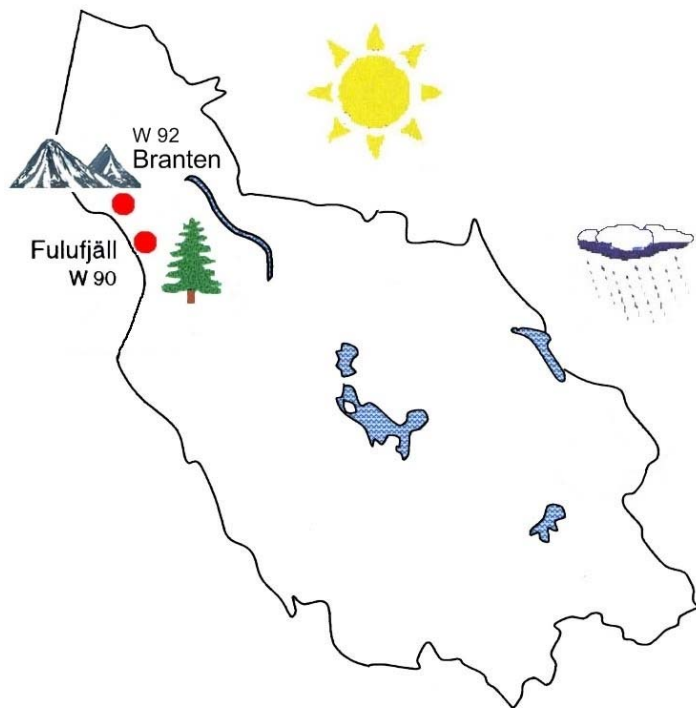


För Länsstyrelsen i Dalarnas län

Övervakning av luftföroreningar i Dalarnas län – mätningar och modellering

Hydrologiskt år: resultat t.o.m. september 2008

Kalenderår: resultat t.o.m. 2007



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

B 1843

Juni 2009

¹⁾ Lunds universitet

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Sammanfattning..... | 2 |
| Inledning..... | 3 |
| Ord att förklara..... | 4 |
| Stationsvis redovisning..... | 5 |
| Trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik..... | 5 |
| Fulufjället (W90)..... | 5 |
| Branten (W92)..... | 7 |
| Sammanfattande bedömning av luftföroreningsituationen i Dalarna 2007/08..... | 8 |
| Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå..... | 10 |
| Jämförelse mot mål och normer på kalenderår..... | 13 |
| Temainriktad rapport..... | 14 |
| Ny webbplats..... | 14 |
| Nytt från Naturvårdsverket..... | 15 |
| Referenser..... | 16 |
| Bilaga 1. Data i tabellform - deposition..... | 17 |
| Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik..... | 21 |

Rapporten godkänd

2009-06-09



John Munthe
Avdelningschef

För Länsstyrelsen i Dalarnas län

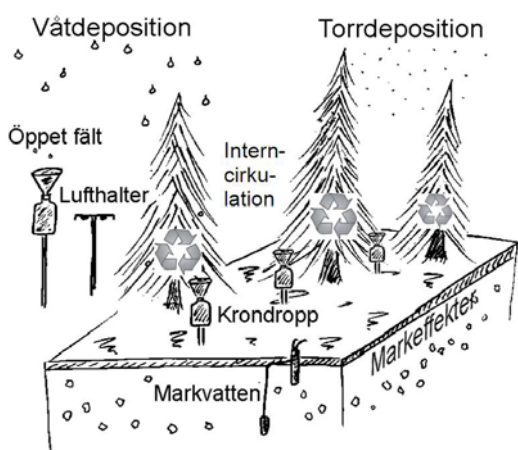
Övervakning av luftföroreningar i Dalarna

Resultat: hydrologiskt år t.o.m. september 2008 samt kalenderår t.o.m. 2007

Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på två platser i länet. Krondroppsnätet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprojekt. Grundtanken 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. I dagsläget mäts endast deposition vid länets båda lokaler, Fulufjället och Branten.

Vid Fulufjället mäts depositionen över öppet fält samt i granskog via krondropp. På hög höjd vid Branten mäts endast depositionen via krondropp under gran. Vid Fulufjället var nedfallet av svavel 0,7 kg per hektar under det hydrologiska året 2007/08. Nedfallet har minskat tydligt sedan 1995. Svavelnedfallet var högre vid den högt belägna platsen Branten, men detta kan hänga samman med en något annorlunda provtagningsmetodik som används i fjällmiljö. Även vid Branten har svavelnedfallet minskat över tiden. Kvävenedfallet på öppet fält i Fulufjället uppgick till 1,3 kg nitratkväve och 1,2 kg ammoniumkväve under 2007/08, det vill säga sammanlagt 2,5 kg kväve. Det syns ingen förändring av kvävenedfallet över tiden.



Figur 1. Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogsytorna består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.

Uppdragsgivare:

Länsstyrelsen i Dalarna

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, försurning, markvatten, lufthalter, Dalarnas län

IVL rapport B 1843

Beställs från:

Jens Fuchs
Länsstyrelsen
Miljövårdsenheten
791 84 Falun

IVL, Publikationsservice
Box 21060
SE-100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00
Fax: 08: 598 563 90

eller

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. Grundtanken 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 på 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 som motsvarar perioden 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets nya 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 sker vid 23 lokaler 2007/08, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner.

Krondroppsmätningarna, som sker vid 62 lokaler, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädskronorna. 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 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.

Nytt i årets rapportering är att två typer av rapporter görs, dels dessa länsvisa mer direkt resultatnriktade rapporter och dels en nationell mer temainriktad rapport om trender, senare i år. I denna rapport redovisas även nya figurer med tidstrender för deposition och markvattenkemi samt förbättrade rutiner för statistisk trendanalys. Modellresultat presenterades mycket ingående i förra årets rapport och den modellering som ingår i denna rapport gäller kommunvis deposition. Nytt är även att resultaten presenteras på kalenderår i tabeller samt vid jämförelser med miljö kvalitetsmål och normer. Temarapporten kommer att bli klar i slutet av 2009 och finnas tillgänglig på webbplatsen samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Undersökningarna i **Dalarnas län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Gunder Ericsson. På IVL har K Koos bl. a. skött kontakter med provtagare och I Torbrink, S Weidolf, P Bengtsson, S Honkala, V Andersson och M Lidqvist har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av P Bengtsson, 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, G Malm samt G Pihl Karlsson.



Figur 2. Krondroppsnätet under 2007/08. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

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

Antropogent: Orsakad av människan.

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

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

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.

Interncirkulation i trädkronan: Vissa ämnen intern-cirkuleras 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 av interncirkulation, såsom 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 till marken i skogen. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar större 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, se Bilaga 2.

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: Spridningsmodellssystem utvecklat på SMHI, för modellering av deposition av luftföroreningar.

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

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 träd-kronor 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 nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och/eller lufthalter mäts.

Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. I första stycket beskrivs en för Krondroppsnätet ny metod för statistisk analys av trender. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. I depositionsfigurerna finns även modellerade data över öppet fält (för de år vi hittills erhållit data) från SMHI, gäller nederbörds mängd, svavel och kväve. I Bilaga 1 återfinns data i tabellform både som medelvärde över hydrologiskt år samt som medelvärde över kalenderår. De data som presenteras i Bilaga 1 är depositionsdata.

Trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik

Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta linjära trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än linjär regression, vilket innebär att det kan vara svårare att få statistisk signifikans för en trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fyra värden.

Mann-Kendall ska inte användas på data med säsongvariation, utan då skall istället Seasonal Kendall användas. Seasonal Kendall är en vidareutveckling av Mann-Kendall-metoden. I våra analyser har vi använt Mann-Kendall för årsvisa värden för deposition och Seasonal Kendall för markvattendata. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0.05 = *$ signifikans; $p < 0.01 = **$ signifikans; $p < 0.001 = ***$ signifikans. En mer detaljerad beskrivning ges i Bilaga 2.

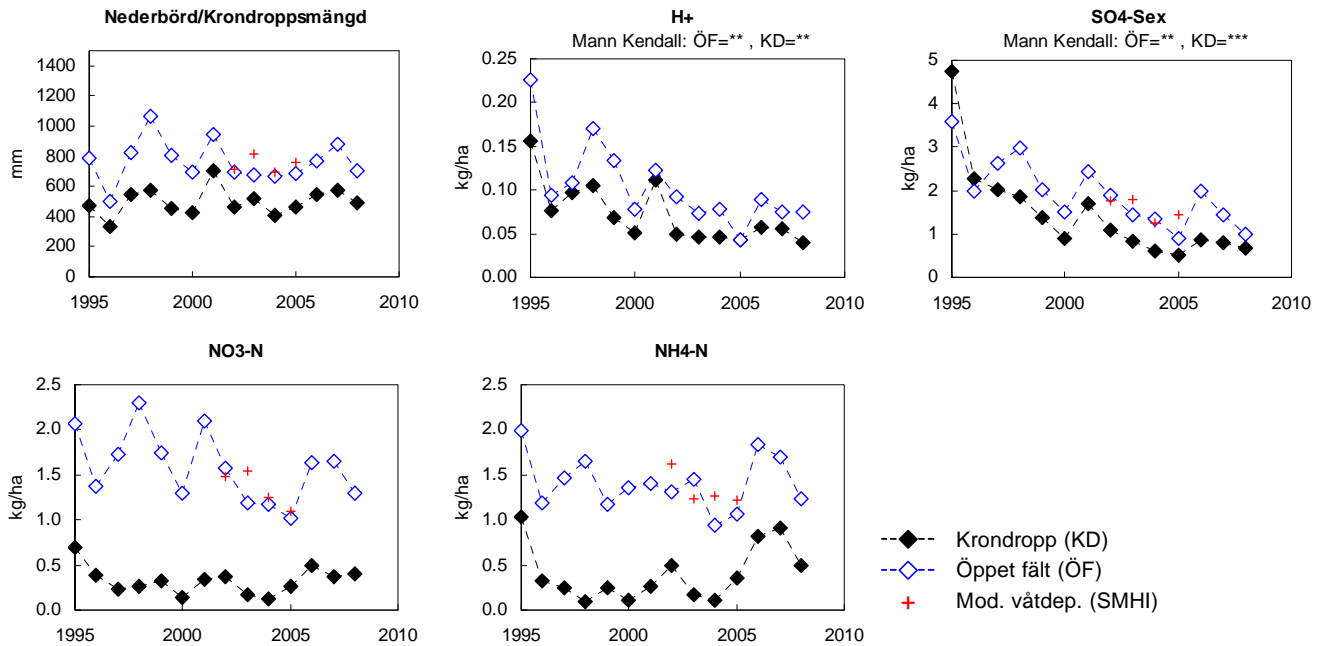
Fulufjället (W90): Skogsyta med gammal granskog på plan mark öster om Fulufjället i nedre delen av Göljåns dalgång (480 m.ö.h.). Svårvittrad sandsten i området innebär näringsfattig jord. Skogen har inte brukats på länge och beståndet består nästan uteslutande av för området relativt storväxt granskog. Depositionsmätningar startade under det hydrologiska året 1994/95. Under sommaren 1997 berördes ytan av det extrema regn som orsakade en mycket omfattande erosion i dalgången på Fulufjället. Fulufjället är den enda yta i länet där mätningar på öppet fält utförs.

I Figur 3 visas samtliga mätresultaten sedan mätstarten i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Fulufjället. Den av SMHI modellerade våtdepositionen vid Fulufjället visas som plustecken.

Under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes 705 mm nederbörd, vilket är en normal nivå för lokalen. Det totala nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, vilket speglar försurningen, har minskat signifikant i nederbörden över öppet fält sedan mätstarten. Årets mätningar visar inga betydande förändringar jämfört med de senaste åren. Nedfallet av svavel på öppet fält var 1,0 kg/ha, vilket är den näst lägsta noteringen under den fjortonåriga mätserien. Svaveldepositionen i nederbörden vid Fulufjället har minskat under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) var 2,5 kg/ha, vilket också är lågt för lokalen.

Krondroppsmängden 2007/08 var lite lägre än föregående år (490 mm 2007/08 resp. 571 mm 2006/07). Även när det gäller nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, i krondroppet syns en signifikant minskande deposition. Under 2007/08 tangerade vätejondepositionen den lägsta deposition som mäts upp vid lokalen hittills, 0,04 kg/ha. Nedfallet av svavel i krondroppet i Fulufjället uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 0,7 kg per hektar,

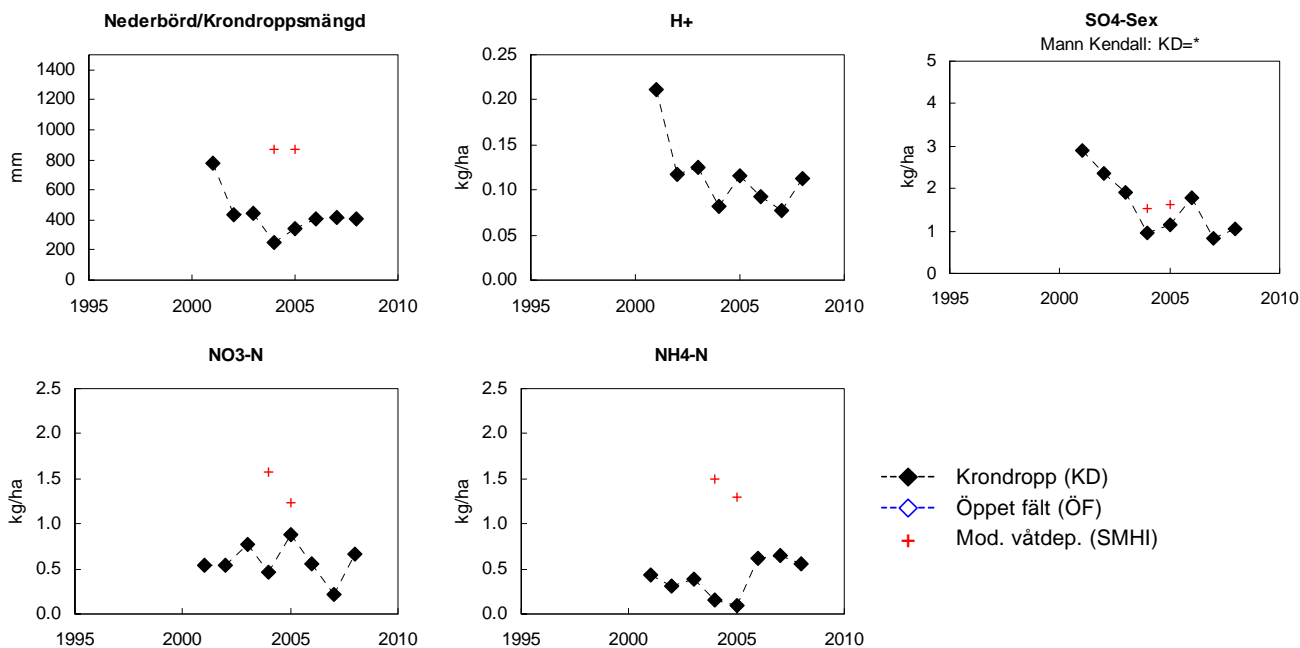
vilket är en relativt låg svaveldeposition. Svaveldepositionen i krondroppet vid Fulufjället har signifikant minskat under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) uppgick till 0,9 kg per hektar, vilket är en relativt högt för lokalen. Depositionen av oorganiskt kväve är dock lägre än depositionen de två närmast föregående åren. Mätningarna visar på en minskande försurningsbelastning vid Fulufjället både i nederbörden över öppet fält och i krondroppet.



Figur 3. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad deposition på öppet fält (SMHI) vid **Fulufjället, W 90**. 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 ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); vätejoner (H^+). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt svavel- och kvävedeposition över öppet fält med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl. 2004) visas som plustecken för de hydrologiska åren 2001/02-2004/05. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

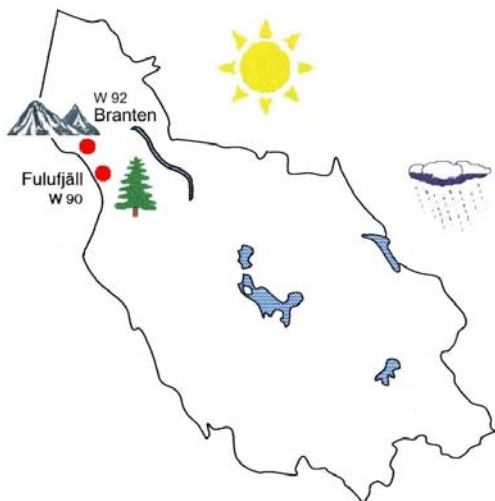
Branten (W92): Skogsyta med granskog i norra Dalarnas län, på 790 m.ö.h i den övre delen av en fjällsluttning mot nordost nära trädgränsen för gran. Mätning sker endast av krondropp. Liksom för övriga höghöjds-mätningar t ex i Jämtlands län, är krondroppssinsamlarna placerade mitt under trädkronorna, vilket skiljer sig från ordinarie lokaler inom Krondroppsnätet, t ex Fulufjället. Krondroppsmätningarna vid Branten startade 2000.

I Figur 4 visas samtliga mätresultat av krondropp som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Branten sedan mätstarten. Den av SMHI modellerade vätdepositionen vid Branten visas i Figur 4 som röda plustecken. Krondroppsmängden 2007/08 var på en för lokalen relativt normal nivå, 403 mm. Det totala nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejonedepositionen, som speglar försurningen, visar ingen betydande skillnad jämfört med de senaste åren. Nedfallet av antropogent svavel i Branten uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 1,1 kg per hektar, vilket är den tredje lägsta svaveldepositionen som uppmätts sedan mätstarten 2000. Svaveldepositionen vid Branten har minskat signifikant under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) uppgick till 1,2 kg per hektar, vilket är en tangering av den högsta oorganiska kvävedepositionen som uppmätts.



Figur 4. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad deposition på öppet fält (SMHI) vid **Branten, W 92**. 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 ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); vätejoner (H^+). KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt svavel- och kvävedeposition över öppet fält med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl. 2004) visas som plustecken för de hydrologiska åren 2001/02-2004/05. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Sammanfattande bedömning av luftförorenings-situationen i Dalarna 2007/08



I Dalarnas län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell 1). Vid Fulufjäll mäts depositionen över öppet fält samt via krondropp. Vid Branten mäts endast depositionen via krondropp och insamlarna är placerade mitt under trädkronorna. Denna placering skiljer sig från ordinarie lokaler inom Krondroppsnetet (t.ex. Fulufjället) men gäller vid samtliga lokaler på hög höjd där IVL utför mätningar (t.ex. Jämtlands län).

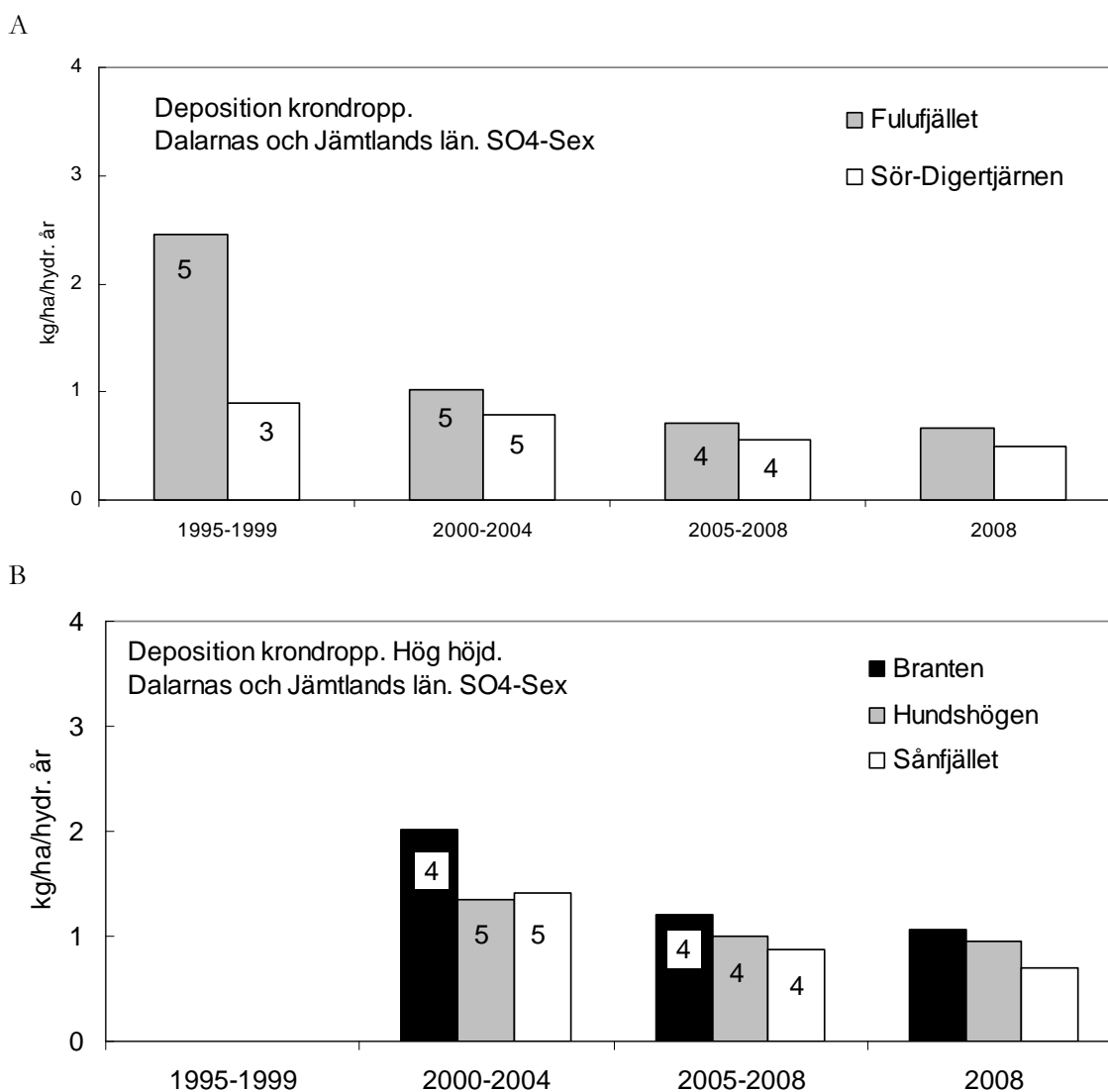
För att möjliggöra en jämförelse av mätningarna vid Fulufjäll och Branten med mätningar vid närliggande platser, har i denna översikt även inkluderats krondropps- och öppet fältmätningar vid Sör-Digertjärnen, en mätplats i Jämtlands län bevuxen med tall och belägen relativt nära

länsgränsen mot Dalarna, samt krondroppsmätningar vid de högt belägna platserna Sånfjället och Hundshögen i Jämtlands län. Sistnämnda krondroppsmätningar sker vid trädgränsen under gran och använder samma metodik som används vid Branten.

Vid de lägre belägna skogsytorna vid Fulufjället och Sör-Digertjärnen var nedfallet av svavel mellan 0,7 och 0,5 kg per hektar under det hydrologiska året 2007/08. Nedfallet har minskat tydligt under mätserien (Figur 5A), men från ett högre utgångsläge för Fulufjället jämfört med Sör-Digertjärnen. Skillnaden kan bero på att det är granskog vid Fulufjäll men tallskog vid Sör-Digertjärnen. Granskog är effektivare på att filtrera ut torrdepositionen, och torrdepositionen av svavel hade en större betydelse förr jämfört med vad den har nu. Svavelnedfallet uppmätt i krondropp visar högre värden för de högt belägna platserna (Figur 5B), men detta kan hänga samman med en annorlunda provtagningsmetodik. Även svavelnedfallet på hög höjd har minskat över tiden, och i större utsträckning för Branten i norra Dalarna jämfört med de två platserna i Jämtlands län. I detta fall är det granskog vid alla mätplatserna.

Tabell 1. Aktiva ytor i Dalarnas län 2007/08.

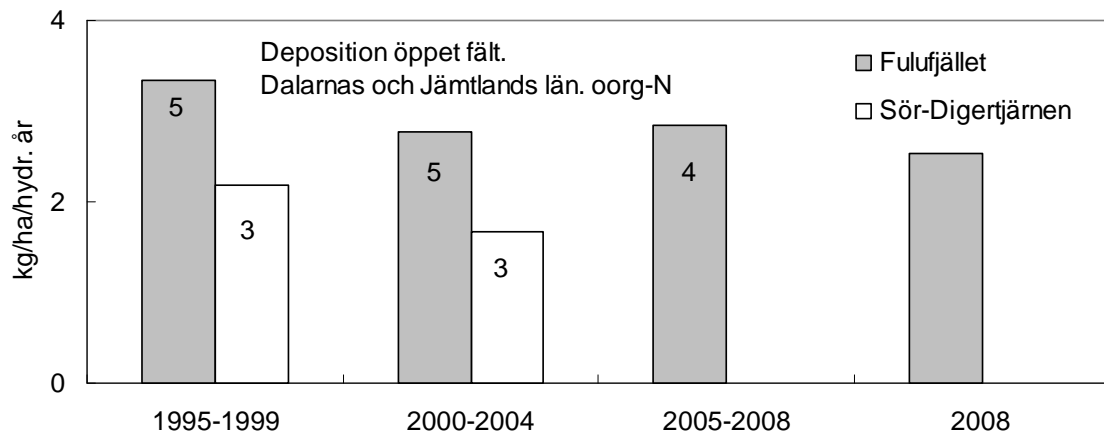
| Lokal | Dominerande trädslag | Öppet fält | Krondropp | Markvatten | Lufthalter |
|------------------|----------------------|------------|-----------|------------|------------|
| Fulufjäll (W 90) | Gran | X | X | | |
| Branten (W 92) | Gran | | X | | |



Figur 5. En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$) mätt som krondropp vid olika platser inom Dalarnas och Jämtlands län och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 de hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (data redovisas i 5-års perioder om data finns för minst 3 år inom perioden, siffrorna i staplarna anger antal år data finns tillgängligt). Längst till höger visas värdet för hydrologiska året 2007/08. A, Mätningar i krondropp vid de lägre belägna skogsytorna Fulufjället och Sör-Digertjärnen (Jämtlands län, bevuxen med tallskog); B, Mätningar i krondropp vid de högt belägna skogsytorna Branten, Sånfjället (Jämtlands län, vid trädgränsen, mätningar under gran), samt Hundshögen (Jämtlands län, vid trädgränsen, mätningar under gran). Vid mätningarna vid de lågt belägna platserna används den normala metoden för krondroppsmätningar, medan vid de högt belägna mätplatserna används en särskild provtagningsteknik där insamlingssträtt och dunk placeras rakt under en gran.

På grund av upptag och interncirkulationen av kväve i trädskronorna ger mätningar över öppet fält den bästa uppskattningen av kvävenedfallet till skog, även om den inte inkluderar torrdepositionen. Kvävenedfallet på öppet fält i Fulufjället uppgick till 1,3 kg nitratkväve och 1,2 kg ammoniumkväve under 2007/08, det vill säga sammanlagt 2,5 kg kväve. Detta är lite lägre jämfört med tidigare år i

mätserien (Figur 16), men ingen trend motsvarande som för svavel kan påvisas. En jämförelse med öppet fältmätningar för perioderna 1995-99 och 2000-04 visar att kvävedepositionen var högre vid Fulufjället jämfört med Sör-Digertjärnen. Tyvärr finns i nuläget inte öppet fältmätningar vid någon annan plats som kan vara relevant att jämföra med mätningarna vid Fulufjället.



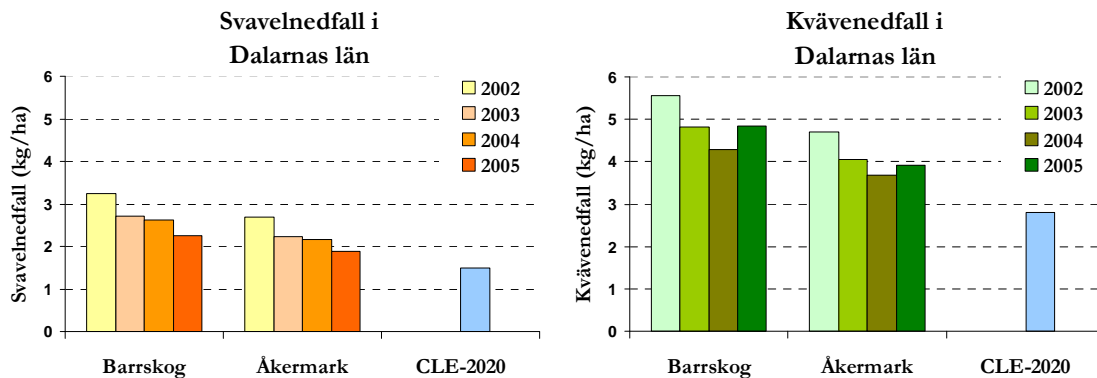
Figur 6. En översikt över nedfallet av kväve (nitratkväve+ammoniumkväve) på öppet fält vid olika platser inom Dalarnas och Jämtlands län och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 de hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (data redovisas i 5-års perioder om data finns för minst 3 år inom perioden, siffrorna i staplarna anger antal år data finns tillgängligt). Längst till höger visas värdet för hydrologiska året 2007/08.

I Dalarnas län mäts i dagsläget varken **markvattenhalter** eller **lufthalter**.

Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå

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 detta spridningsmodellsystem 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. Beräkningarna görs i rutor med en upplösning av 20 x 20 km.

Länsvis och kommunvis deposition har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de rutor som ingår i respektive län/kommun. Detta har gjorts för svavel och kväve i barrskog och på åkermark för år 2002, 2003, 2004 och 2005. Beräkningar har även gjorts för år 2020 enligt depositionsscenario CLE, Current legislation, som 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. Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 7 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3.



Figur 7. Nedfall av svavel och kväve (kg per hektar och kalenderår) i Dalarnas län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariot, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Dalarnas län beräknades till omkring 2,2-3,2 kg per hektar i barrskog och 1,9-2,7 kg på åkermark under 2002-2005. Kvävenedfallet (våt- och torrdeposition) beräknades till omkring 4,3-5,5 kg per hektar i barrskog och 3,7-4,7 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariot ska nedfallet minska till omkring 1,5 kg svavel och 2,8 kg kväve per hektar till år 2020.

Det modellerade svavelnedfallet i barrskog är högre än det uppmätta krondroppet vid både Fulufjäll och Branten under den aktuella tidsperioden 2002-2005. Detta indikerar att MATCH-modellen överskattar nedfallet av svavel i länet i förhållande till de mätningar som görs. Det modellerade nedfallet går dock inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppsytorna eftersom det modellerade nedfallet är ett medelvärde för hela länet/kommunen, medan Krondroppsmätningarna gäller en specifik yta, med specifika exponeringsegenskaper.

För kväve är det svårt att jämföra modellvärdet med krondroppsmätningen, eftersom modelleringen ger totaldepositionen av kväve, medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan. 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 samt ett visst mått av torrdeposition till insamlingsstratten.

Modellberäkningar på regional nivå är ett bra komplement till mätningarna för att ge större geografisk täckning än vad mätningarna ger. Dessutom ger modellberäkningar möjlighet att utvärdera andra parametrar än de som mäts, till exempel går det inte att mäta kvävedepositionen till skog på grund av intercirculationen av kväve i trädkronorna. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat.

Tabell 2. Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Dalarnas län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

| | Svavelnedfall i barrskog (kg/ha) | | | | Svavelnedfall på åkermark (kg/ha) | | | | CLE- scenariet* |
|--------------|-------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------|------|------|------|--------------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2020 |
| Avesta | 4.0 | 3.4 | 3.0 | 2.3 | 3.2 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.9 |
| Borlänge | 3.9 | 3.3 | 3.1 | 2.4 | 3.2 | 2.7 | 2.6 | 2.0 | 1.8 |
| Falun | 3.6 | 3.1 | 2.9 | 2.3 | 3.0 | 2.6 | 2.3 | 1.9 | 1.9 |
| Gagnef | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 1.8 |
| Hedemora | 4.0 | 3.4 | 3.1 | 2.3 | 3.3 | 2.8 | 2.5 | 1.9 | 2.0 |
| Leksand | 3.4 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 2.8 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.5 |
| Ludvika | 3.9 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 3.2 | 2.8 | 2.6 | 2.6 | 1.9 |
| Malung | 3.1 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.4 |
| Mora | 3.0 | 2.4 | 2.5 | 2.1 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.3 |
| Orsa | 3.2 | 2.5 | 2.4 | 1.8 | 2.7 | 2.1 | 2.0 | 1.5 | 1.4 |
| Rättvik | 3.3 | 2.6 | 2.4 | 2.0 | 2.7 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 |
| Smedjebacken | 4.1 | 3.5 | 3.2 | 2.5 | 3.4 | 2.9 | 2.6 | 2.1 | 2.0 |
| Säter | 3.9 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 3.2 | 2.7 | 2.5 | 1.9 | 1.8 |
| Vansbro | 3.4 | 3.0 | 2.8 | 3.0 | 2.8 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 1.7 |
| Älvdalen | 2.6 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.2 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 1.1 |

* 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 Dalarnas län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

| | Kvävenedfall i barrskog (kg/ha) | | | | Kvävenedfall på åkermark (kg/ha) | | | | CLE- scenariet* |
|--------------|------------------------------------|------|------|------|-------------------------------------|------|------|------|--------------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2020 |
| Avesta | 7.1 | 6.4 | 5.1 | 5.3 | 6.0 | 5.5 | 4.4 | 4.2 | 3.8 |
| Borlänge | 6.7 | 6.1 | 5.3 | 5.2 | 5.7 | 5.2 | 4.6 | 4.3 | 3.4 |
| Falun | 6.1 | 5.4 | 4.5 | 4.8 | 5.2 | 4.6 | 3.8 | 3.8 | 3.1 |
| Gagnef | 6.0 | 5.4 | 4.9 | 5.4 | 5.1 | 4.6 | 4.2 | 4.4 | 3.1 |
| Hedemora | 7.0 | 6.3 | 5.2 | 5.2 | 6.0 | 5.4 | 4.5 | 4.1 | 3.7 |
| Leksand | 5.8 | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 4.9 | 4.0 | 3.6 | 3.8 | 2.7 |
| Ludvika | 6.5 | 6.3 | 5.3 | 6.3 | 5.6 | 5.4 | 4.7 | 5.2 | 3.7 |
| Malung | 5.3 | 4.8 | 4.6 | 5.9 | 4.5 | 4.1 | 4.0 | 5.0 | 3.0 |
| Mora | 5.1 | 4.3 | 3.9 | 4.5 | 4.4 | 3.6 | 3.4 | 3.7 | 2.6 |
| Orsa | 5.4 | 4.3 | 3.8 | 3.8 | 4.6 | 3.7 | 3.2 | 2.9 | 2.4 |
| Rättvik | 5.6 | 4.4 | 3.7 | 4.1 | 4.7 | 3.7 | 3.1 | 3.2 | 2.5 |
| Smedjebacken | 7.1 | 6.4 | 5.4 | 5.6 | 6.1 | 5.5 | 4.7 | 4.5 | 3.9 |
| Säter | 7.0 | 6.2 | 5.3 | 5.2 | 6.0 | 5.4 | 4.6 | 4.2 | 3.5 |
| Vansbro | 5.7 | 5.4 | 4.7 | 6.0 | 4.8 | 4.6 | 4.1 | 5.0 | 3.3 |
| Älvdalen | 4.6 | 3.8 | 3.6 | 3.9 | 3.9 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 2.1 |

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

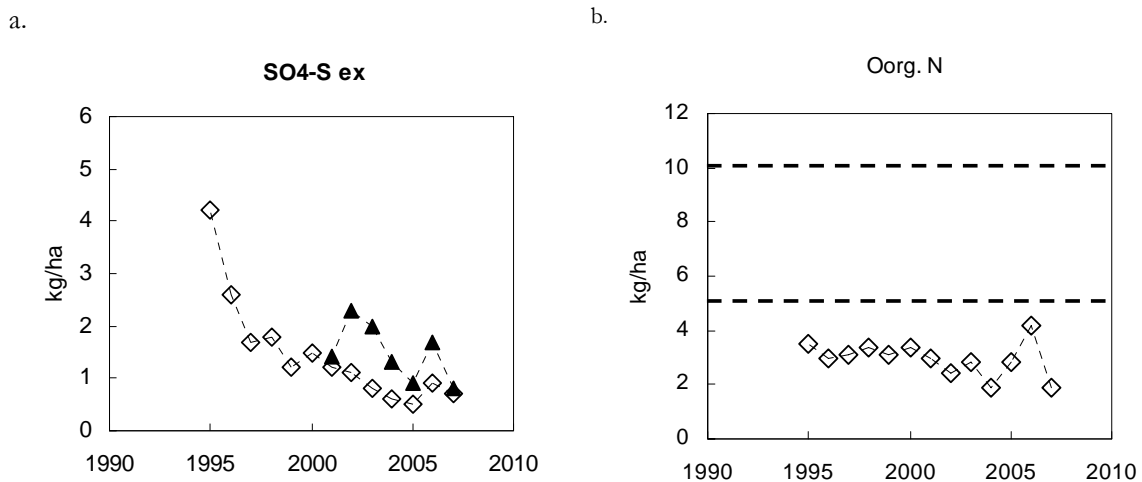
Jämförelse mot mål och normer på kalenderår

Miljö kvalitetsmålet *Bara Naturlig försurning* anger att ”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål...”. Den kritiska belastningen för aciditet (försurande ämnen) beror på markens buffringsförmåga och det går därför inte att ange en kritisk belastningsgräns som kan användas överallt. Så länge skogen tar upp merparten av kvävet är det svavelnedfallet som leder till försurning. Hur mycket svavel marken tål beror förutom på buffringsförmåga även på hur intensivt skogsbruket är. Det finns dock ungefärliga riktvärden som kan användas med ovanstående resonemang i beaktande. Områden med svag mineralogi i Sverige har enligt tidigare bedömningar antagits ha en kritisk belastningsgräns inom intervallet 0-3 kg svavel per hektar och år (Nilsson & Grennfelt, 1988).

I Figur 8a visas svavelnedfallet till skogsmark på de två aktiva krondroppsytorna i Dalarna, Fulufjället och Branten. Svavelnedfall till skog är en indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*. Figuren visar att nedfallet i Dalarna nu är avsevärt lägre än 3 kg per hektar och år på båda ytorna. För en mer detaljerad genomgång av kritisk belastning för aciditet hänvisas till förra årets länsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2008).

Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* anger bland annat att halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ska ha någon negativ inverkan på förutsättningarna för biologisk mångfald. Beträffande övergödande kväve pågår för närvarande mycket arbete kopplat till kritisk belastning runt om i Europa. Nyligen uppdaterades den kritiska belastningsgränsen, bland annat baserat på lågdosförsök i norra Sverige (Nordin m.fl., 2005). Den kritiska belastningsgränsen som generellt gäller i Sverige är 5-10 kg per hektar och år (UNECE, 2007). Den lägre gränsen kan antas gälla för de känsligaste ekosystemen.

I Figur 8b visas kvävenedfallet på öppet fält i Fulufjället. Nedfall av kväve är indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*. Figuren visar att kvävenedfallet varit under intervallet 5-10 kg per hektar under samtliga år i mätserien. Indikatorn gäller egentligen skogsmark, men eftersom krondroppsmätningarna inte ger ett mått på totaldepositionen, utan påverkas av interncirkulationen i trädkronan, används här kvävenedfallet på öppet fält. Totaldeposition av kväve till skog kan förväntas vara något högre på grund av torrdepositionen.



Figur 8. Svavelnedfall (exklusive havssaltsbidrag) till skogsmark i på två lokaler, Fulufället (◇) och Branten (▲) (a) och nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) på öppet fält på ytan i Branten (b) som årssumma på kalenderår (kg per hektar och år). De streckade linjerna i kvävefiguren visar gränserna för intervallet för kritisk belastning för kväve, 5-10 kg per hektar och år.

Temainriktad rapport

Under 2009 kommer vi även att presentera en nationell, mer temainriktad, rapport om trender. Tanken är att temarapporten skall fungera som ett komplement till de länsvisa, resultatnriktade rapporterna i år. Temarapporten kommer att fokusera på tidstrender för lufthalter, deposition och markvattenkemi. Inom Krondroppsnetet finns långa tidsserier och de längsta mätserierna är mer än 20 år. Under denna tidsperiod har det hänt mycket med utsläppen av luftföroreningar, och därför är det väldigt intressant att studera hur lufthalter, deposition och markvattenkemi har förändrats.

Temarapporten om trender kommer att bli klar i slutet av 2009 och kommer då att finnas tillgänglig på Krondroppsnetets webbplats samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Ny webbplats

Under hösten 2008 har vi lagt upp en ny webbplats www.krondroppsnetet.ivl.se. Där presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondroppsnetet när det gäller provtagning, 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

Nytt från Naturvårdsverket

Nedan presenteras information från Naturvårdsverket

Förändringar i det nationella programmet

Krondropps nätet ingår sedan 2000 som delprogram inom Programområde luft, det nationella luftövervakningsprogrammet som drivs av Naturvårdsverket. Delprogrammet kompletterar de pågående mätningarna som sker inom Krondropps nätet genom att finansiera främst mätningar över öppet fält. Vid revisionen av programområde Luft som genomfördes 2007-2008 beslutades att de strängprovtagare som använts avvecklas och istället kommer nio nya ytor att upprättas under 2009 på öppet fält samt en station för krondropp, markvatten och lufthalter. De 19 stationer som från och med 2009 ingår i Naturvårdsverkets nät och där främst mätningar över öppet fält genomförs är:

| Kod | Stationsnamn | Kod | Stationsnamn |
|--------|--------------|--------|----------------|
| A 35 A | Farstanäs | L 07 A | Västra Torup |
| AC04 A | Högbränna | N 13 A | Timrilt |
| BD02 A | Myrberg | O 35 A | Hensbacka |
| D 11 A | Edeby | S 22 A | Blåbärskullen |
| E 22 A | Höka | T 02 A | Greckssundet |
| F 23 A | Fagerhult | U 04 A | Kvisterhult |
| G 22 A | Tagel | W 90 A | Fulufjäll |
| H 01 A | Ottenby | Y 07 A | Storulyvsjön |
| H 03 B | Rockneby | Z 04 A | Sör-Digertjärn |
| K 11 A | Komperskulla | | |

Kontaktperson för Programområde luft på Naturvårdsverket är Anna Jonsson.

E-post: anna.jonsson@naturvardsverket.se, tel: 08-6981627.

Specialprojekt som rör Krondropps nätet

Två specialprojekt med anknytning till Krondropps nätet finansieras av Naturvårdsverket under 2009.

1. Utveckling av Krondropps nätet utifrån regionala och nationella behov

Krondropps nätet spelar idag en viktig roll i den regionala samt nationella miljöövervakningen för ett flertal miljömål. I första delen av ett nystartat projekt kommer man att beskriva den roll Krondropps nätet spelar och utreda hur Krondropps nätet kan utvecklas efter 2010 då nuvarande programperiod avslutas. I del två kommer man att beskriva den roll som Krondropps nätet idag spelar som indata för kalibrering av MATCH-modellen (den modell som beräknar nedfall för svavel och kväveföreningar över Sverige). Ett eventuellt behov av oberoende data för validering av MATCH-modellen kommer även att diskuteras. Man kommer också att diskutera om det finns behov av annan data. Det är IVL och SMHI som utför projektet. Resultaten presenteras i december 2009.

2. Slutlig bedömning av ev. byte av mätutrustning för att mäta nedfall av luftföroreningar över öppet fält i Sverige

IVL kommer utvärdera ett eventuellt byte av mätutrustning för att mäta nedfall av luftföroreningar över öppet fält i Sverige. Den nya föreslagna mätutrustningen har tidigare utvärderats och den insamlade nederbörds mängden har visat sig stämma bättre överens med den utrustning SMHI använder för att mäta nederbörd än den som används idag för mätningar på öppet fält.

Nu ska en grundlig utvärdering av den nya respektive den gamla mätutrustningen för jonkoncentrationer göras. Under ett år kommer man att jämföra gammal och ny utrustning för att testa och utvärdera hur jonkoncentrationerna skiljer sig mellan metoderna. Detta skall testas på ett 10-tal mätplatser och kan resultera i att man från årsskiftet 2010/2011 startar mätningar med den nya utrustningen.

Referenser

- Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.
- Nilsson, J., Grennfelt, P., 1988. Critical Loads for Sulphur and Nitrogen. Miljörapport 1988:15. Workshop at Skokloster, Sweden, 19-24 March, 1988.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T. och 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., Nettelblatt, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P-E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Dalarnas och Gävleborgs län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1788.
- UNECE, 2007. Recent results and updating of scientific and technical knowledge. Workshop on effects of low-level nitrogen deposition. Report by the workshop organizers. Executive body for the convention on long-range transboundary air pollution. Working Group on Effects. Twenty-sixth session. Geneva, 29–31 August 2007.

Bilaga 1. Data i tabellform - deposition.

Tabell A:1a. Medelvärde under hydrologiskt år från mätningar på öppet fält (våtdeposition) i Dalarnas 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 | → | | | | | | | | | |
| Fulufjället | 07/08 | 705 | 0,07 | 1,1 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 0,5 | 1,9 | 1,1 | 1,11 |
| (W 90 A) | 06/07 | 876 | 0,08 | 1,5 | 1,4 | 2,3 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 0,4 | 1,5 | 0,5 | 0,21 |
| | 05/06 | 771 | 0,09 | 2,1 | 2,0 | 2,4 | 1,6 | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 2,1 | 1,5 | 0,24 |
| | 04/05 | 686 | 0,04 | 0,9 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,2 | 1,0 | 0,4 | 0,10 |
| | 03/04 | 665 | 0,08 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 0,6 | 0,07 |
| | 02/03 | 678 | 0,07 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 0,7 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,07 |
| | 01/02 | 693 | 0,09 | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 0,8 | 0,07 |
| | 00/01 | 945 | 0,12 | 2,7 | 2,4 | 4,4 | 2,1 | 1,4 | 2,0 | 0,5 | 2,3 | 1,3 | 0,16 |
| | 99/00 | 699 | 0,08 | 1,7 | 1,5 | 3,2 | 1,3 | 1,4 | 0,7 | 0,3 | 2,1 | 0,8 | 0,13 |
| | 98/99 | 806 | 0,13 | 2,1 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 0,3 | 1,1 | 1,1 | 0,08 |
| | 97/98 | 1066 | 0,17 | 3,1 | 3,0 | 2,1 | 2,3 | 1,6 | 1,8 | 0,4 | 1,7 | 0,9 | 0,13 |
| | 96/97 | 823 | 0,11 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 1,7 | 1,5 | 1,8 | 0,4 | 1,7 | 1,0 | 0,14 |
| | 95/96 | 504 | 0,09 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 0,2 | 0,9 | 0,5 | 0,04 |
| | 94/95 | 791 | 0,23 | 3,7 | 3,6 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 2,3 | 0,2 | 1,4 | 0,8 | 0,02 |

Tabell A:1b. Medelvärde under kalenderår från mätningar på öppet fält (våtdeposition) i Dalarnas 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 | → | | | | | | | | | |
| Fulufjället | 2007 | 602 | 0,06 | 1,1 | 1,0 | 1,4 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 0,14 |
| (W 90 A) | 2006 | 984 | 0,08 | 2,1 | 2,0 | 3,1 | 1,8 | 2,4 | 1,2 | 0,8 | 2,5 | 1,7 | 0,26 |
| | 2005 | 757 | 0,08 | 1,4 | 1,3 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 0,3 | 1,3 | 0,4 | 0,15 |
| | 2004 | 651 | 0,07 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 1,1 | 0,6 | 0,08 |
| | 2003 | 717 | 0,07 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 0,7 | 0,4 | 1,2 | 0,6 | 0,07 |
| | 2002 | 640 | 0,07 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 0,3 | 1,0 | 0,7 | 0,06 |
| | 2001 | 808 | 0,11 | 2,3 | 2,1 | 2,9 | 1,8 | 1,2 | 1,3 | 0,3 | 1,6 | 1,0 | 0,15 |
| | 2000 | 882 | 0,11 | 2,2 | 2,0 | 3,2 | 1,8 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 1,7 | 1,0 | 0,12 |
| | 1999 | 752 | 0,13 | 2,3 | 2,2 | 3,2 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | 0,3 | 2,2 | 1,1 | 0,11 |
| | 1998 | 999 | 0,13 | 2,7 | 2,6 | 1,9 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 0,3 | 1,6 | 1,0 | 0,10 |
| | 1997 | 853 | 0,14 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 1,9 | 1,2 | 2,0 | 0,4 | 1,4 | 0,9 | 0,17 |
| | 1996 | 623 | 0,09 | 2,2 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,5 | 1,1 | 0,2 | 1,3 | 0,8 | 0,05 |
| | 1995 | 727 | 0,18 | 3,4 | 3,3 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 2,2 | 0,2 | 1,3 | 0,6 | 0,02 |

Tabell A:2a. Öppet fältdata (våtdeposition) från Dalarnas län för ytan Fulufjället där organiskt kväve 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 |
|-------------------------|--------|------|--------|
| | | mm | kg/ha |
| Fulufjället (W 90 A) | 07/08 | 705 | 2,5 |
| | 06/07 | 876 | 3,3 |
| | 05/06 | 771 | 3,5 |
| | 04/05 | 686 | 2,1 |
| | 03/04 | 665 | 2,1 |
| | 02/03 | 678 | 2,6 |
| | 01/02 | 693 | 2,9 |
| | 00/01 | 945 | 3,5 |
| | 99/00 | 699 | 2,7 |
| | 98/99 | 806 | 2,9 |
| | 97/98 | 1066 | 3,9 |
| | 96/97 | 823 | 3,2 |
| | 95/96 | 504 | 2,6 |
| | 94/95 | 791 | 4,1 |

Tabell A:2b. Öppet fältdata (våtdeposition) från Dalarnas län för ytan Fulufjället där organiskt kväve analyserats, 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 |
|-------------------------|--------|------|--------|
| | | mm | kg/ha |
| Fulufjället (W 90 A) | 2007 | 602 | 2,0 |
| | 2006 | 984 | 4,2 |
| | 2005 | 757 | 2,9 |
| | 2004 | 651 | 2,0 |
| | 2003 | 717 | 2,8 |
| | 2002 | 640 | 2,5 |
| | 2001 | 808 | 3,0 |
| | 2000 | 882 | 3,4 |
| | 1999 | 752 | 3,0 |
| | 1998 | 999 | 3,4 |
| | 1997 | 853 | 3,1 |
| | 1996 | 623 | 3,0 |
| | 1995 | 727 | 3,6 |

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

| Lokal | Period | Nedb mm | H ⁺ kg/ha | SO ₄ -S → | SO ₄ -S _{ex} | Cl ⁻ | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Mn ²⁺ |
|-------------------------|--------|------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Fulufjället (W 90 A) | 07/08 | 490 | 0,04 | 0,8 | 0,7 | 3,3 | 0,4 | 0,5 | 1,9 | 0,9 | 2,2 | 7,0 | 0,63 |
| | 06/07 | 571 | 0,06 | 1,0 | 0,8 | 3,7 | 0,4 | 0,9 | 1,9 | 0,7 | 1,7 | 9,1 | 0,62 |
| | 05/06 | 551 | 0,06 | 1,0 | 0,9 | 3,0 | 0,5 | 0,8 | 2,1 | 0,7 | 1,0 | 8,3 | 0,70 |
| | 04/05 | 462 | 0,04 | 0,7 | 0,5 | 4,3 | 0,3 | 0,4 | 1,7 | 0,7 | 2,0 | 9,3 | 0,58 |
| | 03/04 | 410 | 0,05 | 0,8 | 0,6 | 3,5 | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 0,6 | 1,3 | 7,8 | 0,29 |
| | 02/03 | 515 | 0,05 | 1,0 | 0,8 | 4,4 | 0,2 | 0,2 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 6,4 | 0,29 |
| | 01/02 | 466 | 0,05 | 1,2 | 1,1 | 3,5 | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 10,5 | 0,20 |
| | 00/01 | 706 | 0,11 | 1,9 | 1,7 | 4,1 | 0,3 | 0,3 | 2,2 | 0,8 | 1,6 | 13,2 | 0,82 |
| | 99/00 | 423 | 0,05 | 1,1 | 0,9 | 3,9 | 0,1 | 0,1 | 0,9 | 0,4 | 2,0 | 8,1 | 0,35 |
| | 98/99 | 455 | 0,07 | 1,5 | 1,4 | 2,9 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 0,5 | 1,3 | 7,3 | 0,54 |
| | 97/98 | 570 | 0,10 | 2,0 | 1,9 | 2,8 | 0,3 | 0,1 | 1,8 | 0,5 | 1,2 | 8,6 | 0,41 |
| | 96/97 | 550 | 0,10 | 2,2 | 2,0 | 3,8 | 0,2 | 0,2 | 1,9 | 0,6 | 1,4 | 8,2 | 0,50 |
| | 95/96 | 337 | 0,08 | 2,4 | 2,3 | 3,5 | 0,4 | 0,3 | 1,8 | 0,6 | 1,3 | 8,6 | 0,42 |
| 94/95 | 471 | 0,16 | 5,1 | 4,7 | 7,9 | 0,7 | 1,0 | 3,9 | 1,0 | 2,5 | 13,5 | 0,73 | |
| Branten (W 92 A) | 07/08 | 403 | 0,11 | 1,5 | 1,1 | 9,4 | 0,7 | 0,6 | | | | | |
| | 06/07 | 414 | 0,08 | 1,5 | 0,8 | 14,4 | 0,2 | 0,6 | | | | | |
| | 05/06 | 405 | 0,09 | 2,2 | 1,8 | 9,3 | 0,6 | 0,6 | | | | | |
| | 04/05 | 347 | 0,12 | 1,9 | 1,2 | 16,3 | 0,9 | 0,1 | | | | | |
| | 03/04 | 253 | 0,08 | 1,4 | 1,0 | 9,7 | 0,5 | 0,1 | | | | | |
| | 02/03 | 442 | 0,12 | 2,5 | 1,9 | 12,4 | 0,8 | 0,4 | | | | | |
| | 01/02 | 431 | 0,12 | 3,1 | 2,4 | 17,2 | 0,5 | 0,3 | | | | | |
| | 00/01 | 780 | 0,21 | 3,5 | 2,9 | 13,3 | 0,5 | 0,4 | | | | | |

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

| Lokal | Period | Nedb mm | H ⁺ kg/ha | SO ₄ -S → | SO ₄ -S _{ex} | Cl ⁻ | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Mn ²⁺ | |
|-------------------------|---------------------|------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|--|
| Fulufjället (W 90 A) | 2007 | 456 | 0,04 | 0,9 | 0,7 | 4,0 | 0,3 | 0,9 | 1,8 | 0,7 | 2,1 | 7,6 | 0,55 | |
| | 2006 | 639 | 0,06 | 1,0 | 0,9 | 2,9 | 0,5 | 0,8 | 2,2 | 0,7 | 1,2 | 9,5 | 0,77 | |
| | 2005 | 484 | 0,05 | 0,7 | 0,5 | 4,3 | 0,2 | 0,4 | 1,8 | 0,8 | 1,7 | 9,3 | 0,65 | |
| | 2004 | 451 | 0,04 | 0,8 | 0,6 | 4,0 | 0,2 | 0,1 | 1,7 | 0,6 | 1,6 | 8,2 | 0,32 | |
| | 2003 | 540 | 0,05 | 1,0 | 0,8 | 4,6 | 0,1 | 0,2 | 1,0 | 0,6 | 1,1 | 6,5 | 0,29 | |
| | 2002 | 425 | 0,04 | 1,2 | 1,1 | 3,6 | 0,3 | 0,5 | 1,2 | 0,5 | 1,3 | 9,9 | 0,23 | |
| | 2001 | 525 | 0,09 | 1,3 | 1,2 | 3,6 | 0,3 | 0,2 | 1,7 | 0,6 | 1,1 | 12,0 | 0,63 | |
| | 2000 | 625 | 0,08 | 1,6 | 1,5 | 3,5 | 0,3 | 0,1 | 1,3 | 0,6 | 1,8 | 9,9 | 0,48 | |
| | 1999 | 420 | 0,06 | 1,4 | 1,2 | 3,7 | 0,2 | 0,1 | 1,3 | 0,5 | 1,8 | 6,9 | 0,58 | |
| | 1998 | 517 | 0,09 | 2,0 | 1,8 | 2,8 | 0,3 | 0,2 | 1,6 | 0,5 | 1,3 | 9,1 | 0,37 | |
| | 1997 | 551 | 0,09 | 1,9 | 1,7 | 3,4 | 0,3 | 0,3 | 1,8 | 0,6 | 1,3 | 7,3 | 0,42 | |
| | 1996 | 447 | 0,10 | 2,8 | 2,6 | 3,7 | 0,4 | 0,3 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 9,2 | 0,52 | |
| | 1995 | 445 | 0,12 | 4,5 | 4,2 | 7,1 | 0,6 | 1,0 | 3,5 | 0,8 | 2,0 | 12,4 | 0,60 | |
| | Branten (W 92 A) | 2007 | 284 | 0,06 | 1,2 | 0,8 | 10,4 | 0,2 | 0,6 | | | | | |
| | | 2006 | 532 | 0,11 | 2,3 | 1,7 | 13,1 | 0,4 | 0,6 | | | | | |
| 2005 | | 326 | 0,08 | 1,5 | 0,9 | 12,4 | 0,4 | 0,1 | | | | | | |
| 2004 | | 302 | 0,11 | 2,0 | 1,3 | 14,0 | 1,0 | 0,2 | | | | | | |
| 2003 | | 458 | 0,14 | 2,6 | 2,0 | 13,4 | 0,8 | 0,4 | | | | | | |
| 2002 | | 392 | 0,11 | 3,0 | 2,3 | 17,0 | 0,5 | 0,3 | | | | | | |
| 2001 | 389 | 0,12 | 1,8 | 1,4 | 8,2 | 0,4 | 0,5 | | | | | | | |

Tabell B:2a. Krondroppsdata från Dalarnas län för oorganiskt kväve (oorgN = NO₃-N + NH₄-N), komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, oorganiskt kväve i kg/hektar och år.

| Lokal | Period | Nedb mm | oorg N kg/ha |
|-------------------------|--------|------------|-----------------|
| Fulufjället (W 90 A) | 07/08 | 490 | 0,9 |
| | 06/07 | 571 | 1,3 |
| | 05/06 | 551 | 1,3 |
| | 04/05 | 462 | 0,6 |
| | 03/04 | 410 | 0,2 |
| | 02/03 | 515 | 0,3 |
| | 01/02 | 466 | 0,8 |
| | 00/01 | 706 | 0,6 |
| | 99/00 | 423 | 0,2 |
| | 98/99 | 455 | 0,6 |
| | 97/98 | 570 | 0,3 |
| | 96/97 | 550 | 0,5 |
| | 95/96 | 337 | 0,7 |
| 94/95 | 471 | 1,7 | |
| Branten (W 92 A) | 07/08 | 403 | 1,2 |
| | 06/07 | 414 | 0,9 |
| | 05/06 | 405 | 1,2 |
| | 04/05 | 347 | 1,0 |
| | 03/04 | 253 | 0,6 |
| | 02/03 | 442 | 1,2 |
| | 01/02 | 431 | 0,9 |
| 00/01 | 780 | 1,0 | |

Tabell B:2b. Krondroppsdata från Dalarnas län för oorganiskt kväve (oorgN = NO₃-N + NH₄-N), årsdepositionen baseras på kalenderår. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, oorganiskt kväve i kg/hektar och år.

| Lokal | Period | Nedb mm | oorg N kg/ha |
|-------------------------|--------|------------|-----------------|
| Fulufjället (W 90 A) | 2007 | 456 | 1,2 |
| | 2006 | 639 | 1,3 |
| | 2005 | 484 | 0,6 |
| | 2004 | 451 | 0,3 |
| | 2003 | 540 | 0,3 |
| | 2002 | 425 | 0,8 |
| | 2001 | 525 | 0,5 |
| | 2000 | 625 | 0,5 |
| | 1999 | 420 | 0,3 |
| | 1998 | 517 | 0,5 |
| Branten (W 92 A) | 1997 | 551 | 0,5 |
| | 1996 | 447 | 0,7 |
| | 1995 | 445 | 1,6 |
| | 2007 | 284 | 0,9 |
| | 2006 | 532 | 1,1 |
| | 2005 | 326 | 0,5 |
| | 2004 | 302 | 1,1 |
| 2003 | 458 | 1,2 | |
| 2002 | 392 | 0,8 | |
| 2001 | 389 | 0,9 | |

Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik

Mann-Kendall

Mann-Kendall är en icke-parametrisk metod för att signifikant påvisa linjära monotona trender (Mann, 1945). Monoton betyder att trenden inte har något trendbrott. Linjär trend är en trend som ökar eller minskar lika mycket varje tidsenhet, t.ex. varje år. Icke-parametrisk betyder att metoden jämför relativa förhållanden och inte bryr sig om hur stora skillnader det är mellan mätvärdena. Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella "outliers" inte kommer att påverka resultatet. Metoden klarar även värden under detektionsgränsen, åtminstone så länge detektionsgränsen är samma i hela tidsserien. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör att man kallar metoden "robust". Icke-parametriska metoder kräver inte heller att data är normalfördelade. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än vanlig linjär regression, vilket innebär att det kan vara lite svårare att få statistisk signifikans för trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fyra värden (Gilbert, 1987).

I samband med att man räknar Mann-Kendall-statistik brukar man räkna ut något som heter "Sens slope" (Sen, 1968). Sens slope är en uppskattning av trendlinjens lutning, och räknas ut genom att ta medianen av lutningarna mellan alla par av data i tidsserien. Beräkningen är nära släkt med Mann-Kendall, men utförs helt oberoende av Mann-Kendall. Sens slope ger ibland en underskattning av trendens lutning. Det är till och med fullt möjligt att få en signifikant trend och samtidigt "Sens slope" = 0. Detta kan inträffa då det finns många exakt likadana värden i tidsserien, t. ex. många värden under detektionsgränsen och beror på att Sens slope är en medianberäkning.

Seasonal Kendall

Mann-Kendall ska inte användas på data med säsongsvariation, då ska Seasonal Kendall användas. Seasonal Kendall är en vidareutveckling av Mann-Kendall-metoden. Mann-Kendall-trend-statistik räknas ut på varje säsong för sig och läggs sedan ihop till ett gemensamt trendvärde för alla säsonger (Hirsch och Slack, 1984). På motsvarande sätt kan en Seasonal Kendall-slope räknas ut (Hirsch och Slack, 1982). Om datasetet har 12 säsonger så kan Seasonal Kendall användas om det finns åtminstone 3 års data (Gilbert, 1987).

Autokorrelation

När man räknar på data med säsongsvariation så är autokorrelation ett vanligt problem. Autokorrelation (även kallat seriell korrelation) innebär att ett mätvärde är beroende av något eller några av föregående mätvärden, till exempel att sannolikheten att ett mätvärde är högt ökar om föregående mätvärde är högt. När autokorrelation finns så tenderar p-värdena att bli för små och man kan få en signifikant trend trots att en sådan inte finns (Helsel, Mueller och Slack, 2006). Det är svårt att påvisa autokorrelation på dataserier kortare än 10 år. För Seasonal Kendall föreslår därför Hirsch och Slack (1984) att man för data med en tidsserie längre än 10 år använder ett p-värde som är justerat för autokorrelation.

Statistiskt verktyg

Beräkningarna av Mann-Kendall, Sens slope, Seasonal Kendall och Seasonal Kendall-slope har gjorts med DOS-programmet kendall.exe som utan kostnad tillhandahålls av U.S. Geological Survey (<http://pubs.usgs.gov/sir/2005/5275/downloads/>). Originalkoden för att räkna Seasonal

Kendall är gjord av James R. Slack på U.S. Geological Survey och finns implementerad i kendall.exe (Helsel, Mueller och Slack, 2006). Kendall.exe accepterar bara en lokal och en parameter i taget och blir därför tidsödande att använda för dataset med många lokaler och parametrar. För att komma runt detta har IVL utvecklat ett Excelbaserat program som kan kommunicera med Kendall.exe.

Referenser

- Gilbert, R.O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Rienhold Company, Inc., New York.
- Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.
- Helsel, D.R., Mueller, D.K. och Slack, J.R., 2006. Computer program for the Kendall family of trend tests: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005–5275, 4 p.
- Hirsch, R. M. och Slack, J. R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resour. Res.*, 20:727-732.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. och Smith, R. A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.*, 18:107-121.
- Sen, S.T.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.