta på öppet fält startade i oktober 1996.



Foto från krondroppsytan vid Bergby.



Figur B1:1. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp över öppet fält vid **Bergby, A 01**. Ytan består av tallskog. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex); pH; nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

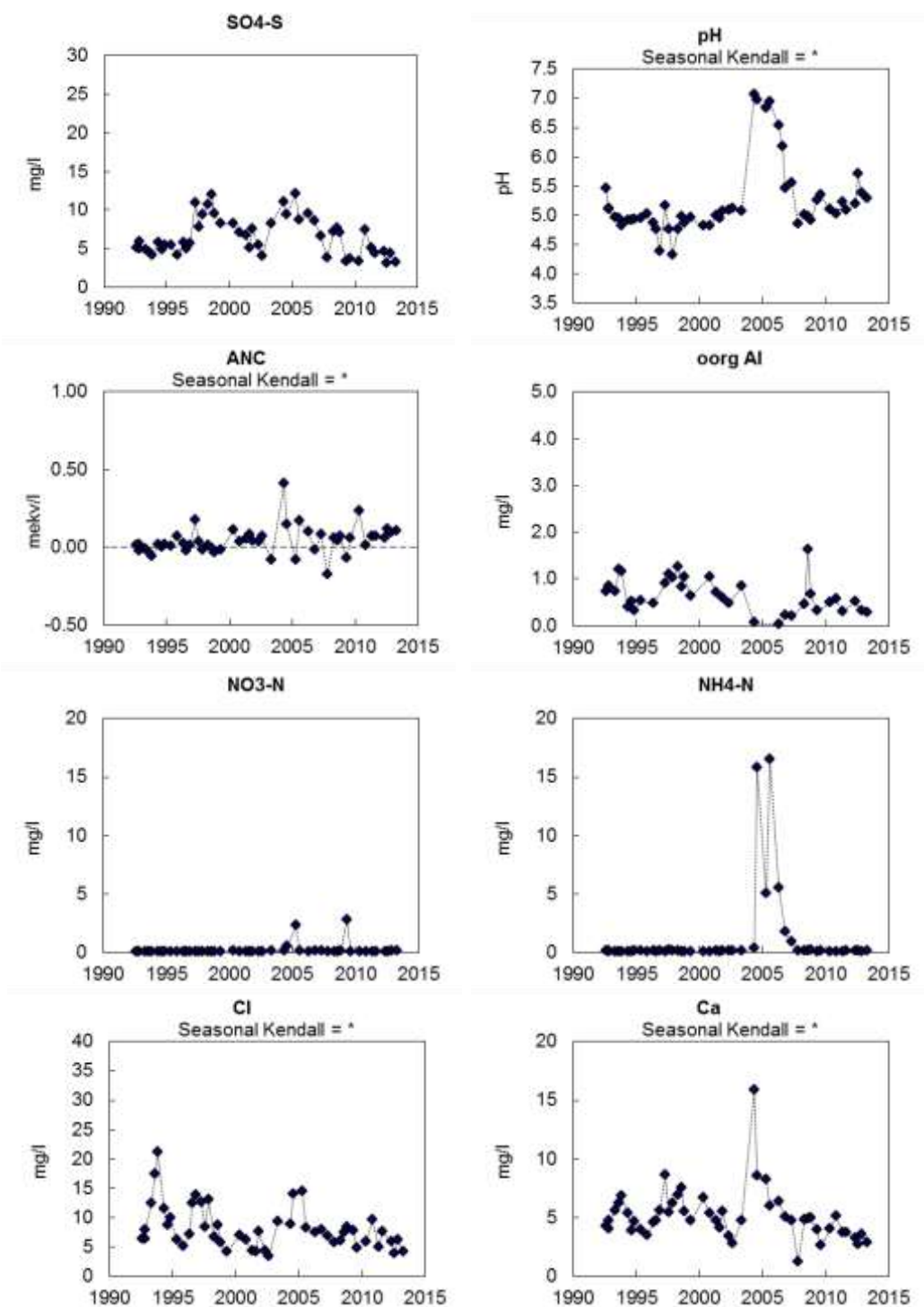


Figur B1:2. Markvattenkemi vid Bergby, A 01: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridhalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Sticklinge (A05): Provytan består av 106-årig granskog i ett relativt kuperat skogsområde på nordvästra Lidingö. Undervegetationen domineras av mossa, såsom thujamossa och husmossa, samt viss förekomst av blåbär. Det finns även inslag av tall och lövträd, främst asp. Mätningar av deposition och markvatten startade 1992. Depositionsmätningarna avslutades på öppet fält i september 2004 och i skogsytorna i december 2006, medan mätningar av markvattenkemi fortfarande pågår.



Foto från markvattenmätningarna vid Sticklinge.



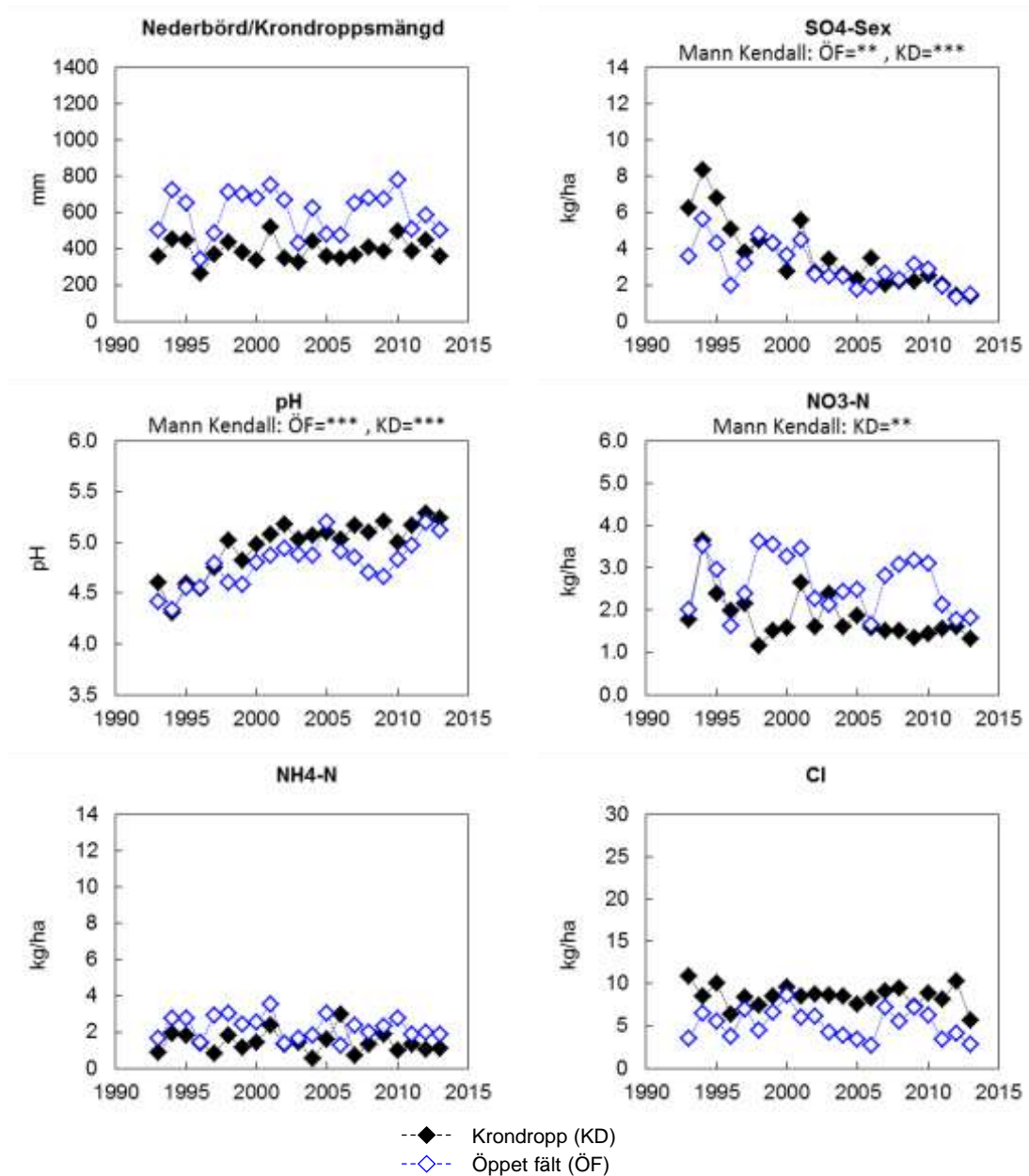
Figur B1:3. Markvattenkemi vid **Sticklinge, A 05**: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridhalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendallmetodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats. Det finns misstankar om kontamination från och med våren 2004 till och med våren 2007.

Farstanäs (A 35): 113-årig granskog i Södertälje kommun. Fältskikt består av blåbär, husmossa, kammossa samt ormbunkar. Provytan ligger i sluttning mot norr, jordarten är svallsand och jordmånen brunjord av övergångstyp. Jämfört med övriga granytor i länet har beståndet hög bonitet, ståndortsindex G28.

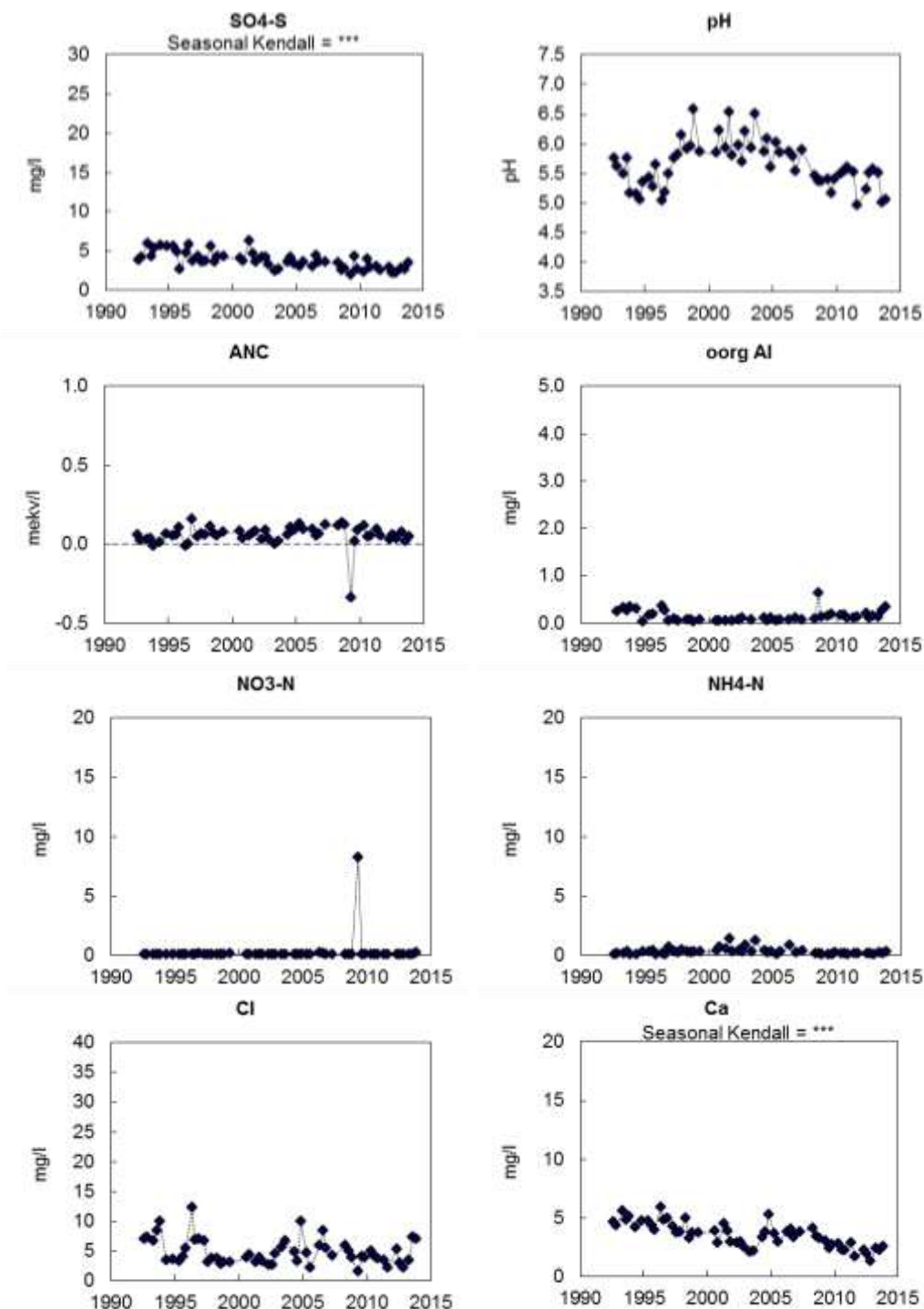
Som för flertalet övriga ytor i Stockholms län startade mätning av deposition och markvatten 1992.



Foto från krondroppsmätningarna vid Farstanäs.



Figur B1:4. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Farstanäs, A 35**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex); pH; nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



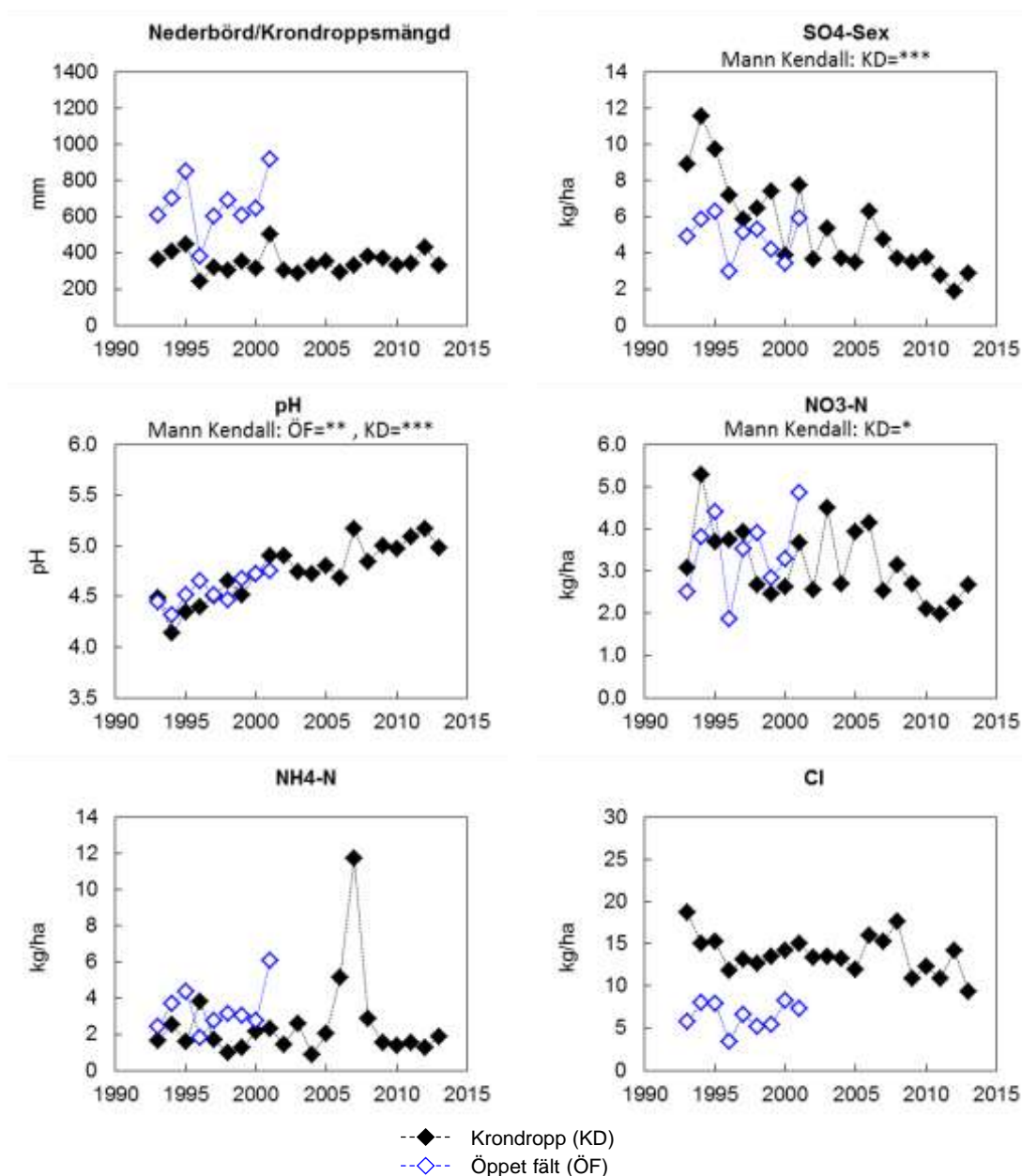
Figur B1:5. Markvattenkemi vid Farstanäs, A 35: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Lämshaga (A 40): 115-årig granskog i skärgårdsmiljö i Värmdö kommun. Ytan ligger i en relativt brant sluttning mot norr och är därigenom starkt utsatt för nordliga vindar. Marken är morän av övergångstyp och jorddjupet tämligen grunt. Fältskiktet består bl.a. av husmossa, kammossa, och kranshakmossa. Blåbär och liljekonvalj är vanligt förekommande.

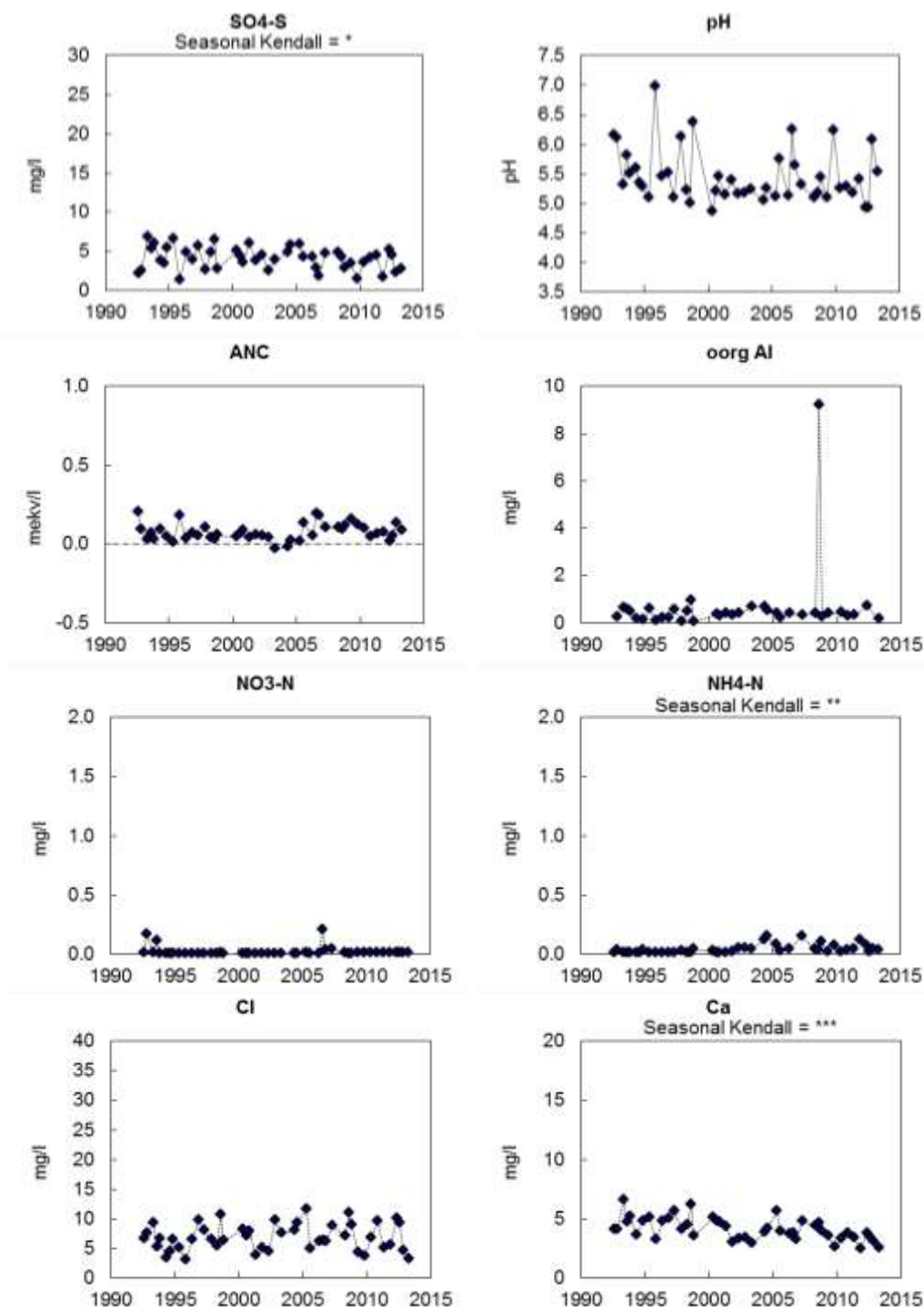
Mätningar av deposition och markvattenkemi startades 1992. Från och med december 2001 mäts inte deposition på öppet fält. Tidigare har även lufthaltsmätningar gjorts, men dessa mätningar avslutades i december 2006. I Lämshaga mäts därmed i nuläget nedfall (krondropp) i skog samt markvattenkemi.



Foto från krondroppsytan vid Lämshaga.



Figur B1:6. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Lämshaga, A 40**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex); pH; nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

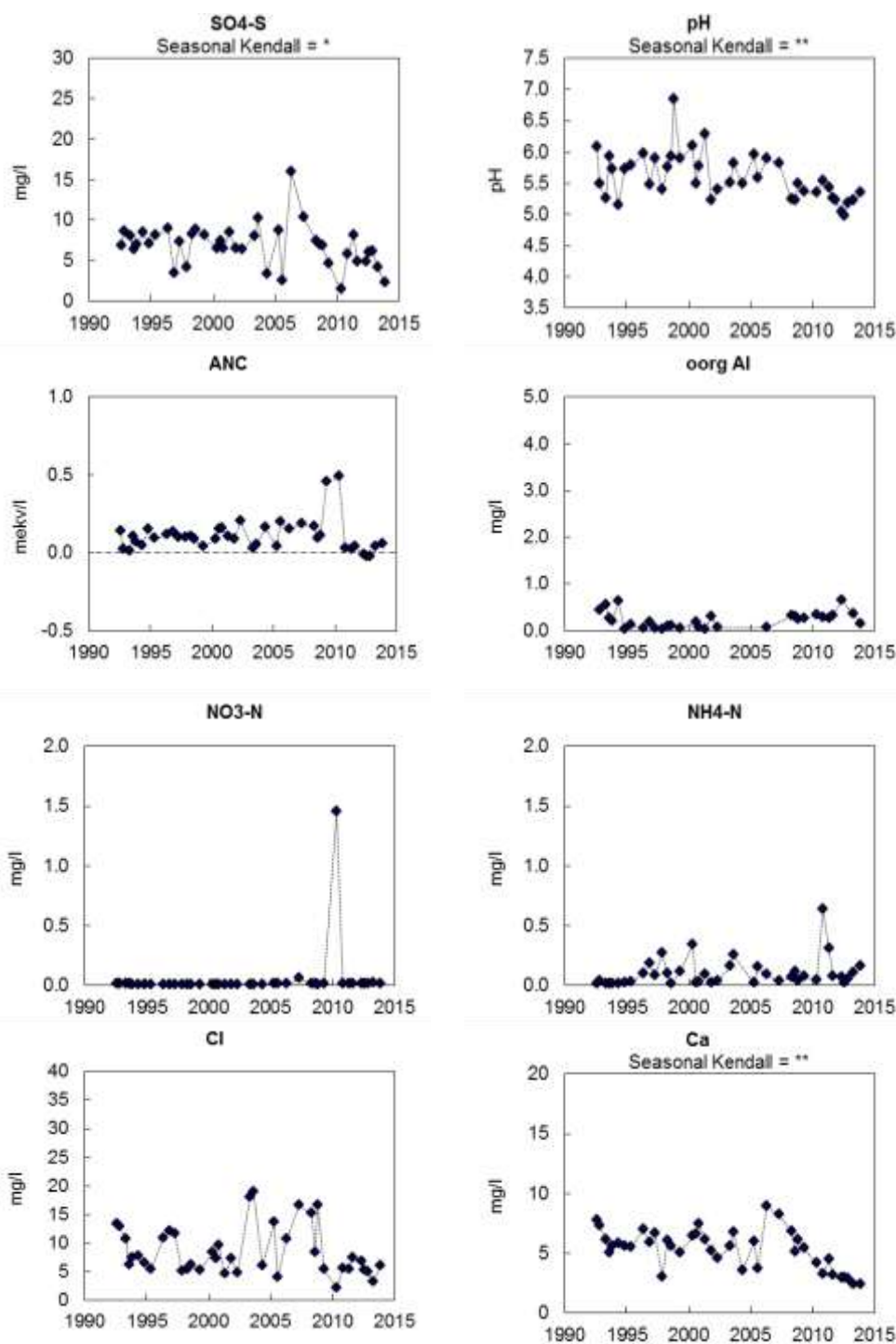


Figur B1:7. Markvattenkemi vid Lämshaga, A 40: sulfatsvavel (SO₄-S); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kloridhalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca²⁺). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendallmetodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Gladö (A 44): Gammal granskog (120 år) i småkuperad, något blockig terräng i Huddinge kommun. Ytan har ett exponerat läge i en sydsluttning. Marken, som har fältskikt av gräs, utgörs av sediment med jordmån av övergångstyp. Mätningarna vid Gladö påbörjades 1992, men från och med hydrologiska året 2001/02 ingår inte depositions- mätningar vid Gladö, utan utvecklingen följs endast med hjälp av markvattenundersökningar.



Foto från markvattenmätningarna vid Gladö.

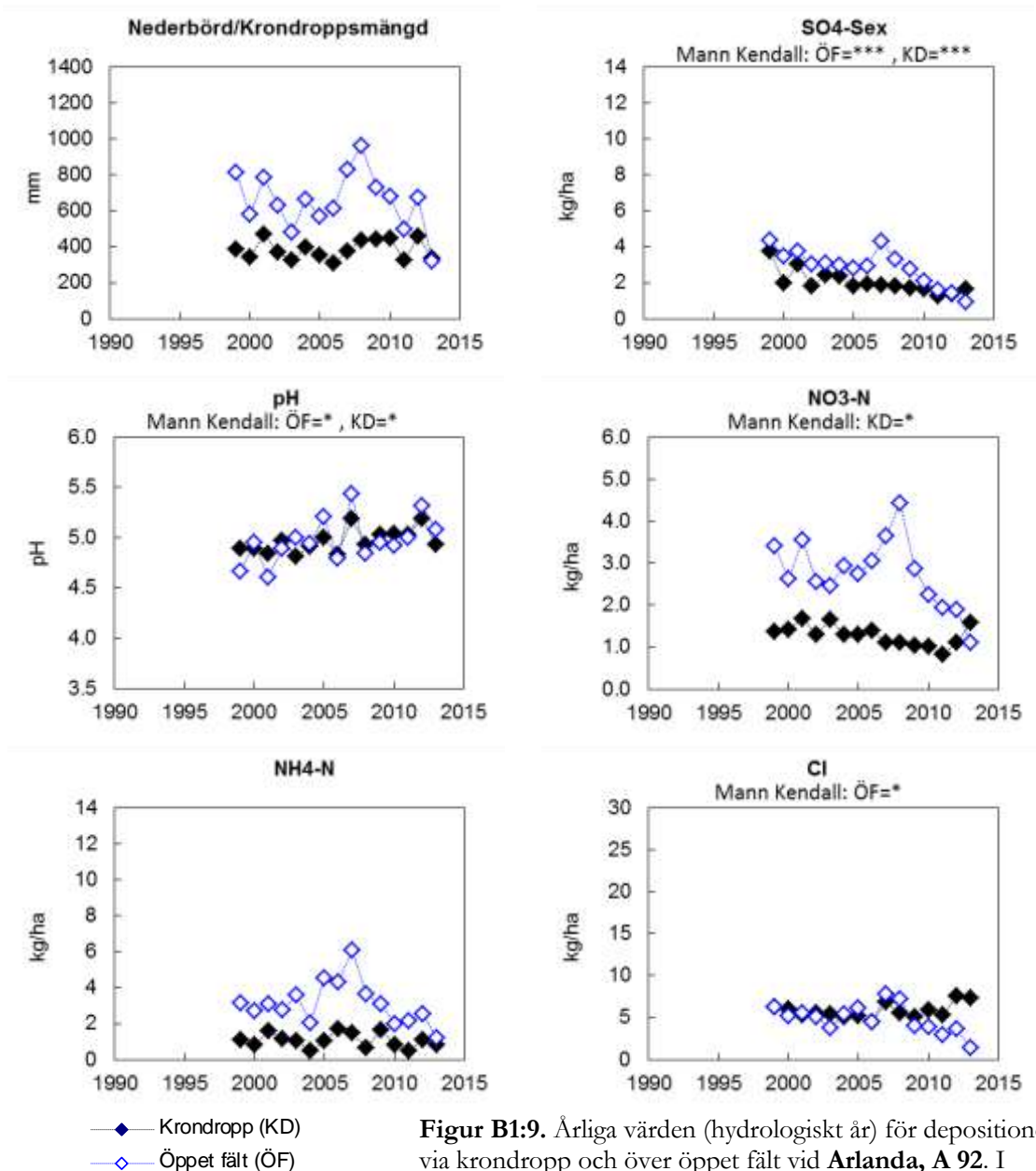


Figur B1:8. Markvattenkemi vid Gladö, A 44: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); pH; markvattnets syra-neutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridhalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

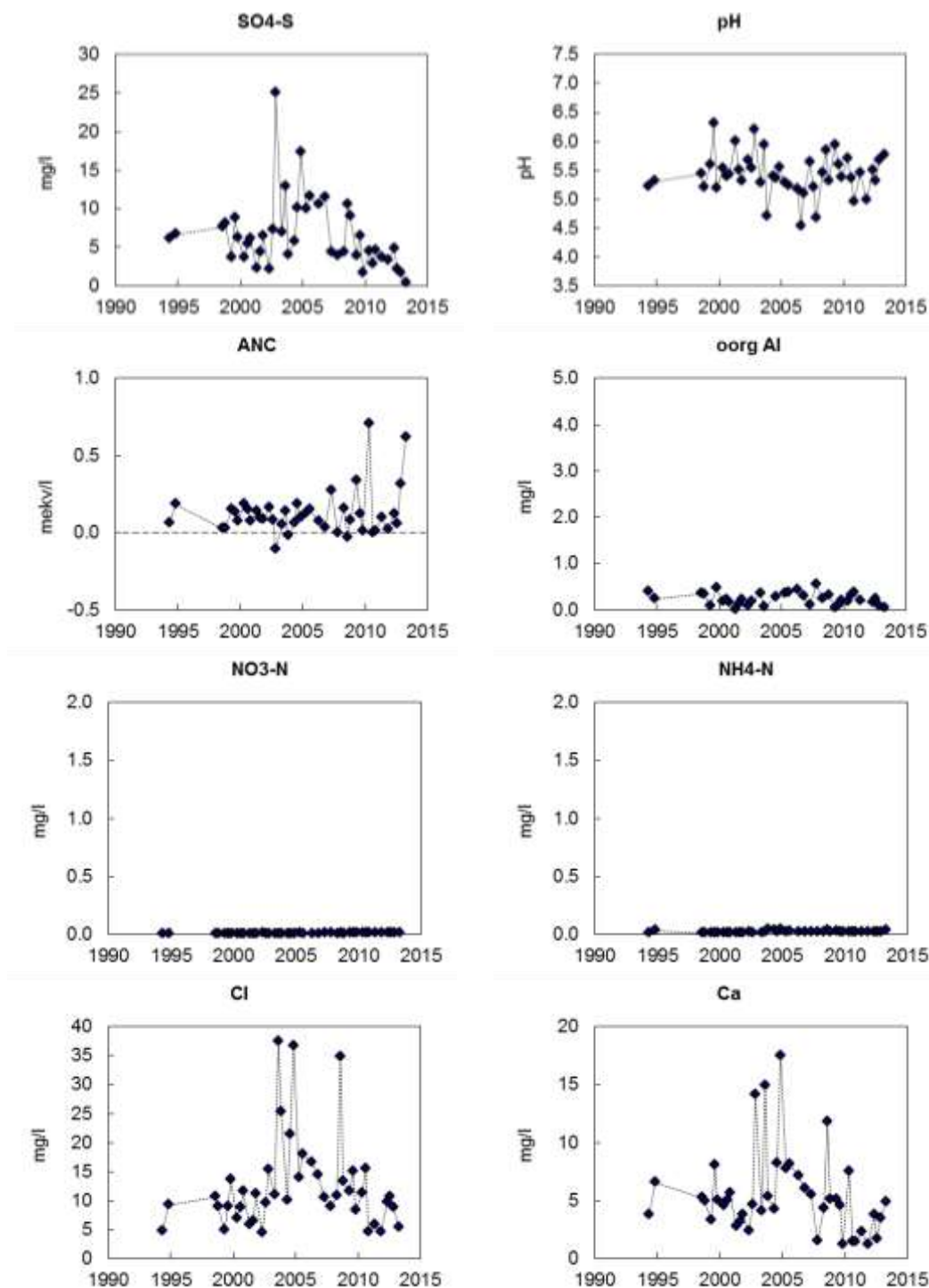
Arlanda (A 92): 78-årig skog där tall dominerar över gran. Provytan är belägen på plan mark i Sigtuna kommun nordost om flygplatsen. Mätningarna ingår i Luftfartsverkets omgivningskontroll. Både deposition och markvattenkemi mäts i ytan och deposition mäts även i en närliggande yta på öppet fält.



Foto från krondroppsytan vid Arlanda.

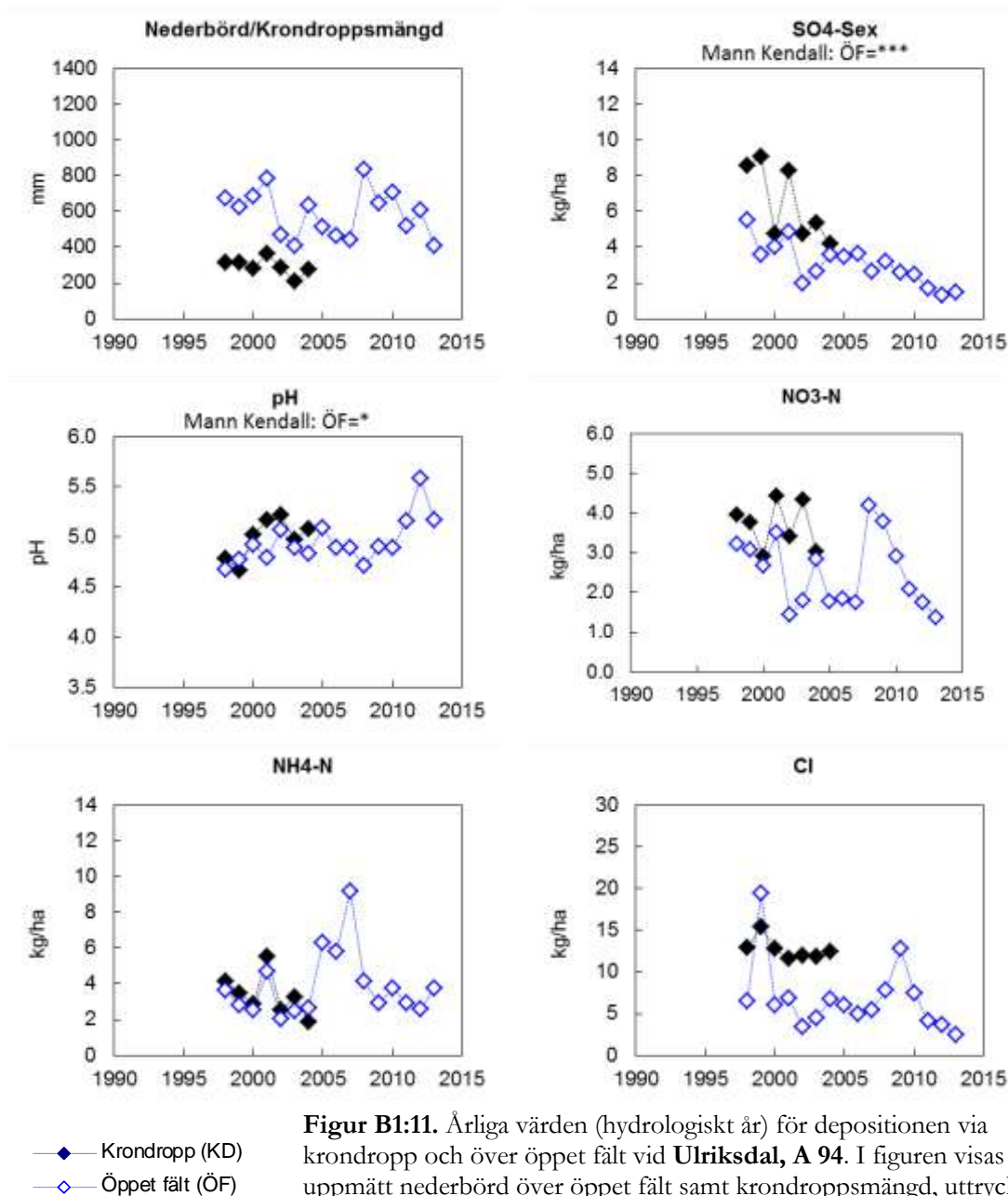


Figur B1:9. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Arlanda, A 92**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfat-svavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex); pH; nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1:10. Markvattenkemi vid Arlanda, A 92: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); oorganiskt aluminium (oorg Al); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridhalt (Cl) samt kalciumhalt (Ca^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Ulriksdal (A 94): Provytan startades i oktober 1997. Från och med det hydrologiska året 2003/04 mäts endast deposition över öppet fält vid Ulriksdal. Öppet fält-ytan är en stor gräsmatta med skogen i riktning sydost-nordväst som ligger cirka 550 m från E4. Under 2002/03 har mätningarna kompletterats med en locksamlare, dessa data redovisas ej här.



Figur B1:11. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Ulriksdal, A 94**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängd, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ($\text{SO}_4\text{-S ex}$); pH; nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) samt klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter och markvatten.

Tabell B2:1. Medelvärde under hydrologiskt år samt kalenderår från mätningar över öppet fält i Stockholms län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb mm	kg/ha →										
			H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Bergby	12/13	312	0,03	1,1	1,1	1,7	1,2	1,9	1,1	0,3	1,1	1,3	0,05
Farstanäs	12/13	499	0,04	1,6	1,5	2,8	1,8	1,9	2,2	0,4	1,6	2,3	0,10
Arlanda	12/13	318	0,03	1,0	0,9	1,4	1,1	1,2	1,1	0,2	0,9	1,4	0,05
Ulriksdal	12/13	409	0,03	1,6	1,5	2,4	1,4	3,7	1,3	0,3	1,6	1,9	0,07
Bergby	2012	643	0,04	1,5	1,4	2,5	1,8	2,2	1,3	0,3	1,7	1,4	0,10
Farstanäs	2012	691	0,05	1,8	1,6	3,9	2,2	2,1	2,1	0,5	2,2	2,4	0,11
Arlanda	2012	638	0,03	1,5	1,3	2,7	1,7	2,3	1,2	0,2	1,8	2,2	0,10
Ulriksdal	2012	645	0,03	1,6	1,4	3,2	1,9	2,4	1,6	0,3	2,2	1,7	0,10

Tabell B2:2. Öppet fältdata från Stockholms län där organiskt kväve analyserats, hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb mm	org N	
			oorg N	org N
Bergby	12/13	312	3,1	
Farstanäs	12/13	499	3,7	0,9
Arlanda	12/13	318	2,3	
Ulriksdal	12/13	409	5,1	3,0
Bergby	2012	643	4,0	1,1
Farstanäs	2012	691	4,3	1,1
Arlanda	2012	638	4,0	1,4
Ulriksdal	2012	645	4,3	1,4

Tabell B2:3. Krondroppsdata från Stockholms län, komplett hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	kg/ha →										
			H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Bergby	12/13	282	0,03	1,6	1,3	6,3	1,7	1,2	3,1	1,3	2,8	10,2	0,52
Farstanäs	12/13	357	0,02	1,6	1,3	5,6	1,3	1,1	3,4	1,3	2,2	11,6	0,16
Lämshaga	12/13	331	0,03	3,3	2,8	9,4	2,7	1,9	4,8	1,7	4,5	14,3	0,28
Arlanda	12/13	334	0,04	2,0	1,6	7,4	1,6	0,8	3,2	1,5	3,8	10,7	0,48
Bergby	2012	525	0,04	1,9	1,5	7,7	1,7	1,3	3,8	1,6	3,6	14,8	0,57
Farstanäs	2012	506	0,03	2,0	1,7	8,4	1,6	1,1	3,8	1,5	3,6	17,1	0,21
Lämshaga	2012	521	0,04	3,4	2,8	13,2	2,7	1,5	4,9	2,0	6,2	21,0	0,32
Arlanda	2012	528	0,04	2,1	1,8	6,6	1,4	1,2	3,1	1,5	3,3	12,2	0,47

Tabell B2:4. Krondroppsdata från Stockholms län för ytor där organiskt kväve analyserats, hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb	kg/ha →	
			oorg N	org N
Bergby	12/13	282	2,9	2,0
Farstanäs	12/13	357	2,4	1,9
Lämshaga	12/13	331	4,5	2,2
Arlanda	12/13	334	2,4	2,2
Bergby	2012	525	3,1	2,8
Farstanäs	2012	506	2,8	2,6
Lämshaga	2012	521	4,2	3,0
Arlanda	2012	528	2,6	2,2

Tabell B2:5. Markvattendata från Stockholms län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2012 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2013. Median under de tre senaste åren, n = antalet mätvärden inom de tre senaste åren.

Lokal	Datum	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
			mekv/l →	mg/l →														
Bergby (A 01 A)	2012-10-30	5,8	0,160	0,261	0,91	3,48	<0,010	<0,030	2,87	0,94	4,27	0,40	<0,030	0,826	0,047	0,462	12,0	69
	2013-05-02	5,4	0,020	0,093	0,95	1,34	<0,010	<0,030	1,23	0,45	2,03	0,16	<0,030	0,036	0,110	0,630	11,1	13
	2013-08-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-08-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-06	5,5	0,017	0,137	4,40	6,80	<0,010	<0,030	4,69	1,46	5,19	0,93	<0,030	0,079	0,150	0,640	16,4	36
	median	5,6		0,124	1,52	2,44	<0,01	<0,03	2	0,64	3,26	0,27	<0,03	0,035	0,11	0,52	12	19
<i>n=</i>	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	5	5	
Sticklinge (A 05 A)	2012-10-29	5,4	-	0,090	4,34	5,98	0,016	<0,030	3,52	1,58	5,02	0,29	<0,030	0,052	0,309	0,887	13,5	14
	2013-04-29	5,3	-	0,101	3,07	4,03	0,029	<0,030	2,79	1,28	3,66	0,20	0,070	0,066	0,260	0,870	13,2	13
	2013-08-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,2		0,080	4,33	5,3	<0,01	<0,03	3,36	1,5	4,59	0,32	0,066	0,054	0,299	0,87	13,3	14
	<i>n=</i>	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	5	6	4
Farstanäs (A 35 A)	2012-10-29	5,6	-	0,031	2,03	2,05	<0,010	<0,030	1,24	0,50	2,53	0,12	<0,030	0,010	0,139	0,321	-	11
	2013-04-29	5,5	0,019	0,071	2,65	3,19	<0,010	0,124	2,34	0,79	3,22	0,17	<0,030	0,010	0,110	0,320	7,6	23
	2013-08-28	5,0	-	0,010	2,54	7,09	<0,010	0,046	2,15	0,78	4,47	0,16	<0,030	0,023	0,240	0,380	7,6	10
	2013-11-04	5,0	-	0,043	3,32	6,81	0,128	0,204	2,43	1,52	4,13	0,97	0,033	0,042	0,320	0,720	14,8	13
	median	5,4		0,044	2,6	3,21	<0,01	0,04	2,16	0,76	3,18	0,17	<0,03	0,024	0,125	0,343	7,6	14
	<i>n=</i>	8		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8
Lämshaga (A 40 A)	2012-10-29	6,1	-	0,128	2,14	4,42	<0,010	0,035	3,02	0,90	3,27	0,75	<0,030	0,024	-	0,430	11,8	-
	2013-04-29	5,5	0,013	0,085	2,61	3,10	<0,010	0,030	2,49	0,90	2,91	0,40	<0,030	0,032	0,130	0,580	10,4	23
	2013-08-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,3		0,064	3,54	5,14	<0,01	0,037	3,18	1,03	3,96	0,67	<0,03	0,044	0,285	0,58	11,8	14
	<i>n=</i>	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	3	5	3	3

Forts. Tabell B2:5. Markvattendata från Stockholms län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2012 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2013. Median under de tre senaste åren, n = antalet mätvärden inom de tre senaste åren.

Lokal	Datum	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
			mekv/l →	mg/l →														
Gladö (A 44 A)	2012-10-29	5,2	-	-0,025	6,08	4,84	<0,010	0,048	2,77	1,52	4,64	1,02	0,095	0,054	-	0,861	-	-
	2013-04-29	5,2	-	0,038	4,09	3,09	0,011	0,100	2,34	1,32	3,23	0,62	0,046	0,021	0,340	0,630	8,7	10
	2013-08-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-04	5,3	-	0,052	2,23	5,93	<0,010	0,157	2,33	0,78	3,97	0,20	<0,030	0,012	0,130	0,330	10,3	20
	median	5,2		0,016	4,81	5,22	<0,01	0,069	2,86	1,42	4,53	1,02	0,049	0,021	0,309	0,717	10,6	15
<i>n</i> =	8		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	4	5	
Arlanda (A 92 A)	2012-10-30	5,7	0,260	0,312	1,60	8,64	<0,010	<0,030	3,40	1,70	7,94	<0,10	0,196	6,300	0,065	0,871	21,1	65
	2013-05-02	5,8	0,351	0,613	0,26	5,22	<0,010	0,032	4,81	2,35	7,85	0,11	0,061	17,060	0,026	1,034	26,5	228
	2013-08-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-08-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
median	5,5		0,107	2,67	7,15	<0,01	<0,03	2,83	1,49	7,45	<0,08	0,09	1,57	0,14	0,738	11,9	33	
<i>n</i> =	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	

