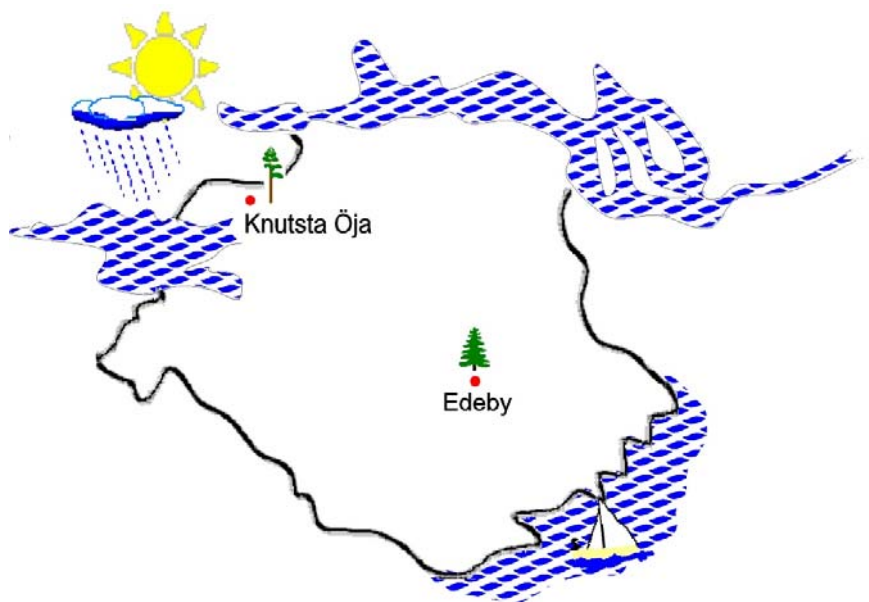


För Södermanlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Södermanlands län – mätningar och modellering

Hydrologiskt år: resultat t.o.m. september 2009

Kalenderår: resultat t.o.m. 2008



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

B 1905

Maj 2010

¹⁾ Lunds universitet

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Sammanfattande bedömning av luftföroreningsituationen för Södermanlands län 2008/09.....	5
Stationsvis redovisning.....	8
Edeby (D 11).....	8
Knutsta, Öja socken (D 14).....	10
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	12
Krondroppsnetzets roll i forskningen Exempel: Mykorrhizasvampar och kväveutlakning.....	15
Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom	
Krondroppsnetzets.....	17
Nya publikationer kopplade till Krondroppsnetzets.....	17
Krondroppsnetzets webbplats.....	17
Referenser.....	18
Bilaga 1. Data i tabellform – deposition & markvatten.....	19

Rapporten godkänd
2010-05-31

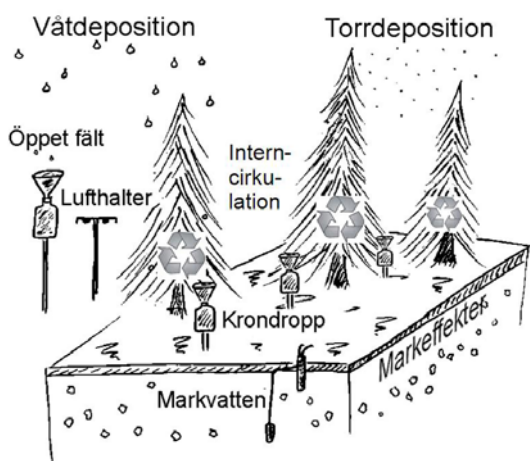
Karin Sjöberg
Enhetschef

Sammanfattning

På uppdrag av Södermanlands läns Luftvårdsförbund mäter IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på två platser i länet. Krondroppsnetet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades det fyraåriga samarbetsprojekt som råder idag. Målsättningen med Program 2007 är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och deras effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med fördjupade modellberäkningar på regional nivå som baseras på modellberäkningar på nationell nivå med hög geografisk upplösning. Denna rapport fokuserar på redovisning av mätresultat. Den modellansats som ingår rör kommunvis deposition.

Mätningarna över öppet fält vid Edeby visade att nederbörden under det hydrologiska året 2008/09 var 700 mm. Låga svavelhalter i nederbörden ledde till att svaveldeposition via krondropp var förhållandevis låg, endast 1,8 kg till granytan i Edeby och 0,9 kg till tallytan i Knutsta. Detta är de lägsta noteringarna i mätserien, som visar på en signifikant minskning under de 13 år som mätningar utförts. Detta mönster stämmer överens med den generella bilden för Sverige för det hydrologiska året 2008/09. Kvävenedfallet, som är lättast att tolka utifrån mätningarna över öppet fält eftersom kväve interncirkulerar i trädskronorna i skogsytor, uppgick till 5,5 kg per hektar vid Edeby, vilket är en av de högsta noteringarna i mätserien.

Markvattnets pH uppgick till 5,6 i Edeby och 4,9-5,6 i Knutsta under det hydrologiska året 2008/09. För Edeby var detta i nivå med tidigare mätningar, medan pH i Knutsta var lägre är vanligt. Inga signifikanta trender har påvisats för pH. Halten oorganiskt aluminium har generellt varit mycket låg. Efter förra årets anmärkningsvärt höga halt av oorganiskt aluminium som uppmättes i Knutsta i augusti 2008, 5,1 mg/l visade årets mätningar återigen på låga nivåer under 0,2 mg/l. Halten av oorganiskt kväve har generellt varit låg i markvattnet. Att halten nitrat- och ammoniumkväve är låg, innebär att skogsekosystemet i dagsläget tar upp allt tillgängligt kväve.



Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogsytor består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädskronorna vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.

Uppdragsgivare:

Södermanlands läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302
SE-400 14 Göteborg

Författare: G. Pihl Karlsson, C. Akselsson,
S. Hellsten, P.E. Karlsson & G. Malm

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve,
skogsytor, Södermanlands län

IVL rapport B 1905

Beställs från:

Södermanlands läns Luftvårdsförbund	IVL, Publikationsservice Box 21060
Björn Lagerdahl	SE-100 31 Stockholm
c/o Länsstyrelsen i Södermanland	Tel: 08-598 563 00
611 86 Nyköping eller	Fax: 08: 598 563 90
	publikationsservice@ivl.se

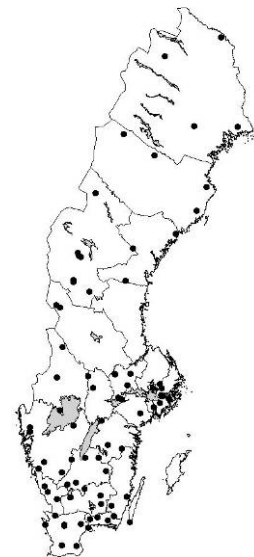
Inledning

På uppdrag av främst luftvårdsförbund och länsstyrelser genomför IVL Svenska Miljöinstitutet AB 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 2007”, är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att kunna ta ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom **Krondroppsnätet** även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.

Ett mätår är ett hydrologiskt år, 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets webbplats, www.krondroppsnatet.ivl.se. Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondroppsnätet, dels på öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna på **öppet fält**, som bedrevs vid 24 lokaler 2008/09, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner. **Krondroppsmätningarna**, som bedrevs vid 62 lokaler, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga gasformiga och partikelbundna luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädskronorna, varefter de sköljs ner till marken med nederbörden. För vissa ämnen finns en betydande interncirkulation i trädskronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen. **Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker vid 22 lokaler med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*. **Markvattenmätningar** sker vid 64 lokaler med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm:s djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljötillståndet.

I likhet med förra årets rapportering görs två typer av rapporter, dels dessa länsvisa mer direkt resultatinkräktade rapporter och dels en nationell mer temainriktad rapport om hur mätningar och modellering inom Krondroppsnätet kan användas för uppföljning av miljö kvalitetsmål och miljö kvalitetsnormer. I de länsvisa rapporterna kommer modellering av kommunvis deposition att presenteras, medan temarapporten kommer att innehålla en mer ingående presentation av modellresultat. Temarapporten kommer att bli klar i slutet av 2010 och finnas tillgänglig på webbplatsen samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Undersökningarna i **Södermanlands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av I. Brunell, LS och P. Urstad, Eskilstuna kommun. På IVL har K Koos skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, M. Lidqvist, P. Andersson, S. Honkala och V. Andersson har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av G. Malm, P. E. Karlsson, S. Hellsten, G. Pihl Karlsson. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, S. Hellsten, P. E. Karlsson samt G. Pihl Karlsson.



Figur 1. Krondroppsnätet under 2008/09. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

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

Antropogent: Orsakad av människan.

Baskatjoner: Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syra-neutraliserande föreningar; kalcium, magnesium, kalium och natrium.

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

CLE: Basscenario för depositionsminskning till 2020 enligt "Current legislation", d.v.s. de beslut om minskade utsläpp som finns inom Europa.

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme): Europeiskt samarbete avseende gränsöverskridande luftföroreningar för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar.

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

Intercirkulation i trädkronan: Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronan, vilket innebär att det som uppmäts i krondropp inte överensstämmer med totaldepositionen. Exempel på ämnen som interncirkuleras är kväve som främst tas upp till barr/blad och kalcium, magnesium och kalium som främst utsöndras via barr/blad.

Jordart: Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv.

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

Kritisk belastning: Den högsta deposition som inte bedöms förorsaka långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem. Kritisk belastning beräknas bland annat för aciditet (försurande ämnen – svavel och kväve) och för övergödande kväve.

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på totaldeposition i skog av ämnen som inte påverkas nämnvärt av interncirkulation, som

svavel och klorid, men är ett sämre mått för t.ex. kväve, som i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än i krondropp. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar högre deposition än mätningar på öppet fält.

Lufthalter: Luftens innehåll av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare.

Mann-Kendall: statistisk metod för att beskriva trender.

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

MATCH-Sverige: Spridningsmodellsystem utvecklat på SMHI, för modellering av deposition av luftföroreningar.

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

Seasonal-Kendall: statistisk metod för att beskriva säsongsvisa trender.

SO₄-S_{ex}: Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljökvalitetsmål.

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

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

Totaldeposition: Summan av våt- och torrdeposition, se "Krondropp".

Våtdeposition: Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).

Öppet fält: Öppet område där nederbörds kemi och/eller lufthalter mäts.

Sammanfattande bedömning av luftförorenings-situationen för Södermanlands län 2008/09



I Södermanlands län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnätet (Tabell 1). Krondropp och markvattenkemi mäts både i granytan i Edeby och i tallytan i Knutsta sedan 13 år. I Edeby mäts dessutom nedfall över öppet fält.

Tabell 1. Aktiva ytor i Södermanlands län 2008/09.

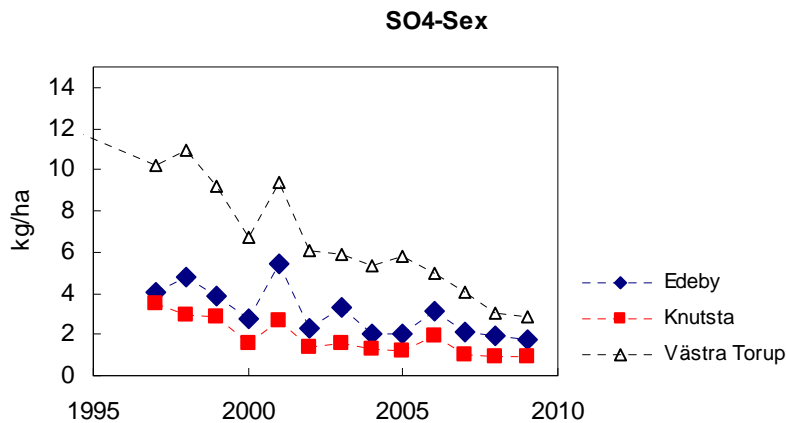
Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter
Edeby (D 11)	Gran	X	X	X	-
Knutsta (D 14)	Tall		X	X	-

Nedfallet av svavel till skog har generellt varit större i granytan Edeby jämfört med tallytan Knutsta (Figur 1). Detta kan sannolikt till stor del förklaras av att tallen har mindre barrryta jämfört med granen, vilket medför att torrdepositionen till granskog blir större. När mätningarna började i Södermanland 1996 uppgick svavelnedfallet vid båda lokalerna runt 4 kg per hektar och år. Detta är betydligt mindre jämfört med en av de värst exponerade ytorna i Sverige, Västra Torup i Skåne (Figur 1), där nedfallet uppgick till drygt 10 kg per hektar och år vid samma period. Nivån kan även jämföras med dagens nedfall via krondropp i Edeby, 1,8 kg per hektar och år och vid Knutsta, 0,9 kg per hektar och år.

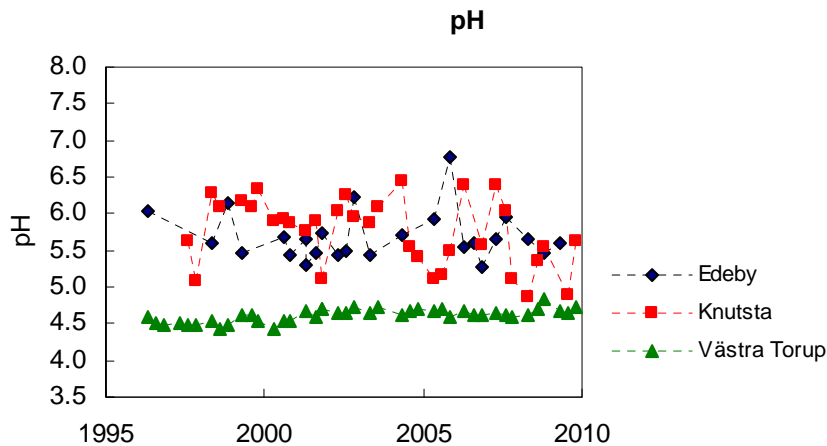
Nedfallet av svavel till öppet fält i Edeby 2008/09 var något högre än i krondroppet, 2,4 kg per hektar och år. Ett högre svavelnedfall över öppet fält, jämfört med krondropp, förekommer numera på vissa Krondropsytorna runt om i Sverige. I början och mitten av 90-talet var ofta depositionen via krondropp avsevärt större, på grund av den högre torrdepositionen då.

Det hydrologiska året 2008/09 kännetecknades av låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition i hela Sverige, och på ytorna i Södermanlands län var depositionen som uppmättes under 2008/09 bland mätseriens lägsta noteringar.

Krondroppsmätningarna visade på ett relativt stor påverkan från havet vid både Edeby och Knutsta, med högt nedfall av natrium och klorid men även av magnesium. Nedfall av dessa havssalter motverkar markförsurningen. Tillsammans med det relativt begränsade historiska svavelnedfallet medför detta att markförsurningen inte har varit särskilt långt gången vid någon av platserna i länet. pH i markvattnet har varierat mellan 5,0 och 6,5, vilket kan jämföras med pH i markvattnet vid Västra Torup, runt 4,5 (Figur 2). Den syraneutraliserande förmågan i markvattnet i länet har hela tiden varit relativt god och halterna av oorganiskt aluminium har i stort sett varit låga.



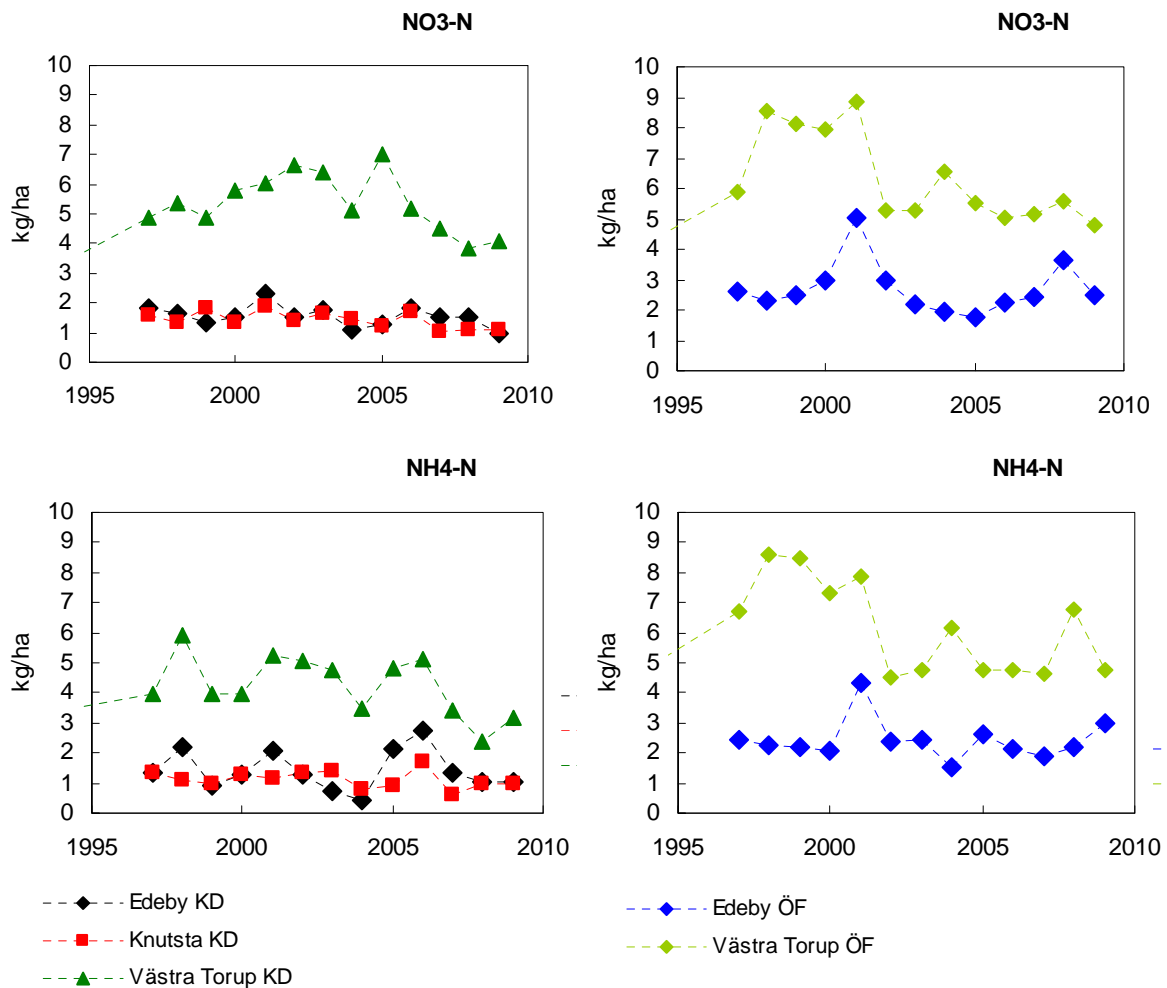
Figur 1. Svavelnedfall (exklusive havssaltets bidrag) via krondropp på de två skogsytorna i Södermanlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krondroppsyterna i Sverige, Västra Torup i Skåne.



Figur 2. Markvattnets pH på de båda skogsytorna i Södermanlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krondroppsyterna i Sverige, Västra Torup i Skåne.

Det totala nedfallet av kväve via skog fångas inte in genom krondroppsmätningarna, eftersom en del av kvävet tas upp direkt i trädkronorna och därmed inte når provtagningssträttarna på marken. Det totala kvävenedfallet till skog kan därför vara avsevärt högre än vad som samlas in i krondroppsträttarna. Tolkningen av resultaten måste därmed göras med försiktighet. Ofta används mätningar från öppet fält för att utvärdera storleken på nedfallet och trender för kväve, detta för att exkludera internrecirkulationen. Detta innebär dock att torrdepositionen till skog inte kommer med i beräkningen. Med detta i åtanke kan ändå kvävenedfallet via krondropp säga något om trender och nivåer för kväve.

Kvävenedfallet (nitrat och ammonium) via krondropp i Södermanland har generellt varit relativt lika vid de båda ytorna under mätserien (Figur 3). Nedfallet har inte förändrats signifikant under mätperioden. En jämförelse med den högexponerade ytan Västra Torup i Skåne visar att Södermanland generellt tagit emot mindre nitratkvävenedfall än Västra Torup, vid både Knutsta och Edeby. Vid Edeby, som är den enda ytan med en sammanhängande tidsserie på öppet fält, har nedfallet av kväve oftast varit mellan 2 och 4 kg nitratkväve och ungefär lika mycket ammoniumkväve per hektar och år under den 13-åriga mätserien, Figur 3.



Figur 3. Nitrat- och ammoniumkvävedeposition via krondropp på de två skogsytorna Edeby och Knutsta samt över öppet fält i Edeby i Södermanlands län sedan mätstart, samt krondropp och öppet fält på en av de värst belastade ytorna i Sverige, Västra Torup i Skåne.

Kvävehalterna i markvattnet har generellt varit mycket låga vid båda provytorna i Södermanland, förutom vid något enstaka mättillfälle. Ofta har då provvolymen varit låg, vilket ofta medför osäkerheter vid analyserna. Detta innebär att kvävedepositionen till provytorna i Södermanland inte överstiger vad träden kan ta upp och att det därför förefaller vara liten risk för ett kväveläckage till markvattnet och därmed även till grundvattnet och ytvattnet.

Kvävedepositionen kan påverka artsammansättningen vad gäller undervegetationen i skogen. Olika gräsarter ökar medan risartade växter, såsom blåbär, går tillbaka (Nordin m. fl., 2005). Det samlade kvävedepositionen till skogen i Södermanland, inklusive organiskt kväve, ligger sannolikt över den gräns på 6 kg N/ha/år, över vilken risken för en påverkan på undervegetationens artsammansättning riskerar att bli betydande (Nordin m. fl., 2005).

Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år (oktober-september). För markvattendata visas alla mätningarna som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. I Bilaga 1 återfinns data i tabellform både som medelvärde över hydrologiskt år och som medelvärde över kalenderår. De data som presenteras i Bilaga 1 är depositionsdata samt markvattendata.

Edeby (D 11): Granyta med 79-årig skog. Lokalen ligger i nedre delen av en sluttning i en svacka mellan höjder och kalspolade hållar. Markfuktigheten i de centrala delarna är frisk-fuktig och markvegetationen består av husmossa, väggmossa och blåbär. Jordmånen är av övergångstyp utbildad på mjälåg lera. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Lokalen är en av tio intensivytor i landet, som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006. Förnärvarande mäts nedfall till skogsytan och till ytan över öppet fält samt markvattenkemi.



Foto från Edeby taget 2009.

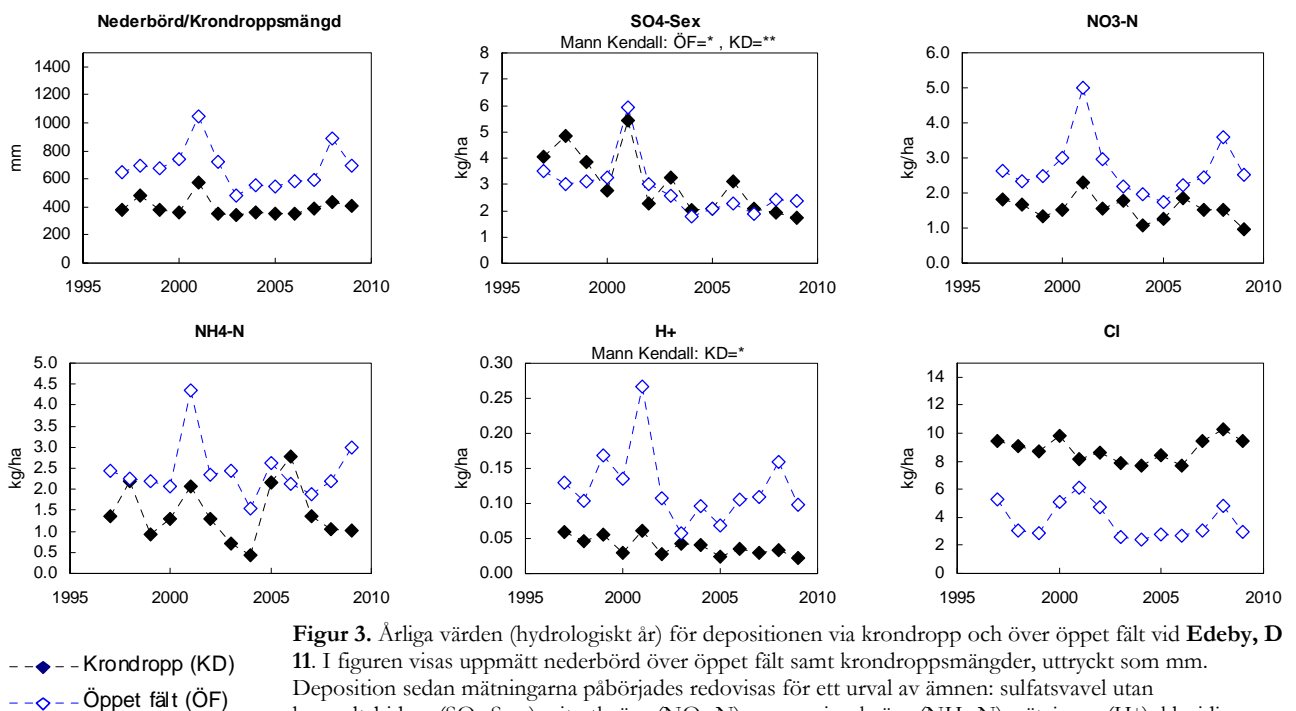
Under det hydrologiska året 2008/09 uppmättes 697 mm nederbörd över öppet fält i Edeby, vilket är i nivå med medelvärdet för övriga år under den 13-åriga mätserien. Nederbördsmängderna var lägre under perioden mellan 2002/03 och 2006/07, men är nu åter på samma nivå som under början av mätperioden (Figur 3). Det finns ingen statistiskt signifikant förändring av varken nederbörd eller krondroppsmängder under mätserien.

Låga svavelhalter i nederbörden ledde till att svaveldepositionen var förhållandevis låg under 2008/09, 2,4 kg S/ha svavel till ytan på öppet fält och 1,8 kg S/ha via krondropp. I början av tidsserien var svaveldepositionen via krondropp något högre än på öppet fält, eftersom krondropp

inkluderar även torrdepositionen som då var betydande. I takt med att lufthalterna av gasformigt och partikelbundet svavel har minskat, har även torrdepositionen minskat till mycket låga nivåer. Svavelnedfallet till skogen via krondropp och nedfallet på öppet fält ligger numera på ungefär samma nivå. Svavelnedfallet har minskat signifikant över tiden, både via krondropp och över öppet fält.

Nedfallet av kväve till skogen uppskattas bäst genom mätningar på öppet fält, eftersom en del kväve tas upp i trädkronorna vid krondroppsmätningarna. Under 2008/09 deponerades 2,5 kg N/ha nitratkväve och 3,0 kg N/ha ammoniumkväve till öppet fält-ytan i Edeby, det vill säga sammanlagt 5,5 kg N/ha oorganiskt kväve. Detta är en relativt hög nivå jämfört med tidigare mätningar. Till detta tillkommer nedfallet av organiskt kväve över öppet fält på 1,7 kg N/ha. Generellt visar nedfallet av ammonium vissa tecken på att öka, i synnerhet i mellansverige (Karlsson m. fl., 2010).

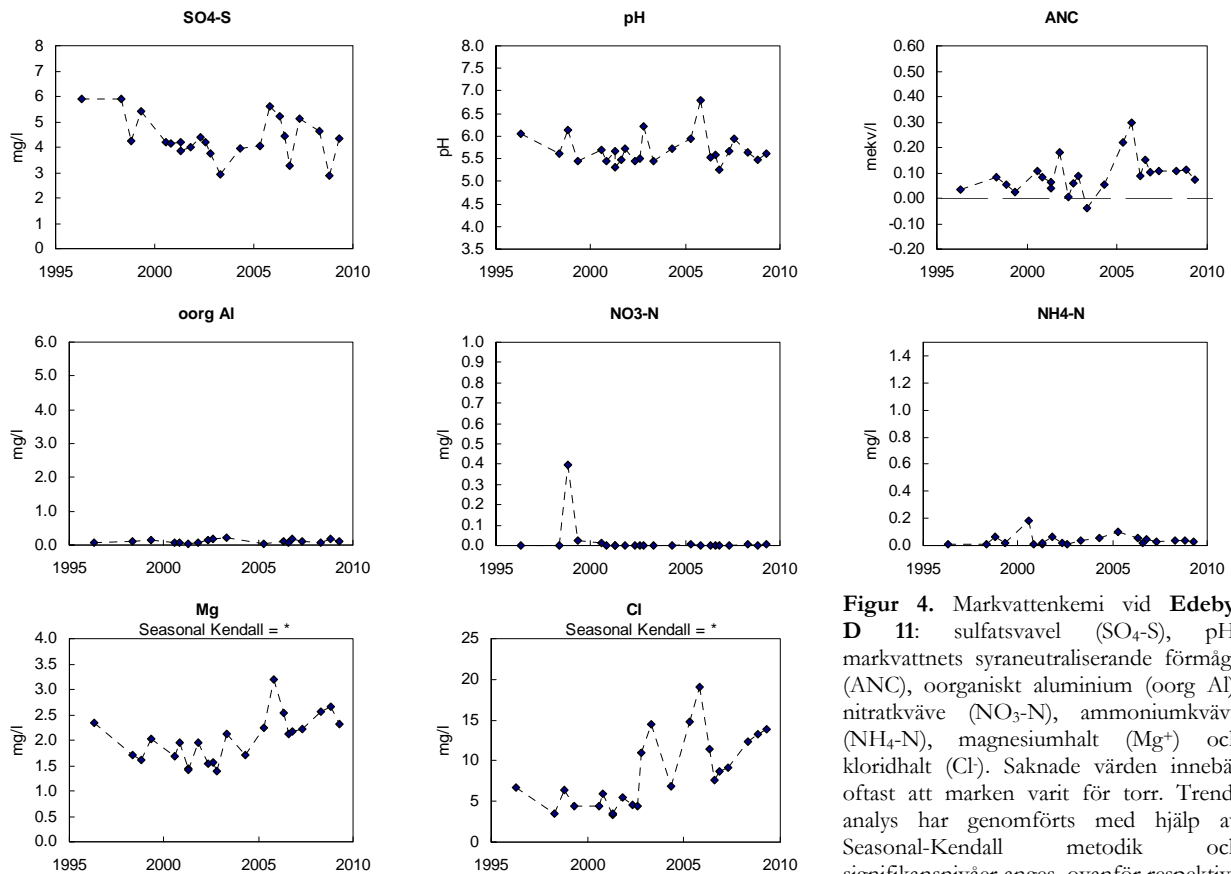
Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, har minskat signifikant i krondropp under mätperioden och pH i krondroppet har ökat signifikant (visas ej). Vätejondepositionen över öppet fält visar inte någon motsvarande signifikant trend.



Figur 3. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid Edeby, D 11. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); vätejoner (H⁺); 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.

I Figur 4 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen sedan mätstarten 1996 i Edeby. Vare sig pH, halten oorganiskt aluminium eller den syraneutraliserande förmågan, ANC, visar någon större förändring sedan mätstarten. Under 2008/09 var pH-värdet i markvattnet runt 5,6 vilket också är medianvärdet för alla 13 års mätningar. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) har varit positiv under i stort sett hela mätperioden, och så var fallet även under 2008/09. Markvattnet vid Edeby visar således inga tecken på markförsurning. Detta kan bero på att svavelnedfallet varit relativt begränsat (Figur 3) samt på en påverkan från Östersjön, vilket betydande och ökande halter av klorid, natrium (visas ej) samt magnesium tyder på.

Halterna av nitratkväve i markvattnet var mycket låga under 2008/09, vilket de har varit under i stort sett hela mätserien. Även halterna av ammoniumkväve har varit relativt låga. Att halterna av nitrat- och ammoniumkväve är låga, tyder på att skogsekosystemet tar upp allt tillgängligt kväve.

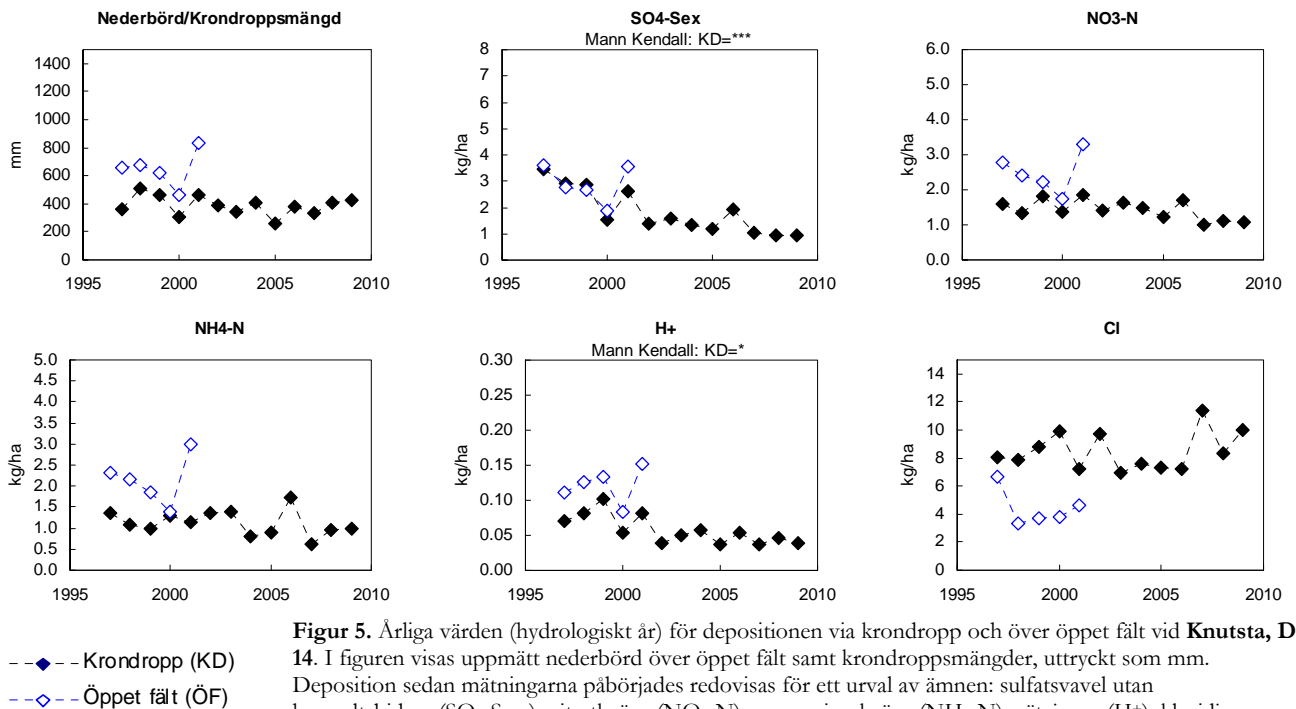


Figur 4. Markvattenkemi vid **Edeby, D 11**: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syranneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), magnesiumhalt (Mg^+) och kloridhalt (Cl). Saknade värden 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.

Knutsta, Öja socken (D 14): 76-årig tallskogsyta med viss inblandning av gran.

Lokalen ligger på sluttningen av en rullstensås och har ett fältskikt av blåbär. Markfuktigheten är frisk, jordmånen är järnpodsol och jordarten isälvs sand. Från och med december 2001 mäts enbart deposition via krondropp samt markvattenkemi i skogsytan.

Krondroppsmängderna i tallskogen i Knutsta har inte förändrats nämnvärt under mätseriens gång. Nedfallet via krondropp i Knutsta, i den nordvästra delen av länet, har generellt varit lägre än i Edeby, vilket sannolikt till stor del kan förklaras av att en tallskog fångar upp mindre mängder luftföroreningar, jämfört med en granskog. Under 2008/09 deponerades 0,9 kg svavel och 2,1 kg oorganiskt kväve via krondropp till tallytan (Figur 5). Liksom på flertalet ytor i landet var svavelnedfallet den lägsta som uppmätts, och även kvävenedfallet var förhållandevis lågt. Svaveldepositionen via krondropp har minskat signifikant under den 13-åriga mätserien, liksom nedfallet av vätejoner. pH i krondroppet har ökat signifikant. Kloriddepositionen var liksom tidigare år relativt normal för lokalen, 10 kg/ha.

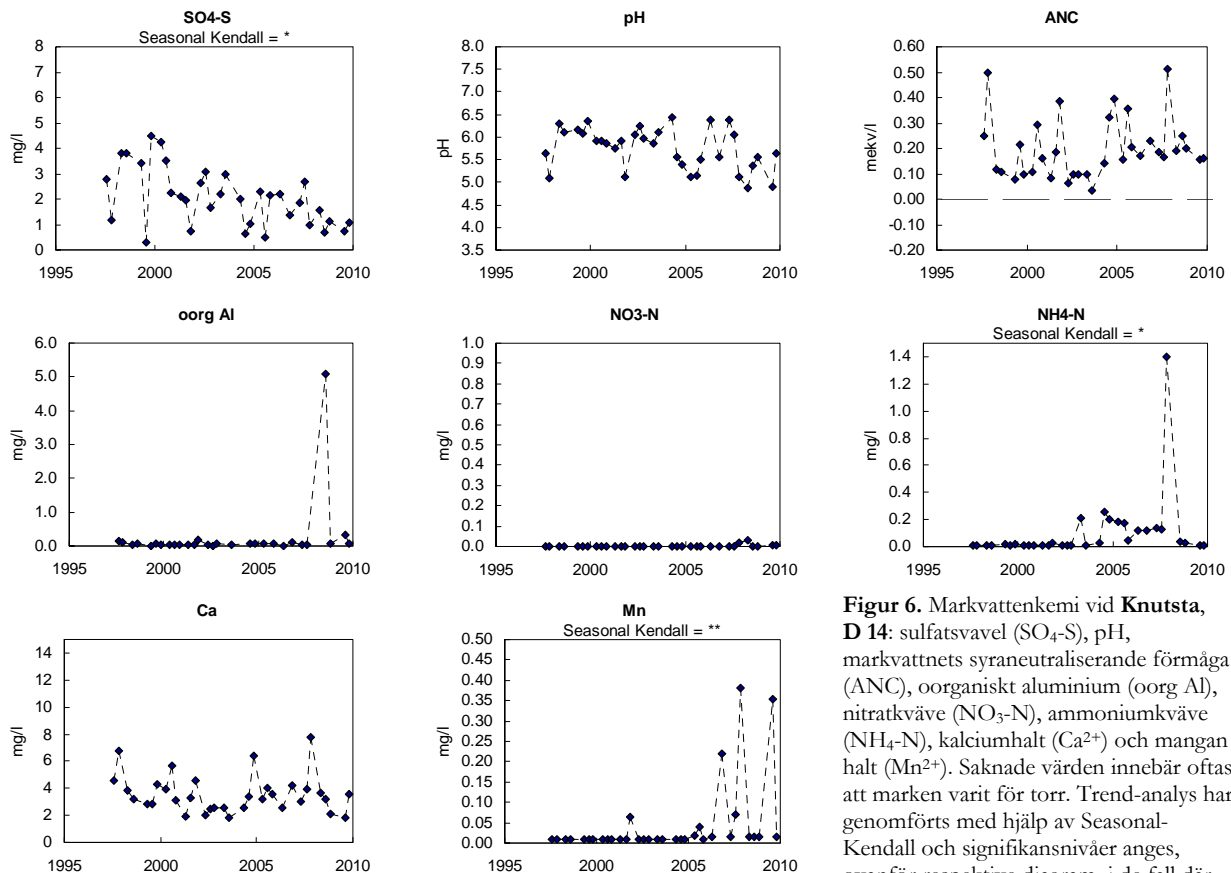


Figur 5. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Knutsta, D 14**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); vätejoner (H^+); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Markvattnet i Knutsta har generellt haft något högre pH än i Edeby (Figur 6). På senare år har det funnits en tendens till lägre pH-värden i markvattnet vid Knutsta. I augusti 2008 uppmättes dessutom hela 5,1 mg oorganiskt aluminium per liter i markvattnet. Under 2009 års mätningar var dock halten oorganiskt aluminium åter på mycket låga nivåer under 0,2 mg/liter. Minskade svavelnedfall återspeglas i signifikant minskade svavelhalter i markvattnet. Inga signifikanta trender har dock påvisats för pH, ANC (syranneutraliserande förmåga), oorganiskt aluminium eller baskatjonerna kalcium och kalium. Ett högt värde på ANC och generellt låga halter av oorganiskt aluminium visar att markvattnet vid Knutsta inte är allvarligt försurat.

Halten nitratkväve var låg under mätperioden medan halten ammoniumkväve var något förhöjd under den senare halvan av mätperioden, med en topp i november 2007 på 1,4 mg/l. Vid detta tillfälle var dock provvolymen liten, vilket innebär stora osäkerheter.

På senare år har halterna av mangan i markvattnet vid Knutsta stundtals varit förhöjda. Förhöjda halter av mangan i markvattnet har uppmätts vid olika platser i norra Sverige under två olika perioder; en period 2000-2002 och en andra period som startade 2005 (Pihl Karlsson m. fl., 2009). Mangan förekommer normalt i marken som svårslösligt manganoxid. Låga syrehalter samt lågt pH gynnar förekomsten av fria manganjoner (Mn^{2+}). Inga av dessa faktorer verkar förklara förhöjda manganhalter vid Knutsta. Mangan förekommer på liknande sätt vid flera mätplatser i södra Sverige, men mönstren är mindre tydliga, jämfört med norra Sverige sannolikt på grund av lokala källor för mangan. Orsakerna till denna förekomst av mangan i markvattnet är ännu inte kända.



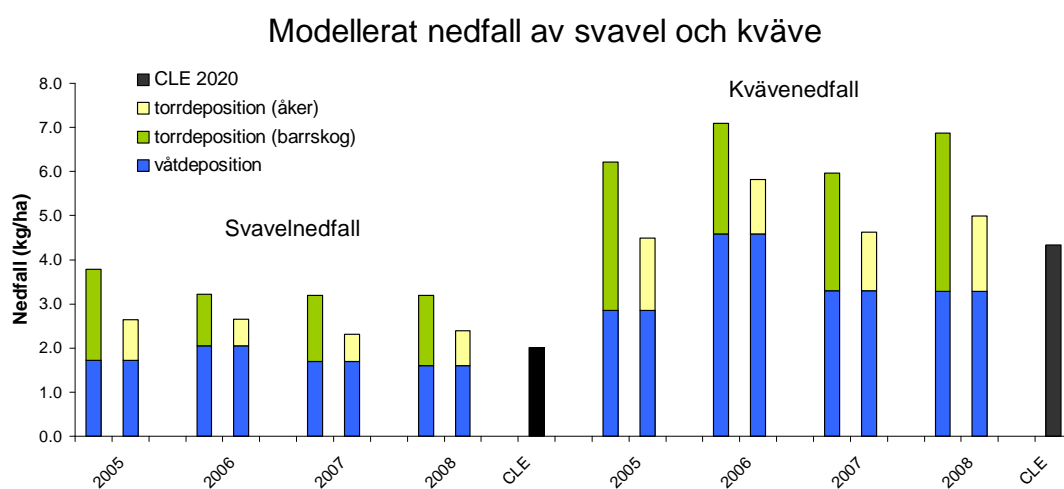
Figur 6. Markvattenkemi vid **Knutsta, D 14**: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalciumhalt (Ca^{2+}) och manganhalt (Mn^{2+}). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trend-analys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå

Inom Krondroppsnetet modellberäknas deposition på regional nivå, som ett komplement till mätningarna. Detta kan ge en mer omfattande geografisk täckning, jämfört med vad mätningarna ger. Modellberäkningar ger dessutom möjlighet att utvärdera andra parametrar än de som mäts. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika utsläppsscenarioer.

I detta kapitel presenteras modellberäknat nedfall av svavel och kväve baserat på beräkningar med det s.k. "MATCH-Sverige"-modellsystemet som SMHI driver på uppdrag av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (Persson m.fl., 2004). I MATCH-modellen anpassas de modellberäknade halterna av föroreningar i luft och nederbörd till atmosfärskemiska mätdata från de svenska och norska EMEP-stationerna samt Luft- och nederbördskemiska nätet med hjälp av s.k. Optimal Interpolation. I förra årets rapport redovisades modellerad deposition för år 2002 - 2005. I årets rapport presenteras resultaten för år 2005 - 2008. Dessa resultat kan dock inte jämföras rakt av med de tidigare beräkningarna eftersom en ny version av MATCH-modellen har tillämpats. En skillnad är att MATCH-resultaten numera presenteras på en upplösning av 40 x 40 km istället för 20 x 20 km som tidigare.

Länsviss och kommunviss deposition för svavel och kväve i barrskog och på åkermark har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de depositionsrutor som ingår i respektive län/kommun (en viktning med kommunens/länets andel av arean för respektive depositionsruta). Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 7 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3. Där redovisas också en beräkning för år 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation. Detta är ett slags basscenario som utgår från dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa. För CLE-scenariet har ett medelvärde beräknats för de markanvändningsslag som ingår i länet/kommunen, och det finns därmed ingen uppdelning på barrskog och åkermark, som det gör för årsberäkningarna.



Figur 7. Nedfall av antropogent svavel och oorganiskt kväve (kg per hektar och kalenderår) i Södermanlands län, fördelat på våt- respektive torrdeposition under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen. De nedre staplarna anger våtdepositionen, och de övre staplarna anger torrdepositionen (till barrskog eller åkermark).

Tabell 2. Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Södermanlands län under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

	Svavelnedfall i barrskog (kg/ha)				Svavelnedfall på åkermark (kg/ha)				CLE-scenariet*
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2020
Eskilstuna	3.1	2.8	2.8	2.7	2.2	2.3	2.1	2.0	1.9
Flen	3.4	3.1	3.1	3.1	2.4	2.6	2.3	2.2	2.0
Gnesta	4.2	3.3	3.3	3.6	2.9	2.7	2.4	2.7	2.1
Katrineholm	3.3	3.2	3.1	2.9	2.3	2.6	2.2	2.2	1.9
Nyköping	4.2	3.5	3.4	3.5	2.9	2.9	2.4	2.7	2.2
Oxelösund	4.5	3.6	3.5	3.8	3.1	2.9	2.5	2.8	2.4
Strängnäs	3.7	2.9	3.0	3.0	2.6	2.4	2.2	2.2	1.9
Trosa	4.7	3.6	3.6	3.8	3.3	2.9	2.6	2.9	2.3
Vingåker	3.0	2.9	2.9	2.4	2.1	2.4	2.1	1.9	1.9
Södermanlands län	3.8	3.2	3.2	3.2	2.6	2.7	2.3	2.4	2.0

* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa (medelvärde för de markanvändningsslag som ingår i kommunen).

Tabell 3. Kvävenedfall på kommunnivå i Södermanlands län under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

	Kvävenedfall i barrskog (kg/ha)				Kvävenedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2020
Eskilstuna	5.7	6.5	5.9	6.4	4.1	5.2	4.6	4.7	4.2
Flen	5.9	6.9	5.8	6.6	4.2	5.7	4.5	4.8	4.6
Gnesta	6.6	7.4	6.2	7.3	4.8	6.1	4.9	5.4	4.5
Katrineholm	5.9	7.1	5.9	6.5	4.3	5.8	4.6	4.7	4.3
Nyköping	6.5	7.5	6.0	7.2	4.7	6.2	4.6	5.1	4.4
Oxelösund	6.8	7.5	6.0	7.4	4.8	6.2	4.5	5.3	3.9
Strängnäs	6.2	6.7	6.2	6.9	4.6	5.5	4.8	5.1	4.2
Trosa	6.9	7.4	6.1	7.5	5.0	6.1	4.7	5.4	4.9
Vingåker	5.8	6.9	5.9	6.1	4.2	5.6	4.6	4.5	4.2
Södermanlands län	6.2	7.1	6.0	6.9	4.5	5.8	4.6	5.0	4.3

* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa (medelvärde för de markanvändningsslag som ingår i kommunen).

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Södermanlands län beräknades till omkring 3,2-3,8 kg per hektar och år i barrskog och 2,3-2,7 kg per ha på åkermark under 2005-2008. Kvävenedfallet beräknades till omkring 6,0-7,1 kg per hektar och år i barrskog och 4,5-5,8 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 2,0 kg svavel och 4,3 kg kväve per hektar till år 2020.

Under 2008 var den modellerade våtdepositionen av antropogent svavel i Södermanlands län 1,6 kg/ha, vilket är något lägre än det nedfall som uppmättes vid Edeby (2,4 kg/ha), den enda mätningen på öppet fält i länet. Under den aktuella perioden (2005-2008) var våtdepositionen av antropogent svavel vid Edeby i medeltal 25 % högre jämfört med den modellberäknade våtdepositionen för länet. Denna typ av jämförelser bör tolkas med försiktighet, eftersom mätplatsen Edeby har specifika exponeringsegenskaper som inte är representativa för länet som helhet. Dessutom är den modellberäknade våtdepositionen inte direkt jämförbar med depositionen på öppet fält eftersom en del torrdeposition deponeras i insamlingstratten (ca 10 %, jämfört med våtdepositionen). Inte heller det modellerade nedfallet till åkermark kan jämföras direkt med mätningarna på öppet fält då nedfallet till åkermark innefattar våtdeposition och torrdeposition till jordbruksgrödor, medan mätningarna på öppet fält representerar våtdeposition. Det är vanligt även i andra län att våtdeposition är högre än modellerad deposition, vilket skulle kunna indikera att modellberäkningen underskattar våtdepositionen. Svavelnedfallet i skogsytorna (mätt som krondropp) uppgick till 1,8 kg/ha som ett genomsnitt under 2005-2008, vilket är lägre än den modellberäknade totaldepositionen till barrskog för motsvarande period (3,3 kg/ha).

För oorganiskt kväve var den modellerade våtdepositionen 3,3 kg/ha under 2008, vilket är lägre än öppet fältmätningen vid Edeby (5,9 kg/ha). I likhet med svavelnedfallet så är medelvärdet för våtdepositionen av oorganiskt kväve vid Edeby generellt sett högre (37 % högre) än den modellberäknade våtdepositionen för länet under den aktuella perioden (2005-2008). Som redan nämnts ingår även en del torrdeposition i insamlingstratten (ca 10 %) och det modellerade nedfallet representerar ett medelvärde för hela länet, medan mätningen gäller en specifik yta med specifika exponeringsegenskaper. För kväve försvåras jämförelsen ytterligare i skogsytorna, eftersom modelleringen ger totaldepositionen av kväve, medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan.

Krondroppsnetets roll i forskningen

Exempel: Mykorrhizasvampar och kväveutlakning

Bakgrund

Långa tidsserier och god spridning över Sverige gör att Krondroppsnetet är väl lämpat som bas för olika typer av forskningsprojekt. Under 2009-2010 påbörjades omfattande studier vid Lunds Universitet, som kommer att pågå till och med 2014, med fokus på kvävedynamik i skogsmark. Studierna är finansierade av forskningsrådet FORMAS samt forskningsprogrammet LUCCI (Centrum för studier av växelverkan mellan kolets kretslopp och klimatet).

Ett av de här nämnda projektens huvudsyften är att utreda vad det är som styr kväveläckage från skogsbestånd. Frågan är viktig av många olika skäl. Kväveutlakning innebär förurning av skogsmarken samt risk för övergödning av ytvatten, samtidigt som det kan vara ett tecken på att skogen inte binder in mer kol, eftersom kol och kväve hänger nära samman i organiskt material. Inom projekten kommer effekter på kväveläckage av tidigare markanvändning, markens bördighet, beståndsålder, mikroorganismer och markens fosforstatus att utvärderas. En rad kompletterande mätningar kommer att göras och en dynamisk datormodell, ForSAFE-VEG, kommer att användas för att se om det går att återskapa vad som uppmätts. Syftet är att öka förståelsen av processerna för att kunna förbättra modellen. Detta är viktigt för att kunna simulera effekter vid ett förändrat klimat och ett mer intensivt skogsbruk. Under 2009 och 2010 har arbete påbörjats för att studera hur mykorrhiza, dvs de svampar som lever i symbios med trädrötterna, kan påverka kväveläckaget.

Inledning

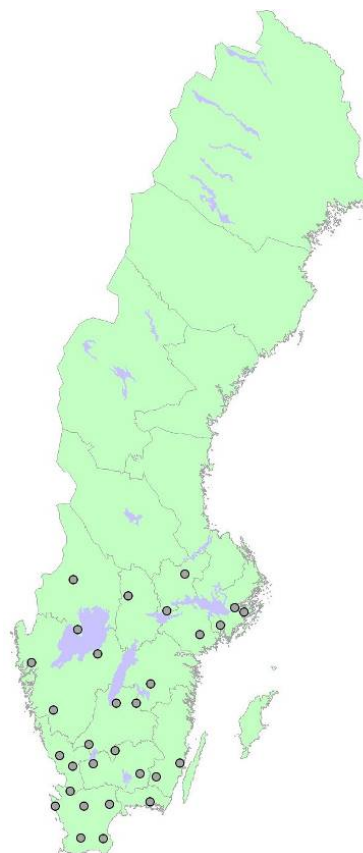
Nästan alla träddarter i boreala och tempererade skogar lever i en symbios, som kallas ektomykorrhiza, med svampar. Trädet transporterar via rötterna kol (från fotosyntesen) till svampen i utbyte mot näringsämnen och vatten. Ektomykorrhizasvamparna har med sitt fintrådiga mycel, som sträcker sig som ett heltäckande nätverk i jorden, ett mycket effektivare upptag av näringsämnen än trädet. Flera av de vanliga svampfruktkropparna i boreala skogar är ektomykorrhizasvampar (t.ex. kantarell, soppar, flugsvampar, riskor, kremlor, spindlingar och musseroner). Den största delen av svampens biomassa (ca. 80%) utgörs dock av det underjordiska svampmycelet.

När skogsmark gödslas med kväve minskar tillväxten av ektomykorrhizasvampar då träden kan ta upp kvävet själv och inte längre har någon vinning av att transportera kol till svampen. Utöver en direkt effekt av ökad kvävetillsats vid kvävedeposition gör detta att kväveläckaget kan öka då det mycket effektiva upptaget av svampmycelet minskar. Det har i kvävegödslingsförsök observerats att tillväxten av ektomykorrhizasvampar var låg vid högt kväveläckage, men den direkta effekten av svampen kunde inte särskiljas.

Tillväxt och biomassa av ektomykorrhizasvampar kommer i denna studie att undersökas för att utvärdera hur de är korrelerade med kvävedeposition och kväveläckage. Det kommer även att genomföras studier av kolinlagring via ektomykorrhiza samt svamparnas nedbrytningsprocesser och vilka enzymer som är involverade i dessa nedbrytningsprocesser.

Metod

Försöket genomförs i 30 av ytorna inom Krondroppsnetet (Figur 8). Samtliga aktiva granskogslokaler i södra Sverige, upp till och med S22A (Blåbärskullen, Värmland) och U06A (Hyttskogen, Västmanland) har tagits med i undersökningen. Vi analyserar tillväxten av ektomykorrhizasvampar med hjälp av svampinväxningspåsar. Svampphyfer kan växa igenom påsarnas finmaskiga nylonväv medan växtrötter stoppas. Inväxningspåsar (a' 10 g, mått i cm: 8x4x1) har placerats i gränsskiktet mellan den organiska jorden och mineraljorden (ca. 5-15cm djupt). Drygt två meter ifrån varje av de fem lysimetrarna har det tagits ett jordprov av O-horisonten med en Ø:25mm provtagare. Runt denna provtagning, ca 20 cm ifrån, har sju påsar med olika innehåll placerats. Inväxningspåsar sattes ut i slutet av maj 2009 och en del av dem hämtades in hösten 2009. De kvarvarande påsar lämnas under 2-3 år för långtidsundersökningar.



Figur 8: Karta över de krondroppslokaler som inkluderats i försöket.

Preliminära resultat

Resultaten ifrån första säsongen baserade på en preliminär mikroskopanalys av påsar visade att ökad kvävedeposition lett till minskad tillväxt av ektomykorrhizasvampar både på lokaler med och utan stormskador.

Det fanns inget tydligt samband mellan svamptillväxt och kväveläckage annat än att lokaler utan stormskador hade låg inväxning på de få platser som hade ett högt läckage, men det kunde även vara låg inväxning där det var lågt läckage. Att det inte blev ett tydligare samband med kväveläckaget kan bero på att de icke stormskadade lokalerna generellt hade ett lågt kväveläckage. Vid de stormskadade lokalerna skulle det kunna bero på att vissa mätningar gjordes på gränsen till helt stormfällda partier, vilket skulle kunna innebära en stor lokal variation då det stormfällda området antagligen läcker mycket kväve. Stormskadade lokaler hade generellt en högre svamptillväxt, vilket skulle kunna bero på att utspridda mindre stormskador kan leda till högre trädttillväxt på grund av ökat ljusinsläpp, och därmed en ökad symbios.

Fortsättning

Det är viktigt att tänka på att resultaten ovan bara är preliminära, från den första säsongen. Slutliga beräkningar kommer att baseras på laborativa mätningar på produktionen av svampbiomassa. Vi kommer även att jämföra svampinväxningen med analyser av de jordprover vi själva hämtat in. Vidare kommer nedbrytningsprocesser och kolinlagring via svampmycelet att undersökas.

Projekten är två samarbetsprojekt mellan IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet. Projektet om mykorrhiza finansieras av Forskningsprogrammet LUCCI och genomförs på Ekologiska Institutionen, Avdelningen för mikrobiologisk ekologi, Lunds Universitet, av doktoranderna Adam Babr (adam.babr@mbioekol.lu.se) och Mangus Ellström (magnus.ellstrom@mbioekol.lu.se) med handledarna Håkan Wallander (hakan.wallander@mbioekol.lu.se) och Anders Tunlid (anders.tunlid@mbioekol.lu.se). Övriga delar finansieras av forskningsrådet FORMAS och genomförs på Institutionen för Geo- och Ekosystemvetenskap vid Lunds Universitet av Cecilia Akselsson (cecilia.akselsson@nateko.lu.se).

Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom Krondroppsnetet

Under 2010 kommer vi, i likhet med föregående år, även att presentera en nationell, mer temainriktad, rapport. Detta årets rapport kommer att handla om hur mätningar och modellering inom Krondroppsnetet kan användas för uppföljning av miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer. Tanken är att temarapporten skall fungera som ett komplement till de länsvisa, resultat-inriktade rapporterna i år. Temarapporten planeras bli klar i slutet av 2010 och kommer då att finnas tillgänglig på Krondroppsnetets webbplats samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Nya publikationer kopplade till Krondroppsnetet

Krondroppsnetet — Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner, IVL Rapport B 1896.

Rapporten beskriver hur lufthalter och nedfall av svavel och kväve har förändrats över tiden sedan början på 1990-talet. Resultaten sätts också i relation till förändringarna av emissionerna i Europa under motsvarande tidsperiod. I rapporten redovisas även trenderna i markvattnet, bland annat med avseende på återhämtning från försurning och nitratkvävehalter. Resultatet kommer även att presenteras i två vetenskapliga publikationer.

Effekter av stormen Gudrun på kväveutlakning från skogsmark, IVL Rapport B 1926

I denna rapport utvärderas effekter av stormen Gudrun på 35 ytor inom Krondroppsnetet, framförallt med avseende på kväveutlakningen från skogsmark efter en storm. Ytorna delades in i olika skadeklasser beroende på hur stora skador ytorna erhållit i samband med stormen. Resultaten visade på ett tydligt samband mellan stormskadornas omfattning och nitrathalterna i markvattnet, med högre nitrathalter i de ytor som skadades mest. Effekten varierade dock inom samma skadeklass, vilket beror på andra faktorer som till exempel markvegetationen, kvävenedfallet, markvattnets surhetsgrad och beståndets ålder. Resultaten kommer även att presenteras i en vetenskaplig publikation.

Utveckling av Krondroppsnetet utifrån regionala och nationella behov, IVL Rapport, U 2695

I en nyutkommen rapport till Naturvårdsverket beskrivs Krondroppsnetets roll ur miljöövervaknings- och miljömålsuppföljningshänseende samt hur Krondroppsnetet kan utvecklas efter 2010. Rapporten tar bland annat upp vikten av att koppla resultaten till klimatdata och till avrinningsområden. En tydligare koppling till klimatdata gör det möjligt att analysera hur lufthalter, nedfall och markvattenkemi beror av väderförhållanden, som underlag vid bedömning av ekosystemeffekter vid klimatförändringar. Kopplingen till avrinningsområden är viktig för att bistå med användbart dataunderlag till vattenmyndigheterna i uppföljningen av vattendirektivet. Fokus de närmaste åren kommer även att vara på att syntetisera modellresultat och mätresultat på regional nivå ytterligare för att förbättra underlaget för regional miljömålsuppföljning.

Krondroppsnetets webbplats

Sedan hösten 2008 finns en ny webbplats för Krondroppsnetet, www.krondroppsnetet.ivl.se. Där presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondroppsnetet när det gäller prov-

tagning, analyser och databearbetning. På webbplatsen redovisas resultat från mätningarna och modellberäkningarna i form av mätdata, kartor och rapporter. Webbplatsen uppdateras kontinuerligt med ny information.

Vi hoppas att detta kommer att bli en levande webbplats, och om ni har önskemål och funderingar på dess utformning kontakta oss gärna via e-post genom: gunilla@ivl.se

Referenser

- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S. & Pihl Karlsson, G. 2010. Krondroppsnetet – Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner. IVL Rapport B 1896.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T. & Ericson, L., 2005. Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests – implications for the nitrogen critical load. *Ambio* 34: 20-24.
- Persson C, Ressner E. och Klein T., 2004. Nationell miljöövervakning - MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi, Nr 113.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., & Malm, G. 2009. Övervakning av luftföroreningar i norra Sverige – mätningar och modellering. IVL Rapport B 1851.

Bilaga 1. Data i tabellform – deposition & markvatten

Tabell A:1a. Medelvärde under **hydrologiskt år** från mätningar över öppet fält i Södermanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ - S	SO ₄ - S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ - N	NH ₄ - N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
	okt-sep	mm	kg/ha	→									
Edeby	08/09	697	0,10	2,5	2,4	3,0	2,5	3,0	1,5	0,5	2,5	1,6	0,24
(D11A)	07/08	891	0,16	2,6	2,4	4,8	3,6	2,2	2,9	1,0	3,6	0,9	0,36
	06/07	595	0,11	2,0	1,9	3,0	2,4	1,9	1,7	0,6	3,3	1,1	0,19
	05/06	586	0,10	2,4	2,3	2,7	2,2	2,1	1,4	0,4	1,5	1,5	0,15
	04/05	546	0,07	2,2	2,1	2,8	1,7	2,6	1,2	0,4	2,0	1,9	0,08
	03/04	554	0,10	1,9	1,8	2,4	1,9	1,5	0,9	0,3	1,5	0,7	0,06
	02/03	483	0,06	2,7	2,6	2,6	2,2	2,4	1,3	0,5	2,1	1,3	0,06
	01/02	726	0,11	3,2	3,0	4,7	3,0	2,4	2,2	0,6	2,9	1,2	0,08
	00/01	1047	0,27	6,2	5,9	6,1	5,0	4,4	2,8	0,9	3,8	1,4	0,32
	99/00	738	0,13	3,5	3,3	5,1	3,0	2,1	1,8	0,5	3,4	1,6	0,21
	98/99	678	0,17	3,3	3,1	2,9	2,5	2,2	1,6	0,5	1,9	1,3	0,08
	97/98	691	0,10	3,2	3,0	3,1	2,3	2,2	1,5	0,4	2,0	1,8	0,08
	96/97	647	0,13	3,8	3,5	5,3	2,6	2,4	2,2	0,7	2,8	1,5	0,08

Tabell A:1b. Medelvärde under **kalenderår** från mätningar över öppet fält i Södermanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ - S	SO ₄ - S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ - N	NH ₄ - N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha	→									
Edeby	2008	916	0,16	2,7	2,4	4,6	3,5	2,4	2,6	1,0	3,9	1,1	0,39
(D 11A)	2007	583	0,09	1,8	1,7	2,9	2,1	1,4	2,3	0,6	3,4	1,1	0,14
	2006	645	0,11	2,3	2,2	2,6	2,6	2,4	1,3	0,4	1,6	1,4	0,20
	2005	591	0,09	2,6	2,5	3,0	2,1	2,8	1,3	0,4	1,9	2,0	0,09
	2004	543	0,09	1,9	1,7	2,9	1,9	1,5	1,1	0,3	1,9	0,7	0,05
	2003	504	0,06	2,5	2,4	2,2	2,1	2,4	1,0	0,5	1,6	1,0	0,06
	2002	610	0,07	2,5	2,4	3,4	2,5	2,1	2,1	0,5	2,3	1,3	0,07
	2001	873	0,23	4,9	4,6	5,9	4,1	3,3	2,0	0,6	3,5	1,1	0,28
	2000	926	0,18	4,6	4,4	5,6	3,8	3,1	2,3	0,8	3,7	1,9	0,20
	1999	793	0,18	4,2	4,0	4,1	3,1	2,7	2,2	0,5	2,8	1,4	0,14
	1998	612	0,09	2,7	2,6	3,2	2,0	1,9	1,3	0,4	2,0	1,7	0,06
	1997	648	0,12	3,5	3,2	4,6	2,5	2,5	1,7	0,6	2,6	1,4	0,09
	1996	554	0,12	3,1	2,9	2,7	2,1	1,9	1,7	0,3	1,7	1,0	0,06

Tabell A:2a. Öppet fältdata från Södermanlands län, organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC), komplett **hydrologisk årsdeposition**. 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	oorg N	org N	TOC
	okt-sep	mm	kg/ha →		
Edeby	08/09	697	5,5	1,7	14
(D 11 A)	07/08	891	5,8	1,2	17
	06/07	595	4,3	0,6	22
	05/06	586	4,4	0,8	11
	04/05	546	4,3	0,1	16
	03/04	554	3,5	0,6	9
	02/03	483	4,6	1,5	17
	01/02	726	5,3	1,2	23
	00/01	1047	9,4	1,5	29
	99/00	738	5,1		
	98/99	678	4,7		
	97/98	691	4,6	1,5	
	96/97	647	5,1		

Tabell A:2b. Öppet fältdata från Södermanlands län, organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC), deposition på **kalenderår**. 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	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha →		
Edeby	2008	916	5,9	1,2	16
(D 11 A)	2007	583	3,5	0,8	23
	2006	645	5,0	0,7	13
	2005	591	4,9	0,1	17
	2004	543	3,4	0,7	9
	2003	504	4,5	1,3	15
	2002	610	4,6	1,1	15
	2001	873	7,4	1,2	30
	2000	926	6,9		
	1999	793	5,8		
	1998	612	3,8		
	1997	648	5,0		
	1996	554	3,9		

Tabell B:1a. Krondropsdata från Södermanlands län, komplett **hydrologisk årsdeposition**.
Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ ⁻ _S	SO ₄ ⁻ _{S_{ex}}	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ _N	NH ₄ ⁻ _N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
	okt-sep	mm	kg/ha	→									
Edeby (D 11)	08/09	407	0,02	2,2	1,8	9,4	1,0	1,0	3,4	1,4	3,6	21,0	1,21
	07/08	438	0,03	2,4	1,9	10,3	1,5	1,0	4,1	1,6	4,4	20,5	1,37
	06/07	385	0,03	2,5	2,1	9,4	1,5	1,4	2,9	1,1	3,6	14,2	0,79
	05/06	348	0,04	3,5	3,1	7,7	1,8	2,8	3,3	1,3	2,9	17,3	0,80
	04/05	354	0,02	2,5	2,1	8,4	1,3	2,2	3,7	1,3	3,9	14,2	0,92
	03/04	363	0,04	2,4	2,0	7,7	1,1	0,4	3,1	1,2	2,9	14,1	0,61
	02/03	345	0,04	3,6	3,3	7,9	1,8	0,7	3,1	1,4	3,5	12,9	0,52
	01/02	353	0,03	2,7	2,3	8,6	1,5	1,3	3,0	1,2	3,5	13,3	0,66
	00/01	573	0,06	5,8	5,4	8,1	2,3	2,1	4,4	1,6	4,0	18,9	1,14
	99/00	362	0,03	3,2	2,8	9,8	1,5	1,3	3,0	1,4	4,2	14,8	1,20
	98/99	379	0,06	4,3	3,9	8,7	1,3	0,9	3,1	1,3	3,4	16,5	0,98
97/98	480	0,05	5,2	4,8	9,1	1,7	2,2	3,7	1,5	3,6	18,7	1,06	
96/97	379	0,06	4,5	4,1	9,4	1,8	1,4	3,9	1,6	4,1	13,8	1,33	
Knutsta (D 14)	08/09	426	0,04	1,4	0,9	10,0	1,1	1,0	3,5	1,2	5,3	11,9	0,65
	07/08	411	0,05	1,3	0,9	8,3	1,1	1,0	2,9	1,1	4,7	10,3	1,00
	06/07	333	0,04	1,5	1,0	11,4	1,0	0,6	2,8	1,4	5,7	10,0	0,71
	05/06	377	0,05	2,3	1,9	7,3	1,7	1,7	2,8	1,1	3,9	12,4	0,60
	04/05	257	0,04	1,5	1,2	7,3	1,2	0,9	2,3	1,1	3,8	6,4	0,25
	03/04	411	0,06	1,7	1,3	7,6	1,5	0,8	3,1	1,2	4,1	8,2	0,26
	02/03	340	0,05	1,9	1,6	6,9	1,6	1,4	2,1	1,1	3,3	7,8	0,27
	01/02	388	0,04	1,8	1,4	9,8	1,4	1,4	2,2	1,1	4,6	10,6	0,27
	00/01	467	0,08	3,0	2,6	7,2	1,9	1,2	3,3	1,3	3,7	10,3	0,79
	99/00	308	0,05	2,0	1,5	9,9	1,4	1,3	2,2	1,1	5,1	8,2	0,46
	98/99	464	0,10	3,3	2,9	8,8	1,8	1,0	3,3	1,3	4,2	10,2	0,58
97/98	505	0,08	3,3	2,9	7,9	1,4	1,1	3,3	1,3	3,7	9,6	0,71	
96/97	360	0,07	3,8	3,5	8,0	1,6	1,4	3,5	1,2	3,9	8,2	0,56	

Tabell B:1b. Krondroppsdata från Södermanlands län, årsdeposition på **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha	S								
Edeby (D11A)	2008	457	0,03	2,3	1,8	10,5	1,3	1,2	3,9	1,6	4,5	21,0	1,21
	2007	327	0,03	2,3	1,9	9,2	1,3	1,2	3,0	1,2	3,6	12,7	0,88
	2006	423	0,04	3,5	3,1	8,2	1,9	2,9	3,5	1,3	3,0	20,4	0,90
	2005	361	0,03	2,8	2,4	7,7	1,6	2,3	3,7	1,3	3,6	13,4	0,85
	2004	336	0,03	2,2	1,9	8,5	0,9	0,5	3,1	1,2	3,4	13,8	0,61
	2003	366	0,04	3,7	3,3	8,5	1,7	0,7	3,2	1,5	3,4	15,3	0,70
	2002	367	0,04	2,7	2,3	7,9	1,7	1,3	3,3	1,3	3,6	12,2	0,59
	2001	367	0,04	3,6	3,2	7,3	1,5	1,5	3,3	1,2	2,9	13,4	0,86
	2000	510	0,05	4,6	4,1	9,3	2,0	1,9	3,4	1,4	4,6	17,9	0,99
	1999	430	0,05	4,5	4,0	10,1	1,6	0,9	3,7	1,7	4,0	18,1	1,55
	1998	413	0,04	4,1	3,8	8,3	1,2	2,0	2,7	1,2	3,1	16,9	0,66
	1997	427	0,06	5,4	4,9	9,5	1,9	1,4	4,4	1,7	4,3	16,1	1,26
1996	342	0,08	5,4	5,0	7,1	1,5	1,2	3,6	1,3	2,9	12,8	1,36	
Knutsta (D14A)	2008	425	0,04	1,3	0,9	10,0	1,1	1,0	3,8	1,3	5,5	11,7	1,08
	2007	337	0,04	1,6	1,1	10,0	1,1	0,7	2,5	1,3	5,3	9,2	0,66
	2006	394	0,05	2,1	1,7	8,2	1,5	1,7	3,0	1,2	4,1	13,2	0,74
	2005	274	0,04	1,7	1,4	7,0	1,4	0,9	2,2	1,2	3,7	6,8	0,33
	2004	341	0,04	1,4	1,1	8,3	1,1	0,6	3,0	1,1	4,3	8,3	0,25
	2003	393	0,05	2,1	1,8	7,5	1,9	1,6	2,3	1,2	3,8	7,9	0,28
	2002	381	0,05	1,6	1,3	7,9	1,5	1,3	2,1	1,0	3,8	9,3	0,19
	2001	353	0,06	2,4	2,0	7,9	1,6	1,1	2,8	1,1	3,6	9,3	0,60
	2000	416	0,06	2,4	1,9	8,8	1,4	1,4	2,4	1,2	4,8	10,3	0,58
	1999	464	0,10	3,0	2,6	9,0	1,8	0,9	3,4	1,4	4,6	9,9	0,62
1998	435	0,07	3,2	2,8	9,5	1,3	1,2	3,0	1,2	4,2	10,2	0,62	
1997	426	0,09	4,0	3,7	7,6	1,7	1,3	3,6	1,3	3,8	8,0	0,65	

Tabell B:2a. Krondroppsdata från Södermanlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition**. 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	oorg N	org N	TOC
	okt-sep	mm	kg/ha →		
Edeby (D 11 A)	08/09	407	2,0	2,6	99
	07/08	438	2,6	2,9	101
	06/07	385	2,9	2,0	74
	05/06	348	4,6	2,3	67
	04/05	354	3,4	2,0	69
	03/04	363	1,5	2,1	75
	02/03	345	2,5	2,7	93
	01/02	353	2,8	2,4	67
	00/01	573	4,4	3,3	87
	99/00	362	2,8		
	98/99	379	2,2		
	97/98	480	3,8	3,0	
	96/97	379	3,2		
Knutsta (D 14 A)	08/09	426	2,1	1,9	
	07/08	411	2,1	1,7	
	06/07	333	1,6	1,6	
	05/06	377	3,4	2,2	
	04/05	257	2,1	1,3	
	03/04	411	2,3	2,1	
	02/03	340	3,0	2,0	
	01/02	388	2,8	2,3	
	00/01	467	3,0		
	99/00	308	2,7		
	98/99	464	2,8		
	97/98	505	2,4		
	96/97	360	2,9		

Tabell B:2b. Krondroppsdata från Södermanlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, årsdepositionen baseras på **kalenderår**. 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	oorg N kg/ha	org N →	TOC
Edeby (D 11 A)	2008	457	2,5	2,8	99
	2007	327	2,5	2,0	73
	2006	423	4,8	2,5	80
	2005	361	3,9	2,1	66
	2004	336	1,4	2,0	70
	2003	366	2,4	2,7	100
	2002	367	3,0	2,5	68
	2001	367	3,0	2,4	64
	2000	510	3,9		
	1999	430	2,5		
	1998	413	3,2		
	1997	427	3,3		
	1996	342	2,6		
Knutsta (D 14 A)	2008	425	2,1	1,8	
	2007	337	1,8	1,6	
	2006	394	3,2	2,2	
	2005	274	2,4	1,4	
	2004	341	1,7	1,7	
	2003	393	3,4	2,1	
	2002	381	2,8	2,2	
	2001	353	2,7	2,2	
	2000	416	2,8		
	1999	464	2,7		
1998	435	2,5			
1997	426	3,0			

Tabell C. Markvattendata från Södermanlands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2008 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2009. n = antalet mätvärden inom tidsserien.

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	→												
Edeby (D 11 A)	2008-10-20	5,5	0,014	0,110	2,89	13,28	<0,002	0,036	1,66	2,65	7,82	0,95	<0,03	0,025	0,201	0,530	9,5	23
	2009-04-20	5,6	0,017	0,074	4,36	13,90	<0,010	0,024	3,87	2,32	7,45	1,15	0,040	0,020	0,108	0,361	9,1	55
	2009-07-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2009-10-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,6		0,083	4,22	6,89	<0,002	0,024	2,75	2,03	5,48	1,03	<0,02	0,024	0,1	0,372	9,6	60
<i>n=</i>	<i>25</i>		<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>21</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>21</i>	<i>18</i>	<i>21</i>	<i>21</i>	<i>18</i>
Knutsta (D 14 A)	2008-11-17	5,6	0,028	0,200	1,11	5,00	<0,002	0,026	2,13	0,89	4,42	1,52	<0,03	0,197	0,077	1,107	26,8	45
	2009-04-20*																	
	2009-08-24	4,9	-	0,155	0,72	7,18	<0,010	<0,020	1,83	0,89	3,07	4,11	0,353	0,289	0,326	1,260	39,2	16
	2009-10-23	5,6	0,028	0,161	1,05	8,81	<0,010	<0,020	3,54	1,15	3,49	2,05	<0,03	0,155	0,071	0,906	24,7	72
	median	5,9		0,168	2,04	3,69	<0,002	0,018	3,28	0,92	3,5	0,7	<0,02	0,15	0,056	0,577	18,6	79
<i>n=</i>	<i>34</i>		<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>31</i>	<i>29</i>	<i>31</i>	<i>30</i>	<i>29</i>	

*prov saknas

