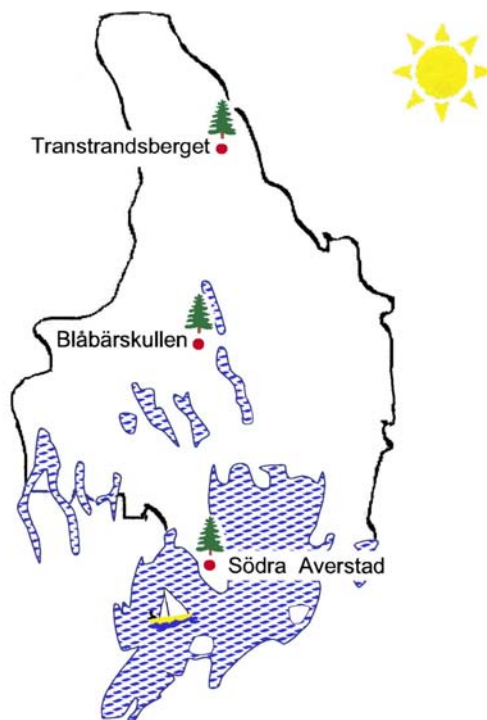


För Värmlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län – mätningar och modellering

Resultat till och med september 2007



Gunilla Pihl Karlsson, Anna Nettelbladt, Cecilia Akselsson,
Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson, Veronika Kronnäs &
Gunnar Malm

B 1785

Juni 2008

För Värmlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län

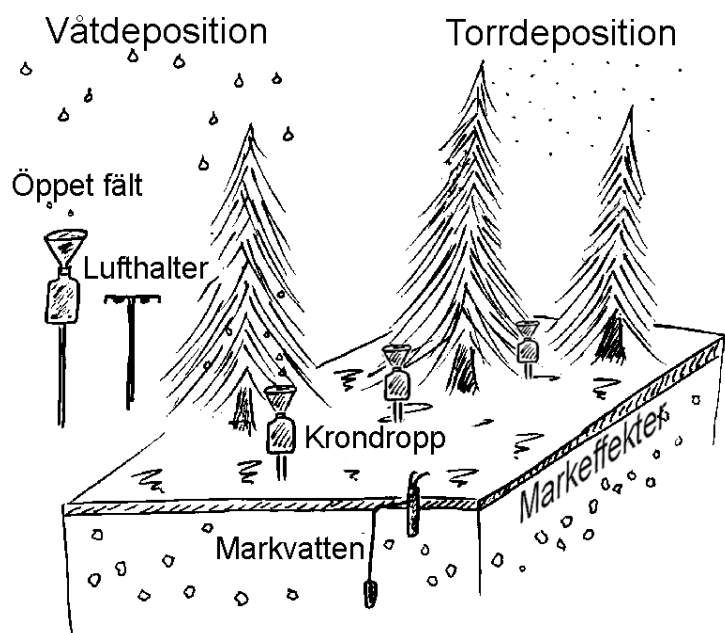
Resultat till och med september 2007

På uppdrag av Värmlands läns Luftvårdsförbund mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på tre platser i länet. Krondroppsnätet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprojekt. Denna rapport är den första enligt "Program 2007". Grundtanken med "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 fördjupade modellberäkningar som ursprungligen utvecklats på en nationell nivå men som skalas upp till regionala nivåer. Den regionala fördjupningen inom "Program 2007" omfattar miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*.

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost. Även i Värmland syns denna gradient, med betydligt högre nedfall av svavel och kväve i söder än i norr. Nedfallet är lägre i Värmlands län än i de sydvästliga länen i Sverige. Mätningarna visar att svavelnedfallet minskat kraftigt sedan mätningarna startade för alla lokaler, tydligast syns det för mätningarna i Södra Averstad som pågått sedan 1990. Minskningen är störst i skogsytor, vilket beror på att torrdepositionen minskat kraftigt. För kväve finns inga tydliga trender. Markvattnets pH-värde har vanligtvis varit omkring 5 eller strax under i Södra Averstad och Transtrandsberget och omkring 5,6 i Blåbärskullen. Markvattnet i Södra Averstad och Transtrandsberget har haft relativt låga halter av baskatjoner. Markvattnets syra-neutraliserande förmåga, ANC, har vanligtvis varit negativ i Södra Averstad. Det indikerar sura förhållanden som är ett resultat av många års försurningsbelastning. I Blåbärskullen och Transtrandsberget är medianvärdet för ANC däremot positivt. Markvattnets innehåll av nitratkväve vid samtliga lokaler i Värmland har varit mycket låg, oftast under detektionsgränsen, vilket är normalt i brukad skog. Lufthalterna av svaveldioxid, kvävedioxid och ozon vid Blåbärskullen var mycket låga under mätperioden, något som observerats vid flertalet lokaler i Sverige. Om man ser till befintliga målvärden för svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon är det marknära ozon som ligger i närheten av eller över befintliga målvärden. Mätningarna visar att regeringens långsiktiga mål för marknära ozon överskrids vid Blåbärskullen under året.

Modellberäkningarna för Värmlands län visar att den kritiska belastningen för skogsmark överskrids på 19 % av skogsmarken i länet med nuvarande deposition, men att om nedfallet sjunker enligt beräkningar med CLE-scenariet kommer det enbart vara 1 % i framtiden. Beräkningen av andel försurade sjöar visade även den på ett kvarstående försurningsproblem, med en andel som överskrider delmålet gräns på 5 % i dagsläget. Detta stämmer överens med mätningarna som fortfarande visar på sura förhållanden, speciellt i länets södra och mellersta delar, vilket gör att fortsatta mätningar blir intressanta för att följa upp utvecklingen i framtiden. Kväveackumuleringen i skogsmark är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är som störst, och uppgår till som högst 10 kg per hektar och år i delar av Skåne och Halland. I dessa delar är risken för förhöjd kväveutlakning som störst. I Värmland varierar ackumuleringen från 5 kg i delar av södra Värmland till som minst 1-2 kg per hektar och år i mindre delar av inre Värmland.

De regionala modelleringarna som presenteras i denna rapportering var ett första försök att syntetisera mätningar och modellberäkningar i Värmlands län som berör *Bara Naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* för att kunna ta ett samlat grepp om dessa frågor på regional nivå, framför allt med fokus på luftföroreningarnas påverkan. Kommande år bör modellansatserna utvärderas och utvecklas i samarbete mellan IVL, Länsstyrelserna och Luftvårdsförbunden, för att optimera resultatet för miljömålsuppföljning. Vidare bör resultaten från modelleringarna studeras mer i detalj, jämföras med mätningar från Krondroppsnätet och andra miljöövervakningsnät samt tolkas utifrån detta. Det är även önskvärt att studera tidsserierna för nedfall och framför allt markvattenkemi noggrant, för att kunna dra slutsatser om återhämtningsförloppet.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Värmlands läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302,
SE-400 14 Göteborg

Författare: G. Pihl Karlsson, A. Nettelblatt, C. Akselsson, S. Hellsten, P.E. Karlsson, V. Kronnäs & G. Malm

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter, Värmlands län

IVL rapport B 1785

Beställs från:

Värmlands läns Luftvårdsförbund
Gertrud Gybrant
c/o Länsstyrelsen i Värmland
651 86 Karlstad

eller

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

publikationsservice@ivl.se

Innehållsförteckning

Inledning.....	6
Ord att förklara.....	8
Stationsvis redovisning.....	9
Södra Averstad (S 05).....	9
Blåbärskullen (S 22).....	10
Transtrandsberget (S 23).....	12
Tidsutveckling deposition.....	14
Tidsutveckling markvatten.....	15
Tidsutveckling lufthalter.....	16
Svaveldioxid (SO ₂).....	17
Kvävedioxid (NO ₂).....	17
Ammoniak (NH ₃).....	18
Marknära ozon (O ₃).....	19
Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål.....	20
Bara naturlig försurning.....	21
Deposition av svavel och kväve, nu och 2020.....	21
Överskridande av kritisk belastning för skogsmark, nu och 2020.....	23
Antropogent försurade sjöar nu och 2020.....	25
Skogsbrukets försurningspåverkan.....	27
Syntes av försurningsparametrarna.....	27
Ingen övergödning.....	28
Deposition av kväve, nu och 2020.....	28
Kväveackumulering.....	28
Frisk luft.....	31
Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration.....	32
Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Värmlands län.....	34
Kväve i skog - brist eller överskott?.....	35
Krondroppsnätet under 20 år - från svavel till kväve.....	35
Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen.....	35
Var ligger forskningsfronten idag?.....	36
Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning.....	36
Klimatförändringar - hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?.....	37
Ny hemsida.....	39
Referenser:.....	39
Appendix. Data i tabellform, deposition, lufthalter och markvatten.....	41

Rapporten godkänd
2008-06-26

John Munthe
Avdelningschef

Inledning

På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, Skogsstyrelsen samt vissa kommuner 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. Samarbetsprogrammet har löpt i olika perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprogram. Denna rapport är den första enligt Program 2007, och innebär relativt omfattande revideringar från tidigare Program 2004, på grund av att nya nationella underlag finns tillgängliga och att EU's bidragssystem omformats. Grundtanken med 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 fördjupade modellberäkningar som ursprungligen utvecklats på en nationell nivå men som skalas upp till regionala nivåer. Modellberäkningar på regional nivå görs dels för att det ger större geografisk täckning än vad mätningarna i sig ger, dels för att det innebär möjligheter att utvärdera andra parametrar än de som mäts. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat.

Den regionala fördjupningen inom Program 2007 omfattar miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*. Dessa miljömål påverkas starkt av regionalt och globalt spridda luftföroreningar, men även annan påverkan har betydelse, främst markanvändning i form av jord- och skogsbruk. Det finns även kopplingar till klimatfrågorna genom t.ex. förändrad nederbörds mängd samt att skogen kan fungera som kolsänka och även producera förnybara bränslen. Markanvändningen kan både öka och minska miljöeffekterna som orsakas av luftföroreningar. Det gör att effekter av luftföroreningar i vissa fall måste jämföras med påverkan från pågående markanvändning för att en uppföljning av miljö kvalitetsmålen ska bli meningsfull. Fördjupningen anpassas till de specifika förhållandena i länen samt prioriterade regionala miljö kvalitetsmål och åtgärdsbehov. Årets rapport innehåller därför en stor mängd nya delar bl.a. om modellresultat, regional miljö målsuppföljning, kväve, tidstrender lufthalter tillsammans med en mer traditionell stationsvis rapportering.

Utifrån de månadsvisa **depositions mätningarna** kan den årliga depositionen av främst svavel och kväve beräknas i de skogsytor där mätningar utförs. Nedfall av svavel och kväve används som indikator för uppföljning av ett flertal miljömål; *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Mätningarna bidrar även till att visa om modellberäkningarna av deposition ger rimliga resultat. Nationella mätningar av luftföroreningar ingår i regel som indata i modellerna och kan därför inte användas för validering av modellerna. Depositionsmätningar inom Krondroppsnetet har, och har även haft, stor betydelse för utvecklingen av de modellverktyg som används i Sverige och Europa. Tidigare mätningar i Krondroppsnetet har visat att den faktiska utvecklingen av depositionen kan avvika avsevärt från prognosen för hur depositionen kommer att förändras med tiden. Syftet med **lufthalts mätningarna** är bl.a. att ge underlag för effektbedömningar, trendanalyser, jämförelser med miljömålet *Frisk Luft* samt beskrivning av eventuella skillnader mot luftföroreningssituationen i stort. Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon ingår som indikatorer för uppföljning av miljömålet *Frisk luft*. Syftet med **markvatten mätningarna** är att utnyttja olika parametrar i markvattnet som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan samt utlakning till grund- och ytvatten. Markvattendata kan användas i samband med uppföljning av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande skogar*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Hav i balans*, *Levande kust och skärgård*, *Ingen övergödning*, *Grundvatten av god kvalitet* samt *Myllrande våtmarker*. Det är viktigt att långsiktigt undersöka markvattnets sammansättning som indikator på i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar ger en förväntad förbättring av miljötillståndet. Detta gäller i synnerhet med tanke på att skogsmarkens återhämtning från försurning är en långsam process och

att kritiska belastningsgränser fortfarande överskrids, framför allt i delar av södra Sverige. Arbetet med dynamiska modellberäkningar av försurningsutveckling i mark och vatten har utvecklats mycket det senaste året och mätningarna kan även visa om modellberäkningarna överensstämmer med vad som kan observeras i fält genom markvattenmätningar och analys av försurningsindikerande parametrar som pH, oorganiskt aluminium, sulfat och baskatjoner.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsstyrelsens skogliga observationsytor. Skogsstyrelsen undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som tillväxt, kronutglesning samt barr- och markkemi. Det gör att luftföroreningarnas inverkan på skogens och markens tillstånd kan analyseras. De skogliga observationsytorna ingår i såväl ett nationellt som ett europeiskt nät. Metoderna har i princip behållits sedan början av mätningarna och ingår nu i EU's manualer för miljöövervakning (http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt6_compl2006.pdf).

Deposition till skogsmark mäts i Krondroppsnätet med hjälp av **krondroppsmätningarna** på för närvarande 67 lokaler (2006/2007). Till depositionen i skogsmark bidrar dels våtdepositionen, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner, dels torrdepositionen som förs via vinden och fastnar i trädkronorna som fungerar som "uppsamlare" och filtrerar partiklar, gaser och aerosoler från luften. Föroreningarna sköljs sedan ner av nederbörden som samlas i dunkar/hinkar. Provinsamlarna är placerade på förutbestämda platser. För vissa ämnen finns en interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen.

Mätningarna på öppet fält speglar huvudsakligen våtdeposition. Inom Krondroppsnätet sker mätningar på öppet fält vid totalt 23 lokaler, varav mätningarna vid 13 lokaler bekostas via deltagarna inom Krondroppsnätet. Mätningarna vid övriga 10 lokaler sker inom den svenska miljöövervakningen som finansieras av Naturvårdsverket.

Haltmätningar av luftföroreningar sker på 23 lokaler i Krondroppsnätet med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. De månadsvisa mätningarna omfattar svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon.

Markvattenmätningar sker vid 67 lokaler med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten via ett fint, keramiskt filter. Keramikroppen är placerad i mineraljorden på 50 cm djup, under den egentliga rotzonen. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år och de olika provtagningstillfällena avser att representera förhållandena före, under respektive efter vegetationsperioden.

Resultaten från alla undersökningarna inom Krondroppsnätet samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår är ett hydrologiskt år, från oktober till september. Då resultaten används för att följa upp miljömål och miljökvalitetsnormer innebär det att under programmets gång förutom hydrologiskt år även kalenderår kommer att beaktas då miljömål och miljökvalitetsnormer är baserade på kalenderår. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnätets hemsida, under www.ivl.se. En ny hemsida håller på att utvecklas och under hösten 2008 beräknas den vara klar.

Vissa ord och begrepp förklaras på nästa sida.

Undersökningarna i **Värmlands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Per Larsson, Urban Nyqvist, LS och Lennart Larsson, Säffle kommun. 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 och A Nettelblad. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C Akselsson, S Hellsten, P E Karlsson, V Kronnäs, G Malm samt G Pihl Karlsson.



Figur 2. Krondroppsnätet under 2006/07. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

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

Antropogen: Orsakad av människan.

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

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

EU-yta: 223 skogliga observationsytor lades ut 1995-97. 100 ingår i ett Europeiskt nät och några av dessa används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

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

Intensivytta: 10 av SVOs skogliga observationsytor. Ingår i Naturvårdsverkets nationella program.

Interncirkulation: Vissa ämnen, till exempel kalcium, magnesium, kalium och mangan, interncirkuleras mellan träd och mark. De deltar i jonbytesprocesser där vätejoner tas upp och baskatjoner avges i trädkronan.

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

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 av aciditet: Den högsta deposition av försurande ämnen som inte kommer att förorsaka kemiska förändringar som leder till långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem.

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på total belastning i skog av ämnen som inte påverkas av interncirkulation eller upptag, såsom svavel och klorid. För kväve indikeras i regel upptag eller omvandling i trädkronan. Det gör att nedfallet av kväve i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än till marken i skogen. I kraftigt kvävebelastade områden visar 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.

Luft- och nederbördskemiska nätet: Ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram och samordnas av IVL. Mätningar sker på öppet fält av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt SO_2 , NO_2 , O_3 i luft på månadsbasis.

MAGIC: Dynamisk modell för beräkning av ytvattenkemi, utvecklad i USA och använd i många länder.

MAGIC-biblioteket: "Bibliotek" med MAGIC-körningar som baseras på befintliga modelleringar med MAGIC-modellen på några hundra sjöar i Sverige och kan användas för att bedöma försurningspåverkan i en sjö där vissa mätningar finns tillgängliga (www.ivl.se/magicbibliotek).

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-Sweden: 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.

PROFILE: Markkemisk modell för beräkning av vitting och kritisk belastning för aciditet i mark, utvecklad vid Lunds Universitet och använd i många länder.

Riksinventeringen för skog (RIS): En rikstäckande inventering av skog och mark i Sverige som samordnas av SLU och finansieras av Naturvårdsverket och SLU.

$\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$: Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljö kvalitetsmål.

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

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

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

Våtdeposition: Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (högupplöst Sverigemodell).

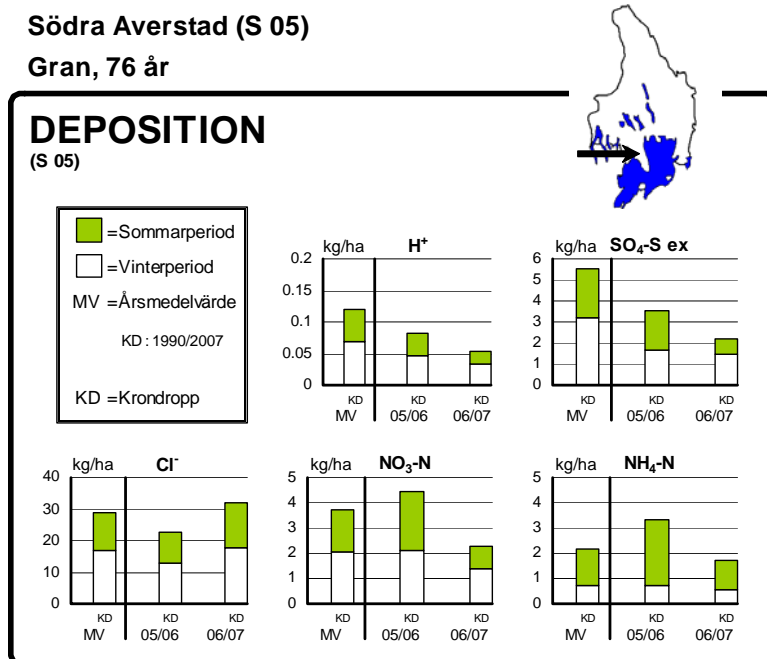
Öppet fält: Öppet område där nederbörds kemi och/eller lufthalter mäts.

Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. I Appendix återfinns data i tabellform; depositionsdata, lufthalter samt markvattendata. I kapitlet "Tidsutveckling lufthalter", senare i rapporten, finns en utförlig analys över hur lufthalterna varierat över tiden i länet samt i hela Svealand. I kapitlet "Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljökvalitetsmål", senare i rapporten, presenteras en analys över situationen i Värmlands län samt i Sverige både vad gäller uppmätta samt modellberäknade halter och deposition.

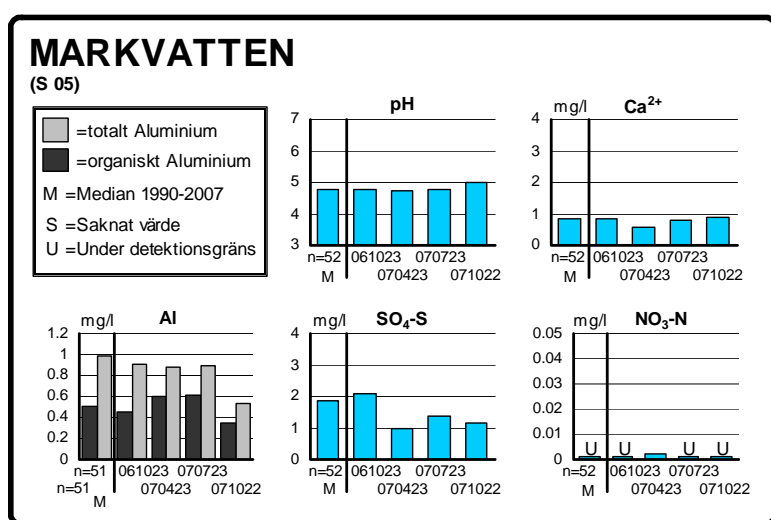
Södra Averstad (S 05): 76-årig granskog i ett flackt och kustnära område på Värmlandsnäs som är exponerat för intransport av luftföroreningar över Väneren. Marken i området består av ett sandigt-moigt sediment med en jordmån klassad som övergång mellan brunjord och podsol. Södra Averstad är länets sydligaste lokal och den har generellt haft länets största nedfall av försurande svavel och kväve. Mätning av deposition och markvatten startade 1990. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2000 och lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006.

Nedfallet av antropogent svavel i granskogen i Södra Averstad uppgick det hydrologiska året 2006/2007 till 2,2 kg per hektar och år, vilket är den lägsta noteringen sedan mätningarna påbörjades 1990, se Figur 3. Även oorganiskt kväve i krondropp var det lägsta uppmätta värdet hittills, 4,0 kg per hektar och år. För kväve har dock ingen minskning av depositionen motsvarande den för svavel sedan början av 90-talet noterats. Det låga nedfallet av svavel och kväve under 2006/07 stämmer med mönstret på övriga lokaler i länet, samt även i stora delar av Sverige. Detta kan troligen delvis förklaras av väderförhållanden, till exempel hur vindarna blåst.



Figur 3. Depositionsdata från Södra Averstad S 05. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i krondropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1990-2007 för både öppet och krondropp. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figuren är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N).

Södra Averstad, som är den sydligaste lokalen i länet, är den lokal som är mest försurningspåverkad, med lägst pH (omkring 4,8) och lägst syraneutraliserande förmåga, ANC (omkring -0,01) i markvattnet. Detta kan förklaras med att ytan i många år utsatts för förhållandevis mycket surt nedfall i och med det sydliga läget i länet, samt att ytan är belägen norr om Vänern, vilket leder till ett slags kusteffekt där föroreningar som transporteras över Vänern med vindarna deponeras med nederbörden då de kommer in över land. Ytan karakteriseras även av låga halter av baskatjoner och relativt höga halter av oorganiskt aluminium. Halten nitratkväve var under detektionsgränsen vid samtliga mätningar under 2006/07, se Figur 4, Appendix Tabell A:5. Trendanalyser visar på att sulfatsvavel i markvattnet minskat kraftigt, i takt med att svavelnedfallet minskat. Detta har även inneburit ökat ANC, ökat pH och minskade halter av oorganiskt aluminium, vilket indikerar att försurningspåverkan minskar. I Södra Averstad har även signifikant minskande halter för klorid, baskatjoner (kalcium, magnesium, natrium och kalium), totalt aluminium samt totalt organiskt kol noterats. Halten av mangan har däremot ökat.



Figur 4. Markvattendata från Södra Averstad S 05. I figuren redovisas resultaten från det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är kalciumjoner (Ca²⁺), aluminium (Al), sulfatsvavel (SO₄-S) och nitratkväve (NO₃-N).

Blåbärskullen (S 22): EU-yta i centrala Värmland. Beståndet utgörs av 56-årig granskog på sandig-moig morän med viss kulturpåverkan. Boniteten är hög jämfört med övriga provtytor med granskog i länet, ståndortsindex G32. Lokalen är en av tio intensivtytor i landet som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog.

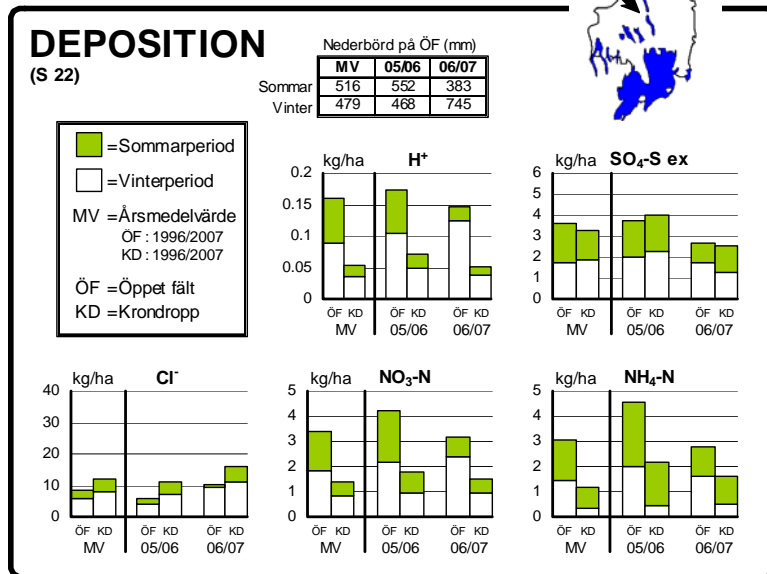
Blåbärskullen är den enda yta i länet där mätningar på öppet fält utförs. Under hydrologiska året 2005/06 uppmättes 1128 mm nederbörd, vilket är det näst högsta värdet sedan mätningarna startade 1996, se Figur 5. Nedfallet av antropogent svavel på öppet fält var 2,6 kg/ha, vilket är den lägsta noteringen under den elvaåriga mätserien. Detta innebär att halterna i nederbörden har varit ovanligt låga. Nedfallet av oorganiskt kväve var 6,0 kg/ha, vilket är något lägre än genomsnittet för hela mätperioden (6,4). I Blåbärskullen mäts även nedfallet av organiskt kväve. Under det senaste året uppmättes 1,2 kg/ha organiskt kväve på öppet fält, vilket är det lägsta värdet sedan mätningarna av organiskt kväve påbörjades år 2000.

Krondroppsmätningarna visade liknande nivå på svavelnedfallet (2,5 kg/ha) som mätningarna på

öppet fält. Vanligtvis uppvisar granytan ett högre värde än på öppet fält med tanke på torrdepositionen i skogsytan, men på senare år har torrdepositionen av svavel minskat kraftigt och därför har också skillnaden mellan depositions mängden i krondropp och öppet fält minskat. Mängden kväve var ungefär hälften så stor som depositionen på öppet fält, 3,1 kg/ha, vilket tyder på ett stort upptag i trädkronan. Mängden organiskt kväve som deponeras till skogen uppmättes till samma nivå som det oorganiska kvävet, d.v.s. 3,1 kg/ha.

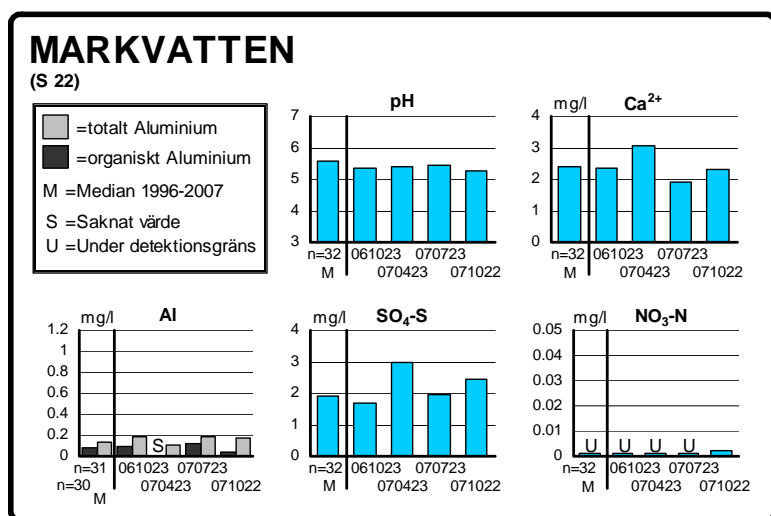
Blåbärskullen ("Godkärra") (S 22)

Gran, 56 år



Figur 5. Depositionsdata från Blåbärskullen, S 22 I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i öppet fält och i krondropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1996-2007 för både öppet och krondropp. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N).

Markvattenmätningarna i Blåbärskullen visar på betydligt mindre sura förhållanden än på övriga lokaler i länet. Markvattnets pH var under 2006/07 omkring 5,4, kalciumhalten var hög och halten av oorganiskt aluminium var låg, se Figur 6, Appendix Tabell A:5. Detta kan förklaras med förhållandevis hög näringsrikedom i marken på skogsytan som gör den mindre försurningskänslig än övriga lokaler i länet. Halten nitratkväve i markvattnet var mycket låg. Även i Blåbärskullen syns tecken i markvattnet på att svavelnedfallet minskat då halten sulfatsvavel i markvattnet har minskat. Däremot har inte pH ökat, utan snarare minskat något. Även kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har minskat signifikant, vilket indikerar ökad försurningsgrad. Kvoten är dock fortfarande förhållandevis hög (>15) och det är först när kvoten går under 1 som man anser att det kan medföra en ekologisk risk. Sedan mätningarna startade 1996 har halterna av baskatjonerna magnesium och kalium minskat signifikant, samtidigt som halterna av klorid och natrium har ökat.



Figur 6. Markvattendata från Blåbärskullen, S 22. I figuren redovisas resultaten från det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är kalciumjoner (Ca²⁺), aluminium (Al), sulfatsvavel (SO₄-S) och nitratkväve (NO₃-N).

Halter i luft av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och marknära ozon (O₃) har mätts vid Blåbärskullen sedan oktober 2000. Under åren har årsmedelhalterna av SO₂ varierat ytterst lite, mellan 0,3 och 0,6 µg/m³ med den lägsta årsmedelhalten under mätperioden 2006/07. Årsmedelhalterna av NO₂ har under åren varierat mellan 0,8 och 1,3 µg/m³ och under mätperioden 2005/2006 var årsmedelhalten 0,9 µg/m³ vilken är den lägsta som uppmätts sedan den första mätperioden 2000/01. Sommarhalvårsmedelhalten av NH₃ har sedan mätningarnas start varierat mellan < 0,3 och 0,5 µg/m³ (0,3 µg/m³ är detektionsgränsen för NH₃) med den högsta sommarhalvårsmedelhalten sedan mätstarten. Under april 2007 var månadshalten av ammoniak 1,5 µg/m³. Sommarhalvårsmedelhalterna för ozon har under åren varierat mellan 57 och 67 µg/m³ med en tangering av den lägsta medelhalten under mätperioden 2006/07.

Transtrandsberget (S 23): EU-yta i granskog, 55 år, på sandig-moig morän och jordmånen järnpodsol i länets nordligaste delar. Ytan ligger i en sluttning mot öster och kan därigenom förväntas vara mindre utsatt för dominerande vindriktningar än lokaler i sydvästsluttningar. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001.

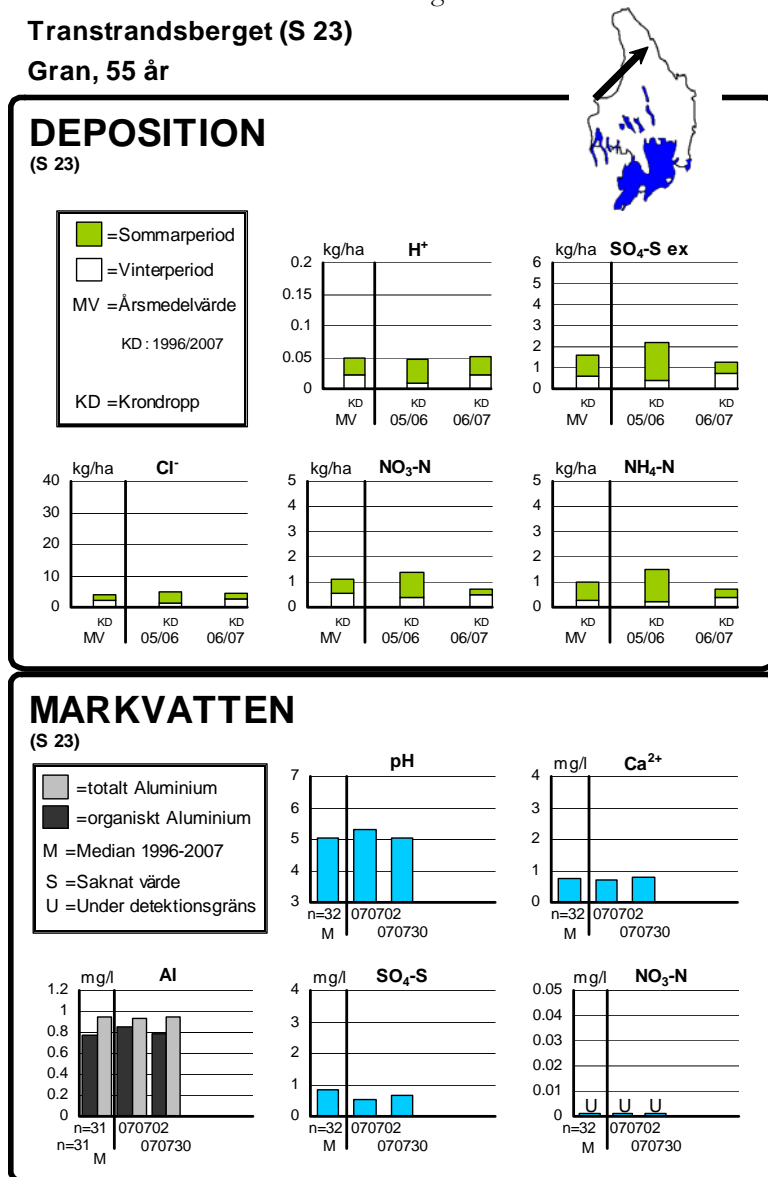
Krondroppsmätningarna i granytan i Transtrandsberget under 2006/07 visade 1,3 kg antropogent svavel och 1,4 kg oorganiskt kväve per hektar, se Figur 7. Detta är betydligt mindre än på de båda övriga lokalerna i länet, vilket beror på läget i norra delen av länet samt att ytan på östsluttningen är lågexponerad för nedfall av luftföroreningar. Både depositionen av svavel och kväve var förhållandevis låg jämfört med medelnivån under den elvaåriga mätserien.

Markvattenprovtagningarna visade på pH-värden omkring 5, precis som i tidigare års mätningar, se Figur 7, Appendix Tabell A:5. Halten sulfatsvavel i markvattnet har minskat under mätserien, och det finns tendenser till minskad försurningspåverkan med till exempel ökat ANC. Halterna av baskatjoner var liksom tidigare år låga och kalciumhalten har minskat signifikant sedan mätningarna startade 1996. Halten av nitratkväve var under detektionsgränsen vid båda mättillfällena under det

hydrologiska året och har hållit sig på en låg nivå under i princip hela mätperioden. Halten av ammoniumkväve har däremot ökat signifikant.

Transtrandsberget (S 23)

Gran, 55 år



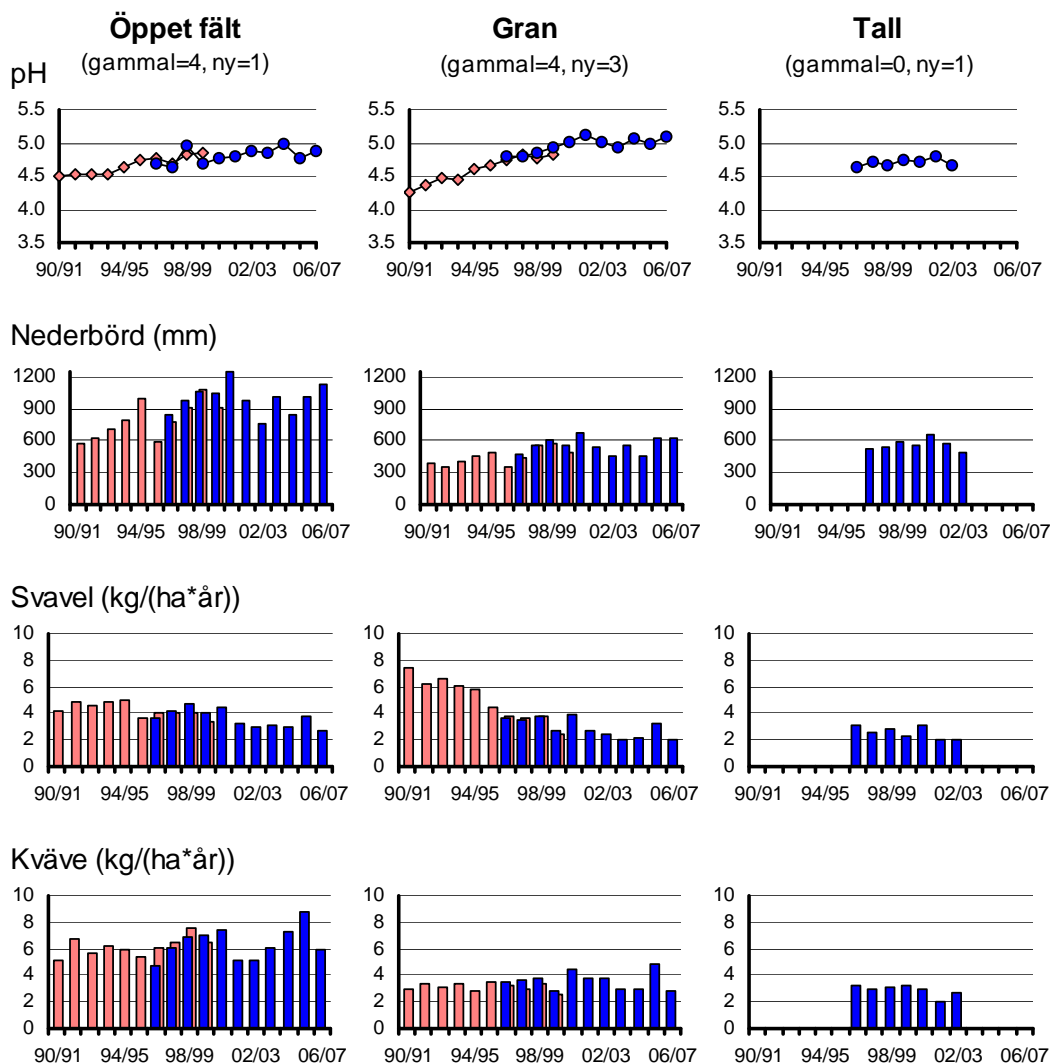
Figur 7. Depositions- och markvattendata från Transtrandsberget S 23. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i kronddropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1996-2007. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). För markvatten redovisas resultaten från det senaste årets två provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel (SO₄-S), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N), kalciumjoner (Ca²⁺) och aluminium (Al).

Tidsutveckling deposition

Figur 8 visar utvecklingen av svavel och kvävedepositionen i Värmlands län från 1990 fram till 2007. Två tidsserier, en ”gammal” tidsserie samt en ”ny”, för mätningar i öppet fält, granskog samt en kort tidsserie för tallskog presenteras. Orsaken till att två tidsserier redovisas är att det 1996/97 startade mätningar vid många nya lokaler. Även relativt små geografiska skillnader kan ge upphov till skillnader i deposition och det är därför viktigt att redogöra för vilka lokaler som ingår i respektive tidsserier. Långa tidsserier behövs för att bedöma trender men det medför i många fall att antalet ingående lokaler blir få.

I det som betecknas ”gammal tidsserie” för mätningarna i öppet fält ingår Båtstad, Södra Averstad, Skived och Mellan Hurr från 1990 fram till 2000. Den nya tidsserien består av mätningar från Blåbärskullen mellan 1996 och 2007. Figur 7 visar minskad försurningsbelastning i länet sedan mätningarna startade 1990. Nederbördens pH har ökat från 4,5 till omkring 4,8. Detta kan förklaras med den minskade svaveldepositionen, från drygt 4 till omkring 3 kg per hektar och år på öppet fält. Minskningen i svaveldeposition har motverkats något av den högre nederbörden jämfört med början av 90-talet. För oorganiskt kväve finns ingen tydlig tidsutveckling och nedfallet på öppet fält har i genomsnitt varit 6 kg/ha och år.

I tidsserierna för mätningar i granytor ingår samma fyra ytor som i den gamla tidsserien för öppet fält medan den nya tidsserien består av mätningar från Södra Averstad, Blåbärskullen och Transtrandsberget mellan 1996 till 2007. Svavelnedfallet via krondropp till granskog har minskat kraftigt sedan början av 90-talet, från 6-7 kg till 2-3 kg per hektar och år. Detta återspeglas även i ökar pH i krondroppet, från mindre än 4,5 till omkring 5,0. För kväve finns ingen tydlig trend. Detta gäller generellt även i övriga delar i Sverige. Variationer mellan åren beror till stor del på variationer i nederbördsmängd. Kvävebegränsningarna är svårare att genomföra än minskade svavelutsläpp eftersom källorna är många och små. Kväveutsläpp sker främst från vägtrafik, arbetsfordon och sjöfart samt jordbruk och animalieproduktion. Svavel har huvudsakligen släppts ut från ett mindre antal stora fossilbränsleldade anläggningar för energiproduktion.



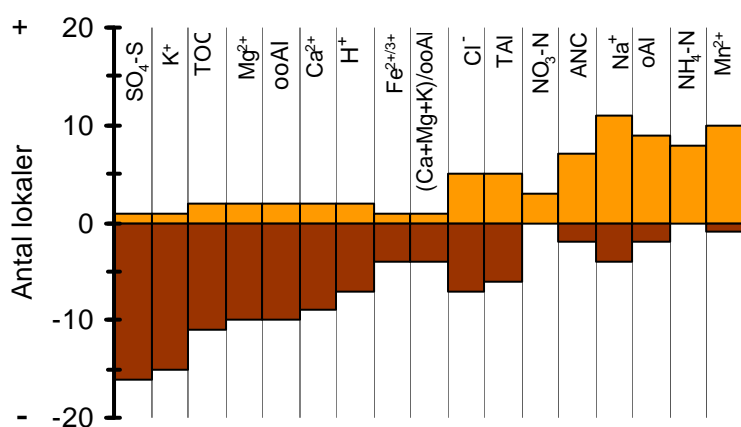
Figur 8. Årsmedelvärden för pH, nederbörd, deposition av svavel och oorganiskt kväve i tre miljöer i Värmland; öppet fält, granskog och tallskog, uppdelat på två tidsserier. I det som betecknas ”gammal tidsserie” för mätningarna i öppet fält och i granskog ingår Båtstad, Södra Averstad, Skived och Mellan Hurr från 1990 fram till 2000. För öppet fält ”ny” tidsserie har mätningar från Blåbärskullen (1996-2007) använts. För den ”nya” tidsserien för gran har mätningar från Södra Averstad, Blåbärskullen och Transtrandsberget (1996-2007) använts. När det gäller tidsserier för tall finns endast en ”ny” mätserie som avslutades 02/03 och till den har mätningar från Böckeln använts.

Tidsutveckling markvatten

Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten på aktiva lokaler med minst fem provtagningar ~2 år. För Värmlands län innebär det att alla aktiva markvattenlokaler är med i analysen.

Figur 9 visar en tydlig trend med sjunkande halter av sulfatsvavel i markvattnet. Det har noterats på hälften av alla lokaler och är en logisk följd av minskad svaveldeposition. Förändringar av markvattnets försurningsgrad är inte lika tydliga, utan det finns exempel på både ökad och minskad

försurning. Markens förmåga att buffra mot syror, uttryckt som ANC har tidigare år företrädesvis sjunkit, men nu ser man att antalet mätlokaler där ANC signifikant ökar är fler än de lokaler där ANC signifikanta minskar. Detta har delvis sin förklaring i att ett antal lokaler med signifikanta minskningar har avslutats och därmed ej längre är med i det redovisade materialet. Dock har även halter av oorganiskt aluminium minskat signifikant på flera lokaler, och mängden vätejoner har minskat på något färre lokaler, vilket skulle tyda på minskad försurning. Markvattnets innehåll av kalium har minskat signifikant på cirka hälften av lokalerna i Svealand och Norrland. På en tredjedel av lokalerna har halterna av magnesium minskat, och på en fjärdedel av lokalerna har även kalciumhalterna minskat. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium visar på minskad försurning (ökande kvot) för ett par lokaler, men minskande kvot (ökad försurning) på något fler lokaler. Sjunkande halter redovisas även för organiskt kol (TOC), vid en del lokaler.



Figur 9. Trendberäkningar för markvatten på 32 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Tidsutveckling lufthalter

Mätningar av lufthalter med diffusiva provtagare har pågått vid tre platser i Värmlands län sedan 1993. Vid Södra Averstad har halterna av SO₂ och NO₂ mätts 1993-2006, medan ozon har mätts sommartid 1995-2006 och året runt 2004-2006. Vid Transtrandsberget mättes SO₂ och NO₂ året runt 1997-2005, medan ozon mättes året runt 1997-2005. Vid Blåbärskullen, slutligen, har SO₂, NO₂ ozon samt NH₃ mätts året runt 2001-2007.

Mätningar av lufthalter påbörjades i Skåne redan 1994 och antalet mätplatser i Sverige har utökats allteftersom. Under hela perioden 1997 till 2005 mättes lufthalter sammanhängande vid fyra platser i Svealand, förutom vid Kvisterhult även vid Edeby i Södermanland, samt vid Södra Averstad och Transtrandsberget i Värmland. Eftersom mätningarna under hela denna period pågått vid samma mätplatser passar denna period bra för trendanalyser. Tyvärr har lufthaltsmätningarna avslutats vid många platser i Sverige, vilket försvårar fortsatta trendanalyser.

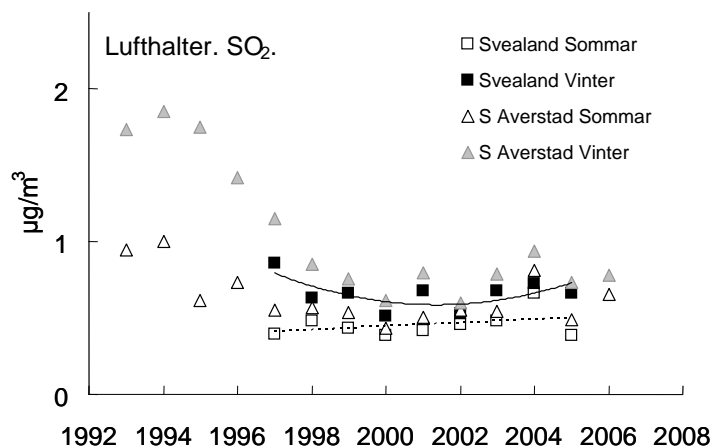
Vi visar i denna analys av tidsutvecklingen årliga medelvärden för Södra Averstad, eftersom denna plats har de längsta mätserierna i Värmland, samt årliga medelvärden för de fyra platser i Svealand som nämnt ovan, varav Södra Averstad utgör en mätplats, uppdelat i sommar- och vinterhalvår. För ozon redovisas endast halter sommartid vid Södra Averstad, eftersom mätningar vintertid pågått under en relativt kort period.

Svaveldioxid (SO₂)

Beräkningar inom EMEP visar att en överväldigande del av svavelnedfallet över Sverige beror av långväga transport med källor utanför Sveriges gränser (EMEP, 2007). EU's samlade SO_x emissioner har minskat till en nivå ca 25 % av vad de var i början av 1980-talet (EMEP, 2007). Följaktligen har såväl nedfallet som lufthalterna av SO₂ minskat sedan mätningar inom Krondroppsnetet påbörjades under 1990-talet.

I Figur 10 visas lufthalter av SO₂ för Värmlands län och för Svealand som helhet, uppdelat på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Värmlands län, Södra Averstad, och fyra mätplatser för Svealand. Den långa tidsserien för SO₂-halter vid Södra Averstad visar att halterna av SO₂ vintertid minskade kraftigt under senare delen av 1990-talet och nådde ett minimum runt millennieskiftet, varefter halterna har ökat något. Tendensen till ökande halter av SO₂ under 2000-talet syns även för förekommande mätningar vid Transstrandsberget och Blåbärskullen (data visas ej). Halterna av SO₂ vid Södra Averstad, liksom vid Transstrandsberget och Blåbärskullen, har under 2000-talet legat i nivå eller något högre jämfört med medelvärdena för Svealand som helhet.

Södra Averstad är beläget nära Vänern. Det vore intressant att göra en analys i vad mån de kraftiga minskningarna av SO₂-halterna i slutet av 1990-talet var resultatet av minskande långväga transport alternativt resultatet av utsläpps begränsningar vid de tunga industrier som är belägna runt Vänern.



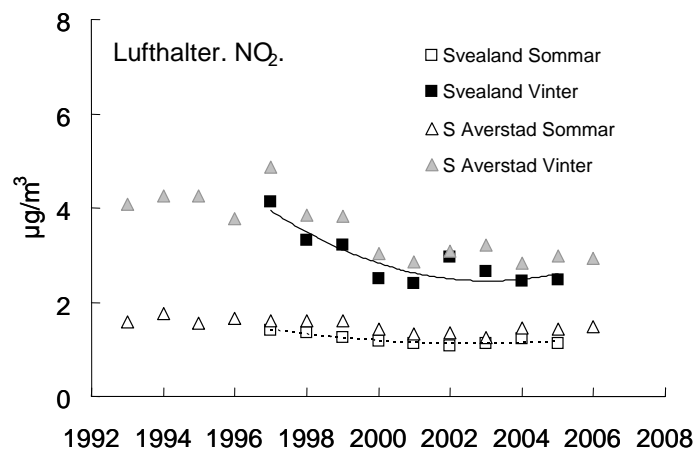
Figur 10. Lufthalter av SO₂ i Värmlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Värmlands län, Södra Averstad, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Södra Averstad utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1998-2005 för Svealand sommarhalvår (streckad linje) och Svealand vinterhalvår (heldragen linje). Trendanalyserna som baserar sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Svealand vintervärden på 0,47 och för Svealand sommarvärden på 0,13. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,04 och 0,13 för vinter och sommar värden. En polynomfunktion beskriver således bättre trenden i data, jämfört med en linjär funktion, i varje fall för vintervärden. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Kvävedioxid (NO₂)

Även EU's samlade emissioner av oxiderat (NO_x) och reducerat (NH₃) kväve har minskat, men inte alls lika mycket som svavel, utan endast till en nivå ca 70-80 % av vad de var i början av 1980-talet (EMEP, 2007). Ursprunget för nedfallet av kväve över Sverige är dessutom lite mer komplicerat, där oxiderat kväve till mer än 90 % har sitt ursprung utanför Sveriges gränser, medan

motsvarande värde vad gäller reducerat kväve ligger mellan 50 och 80 % för Svealand (EMEP, 2007).

Figur 11 visar lufthalter av NO₂ för Värmlands län och Svealand, uppdelat på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för samma mätplatser och perioder som redovisats för SO₂ ovan. Lufthalterna av NO₂ vid Södra Averstad ligger något högre jämfört med medelvärden för Svealand. För såväl Södra Averstad som Svealand som helhet syns en tydligare minskning av NO₂ halterna vintertid i slutet av 1990-talet. Halterna av NO₂ vintertid vid Transtrandsberget och Blåbärskullen ligger under 2000-talet ungefär hälften så högt, ca 1,5 µg/m³, jämfört med Södra Averstad, ca 3 µg/m³ (data visas ej)

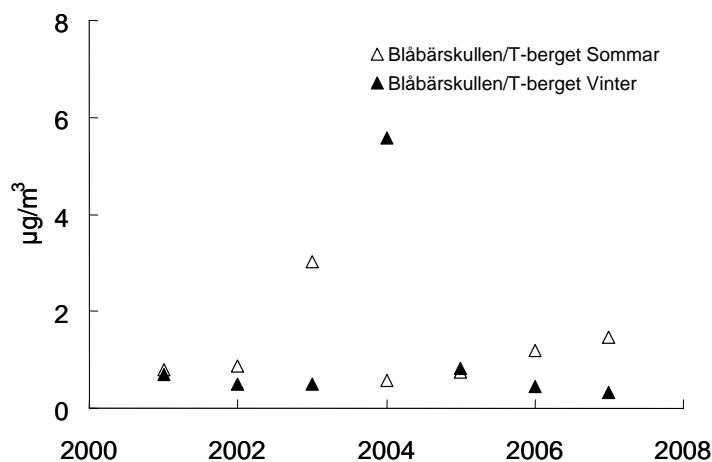


Figur 11. Lufthalter av NO₂ i Värmlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Värmlands län, Södra Averstad, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Södra Averstad utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2005 för Svealand sommarhalvår (streckad svart linje) och Svealand vinterhalvår (heldragen svart linje). Trendanalyserna som baserar sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Svealand vintervärden på 0,81 och för Svealand sommarvärden på 0,82. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,62 och 0,55 för vinter och sommar värden. En polynomfunktion beskriver således bättre trenden i data, jämfört med en linjär funktion. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak har en mycket hög depositions hastighet mot mark och växtlighet, vilket gör att effekterna av utsläpp påverkar lufthalterna huvudsakligen inom korta avstånd. Detta gör att variationerna i lufthalterna av ammoniak blir mycket stora, såväl mellan olika månader och år som mellan olika platser. Det är därför svårt att göra statistik och trendanalyser av NH₃-halter.

I Figur 12 visas, baserat på månadsmätningar, maximalt uppmätta månadshalter av NH₃, under sommaren respektive vintern, för de två mätplatser i Värmlands län där NH₃-halter mätts. Halter visas endast för länet, eftersom halterna varierar kraftigt över södra och mellersta Sverige. De årliga maximala halterna av NH₃ ligger allmänt under 1,5 µg/m³, förutom vid två tillfällen, Transtrandsberget i augusti 2003 och Blåbärskullen i januari 2004. På grund av att källorna för NH₃ ofta är mycket lokala är det svårt att uttala sig vad dessa höga halter beror på.

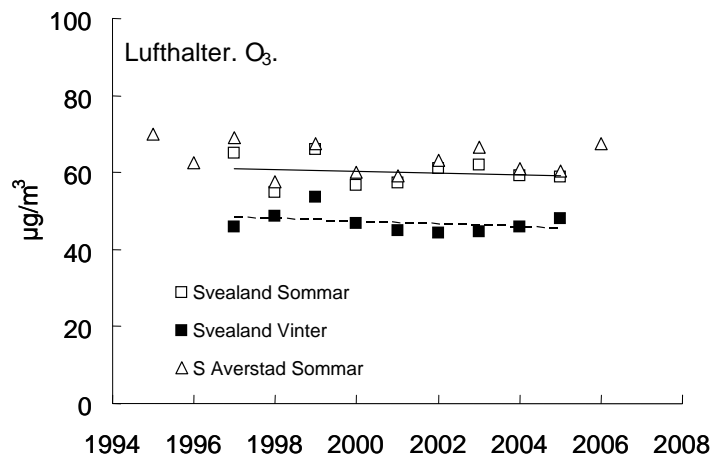


Figur 12. Lufthalter av ammoniak i Värmlands län, som årliga maximala värden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar vid två mätplatser i länet, Blåbärskullen och Transtrandsberget (T-berget). Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Marknära ozon (O₃)

Marknära ozon är en sekundär luftförorening, som bildas nära marken genom en serie kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset. De viktigaste utgångsämnen för ozonbildning är kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Förekomsten av ozon i Sverige nu och i framtiden beror av flera storskaliga förändringar. Utsläpp av höga halter av ozonbildande ämnen ifrån kontinental Europa och Storbritannien kan under vissa väderförhållanden transporteras i väl sammanhållna luftmassor till Sverige. Om det råder soligt väder under transporten och över Sverige ger detta upphov till dagar med mycket höga ozonhalter, så kallade ozonepisoder. Genom de beslut om utsläpps begränsningar som tagits inom konventionen om långväga transporterade luftföroreningar (LRTAP) samt inom EU, förväntas frekvensen av ozonepisoder över Sverige minska i framtiden. De samlade utsläppen av flyktiga organiska kolväten från EU har minskat med mer än 50 % sedan 1980, medan den andra viktiga ämnesgruppen för ozonbildning, NO_x, som redan nämnts minskat i mindre utsträckning, ca 30 %. Samtidigt sker en höjning av bakgrundshalterna av ozon över hela norra halvklotet. Orsakerna till denna höjning är antropogena utsläpp av ozonbildande ämnen som transporteras över hela norra halvklotet genom interkontinental transport. Ozon har därmed blivit ett delvis globalt problem och det har beräknats att ca en tredjedel av den ozonbildning som sker över södra Sverige beror av utsläpp av ozonbildande ämnen över Nordamerika och Sydostasien (Derwent m.fl., 2004). Ozonförekomsten i södra och norra Sverige är till olika del beroende av ozonepisoder respektive bakgrundshalter och uppvisar därför lite olika trender.

Ozonhalterna som medelvärde sommartid för Södra Averstad ligger aningen över motsvarande medelvärden för Svealand i stort, (Figur 13). Halterna för Svealand i stort har minskat en aning under perioden 1997-2005 för såväl sommar som vintertid. Halterna av ozon sommartid vid de två andra mätplatserna i Värmland, Transtrandsberget och Blåbärskullen, har under 2000-talet varit på samma nivå som de vid Södra Averstad.



Figur 13. Lufthalter av ozon i Värmlands län och som medelvärde för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Värmland, Södra Averstad, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Södra Averstad utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2006 för Svealand sommarhalvår (heldragen linje, minskning 0,2 µg/m³ årligen) och Svealand vinterhalvår (streckad linje, minskning 0,3 µg/m³ årligen). Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål

Mätningarna av nedfall, markvattenkemi och lufthalter inom Krondroppsnätet är viktiga för att följa upp i vilken utsträckning nationella och internationella beslut om minskade emissioner leder till minskat nedfall samt minskade halter i luften, och om detta i så fall återspeglas i markvattenkemin. För att kunna utgöra en bas för nationell och regional miljömålsuppföljning krävs mätningar med minst den omfattning som finns i programmet 2007-2010. Uppföljning av nationella såväl som regionala miljö kvalitetsmål kräver även kartläggningar med högre geografisk upplösning, samt ibland även kartläggning av andra indikatorer än de som mäts. Detta kan lösas med hjälp av olika typer av modellering. En annan fördel med modeller är att de kan användas för att göra jämförande studier av olika framtida trender vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat, vilket kan utgöra ett bra underlag för beslut om framtida emissionsminskningar samt underlag för rådgivning beträffande skogsbruksmetoder. På nationell nivå har denna typ av modelleringar gjorts (t.ex. Naturvårdsverket, 2007a och b, Zetterberg m.fl., 2006) och underlaget för de nationella modelleringarna är ofta genomförda med tillräckligt hög geografisk upplösning så att det är användbart även på regional nivå.

I detta kapitel presenteras metodik och resultat från modelleringsansatser på nationell nivå och på regional nivå i Värmlands län inom miljö kvalitetsmålen "*Bara Naturlig Försurning*" och "*Ingen Övergödning*", samt en beskrivning av pågående metodutveckling för miljö kvalitetsmålet "*Frisk Luft*". För varje miljö kvalitetsmål finns nationella och regionala delmål samt indikatorer. Indikatorerna visar förändringar av parametrar som är viktiga för uppföljningen av miljö kvalitetsmålen och dess delmål. Dessutom finns nationella målformuleringar för samtliga miljö kvalitetsmål med avseende på vad målet bör innebära inom tidsperspektivet en generation. Samtliga modellerade parametrar som presenteras här har en direkt eller indirekt koppling till något av delmålen, indikatorerna eller generationsperspektivet för något av de tre här ovan nämnda miljö kvalitetsmålen. Den regionala

modelleringen är ett första försök att skala upp nationella kartläggningar relaterade till försurning och övergödning till länsnivå i samtliga län inom Krondroppsnetet.

Modelleringsarna ska ses som exempel på vad som kan göras och modelleringsansatserna är tänkta att utvecklas i samråd mellan IVL, Länsstyrelserna och Luftvårdsförbunden under den fyraåriga programperioden. En samordning kan även med fördel göras med de nationella modelleringsansatserna under denna period.

Bara naturlig försurning

Miljökvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" lyder:

"De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen skall heller inte öka korrosionshastigheten i tekniska material eller kulturföremål och byggnader."

De parametrar som belyses i denna rapport beträffande "Bara naturlig försurning" presenteras i Tabell 1, liksom kopplingen till delmål, indikator eller mål inom generationsperspektivet. I flera fall kopplar parametrarna till flera olika delmål, indikatorer och generationsperspektivformuleringar, och i de fallen omnämns de som bedöms passa bäst in på parametrarna.

Tabell 1. Översikt över modellerade parametrar inom miljömålet "Bara naturlig försurning".

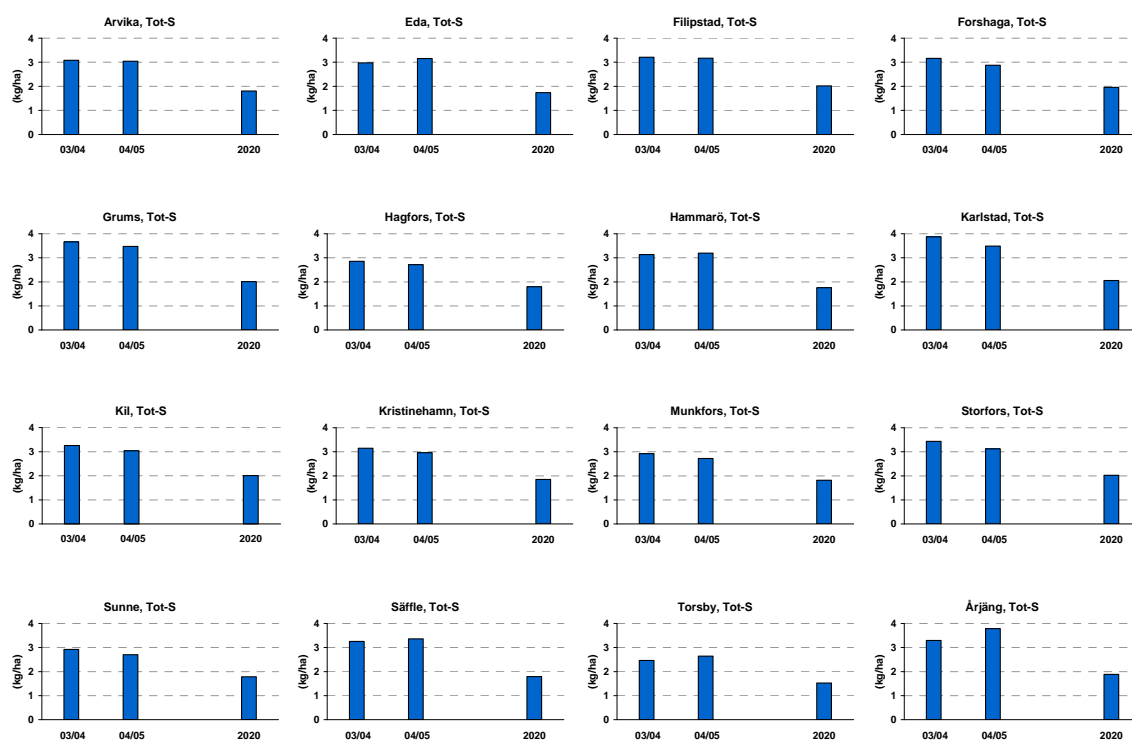
Modellerad parameter	Upplösning	Delmål/Indikator/Generationsperspektiv
Deposition av S, nu och 2020	kommun	Indikator: Nedfall av svavel
Deposition av N, nu och 2020	kommun	Indikator: Nedfall av kväve
Överskridande av kritisk belastning i skogsmark, nu och 2020	nationell, regional	Generationsperspektivet: Depositionen av försurande ämnen överskrider inte den kritiska belastningen för mark och vatten.
Antropogent försurade sjöar nu och 2020	nationell, regional	Regionalt delmål: Färre försurade vatten
Skogsbrukets försurningspåverkan	nationell	Generationsperspektivet: Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet

Deposition av svavel och kväve, nu och 2020

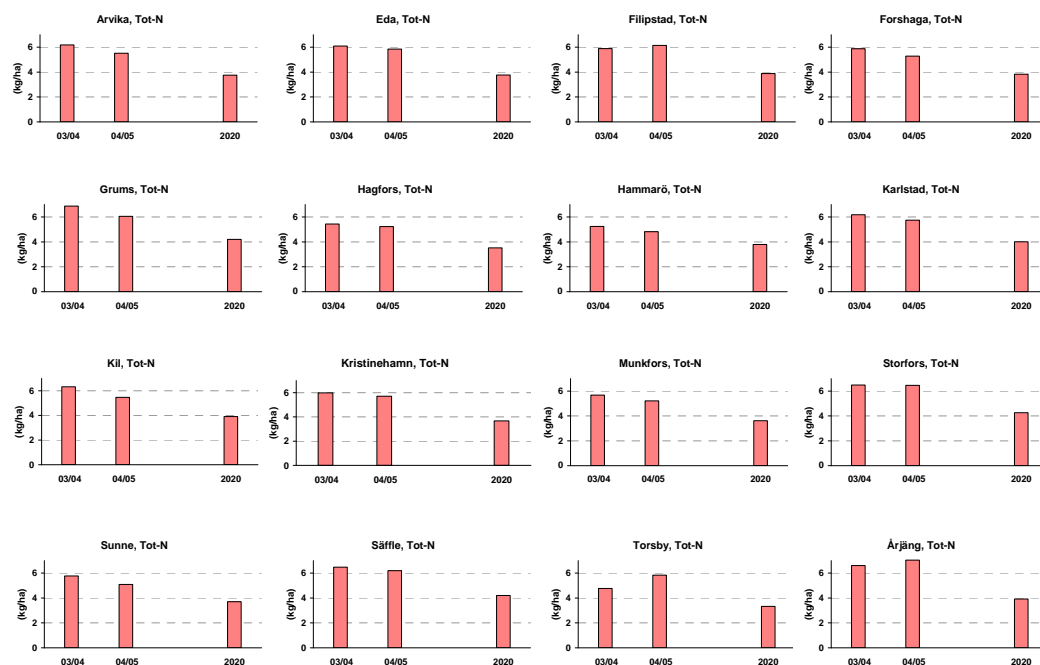
Två av de modellerade parametrarna för miljömålet "Bara naturlig försurning" kopplar till indikatorerna nedfall av svavel och nedfall av kväve. Nedfall av svavel och kväve baseras på beräkningar med det s.k. "MATCH-Sverige" modellsystemet som SMHI driver på uppdrag av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (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. Baserat på dessa nationella beräkningar (20x20 km) har SMHI, i samarbete med Krondroppsnetetsprogrammet, utvecklat en beräkningsmetodik med en högre geografisk upplösning (5*5 km). Depositionsdata i denna upplösning är anpassad till markanvändning och nederbörd inom respektive 5*5 km ruta. Med hjälp av oberoende mätdata från Krondroppsnetet kan ytterligare förfiningar göras av beräkningarna inom "MATCH-Sverige"-modellen. Data från Krondroppsnetet är därför viktiga för den kontinuerliga modellutvecklingen, dels som ett oberoende dataset att utvärdera mot, dels för att utveckla modellen med avseende på torrdeposition till skog.

Kommunvis deposition har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de rutor som ingår i respektive kommun. Detta har gjorts för svavel och kväve för de hydrologiska åren 2003/2004 och 2004/2005, som för närvarande är de år där modelldata från SMHI finns tillgängliga i denna form, se Figur 14 & 15. Data finns även för tidigare år, men på grund av modellförändringar är inte dessa data direkt jämförbara. Beräkningar har även gjorts för 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation, som är ett slags basscenario som utgår från dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa.

Depositionsnivåerna i Värmland följer en gradient från norr till söder. I Torsby i norr deponerades enligt beräkningarna ca 2,5 kg svavel och 6 kg kväve per hektar under 2004/05 medan Årjäng i söder tog emot nästan 4 kg svavel och 7 kg kväve per hektar och år. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till drygt 1,5-2 kg svavel och omkring 3,5 - 4,5 kg kväve per hektar till år 2020. Nedfallet går inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppsytor, eftersom det modellerade nedfallet är ett medelvärde för en hel kommun medan Krondroppsmätningarna gäller en specifik yta, med specifika exponeringsegenskaper. Dessutom är den modellerade depositionen ett medelvärde för de markanvändningsslag som ingår i kommunen, medan nedfallet gäller antingen skog eller öppet fält. När det gäller kväve är det även viktigt att komma ihåg att modelleringen ger totaldepositionen av kväve medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan.



Figur 14. Svavelnedfall på kommunnivå i Värmlands län under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.



Figur 15. Kvävenedfall på kommunnivå i Värmlands län under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

Överskridande av kritisk belastning för skogsmark, nu och 2020

Konceptet Kritisk belastning för försurning av skogsmark

Miljömålsbeskrivningen anger att Miljökvalitetsmålet "*Bara naturlig försurning*" i ett generationsperspektiv bör innebära följande: "Depositionen av försurande ämnen överskrider inte den kritiska belastningen för mark och vatten." Kritisk belastning för aciditet är den maximala försurande deposition ett ekosystem tål. För att beräkna kritisk belastning krävs:

- att en indikator för ekosystemet identifieras, det vill säga ett djur eller en växt som används som måttstock för ekosystemet,
- att ett kriterium definieras för indikatorn, det vill säga en mätbar parameter som relaterar till indikatorns status, samt
- att en kritisk gräns sätts för kriteriet, som relaterar till vad indikatorn tål.

Kritisk belastning beräknas därefter som den maximalt tillåtna deposition som kan tillåtas för att kriteriet ska uppfyllas. Nationella beräkningar av kritisk belastning görs för skogsmark och sjöar. I denna rapport presenteras resultat för skogsmark.

För skogsmark utgör träd indikatorn, kriteriet är kvoten mellan baskatjoner (Ca, Mg och K) och oorganiskt aluminium i markvatten i rotzonen, och den kritiska gränsen definieras som att kvoten måste vara minst 1. Det innebär att den lägsta deposition som leder till att kvoten mellan

basketjoner och oorganiskt aluminium (baserat på enheten mol) underskrider 1 är den kritiska belastningen för aciditet. Det är viktigt att komma ihåg att överskridandet av den kritiska belastningen beräknat på detta sätt enbart visar på huruvida nedfallet är högre än vad den valda indikatorn, i detta fall trädet, tål på lång sikt. Olika ekosystem och olika indikatorer kan tåla olika mycket. Metodiken finns utförligt beskriven i den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" (Naturvårdsverket, 2007b).

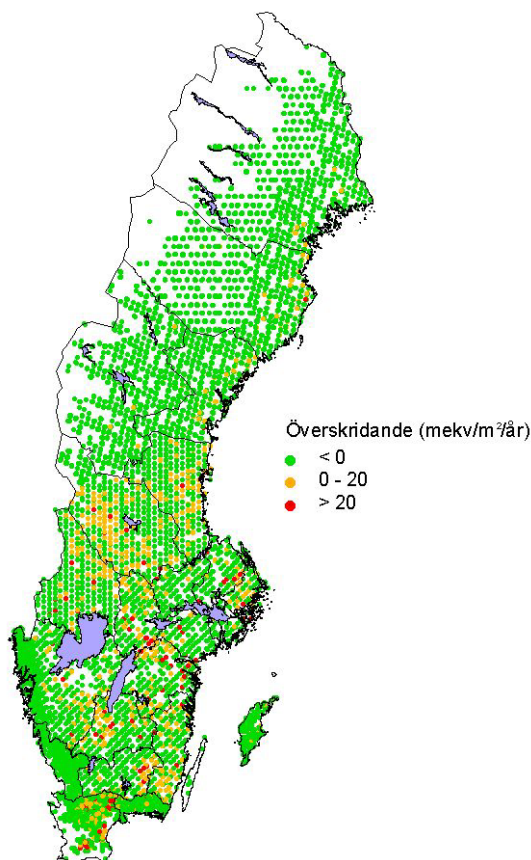
Beskrivning av beräkningsmodellen

Överskridande av kritisk belastning för aciditet (försurning) i skogsmark har beräknats i nationell skala (Naturvårdsverket, 2007b), på 16 106 ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) med PROFILE-modellen (Sverdrup & Warfvinge, 1993). PROFILE-modellen är en statisk modell, vilket innebär att kritisk belastning beräknas utifrån nuvarande nedfall, och ingen försurningshistorik finns därmed med. Den säger heller inget om när negativa effekter kommer att uppstå om den kritiska belastningen överskrids, eller om markerna återhämtar sig helt och hur lång tid det i så fall tar i områden där den kritiska belastningen inte överskrids. För att kunna göra denna typ av bedömningar krävs dynamiska markmodeller, t.ex. ForSAFE-VEG (Wallman, m.fl., 2004, Belyazid, m.fl., 2006), där depositionshistoriken är indata i modellen och modellresultatet visar på tidsutvecklingen i framtiden. Dessa modeller kräver mer indata, men körningar med de enklare modellerna kan med fördel kompletteras med körningar med dynamiska modeller på ett begränsat antal ytor, för att få en mer fullständig bild av försurningsläget.

Beräkningarna med PROFILE har gjorts med antagandet att enbart stammar skördas, inte grenar och toppar. Inför den fördjupade utvärderingen 2007 gjordes en noggrann genomgång av metodiken. En viktig förändring, jämfört med tidigare års beräkningar, var att ett rotviktat medelvärde för kvoten mellan basketjoner och oorganiskt aluminium användes, i stället för att som tidigare använda den lägsta kvoten oavsett jordlager. Detta medför att den kritiska belastningen idag beräknas vara högre, och överskridandet lägre, jämfört med tidigare beräkningar. Många ytor har ett nedfall som är nära den kritiska belastningen, och små förändringar i beräkningarna kan därmed leda till stora skillnader i bedömningen av andelen ytor som överskrids.

Resultat för Sverige och Värmlands län

Med den reviderade beräkningsmetodiken visar resultaten att nationellt överskrids den kritiska belastningen på 13 % av skogsmarken baserat på medeldepositionen för 2003-2005. År 2020, enligt CLE-scenariet, överskrids den kritiska belastningen enbart på 1 % av skogsmarken. I södra Sverige finns fler ytor med överskridande än i norra Sverige (Figur 16). I Värmland, där 979 ytor modellerats, överskrids den kritiska belastningen på 19 % av skogsmarken, vilket är mer än genomsnittet för landet. Områden med överskridandet finns i hela länet. År 2020 överskrids den kritiska belastningen enbart på 1 % av ytorna i länet, enligt CLE-scenariet.



Figur 16. Överskridande av kritisk belastning i skogsmark i Sverige på ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS). Beräkningarna baseras på medeldepositionen 2003-2005.

Antropogent försurade sjöar nu och 2020

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 2008) är sjöar antropogent försurade om deras pH-värde minskat med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid. Detta kan bedömas med hjälp av MAGIC-modellen (Cosby, m.fl., 2001) eller med MAGIC-biblioteket (www.ivl.se/magicbibliotek) som baseras på befintliga modelleringar med MAGIC-modellen på några hundra sjöar i Sverige. För detta krävs sjökemidata från någon tidpunkt, t.ex. från en Riksinventering. Bedömningar har gjorts för 2007 samt för CLE-scenariet för 2020. Måläret för delmålet är 2010, men här valdes att presentera resultat för 2020, för att täcka in en längre tidsperiod.

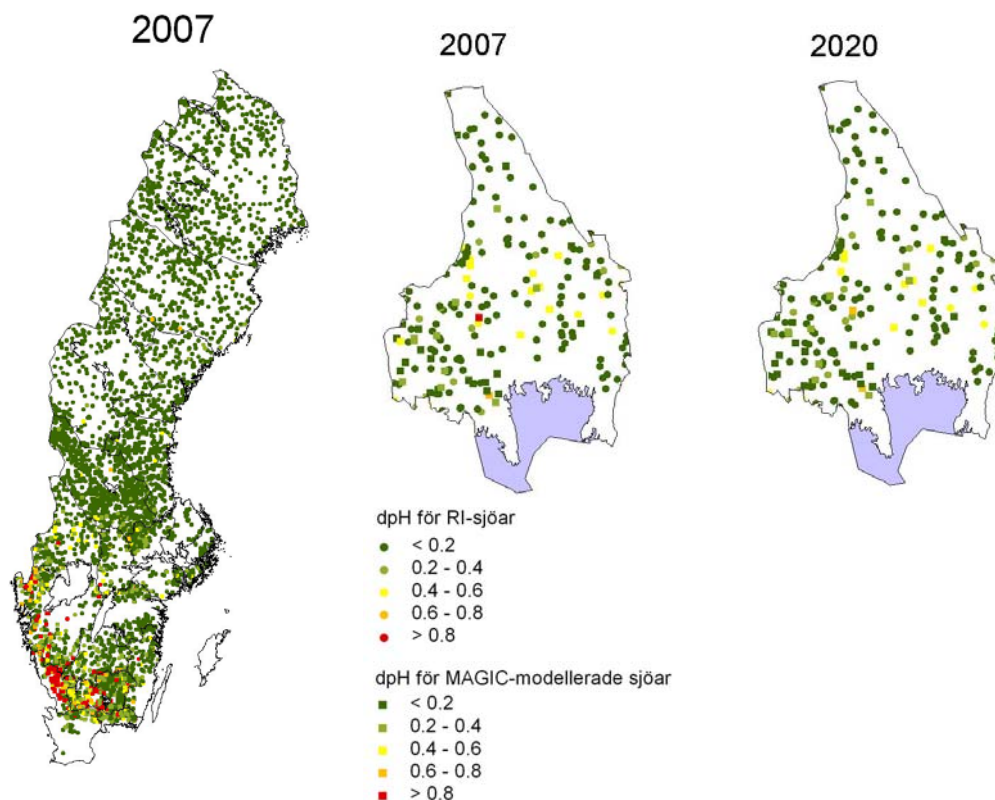
Resultatet för Sverige och Värmlands län visas i Figur 17. Figuren visar resultat från modelleringar med MAGIC samt från bedömningar med MAGIC-biblioteket baserat på provtagningar från två Riksinventeringar, 2000 och 2005. I de fall där en sjö provtagits i båda Riksinventeringarna har resultat från den senaste använts i kartan. En skillnad mellan Riksinventeringarna är att i Riksinventeringen 2005 ingår sjöar som är större än 1 ha, medan i Riksinventeringen 2000 ingår endast sjöar som är större än 4 ha. Sjökemin är starkt beroende av årets hydrologiska förhållanden, vilket påverkar försurningsbedömningen, så skillnader i resultaten kan delvis bero på det. I Sverige finns totalt 810 sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen, 3464 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 2876 enligt Riksinventeringen 2005. Andelen antropogent försurade sjöar år 2007 beräknades till 4,2 % vid bedömningen baserad på Riksinventeringen 2000 och 3,4 % vid bedömningen baserad på Riksinventeringen 2005.

Motsvarande andelar år 2020 bedöms bli något lägre, 3,8 % respektive 2,9 %. Andelen sjöar med större pH-förändring än 0,4 är störst i sydvästra Sverige och avtar snabbt åt nordost.

Ett av de regionala delmålen för Värmlands län i "Bara naturlig försurning" lyder:

"År 2010 ska högst 5 procent av antalet sjöar i Värmlands län som är större än 4 hektar och högst 15 procent av sträckan rinnande vatten med tillrinningsområden som överstiger 15 km², vara drabbade av försurning som orsakats av människan."

I Värmlands län finns 45 sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen, 151 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 171 enligt Riksinventeringen 2005. Andelen försurade sjöar i Värmlands län beräknades dels baserat på bedömningar med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och dels enligt Riksinventeringen 2005. Eftersom inte alla sjöar i länet är bedömda har en viktning gjorts, där varje bedömd sjö har viktats med avseende på hur många av länets sjöar den kan antas representera. Andelen antropogent försurade sjöar i Värmland år 2007 beräknades till 8 % baserat på Riksinventeringen 2000 och 15 % baserat på Riksinventeringen 2005, vilket överskrider delmålet på 5 %. År 2020 beräknades antalet försurade sjöar ha minskat till 6 respektive 11 %, vilket även det överskrider gränsen för delmålet något. De försurade sjöarna är fördelade över länet, förutom den norra spetsen där inga av de kartlagda sjöarna är försurade.



Figur 17. pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2007 och 2020 (enligt CLE-scenariot), baserat på MAGIC. Fyrkanterna är sjöar modellerade med MAGIC-modellen, medan cirklarna är sjöar inom Riksinventeringarna som är bedömda enligt MAGIC-biblioteket, d.v.s. sjöar som inte är modellerade, utan jämförda med liknande modellerade sjöar. I de fall där en sjö är bedömd både baserat på Riksinventeringen 2000 och Riksinventeringen 2005 är det den senare som använts i kartan.

Skogsbrukets försurningspåverkan

När skogen tar upp näringsämnen från marken, främst i form av positivt laddade joner, sker en tillförsel av vätejoner till marken. Detta innebär att marken försuras kontinuerligt medan trädet växer. I naturliga system, där ingen biomassa skördas, sker så småningom nedbrytning av biomassan som leder till neutralisering av syran som orsakades av tillväxten. Vid skörd av stammar, och ibland även av grenar, toppar, barr och stubbar, blir däremot försurningen bestående.

Miljömålsbeskrivningen anger att Miljökvalitetsmålet "*Bara naturlig försurning*" i ett generationsperspektiv bör innebära att "Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet". Inom den fördjupade utvärderingen för miljömålet "*Bara naturlig försurning*" (Naturvårdsverket, 2007b) har skogsbrukets bidrag till försurningen kvantifierats och jämförts med bidraget från försurande nedfall. Detta gjordes på drygt 10 000 gran- och talltytor inom Riksinventeringen för skog (RIS). Enbart kvävenedfallet som inte tas upp av skogsekosystemet, utan lakas ut, antogs vara försurande. Beräkningarna visar att skogsbrukets bidrag vanligtvis är mellan 30 och 70 %. Den högre siffran gäller då inte bara stam utan även grenar och toppar skördas, vilket leder till större baskatjonförluster. Både depositionen och skogsbruket försurar mer i söder än i norr, eftersom både nedfallet och tillväxten är högre i söder. Skogsbrukets bidrag är störst i sydost, där tillväxten är hög och nedfallet lägre än i sydväst.

Syntes av försurningsparametrarna

Kartläggningen av antropogent försurade sjöar i Sverige visar en tydlig gradient med störst andel försurade sjöar i sydväst. Överskridande av kritisk belastning i skogsmark visar att det generellt finns större areal med överskridande i södra halvan av Sverige än i norra men den öst-västliga gradient som finns för sjöar i södra Sverige finns inte för skogsmark. Tvärtom finns färre ytor med överskridande av kritisk belastning för skogsmark i Halland och f.d. Göteborgs och Bohus län än i de centrala och östra delarna av Götaland.

Beräkningarna för Värmland visar att den kritiska belastningen för skogsmark överskrids på 19 % av skogsmarken i länet med nuvarande deposition, men att om nedfallet sjunker enligt beräkningar med CLE-scenariet kommer det enbart vara 1 %. Beräkningen av andel försurade sjöar visade även den på ett kvarstående försurningsproblem, med en andel som överskred delmålet gräns på 5 %. Vid tolkning av resultaten för skog och sjöar är det viktigt att notera att beräkningarna för skog och sjöar skiljer sig åt konceptuellt, framför allt i tre avseenden:

- Beräkningarna för skog avser framtida risker, om det försurande nedfallet antas vara konstant på nuvarande nivå eller nivån för 2020, medan beräkningarna för sjöar avser läget vid en specifik tidpunkt, nu eller 2020.
- Beräkningarna för skog gäller rotzonen, men vid beräkningarna för sjöar har även djupare jordlager stor betydelse.
- Beräkningarna för skog baseras på kvoten mellan baskatjoner och aluminium i rotzonen medan beräkningarna för sjöar gäller en pH-förändring i sjön.

Även om resultaten inte är direkt jämförbara på grund av olikheterna i antagandena ovan är det intressant att studera resultaten tillsammans, och en grundligare jämförelse bör därför göras. Havssaltsdepositionen, som avtar snabbt i storlek med avståndet från havet, har en direkt påverkan på kriteriet för skogsmark, kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium i markvatten, och kan påverka ytliga jordlager (rotzonen), djupare jordlager och ytvatten på olika sätt. Denna effekt bör utredas närmre. Resultaten för sjöar och mark bör även jämföras med kritisk belastning för

sjöar samt mätningar av tillståndet idag, t. ex. markvattenkemi från Krondroppsnätet och markkemi från Riksinventeringen för skog, för att öka förståelsen för kopplingen mellan försurning av mark och vatten.

Skogsbrukets bidrag till försurningen är påtagligt och det är viktigt att ha en helhetssyn när det gäller försurningsfrågan, som både inkluderar luftföroreningar och skogsbruk.

Ingen övergödning

Miljö kvalitetsmålet "*Ingen övergödning*" lyder:

"Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten."

Risken med förhöjd kvävebelastning kan delas upp i två delar, risken för förändringar i markvegetationens sammansättning och biodiversitet samt risken för förhöjd utlakning av kväve till yt- och grundvatten. Påverkan på markvegetationen sker vid en lägre deposition jämfört med risken för förhöjd utlakning. I delar av Sverige där nedfallet varit förhållandevis lågt är kväveriskerna främst kopplade till markvegetationens sammansättning och biodiversitet, medan fokus i de sydväsliga delarna av Sverige är på risken för utlakning, eftersom dessa delar under en lång tid har haft en hög deposition och förändringar av markvegetationen har därför i många fall redan skett. De parametrar som belyses i denna rapport beträffande "*Ingen övergödning*" presenteras i Tabell 2, liksom kopplingen till delmål, indikator eller mål inom generationsperspektivet.

Tabell 2. Översikt över modellerade parametrar inom miljömålet "*Ingen övergödning*".

Modellerad parameter	Upplösning	Delmål/Indikator/Generationsperspektiv
Deposition av N, nu och 2020	kommun	Indikator: Tillförsel av kväve till kusten
Kväveackumulering	nationell, regional	Indikator: Tillförsel av kväve till kusten Generationsperspektivet: Skogsmark har ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen.

Deposition av kväve, nu och 2020

Hög kvävedeposition kan bidra till övergödning av haven, dels genom direkt deposition på sjöar och hav, dels genom avrinning från marken. Kvävedeposition är därför en viktig del vid uppföljning av indikatorn Tillförsel av kväve till kusten. Depositionen av kväve på kommunnivå har presenterats under "*Bara naturlig försurning*" (Figur 15), och kommenteras där.

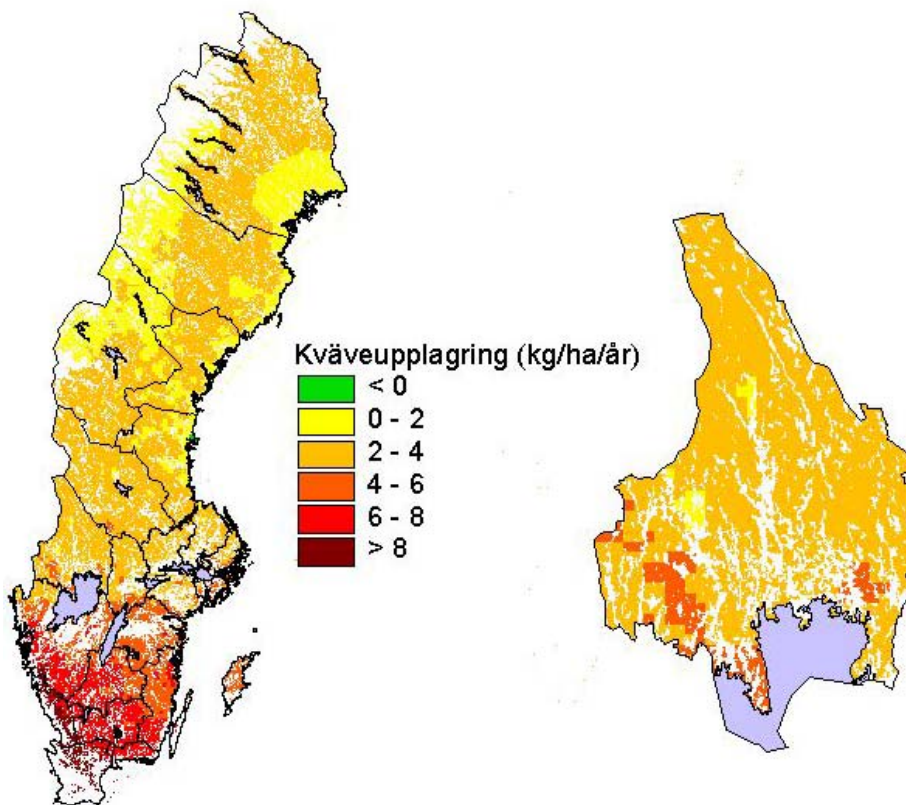
Kväveackumulering

Kväveackumulering i skogsmark kan utgöra en viktig del vid uppföljning av indikatorn Tillförsel av kväve till kusten och kopplar även till formuleringen att skogsmarken i ett generationsperspektiv ska ha "ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen". Kväveackumulering innebär en risk för förändringar i vegetationens sammansättning och hög kväveackumulering innebär även en risk för förhöjd utlakning av kväve till ytvatten. Eftersom skogsmark täcker så stor del av landytan i Sverige skulle en förhöjd utlakning kunna bidra påtagligt till kvävetillförseln till kusten. Kväveackumulering i skogsekosystemet kan beräknas som flöde in i

systemet minus flöde ut ur systemet (Akselsson & Westling, 2005). Interncirkulationen av kväve i systemet, det vill säga utbyte mellan mark och vegetation, räknas inte med i denna typ av massbalans, utan endast det kväve som tillförs till systemet eller bortförs från systemet. Formeln som använts i beräkningarna som presenteras här, och som gäller väl-dränerad skogsmark, lyder:

$$\text{Ackumulering} = \text{Nedfall} + \text{Fixering} - \text{Utlakning} - \text{Skördeförluster}$$

Denitrifikationen har försumrats i och med att beräkningarna gäller enbart väl-dränerad skogsmark. Beräkningar har gjorts för ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) och resultatet har därefter interpolerats till rutor på 5*5 km. Figur 18 visar kväveackumulering i granskog vid stamuttag, baserat på 5600 granytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) i Sverige.

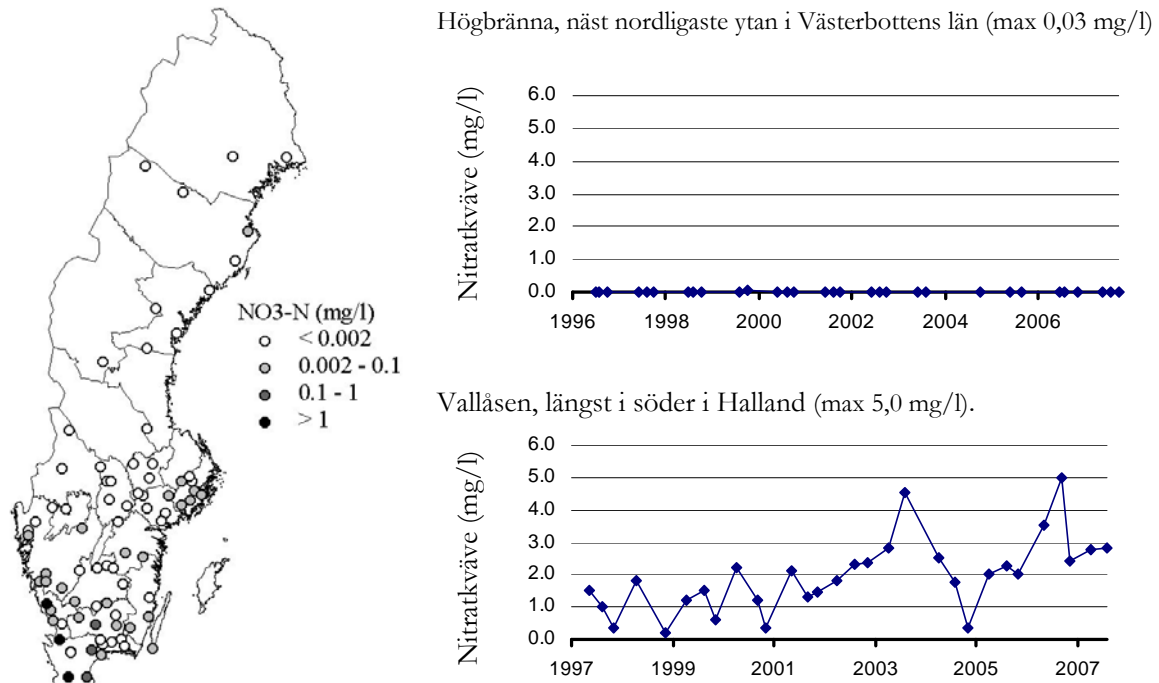


Figur 18. Kväveackumulering i granskog i Sverige och i Värmlands län. Färgade områden är alla typer av skogsmark medan vita områden är mark med annan markanvändning. Kväveupplagringen som anges gäller enbart granskog.

Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är som störst, och uppgår till som högst 10 kg per hektar och år i delar av Skåne och Halland. I norra delarna av Sverige är ackumuleringen generellt låg, på många håll under 2 kg per hektar och år. I Värmland varierar ackumuleringen från 5 kg i delar av södra Värmland till som minst 1-2 kg per hektar och år i mindre delar av inre Värmland.

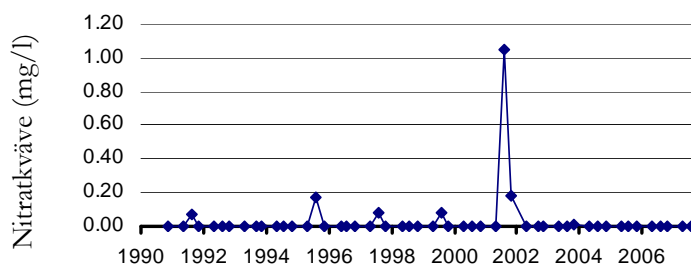
Halten av nitratkväve i markvatten är generellt mycket låg i skogsmark, ofta under detektionsgränsen 0,002 mg/l, men i sydvästra Götaland finns flera exempel inom Krondroppsnätet på hög frekvens av kraftigt förhöjda halter i markvattnet (Figur 19). I övriga delar av Götaland, samt i delar av Svealand, finns fler exempel på halter över detektionsgränsen än i norra Sverige, men förhöjningarna är vanligtvis mycket små. I Figur 19 visas två exempel på tidsserier med nitrathalter i markvatten i Sverige. En av ytorna med hög frekvens av kraftigt

förhöjda halter, Vallåsen, har valts i södra Sverige och en yta med generellt mycket låga halter, Högbränna, har valts i norra Sverige.



Figur 19. Medianvärde för nitratkväve i markvatten de tre senaste hydrologiska åren i Krondroppsnätets skogsytor, förutom de som är kraftigt stormdrabbade och därmed har störd kvävestatus på grund av det (t.v.) och tidsutvecklingen för nitratkväve i markvatten i en yta i norr, Högbränna och en längst i söder, Vallåsen (t.h.).

Nitratkvävehalterna i Värmland är generellt låga på ytorna i länet, oftast under 0,002 mg/l. På den sydligaste ytan, Södra Averstad, som är den med högst deposition av luftföroreningar och högst kväveackumulering, har dock nitrathalten vid ett flertal tillfällen varit omkring 0,1 mg/l eller högre (Figur 20). Den högsta noteringen, 1 mg/l, uppmättes i augusti 2001. Detta är ingen anmärkningsvärd tidsserie med avseende på nitrathalter, men de förhöjda halterna kan ändå vara tecken på hög kvävestatus i marken och en risk för förhöjd kväveutlakning. Nedfallsnivåerna i framför allt södra Värmland är tillräckligt höga för att kunna förändra markvegetationens sammansättning enligt gödslingsförsök i norra Sverige, där bakgrundsdepositionen är låg (Nordin, m.fl., 2005).



Figur 20. Nitratkväve i markvatten i Södra Averstad.

Frisk luft

Miljökvalitetsmålet *Frisk luft* lyder:

"Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas."

Utifrån ovanstående definition av miljömålet har man satt upp delmål och långsiktiga mål för olika lufthalter. Ett urval av dessa visas i Tabell 3.

Tabell 3. Miljökvalitetsmålet *Frisk Luft*. Ett urval av dess delmål och långsiktiga mål samt föreslagna förändringar. Mål som grundar sig på maximala timvärden har utelämnats.

Ämne	Delmål	Regeringens långsiktiga mål	Föreslagna förändringar, ännu ej beslutade
Svavel-dioxid	Halten 5 µg/m ³ som årsmedelvärde skall vara uppnådd för samtliga kommuner 2005		Målet föreslås utgå eftersom det är uppnått.
Kväve-dioxid	Halten 20 µg/m ³ som årsmedelvärde för kvävedioxid skall i huvudsak underskridas år 2010		
Marknära ozon	Halten marknära ozon skall inte överskrida 120 µg/m ³ som 8-timmarsmedelvärde år 2010.	Halterna som inte bör överskridas är 70 µg/m ³ som 8-timmarsmedelvärde och 50 µg/m ³ som medelvärde för sommarhalvåret	Som reviderat delmål förslås att det maximala 8-timmarsmedelvärdet inte skall överstiga 100 µg/m ³ mer än 35 dagar årligen som medelvärde under tre år. Målvärdet för sommarhalvåret föreslås utgå. Som nytt delmål för att skydda växtligheten föreslås AOT40 april-september, 20 000 µg/m ³ timmar som medelvärde under fem år.

Det finns även delmål och långsiktiga mål för olika lufthalter inom Miljökvalitetsnormerna, varav de halter som bör uppnås för ozon nära marken visas i Tabell 4. Vad gäller kväveoxider anges att i områden som ligger minst 20 km från en storstad alternativt 5 km från annan bebyggelse, industrianläggning eller motorväg får årsmedelvärdet inte överskrida 30 µg/m³. Svaveldioxid får i dessa områden inte överskrida 20 µg/m³, varken som års- eller vintermedelvärde.

Tabell 4. Målvärden för ozon som inte bör överskridas enligt Miljökvalitetsnormen. SFS 2007:771 Förordning (2001:527) om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

Målvärde för 2010		Målvärde för 2020	
Hälsa	Vegetationen	Hälsa	Vegetationen
Max 8-timmars-medelvärde <120 µg/m ³ *	AOT40, <18000 µg/m ³ timmar, medelvärde under 5 år **	Max 8-timmars-medelvärde <120 µg/m ³ *	AOT40, <6000 µg/m ³ timmar * **

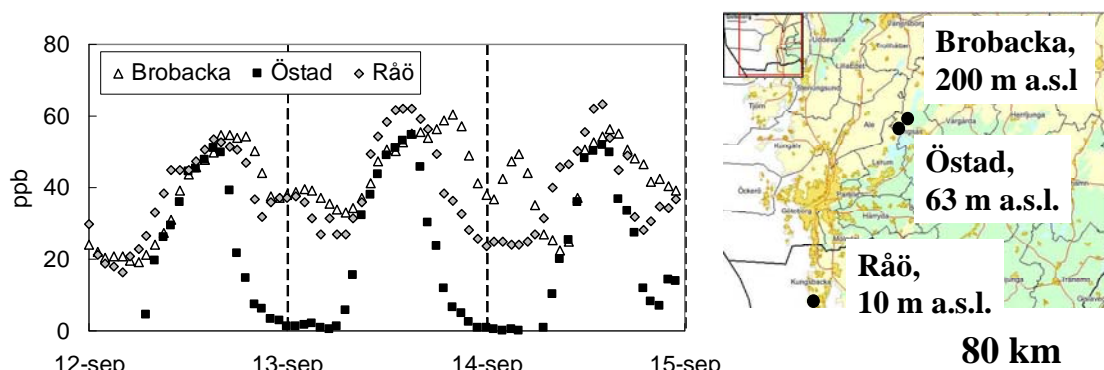
* värdet får ej överskridas ** "Accumulated exposure Over a Threshold 40 ppb". Beräknas utifrån timvärden från maj till juli, mellan kl 8 och kl 20 mellaneuropeisk tid dagligen. Från varje timvärde subtraheras 80 µg/m³. Om resultatet är >0 så ackumuleras detta värde. AOT40 uttrycks som µg/m³ -timmar. 1

Det framgår av Figuren 10, 11 & 13 att de lufthalter som ligger i närheten av eller över befintliga målvärden är de för marknära ozon. I nedanstående text redovisas hur de månadsmedelvärden för

ozonhalter som mäts inom Krondroppsnetet kan användas för att utvärdera överskridande av vissa målvärden för ozon.

Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration

Koncentrationen av ozon i luften nära marken vid en viss plats och vid en viss tidpunkt i landsbygdsmiljö är beroende av flera olika processer, varav de viktigaste är de storskaliga utsläppen av ozonbildande ämnen, den storskaliga meteorologin över Europa samt den lokala meteorologin vid mätplatsen. Den lokala meteorologin påverkar depositionen av ozon mot mark och vatten, såväl som den vertikala transporten av ozon från högre liggande luftlager mot luftlagren närmast marken. Ozonhalterna i luften nära marken i kustnära områden är vanligtvis relativt höga därför att nertransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv på grund av mycket vind, samtidigt som depositionen av ozon mot vattenytan är relativt låg. När luftmassorna kommer in över land ökar depositionen på grund av att depositions-hastigheten mot mark och växtlighet är avsevärt högre jämfört med den mot vatten. Under dagtid är nertransporten från högre liggande luftlager fortfarande hög, vilket gör att ozonhalterna förblir relativt höga. Nattetid minskar emellertid nertransporten av ozon kraftigt i samband med lufttemperaturinversionen och medföljande stabilisering av luftlagren. Resultatet kan bli att ozonhalterna blir mycket låga nattetid för topografiskt lågt liggande platser i inlandet. Dessa förlopp illustreras med en sekvens av ozonmätningar på timbasis med instrument från tre platser i Västsverige, Figur 21.



Figur 21. En sekvens med mätningar av ozonhalter med instrument vid tre olika platser i Västsverige som timmedelvärden under tre dagar med högtrycksbetonat väder i september 2006. Råö är en permanent mätplats inom EMEPs nätverk, belägen vid kusten ca 40 km söder om Göteborg. Östads Säteri är en mätplats belägen topografiskt lågt i landskapet, ca 50 km nordost om Göteborg som drivs av IVL och Göteborgs universitet. Brobacka är en tillfällig mätplats, belägen på toppen av ett berg, högt över omgivande landskap, ca 8 km nordost om Östads Säteri. m a.s.l. betecknar höjd över havet.

Baserat på ovan beskrivna processer har ozonförekomsten vid olika platser i landskapet delats upp i fyra olika kategorier, Tabell 5

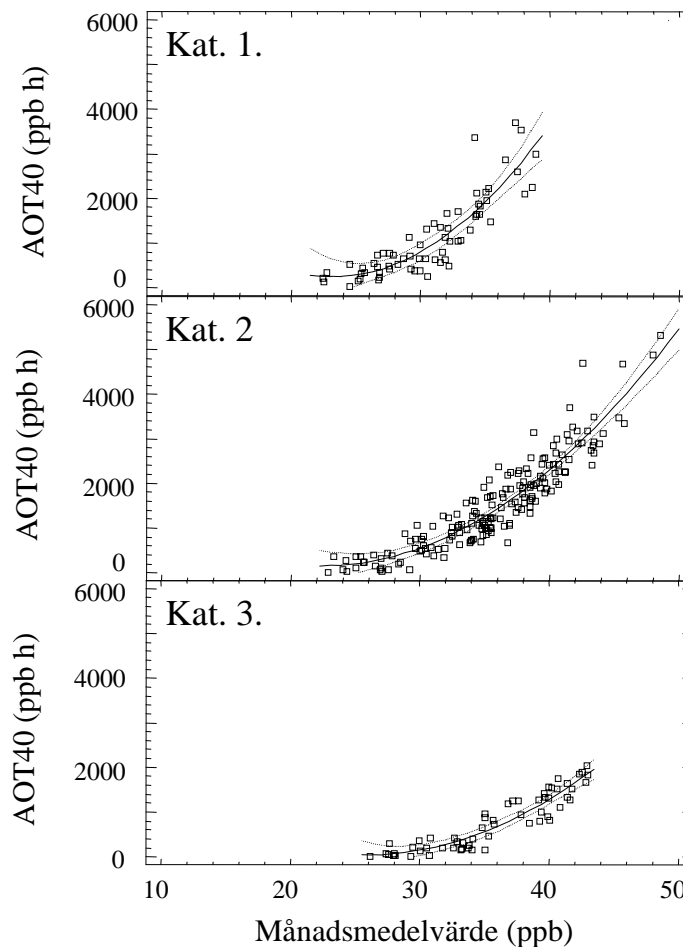
Tabell 5. Definition av fyra olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon. Modifierad från Karlsson m.fl., 2004.

Benämning	Representerar	Skillnad i ozonhalter mellan dag och natt	Frekvens överskridanden av målvärden
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap.	Stor	Låg
Kustnära	Mätlokaler belägna mycket nära kusten.	Relativt liten	Hög
Höglänta	Mätlokaler belägna utpräglat högt över angränsande landskap.	Relativt liten	Hög
Nordliga och öar	Alla mätlokaler belägna i Norrland samt öar.	Mycket liten	Låg

I en studie finansierad av Naturvårdsverkets miljöövervakningsenhet har IVL Svenska Miljöinstitutet utvecklat en metod för att med hjälp av månadsmedelhalter för ozon, från månadsmedelhalter mätt t.ex. med passiva provtagare, kunna kartlägga eventuella överskridande av olika målvärden i landsbygdsmiljö (Pihl Karlsson & Karlsson, 2005). En god korrelation erhöles mellan månadsmedelvärden och AOT40, det ozonindex som används till skydd för växtligheten, för platser i landsbygds miljö, under förutsättning att berörda platser kunde hänföras till olika geografiska/topografiska kategorier (Figur 22). Korrelationerna mellan månadsmedelvärden och maximalt 8-timmarsmedelvärde var sämre, jämfört med AOT40. Detta beror på att en enda ozonepisod under mätperioden är tillräckligt för att ge ett högt värde för detta ozonindex. Om gränsvärdet för det maximala 8-timmarsmedelvärdet sänks från 120 till 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kommer det att bli lättare att beräkna överskridande av maximala 8-timmars medelvärden från månadsmedelvärden för ozonhalt.

Den huvudsakliga svårigheten med den utvecklade metodiken är att avgöra till vilken kategori en viss mätplats ska hänföras, t.ex. beroende på lokal topografi. Emellertid finns det en stark samvariation mellan dygnsvariationen i ozonhalter och dygnsvariationen för lufttemperaturen. Detta beror på att båda påverkas av luftens stabilitet. Mätningar av lufttemperaturen med timupplösning vid mätplatserna för ozon skulle väsentligt kunna bidra med information för att avgöra kategoritillhörighet för en viss mätplats. Dessa givare är relativt billiga och kan sitta ute hela sommarhalvåret utan tillsyn.

Möjligheterna att göra en yttäckande bedömning av överskridanden av målvärden för ozon utifrån det som beskrivits ovan, är för närvarande under utveckling, finansierat av ett flertal Länsstyrelser i södra Sverige.



Figur 22. Samband mellan månadsmedelhalter och AOT40 dagtid månadsvis för månaderna maj-juli för lokaler i landsbygdsmiljö, uppdelade i olika kategorier. Kat. 1, Platser belägna topografiskt lågt i inlandet; Kat. 2, Platser belägna kustnära eller topografiskt högt i inlandet; Kat. 3, Platser belägna i norra Sverige alternativt på små öar långt från land. En ppb motsvarar ca $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Värmlands län

Lokalerna Blåbärskullen och Södra Averstad har tills vidare antagits vara platser med en hög ozonbildning under dagen samt en relativt låg frekvens av nattliga temperaturinversioner, d.v.s. att dygnvariationen i ozonhalter är relativt liten (kategori 2 i Figur 22). Jämförelser görs med instrumentmätningar vid EMEP's mätstation vid Grimsö, en plats belägen topografiskt lågt i landskapet strax norr om Örebro som således tillhör kategori 1.

Den metod som används för att beräkna AOT40 ur månadsvärden är en förenkling och alla aspekter som gäller de enskilda stationerna finns ej medtagna. Vidare tar den inte hänsyn till mellanårsvariationer i vädret. Sommaren 2007 var relativt regnig och blåsig. Detta gjorde att uppkomsten av nattliga temperaturinversioner sannolikt var mindre frekvent än normalt och därmed att dygnvariationen i ozonhalter var mindre än normalt. Därför presenterar vi inte beräknade AOT40 värden för enskilda år utan endast som medelvärden för de senaste fem åren, i den mån data finns för alla år.

I Tabell 6 nedan kan man se att de AOT40 värden som beräknats för Grimsö för åren 2003-2007 med den statistiska metoden utifrån månadsmedelvärden stämmer relativt väl med de AOT40 som beräknats direkt från uppmätta timmedelvärden för ozon för samma period, dock med en viss överskattning.

Som medelvärde för de senaste fem åren överskrider de beräknade värdena för AOT40 och de uppmätta värdena för sommarmedelhalt såväl det målvärde för AOT40 maj-juli, 6000 µg/m³, som anges inom Miljökvalitetsnormerna från år 2020, som det målvärde som finns inom det svenska miljömålet *Friske Luft* som ska gälla från 2020, d.v.s. att sommarmedelhalten ska understiga 50 µg/m³, både vid Södra Averstad och vid Blåbärskullen. Även de beräknade värdena för AOT40 och sommarmedelhalter vid Grimsö, baserade på instrumentmätningar, överskrider målvärdena. Om lokalerna Södra Averstad och Blåbärskullen skulle ha antagits tillhöra kategori 1 i figur 21 skulle överskridandena ha blivit ännu större.

Det finns således skäl att anta att de långsiktiga målvärdena för ozon, både inom Miljökvalitetsnormerna och inom miljömålet *Friske Luft* överskrids i stora delar av Värmlands län.

Tabell 6. Beräknade resultat som medelvärden för de senaste fem åren:

Namn	Kategori	AOT40 Maj-Jul * µg/m ³ timmar	Medelhalt Apr-Sept µg/m ³
Södra Averstad (S 05 A) **	II	7201	63.9
Blåbärskullen (S 22 A)	II	6136	61.3
Grimsö (EMEP-station)	I	6529	61.0
Grimsö (EMEP-station) beräknad från medel	I	8321	-

* Ijusa timmar beräknat mellan 08-20 CET.

** Blåbärskullen, ej 2007

Kväve i skog - brist eller överskott?

Krondroppsnetet under 20 år - från svavel till kväve

I mitten av 1980-talet, när mätningarna inom Krondroppsnetet startade, var det främst försurning orsakad av svavelnedfall som sågs som det stora problemet kopplat till luftföroreningar. Sedan dess har svavelnedfallet minskat kraftigt. För kväve syns däremot inte motsvarande minskning. Svavelnedfallet minskades effektivt genom åtgärder mot punktutsläpp, medan kväveutsläppen som är mer diffusa, exempelvis från trafik och jordbruk, kan visa sig vara svårare att komma åt. Svårigheterna att minska kvävenedfallet, samt kvävet centrala roll inom flera olika miljökvalitetsmål, har gjort att fokus på senare år har flyttat från svavel till kväve.

Kväve, skog och miljökvalitetsmålen

Kväve har länge varit centralt inom skogsbruket, eftersom bristen på kväve generellt sett begränsar tillväxten och därmed produktionen. Kvävecykeln i skogsmark spelar en viktig roll i flera av miljökvalitetsmålen: *Ingen övergödning*, *Bara naturlig försurning*, *Begränsad klimatpåverkan*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar*, *Levande sjöar och vattendrag* samt *Myllrande våtmarker*. Relativt låga doser av kväve påverkar markvegetationens sammansättning i skog och myr (*Levande skogar*, *Ingen övergödning*, *Myllrande våtmarker*) enligt studier i skogsmark i norra Sverige, där kvävenedfallet är nära bakgrundsnivån (Nordin m.fl., 2005) samt enligt studier på myrar (Gunnarsson m.fl., 2002). I områden mer exponerade för kväve är det största problemet risken för höga halter i yt- och

grundvatten, utlakning, försurning och övergödning (*Ingen övergödning, Grundvatten av god kvalitet, Bara Naturlig Försurning, Levande sjöar och vattendrag*). Kväve och kol är nära sammanlänkade i allt organiskt material, och kvävecykeln påverkar därmed kolinbindningen, samt även avgången av växthusgaser (*Begränsad klimatpåverkan*).

Var ligger forskningsfronten idag?

Skogen är generellt kvävebegränsad och skogsekosystemet har stor kapacitet att ta upp tillgängligt kväve. I en kvävebegränsad skog sker kväveutlakning i oorganisk form, i stort sett enbart i hyggesfasen. Hög kvävebelastning under lång tid innebär dock att ekosystemets förmåga att binda kväve kan överskridas, vilket är vanligt förekommande bland annat i stora delar av Europa (Gundersen m.fl., 1998). I Sverige är det tydligt att det är vanligare med förhöjda nitrathalter i markvattnet i växande skog i sydvästra Sverige än i norra Sverige, vilket kan vara ett tecken på att marken är nära kvävemättad. Vidare är kväveutlakningen av oorganiskt kväve från hyggen i områden med hög kvävebelastning betydligt mer omfattande än i mindre kvävebelastade områden, vilket också är ett tecken på hög kvävestatus i marken. Kvävet som ackumulerats i skogsmark, främst i sydvästra Sverige, kan ses som en "kvävebomb", som om det frigörs och läcker ut kommer att innebära både övergödning och försurning (Galloway, 1995). Det finns fortfarande många frågetecken vad gäller om och när skogsmarkens förmåga att ta hand om kvävet överskrids.

Inom Naturvårdsverkets forskningsprogram SCARP, Swedish Clean Air Research Programme (www.scarp.se), finns ett delprogram om ekosystemeffekter, där fokus ligger på effekter av kväve i form av förhöjd utlakning samt förändring av markvegetationens sammansättning. I delprogrammet är målet att förbättra befintliga ekosystemmodeller med avseende på kväveprocesserna, baserat på resultat från experiment och miljöövervakning. Markvegetationens och mikroorganismernas upptag av kväve är exempel på processer som bör förbättras i modellerna. Modellerna kan användas för att förutspå risken för utlakning och markvegetationsförändringar vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat. Detta är viktigt underlag i arbetet med att minska utsläppen, samt även som underlag för rådgivning inom skogsbruket, exempelvis beträffande kvävegödning, uttag av avverkningsrester samt anläggning av skärmställningar (150-200 träd per hektar som får stå kvar efter avverkning med huvudsyftet att förbättra förhållandena för föryngring). I arbetet med modellutveckling är tillgång till data från experiment och miljöövervakning ovärderlig.

Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning

Nedfall av kväve är en av indikatorerna för miljömålet *Bara naturlig försurning*. Hittills har data från öppet fält använts, då krondroppsdata för kväve inte visar den totala depositionen till skog eftersom kväve till viss del interncirkuleras i träden. Eftersom antalet stationer i öppet fält reducerats kraftigt under senare år kan det dock bli aktuellt att använda krondroppsdata som korrigerats för interncirkuleringen av kväve genom de metoder som finns för detta.

Kväveutsläppen har inte minskat i alls samma utsträckning som svavelutsläppen, och detta syns tydligt även i depositionstrenderna. Små variationer i utsläpp och relativt stora variationer i nederbörd mellan åren gör att det är svårt att hitta trender som beror på faktiska minskningar i utsläpp. En ytterligare försvårande faktor är att koncentrationen av kväve kan påverkas av olika typer av kontaminering. Orsaken till kontaminering kan vara allt från fågelträck, pollen och insekter till mänskligt sabotage i form av exempelvis urin och snus. Denna typ av påverkan ger oftast tydligt utslag i resultaten och dessa korrigeras då alltid till en så korrekt nivå som möjligt. Allt detta gör att kvävetrender bör tolkas med försiktighet, och att det krävs många år med mätningar för att kunna fastställa en trend avseende halter eller deposition. Vi avser att, om möjlighet finns, sammanställa de

emissionsdata, modelleringar och mätdata, både internationellt och nationellt som finns för att se på trender för kväveemissioner samt kvävenedfall. Detta arbete kommer då att presenteras på vår nya hemsida.

Det finns ett antal modeller och experiment som används för att bedöma risken för kväveutlakning från skogsmark. Det är dock mycket viktigt att även följa utvecklingen i skogsbestånd i olika delar av Sverige. Markvattenmätningarna inom Krondroppsnätet utgör ett värdefullt underlag, med tidsserier på upp till två decennier på ett stort antal ytor runtom i Sverige. En ökad frekvens av förhöjda nitrathalter i markvatten, som är vanligt förekommande framför allt i sydvästra Sverige där kvävebelastningen är som högst, kan ses som ett tecken på att skogsmarken inte alltid kan utnyttja allt kväve. Trenderna av nitratkväve i markvatten i skogsmark kan användas som ett underlag vid miljömålsuppföljningen för *Ingen övergödning*, indikatorn Tillförsel av kväve till kusten.

Klimatförändringar - hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?

Det står klart från både modelleringsansatser och analyser av meteorologiska mätningar att klimatet i Sverige håller på att förändras. En rapport från SMHI (SMHI, 2006) visar att det under de senaste 15 åren har blivit ett varmare och blötare klimat, jämfört med ett medelvärde för perioden 1961-1990. Över året är temperaturökningen närmare en grad och nederbördsökningen 7 %. Det finns skillnader både mellan landsdelar och mellan årstider. Temperaturökningen vintertid är störst i norra Sverige medan den under vår och sommar är störst i södra Sverige. Nederbördsökningen vintertid är störst i västra och norra Sverige. Sommartid ökar nederbörden i nästan hela Sverige, medan nederbörden under vår och höst har minskat på vissa ställen i landet. Krondroppsnätets mätningar av nederbörden över öppet fält kan bidra med information om nederbördsförändringar. Vid Västra Torup i norra Skåne har nederbörden t ex ökat med ca 30 % under de senaste 18 åren.

För att beräkna framtida klimatförändringar har FN's klimatpanel, IPCC, lagt fram ett antal framtida utsläppscenarier för växthusgaser baserat på antaganden om den tekniska, ekonomiska och sociala utvecklingen (se beskrivning i Bernes, 2003). Man har i huvudsak lagt fram fyra olika scenarier, som skiljer sig i två avseenden. Scenarierna som kallas A strävar i huvudsak efter ekonomisk tillväxt medan scenarier B strävar efter ett ekologiskt hållbart samhälle. Scenarier som slutar med siffran 1 strävar efter globalisering och omfattande världshandel, medan scenarier som slutar med siffran 2 strävar efter regional självförsörjning. Baserat på IPCC-scenarier har SMHI prognostiserat den framtida klimatförändringen i Sverige under de närmaste åren (Figur 23). Förutsägelserna pekar på att lufttemperaturerna kommer att öka både i södra och norra Sverige under alla årstider med upp mot 6-7 grader under 100 år. Nederbörden kommer att öka lite olika beroende på årstid. Under sommaren kan den till och med minska i delar av södra Sverige.

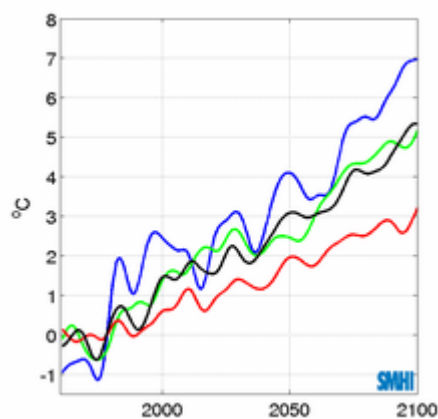
Framtida klimatförändringar kommer att påverka hur de långväga transporterade luftföroreningarna deponeras över Sverige genom att påverka det storskaliga transportmönstret för luftmassorna (Enghardt & Foltescu, 2007). Depositionen av försurande ämnen i Sverige mellan perioden 1961-1991 och 2070 – 2100 förutsägs öka med mellan 0 och 20 %, lite beroende på landsdel och årstid. Ökningen gäller främst torrdeposition och i västra delarna av landet. Depositionen av oxiderat och reducerat kväve förutsägs öka i ungefär motsvarande utsträckning och i samma delar av landet.

Förändringar i nederbörd och nedfall kopplat till klimatförändringarna ger direkta effekter på markvattenkemin. Det ger dessutom indirekta effekter på markvattenkemin i och med att olika markprocesser påverkas av ändrade temperatur- och fuktighetsförhållanden. Ökad temperatur innebär snabbare nedbrytning och därmed snabbare frigörelse av kväve och andra näringsämnen. Tillväxten ökar också vid ökad temperatur, vilket kan innebära ökad försurning. Detta kan dock

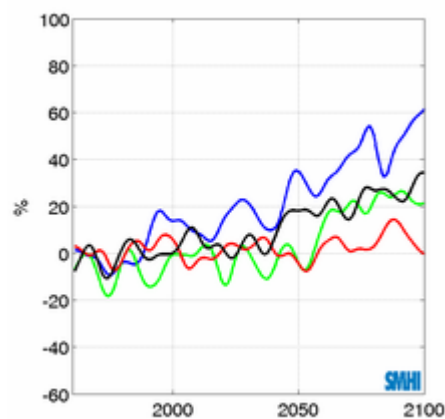
motverkas av att även vittringen ökar med ökad temperatur. Ändrad temperatur och fuktighet kan även påverka avgången av gasformigt kväve, som i sin tur kan påverka växthuseffekten. Om klimatförändringarna leder till en ökad stormfrekvens och mer stormskador finns en risk för ökad nitratutlakning, vilket syns i ett flertal lokaler inom Krondroppsnetet efter stormen Gudrun.

Om kväveutlakning från skogsmark skulle bli mer utbredd, och inte bara omfatta hyggen utan även växande skog, skulle det innebära stora effekter för den totala kväveutlakningen eftersom skogsarealen är stor. Sammanfattningsvis innebär klimatförändringar att förutsättningarna i marken förändras kraftigt, och det är viktigt att följa upp vilka effekter detta får vad gäller exempelvis återhämtning från försurning och nitratutlakning från skogsmark.

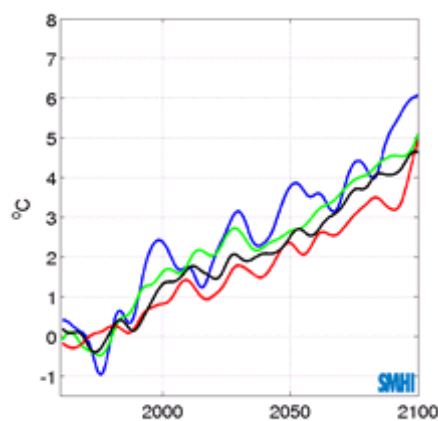
A. N Norrlands inland. Lufttemperaturer



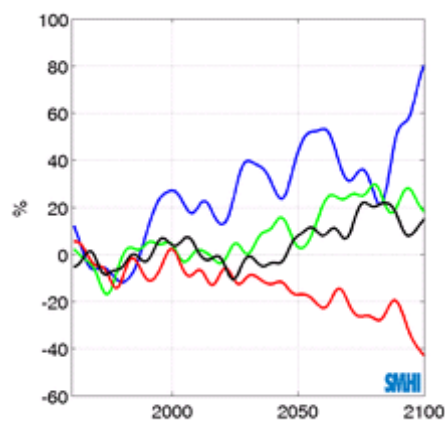
B. N Norrlands inland. Nederbörd



C. NV Götaland. Lufttemperaturer



D. NV Götaland. Nederbörd



Figur 23. Beräknade förändringar av temperaturen, uttryckt som °C (A,C) och förändringar av nederbörden, uttryckt som procent (B,D) mellan 1961 och 2100, jämfört med medelvärdet för perioden 1961-1990, beräknade separat för varje årstid, för IPCC scenario A2 (se Bernes, 2003). Vinter, blå; vår, grön; sommar, röd; höst, svart. Källa: SMHI.

Ny hemsida

Under hösten 2008 planerar vi att lägga upp en ny hemsida. Där kommer det att lätt och överskådligt finnas tillgängligt: rapporter, mätdata, kartor, etc. Dessutom kommer man att finna gammalt material om man så önskar.

Vidare kommer vi att lägga upp information om hur vi arbetar när det gäller provtagning, analyser, databearbetning etc.

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

Under tiden vi bygger den nya hemsidan finns uppdaterat material på den gamla hemsidan som nås via www.ivl.se

Referenser:

Akselsson, C. & Westling, O., 2005. Regionalized nutrient budgets in forest soils for different deposition and forestry scenarios in Sweden. *Global Ecology and Biogeography* 14: 85-95.

Belyazid, S., Westling, O., Sverdrup, H., 2006. Modelling changes in forest soil chemistry at 16 Swedish coniferous forest sites following deposition reduction. *Environmental Pollution* 144- 2, 596-609.

Bernes, C. 2003. En varmare värld. Naturvårdsverket, Monitor 18. ISBN 91-620-1228-2.

Cosby, B.J., Ferrier, R.C., Jenkins, A. and Wright, R.F., 2001. Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model. *Hydrology and Earth System Sciences* 5(3), 499-517.

Derwent, R.G., Stevenson, D.S., Collins, W.J., Johnson, C.E., 2004. Intercontinental transport and the origins of the ozone observed at the surface in Europe. *Atmospheric Environment* 38, 1891-1901.

EMEP, 2007. MSC-W Data Note 1/2007. ISSN 1890-0003

Enghardt, M & Foltescu, V., 2007. *Meteorologi* nr 125. SMHI.

Galloway, J.N., 1995. Acid deposition; perspectives in time and space. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 15-24.

Gundersen, P, Callesen, I. och de Vries, W., 1998. Nitrate leaching in forest ecosystems is related to forest floor C/N ratios. *Environmental Pollution* 102, 403-407.

Gunnarsson, U., Malmer, N., Rydin, H., 2002. Dynamics or constancy in Sphagnum dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography* 25: 685-704.

Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., 2004. Marknära ozon, SO₂, NO₂ och sot vid Östads Säteri 1987-2003. *IVL Report* B1556.

Naturvårdsverket, 2007a. Bara naturlig försurning. Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. *Naturvårdsverket Rapport* 5766.

Naturvårdsverket, 2007b. Bara naturlig försurning. Bilagor till underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålen. *Naturvårdsverket Rapport* 5780.

Naturvårdsverket, 2008. Naturvårdsverkets författningssamling. NFS 2008:1.

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., Karlsson, P.E., 2005. Metod för kartläggning av överskridande av EU-direktiv och miljömål för marknära ozon. *IVL Rapport* U 1111.

SFS 2007:771 Förordning (2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

SMHI, 2006. Faktablad nr 29.

Sverdrup, H. and Warfvinge, P., 1993. Calculating field weathering rates using a mechanistic geochemical model (PROFILE). *Journal of Applied Geochemistry* 1993; 8: 273-283.

Wallman, P., Svensson, M.G.E., Sverdrup, H. and Belyazid, S., 2004. ForSAFE - An integrated process-oriented forest model for long-term sustainability assessment. *Forest Ecology & Management* 207(1-2): 19-36.

Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P-E. och Akselsson, C., 2006. Regionala förutsättningar och miljörisker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition. *IVL Rapport B1691*.

Appendix. Data i tabellform, deposition, lufthalter och markvatten

Tabell A:1a. Data från mätningar på öppet fält i Värmlands 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 →										
Blåbärs- kullen (S 22 A)	06/07	1128	0,15	3,1	2,6	10,3	3,2	2,8	1,9	0,9	6,6	2,9	0,55
	05/06	1020	0,17	4,0	3,8	5,9	4,2	4,6	1,9	0,7	4,0	2,1	0,41
	04/05	847	0,09	3,4	3,0	8,2	3,0	4,2	1,8	0,8	5,7	2,2	0,14
	03/04	1010	0,15	3,4	3,2	5,0	3,2	2,9	1,3	0,6	3,0	1,5	0,10
	02/03	767	0,10	3,3	3,0	5,7	2,8	2,3	1,5	0,7	2,9	2,1	0,15
	01/02	977	0,15	3,7	3,3	8,8	3,0	2,2	1,8	0,6	5,7	3,5	0,10
	00/01	1250	0,21	4,9	4,5	7,3	3,9	3,5	1,6	0,7	5,4	1,9	0,17
	99/00	1049	0,22	4,6	4,0	12,6	3,7	3,3	1,9	0,9	8,3	2,5	0,24
	98/99	1068	0,12	5,4	4,7	14,9	3,6	3,3	2,4	0,6	10,4	4,9	0,11
	97/98	974	0,23	4,5	4,2	5,4	3,7	2,4	2,2	0,7	3,3	3,3	0,23
96/97	848	0,17	3,9	3,6	6,5	2,7	2,0	1,7	0,6	4,1	1,7	0,10	

Tabell A:1b. Öppet fältdata från Värmlands län för yta Blåbärskullen där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha →		
Blåbärs- kullen (S 22 A)	06/07	1128	5,9	1,2	
	05/06	1020	8,8	2,1	25
	04/05	847	7,2	2,7	17
	03/04	1010	6,1	1,4	15
	02/03	767	5,1	2,2	31
	01/02	977	5,2	2,7	37
	00/01	1250	7,4	1,9	36
	99/00	1049	7,0		
	98/99	1068	6,9		
	97/98	974	6,1		
96/97	848	4,8			

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

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha	→									
Södra	06/07	477	0,05	3,7	2,2	32,1	2,3	1,7					
Averstad	05/06	469	0,08	4,6	3,6	22,9	4,5	3,3					
(S 05 A)	04/05	362	0,06	4,1	2,5	34,4	3,6	2,1					
	03/04	483	0,09	4,0	2,7	29,1	3,9	1,8					
	02/03	330	0,06	4,1	3,2	20,2	4,2	3,1					
	01/02	426	0,06	5,0	3,4	33,9	3,9	2,9					
	00/01	564	0,08	6,2	5,1	23,8	4,4	3,0					
	99/00	462	0,08	4,4	2,9	31,6	3,0	1,7					
	98/99	628	0,14	7,2	5,7	31,5	3,6	2,4	6,4	3,1	17,7	19,3	0,46
	97/98	607	0,13	7,3	6,0	28,8	4,4	1,9					
	96/97	383	0,10	6,5	5,2	28,1	3,8	2,1					
	95/96	298	0,09	7,3	6,4	20,4	4,2	2,7					
	94/95	384	0,13	8,2	7,1	25,0	3,1	1,5	6,3	3,0	14,6	13,0	0,78
	93/94	445	0,20	8,9	8,1	18,4	3,9	1,9	5,2	2,6	11,3	11,3	0,53
	92/93	350	0,19	14,1	12,1	44,6	3,2	1,7					
	91/92	237	0,19	9,7	8,2	31,8	3,8	1,4					
	90/91	324	0,30	11,2	9,7	32,0	3,4	1,1					
Blåbärs-	06/07	798	0,05	3,3	2,5	15,8	1,5	1,6	4,4	1,6	8,3	17,8	1,68
kullen	05/06	658	0,07	4,5	4,0	11,3	1,8	2,1	4,0	1,3	6,0	15,5	1,29
(S 22 A)	04/05	538	0,03	3,3	2,5	15,8	0,8	0,8	4,1	1,5	8,1	11,9	1,51
	03/04	701	0,08	3,0	2,5	10,8	1,1	0,6	3,3	1,2	5,0	13,1	1,02
	02/03	588	0,04	3,4	2,9	9,3	1,3	1,1	2,9	1,3	4,3	9,2	0,76
	01/02	584	0,03	3,6	3,0	12,4	1,3	1,2	3,9	1,3	6,6	11,9	0,98
	00/01	718	0,06	4,9	4,4	11,1	1,9	1,4	5,0	1,6	6,6	14,6	1,66
	99/00	659	0,06	4,6	3,8	18,5	1,5	0,5	4,7	1,6	10,3	13,4	1,67
	98/99	594	0,06	4,2	3,8	8,8	1,3	1,1	2,9	0,9	5,2	9,1	1,33
	97/98	530	0,06	3,3	3,0	6,2	1,3	1,3	2,4	0,8	3,2	8,2	0,55
	96/97	534	0,06	4,2	3,7	10,5	1,5	0,9	3,2	1,1	5,7	10,6	1,00
Transtrands	06/07	607	0,05	1,5	1,3	4,6	0,7	0,7	2,2	1,0	2,6	8,8	1,41
berget	05/06	753	0,05	2,5	2,2	4,9	1,4	1,5	3,2	1,0	2,5	9,3	0,93
(S 23 A)	04/05	469	0,03	1,6	1,3	5,3	0,8	0,6	2,9	0,9	4,3	3,4	0,44
	03/04	494	0,04	1,2	1,0	4,4	0,8	0,6	1,2	0,5	2,4	4,1	0,18
	02/03	435	0,03	1,5	1,3	3,7	0,9	0,8	0,9	0,5	1,9	3,6	0,11
	01/02	618	0,04	1,7	1,5	3,5	1,1	1,1	1,1	0,4	2,0	3,9	0,13
	00/01	764	0,06	2,4	2,2	4,2	1,4	1,1	1,4	0,6	2,8	5,7	0,53
	99/00	565	0,06	1,6	1,4	5,5	1,2	0,8	1,0	0,5	3,5	3,5	0,38
	98/99	587	0,05	2,1	1,9	4,0	1,3	1,6	1,6	0,5	2,4	4,0	0,35
	97/98	523	0,06	1,8	1,7	1,9	1,1	1,0	1,1	0,4	0,9	3,3	0,31
	96/97	518	0,06	2,1	2,0	3,2	1,2	1,0	1,2	0,5	1,6	2,8	0,38

Tabell A:2b. Krondroppsdata från Värmlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Blåbärs-	06/07	798	3,1	3,1	89
kullen	05/06	658	3,9	2,5	68
(S 22 A)	04/05	538	1,6	1,8	55
	03/04	701	1,7	2,2	85
	02/03	588	2,3	2,4	59
	01/02	584	2,5	2,6	56
	00/01	718	3,3	3,0	74
Transtrands	06/07	607	1,4	1,7	
berget	05/06	753	2,9	2,5	
(S 23 A)	04/05	469	1,4	0,9	
	03/04	494	1,4	1,4	
	02/03	435	1,7	1,7	
	01/02	618	2,2	1,3	

Tabell A:3. Modellerad våtedposition från Värmlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	SO ₄ -S _{ex}	NO ₃ -N	NH ₄ -N
		mm	kg/ha	→	
Södra	04/05	625	2,1	2,3	1,8
Averstad	03/04	813	2,2	2,4	2,5
(S 05 A)	02/03	742	2,3	2,4	2,3
	01/02	775	2,6	2,5	2,7
Blåbärs-	04/05	663	2,0	1,9	1,4
kullen	03/04	902	2,1	2,2	2,2
(S 22 A)	02/03	874	2,4	2,5	2,2
	01/02	935	2,9	2,6	2,7
Transtrands	04/05	770	2,1	2,0	2,5
berget	03/04	785	1,6	1,6	1,6
(S 23 A)	02/03	834	1,9	1,8	1,6
	01/02	812	2,3	2,0	2,1

Tabell A:4. Lufthalter i Värmlands län, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, diffusionsprovtagning. För SO_2 och NO_2 anges medelvärden (Mv) för hydrologiska år, medan sommarhalvår används för O_3 och NH_3 .

Lokal	Period	SO_2	NO_2	NH_3	O_3
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Blåbärskullen (S 22 A)	0610	0,6	0,9	<0,3	28
	0611	0,3	^U 1,2	0,5	^U 31
	0612	0,4	^U 1,5	<0,3	^U 36
	0701	0,7	1,0	<0,3	35
	0702	0,4	1,5	<0,3	52
	0703	0,4	1,3	0,3	57
	0704	0,4	0,6	1,5	76
	0705	0,2	0,6	<0,3	65
	0706	<0,2	0,4	<0,3	66
	0707	<0,2	0,5	0,8	47
	0708	0,2	0,6	<0,3	49
0709	<0,2	0,6	0,6	39	
Mv hydr. år	0010-0109	0,4	0,8	-	-
	0110-0209	0,4	1,2	-	-
	0210-0309	0,5	1,2	-	-
	0310-0409	0,6	1,3	-	-
	0410-0509	0,5	1,2	-	-
	0510-0609	0,6	1,2	-	-
	0610-0709	0,3	0,9	-	-
Mv sommar	0104-0109	-	-	0,4	57
	0204-0209	-	-	<0,3	66
	0304-0309	-	-	0,4	64
	0404-0409	-	-	<0,3	59
	0504-0509	-	-	0,4	60
	0604-0609	-	-	0,4	67
	0704-0709	-	-	0,5	57

Tabell A:5. Markvattendata från Värmlands län.

Lokal	Datum	pH	Alk mekv/l →	ANC →	SO ₄ -S mg/l →	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl mol/mol
Södra Averstad	2006-10-23	4,8	-	0,003	2,09	5,41	<0,002	0,024	0,84	0,41	4,78	0,10	0,132	0,204	0,456	0,908	10,2	2,4
(S 05 A)	2007-04-23	4,7	-	0,004	0,99	6,52	0,002	0,080	0,60	0,36	4,27	0,18	0,123	0,472	0,281	0,882	10,8	3,3
	2007-07-23	4,8	-	0,013	1,39	7,13	<0,002	0,036	0,78	0,54	4,94	0,11	0,046	0,479	0,282	0,895	10,8	4,3
	2007-10-22	5,0	-	0,043	1,15	6,46	<0,002	<0,020	0,88	0,51	4,81	0,07	0,100	0,078	0,189	0,535	7,8	6,4
	median	4,8		-0,007	1,86	5,39	<0,002	<0,02	0,86	0,5	4,37	0,13	0,01	0,312	0,466	0,981	10,8	2,6
	<i>n</i> =	52		52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	51	51	51	51	51
Blåbärskullen	2006-10-23	5,3	-	0,023	1,70	4,89	<0,002	0,007	2,36	0,20	3,02	0,06	0,081	0,038	0,091	0,184	3,3	20
(S 22 A)	2007-04-23	5,4	-	0,049	2,98	5,12	<0,002	<0,020	3,06	0,20	4,79	0,06	0,046	0,007	-	0,112	3,0	-
	2007-07-23	5,5	0,014	0,026	1,95	3,43	<0,002	<0,020	1,93	0,19	3,04	0,01	0,077	0,018	0,060	0,183	3,5	25
	2007-10-22	5,3	-	0,007	2,46	6,01	0,002	0,007	2,33	0,25	4,43	<0,05	0,077	0,018	0,128	0,170	2,0	15
	median	5,6		0,031	1,92	2,66	<0,002	<0,02	2,4	0,26	2,04	0,09	<0,02	0,007	0,052	0,134	3,5	40
	<i>n</i> =	32		32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	28	31	31	28
Transtrandsberget	2007-07-02	5,3	-	0,072	0,54	1,12	<0,002	0,010	0,70	0,34	1,68	0,06	0,062	0,201	0,075	0,932	13,1	12
(S 23 A)	2007-07-30	5,0	-	0,075	0,66	1,13	<0,002	<0,020	0,79	0,32	1,81	0,12	0,065	0,225	0,165	0,951	12,8	5,9
	median	5,0		0,058	0,83	1,04	<0,002	<0,01	0,76	0,33	1,67	0,1	0,055	0,21	0,192	0,951	12	4,9
	<i>n</i> =	32		32	32	32	32	31	32	32	32	32	32	31	31	31	30	31