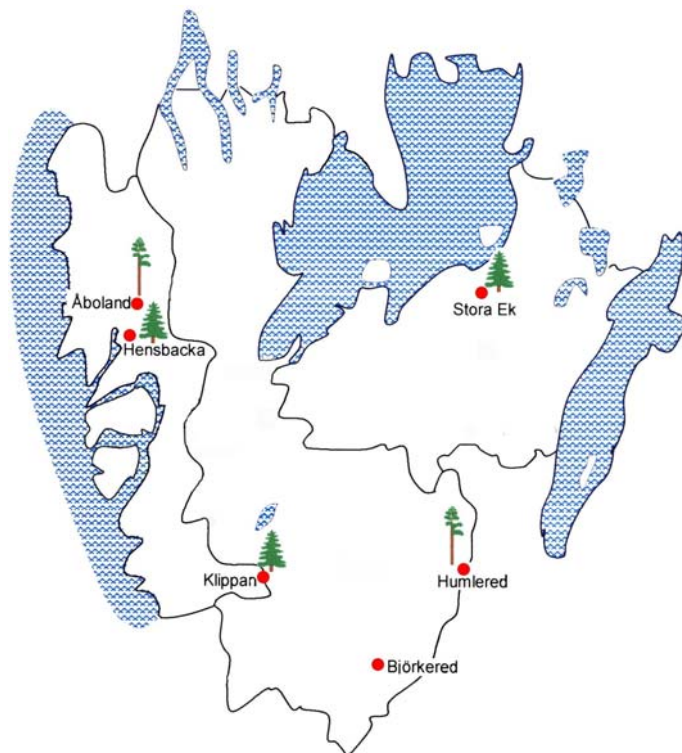


För Länsstyrelsen i Västra Götalands län
samt Tranemo kommun

Övervakning av luftföroreningar i Västra Götalands 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 1781

Juni 2008



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

2008: 58

För Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Tranemo kommun

Övervakning av luftföroreningar i Västra Götalands län

Resultat till och med september 2007

På uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Tranemo kommun mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet numera på sex 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*.

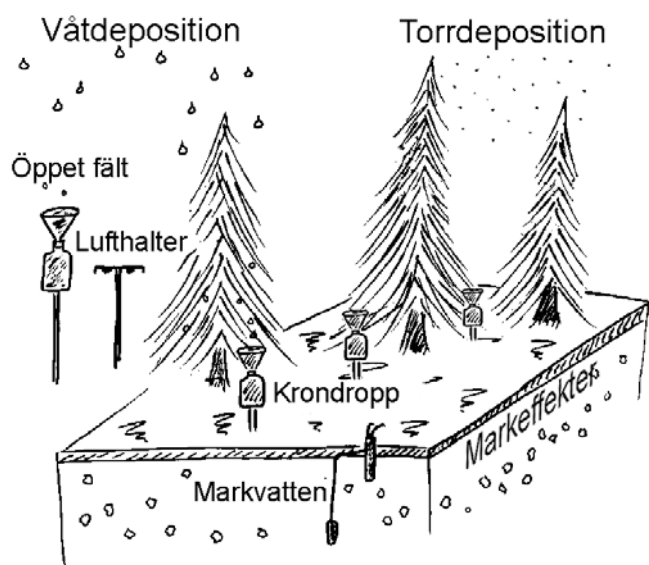
Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost, beroende på den dominerande sydvästliga vindriktningen och avståndet till områden med betydande utsläpp. I Västra Götaland återfinns denna gradient med större nedfall av svavel, kväve och klorid i de sydvästliga delarna jämfört med de östra delarna av länet. Mätningarna visar att svavelnedfallet i länet minskat kraftigt sedan mätstarten vid alla lokaler. Minskningen är störst i skogsytorna, beroende på den minskande torrdepositionen. För kväve finns inga tydliga trender. Under det hydrologiska året 2006/07 var svavel- och kvävedepositionen till skogsytorna betydligt lägre än föregående år. Under mätperioden var nederbördsmängderna betydligt högre än tidigare vilket betyder att svavelhalterna varit mycket låga i nederbörden. Generellt har låga svavel- och kvävedepositioner observerats vid flertalet lokaler i Sverige under det senaste mätåret. Stormarna i januari syns i mätningarna genom kraftigt förhöjda klorid- och natriumhalter vid samtliga öppet fält- och krondroppslokaler i länet. Markvattnets pH-värde är surt, medianvärdena för tidsserien ligger mellan 4,5 och 4,9. Flertalet lokaler har dessutom fortfarande låga halter av baskatjoner samt relativt höga halter av oorganiskt aluminium, vilket kan leda till negativa effekter i mark och vatten. Markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) har dock ökat något i flera skogsytor, vilket indikerar en viss återhämtning från försurning. Dock är ANC som medianvärde fortfarande negativt vid samtliga lokaler vilket tyder på fortsatt försurning. Markvattnets innehåll av nitratkväve har oftast varit låg, vilket är normalt i brukad skog. Lufthalterna av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon vid Hensbacka var under året mycket låga, liksom i övriga Sverige, för SO₂ och NO₂ det lägsta årsmedelvärdet som hittills uppmätts vid Hensbacka. 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 dock att regeringens långsiktiga mål för marknära ozon överskreds vid Hensbacka under året.

Modellberäkningarna för Västra Götalands län visar på ett kvarstående försurningsproblem, både för sjöar och för skogsmark. En minskning av nedfallet enligt CLE-scenariet bedöms innebära att den kritiska belastningen i skogsmark inte överskreds, medan fortfarande 20-25 % av antalet sjöar bedöms vara försurade i framtiden. Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst. Skåne och Halland är de län där det ackumuleras mest med upp till 10 kg kväve per hektar och år. I Västra Götalands län varierar kväveackumuleringen mellan 2,5 och 9 kg per hektar och år. Den höga belastningen i de sydvästra delarna innebär en risk för förhöjd kväveutlakning från skogsmark och det är viktigt att följa upp utvecklingen vad gäller kvävehalter i markvatten i krondropsytorna.

De regionala modelleringarna som presenteras i denna rapportering var ett första försök att syntetisera mätningar och modellberäkningar i Västra Götalands 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.

Rapporten godkänd
2008-06-25

John Munthe
Avdelningschef



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Länsstyrelsen i Västra Götalands län, samt
Tranemo kommun

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,
Västra Götalands län

IVL rapport B 1781

Beställs från:

Hillevi Upmanis
Länsstyrelsen i Västra Götalands län
Miljöskydds-enheten
403 40 Göteborg
Annika Hohlfält
Tranemo kommun
514 80 Tranemo
eller

publikationsservice@ivl.se

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

Innehållsförteckning

Inledning.....	5
Ord att förklara.....	7
Stationsvis redovisning.....	8
Åboland (O 01).....	8
Klippan (O 05).....	9
Hensbacka (O 35).....	11
Jakobsbyn-Ödegård (P 02).....	13
Björkered, Tranemo (P 12).....	14
Ösjö (P 52).....	14
Bullsäng (P 92).....	15
Humlered (P 93).....	15
Härslätt (P 94).....	16
Stora Ek (R 09).....	16
Tidsutveckling deposition.....	18
Tidsutveckling markvatten.....	20
Tidsutveckling lufthalter.....	20
Svaveldioxid (SO ₂).....	21
Kvävedioxid (NO ₂).....	21
Ammoniak (NH ₃).....	22
Marknära ozon (O ₃).....	23
Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål.....	24
<i>Bara naturlig försurning</i>	25
Deposition av svavel och kväve, nu och 2020.....	25
Överskridande av kritisk belastning skogsmark, nu och 2020.....	28
Antropogent försurade sjöar nu och 2020.....	30
Skogsbrukets försurningspåverkan.....	31
Syntes av försurningsparametrarna.....	32
<i>Ingen övergödning</i>	32
Deposition av kväve, nu och 2020.....	33
Kväveackumulering.....	33
<i>Frisk luft</i>	36
Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration.....	37
Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Västra Götalands län.....	39
Kväve i skog - brist eller överskott?.....	41
Krondroppsnätet under 20 år - från svavel till kväve.....	41
Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen.....	41
Var ligger forskningsfronten idag?.....	41
Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning.....	42
Klimatförändringar, hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?.....	42
Ny hemsida.....	44
Referenser.....	44
Appendix. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	46

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 måluppföljning, 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 Krondropps nätet har, och har även haft, stor betydelse för utvecklingen av de modellverktyg som används i Sverige och Europa. Tidigare mätningar i Krondropps nätet 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 försurnings-indikerande parametrar som pH, oorganiskt aluminium, sulfat och baskatjoner.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsstyrelsens skogliga observations-tytor. Skogsstyrelsen undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som tillväxt, kron-utglesning 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 Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetet sker mätningar på öppet fält vid totalt 23 lokaler, varav mätningarna vid 13 lokaler bekostas via deltagarna inom Krondroppsnetet. Mätningarna vid övriga 10 lokaler sker inom den svenska miljöövervakningen som finansieras av Naturvårdsverket.

Haltmätningar av luftföroreningar sker på 23 lokaler i Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetet 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 miljö kvalitetsnormer innebär det att under programmets gång förutom hydrologiskt år även kalenderår kommer att beaktas då miljömål och miljö kvalitetsnormer är baserade på kalenderår. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnetets 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 **Västra Götalands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning på ordinarie lokaler utförts av I Strid, L Andersson och B Persson från SVS samt A Hohlfält och P Wredin från länets kommuner. 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. Krondroppsnetet 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 nederbörds-kemiska 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 nederbörds-kemiska 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 Götaland. I kapitlet "Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål", senare i rapporten, presenteras en analys över situationen i Västra Götalands län samt i Sverige både vad gäller uppmätta samt modellberäknade halter och deposition.

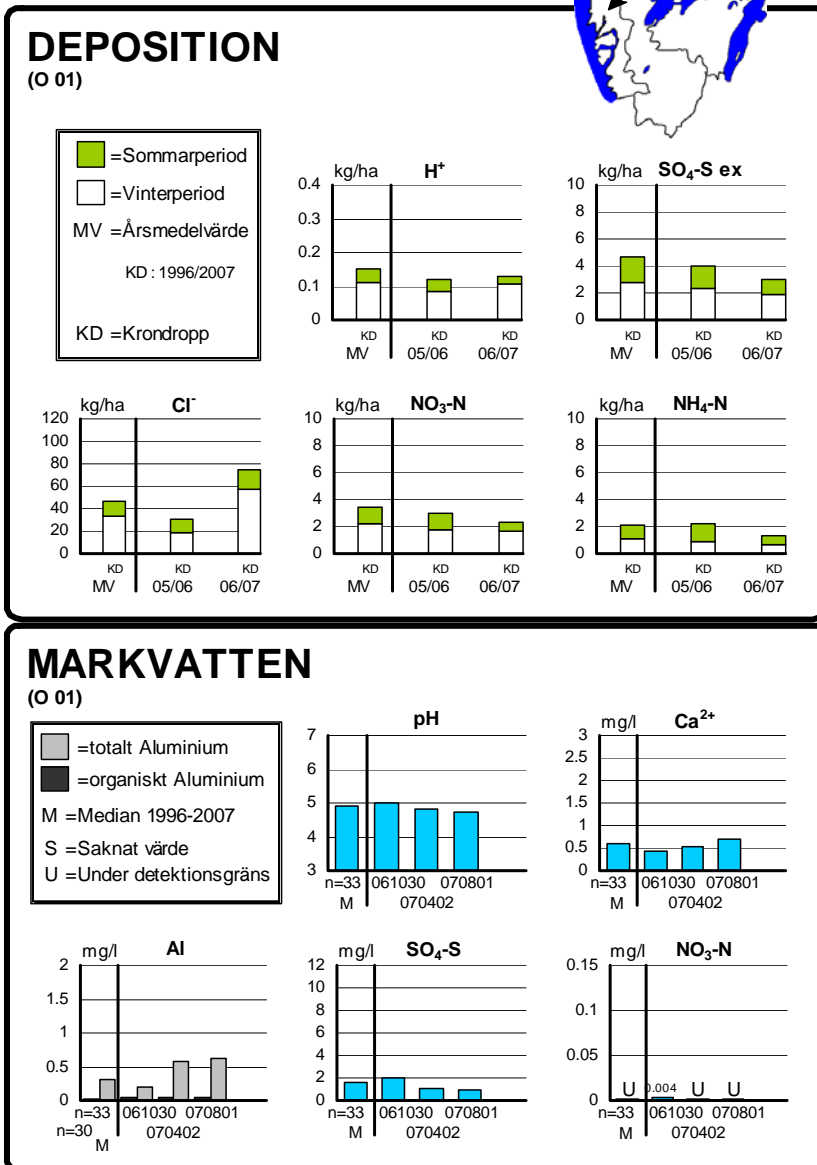
Åboland (O 01): EU-yta på plan mark i 60-årig tallskog med ståndortsindex T26. Jordarten utgörs av ett sandigt sediment, och jordmänen är podsol. Mätningar startade i oktober 1996. Nederbörds kemiska mätningar avslutades i december 2001.

Svaveldepositionen (exklusive havssaltsbidrag) till tallskogen i Åboland uppgick till 2,9 kg/ha under 2006/07, se Figur 3. Det är ca 1 kg mindre per ha än föregående år. När mätningarna startade 1996/97 var nedfallet av svavel 7,4 kg/ha. Tidigare års mätningar har visat att Åboland, trots det västliga läget i länet, är mindre utsatt för svaveldeposition än Klippan och Hensbacka. Det beror på att ytan utgörs av tallskog som filtrerar luften sämre än tätare granskog. Nedfallet av kväve (räknat som summa nitrat- och ammoniumkväve) till marken i skogen uppgick till 3,7 kg/ha, vilket är lägre jämfört med tidigare år. I Åboland mäts även depositionen av organiskt kväve som under 2006/07 uppmättes till 2,2 kg/ha, vilket är ungefär samma mängd som föregående år. Detta innebär att kvävenedfallet till marken via kron dropp uppgår till 5,9 kg/ha. Under 2006/07 deponerades 75 kg klorid per hektar, Figur 3, vilket är betydligt mer än föregående år (30 kg/ha) men dock mindre än året dessförinnan då den deponerade mängden var 83 kg/ha som en följd av stormen Gudrun i januari 05. Den höga kloridhalten under årets mätningar kan förklaras av stormen Per i januari 2007. Även natriumhalterna är höga till följd av stormen.

Under 2006/07 uppmättes pH-värden mellan 4,7 och 5,0 i markvattnet i Åboland, vilket är i nivå med tidigare mätningar i mätserien, se Figur 3, Appendix Tabell A:5. Halterna av kalcium har minskat signifikant sedan 1996/97 då mätserien påbörjades. Kaliumhalten var lite förhöjd under årets två sista mätningar dock var halterna fortfarande relativt låga. Magnesiumhalten i markvattnet var under 2006/07 i nivå med tidigare mätningar. Under tidsserien har svavelhalten i markvattnet minskat signifikant, från cirka 2,2 mg/l till 1,4 mg/l. Det är en naturlig följd av den minskande svavelbelastningen i ytan. Totalhalten av aluminium har så gott som alltid varit under 0,5 mg/l i Åboland, dock var totalaluminiumhalten under de två sista mätningarna höga (runt 0,6 mg/l), Figur 3, varav nästan hela andelen utgjordes av oorganiskt aluminium. Mätningarna visar signifikanta öknings av halterna av organiskt aluminium, ammoniumkväve, klorid och natrium i markvattnet i Åboland sedan mätningarna startade 1996. Markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC, varierade mellan -0,004 och -0,1 under 2006/07, vilket innebär sura förhållanden. Kloridhalterna vid de två sista mätningarna var relativt höga vilket kan ha ett samband med den ökande kloriddepositionen som orsakats av stormarna i januari 2006.

Åboland (O 01)

Tall, 60 år



Figur 3. Depositions- och markvattendata från Åboland, O 01. 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 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 figuren är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), sulfatsvavel (SO₄-S), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalciumjoner (Ca²⁺) och aluminium (Al).

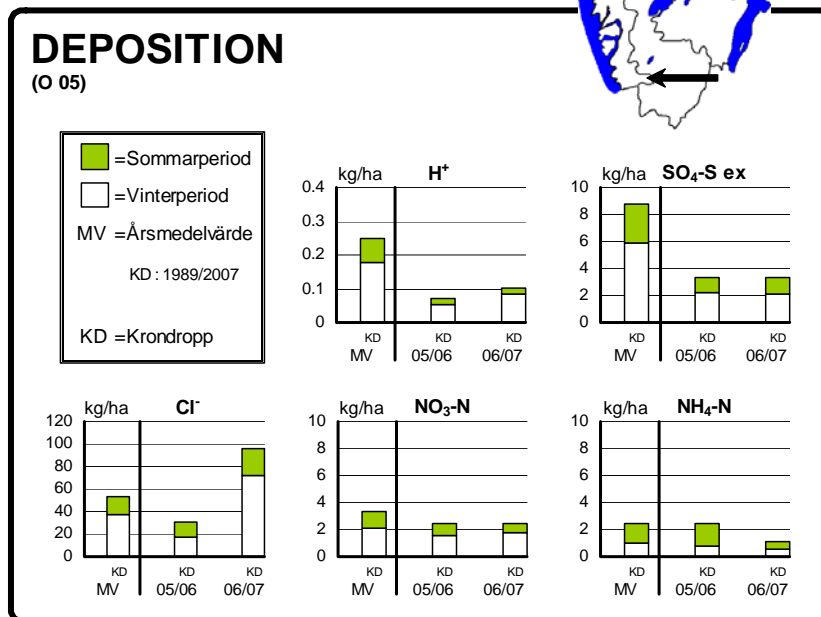
Klippan (O 05): 116-årig granskog med 30 % tallinblandning och ståndortsindex G22. Jordarten är sandig-moig morän och jordmänen är podsol. Ytan som är belägen i ett naturreservat

ligger på en höjd och markvegetation är av ristyp. Lokalen har varit med sedan mätningarna i länet startade 1989. Från och med 2000/01 mäts deposition enbart i skogsytan.

Depositionen av antropogent svavel till granytan har minskat tydligt, från cirka 15 kg/ha under början av 1990-talet till knappt 4 kg/ha. Det senaste årets mätning tangerade förra årets halt som var den lägsta noteringen (3,3 kg/ha) sedan mätningarna påbörjades. Den huvudsakliga minskningen i Klippan skedde under 1990-talet. Denna trend återfinns på lokaler över hela Sverige. Tydligast är trenden i södra Sverige där depositionen har varit som högst. Den främsta förklaringen är kraftigt minskad torrdeposition av svavel till följd av reducerade utsläpp. För kväve är det inte lika lätt att se några trender. Under 2006/07 uppmättes 3,5 kg oorganiskt kväve per hektar via krondropp, vilket är betydligt lägre än medelvärdet för samtliga år i mätserien (5,7 kg/ha). Under 2006/07 deponerades 97 kg klorid per hektar, Figur 4, vilket är betydligt mer än föregående år (30 kg/ha) och även mer än året dessförinnan då den deponerade mängden var 72 kg/ha som en följd av stormen Gudrun i januari 05. Den höga kloridhalten under årets mätningar kan förklaras av stormen Per i januari 2007.

Klippan O (O 05)

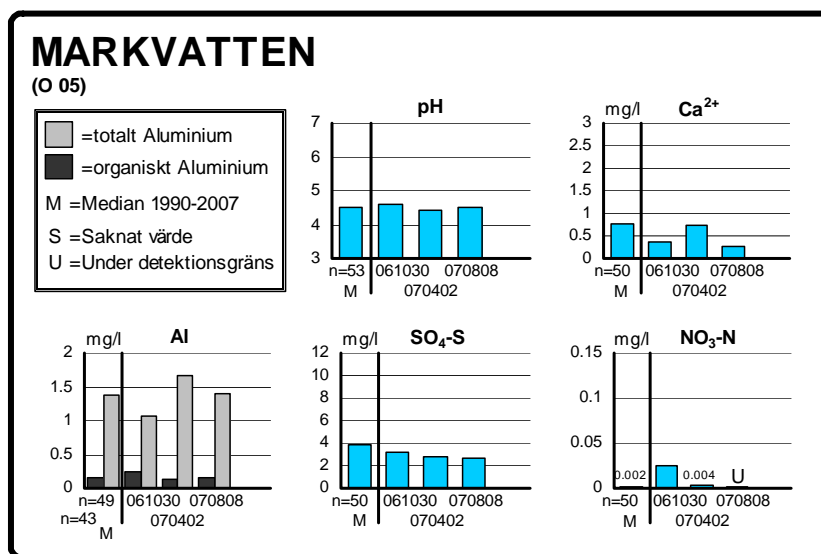
Gran, 116 år



Figur 4. Depositionsdata från Klippan, O 05. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i krondropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1989-2007. 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).

Markvattenprovtagningarna visar i allmänhet en kraftig försurningspåverkan. Låga pH-värden omkring 4,5 och höga halter av oorganiskt aluminium (drygt 1 mg/l) karakteriserar lokalen. Årets mätningar bekräftar denna bild då pH var mellan 4,4 och 4,6 och halten oorganiskt aluminium var mellan 0,8 och 1,5 vid de olika mättillfällena, Figur 5, Appendix Tabell A:5. Markvattnet har måttliga halter av baskatjoner, som uppvisat liknande halter än lokalens medianvärden under det senaste mätåret. De statistiska beräkningarna visar signifikant minskande halter av bland annat kalcium och kalium. De måttliga mängderna av baskatjoner och de höga halterna av oorganiskt aluminium har lett till måttliga BC/ooAl-kvoter (omkring 2,0). Kvoterna under 2006/07 varierade

mellan 0,8 och 2,1. En kvot < 1 kan innebära risk för ekologiska skador. Markvattnet i Klippan har visat förhöjda halter av ammoniumkväve, speciellt under höst och sommar, de föregående tre åren, något liknande mönster syns inte under årets mätningar. Nitrathalten var dock något förhöjt under en av de tre mätningarna något som visats sig ske även tidigare. Förändringarna är dock inte signifikanta. Övriga signifikanta förändringar under den sjutton år långa mätserien är minskande halter av sulfatsvavel, mangan, järn, oorganiskt och organiskt aluminium samt total aluminium och TOC, samt ökande pH, syraneutraliserande förmåga (ANC) och ökande halter av natrium. ANC har tidigare stadigt varit på väg uppåt men de senaste två åren har värdena varit relativt låga. ANC är fortfarande negativ vilket är ett tecken på försurning.



Figur 5. Markvattendata från Klippan, O 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).

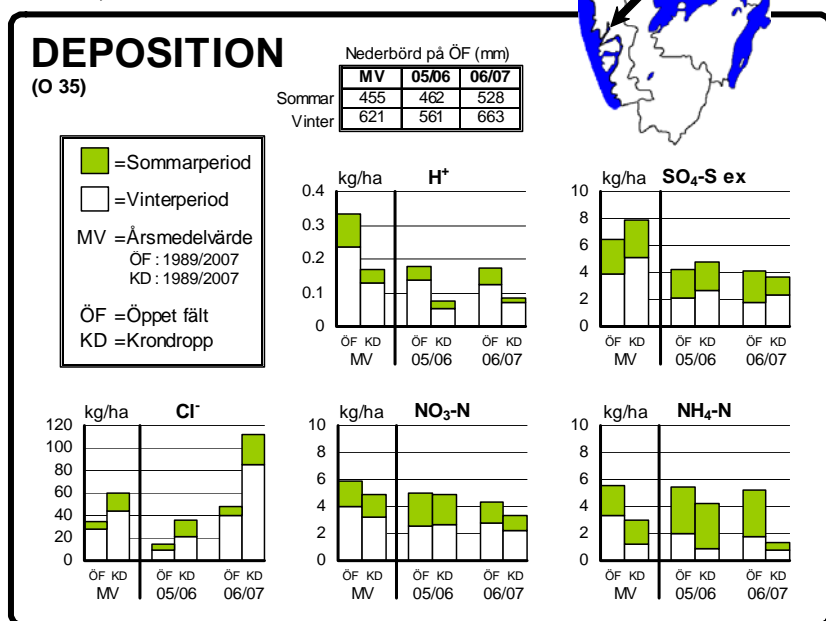
Hensbacka (O 35): 88-årig granyta med ståndortsindex G26. EU-yta som är etablerad i en redan befintlig provyta. Marken utgörs av sandig morän, jordmånen är podsol. Ytan är lokaliserad i den nedre delen av en sluttning åt norr och markvegetationen är av ristyp. Lokalen är även en av tio ytor i landet som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Bland annat innebär det att vissa mätningar (nederbördskemiska mätningar på öppet fält) bekostas av nationella anslag. De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält samt mätning av lufthalter flyttades hösten 2002 till ett hygge närmare krondropsytan. Tidigare var mätningarna lokaliserade på ett stort öppet fält, möjligen påverkad av E6.

Den årliga nederbörden i Hensbacka har oftast varit över 1000 mm. Under det hydrologiska året 2006/07 var nederbörden 1192 mm vilket är normalt för lokalen. Under det hydrologiska året 2006/07 var Hensbacka den lokal i länet som hade den högsta depositionen av både svavel och kväve. Våtdepositionen av antropogent svavel var obetydligt lägre än föregående år samt lägre än för de två åren dessförinnan. Nedfallet av svavel uppgick till omkring 4,1 kg/ha på öppet fält och något lägre 3,6 kg i skogsytan under 2006/07, Figur 6. Detta tyder på liten torrdeposition av svavel. I början av 1990-talet var depositionen större i skogsytan. I takt med att torrdepositionen av svavel minskat på grund av minskade utsläpp har värdena för krondropp och öppet fält närmast sig varandra, och under de sex senaste åren har de varit på ungefär samma nivå. Depositionen till

marken i skogsytor av oorganiskt kväve är vanligtvis mindre än depositionen på öppet fält, eftersom ett visst upptag eller omvandling av kväve sker i trädkronorna under normala förhållanden. Under 2006/07 deponerades 9,6 kg/ha på öppet fält och 4,7 kg/ha via krondropp. Även organiskt kväve mäts i Hensbacka, både på öppet fält och i granytan. Det summerade nedfallet av kväve (oorganiskt och organiskt) på öppet fält och till marken i skogsytan via krondropp uppgick under 2006/07 till 10,9 respektive 7,2 kg/ha. Nedfallet av havssalt mätt som klorid var högt speciellt i krondropp där det högsta värdet som någonsin uppmätts vid lokalen på 112 kg/ha uppmättes under året, Figur 6. Vid öppet fältytan uppmättes 48 kg/ha klorid. De höga halterna kan förklaras av stormarna som inträffade i början av året, t.ex. stormen Per.

Hensbacka (O 35)

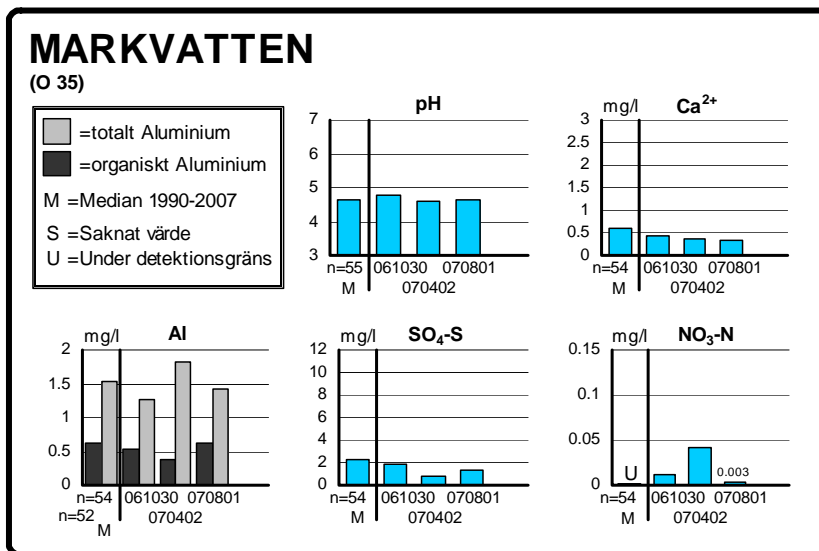
Gran, 88 år



Figur 6. Depositionsdata från Hensbacka, O 35. I figuren redovisas deposition i öppet fält och i krondropp av ett urval ämnen i krondropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1989-2007. 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).

Även markvattnet i Hensbacka karakteriseras av låga pH-värden, låga halter av baskatjoner samt relativt höga halter av oorganiskt aluminium. Under hydrologiska året 2006/07 uppmättes pH-värden mellan 4,6 och 4,8, vilket är något högre än medianvärdet för lokalen på 4,6, Figur 7, Appendix Tabell A:5. Trendanalys visar att halter av sulfatsvavel, klorid, kalcium, magnesium, natrium, kalium, totalt organiskt kol, samt total aluminium (både oorganiskt- och organiskt aluminium) har minskat signifikant sedan mätserien startade 1990. Trots sjunkande halter av oorganiskt aluminium har BC/ooAl-kvoten minskat signifikant, från omkring 2,5 till omkring 1,5, vilket beror på minskande halter av baskatjoner. Detta indikerar ökad försurningsgrad. Kvoten 1, som ofta används som en kritisk gräns, innebär ökad risk för skador på ekosystemet om den underskrids. Markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC, har under de arton år som mätningarna pågått samtidigt ökat signifikant, vilket indikerar minskad försurningsgrad. Ökningen i ANC beror dock sannolikt även på sjunkande kloridhalter i markvattnet utöver minskat nedfall av svavel. Under merparten av mätserien har ANC varit negativ, vilket uttrycker sura förhållanden.

Årets markvattenmätningar visar förhöjda halter av ammonium- samt nitratkväve. Markvattnets kväveinnehåll i form av ammonium har ökat särskilt under de senaste sju åren och ökningen är signifikant. Värdena har vid ett flertal tillfällen varit tydligt förhöjda, vilket indikerar att tillgängligt kväve ej utnyttjas fullt ut i systemet. Även nitrat har vid ett flertal mättillfällen under senare år visat på förhöjda halter, dock är inte ökningen signifikant. Sammantaget innebär detta en risk för kväveutlakning från marken.



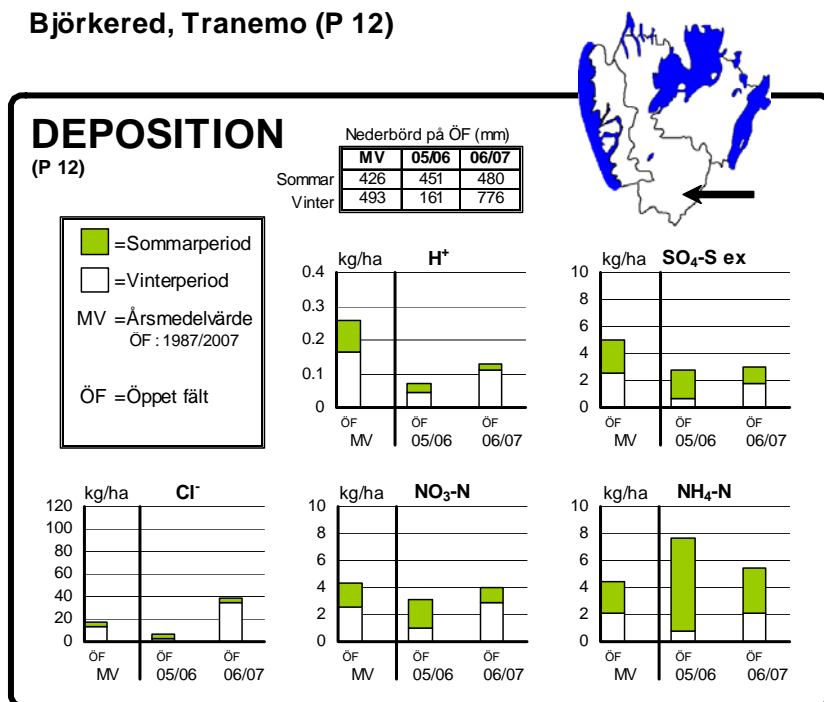
Figur 7. Markvattendata från Hensbacka, O 35. I figuren redovisas resultaten från det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär 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 (Ca^{2+}), aluminium (Al), sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) och nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$).

Lufthalter av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och marknära ozon (O_3) har mätts i Hensbacka sedan januari 1997. I kapitlet "Tidsutveckling lufthalter", senare i rapporten, finns en analys över hur lufthalterna varierat över tiden i länet samt i hela Götaland. Detta avsnitt behandlar därför endast årets mätningar vid Hensbacka. Medelhalterna av SO_2 har genom åren varierat mellan 0,5 och 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under mätperioden 2006/07 var årsmedelhalten av SO_2 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De högsta SO_2 -halterna uppmättes under vintern med allra högst halt i november (1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Medelhalterna av NO_2 har genom åren varierat mellan 2,5 och 5,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med det lägsta medelvärdet under den senaste mätperioden. De högsta NO_2 -halterna uppmättes under vintern med allra högst halt i november (5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Medelhalterna av NH_3 under sommarhalvåret 2006 var under detektionsgränsen på 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Genom åren har sommarhalvårsmedelhalten av NH_3 varierat mellan < 0,3-1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommarhalvårsmedelhalterna av O_3 har sedan mätningarna startade varierat mellan 52 - 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och under sommaren 2007 var medelvärdet för ozon 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den enskilt högsta månadshalten av ozon under 2006-2007 var i maj 2007 då 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmättes.

Jakobsbyn-Ödegård (P 02): 100-årig granya (G28) på sandig moig morän och en jordmån av övergångstyp. Ytan ligger i en sluttning mot sydost och markvegetationen är av ristyp. Från och med det hydrologiska året 2000/01 mättes enbart deposition i skogsytan i Jakobsbyn. Depositionsmätningarna och markvattenmätningarna i Jakobsbyns skogsyta avslutades i december 2006.

Björkered, Tranemo (P 12): Lokal för undersökning av nederbörd på öppet fält. Mätningarna i Björkered har sedan 1987 visat i genomsnitt 915 mm nederbörd årligen. Under hydrologiska året 2006/07 var nederbörden 1255 mm, vilket är den högsta uppmätta mängden sedan mätningarnas start. Trots den höga nederbördsmängden var våtdepositionen av antropogent svavel mycket låg, 3,0, vilket är den näst lägsta noteringen sedan 1987, bara förra året var den lägre med 2,7 kg/ha, Figur 8. Genomsnittet sedan mätningarna startade 1987 är 5,0 kg/ha. Våtdepositionen av svavel har minskat under de 20 år som mätningarna pågått. De fem första åren i mätserien deponerades ca 7 kg antropogent svavel per hektar medan medeldepositionen för de fem senaste åren är 3,6 kg/ha. Trots den höga nederbörden var kvävedepositionen i Björkered 9,5 kg/ha under hydrologiska året 2006/07, vilket är lägre än det föregående året. Det syns ingen trend i någon riktning när det gäller kvävedepositionen vid Björkered på samma sätt som för svavel. Nedfallet av klorid var mycket högt under året, 38 kg/ha, vilket är det högsta värdet som någonsin uppmätts vid Björkered. Även mycket höga natriumhalter, 23 kg/ha, uppmättes vid Björkered under året. De höga klorid- och natriumhalterna kan förklaras av stormarna som inträffade i början av året, bl.a. stormen Per.

Björkered, Tranemo (P 12)



Figur 8. Depositionsdata (öppet fält) från Björkered, Tranemo, P 12. I figuren redovisas deposition på öppet fält av ett urval ämnen de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för 1987-2007. 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).

Ösjö (P 52): Granskog, 90 år, med ståndortsindex G33, belägen i en söderslutning. Ytan är en EU-yta som etablerats i en tidigare utnyttjad provyta. Jordarten är morän dominerad av finmo och jordmånen är podsol. Ytan är bördig och markvegetationen domineras av gräs. Från och med det hydrologiska året 2000/01 mättes deposition enbart i skogsytan i Ösjö. Depositionsmätningarna och markvattenmätningarna i Ösjös skogsyta avslutades i december 2006.

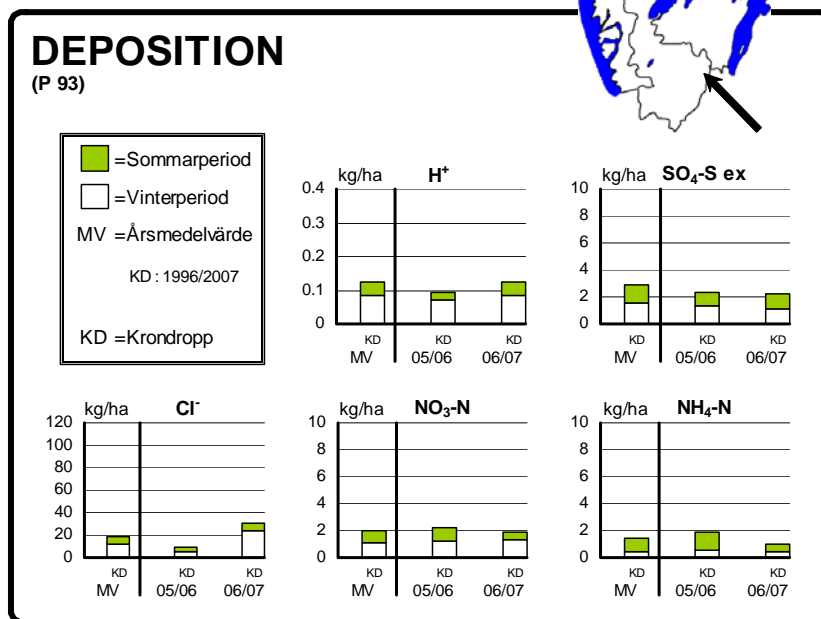
Bullsäng (P 92): EU-yta i 70-årig granskog, med ståndortsindex G30. Jordarten är sandig-moig morän och jordmånen av övergångstyp. Ytan ligger i en sluttning åt nordväst. Från och med december 2001 mättes deposition enbart i skogsytan. Depositionsmätningarna i Bullsängs skogsyta avslutades i december 2006.

Humlered (P 93): EU-yta i 59-årig tallskog med ståndortsindex T24. Ytan ligger på plan mark på ett sediment (grovm), med jordmånen podsol. Från och med december 2001 mäts förutom markvatten deposition enbart i skogsytan.

Tallskogen i Humlered har tillsammans med mätlokalen Stora Ek under hela den elvaåriga mätperioden tillhört de ytor med minst svaveldeposition i länet. Förklaringen är en kombination av det ostliga läget i länet och att tallskogen filtrerar luften i mindre utsträckning än granskog. När mätningarna startade 1996/97 var nedfallet av antropogent svavel 3,7 kg/ha, 2006/07 var nedfallet 2,2 kg/ha, Figur 9. Även nedfallet av oorganiskt kväve har varit lågt, under 2006/07 var nedfallet oorganiskt kväve 2,9 kg/ha trots att nederbörden var högre än normalt. I Humlered mäts även depositionen av organiskt kväve som under det senaste året varit 1,7 kg/ha. Nedfallet av klorid var mycket högt under året, 30 kg/ha, vilket är det högsta värdet som någonsin uppmätts vid Björkered. Även mycket höga natriumhalter, ca 18 kg/ha, uppmättes vid Humlered under året. De höga klorid- och natriumhalterna kan förklaras av stormarna som inträffade i början av året, bl. a. stormen Per.

Humlered (P 93)

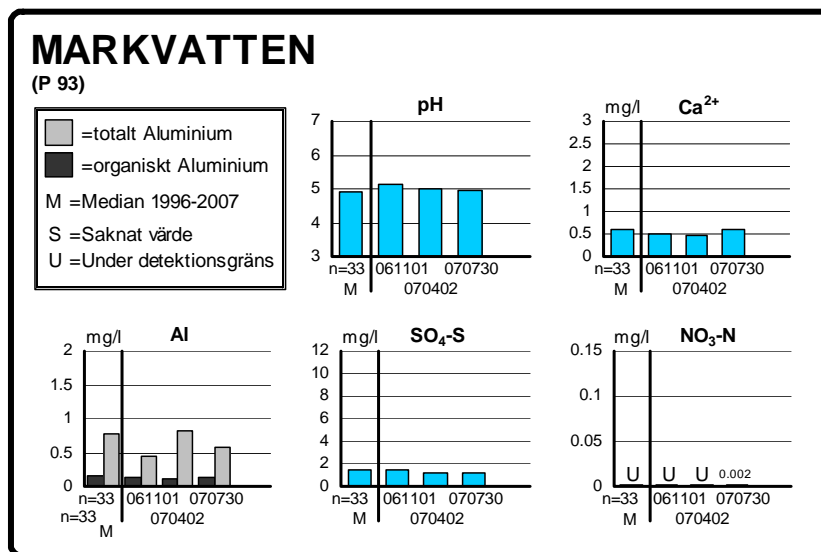
Tall, 59 år



Figur 9. Depositionsdata från Humlered, P 93. I figuren redovisas deposition i krondropp av ett urval ämnen de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för 1996-2007. 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).

Trots att depositionen varit måttlig i Humlered jämfört med många andra lokaler i länet har markvattenkemin visat på försurning under mätserien. 2006/07 varierade markvattnets pH-värde

mellan 4,9 och 5,1, kalciumhalten var mellan 0,5-0,6 mg/l, magnesiumhalten var omkring 0,3 mg/l, oorganiskt aluminium 0,3-0,7 mg/l och BC/ooAl-kvoten var 1,1-2,3, Figur 10, Appendix Tabell A:5. Kvoten 1, som ofta används som en kritisk gräns, innebär ökad risk för skador på ekosystemet om den underskrids. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) i markvattnet vid Humlered är alltså negativ och har ej förändrats nämnvärt sedan mätningarnas start vilket inte tyder på någon återhämtning från försurning vid lokalen. Under året uppmättes relativt höga järnhalter samt lite höga svavelhalter. Dock är svavelhalterna fortfarande låga i markvattnet vid Humlered. Sedan mätningarna startade 1996 har pH och ammoniumhalterna ökat och halten sulfatsvavel, oorganiskt och totalt aluminium samt halten av baskatjonerna kalcium, magnesium och kalium minskat signifikant i markvattnet.

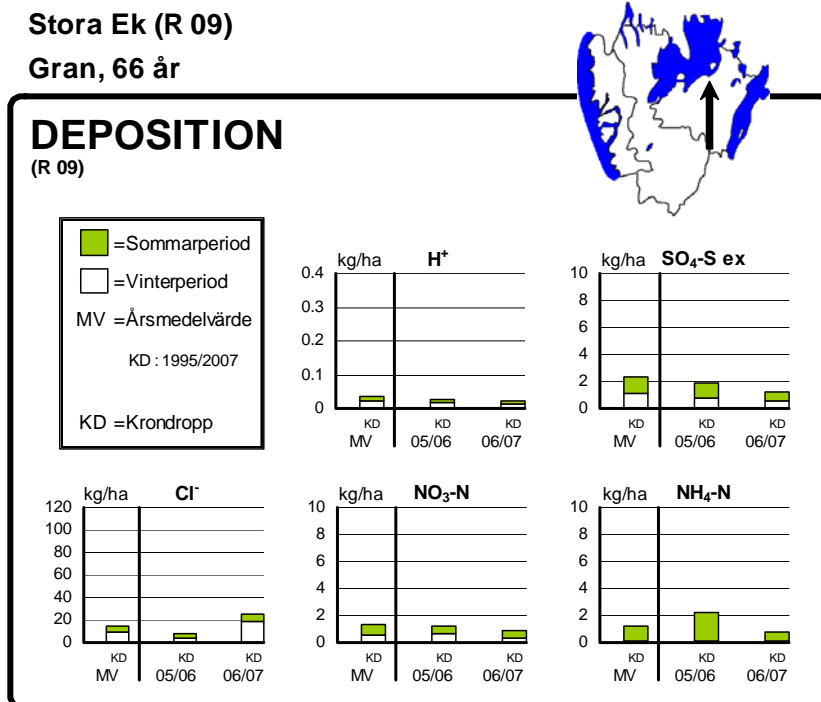


Figur 10. Markvattendata från Humlered, P 93. I figuren redovisas markvatten för det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär 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).

Härslätt (P 94): EU-yta i granskog, snart 80 år med ståndortsindex G28. Jordarten i ytan är morän med jordmånen brunjord. Ytan ligger i en sluttning åt väster. Från och med december 2001 mäts deposition enbart i skogsytan. Depositionsmätningarna i skogsytan i Härslätt avslutades i december 2006.

Stora Ek (R 09): EU-yta i 66-årig granskog, ståndortsindex G30, där mätningarna av deposition och markvattenkemi påbörjades hösten 1995. Jordarten är sandig morän och jordmånen av övergångstyp. Ytan ligger på plan mark. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001.

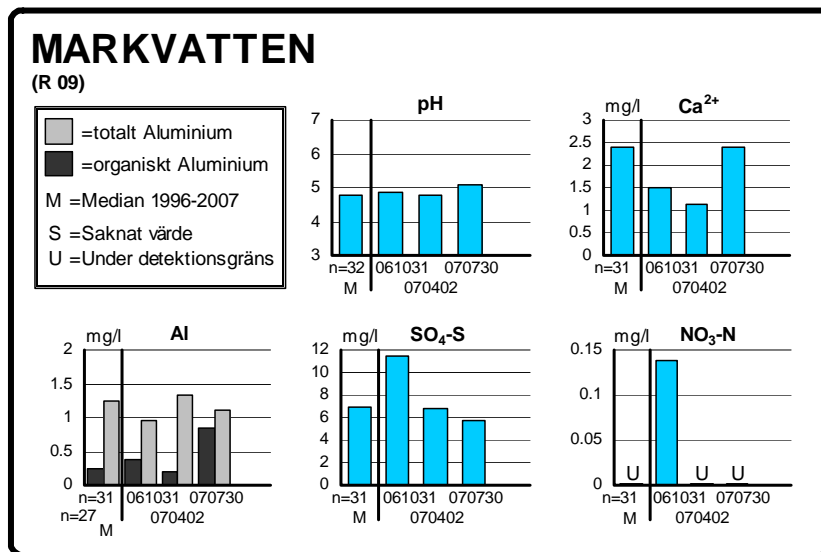
Stora Ek har generellt haft lägst nederbörd samt minst deposition av svavel och kväve jämfört med övriga lokaler i länet, vilket kan förklaras med det nordostliga läget. Även under det hydrologiska året 2006/07 var depositionen lägst i länet. Nedfallet av antropogent svavel och oorganiskt kväve via krondropp var 1,2 respektive 1,7 kg/ha under 2006/07, Figur 11, vilket är den lägsta noteringen för både svavel och kväve sedan mätningarna startade 1995. Nedfallet av organiskt bundet kväve var 2,1 kg/ha, vilket summerat innebär 3,8 kg kväve per hektar till marken i skogen.



Figur 11. Depositionsdata från Stora Ek, R 09. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i kronddropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1995-2007. 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).

Trots att Stora Ek har lägst svavel- och kvävedeposition i länet är medianvärdet för pH i markvattnet relativt lågt, 4,8. Det beror sannolikt till stor del på att halten av naturligt förekommande organiska syror, uppmätt som TOC (totalt organiskt kol) i markvattnet, tidvis varit relativt hög. Halterna av baskatjoner är länets högsta, vilket kan bero på en kombination av att jordmånen är av övergångstyp och att det försurande nedfallet varit förhållandevis lågt under lång tid. Under 2006/07 var kalciumhalten 1,1-2,4 mg/l, Figur 12, Appendix Tabell A:5. Medianvärden från 32 mätningar visar att halten oorganiskt aluminium varit hög, runt 1,0 mg/l. Resultatet blev en BC/ooAl-kvot runt 5. Detta gör att risken för skador på ekosystemet är relativt låg. En BC/ooAl-kvot på 1 används ofta som en kritisk gräns, och som om den underskreds innebär ökad risk för skador på ekosystemet. Under de senaste två åren har förhöjda halter av ammoniumkväve observerats, och under året uppmättes även förhöjda nitrathalter i markvattnet vilket kan tyda på att kväveomsättningen kan vara negativt påverkad i skogen.

Under den tolv år långa mätperioden har halten av kalcium, oorganiskt aluminium samt totalt aluminium minskat signifikant i markvattnet. pH-värdet och halten ammoniumkväve i markvattnet har ökat signifikant. Den syraneutraliserande förmågan, ANC har en tendens till ökande trend men denna ökning är ej statistiskt signifikant, dock är ANC i dagsläget positiv vilket tyder på en viss återhämtning från försurning vid lokalen.



Figur 12. Markvattendata från Stora Ek, R 09. I figuren redovisas markvatten för 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).

Tidsutveckling deposition

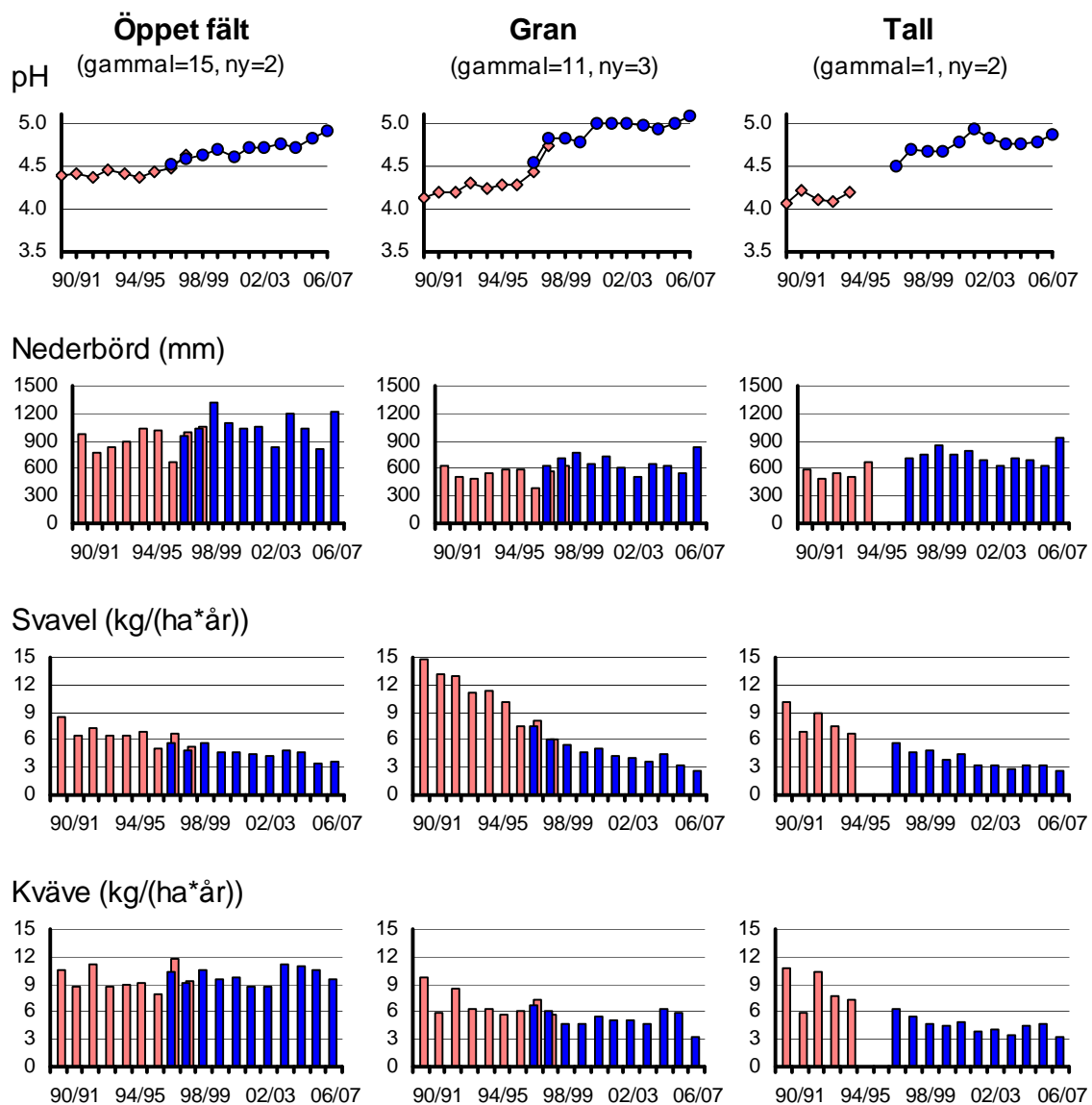
Figur 13 visar utvecklingen av svavel och kvävedepositionen i Västra Götalands län från 1989 fram till 2007. Två tidsserier för mätningar i öppet fält, granskog samt tallskog presenteras, en "gammal" tidsserie samt en "ny" tidsserie. Orsaken till att två tidsserier redovisas är att det 1996/97 startade 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.

För tidsserier för mätningarna i öppet fält ingår 15 ytor mellan 1989 fram till 1998, den nya tidsserien består av mätningar från Hensbacka och Björkered mellan 1996 till 2007. Det är svårt att jämföra dessa tidsserier p.g.a. den stora skillnaden i underlaget men av figuren framgår att försurningsbelastningen i länet har minskat som en följd av att utsläppet av försurande ämnen reducerats i Europa. Den nya tidsserien visar att pH-värdet har ökat, och ligger idag runt strax under 5 i mätningarna i öppet fält. När det gäller våtdepositionen av antropogent svavel ser man att den minskat. Den låga svaveldepositionen har under den senare delen av mätserien varit låg trots att nederbördsmängden varit relativt hög under den perioden. Detta betyder att koncentrationen av svavel i nederbörden varit låg. Under 2006/07 var svaveldepositionen vid Hensbacka och Björkered mellan 3 och 4 kg/ha vilket är den lägsta depositionen som uppmätts sedan mätningarna startade, detta trots den höga nederbördsmängden under 2006/07. När det gäller kväve ser man ingen motsvarande trend.

För tidsserier för mätningarna i granytor ingår 11 ytor mellan 1989 fram till 1998, den nya tidsserien består av mätningar från Hensbacka, Klippan och Stora Ek mellan 1996 till 2007. Nedfallet av svavel till granytor har minskat kraftigt, vilket är tydligt i de båda tidsserierna. 1989/90 var depositionen i genomsnitt 15 kg/ha. 2006/07 var svaveldepositionen vid de tre mätlokalerna mellan 1,2-3,6 kg/ha. Utvecklingen är tydligare än på öppet fält och kommer av en kraftigt minskad

torrdeposition. Den minskade nedfallsbelastningen av svavel har medfört att krondroppets pH-värde har ökat kraftigt. Inte heller i granytorna syns någon tydlig trend vad gäller kvävedepositionen.

För tidsserier för mätningarna i tallytor ingår 1 yta i tidsserien för perioden mellan 1989 fram till 1994, den nya tidsserien består av mätningar från Humlered och Åboland mellan 1996 till 2007. Även i mätningarna från tallytorna ser man att svaveldepositionen minskat, pH-värdet har ökat och en viss tendens till minskning av kvävedeposition är trolig för de båda lokalerna Humlered och Åboland. Det är dock inget som man ser generellt över södra Sverige utan är något som ibland observerats vid ett fåtal ytor i landet.



Figur 13. Årsmedelvärden för pH, nederbörd, deposition av svavel och oorganiskt kväve i tre miljöer i Västra Götalands län; öppet fält, granskog och tallskog, uppdelat på två tidsserier. För öppet fält ny tidsserie har mätningar från Hensbacka och Björkered använts. För den nya tidsserien för gran har mätningar från Klippan, Hensbacka och Stora Ek använts. När det gäller den nya tidsserien för tall har mätningar från Åboland och Humlered använts.

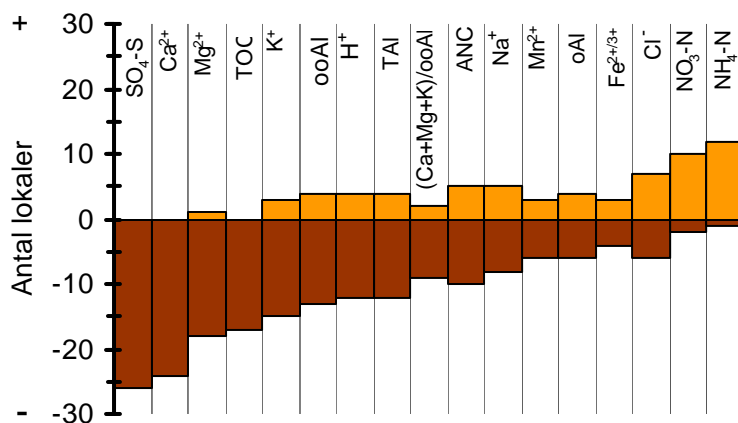
Tidsutveckling markvatten

Linjär regressionsanalys har använts för att ge indikationer på om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade vid befintliga lokaler i Götaland. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten på samtliga lokaler med minst fem provtagningar (~2 år). Detta innebär att alla aktiva markvattenlokaler i Västra Götalands län är med i analysen.

Figur 14 visar tidsutvecklingen för markvattnet vid 35 lokaler i Götaland. Tydligast är minskat innehåll av kalcium och sulfatsvavel, vilket skett på ungefär två tredjedelar av alla lokaler i Götaland. Minskningen är en följd av minskad svaveldeposition. På fler än en tredjedel av lokalerna minskar även halterna av magnesium, kalium, vätejoner och totalaluminium. Detta är en naturlig följd av att det sura nedfallet minskat, eftersom det sura nedfallet leder till jonbyte som frigör baskatjoner. Minskade halter av baskatjoner kan även bero på att förråden av utbytbara baskatjoner minskat i marken.

På ungefär hälften av lokalerna har innehållet av organiskt kol minskat och på omkring en tredjedel har kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium minskat. Ökande halter av nitrat- och ammoniumkväve förekommer vid ungefär en tredjedel av lokalerna, medan ett fåtal lokaler visar minskande kvävehalter. Ökande halter kan tyda på en störd kvävebalans i marken med risk för kväveutlakning som följd. Störningar efter stormen Gudrun och andra stormar har, på vissa lokaler, bidragit till förhöjd kväveutlakning på senare år.

Halten av oorganiskt aluminium har minskat på mer än en tredjedel av lokalerna medan organiskt aluminium inte visar någon tydlig trend. För markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC finns exempel på ytor med både minskande och ökande trend.



Figur 14. Trendberäkningar för markvatten på 35 lokaler i Götaland. 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

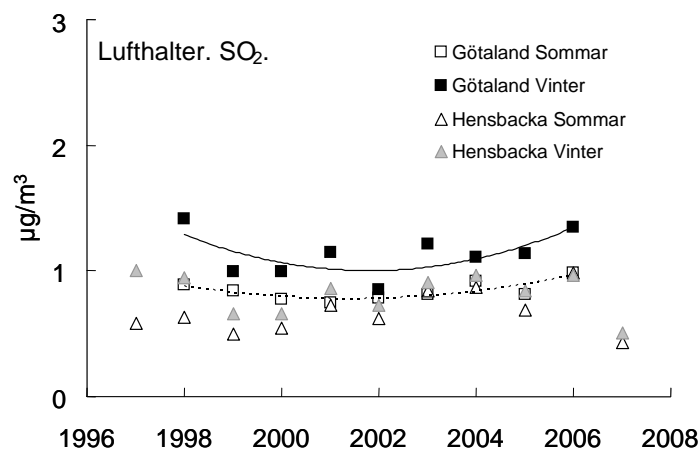
Mätningar av lufthalter med diffusiva provtagare har pågått vid sammanlagt en plats i Västra Götalands län, Hensbacka sedan 1997. I Skåne påbörjades mätningar redan 1994. Under perioden 1998 tom 2006 mättes lufthalter vid 12 platser i Götaland. Eftersom mätningarna vid dessa platser pågått under hela perioden går det att använda denna period för trendanalyser. Av de 12 platserna

för Götaland finns 4 i Skåne, 4 i Kalmar län, två i Östergötlands län, en plats i Kronoberg och en plats i Västra Götalands län. Tyvärr har lufthaltsmätningarna avslutats vid många platser i Götaland, vilket försvårar fortsatta trendanalyser.

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 15 visas lufthalter av SO₂ för Västra Götalands län och Götaland som helhet, uppdelat på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Västra Götalands län, Hensbacka, och 12 mätplatser för Götaland som helhet. Figuren visar att såväl halterna av SO₂ vid Hensbacka som medelvärden för Götaland varit relativt låga, med lägre halter vid Hensbacka jämfört med medelvärdena för Götaland som helhet. Halterna för Götaland tenderade till att minska i slutet av 1990-talet för att därefter öka något under 2000-talet. År 2007 var det dock låga halter vid Hensbacka förmodligen på grund av den kraftiga nederbörden detta år.



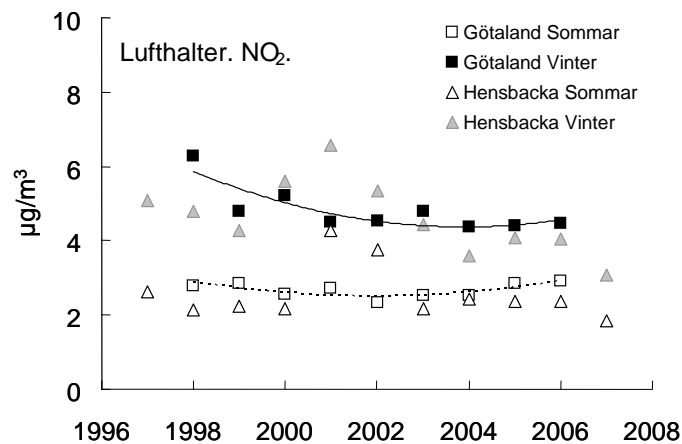
Figur 15. Lufthalter av SO₂ för Västra Götalands län och för Götaland som helhet, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Västra Götalands län, Hensbacka, och 12 mätplatser för Götaland som helhet. Trendlinjer visas för perioden 2001-2006 för Götaland sommarhalvår (streckad linje) och Götaland vinterhalvår (heldragen linje). Trendanalyserna som baserar sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Götaland vintervärden på 0,49 och för Götaland sommarvärden på 0,67. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,01 och 0,16 för vinter och sommar värden. Således blir en polynomfunktion trenden i data bättre än en linjär funktion. 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 Götaland (EMEP, 2007).

Figur 16 visar lufthalter av NO₂ för Västra Götalands län och för medelvärden för Götaland, uppdelat på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för samma mätplatser och perioder som redovisats för SO₂ ovan. Halterna av NO₂ som medelvärden för Götaland vintertid minskade avsevärt i slutet av 1990-talet för att därefter ligga relativt konstant. Halterna av NO₂ vid Hensbacka är under de flesta år lägre, jämfört med medelvärdena för Götaland. Under de tre åren 2000-2002 ligger halterna vid Hensbacka dock över medelvärdena för Götaland. Detta beror sannolikt på att mätningarna under dessa år var tillfälligt flyttad till en plats närmare den stora trafikleden E6. Slutsatsen blir därför att halterna av NO₂ vid Hensbacka under hela perioden 1997-2007 varit lägre än medelvärdet för Götaland och minskande.

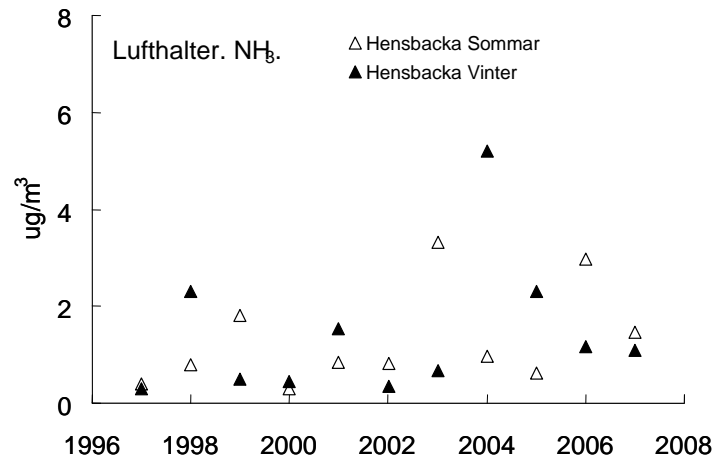


Figur 16. Lufthalter av NO₂ för Västra Götalands län och som medelvärde för Götaland, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Västra Götalands län, Hensbacka, och 12 mätplatser för Götaland som helhet. Trendlinjer visas för perioden 1998-2006 för Götaland sommarhalvår (streckad linje) och Götaland vinterhalvår (heldragen linje). Trendanalyserna som baserar sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Götaland vintervärden på 0,73 och för Götaland sommarvärden på 0,62. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,54 och 0,003 för vinter och sommar värden. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak har en mycket hög depositionshastighet 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 17 visas, baserat på månadsmätningar, årliga maximalt uppmätta halter av NH₃, uppdelat på sommar- och vinterhalvår, för Hensbacka. Halter visas endast för länet, eftersom halterna varierar kraftigt över Götaland. De årliga maximala halterna av NH₃ som uppmätts vid någon mätplats i länet visar en svag tendens till att öka. De maximalt uppmätta halterna av NH₃ har sedan 1997 för de flesta år legat under 2 µg/m³. I mitten av 2000-talet uppmättes dock vid flera tillfällen betydligt högre halter, med högsta värde 5,2 µg/m³. Det är för tidigt att säga om detta är någon bestående förändring.

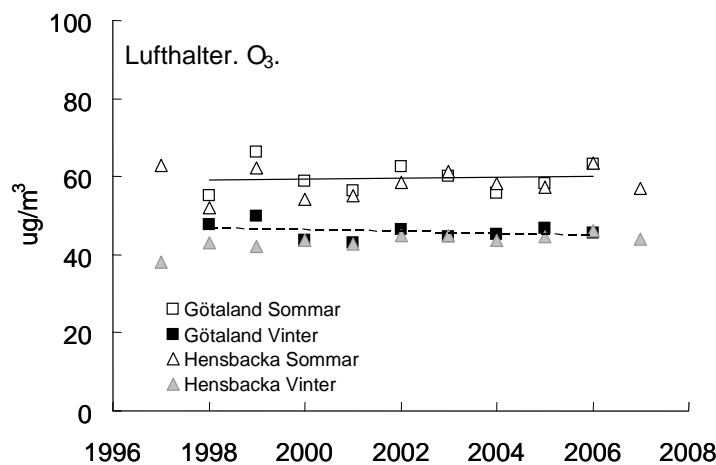


Figur 17. Lufthalter av ammoniak för Västra Götalands län, redovisat som årliga maximalt uppmätta värden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar vid en mätplats i länet, Hensbacka. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

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 utsläppsbegränsningar 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 vid Hensbacka ligger i nivå med medelvärden för Götaland i stort, (Figur 18).



Figur 18. Lufthalter av ozon i Västra Götalands län och som medelvärde för Götaland, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Västra Götaland, Hensbacka, och 12 mätplatser för Götaland som helhet. Trendlinjer visas för perioden 1998-2006 för Götaland sommarhalvår (heldragen linje, ökning 0,1 µg/m³ årligen) och Götaland vinterhalvår (streckad linje, minskning 0,2 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 Kron droppsnätet 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 Västra Götalands län inom miljö kvalitetsmålen "Bara Naturlig Förurning" och "Ingen Övergödning", samt en beskrivning av pågående metodutveckling för miljö kvalitetsmålet "Friske 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

Miljö kvalitetsmålet *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	Upp- lösning	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 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 spridningsmodell-system 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. 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.

Det beräknade nedfallet av svavel visade upp en kraftig gradient med högst nedfall i de västra kommunerna, upp till 7 kg per hektar och år, och lägst i öster, knappt 3 kg per hektar och år under 20/2005 (Tabell 2). Även nedfallet av kväve uppvisade en öst-västlig gradient, med generellt sett högre deposition i väster (Tabell 2). Nedfallet beräknades till nära 13 kg per hektar och år i Bollebygd, Härryda och Partille kommuner i västra delen av länet, och 6 kg per hektar och år i Gullspång i öster. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 1,5-3 kg svavel samt 3,5-7,5 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.

Tabell 2. Svavel- och kvävenedfall på kommunnivå under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

Kommunnamn	N 03/04	N 04/05	N 2020	S 03/04	S 04/05	S 2020
Ale	11.3	12.6	6.8	5.6	5.9	2.5
Alingsås	10.2	11.9	6.7	4.9	5.4	2.4
Bengtsfors	7.6	8.9	4.8	3.7	4.4	2.1
Bollebygd	11.8	12.9	7.3	5.7	5.8	2.6
Borås	11.4	12.2	7.1	5.3	5.5	2.6
Dals-Ed	7.9	9.4	5.0	3.8	4.7	2.2
Essunga	9.2	10.3	6.1	4.0	4.5	2.1
Falköping	9.3	9.6	5.8	3.7	3.9	2.0
Färgelanda	9.8	11.6	6.2	4.7	5.4	2.4
Grästorp	8.4	9.7	5.0	3.8	4.2	1.9
Gullspång	5.9	6.0	3.5	2.8	2.8	1.6
Göteborg	11.8	12.0	6.1	6.9	6.7	2.6
Götene	7.7	8.1	4.5	3.3	3.5	1.8
Herrljunga	9.5	10.9	6.4	4.1	4.7	2.2
Hjo	6.7	6.3	4.8	2.9	2.8	1.6
Härryda	12.6	12.9	7.4	6.3	6.0	2.8
Karlsborg	7.2	6.3	4.9	3.3	2.8	1.7
Kungälv	10.9	11.6	6.0	5.6	5.8	2.9
Lerum	11.4	12.6	7.0	5.7	5.8	2.6
Lidköping	6.6	7.6	4.2	3.0	3.5	1.7
Lilla Edet	11.0	12.4	6.9	5.8	5.9	2.8
Lysekil	9.7	10.7	4.7	6.7	6.2	2.8
Mariestad	6.1	6.2	3.9	2.8	3.0	1.6
Mark	12.8	12.8	7.4	5.7	5.6	2.7
Mellerud	7.5	8.8	5.6	3.4	4.2	1.9
Munkedal	10.5	11.6	6.0	5.4	5.7	2.8
Mölnadal	12.5	12.6	6.9	6.4	6.1	2.1
Orust	10.0	11.8	5.5	5.7	5.9	3.0
Partille	12.7	12.9	7.2	6.6	6.0	3.0
Skara	9.1	9.1	5.4	3.7	3.7	1.9
Skövde	8.9	8.2	5.4	3.6	3.2	1.8
Sotenäs	9.1	9.5	4.5	5.0	5.3	2.7
Stenungsund	11.3	12.4	6.5	6.7	6.5	2.8
Strömstad	7.7	8.6	3.9	3.8	4.5	2.3
Svenljunga	12.4	12.0	7.3	5.7	5.4	2.6
Tanum	8.9	9.9	4.8	4.2	5.1	2.5
Tibro	8.2	7.5	5.3	3.3	2.9	1.7
Tidaholm	8.7	8.7	5.6	3.6	3.5	1.8
Tjörn	9.1	10.8	5.3	5.0	5.7	2.7
Tranemo	10.7	10.4	6.7	5.0	4.9	2.4
Trollhättan	9.7	11.4	6.3	4.8	5.1	2.4
Töreboda	8.0	7.4	4.7	3.3	3.0	1.8
Uddevalla	11.0	12.5	6.8	6.0	5.8	2.8
Ulricehamn	9.9	10.4	6.4	4.5	4.7	2.4
Vara	8.4	9.6	5.6	3.5	4.1	1.9
Vårgårda	10.2	11.8	6.5	4.7	5.2	2.4
Vänersborg	8.5	10.0	6.0	4.1	4.6	2.2
Åmål	6.9	7.6	4.9	3.3	3.9	1.8
Öckerö	9.5	9.7	5.1	6.9	7.0	2.3

Överskridande av kritisk belastning 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 baskatjoner 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 miljökvalitetsmålet "*Bara naturlig försurning*" (Naturvårdsverket, 2007b).

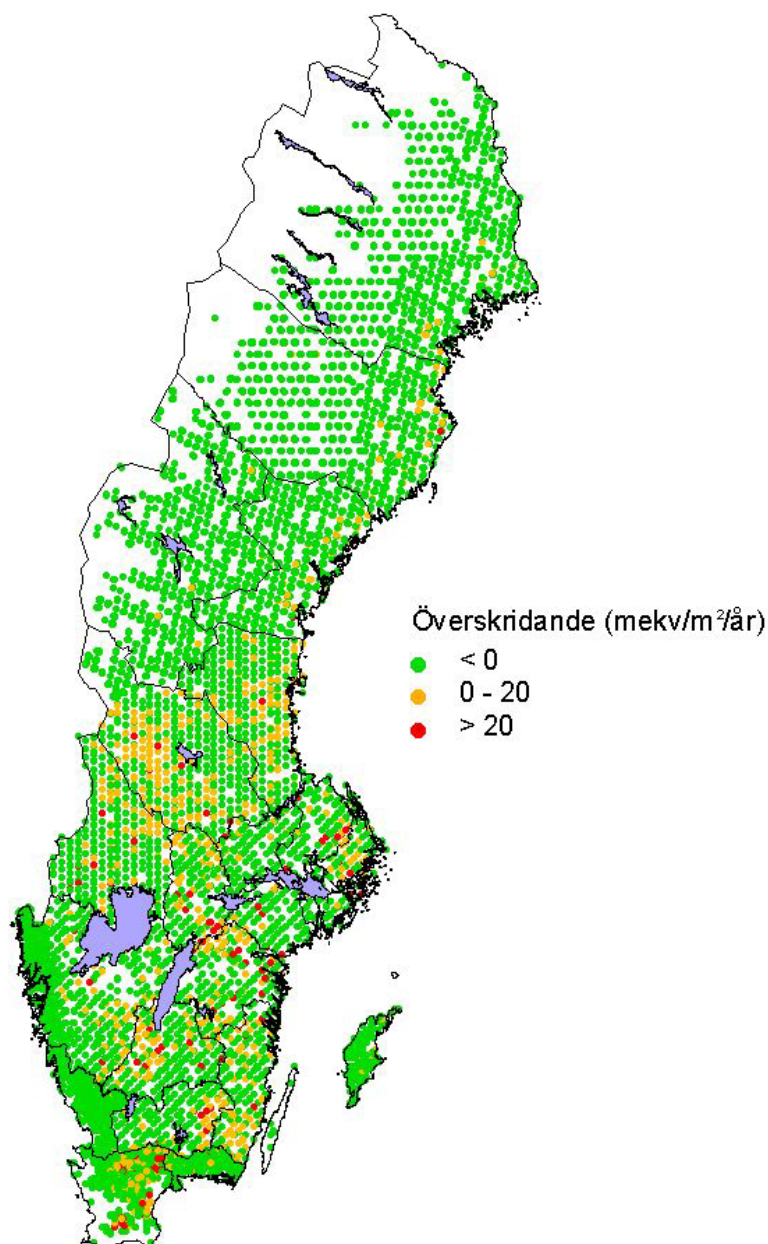
Beskrivning av beräkningsmodellen

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 baskatjoner 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 Västra Götalands 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 19). I Västra Götalands län, där 1331 ytor modellerats, överskrids den kritiska belastningen på 10 % av skogsmarken, vilket är i samma storleksordning som genomsnittet för landet. Andelen är större i den östra delen av länet än i den västra. År 2020 överskrids inte den kritiska belastningen på skogsmarken i länet, enligt CLE-scenariet.



Figur 19. Överskridande av kritisk belastning i skogsmark i Sverige på ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS).

Antropogent försurade sjöar nu och 2020

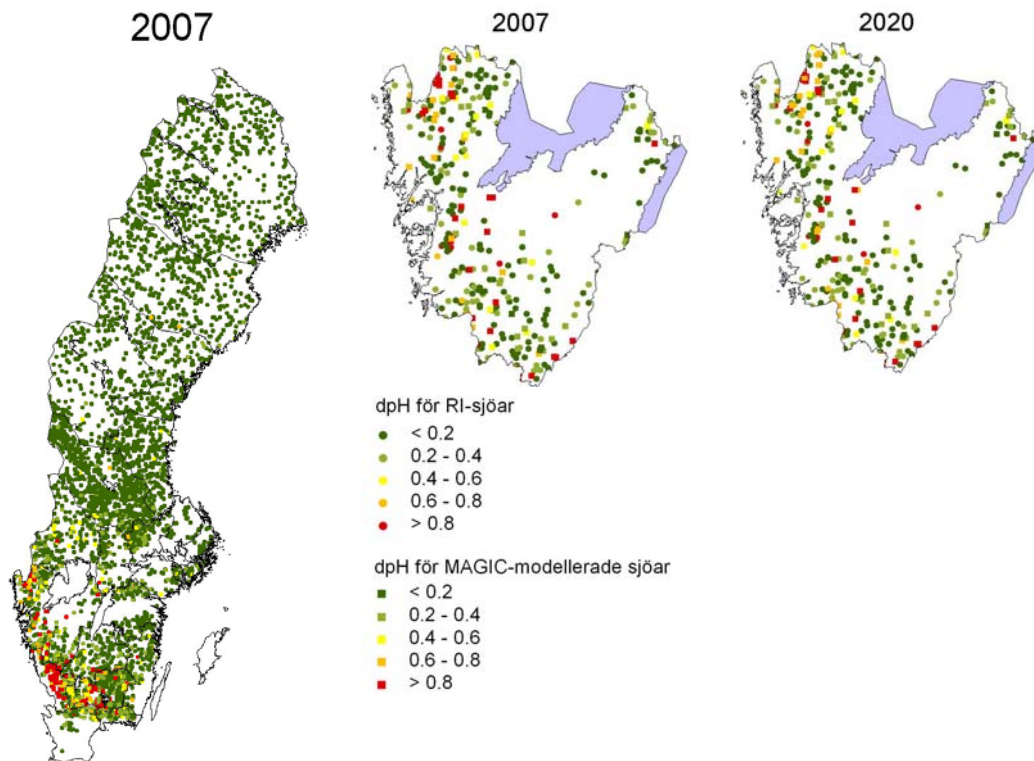
Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 2008) är sjöar antropogent försurade om deras pH-värde minskat med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid. Detta kan bedömas med hjälp av MAGIC-modellen (Cosby, m.fl., 2001) eller med MAGIC-biblioteket (www.ivl.se/magicbibliotek) som baseras 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 Västra Götalands län visas i Figur 20. 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 Västra Götalands län i *Bara naturlig försurning* lyder:

"År 2010 är högst 15 procent av antalet sjöar och 20 procent av sträckan rinnande vatten i Västra Götalands län drabbade av försurning som orsakats av människan"

I Västra Götalands län finns 85 sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen, 322 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 247 enligt Riksinventeringen 2005. Andelen försurade sjöar i Västra Götalands 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 Västra Götalands län år 2007 beräknades till 28 % baserat på Riksinventeringen 2000 och 20 % baserat på Riksinventeringen 2005. Detta överskrider delmålet på 15 %. Enbart en liten förbättring förutspåddes till år 2020 enligt CLE-scenariet, till 26 respektive 19,5 %. Spridningen av försurade sjöar är relativt jämn över länet.



Figur 20. 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 talltor 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 halvan av Sverige, 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 Västra Götalands län indikerar att den kritiska belastningen inte kommer att överskridas i framtiden med avseende på skogsmark, med det kriterium som använts (kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium), förutsatt att enbart stamuttag görs. Däremot är en stor del av sjöarna antropogent försurade, och kommer att vara det även år 2020 enligt beräkningarna, trots att nedfallet i Halland förväntas sjunka avsevärt enligt CLE-scenariet. 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 sydvästliga 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 3, liksom kopplingen till delmål, indikator eller mål inom generationsperspektivet.

Tabell 3. 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

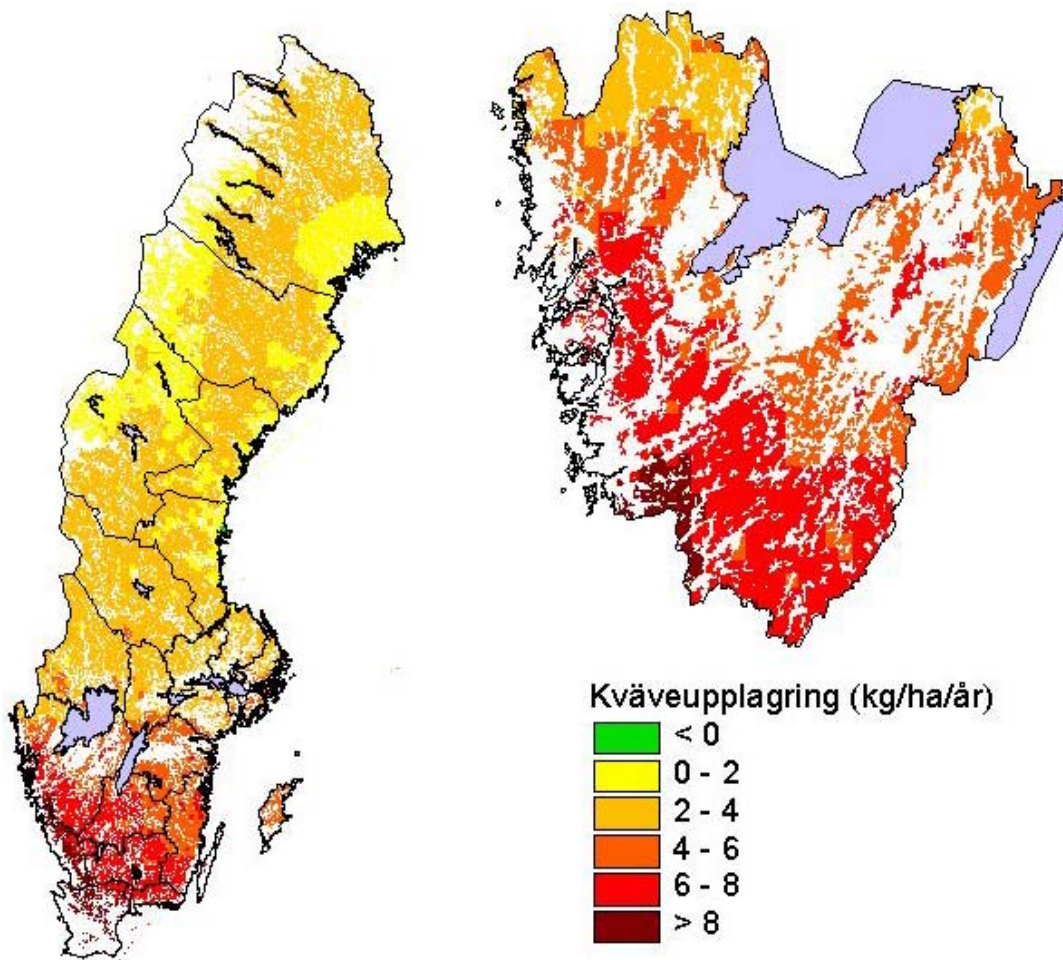
Hög kvävedeposition kan bidra till övergödning av haven, dels genom direkt deposition på sjöar och hav, dels genom avrinning från marken. Kvävedeposition är därför en viktig del vid uppföljning av indikatorn Tillförsel av kväve till kusten. Depositionen av kväve på kommunnivå har presenterats under "*Bara naturlig försurning*" (Tabell 2), 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). Intercirkulationen 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:

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

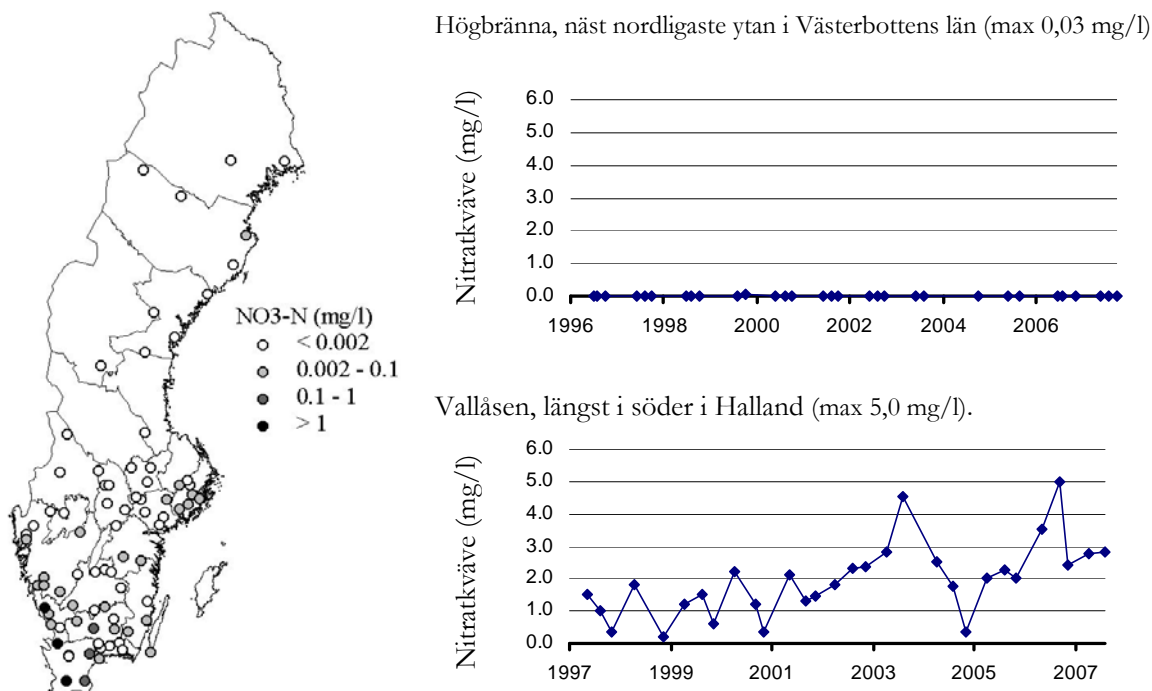
Denitrifikationen har försumrats i och med att beräkningarna gäller enbart väl-dränerad skogsmark. Beräkningar har gjorts för ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) och resultatet har därefter interpolerats till rutor på 5*5 km. Figur 21 visar kväveackumulering i granskog vid stamuttag, baserat på 5600 granytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) i Sverige.



Figur 21. Kväveackumulering i granskog i Sverige och i Västra Götalands län. Färgade områden är alla typer av skogsmark medan vita områden är mark med annan markanvändning. Kväveupplagringen som anges gäller enbart granskog.

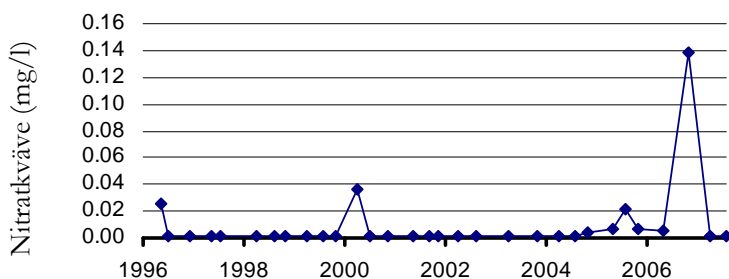
Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst. Skåne och Halland är de län där det ackumuleras mest med upp till 10 kg kväve per hektar och år. I norra delarna av Sverige är ackumuleringen låg, på många håll under 2 kg per hektar och år. I Västra Götalands län varierar kväveackumuleringen mellan 2,5 och 9 kg per hektar och år.

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 22). 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 22 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, Högrännan, har valts i norra Sverige.

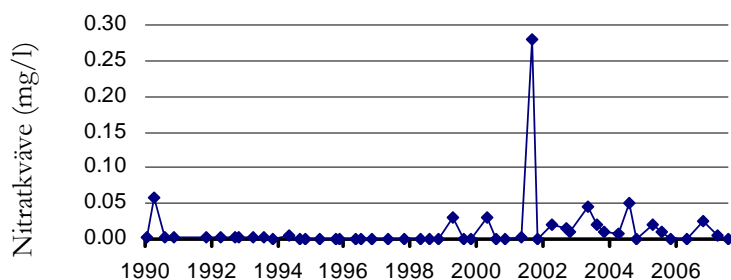


Figur 22. Medianvärde för nitratkväve i markvatten de tre senaste hydrologiska åren i Krondroppsnätets skogsytor, förutom de som är kraftigt stormdrabbade och därmed har störd kvävestatus på grund av det (t.v.) och tidsutvecklingen för nitratkväve i markvatten i en yta i norr, Högrännan och en längst i söder, Vallåsen (t.h.).

Halterna är generellt låga på ytorna i Västra Götalands län, enbart vid två tillfällen har de överstigit 0,1 mg/l, i Stora Ek i oktober 2006 då halten uppgick till 0,14 mg/l (Figur 23) samt i Klippan i september 2001 då halten uppgick till 0,28 mg/l (Figur 24). Även dessa nivåer kan betecknas som låga. I Stora Ek skulle förhöjningen kunna vara en effekt av stormen Gudrun i januari 2005, som ledde till viss påverkan i ytan. Stormskador kan leda till liknande effekter som vid avverkning, då kväveupptaget minskar kraftigt vilket leder till en förhöjning av nitrathalten i markvatten under några år. Effekten blir kraftigare ju högre kvävebelastningen är i området. Resultaten för länet visar att skogen fortfarande tar upp i princip allt kväve, men det är viktigt att följa utvecklingen eftersom kvävebelastningen är fortsatt hög i länet.



Figur 23. Nitratkväve i markvatten i Stora Ek.



Figur 24. Nitratkväve i markvatten i Klippan.

Frisk luft

Miljö kvalitetsmålet *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 4.

Tabell 4. Miljö kvalitetsmålet *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-timmars medelvärde år 2010.	Halterna som inte bör överskridas är 70 µg/m ³ som 8-timmars medelvärde och 50 µg/m ³ som medelvärde för sommarhalvåret	Som reviderat delmål föreslås 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 Miljö kvalitetsnormerna, varav de halter som bör uppnås för ozon nära marken visas i Tabell 5. 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 5. Målvärden för ozon som inte bör överskridas enligt Miljökvalitetsnormen. SFS 2007:771 Förordning (2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

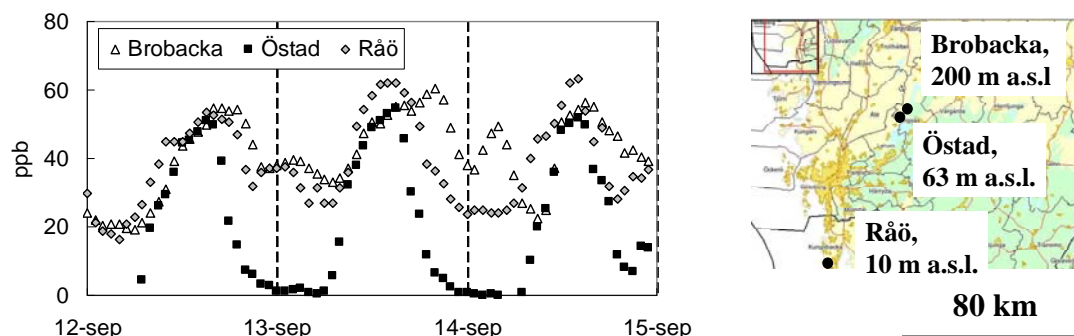
Målvärde för 2010		Målvärde för 2020	
Hälsa	Vegetationen	Hälsa	Vegetationen
Max 8-timmars-medelvärde <120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	AOT40, <18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ timmar, medelvärde under 5 år **	Max 8-timmars-medelvärde <120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	AOT40, <6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ timmar * **

* 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Om resultatet är >0 så ackumuleras detta värde. AOT40 uttrycks som $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -timmar.

Det framgår av Figurerna 15, 16 & 18 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 depositionshastigheten 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 25.



Figur 25. 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 ca 20 km söder om Göteborg precis vid kusten. Östads Säteri är en mätplats som drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs Universitet, belägen topografiskt lågt i landskapet, ca 50 km nordost om Göteborg. Brobacka är en tillfällig mätplats, belägen på toppen av ett berg, högt över omgivande landskap, ca 8 km nordost om Östads Säteri. 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 6.

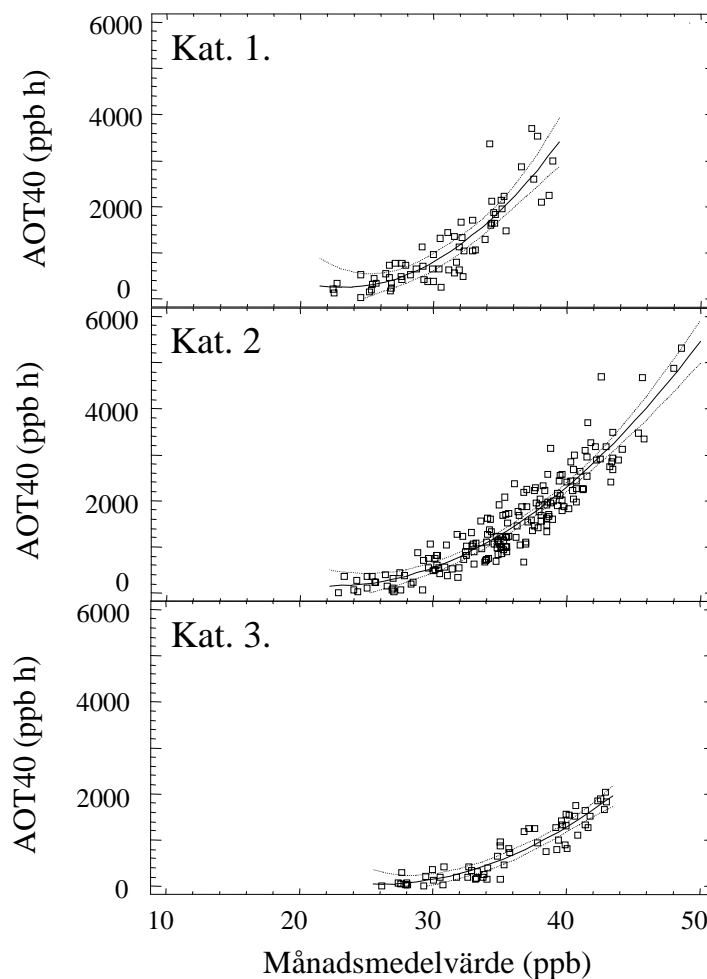
Tabell 6. Definition av fyra olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon. Modifierad från Karlsson m.fl., 2004.

Benämning	Representerar	Skillnad i ozonhalter mellan dag och natt	Frekvens överskridanden av målvärden
Kustnära	Mätlokaler belägna mycket nära kusten.	Relativt liten	Hög
Höglänta	Mätlokaler belägna utpräglat högt över angränsande landskap.	Relativt liten	Hög
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap.	Stor	Låg
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 (uppmätta t.ex. med passiva provtagare) kunna kartlägga eventuella överskridanden 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 landsbygdsmiljö, under förutsättning att berörda platser kunde hänföras till olika geografiska/topografiska kategorier (Figur 26). Korrelationerna mellan månadsmedelvärden och maximalt 8-timmarsmedelvärde var sämre. 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 överskridanden av maximalt 8-timmarsmedelvärde från månadsmedelvärden för ozonhalt.

Den huvudsakliga svårigheten med den utvecklade metodiken är att avgöra till vilken kategori en viss mätplats skall hänföras, t.ex. beroende på lokal topografi. Emellertid finns det en stark samvariation mellan dygnsvariationen för ozonhalter och dygnsvariationen för lufttemperatur. 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 26. 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 Västra Götalands län

Lokalen i Hensbacka har antagits vara en plats med en hög ozonbildning under dagen samt en relativt hög frekvens av nattliga temperaturinversioner, d.v.s. att dygnsvariationen i ozonhalter är

relativt stor (Kategori 1 i Figur 21). Detta baseras på jämförelser av månadsmedelhalter mellan Hensbacka och Råö respektive Östads Säteri (Karlsson m.fl., 2007). Råö är en kustnära mätplats belägen söder om Göteborg, medan Östads Säteri är en lågt belägen mätplats i inlandet, ca 45 km nordväst om Göteborg. Månadsmedelhalter vid Hensbacka stämmer bättre överens med Östads Säteri än med Råö. Jämförelser görs med instrumentmätningar vid EMEP's mätstationer vid Råö och Prestebakke. Sistnämnda mätplats ligger i Norge, strax innanför gränsen från Dalsland. Råö har klassats till kategori 2 medan Prestebakke klassas som kategori 1 (Karlsson m.fl., 2004).

Den metod som används för att beräkna AOT40 ur månadsvärden är en förenkling. Bland annat 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 dygnsvariationen 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 7 nedan kan man se att de AOT40 värden som beräknats för Råö för åren 2003-2007 med den statistiska metoden baserat på månadsmedelvärden, stämmer relativt väl med de AOT40 som beräknats direkt från uppmätta timmedelvärden för ozon för samma period. För Prestebakke tenderar den statistiska metoden att överskatta AOT40. Detta skulle kunna bero på att Prestebakke utgör en intermediär mätplats mellan kategorierna 1 och 2. En beräkning utifrån kategori 2 resulterar i lägre AOT40 värden.

Som medelvärde för de senaste fem åren överskrider de beräknade värdena för AOT40 vid Hensbacka det målvärde för AOT40 maj-juli, 6000 µg/m³, som anges inom Miljökvalitetsnormerna från år 2020. Detta resultat är dock beroende av antagandet att mätplatsen tillhör kategori 1. Om platsen istället antagits tillhöra Kategori 2, skulle överskridandet ha varit mindre. Om mätningarna vid Hensbacka hade kompletterats med enkla givare luft lufttemperatur och fuktighet skulle vi kunna avgöra med större säkerhet till vilken ozonkategori mätplatsen tillhör.

Det målvärde som finns inom det svenska miljömålet *Frisk Luft* som ska gälla från 2020, d.v.s. att sommarmedelhalten ska understiga 50 µg/m³, överskrids även det vid Hensbacka. Överskridandena är likvärdiga vid Prestebakke, baserat på instrumentmätningar, medan det är betydligt högre vid Råö, både vad gäller AOT40 och sommarmedelhalten.

Sammanfattningsvis gör vi bedömningen att det är sannolikt att de långsiktiga målvärdena för ozon inom såväl Miljökvalitetsnormerna som miljömålet *Frisk Luft* till skydd för växtligheten överskrids i stora delar av länet.

Tabell 7. Beräknade resultat som medelvärden för de senaste fem åren:

Namn	Kategori	AOT40 Maj-Jul * µg/m ³ timmar	Medelhalt Apr-Sept µg/m ³
Hensbacka (O 35)	1	7388	59.4
Råö (EMEP-station) uppmätta halter	2	11115	73.0
Prestebakke (EMEP, Norge) uppmätta halter **	1	7744	66.0
Råö (EMEP-station) beräknad från medelvärde	2	12583	-
Prestebakke (EMEP, Norge) beräknad från medelvärde **	1	11427	-

* ljusa timmar beräknat mellan 08-20 CET

** Prestebakke, preliminära data för 2007

Kväve i skog - brist eller överskott?

Krondropps nätet under 20 år - från svavel till kväve

I mitten av 1980-talet, när mätningarna inom Krondropps nätet 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 miljö kvalitetsmål, har gjort att fokus på senare år har flyttat från svavel till kväve.

Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen

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 miljö kvalitetsmålen: *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 kvävegödsling, uttag av avverkningsrester samt anläggning av skärmställningar (150-200 träd per

hektar som får stå kvar efter avverkning med huvudsyftet av 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.

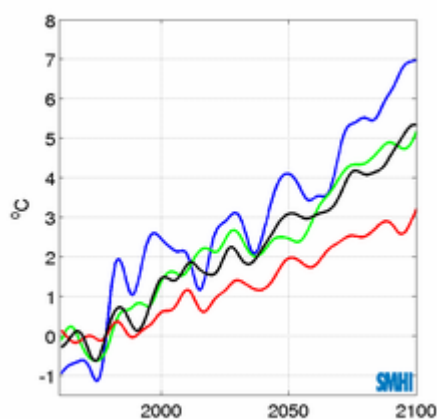
Det finns ett antal modeller och experiment som används för att bedöma risken för kväveutlakning från skogsmark. Det är dock mycket viktigt att även följa utvecklingen i skogsbestånd i olika delar av Sverige. Markvattenmätningarna inom Krondroppsnetet utgör ett värdefullt underlag, med tidsserier på 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?

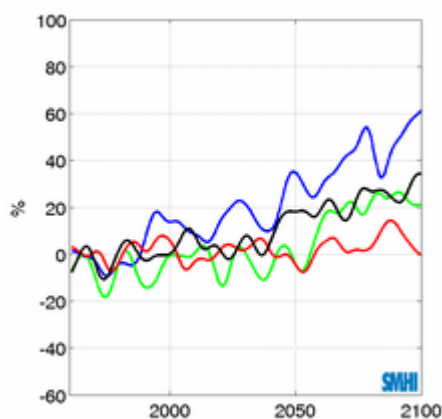
Det står klart från både modelleringsansatser och analyser av meteorologiska mätningar att klimatet i Sverige håller på att förändras. En rapport från SMHI (SMHI, 2006) visar att det under de senaste 15 åren har blivit ett varmare och blötare klimat, jämfört med ett medelvärde för perioden 1961-1990. 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. Krondroppsnetets 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 27). Förutsägelseerna 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.

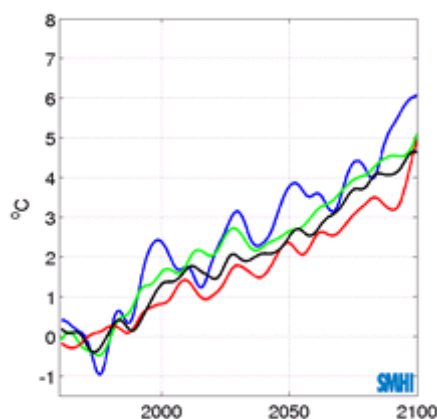
A. N Norrlands inland. Lufttemperaturer



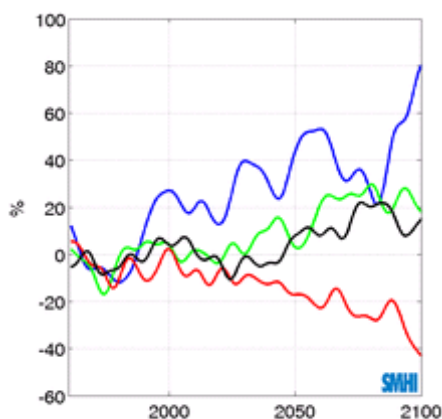
B. N Norrlands inland. Nederbörd



C. NV Götaland. Lufttemperaturer



D. NV Götaland. Nederbörd



Figur 27. 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.

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 utbrett, 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.

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 miljökvalitetsnormer 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, markvatten

Tabell A:1a. Data från mätningar på öppet fält i Västra Götalands 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	→										
Hensbacka (O 35 A)	06/07	1192	0,17	6,4	4,1	48,5	4,3	5,2	2,7	3,6	28,7	2,6	0,39	
	05/06	1023	0,18	4,9	4,3	14,6	5,0	5,5	1,8	1,6	6,1	1,7	0,35	
	04/05	1148	0,28	8,6	5,7	61,7	6,5	6,5	3,4	4,9	36,8	2,2	0,35	
	03/04	1229	0,26	6,1	5,0	24,8	5,7	5,1	2,5	2,0	15,6	1,7	0,11	
	02/03	845	0,18	5,4	4,4	21,8	4,8	3,7	2,6	1,9	13,8	2,3	0,14	
	01/02	1030	0,22	7,7	4,9	60,4	5,3	4,1	3,1	3,8	35,9	2,2	0,11	
	00/01	1228	0,36	7,6	5,9	36,1	7,3	5,0	3,0	2,4	22,9	1,4	0,16	
	99/00	1177	0,24	7,8	5,7	44,6	5,7	5,1	3,4	3,5	27,3	2,1	0,29	
	98/99	1450	0,41	8,2	6,9	28,1	7,1	6,0	2,9	2,0	16,4	2,4	0,14	
	97/98	1155	0,37	7,8	6,4	30,3	6,7	5,0	3,1	2,3	17,5	2,9	0,09	
	96/97	1014	0,33	8,0	6,6	30,0	6,0	5,8	2,2	2,3	17,4	2,0	0,24	
	95/96	672	0,27	6,4	5,7	14,8	4,8	4,3	1,8	1,2	9,6	1,8	0,08	
	94/95	988	0,44	7,4	6,3	23,5	4,8	3,9	3,4	1,6	13,8	1,5	0,03	
	93/94	1198	0,48	8,4	7,2	25,8	5,5	4,6	1,9	1,6	15,3	1,6	0,04	
	92/93	833	0,32	7,6	5,8	37,9	3,9	4,2	1,6	2,6	20,3	2,2	0,03	
	91/92	1164	0,64	15,5	13,0	54,3	10,0	10,7	2,4	3,6	30,5	2,3	0,23	
	90/91	1065	0,43	11,0	9,2	39,2	6,6	6,8	2,5	3,1	23,1	2,0	0,21	
	89/90	957	0,43	10,7	9,4	28,8	6,2	7,7	1,7	1,9	17,2	2,1	0,19	
	Björkered, Tranemo (P 12 A)	06/07	1255	0,13	4,7	3,0	38,1	4,0	5,5	2,5	2,9	23,4	1,9	0,48
		05/06	611	0,07	3,0	2,7	6,5	3,1	7,7	1,2	0,7	4,4	3,4	0,23
04/05		900	0,12	4,3	3,6	15,3	4,1	4,6	3,1	1,3	9,6	1,7	0,16	
03/04		1158	0,16	5,5	4,6	18,3	6,0	5,5	3,2	1,7	11,3	2,2	0,10	
02/03		805	0,14	4,9	4,1	17,1	4,6	4,4	2,0	1,7	11,0	2,9	0,09	
01/02		1061	0,18	5,0	4,0	21,4	4,3	3,9	1,7	1,5	12,6	1,6	0,11	
00/01		844	0,16	4,0	3,5	9,7	3,7	3,4	1,4	0,8	6,3	0,9	0,11	
99/00		1004	0,20	5,0	3,7	26,9	4,4	3,9	2,2	2,1	15,8	1,3	0,27	
98/99		1181	0,20	5,4	4,4	20,3	4,2	3,7	2,8	1,5	11,9	2,4	0,24	
97/98		920	0,17	3,9	3,5	10,1	3,3	3,1	1,7	1,0	5,7	1,5	0,14	
96/97		881	0,24	5,7	4,8	19,7	4,3	4,6	2,6	1,6	10,9	1,4	0,14	
95/96		569	0,23	4,9	4,6	5,5	3,2	3,1	2,2	0,6	3,6	1,1	0,07	
94/95		936	0,41	6,5	5,7	17,5	4,0	3,7	2,6	1,2	10,0	1,0	0,02	
93/94		971	0,40	6,4	5,8	13,1	4,2	4,2	1,3	0,8	7,8	1,2	0,02	
92/93		915	0,34	7,0	5,9	23,8	4,5	4,7	1,6	1,7	12,7	1,9	0,01	
91/92		718	0,34	6,3	5,6	14,9	4,3	4,7	1,0	1,0	7,9	1,3		
90/91		775	0,28	6,9	6,2	15,5	4,0	5,4	0,9	1,0	9,2	1,4		
89/90		955	0,37	8,3	7,2	25,0	4,7	4,3	1,7	1,8	14,4	1,7		
88/89		875	0,42	9,7	8,7	21,5	5,8	5,8	2,4		11,0			
87/88		972	0,40	8,2	7,7	12,3	4,9	3,3	1,7		6,7			

Tabell A:1b. Öppet fältdata från Västra Götalands 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	→	
Hensbacka	06/07	1192	9,6	1,3	19
(O 35 A)	05/06	1023	10,4	0,7	13
	04/05	1148	13,0	1,2	19
	03/04	1229	10,9	1,4	26
	02/03	845	8,5	1,8	28
	01/02	1030	9,3	1,4	25
	00/01	1228	12,3	3,0	27
	97/98	1155	11,7	1,3	

Tabell A:2a. Krondroppsdata från Västra Götalands 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	→									
Åboland	06/07	886	0,13	6,4	2,9	75,3	2,3	1,3	4,6	5,1	41,1	14,9	1,32
(O 01 A)	05/06	678	0,12	5,4	4,0	30,3	3,0	2,2	3,0	2,8	16,2	12,9	0,80
	04/05	711	0,15	8,1	4,2	83,6	3,7	1,9	5,7	6,5	47,4	11,5	0,91
	03/04	713	0,13	5,0	3,4	34,0	2,6	1,4	3,5	2,9	19,9	9,5	0,20
	02/03	612	0,11	5,1	3,9	26,6	2,9	1,9	2,9	2,4	15,3	9,9	0,43
	01/02	711	0,09	5,9	4,0	42,1	2,8	2,1	4,1	3,2	24,5	11,8	0,27
	00/01	838	0,14	6,7	5,2	32,6	3,8	2,0	4,4	2,9	19,0	14,1	1,11
	99/00	783	0,18	7,4	4,6	61,8	3,4	1,8	4,3	4,5	35,9	12,7	0,94
	98/99	895	0,22	8,1	6,3	39,9	3,9	2,1	4,3	3,3	23,0	11,3	1,03
	97/98	748	0,16	7,3	5,6	37,3	4,0	2,9	3,9	3,2	21,6	10,8	0,83
	96/97	743	0,25	10,0	7,4	56,3	5,5	3,7	5,2	4,6	33,0	10,0	1,15
Klippan O	06/07	1121	0,10	7,8	3,3	96,6	2,4	1,1					
(O 05 A)	05/06	667	0,07	4,7	3,3	30,0	2,5	2,5					
	04/05	806	0,12	7,9	4,6	71,7	4,0	2,1					
	03/04	778	0,10	6,5	4,5	43,0	2,7	1,7					
	02/03	601	0,07	6,7	5,2	31,4	2,7	2,7					
	01/02	772	0,10	8,1	5,5	56,0	3,3	2,7					
	00/01	843	0,10	7,9	6,2	38,5	3,5	2,9					
	99/00	840	0,19	9,7	6,2	74,4	3,5	1,9					
	98/99	816	0,14	7,8	6,0	38,2	2,0	2,1					
	97/98	782	0,14	9,8	7,6	47,1	2,7	2,6	6,6	4,6	25,0	24,6	2,58
	96/97	717	0,32	14,4	10,9	75,7	4,5	2,8	8,7	6,1	40,0	17,8	4,12
	95/96	562	0,28	11,7	10,4	27,6	3,2	2,1	5,9	3,3	14,5	15,1	2,75
	94/95	807	0,38	14,8	12,5	49,4	3,2	1,8	8,1	4,2	27,0	17,8	2,86
	93/94	789	0,46	14,9	13,0	40,5	2,8	1,8	6,7	4,1	20,8	16,0	2,89
	92/93	755	0,45	17,0	12,8	90,7	3,6	4,0					
	91/92	623	0,42	15,7	13,5	47,7	4,1	3,2					
	90/91	619	0,40	17,1	15,0	45,9	3,8	1,9					
	89/90	862	0,67	19,6	16,6	66,1	4,9	3,2					

Forts. Tabell A:2a. Krondroppsdata från Västra Götalands 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	→									
Hensbacka (O 35 A)	06/07	831	0,08	8,8	3,6	111,7	3,3	1,3	7,3	7,7	58,5	26,8	1,19
	05/06	597	0,07	6,4	4,8	35,4	4,9	4,2	4,3	3,6	19,6	22,1	0,63
	04/05	734	0,10	10,5	7,2	70,8	6,3	3,6	11,1	8,6	59,7	21,0	0,83
	03/04	656	0,07	6,6	4,5	46,9	3,9	3,1	5,0	3,7	26,0	18,5	0,19
	02/03	568	0,06	6,9	5,1	39,7	4,5	2,7	4,6	3,6	21,4	17,4	0,58
	01/02	638	0,06	8,3	5,2	66,6	4,2	2,5	6,3	5,0	39,8	17,9	0,22
	00/01	816	0,09	7,7	5,9	39,2	4,5	2,9	5,4	3,4	22,2	17,9	0,69
	99/00	744	0,11	8,9	5,4	74,8	4,2	1,9	6,8	5,6	46,2	17,1	0,75
	98/99	942	0,16	10,6	7,9	58,6	4,7	2,5	6,3	4,7	31,7	21,5	0,53
	97/98	766	0,13	10,3	7,5	59,7	5,6	3,5	6,9	4,9	33,4	22,6	0,76
	96/97	689	0,19	12,1	8,5	78,2	6,7	3,8	7,8	5,8	44,0	18,6	1,01
	95/96	410	0,11	8,1	6,7	30,2	4,9	2,8	5,1	3,0	17,1	13,8	0,53
	94/95	661	0,29	12,5	9,9	55,1	5,0	2,3	7,3	4,4	30,7	16,6	0,88
	93/94	677	0,29	11,9	10,0	40,2	4,4	2,3	6,0	3,7	22,4	14,9	0,77
	92/93	594	0,22	14,2	10,5	80,7	4,0	3,5					
	91/92	591	0,29	16,2	13,1	68,4	6,2	4,3					
	90/91	577	0,26	13,0	10,9	46,2	3,7	2,5					
89/90	679	0,46	19,4	15,7	81,2	7,4	4,9						
Humlered (P 93 A)	06/07	972	0,12	3,6	2,2	30,1	1,9	1,0	3,2	2,7	17,9	7,9	0,83
	05/06	562	0,09	2,8	2,4	9,8	2,2	1,9	2,1	1,3	5,9	6,0	0,47
	04/05	686	0,10	3,6	2,4	25,0	2,2	1,3	3,0	2,6	14,8	5,8	0,42
	03/04	699	0,12	2,8	2,1	15,2	1,9	1,0	2,4	1,7	8,6	5,5	0,16
	02/03	640	0,08	3,2	2,6	14,1	2,0	1,2	2,5	1,7	7,4	5,6	0,36
	01/02	668	0,08	3,5	2,6	19,9	1,7	1,2	2,3	1,8	10,9	6,6	0,11
	00/01	735	0,13	4,3	3,8	11,1	2,4	1,5	2,6	1,7	6,8	9,7	0,65
	99/00	716	0,14	4,3	3,1	25,4	2,3	1,4	2,6	2,4	14,4	8,0	0,61
	98/99	790	0,14	4,4	3,6	19,0	1,9	1,5	2,6	1,8	10,8	7,2	0,26
	97/98	750	0,14	4,3	3,7	12,5	1,7	2,2	2,4	1,4	6,9	7,2	0,38
96/97	679	0,20	4,6	3,7	19,7	2,1	1,3	3,2	2,0	11,0	5,5	0,49	
Stora Ek (R 09 A)	06/07	542	0,02	2,4	1,2	25,2	0,9	0,8	2,9	2,2	12,9	17,8	1,31
	05/06	360	0,03	2,3	1,9	8,6	1,3	2,2	1,9	1,4	4,5	14,1	0,84
	04/05	372	0,01	2,5	1,6	19,5	1,4	1,4	3,1	2,1	9,7	12,4	1,39
	03/04	523	0,03	2,4	1,8	12,9	1,2	1,2	2,7	1,5	6,7	11,8	0,71
	02/03	363	0,02	2,5	1,9	11,6	1,3	1,0	2,1	1,4	5,9	10,5	0,72
	01/02	420	0,03	2,8	1,9	20,1	1,0	1,2	2,5	1,8	10,2	14,7	0,76
	00/01	521	0,04	3,5	3,0	11,0	1,5	1,0	2,7	1,5	6,4	15,3	1,11
	99/00	362	0,03	3,2	2,4	17,1	1,5	1,3	2,8	1,7	8,9	10,9	1,07
	98/99	556	0,05	3,4	2,8	12,3	1,5	1,0	2,5	1,5	6,5	9,8	1,01
	97/98	592	0,05	3,9	3,3	12,3	2,2	1,5	2,7	1,5	6,7	14,8	0,94
	96/97	483	0,05	4,1	3,3	17,0	1,5	1,0	3,1	2,0	9,0	11,2	1,67
95/96	294	0,06	3,2	2,9	6,3	1,4	1,0	1,7	0,9	3,3	6,8	0,75	

Tabell A:2b. Krondroppsdata från Västra Götalands 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	→	
Åboland (O 01 A)	06/07	886	3,7	2,2	
	05/06	678	5,2	2,3	
	04/05	711	5,6	1,8	
	03/04	713	4,0	1,8	
	02/03	612	4,8	2,6	
	01/02	711	4,9	2,4	
Hensbacka (O 35 A)	06/07	831	4,7	2,5	90
	05/06	597	9,1	3,2	69
	04/05	734	9,9	2,8	
	03/04	656	6,9	3,1	70
	02/03	568	7,2	3,0	66
	01/02	638	6,7	3,0	64
	00/01	816	7,4	3,2	69
97/98	766	9,1	3,6		
Humlered (P 93 A)	06/07	972	2,9	1,7	
	05/06	562	4,1	1,2	
	04/05	686	3,5	2,5	
	03/04	699	2,8	1,5	
	02/03	640	3,2	2,3	
01/02	668	2,9	1,5		
Stora Ek (R 09 A)	06/07	542	1,7	2,1	
	05/06	360	3,5	1,9	
	04/05	372	2,8	1,7	
	03/04	523	2,4	1,9	
	02/03	363	2,3	2,2	
	01/02	420	2,2	2,1	
97/98	592	3,7	2,3		

Tabell A:3 Modellerad våtdeposition från Västmanlands 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	→	
Åboland	04/05	1018	4,1	4,3	4,2
(O 01 A)	03/04	1156	3,5	3,8	3,7
	02/03	1055	3,8	3,9	3,8
	01/02	1275	4,8	4,6	4,7
Klippan O	04/05	1124	4,1	4,8	4,0
(O 05 A)	03/04	1135	3,7	4,2	4,2
	02/03	1019	3,9	4,2	4,0
	01/02	1360	5,3	5,5	5,7
Hensbacka	04/05	997	4,1	4,3	4,5
(O 35 A)	03/04	1196	3,7	4,0	3,9
	02/03	1051	3,8	3,9	3,7
	01/02	1258	4,8	4,7	4,7
Jakobsbyn- Ödegård	04/05	754	2,6	2,7	2,3
(P 02 A)	03/04	856	2,3	2,6	2,6
	02/03	819	2,5	2,6	2,4
	01/02	886	3,0	2,8	3,1
Björkered, Tranemo	04/05	1085	3,5	3,9	3,0
(P 12 A)	03/04	1024	3,3	3,7	3,7
	02/03	811	2,8	3,0	2,9
	01/02	1091	4,3	4,5	4,5
Ösjö	04/05	1117	3,9	4,6	3,9
(P 52 A)	03/04	1149	3,8	4,5	4,5
	02/03	1018	3,7	4,1	4,0
	01/02	1242	4,8	5,2	5,3
Bullsäng	04/05	1170	3,9	4,5	3,5
(P 92 A)	03/04	1209	4,0	4,5	4,4
	02/03	981	3,5	3,8	3,8
	01/02	1275	5,2	5,4	5,6
Humlered	04/05	971	3,2	3,4	2,6
(P 93 A)	03/04	953	2,9	3,2	3,3
	02/03	881	3,2	3,3	3,3
	01/02	1056	3,9	4,0	4,1
Härslätt	04/05	1056	4,1	4,4	3,8
(P 94 A)	03/04	1048	2,9	3,3	3,3
	02/03	990	3,2	3,4	3,4
	01/02	1009	3,5	3,5	3,7
Stora Ek	04/05	615	2,4	2,6	2,1
(R 09 A)	03/04	781	2,1	2,3	2,7
	02/03	625	2,0	2,0	2,3
	01/02	701	2,4	2,4	2,5

Tabell A:4. Lufthalter i Västra Götalands län, diffusionsprovtagning, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Lokal	Period	SO ₂	NO ₂	NH ₃	O ₃
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hensbacka (O 35 A)	0610	0,8	3,1	0,7	33
	0611	1,0	5,9	<0,3	39
	0612	0,5	2,3	<0,3	37
	0701	0,4	2,5	0,5	49
	0702	0,8	2,8	0,7	53
	0703	0,6	2,6	0,7	61
	0704	0,5	2,3	0,4	61
	0705	0,5	2,2	0,3	69
	0706	0,4	1,3	0,4	67
	0707	0,5	1,7	1,5	53
	0708	0,4	1,4	0,8	51
0709	0,3	2,3	0,5	^U 41	
Mv hydr. år	9610-9709	^U 0,8	^U 3,7	-	-
	9710-9809	0,7	3,4	-	-
	9810-9909	0,7	3,5	-	-
	9910-0009	0,5	3,0	-	-
	0010-0109	0,9	5,7	-	-
	0110-0209	0,7	5,4	-	-
	0210-0309	0,9	3,1	-	-
	0310-0409	0,9	3,2	-	-
	0410-0509	0,7	2,9	-	-
	0510-0609	1,0	3,4	-	-
	0610-0709	0,6	2,5	-	-
Mv sommar	9704-9709	-	-	<0,3	63
	9804-9809	-	-	0,3	52
	9904-9909	-	-	0,8	62
	0004-0009	-	-	<0,3	54
	0104-0109	-	-	0,4	55
	0204-0209	-	-	0,5	58
	0304-0309	-	-	1,1	61
	0404-0409	-	-	0,4	58
	0504-0509	-	-	<0,3	57
	0604-0609	-	-	0,8	64
	0704-0709	-	-	0,6	57

Tabell A:5. Markvattendata från Västra Götalands län.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl-	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl		
			mekv/l →		mg/l →														mol/mol	
Åboland (O 01 A)	2006-10-30	5,0	-	-0,004	2,05	7,20	0,004	0,062	0,44	0,36	6,14	0,36	0,115	0,006	0,166	0,200	2,8	5,7		
	2007-04-02	4,8	-	-0,058	1,02	17,29	<0,002	0,024	0,52	1,08	8,19	0,86	0,060	0,006	0,537	0,573	2,1	4,0		
	2007-08-01	4,7	-	-0,108	0,88	15,52	<0,002	<0,020	0,71	0,46	6,60	0,93	0,067	0,009	0,584	0,624	2,7	2,8		
	median	4,9		-0,016	1,65	6,72	<0,002	<0,01	0,61	0,41	4,8	0,35	<0,02	0,006	0,283	0,316	2,6	4,2		
<i>n=</i>	<i>33</i>			<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>30</i>	<i>33</i>	<i>31</i>	<i>30</i>		
Klippan O (O 05 A)	2006-10-30	4,6	-	-0,138	3,26	20,25	0,025	0,052	0,36	0,92	12,15	0,63	0,405	0,021	0,816	1,060	6,4	2,1		
	2007-04-02	4,4	-	-0,230	2,78	21,83	0,004	0,019	0,72	0,97	9,16	1,77	0,254	0,005	1,527	1,660	4,1	1,8		
	2007-08-08	4,5	-	-0,310	2,71	14,14	<0,002	<0,020	0,28	0,46	4,50	0,42	0,172	0,019	1,242	1,389	4,0	0,8		
	median	4,5		-0,137	3,92	14,53	<0,005	0,022	0,78	0,89	7,95	1,23	0,427	0,01	1,165	1,383	6,8	2,0		
<i>n=</i>	<i>53</i>			<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>48</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>49</i>	<i>43</i>	<i>49</i>	<i>48</i>	<i>43</i>			
Hensbacka (O 35 A)	2006-10-30	4,8	-	-0,037	1,82	13,73	0,011	0,067	0,42	0,72	8,75	0,15	<0,030	0,042	0,736	1,260	7,8	1,6		
	2007-04-02	4,6	-	-0,131	0,85	19,47	0,041	0,015	0,36	0,98	8,50	0,21	0,043	0,039	1,452	1,820	6,0	1,0		
	2007-08-01	4,6	-	-0,093	1,31	16,25	0,003	<0,020	0,35	0,75	8,33	0,25	<0,020	0,163	0,806	1,430	8,8	1,5		
	median	4,6		-0,063	2,22	13,56	<0,002	<0,01	0,6	0,84	8,21	0,26	0,011	0,047	0,858	1,53	9	1,6		
<i>n=</i>	<i>55</i>			<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>51</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>52</i>	<i>54</i>	<i>52</i>	<i>52</i>			
Humlered (P 93 A)	2006-11-01	5,1	-	0,010	1,50	4,42	<0,002	0,009	0,50	0,29	4,05	0,13	0,100	0,026	0,330	0,455	3,5	2,3		
	2007-04-02	5,0	-	-0,040	1,24	5,71	<0,002	0,013	0,47	0,32	3,33	0,14	0,090	0,369	0,700	0,821	3,1	1,1		
	2007-07-30	4,9	-	-0,016	1,19	5,80	0,002	0,045	0,59	0,26	3,89	0,08	0,031	0,030	0,453	0,583	3,2	1,6		
	median	4,9		-0,016	1,44	4,71	<0,002	<0,018	0,6	0,37	3,6	0,13	<0,02	0,035	0,528	0,772	3,2	1,5		
<i>n=</i>	<i>33</i>			<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>33</i>	<i>32</i>	<i>33</i>			
Stora Ek (R 09 A)	2006-10-31	4,9	-	-0,006	11,41	24,95	0,138	0,019	1,51	2,68	25,67	0,25	<0,030	0,070	0,575	0,955	12,1	7,2		
	2007-04-02	4,8	-	-0,088	6,79	15,30	<0,002	0,010	1,14	2,00	12,43	0,22	0,164	0,007	1,145	1,340	6,8	2,7		
	2007-07-30	5,1	-	0,036	5,73	16,54	<0,002	0,857	2,39	1,90	12,86	0,97	0,683	0,260	0,277	1,120	18,3	16		
	median	4,8		-0,021	6,98	24,75	<0,002	0,013	2,39	2,45	21,5	0,39	<0,03	0,055	0,937	1,25	11,5	5,1		
<i>n=</i>	<i>32</i>			<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>31</i>	<i>27</i>	<i>31</i>	<i>30</i>	<i>27</i>			

