

Depositionsmätningar på hög höjd i Jämtlands län 2007



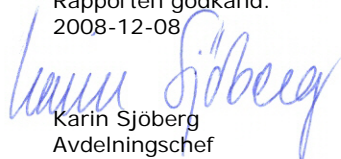
För Länsstyrelsen i Jämtlands län

Per Erik Karlsson & Gunilla Pihl Karlsson

B 1819

December 2008

Rapporten godkänd:
2008-12-08


Karin Sjöberg
Avdelningschef

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
1. Inledning.....	5
2. Bakgrund	5
3. Provtagningsplatser för deposition på hög höjd inom Jämtlands län.....	5
4. Metodik.....	6
5. Deposition av svavel och kväve.....	7
5.2.1 Nedfall av svavel.....	7
5.2.2 Nedfall av kväve.....	10
5.3 Inverkan av omfattande skogsbränder i Ryssland 2006 på depositionen i Jämtland	13
5.3.1 Omfattande bränder i Ryssland 2006	13
5.3.2 Luftföroreningar över Jämtland våren och sommaren 2006	14
6. En detaljerad analys av depositionen vid fjällnära platser 2007.....	19
7. Diskussion	21
8. Referenser.....	21
Bilaga 1	23
Detaljerade kartor	23
Mätplatser inom Krondropps nätet.....	23
Mätplatser inom EMEP/PMK	24
Koordinater och ytterligare information.....	24

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Länsstyrelsen i Jämtlands län sedan 1994 genomfört månadsvisa depositions­mätningar på hög höjd i Jämtlands län. I föreliggande rapport redovisas resultaten fram till och med det hydrologiska året 2006/2007. Provtagningarna under 2006/07 omfattade tre fjällområden i Jämtland; Sånfjället i södra delen av länet, Hundshögen i den centrala delen samt Fiskåfjället i norra Jämtlands län. Vid alla tre fjällområdena görs en provtagning av krondropp nära trädgränsen. På Sånfjället och Hundshögen finns dessutom en mätplats för nederbördsinsamling på öppen mark på ”hög” höjd (1170 respektive 1250 m.ö.h) och en på ”medelhög” höjd (635 respektive 670 m.ö.h). Som jämförelse redovisas även depositionen mätt som krondropp vid två lägre belägna platser i skogslandet inom länet, Sör-Digertjärnen och Nymyran.

Nedfallet av svavel som krondropp och över öppet fält inom länet var generellt avsevärt lägre jämfört med södra Sverige. Nedfallet på hög höjd har dock en starkt episodisk karaktär med höga värden under vissa månader. Svavelnedfallet över Jämtland förefaller vara minskande, i synnerhet vid platser i skogslandet samt på medelhög höjd vid fjällnära platser. Också nedfallet av kväve som krondropp och över öppet fält var inom länet lägre jämfört med södra Sverige. Även kvävenedfallet har en stark episodisk karaktär med en stor variation mellan olika månader. Nedfallet av nitratkväve över Jämtland förefaller vara minskande, i synnerhet vid platser som inte ligger belägna mycket högt, medan det omvända gäller ammoniumkväve.

Under senvåren 2006 förekom omfattande bränder i Ryssland och angränsande länder. Totalt beräknas 2 miljoner hektar brunnit inom detta område under april och maj 2006. Ett kraftigt högtryck över Ryssland medförde att denna förorenade luft transporterades åt nordväst över Fennoskandia. På Svalbard färgades snön på sina platser svart av sot och även höga halter av ammonium uppmättes. En analys visar att luften som orsakade dessa effekter vid Svalbard passerade över Jämtland. Lufthalterna av sot vid Bredkälven i maj 2006 var de högsta som uppmätts under 2000-talet. Lufthalterna av ammonium var höga vid Bredkälven, såväl som vid flera andra mätplatser i de svenska fjällen.

De höga lufthalterna av ammonium under våren och sommaren 2006 gav kraftigt utslag i ammoniumdepositionen vid flera platser i länet. Vad gäller nedfallet över öppet fält gav det dock utslag endast vid den högst belägna mätplatsen vid Sånfjället, där de högsta värdena för månadsvis deposition av ammonium sedan mätningarna start 1995 uppmättes under maj och juli. Detta hängde troligen samman med deposition från dimma och moln. Vid Nymyran i skogslandet uppmättes värden för NH₄-N-deposition, mätt som krondropp, under juni månad 2006 som var ca 6 gånger högre än vad som tidigare uppmätts. Vid alla de tre mätplatserna i fjällområdena nära trädgränsen uppmättes den högsta depositionen av NH₄-N i krondropp som förekommit sedan mätningarna startade. De högsta värdena inträffade dock under olika månader, i juli för Fiskåfjället och Hundshögen och i augusti för Sånfjället. Dessa tidsmässiga och rumsliga skillnader berodde sannolikt på att NH₄ i huvudsak deponeras som torrdeposition och att detektionen i krondropp därför sammanfaller med frekvensen nederbörd.

Andelen försurade sjöar inom länet är i dagsläget lågt. Det förefaller därför som att det sura nedfallet ligger på en acceptabel nivå. Istället är det nedfallet av kväve till ekosystemen som ger anledning till oro. Skogs- och fjälleksystemen i norra Sverige utgör en betydande andel av de kvarvarande växtliga ekosystem i Europa som ännu inte är kroniskt påverkade av kvävenedfall från luften. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till medelhöga och högt belägna fjällnära platser inom länet, mätt i nederbörd över öppet fält och beräknat som årligt medelvärde för perioden

2000-2007 ligger mellan 1,4 och 2,3 kg N/ha/år. Det kan inte uteslutas att detta kan påverka känsliga växtsamhällen på hög höjd. Ett förändrat klimat med ökande temperaturer har medfört att trädgränsen i de jämtländska fjällen kryper uppåt. Lägre belägna alpina ekosystem förbuskas. Det är sannolikt att nedfallet av oorganiskt kväve har en inverkan på detta. Det är därför angeläget att mätningarna på hög höjd i Jämtland vidmakthålls för att följa den fortsatta utvecklingen, i synnerhet vad gäller lufthalter och nedfall av oorganiskt kväve, men även av andra viktiga växtnäringsämnen såsom kalium, kalcium och magnesium.

1. Inledning

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Länsstyrelsen i Jämtlands län sedan 1994 genomfört depositions­mätningar på hög höjd i Jämtlands län. I föreliggande rapport redovisas resultaten fram till och med det hydrologiska året 2007. Detaljerade mätvärden har även rapporterats inom den ordinarie rapportserien för Kron­dropps­nätet (Pihl Karlsson m.fl., 2008).

2. Bakgrund

Länsstyrelsen i Jämtlands län påbörjade nedfallsmätningar i olika fjällområden vintern 1994/95. Mätningarna har bedrivits inom Kron­dropps­nätet (Pihl Karlsson m.fl., 2008) och är inriktade på att beskriva nedfallet av främst försurande luftföroreningar (svavel och kväve) till fjällområden i länet. Nederbörd, dimfrekvens och vindhastighet ökar med höjden i terrängen, vilket gör att nedfallet av luftföroreningar kan förväntas vara förhöjt i fjällområden (Westling och Ferm, 1998). Närvaro av dimma eller lågt gående moln ökar torrdepositionen väsentligt. Föroreningarna löser sig i dimdropparna, vilka har en högre depositions­hastighet än vad föroreningarna ursprungligen hade.

Undersökningar har dock även visat att nederbörds­kemiska undersökningar på kalfjället medför betydande osäkerheter, både vad gäller uppmätta nederbörds­mängder och halter av olika ämnen (Ferm, 2003; Akselsson & Westling, 2000). Det beror just på hård vind och hög dimfrekvens vilket kan bidra till deposition i nederbörds­insamlaren på ett sätt som inte är fullt ut representativt för kalfjället.

3. Provtagningsplatser för deposition på hög höjd inom Jämtlands län

Nedfallet av sulfat, nitrat samt ammonium provtas och analyseras i form av kron­dropp vid tre platser på hög höjd i länet. Mätplatserna Fiskåfjället, Sånfjället och Hundshögen ligger vid trädgränsen för granskog (620-780 m.ö.h.). Vid Sånfjället och Hundshögen finns dessutom mätstationer för nederbörds­insamling på öppen mark på ”hög” höjd (1170 respektive 1250 m.ö.h) och en på ”medelhög” höjd (635 respektive 670 m.ö.h). Som jämförelse visas även de­positionen mätt som kron­dropp vid två lägre belägna platser i skogslandet inom länet, Sör-Digertjärnen (tallskog) och Nymyran (granskog).

Platser där deposition mäts på hög höjd i Jämtlands län visas i Figur 1. Detaljerade kartor för varje mätplats samt koordinater och ytterligare information redovisas i Bilaga 1.



Figur 1. Platser där deposition mäts inom Jämtlands län. På kartan visas även de två lägre belägna platserna i skogslandet inom länet, Sör-Digertjärnen och Nymyran. Slutligen visas även mätplatsen för lufthalter inom European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), Bredkälén. Sistnämnda mätningar beskrivs på IVLs hemsida, <http://www.ivl.se/hogermeny/miljodatadatavarvardskap/datavardskapluft/emep.106.360a0d56117c51a2d30800063996.html>

4. Metodik

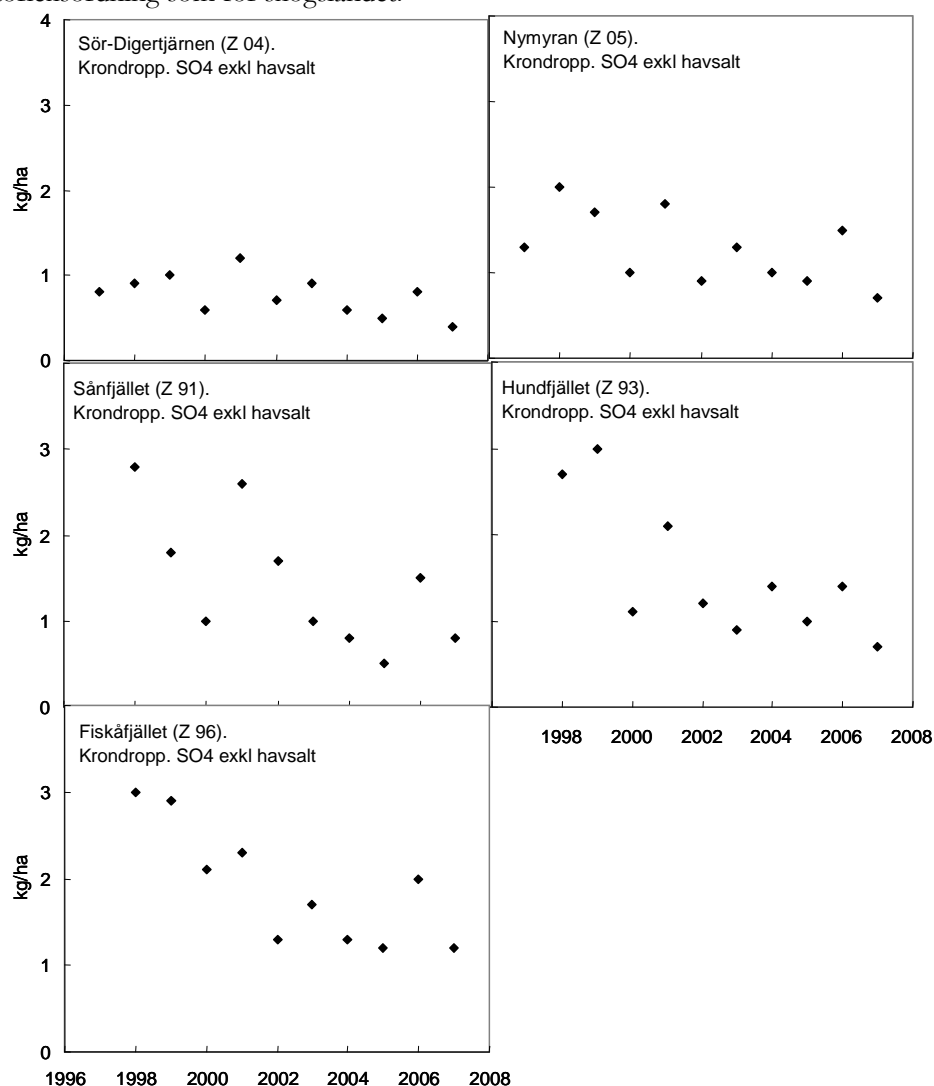
Provtagning, analyser samt kvalitetsgranskning följer i huvudsak samma rutiner som används inom Krondroppsnetet (Pihl Karlsson m.fl., 2008). Vad gäller krondropp är insamlarna vad gäller mätningarna vid fjällnära platser dock placerade rakt under enstaka trädkronor (gran), vilket gör att mätningarna inte är fullständigt jämförbara med ordinarie skogsytor på låg höjd, där insamlarna är slumpmässigt utplacerade under trädkronorna. Depositionsmätningarna över öppet fält på medelhög och hög höjd i fjällområdena bedrivs med snösäckar året om.

Inom rapporten diskuteras resultaten vad gäller deposition av olika ämnen i relation till mätningar av lufthalter som bedrivs vid Bredkälén, inom ramen för den nationella övervakningen, EMEP mm. Den nationella övervakningen finansieras av Naturvårdsverket och mätningarna beskrivs på IVLs hemsida, www.ivl.se. I vissa fall jämförs även med lufthalter som mäts inom det s.k. ”Hög Höjd” – projektet, även det finansierat av Naturvårdsverket. Även dessa mätningar beskrivs på IVLs hemsida, <http://www.ivl.se/hogermeny/miljodatadatavarvardskap/datavardskapluft/hoghojdsmatningar.106.360a0d56117c51a2d30800064346.html>, där även mätdata kan hämtas.

5. Deposition av svavel och kväve

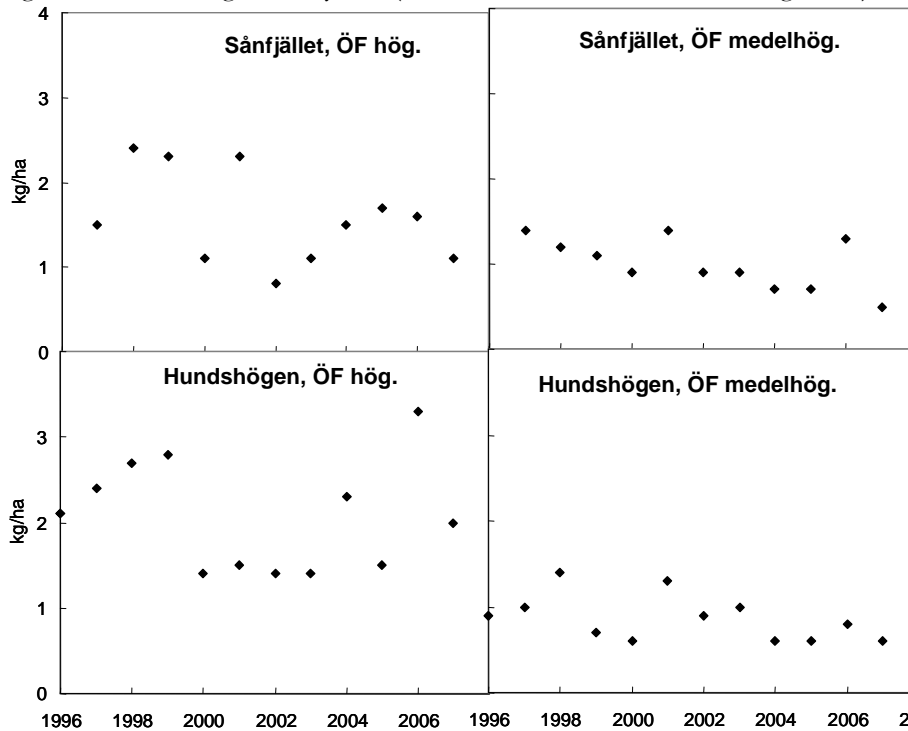
5.2.1 Nedfall av svavel

Nedfallet av sulfatsvavel i form av kronddropp vid de tre fjällområdena och de två platserna i skogslandet visas i Figur 2. Svavelnedfallet i skogslandet ligger runt 1-2 kg S/ha/år. Vid trädgränsen vid de fjällnära mätplatserna var svavelnedfallet i kronddropp i slutet av 1990-talet högre än i skogslandet, men har sedan dess minskat kraftigt. Även om spridningen av värdena från mätningarna vid trädgränsen är stor, förefaller svavelnedfallet mätt som kronddropp nu ligga i samma storleksordning som för skogslandet.



Figur 2. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av sulfatsvavel i Jämtlands län, uppbyggd som kronddropp vid två platser i skogslandet (Sör-Digertjärnen (tallskog) och Nymyran (granskog)) samt vid tre medelhöga, fjällnära mätlokaler, Sänfjället, Hundshögen samt Fiskåfjället. Vid samtliga fjällnära mätplatser för kronddropp är insamlarna placerade rakt under enstaka träd av gran, och därför inte rakt av jämförbara med provtagningen i skogslandet, där 10 st provtagare finns placerade slumpvis inom trädbeståndet vid vardera av mätplatserna. Observera att depositionen beräknats som SO₄-S exklusive havssalt.

Nedfallet av sulfatsvavel över öppet fält i fjällnära områden visas i Figur 3. Mätningarna över öppet fält på samma höjd som krondroppsmätningarna (600-700 m.ö.h.) visar liknande värden och tidsutveckling som värdena för svavelnedfall i krondroppet. Mätningarna över öppet fält på högre höjder (1100-1200 m.ö.h.) visar mycket variabla värden, delvis på grund av att problematiken med provtagningen är stor vid höga vindstyrkor (Ferm, 2003; Akselsson & Westling, 2000).

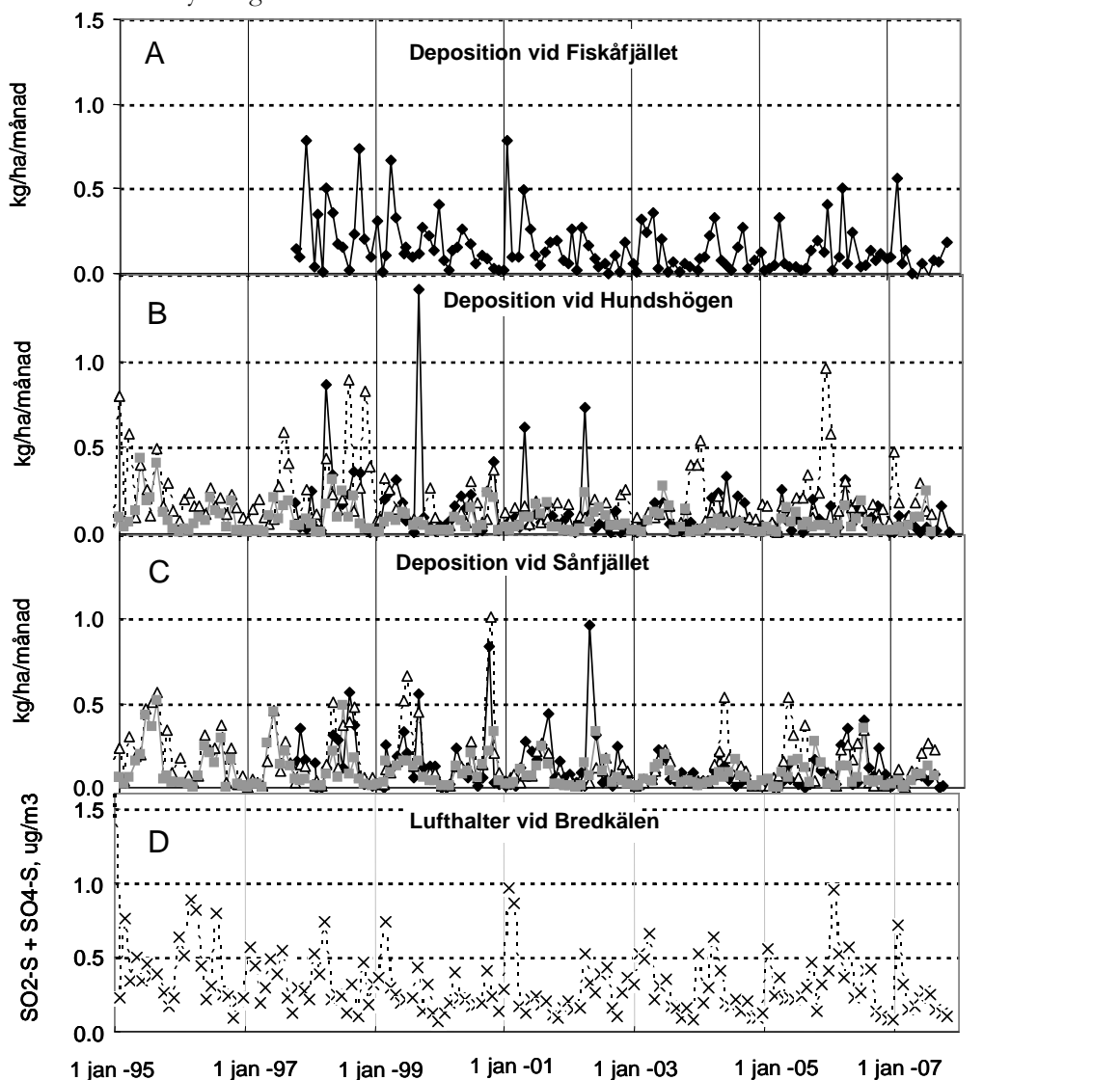


Figur 3. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av sulfatsvavel (exklusive havssalt) uppmätt över öppet fält vid fjällnära mätlökalor i Jämtlands län. ÖF hög, mätningar över öppet fält på ”hög” höjd (1170 - 1250 m.ö.h.); ÖF medelhög, mätningar över öppet fält på ”medelhög” höjd (635 respektive 670 m.ö.h).

En analys av svaveldepositionen på månadsbasis (Figur 4, A-C) visar att nedfallet av svavel i fjällnära områden har en mycket episodisk karaktär, med mycket höga värden under vissa månader. Lufthalter av svavel, både som SO_2 i gasfas och SO_4 knutet till partiklar, mäts vid Bredkälén (Figur 1) och vid Prästbodarna. Sistnämnda mätplats ligger inom fjällområdet Hundshögen, ca 6 km från mätplatsen för krondropp. Mätningarna vid Prästbodarna bedrivs inom det s.k. Hög Höjd-projektet med finansiering från Naturvårdsverket. Lufthalter från Bredkälén finns sedan 1994 medan mätningarna vid Prästbodarna startade 2002. En jämförelse av förekommande månadsvisa haltmätningar av svavel, summan av SO_2 och SO_4 , visade en god överensstämmelse mellan Bredkälén och Prästbodarna ($R^2=0.87$). Även mätplatsen för krondropp vid Fiskåfjället ligger geografiskt förhållandevis nära Bredkälén, medan Sånfjället ligger längre ifrån (Figur 1).

I Figur 4D visar vi månadsvisa lufthalter av $\text{SO}_2 + \text{SO}_4$ vid Bredkälén, med antagandet att de även i viss mån kan representera lufthalterna av svavel vid de fjällnära områdena. Som framgår av Figur 4 korrelerade vissa av de episodartat höga värdena för deposition vid de fjällnära områdena med höga lufthalter av svavel vid Bredkälén, medan andra inte korrelerade. En direkt korrelationsanalys av tremånaders medelvärden (tremånaders medelvärden valdes därför att deposition som krondropp ibland är tidsförskjutna efter höga lufthalter på grund av frekvensen nederbörd) för lufthalter av svavel vid Bredkälén med depositions värden för svavel för motsvarande period vid de olika fjällnära mätplatserna visade inte på några korrelationer. Relationerna mellan den svaveldeposition som

uppmäts som kronddropp och över öppet fält och lufthalterna vid Bredkålen och Prästbodarna behöver utredas ytterligare.



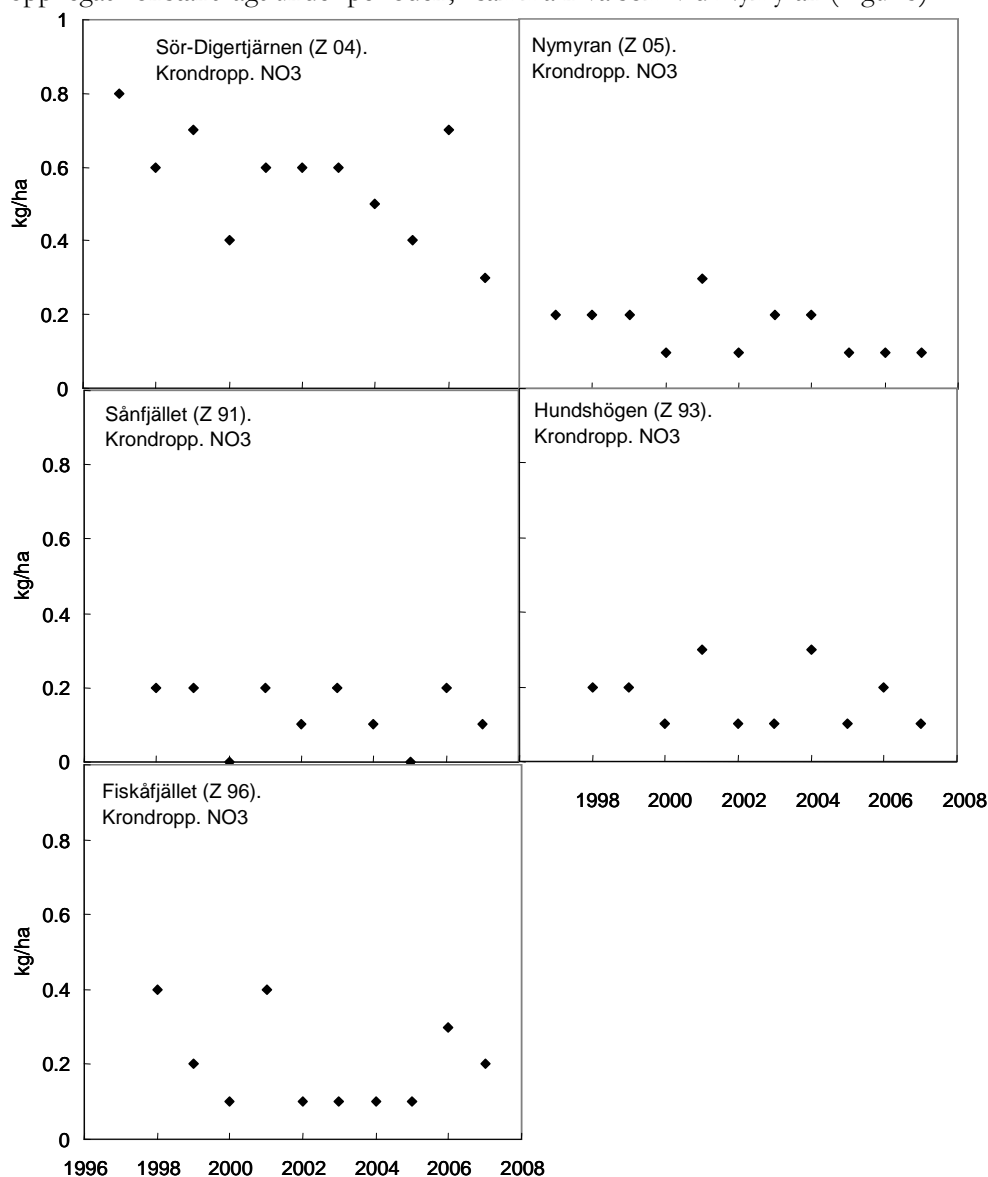
Figur 4. Månadsvärden för depositionen av sulfatsvavel (exklusive havssalt) uppmätt som kronddropp och över öppet fält vid fjällnära mätlokaler i Jämtlands län. A, Deposition vid Fiskåfjället; B, Deposition vid Hundshögen; C, Deposition vid Sånfjället; D, Lufthalter av svavel (summan av SO₂ i gasform, SO₄ i partikelform) vid Bredkålen. KD, kronddroppsmätningar vid trädgränsen ca 700-800 m. ö. h.; ÖF låg, mätningar över öppet fält ca 700-800 m. ö. h.; ÖF hög, mätningar över öppet fält ca 1100-1200 m. ö. h. SO₄-S ex, sulfatdeposition där bidraget från havssalt subtraherats. Tidsangivelsen anger startdatum för den månadsvisa mätperioden.

—◆—	SO ₄ -S ex KD
···△···	SO ₄ -S ex ÖF hög
—■—	SO ₄ -S ex ÖF låg
···×···	SO ₂ +SO ₄ -S lufthalt

Sammanfattningsvis är nedfallet av svavel som kronddropp och över öppet fält i fjällnära områden i Jämtlands län avsevärt lägre jämfört med södra Sverige. Nedfallet på hög höjd har en starkt episodisk karaktär med höga värden vissa månader. Nedfallet över Jämtland förefaller vara minskande, i synnerhet vid platser i skogslandet och medelhöga fjällnära platser.

5.2.2 Nedfall av kväve

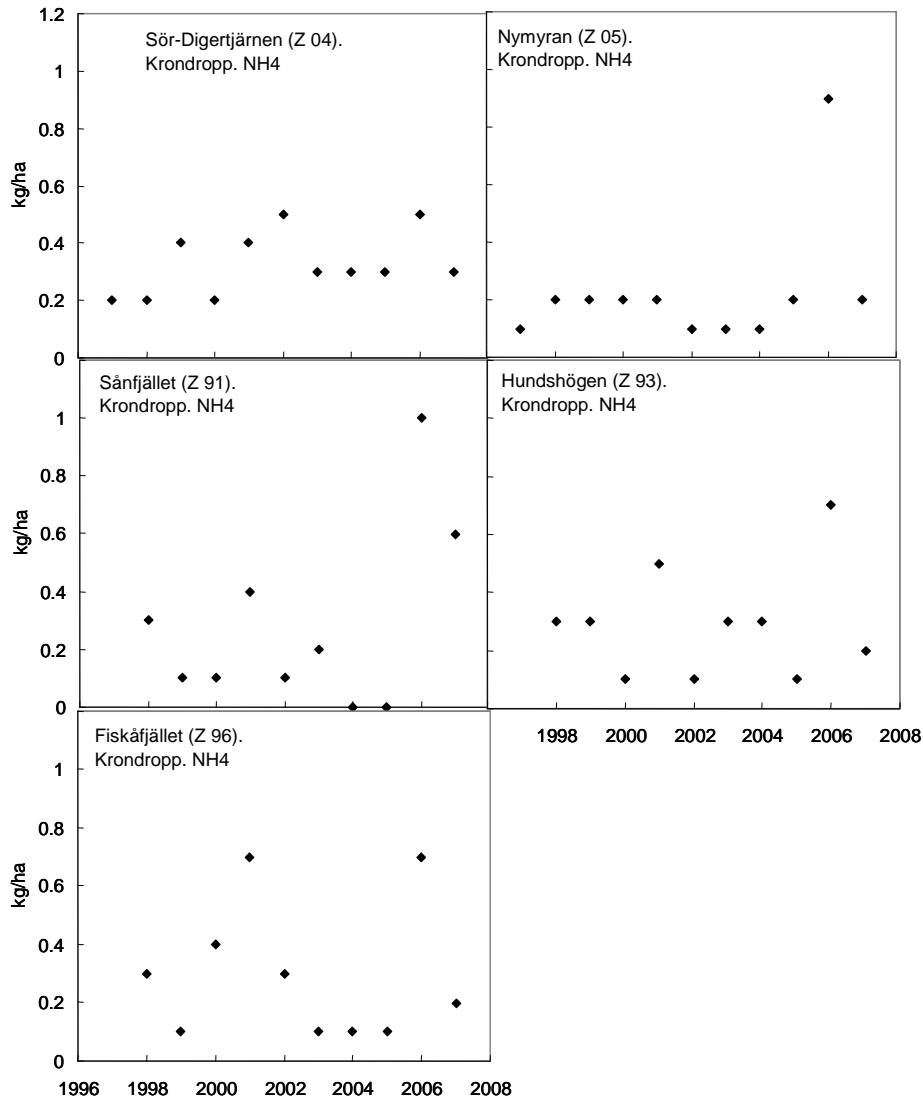
Nedfallet av nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) i form av krondropp visas i Figur 5. Nitratnedfallet i skogslandet har minskat under perioden 1997-2007, i synnerhet vid Sör-Digertjärnen. Det är ett generellt större nedfall av nitratkväve vid Sör-Digertjärnen jämfört med Nymyran. Nivåerna ligger som medelvärde för perioden 2000-2007 på 0,5 och 0,2 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}/\text{år}$ för Sör-Digertjärnen respektive Nymyran, vilket kan jämföras med de mest förorenade platserna i Skåne där det under 2000-talet legat runt 4-10 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}/\text{år}$. Vid de högre belägna mätplatserna i länet förefaller nedfallet av $\text{NO}_3\text{-N}$ i krondropp legat konstant lågt under perioden, i samma nivå som vid Nymyran (Figur 5).



Figur 5. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av nitratkväve uppmätt som krondropp vid lågt och medelhögt belägna mätlokaler i Jämtlands län. För ytterligare beskrivning av mätplatserna, se Figur 2.

Nedfallet av ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) i krondropp visas i Figur 6. Ammoniumnedfallet har tenderat till att öka under perioden 1997-2007 vid Sör-Digertjärnen. Nivåerna ligger som medelvärde under perioden 2000-2007 på 0,3 och 0,2 kg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{ha}/\text{år}$ för respektive Sör-

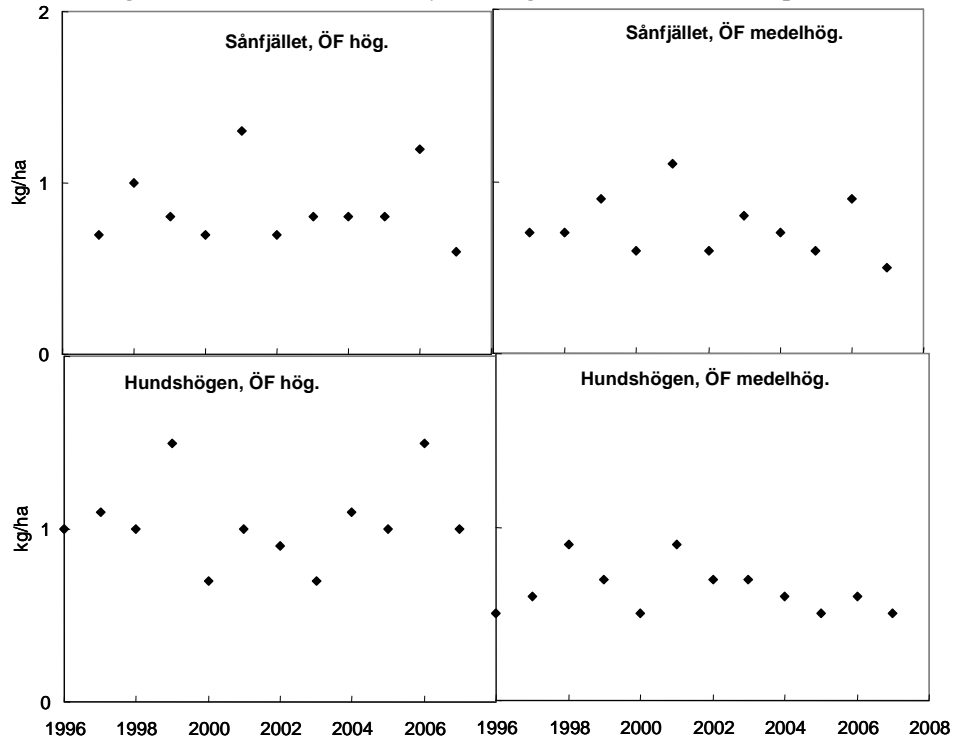
Digertjärnen och Nymyran, vilket kan jämföras med de mest förorenade platserna i Skåne där det under 2000-talet legat runt 3-10 kg NH₄-N/ha/år. Vid de högre belägna mätplatserna i länet är nedfallet av NH₄-N i krondropp mycket variabelt mellan åren. De höga värdena för NH₄-depositionen vid flera platser för året 2006 hänger sannolikt samman med ryska skogsbränder, se vidare kapitel 5.3.



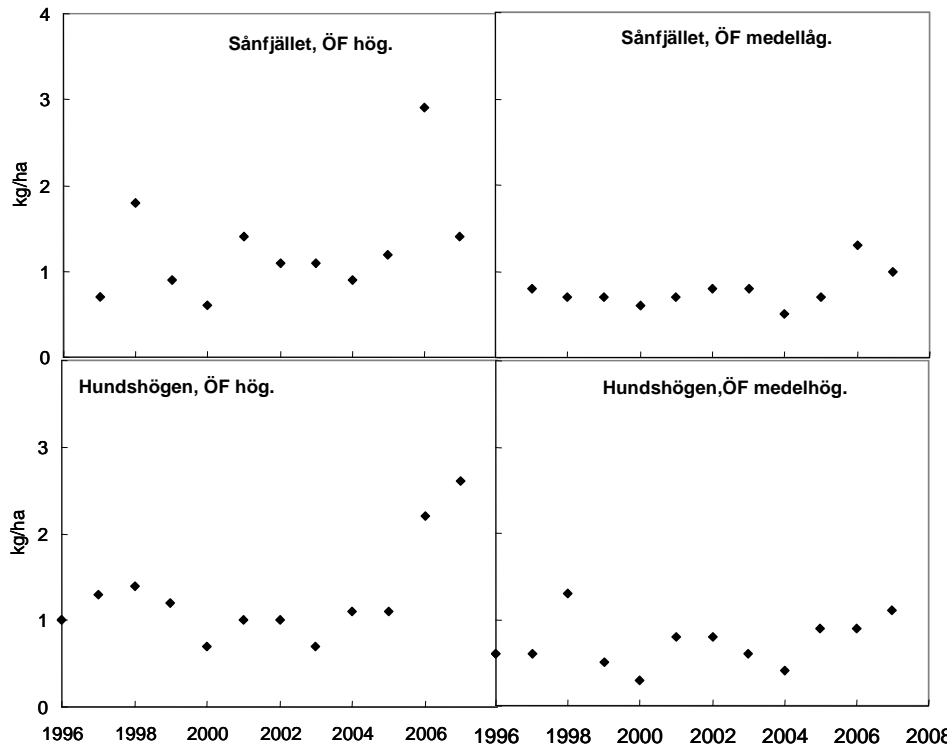
Figur 6. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av ammoniumkväve uppmätt som krondropp vid lågt och medelhögt belägna mätlokaler i Jämtlands län. För ytterligare beskrivning av mätplatserna, se Figur 2.

Nedfallet över öppet fält på högre höjder visas i Figur 7 för nitratkväve och i Figur 8 för ammoniumkväve. För nitratkväve finns en nedåtgående tendens för mätningarna i öppet fält på den lägre höjden, medan det omvända gäller ammoniumkväve med en ökande tendens. Det summerade, årliga nedfallet av oorganiskt kväve över öppet fält i fjällnära områden blir betydande och ligger som medelvärde för perioden 2000-2007 på 2,2 och 2,3 kg N/ha/år för de högt belägna platserna vid respektive Sånfjället och Hundshögen, medan det ligger på 1,5 och 1,4 kg N/ha/år vid de lägre belägna platserna vid respektive Sånfjället och Hundshögen. Mätningarna på högre höjder (1100-1200 m.ö.h.) uppvisar en större variation (Figur 7 och 8). En analys på månadsbasis visar

återigen att nedfallet av nitrat- och ammoniumkväve har en episodisk karaktär med höga värden vissa månader. För både nitrat och ammonium framträder höga värden för 2006 på den högre höjden, vilket återigen kan ha samband med ryska skogsbränder, se vidare kapitel 5.3.



Figur 7. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av nitratkväve uppmätt över öppet fält vid högt belägna mätlokaler i Jämtlands län. ÖF hög, mätningar över öppet fält på ”hög” höjd (1170 - 1250 m.ö.h); ÖF medelhög, mätningar över öppet fält på ”medelhög” höjd (635 respektive 670 m.ö.h).



Figur 8. Årsmedelvärden (hydrologiskt år) för nedfallet av ammoniumkväve uppmätt över öppet fält vid högt belägna mätlokaler i Jämtlands län. ÖF hög, mätningar över öppet fält på ”hög” höjd (1170 - 1250 m.ö.h); ÖF medelhög, mätningar över öppet fält på ”medelhög” höjd (635 respektive 670 m.ö.h). Trendlinjer har beräknats med linjär regression, men indikerar nödvändigtvis inte statistisk signifikans.

Sammanfattningsvis är nedfallet av oorganiskt kväve som kronddropp och över öppet fält vid fjällnära platser i Jämtlands län lägre jämfört med i södra Sverige. Nedfallet har en stark episodisk karaktär med en stor variation mellan olika månader. Nedfallet av nitratkväve över Jämtland förefaller vara minskande, i synnerhet vid platser som inte ligger belägna mycket högt, medan det omvända gäller ammoniumkväve. Nedfallet av oorganiskt kväve i nederbörden på hög höjd kan vara betydande.

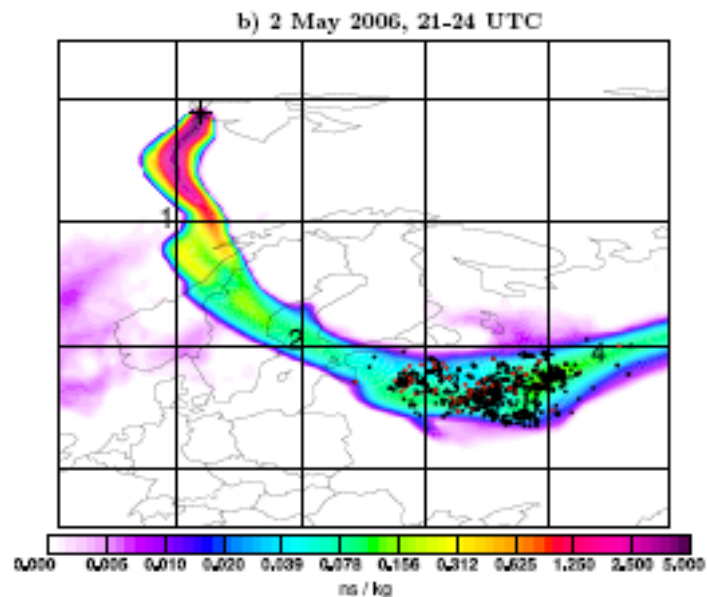
5.3 Inverkan av omfattande skogsbränder i Ryssland 2006 på depositionen i Jämtland

Det förekom rekordhöga månadsvärden för depositionen av ammonium vid flera platser i Jämtlands län under 2006. Eftersom orsaken till detta skulle kunna härledas till storskaliga bränder i Ryssland och angränsande länder, redovisar och diskuterar vi detta i detalj i detta kapitel.

5.3.1 Omfattande bränder i Ryssland 2006

Under senvåren 2006 förekom omfattande bränder i Ryssland, i de baltiska länderna, Vitryssland och Ukraina (Stohl m.fl., 2007, Yurganov m.fl., 2008). Mellan 25 april och 6 maj noterades med hjälp av satellitdata mer än 300 bränder per dag inom detta område, med en kulmen av 800 noterade bränder under 2 maj. Totalt beräknas 2 miljoner hektar brunnit inom detta område under april och maj 2006. Effekterna av dessa bränder på luftföroreningsituationen i norra Europa och

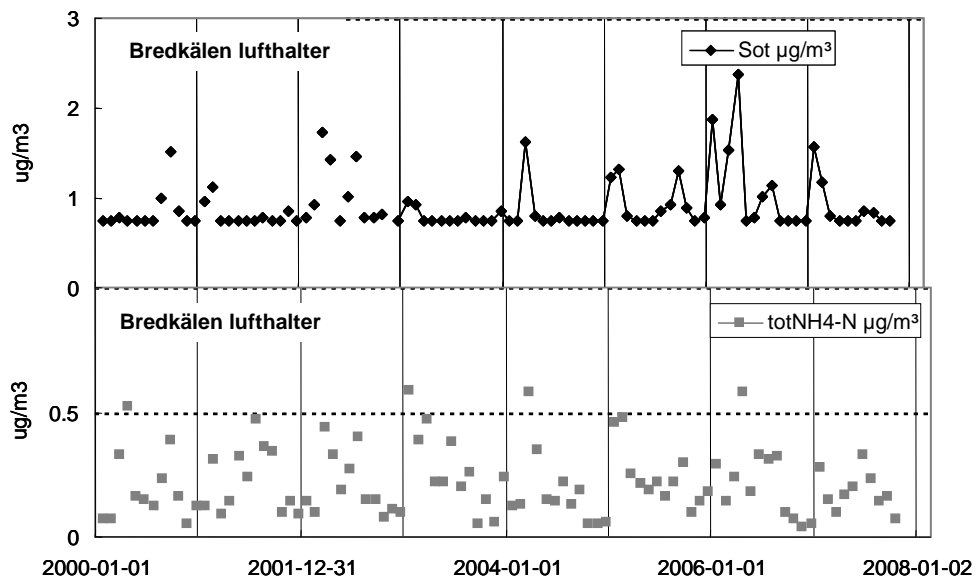
Arktis har dokumenterats ingående. Höga halter av partiklar (PM_{10}) noterades i norra Storbritannien, Danmark, Tyskland samt Finland (Whitham & Manning, 2007). På Island och på Svalbard noterades de högsta halterna av marknära ozon som någonsin uppmätts vid dessa platser (Stohl m.fl., 2007) och snön på Svalbard färgades på sina platser svart av sot. Även höga halter av ammonium uppmättes i snön på Svalbard. Trajektorierna, d.v.s. luftmassans väg, för luften som orsakade ovanstående effekter vid Svalbard visas i Figur 9. Man kan se att luften passerade rakt över Jämtland. Omfattande skogsbränder har även förekommit på norra halvklotet under flera andra år under den senaste 10-årsperioden, bl.a. 1998, 2002 och 2003 (Simmonds m.fl., 2005).



Figur 9. Upphållstiden under de senaste 20 dagarna hos den luftmassa som anlände till Mount Zeppelin, Svalbard 2 Maj 2006. Färgen visar hur länge luften har uppehållit sig vid en viss position, där röda färger visar längst tid. Svarta punkter visar platser där bränder detekteras under den tid som luften passerat. Extra röda punkter visar att branden varit en skogsbrand. Siffrorna inom området för plymen visar för just den positionen antalet dagar som återstår innan luften anländer till Svalbard. Från Stohl m.fl., 2007.

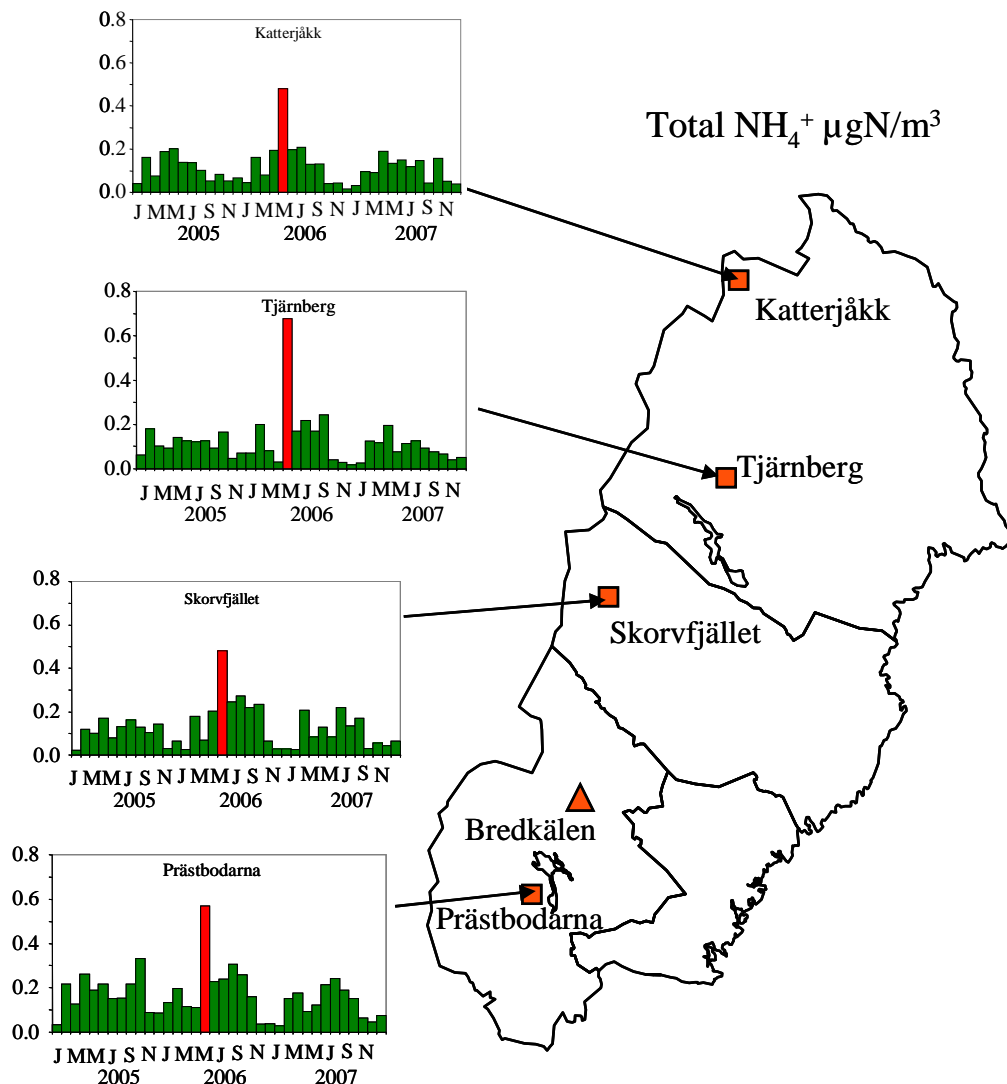
5.3.2 Luftföroreningar över Jämtland våren och sommaren 2006

Månadsvisa lufthalter av NH_4 och sot vid Bredkälven under 2000-talet visas i Figur 10. Halterna av sot vid Bredkälven uppvisade höga värden i början av 1990-talet men visade sedan låga värden under andra halvan av 1990-talet (data visas ej). Under 2000-talet uppträdde igen periodvisa förhöjda värden för sot. Det högsta värdet för sot vid Bredkälven inträffade i maj 2006. Under samma månad uppmättes även ett av de tre högsta månadsmedelvärdena för NH_4 som förekommit vid Bredkälven under 2000-talet.



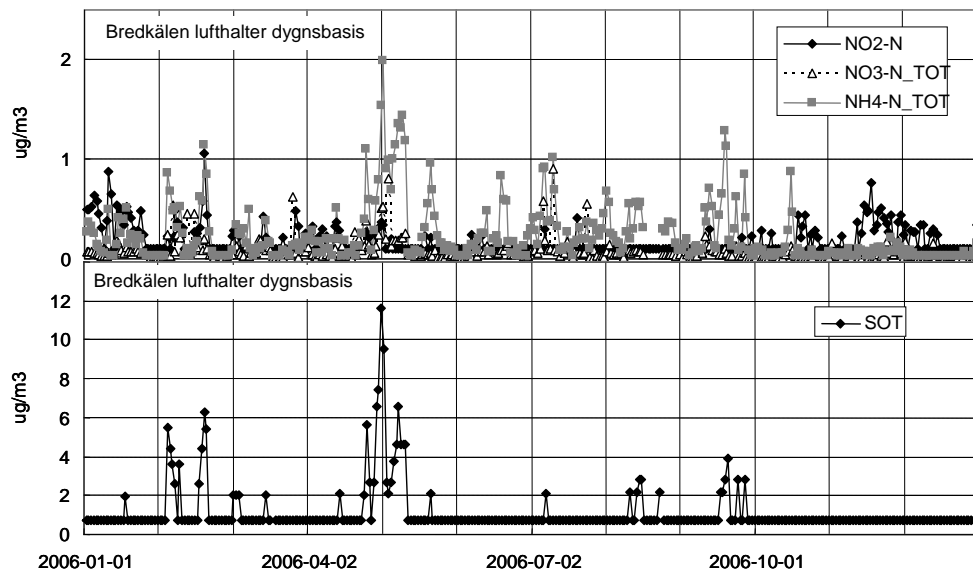
Figur 10. Lufthalter månadsvis av olika luftföroreningar vid Bredkålen. Mätningarna har skett med den metodik som används inom EMEP.

Månadsvisa mätningar av lufthalterna av ammonium (gas och partikelbundet) vid flera andra platser i de svenska fjällen inom det s.k. Hög Höjd projektet (se beskrivning kapitel 4) visade att de höga ammoniumhalterna i maj 2006 förekom över hela den svenska fjällkedjan (Figur 11).



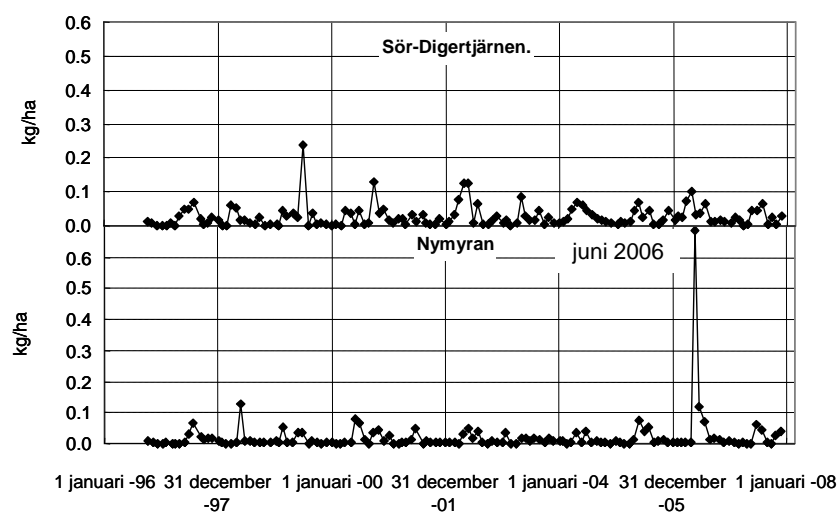
Figur 11. Lufthalter av ammonium (gas + partikelbundet) månadsvis uppmätta vid fyra högt belägna platser inom det s.k. Höghöjd projektet. För beskrivning av mätningarna, se IVLs hemsida, <http://www.ivl.se/hoggermeny/miljodatadavardskap/datavardskapluft/hoghojdsmatningar.106.360a0d56117c51a2d30800064346.html>. I delfigurerna visas månadsvisa värden för lufthalterna av totalammonium (gasfas + partikelbundet) för de tre åren 2005-2007. På x-axeln indikeras första bokstaven i varannan månad. Enhet för y-axeln är $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I alla fyra delfigurerna indikerar en röd stapel värdet för maj 2006.

Dygnsvisa lufthalter av $\text{NH}_4\text{-N}$ och sot visas för året 2006 i Figur 12. Halterna började öka 26 april och efter en tillfällig nedgång nådde de maximum 2 maj vad gäller sot och 3 maj vad gäller NH_4 . Det förekom även en del höga halter av NH_4 vid Bredkälven under juli och september 2006, eftersom det förekom en del skogsbränder i Ryssland även under denna period (Yurganov m.fl., 2008).



Figur 12. Dygnsvisa lufthalter av olika luftföroreningar vid Breckälven. Mätningarna har bedrivits med den metodik som används inom EMEP.

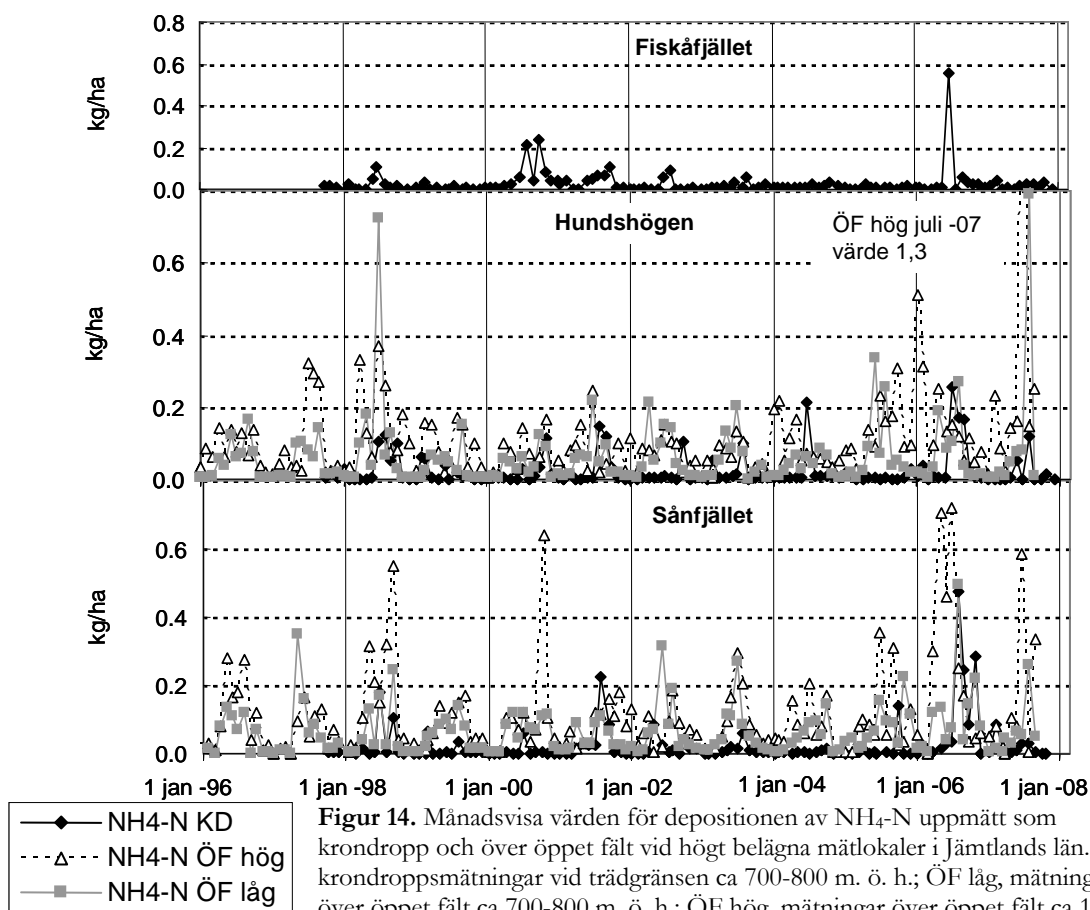
Även mätningarna av nedfallet av $\text{NH}_4\text{-N}$ inom Krondroppsnetet visar på ovanligt höga värden under våren och sommaren 2006. Höga värden uppstod dock under olika månader för olika mätplatser. Vid Nymyran i skogslandet uppmättes värden för $\text{NH}_4\text{-N}$ under juni månad som var ca sex gånger högre än vad som tidigare uppmätts (Figur 13). Vid Sör-Digertjärnen uppmättes dock inga särskilt höga värden under sommaren 2006. Vid de högre belägna mätplatserna uppmättes de högsta halterna av $\text{NH}_4\text{-N}$ i krondropp som förekommit sedan mätningarna startade, vid alla tre platserna (Figur 14). Topparna inträffade dock under juli för Fiskåfjället och Hundshögen, respektive under augusti för Sånfjället. Dessa tidsmässiga och rumsliga skillnader berodde sannolikt på att NH_4 i huvudsak deponeras som torrdeposition och att detektionen i krondropp därför sammanfaller med frekvensen nederbörd. De uppmätta volymerna av krondropp var mycket låga fram till och med juni för Fiskåfjället och fram till och med juli för Sånfjället, medan de vid Hundshögen var låga provtagningsvolymerna hela sommaren.



Figur 13. Månadsvisa värden för depositionen av $\text{NH}_4\text{-N}$ uppmätt som krondropp vid två platser i skogslandet platser inom Jämtlands län. Tidpunkten för den högsta toppen anges i figuren.

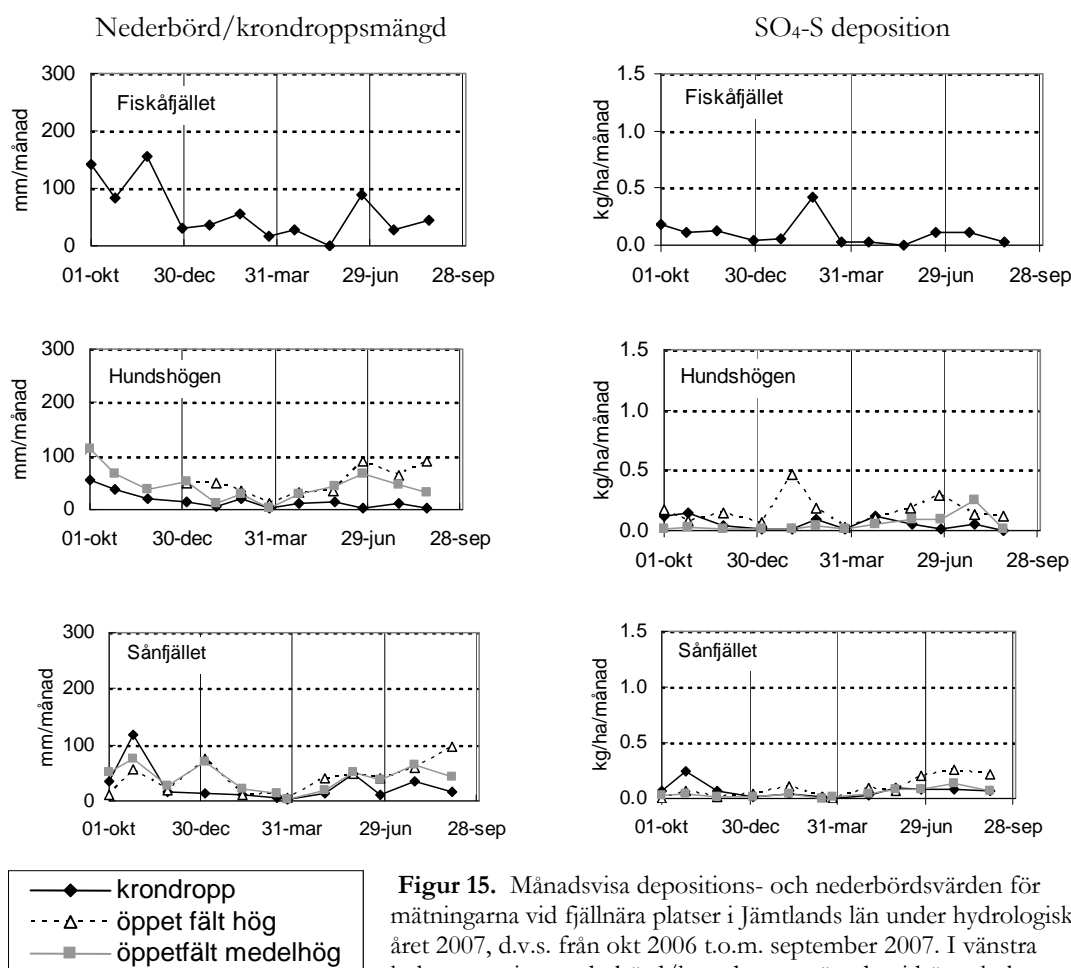
Vad gäller mätningarna av ammonium över öppet fält på hög höjd, gav dessa inget förhöjt utslag vad gäller Hundshögen. Vid Sånfjället däremot, uppmättes rekordhöga halter vid den högsta mät höjden (ca 1100 m.ö.h) för maj och juli 2006. Uppmätta nederbörds mängder var ungefär desamma vid de högsta mätplatserna vid Hundshögen och Sånfjället för dessa båda månader, runt 50 mm. Det högsta nedfallet av ammonium i nederbörds samlare uppmättes således vid den högsta mätplatsen vid Sånfjället men inte vid den högsta mätplatsen vid Hundshögen och inte heller vid de lägre belägna mätningarna vid de bägge platserna. Detta kan bero antingen på att nederbörden, alternativt förekomst av dimma och låga moln, råkade sammanfalla med passagen av de värsta förorenade luftpaketen endast vid Sånfjället eller att de förorenade luftpaketen passerade endast på hög höjd vid Sånfjället. I vilket fall visar det på betydelsen av att det finns flera olika mätplatser för deposition inom Jämtlands län, både i låglandet och på hög höjd, för att kunna detektera tillfälliga förekomsten med mycket förorenad luft över länet.

Som framgår av Figur 14 finns det många fler tillfällen med episodiskt hög deposition av ammonium, i synnerhet vad gäller den högsta mätplatsen vid Sånfjället, men även t ex vid den högsta mätplatsen vid Hundshögen i juli 2007. Det har inte varit möjligt att analysera alla dessa episoder men det är möjligt att flera av dem kan förknippas med olika storskaliga händelser, på samma sätt som skogsbränderna i Ryssland i maj 2006.

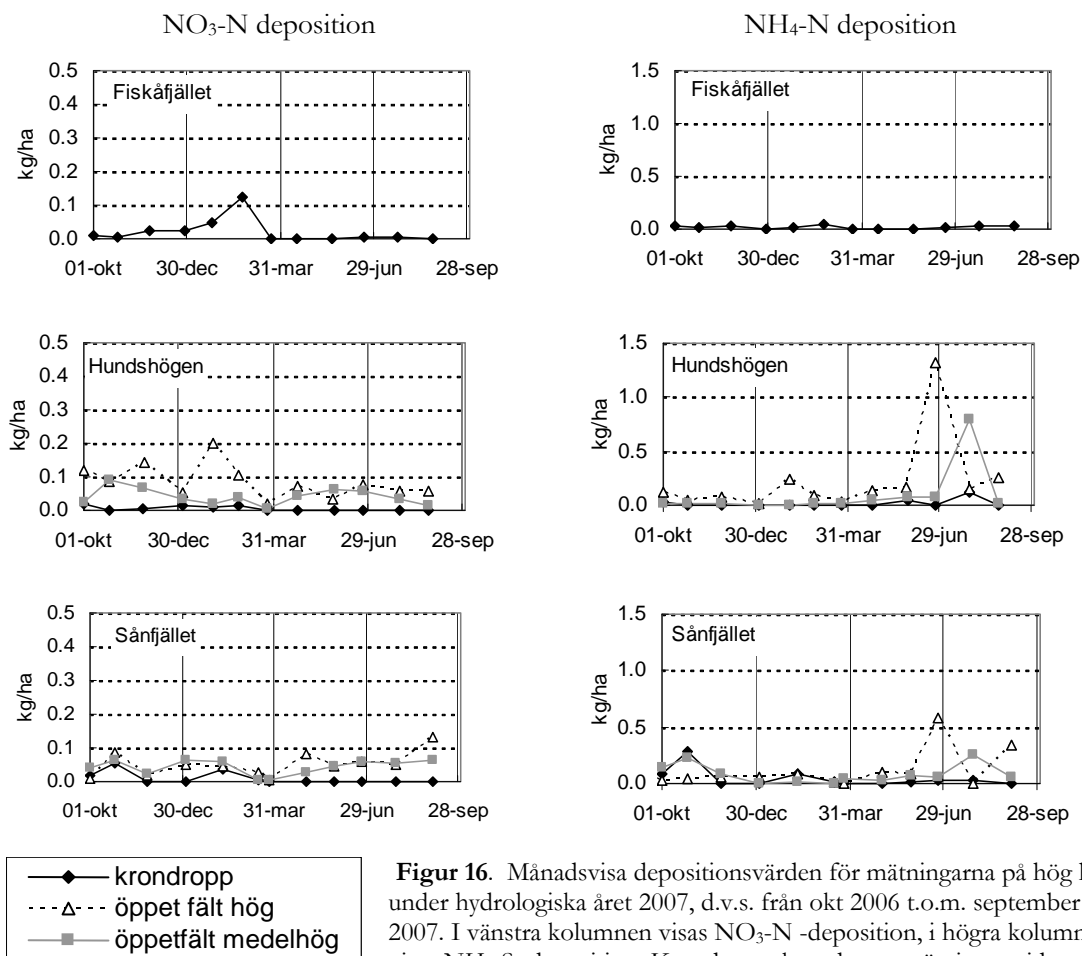


6. En detaljerad analys av depositionen vid fjällnära platser 2007

I Figur 15 och 16 visas i detalj månadsvisa depositions värden för mätningarna på hög höjd under hydrologiska året 2007, d.v.s. från oktober 2006 t.o.m. september 2007.



Figur 15. Månadsvisa depositions- och nederbördsvärden för mätningarna vid fjällnära platser i Jämtlands län under hydrologiska året 2007, d.v.s. från okt 2006 t.o.m. september 2007. I vänstra kolumnen visas nederbörd/kronddroppsmängder, i högra kolumnen visas SO₄-S deposition. Kronddropp, kronddroppsmätningar vid trädgränsen ca 700-800 m. ö. h.; Öppet fält medelhög, mätningar över öppet fält ca 700-800 m. ö. h.; Öppet fält hög, mätningar över öppet fält ca 1100-1200 m. ö. h. SO₄-S ex, sulfatdeposition där bidraget från havssalt subtraherats. Tidsangivelsen anger startdatum för den månadsvisa mätperioden.



Figur 16. Månadsvisa depositions värden för mätningarna på hög höjd under hydrologiska året 2007, d.v.s. från okt 2006 t.o.m. september 2007. I vänstra kolumnen visas NO₃-N -deposition, i högra kolumnen visas NH₄-S -deposition. Kronddropp, kronddroppsmätningar vid trädgränsen ca 700-800 m.ö.h.; Öppet fält hög, mätningar över öppet fält ca 700-800 m. ö. h.; Öppet fält hög, mätningar över öppet fält ca 1100-1200 m. ö. h. Tidsangivelsen anger startdatum för den månadsvisa mätperioden.

trädgränsen ca 700-800 m.ö.h.; Öppet fält hög, mätningar över öppet fält ca 700-800 m. ö. h.; Öppet fält hög, mätningar över öppet fält ca 1100-1200 m. ö. h. Tidsangivelsen anger startdatum för den månadsvisa mätperioden.

Generellt var depositionen lägre för det hydrologiska året 2007, jämfört med året innan. Under februari och mars 2007 förekom en del måttligt förhöjd sulfat- och nitratdeposition i kronddroppet vid Fiskåfjället och vid den högsta mätplatsen över öppet fält vid Hundshögen. Mer noterbart var en relativt hög NH₄-deposition under juli 2007 vid de högsta mätplatserna över öppet fält vid Hundshögen och Sånfjället. Under denna månad deponerades drygt 1 kg ammonium vid den högsta mätplatsen på Hundshögen (Figur 15). Inga händelser motsvarande de ryska skogsbränderna 2006 har hittills rapporterats för 2007. EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme, www.emep.int) publicerar dagliga värden för vilken riktning luftmassorna kommer från för många platser i Sverige, inklusive Bredkålen, men dessa data finns tyvärr ännu endast för tiden fram t.o.m 2006. Istället kan man använda de trajektorier (beräkningar av luftens ursprung) som EMEP publicerar för 6-timmars perioder. Tyvärr publiceras inte dessa trajektorier för Bredkålen utan istället har trajektorier som publiceras för Vindeln i Västerbottens län använts. En översiktlig genomgång av trajektorierna för Vindeln under juli månad 2007 visar att luften under första delen av månaden i stor utsträckning kom från nordost, från ishavet, över Kolahalvön, Finland och till norra Sverige. Ursprunget för den ammonium som deponerades vid flera platser på hög höjd i Jämtland under juli 2007, skulle således möjligen kunna vara från Kolahalvön. Detta måste dock bekräftas med en mer ingående analys.

7. Diskussion

Andelen försurade sjöar inom länet är i dagsläget lågt (Pihl Karlsson m.fl., 2008). Det förefaller därför som att det sura nedfallet ligger på en acceptabel nivå.

Enligt miljö kvalitetsmålen generationsperspektiv får belastningen av näringsämnen inte ha någon negativ inverkan på förutsättningarna för biologisk mångfald. Vidare anges att skogsmark skall ha ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen. Skogs- och fjälleksystemen i norra Sverige utgör en betydande andel av de kvarvarande växtliga ekosystem i Europa som ännu inte är kroniskt påverkade av kvävenedfall från luften. En omfattande experimentell forskning har visat att ett kvävenedfall under 6 kg N per hektar och år förefaller acceptabelt för att bevara artsammansättningen i de nordliga skogsekosystemen (Nordin m.fl., 2005). Denna analys inkluderade dock inte fjälleksystemen.

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till de låglänta skogsekosystemen inom länet, mätt som kron dropp och beräknat som årligt medelvärde för perioden 2000-2007 ligger mellan 0,4 och 0,9 kg N/ha/år. Detta ligger under målvärdet 6 kg N/ha/år. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till högre belägna, fjällnära platser inom länet, mätt över öppet fält och beräknat som årligt medelvärde för perioden 2000-2007 ligger dock högre, mellan 1,4 och 2,3 kg N/ha/år. Det kan inte uteslutas att detta kan påverka känsliga växtsamhällen på hög höjd. Det är riskerna för en förändrad artsammansättning av skogs- och fjälleksystemen som framför allt motiverar fortsatt övervakning av lufthalter och nedfall av främst oorganiskt kväve, men även av övriga näringsämnen såsom kalium, kalcium och magnesium.

Ett förändrat klimat med ökande temperaturer har medfört att trädgränsen i de svenska fjällen kryper uppåt, även i de Jämtländska fjällen (Kullman, 2007). Lägre belägna alpina ekosystem förbuskas. Det är sannolikt att nedfallet av oorganiskt kväve har en inverkan på detta. Det finns studier som pekar på att näringstillgången har en betydande inverkan på växtliga ekosystem i fjällvärlden (Moen m.fl., 2001, Olofsson & Shams, 2007, Björk & Molau, 2007). Det är därför angeläget att depositions mätningarna på hög höjd i Jämtland vidmakthålls.

8. Referenser

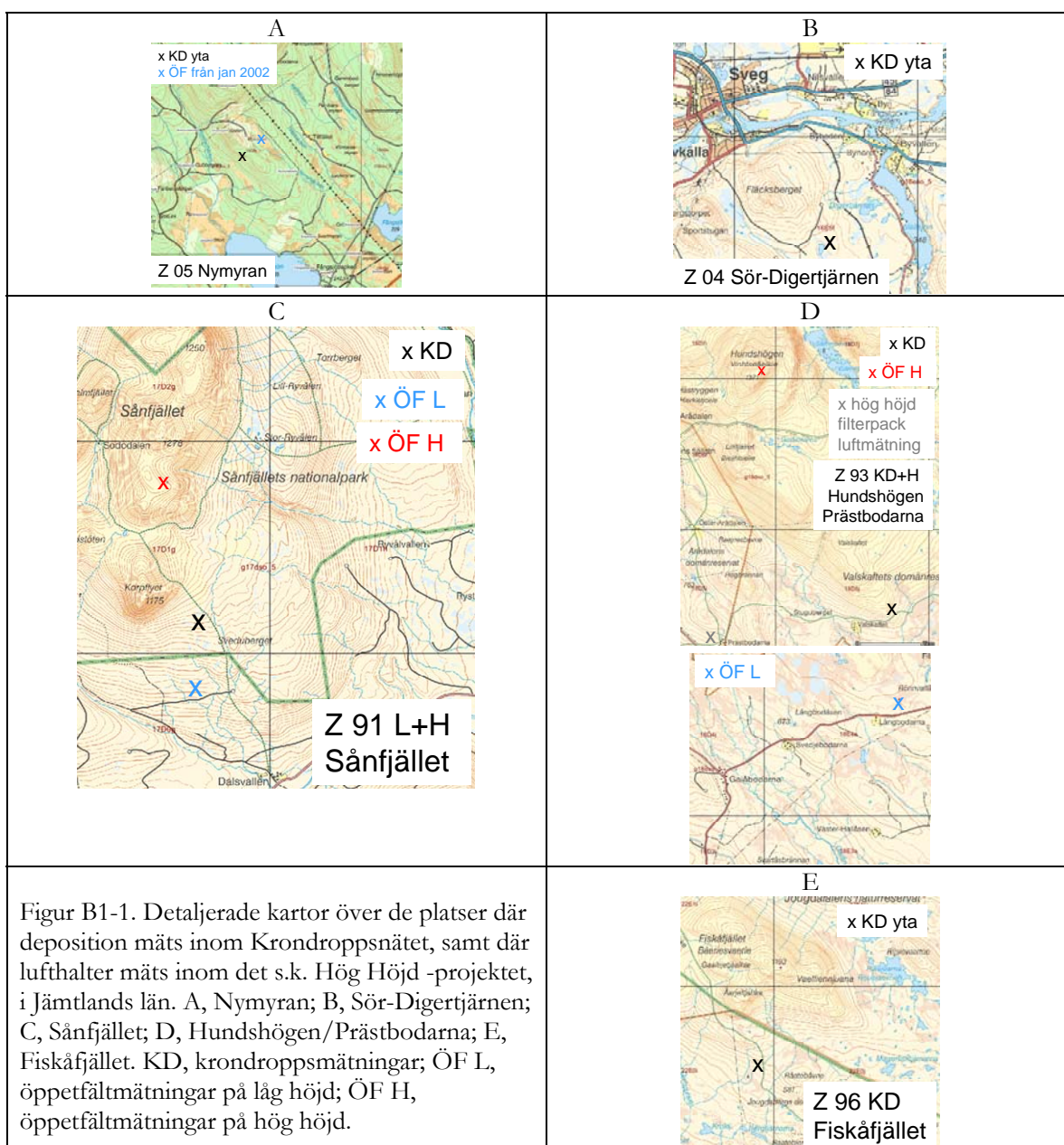
- Akselsson, C. & Westling, O. 2000. Nedfall av luftföroreningar i fjällområden i Jämtlands län 1995 till 1999. IVL Rapport B 1374.
- Björk, R.G, Molau, U. 2007. Ecology of Alpine Snowbeds and the Impact of Global Change. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 39, 34–43.
- Ferm, M. 2003. Miljöövervakning av nedfall av luftföroreningar på hög höjd i svenska fjäll – Metod och stationsval. Rapport till Naturvårdsverket. IVL Rapport L03/13.
- Kullman, L., 2007. Tree line population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973-2005: implications for the tree line theory and climate change ecology. *Journal of Ecology* 95, 41-52.
- Moen m. fl., 2001. Biodiversitet i fjällen ovan trädgränsen: Bakgrund och kunskapsläge. Växtekologi, 2001:7.
- 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.
- Olofsson & Shams, 2007. Determinants of plant species richness in an alpine meadow. *Journal of Ecology*, 95, 916-925.

- Pihl Karlsson, G., Nettelbladt, A. Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., Kronnäs V. & Gunnar Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i norra Sverige – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1789.
- Simmonds, P.G., A.J. Manning, R.G. Derwent, P. Ciais, M. Ramonet, V. Kazand, D. Ryall. 2005. A burning question. Can recent growth rate anomalies in the greenhouse gases be attributed to large-scale biomass burning events? *Atmospheric Environment* 39 2513–2517.
- Stohl, A., Berg, T., Burkhart, J.F., Fjaeraa, A.M., Forster, C., Herber, A., Hov, Ö., Lunder, C., McMillan, W.W., Oltmands, S., Shiobara, n M., Simpson, D., Solberg, S., Stebel, K., Ström, J., Törseth, K., Treffeisen, R., Vitkunnen, K., Yttri, K.E. 2007. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 511-534.
- Westling, O. Ferm, M. 1998. Deposition av luftföroreningar på hög höjd i de svenska fjällen. Projektrapport 1997. Länsstyrelsen tryckeri, Umeå. 1998.
- Whitham, C. & Manning, A. 2007. Impacts of Russian biomass burning on UK air quality. *Atmospheric Environment* 41, 8075–8090.
- Yurganov, I.N., McMillan, w.W., Dzhola, A.V., Grechko, E.I., Jones, N.B., can der Werf, G.R. 2008. Global AIRS and MOPITT CO measurements: Validation, comparison, and links to biomass burning variations and carbon cycle. *J. of Geographical Research* 113, D09301, doi: 10.1029/2007JD009229, 2008.

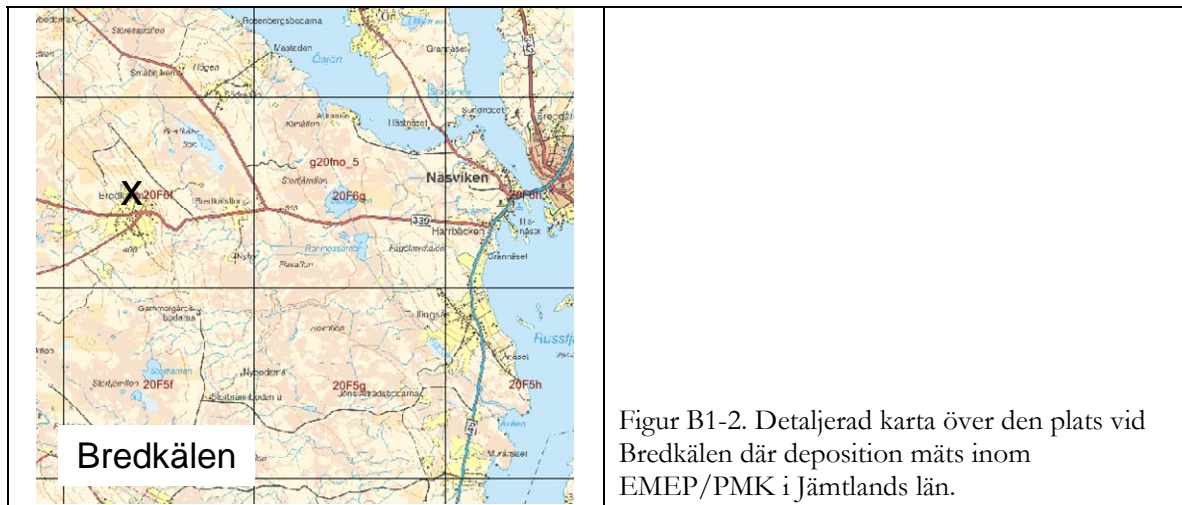
Bilaga 1

Detaljerade kartor

Mätplatser inom Krondroppsnetet



Mätplatser inom EMEP/PMK



Koordinater och ytterligare information

Tabell B1-1. Koordinater och ytterligare information om olika mätplatser inom Jämtlands län

Plats	X koordinat	Y koordinat	Mätsystem/projekt	Höjd över havet	Övrig kommentar
Nymyran KD *	6997250	1547300	KDnätet ***	300	Granskog
Sör-digertjärnen KD	6877050	1427600	KDnätet	400	Tallskog
Sånfjället KD	6905400	1383400	KDnätet	780	Krondropp under gran i trädgränsen
Sånfjället ÖF** låg	6903970	1383400	KDnätet	635	
Sånfjället ÖF hög	6909050	1382580	KDnätet	1170	
Hundshögen KD	6977300	1398800	KDnätet	780	Krondropp under gran i trädgränsen
Hundshögen ÖF låg	6973500	1404000	KDnätet	670	Belägen ca 5 km SO om KD ytan
Hundshögen ÖF hög	6985200	1394550	KDnätet	1250	
Fiskåfjället KD	7152700	1444600	KDnätet	620	Krondropp under gran i trädgränsen
Breckälven ****	7082482	1476907	EMEP		

* KD, krondroppsmätning. **, öppet fält mätning. *** KDnätet, Krondropsnätet.

****Mätningarna bedrivs av IVL Svenska Miljöinstitutet inom ramen för den svenska

miljöövervakningen och EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), finansierat av Naturvårdsverket.