



Nr C 534
Juni 2020



Försurning och övergödning i Östergötlands län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2018/19

Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson



I samarbete med: Lunds universitet



Författare Gunilla Pihl Karlsson (IVL), Cecilia Akselsson (Lunds universitet), Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson (IVL)

Medel från: Östergötlands Luftvårdsförbund

Fotograf framsida: Sofie Hellsten

Rapportnummer C 534

ISBN 978-91-7883-194-4

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2020**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

På uppdrag av Östergötlands Luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Östergötland inom Krondropps nätet.

Östergötlands län har varit medlem i Krondropps nätet under 29 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2018/19 i Östergötland. Ett hydrologiskt år omfattar oktober till och med september påföljande år.

Mätningarna från 2018/19 ger, tillsammans med tidigare års mätningar, en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Östergötlands län. Vidare redovisas resultaten i förhållande till övriga mätningar inom Krondropps nätet. I rapporten redovisas även andra relaterade projekt samt aktuella händelser från 2019, som är relevanta ur Krondropps nätet synvinkel. I Bilaga 1 visas information om länets mätningar och mätplatser.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?	6
2 Kväve och övergödning.....	9
2.1 Utsläppen av kväve minskar – men minskar lufthalterna?	10
2.2 Förändras kvävenedfallet över Östergötlands län?.....	12
2.3 Tar skogen upp allt kväve?	15
3 Försurning – fortfarande ett problem?	17
3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare?	18
3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?.....	19
3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?.....	21
4 Aktuellt & notiser.....	26
4.1 Revision Försurande/Övergödande ämnen inom Programområde Luft inom Naturvårdsverket	27
4.2 Ny studie påvisar mikrokräp i nederbörd och krondropp	27
4.3 Pågående projekt där Krondroppsytor modelleras.....	28
4.4 Vilka effekter kan vi förvänta oss av Covid-19?.....	28
4.5 Projekt angående andel torrdeposition till provtagningsutrustning har pausats	28
4.6 Totalt nedfall av kväve och svavel på länsnivå – Specialrapport under 2019	28
4.7 Vetenskapliga artiklar 2019	29
5 Tack.....	29
6 Referenser.....	29
Bilaga 1. Mätplatserna i Östergötland	31

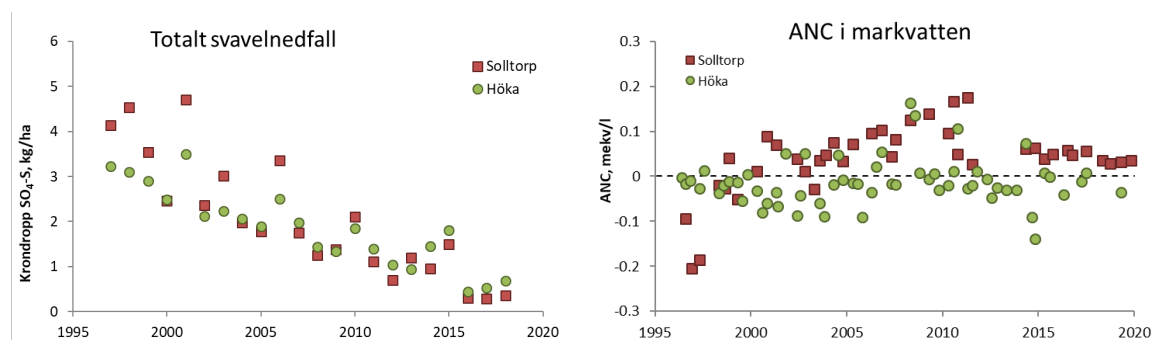
Sammanfattning

Östergötland är ett av de län i Sverige som har mycket långa mätserier inom Krondroppsnetet. Mätningarna i länet har pågått under 29 år. Under det hydrologiska året 2018/19 gjordes mätningar på två platser, i granskogen vid Solltorp i länets södra halva och i tallskogen vid Höka i nordligaste Östergötland.

Kvävededfallet minskar men kritisk belastning överskrids fortfarande

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till skog i Östergötland har beräknats till mellan 5 och 8 kg per hektar för det hydrologiska året 2018/19, med lägst nedfall i länets norra delar. Mätningarna visar att kvävededfallet till länet under lång tid har överskridit den kritiska belastningsgräns som har satts för barrskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. Nedfallet av kväve med nederbörden har sedan mätstarten 1996/97 minskat statistiskt säkerställt med 40 % vid Höka. Även lufthalterna av kvävedioxid vid Höka har minskat statistiskt säkerställt med 48 % sedan 1999, medan ingen statistiskt signifikant förändring har uppmätts för lufthalterna av ammoniak.

Liksom under flertalet tidigare år var halten nitratkväve i markvattnet under det hydrologiska året 2018/19 mycket låg. Sammantaget visar markvattenmätningarna i Östergötlands län att nitrat sällan förekommer i markvattnet i länets växande skogar. Detta visar att skogarna i länet har kapacitet att lagra kväve i marken, men stormskador eller andra störningar kan göra att kväve börjar läcka ut i markvattnet. I Östergötland har dock stormpåverkan hittills varit begränsad. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrad dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.



Svavelnedfall som krondropp (till vänster) och syraneutraliserande förmågan (ANC) i markvattnet (till höger) vid den nordligaste mätplatsen i länet, tallskogen vid Höka, samt i granskogen vid Solltorp i södra halvan av Östergötland.

Lågt svavelnedfall men långsam återhämtning från försurning

Nedfallet av svavel har minskat de senaste decennierna i hela Sverige, och kraftigast har minskningen varit i sydvästra Sverige. Även i Östergötlands län har svavelnedfallet (exklusive havssaltsbidrag) minskat, 94 % i granskogen vid Solltorp och 84 % i tallskogen vid Höka. Även lufthalterna av svaveldioxid i länets norra delar har mer än halverats sedan 1999. Historiskt sett har svavelbelastningen i Östergötlands län under lång tid varit hög, vilket gett stor försurningspåverkan i skogsmiljön.

Som ett resultat av det minskande svavelnedfallet har försurningstillståndet i skogsmarken i länets södra delar förbättrats, och markvattnet visar tecken på återhämtning från försurning. Vid Solltorp, i söder, har pH i markvattnet ökat statistiskt säkerställt, men varken den syraneutraliserande förmågan (ANC) eller halten oorganiskt aluminium visar på någon statistiskt säkerställd förändring. Vid Höka, i länets norra delar, syns inga statistiska förändringar för någon av försurningsparametrarna (pH, ANC och oorganiskt aluminium) i markvattnet. ANC vid Solltorp har oftast varit positivt, medan ANC vid Höka oftast har varit negativt. Vattnet som rinner av från skogsmarken bör ha ett klart positivt ANC för att bidra till buffringskapacitet i ytvattnet. Ytterligare återhämtning krävs, främst vid Höka, för att avrinnande vatten ska kunna förse ytvattnet med buffringskapacitet. I södra Sverige finns många ytor utan signifikant återhämtning från försurning, och i de fall där återhämtning kan påvisas är den långsam. För att mark och vatten ska återhämta sig och miljömålet *Bara naturlig försurning* ska uppnås krävs fortsatt lågt svavelnedfall, att nedfallet av kväve inte överskrider vad skogen kan ta upp, samt att skogsbrukets försurningspåverkan hålls på en låg nivå.



1 Krondroppsnätets mätningar – var, när och hur?

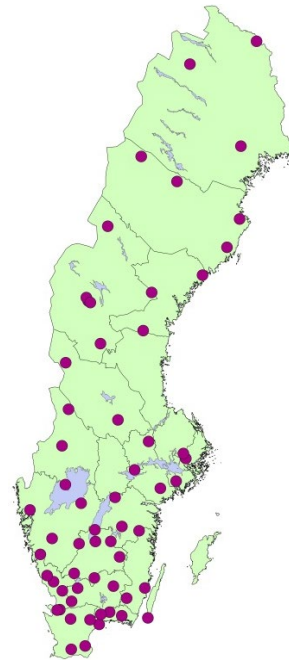
Nikkaluokta-öppet fält Fotograf: Åke Jönsson

Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2018/19 mätningar vid 59 provytor i skog och på öppet fält fördelade över hela landet. Här mäts lufthalter, våtdeposition, torrdeposition, krondropp och markvattenkemi. Ett stort antal ämnen och parametrar analyseras, däribland svavel- och kväveföreningar, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningens problematiken.

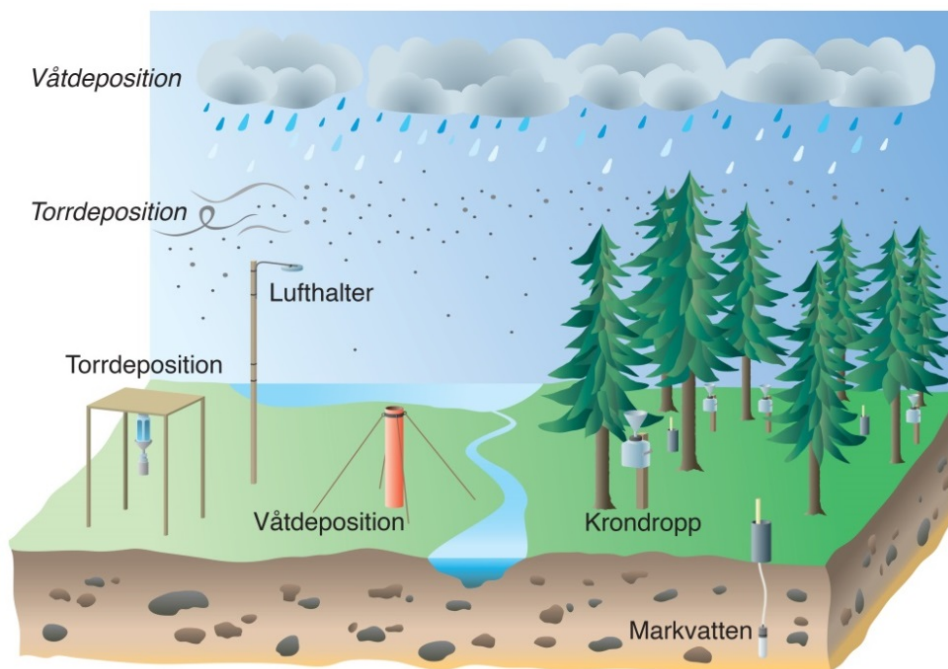
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat. Som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige, Figur 1, och numera finns mätserier med mer än 30 års data för några ytor.

Mätningarna bedrivs både på öppet fält och i skogen under träd-kronorna, Figur 2. Nedfall och lufthalter mäts månadsvis, medan markvattenkemi mäts tre gånger om året för att representera förhållandena före, under respektive efter vegetationsperioden.

Allt arbete inom Krondroppsnetet, från provtagning till kemisk analys, validering och databearbetning utförs enligt väl utarbetade rutiner, och laboratorerna innehar ackreditering för de kemiska analyserna. Detta ger en hög kvalitet på data, och garanterar att data från olika platser och från olika år är direkt jämförbara.



Figur 1. Samtliga ytor inom Krondroppsnetet 2018/19.



Figur 2. Inom Krondroppsnetet mäts lufthalter, våt- och torrdeposition samt markvattenkemi. Nedfallet mäts dels på öppet fält dels under trädkronorna som krondropp. Vissa ämnen samverkar med trädkronorna, och därför används även strängprovtagare för att kunna bestämma torrdepositionen av dessa ämnen. (Illustration: Bo Reinerdahl)

Mätningar i skogen

Under trädkronorna i skogen mäts kron-
dropp, som ger ett summerat mått på både
våt- och torrdeposition, vilket dock för vissa
ämnen måste korrigeras för samverkan med
trädkronorna. Kemin i markvattnet mäts
under trädens rötter för att undersöka effekter
av nedfall på skogsmarken. Provtagningen
görs med hjälp av undertryckslysimetrar som
suger vatten i mineraljorden på 50 centimeters
djup.



Foto: krondroppsprovtagare



markvattenutrustning

Mätningar på öppet fält

Våtdeposition av flera olika ämnen mäts med
nederbördsprovtagare på öppet fält, där även
torrdeposition mäts med hjälp av strängprov-
tagare. Likaså mäts lufthalterna av svavel-
dioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon på
öppet fält på tre meters höjd över marknivå
vid vissa platser i landet.



Foto: öppen fältprovtagare



lufthaltsprovtagare

Våt- respektive torrdeposition

Det samlade nedfallet av olika ämnen till skog involverar
flera olika processer. En del av nedfallet sker via neder-
börden, vilket kallas våtdeposition. En annan del sker
genom att gaser och partiklar "fastnar" i trädkronorna,
vilket kallas torrdeposition. Det som avsatts som torr-
deposition sköljs med nederbörden till skogsmarken i
form av krondropp. Krondropp ger därför i teorin ett
samlat mått på summan av våt- och torrdeposition.
Torrdepositionen skulle därför kunna beräknas som
skillnaden mellan nedfall som krondropp och nedfall via
nederbörd på öppet fält. Dock kan vissa ämnen tas upp
direkt i trädkronorna, alternativt läcka ut från träd-
kronorna. Detta gör att krondroppsmätningarna ger ett
bra mått på det samlade nedfallet endast för ämnen som
inte samverkar med trädkronorna, såsom svavel, natrium
och klorid. För övriga ämnen, exempelvis kväve och
baskatjoner, krävs kompletterande mätningar med
strängprovtagare, för att korrekt kunna beräkna torr-
depositionen.



Foto: strängprovtagare

Data från Krondroppsnetet är fritt tillgängliga från Krondroppsnetets webbplats:
<http://www.krondroppsnetet.ivl.se/>. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.

2 Kväve och övergödning

Kvävednedfallet kan påverka både markvegetation och vattenkvalitet. Utsläpp av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH_3), främst från jordbruket, leder till kvävednedfall som kan bidra till både övergödning och försurning av mark och vatten. Övergödning av marken kan leda till en förändrad markvegetation. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen, och som uppmäts som förhöjda halter av främst nitratkväve i markvattnet, kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrad dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.

Kode Fotograf: Sofie Hellsten

Nedfall av kväve till barrskog är en av de fyra indikatorerna för miljömålet *Ingen övergödning*.

Kvävenedfall påverkar risken för kväveutlakning till grund- och ytvatten, och kan även påverka markvegetationens sammansättning. Resultaten från mätningar och beräkningar i Östergötlands län visar att kvävenedfallet i länet har minskat med omkring 38 % sedan 2001. I enlighet med detta visar även mätningar halter av kvävedioxid i länet på att halterna nästan har halverats sedan 1998.

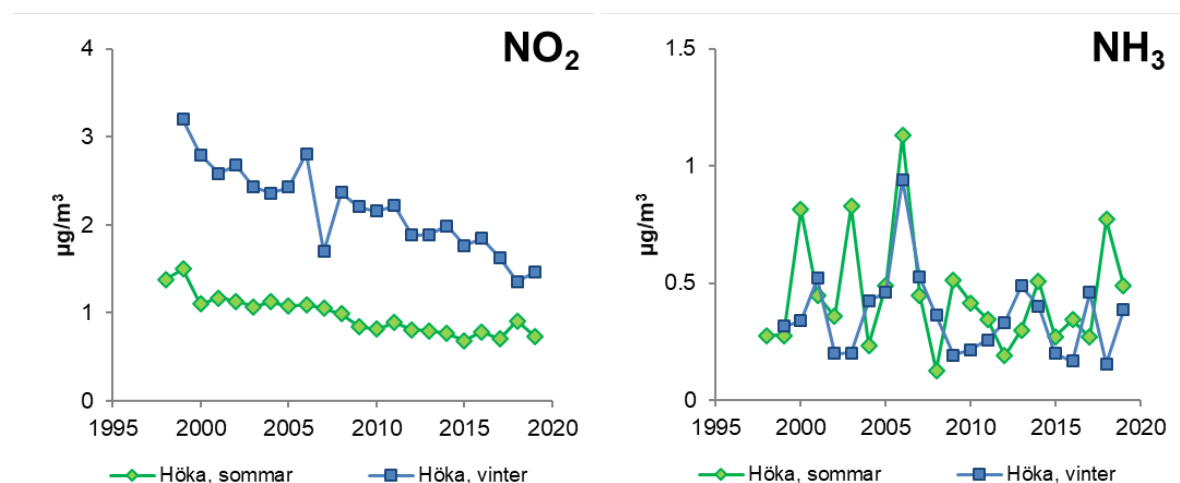
Under det senaste hydrologiska året 2018/19 varierade det totala kvävenedfallet i länet med mellan 5 och 8 kg per hektar. Trots det minskade nedfallet i länet så överskrider den kritiska belastningsgränsen för granskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år.

Mätningarna i Östergötlands län visar att nitrat sällan förekommer i markvattnet i skogsekosystemen i länets växande skog. Detta visar att skogarna i länet har kapacitet att lagra kväve i marken, men stormskador eller andra störningar kan göra att kväve börjar läcka ut i markvattnet. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrade dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.

2.1 Utsläppen av kväve minskar – men minskar lufthalterna?

Mätningar av lufthalter utanför tätort fyller en viktig funktion att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar. Lufthalterna av olika kväveformer kan ge en första indikation på om kvävebelastningen förändras.

I Östergötlands län finns värdefulla, långa tidsserier av lufthalter av kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃) på månadsbasis, Figur 3. Vid Höka (belägen norr om Motala) påbörjades mätningarna 1998. Lufthalterna av NO₂ har enligt analys med Mann-Kendall metodik minskat med 48 % på ett statistiskt säkerställt vis, både under sommar- och vinterhalvåret. De rapporterade utsläppen av NO_x (som NO₂) från EU-28 har under perioden 1999–2017 minskat med 45 % och från Sverige under motsvarande period med 44 % (CEIP, 2020). Lufthalterna av NO₂ vid Höka minskar således i samma takt som minskningen av rapporterade utsläpp av NO_x från Europa och Sverige.



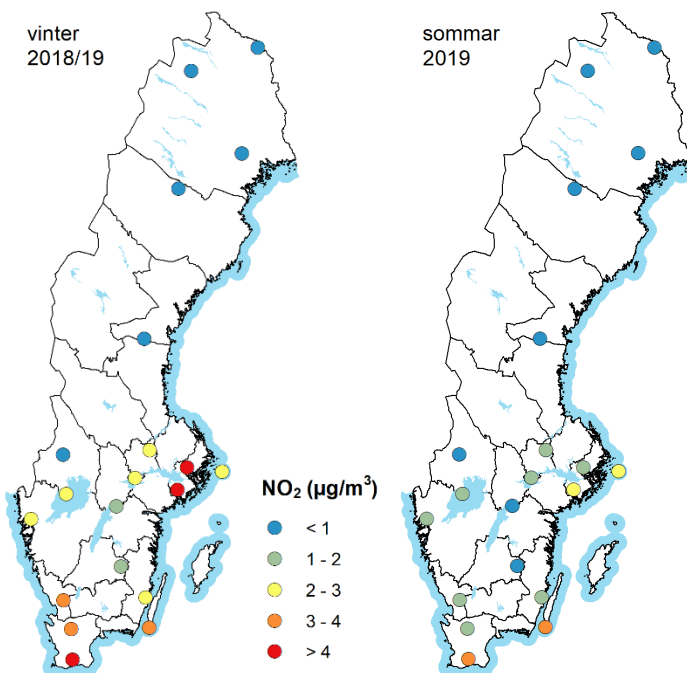
Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Höka sedan 1998. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. NO₂-halterna minskade signifikant sedan mätstarten under både sommar- och vinterhalvår vid Höka. Inga statistiskt säkerställda förändringar av NH₃-halterna har påvisats vid Höka.

Ammoniak (NH_3) deponeras ofta relativt nära utsläppskällan på grund av att den har en hög depositions-hastighet och lufthalterna i bakgrundsmiljön blir generellt låga.

Under mätperioden har inga statistiskt säkerställda förändringar av halten av NH_3 i luften vid Höka påvisats vare sig på halvårs- eller årsbasis. Lufthalterna av NH_3 är förhållandevis låga. Sommartid uppträder dock vissa år förhöjda halter av NH_3 vid Höka, exempelvis var ammoniakhalterna under sommaren 2018 högre än vad de varit på många år, vilket kan bero på påverkan från de många skogsbränder som pågick i landet under sommaren 2018. De rapporterade utsläppen av NH_3 från EU-28 har minskat med 11 % under 1999–2017 och från Sverige under motsvarande period med 12 % (CEIP, 2020).

I Figur 4 visas kvävedioxidhalterna under vintern 2018/19 och sommaren 2019 vid alla mätplatser inom Krondroppsnätet. Högst halter av NO_2 uppmättes vintertid i Skåne- och Stockholmsregionen följt av Halland och Ölands södra udde. Lägst halter uppmättes i norra halvan av Sverige. Halterna av kväveoxider är generellt lägre sommartid men fördelningen över landet är likartat som på vintern. Halterna vid Höka i Östergötlands län är i nivå med till exempel Jönköpings län medan de är lägre jämfört med till exempel Västmanlands och Stockholms län.

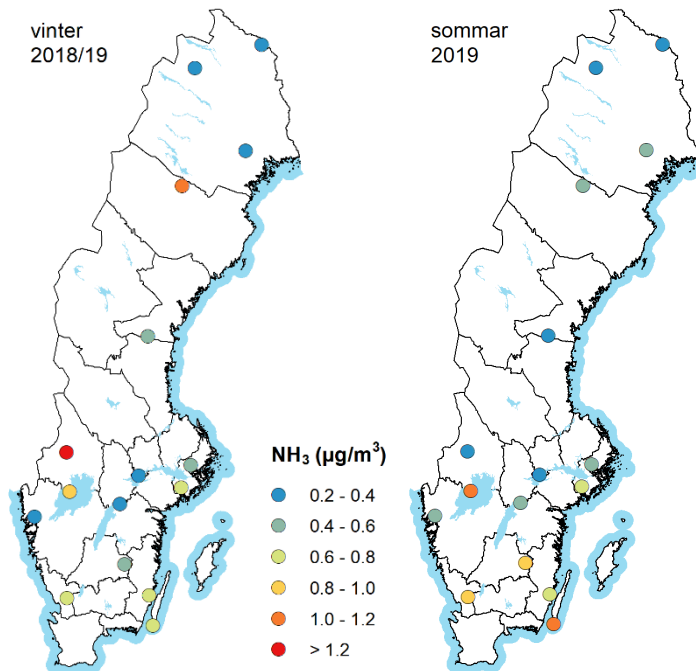
Halterna av NO_2 har minskat signifikant både sommar- och vintertid vid alla mätplatser i Götaland som varit aktiva minst sedan 2001. De rapporterade utsläppen av NO_x (som NO_2) har under perioden 2001–2017 minskat med 45 % från EU-28 och med 41 % från Sverige (CEIP, 2020).



Figur 4. Lufthalter av kvävedioxid (NO_2) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

I Figur 5 visas halterna av ammoniak under vintern 2018/19 och sommaren 2019 vid alla mätplatser inom Krondroppsnätet. Ammoniak har en mycket hög depositions-hastighet, vilket gör att det inte transporteras särskilt långt och lufthalterna i bakgrundsmiljön blir generellt låga. Högst halter uppmättes sommaren 2019 i Götaland, sannolikt på grund av utsläpp från djurhållning och gödsling inom jordbruket. Under vintern uppmättes högst ammoniakhalter vid Blåbärskullen i Värmland samt vid Högrännan i Västerbottens inland. Dessa höga halter är svårförklarade, men har förekommit till och från under flera år. Det är känt att ammoniak också kan bildas vid förbränning av biomassa, så en möjlig förklaring är utsläpp från småskalig vedförbränning vintertid.

När det gäller mätplatser med mätserier längre än 14 år har halterna av NH_3 ökat signifikant vid fyra mätplatser, men inte minskat vid någon. De rapporterade utsläppen av NH_3 från EU-28 har minskat med 12 % under 2001–2017 och från Sverige under motsvarande period med 11 % (CEIP, 2020).

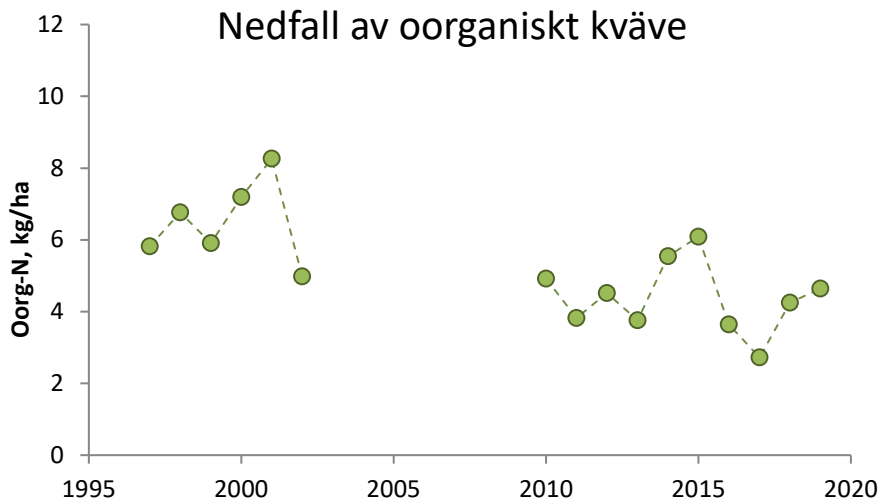


Figur 5. Lufthalter av ammoniak (NH_3) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

2.2 Förändras kvävedofallet över Östergötlands län?

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden, vilket huvudsakligen motsvarar våtdepositionen, har minskat med 40 % vid Höka, på ett statistiskt säkerställt sätt sedan 1996/97, Figur 6. Det är dock endast nedfallet av nitratkväve (NO_3) som minskat statistiskt säkerställt, för ammoniumkväve (NH_4) syns ingen förändring. De rapporterade utsläppen av kväveoxider har minskat med 48 % från EU-28 respektive 47 % från Sverige under 20-årsperioden 1997–2017, och ammoniak har minskat med 11 % från EU-28 respektive 15 % från Sverige under motsvarande tidsperiod (CEIP, 2020).

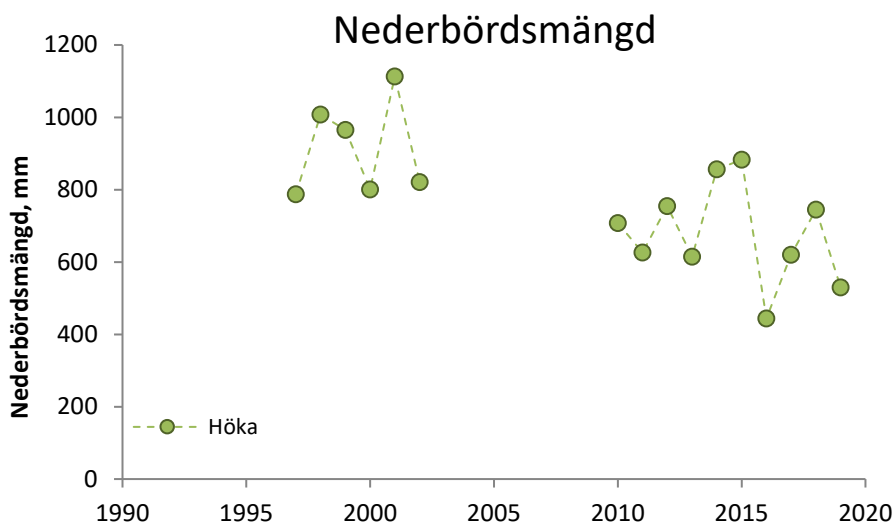
Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden vid Höka har varierat mellan 3 och 8 kg per hektar och år under mätperioden (1996/97–2018/19), Figur 6. Under det hydrologiska året 2018/19 uppmättes ett nedfall på 4,6 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält.



Figur 6. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (våtdeposition) vid Höka, baserat på hydrologiskt år. Mellan 2002/03 och 2008/09 gjordes ett uppehåll i mätningarna.

Nederbörds mängderna påverkar storleken på kvävenedfallet och variationer i nederbörden kan därför förklara en del av tidsutvecklingen i kvävenedfall.

Nederbörds mängderna vid Höka har minskat med 34 % på ett statistiskt säkerställt sätt sedan 1996/97, vilket kan vara en av förklaringarna till det minskade kvävenedfallet. Under mätperioden har nederbörds mängden varierat mellan 400 och 1110 mm, Figur 7. Under det hydrologiska året 2018/19 var nederbörden 530 mm, vilket är den näst lästa noteringen sedan mätstarten.



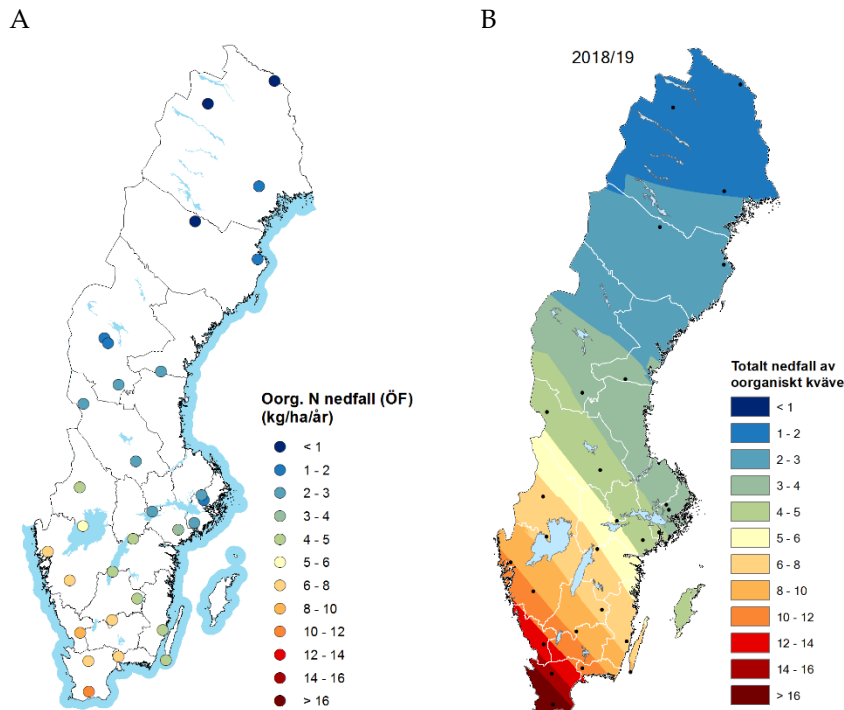
Figur 7. Uppmätta nederbörds mängder vid Höka baserat på hydrologiskt år. Mellan 2002/03 och 2008/09 gjordes ett uppehåll i mätningarna.

Nedan visas kartor över det uppmätta kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält (Figur 8A) respektive en geografiskt interpolerad karta över det beräknade totala nedfallet av kväve till barrskog under 2018/19 för hela landet (Figur 8B). Metoden för att beräkna det totala nedfallet av kväve till barrskog beskrivs i rapporten Karlsson m.fl. (2018a). Genom att samma färgskalor används, framgår tydligt att det beräknade totala kvävenedfallet är avsevärt högre än det som uppmäts över öppet fält.

Det beräknade, årliga totala kvävenedfallet över Östergötlands län varierade under det hydrologiska året 2018/19 mellan 5 och 8 kg per hektar, med högst nedfall i de sydvästra delarna (Figur 8B). Den kritiska

belastningen för övergödande kväve till gran- och tallskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds därmed i hela Östergötlands län under 2018/19, och har gjort så under lång tid.

Totaldepositionen av oorganiskt kväve i Sverige under det hydrologiska året 2018/19 varierade mellan 1 kg per hektar och år i norr och 21 kg per hektar och år i sydväst, Figur 8B, vilket är betydligt högre än nedfallet på öppet fält, Figur 8A, framför allt i södra Sverige. Totaldepositionen överskred den kritiska belastningen för övergödande kväve i barrskog i hela Götaland och i sydvästra delen av Svealand under det hydrologiska året 2018/19.

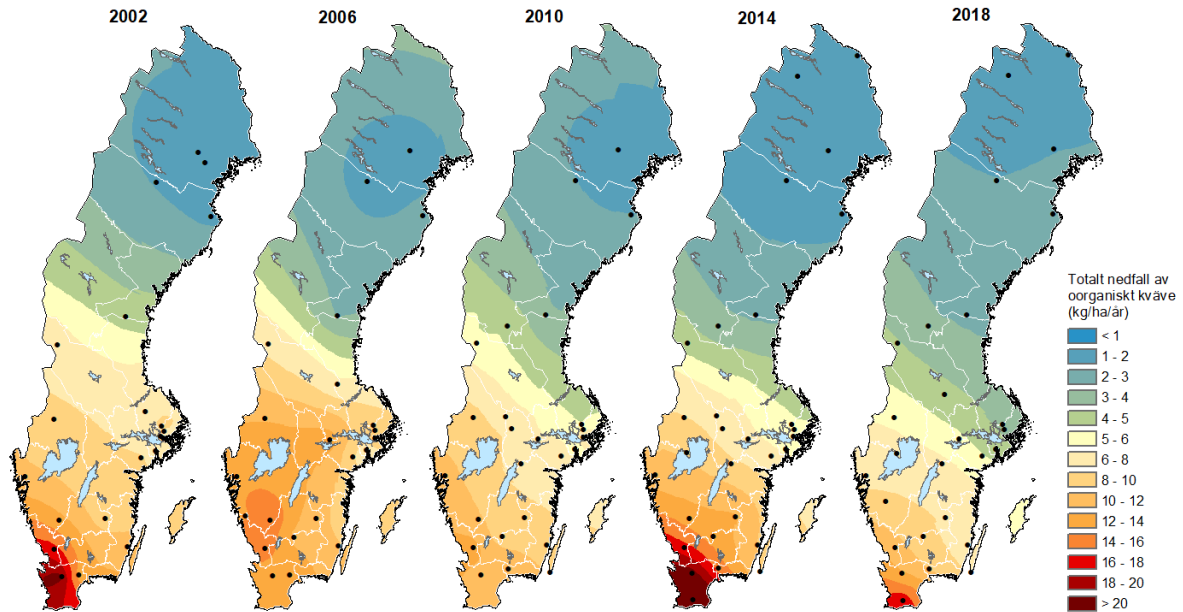


Figur 8. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2018/19.

A. Uppmätt nedfall till öppet fält.

B. En geografiskt interpolerad karta över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a). Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

Totaldepositionen av kväve finns beräknad för alla kalenderår sedan 2001 (Karlsson m.fl. (2018a; 2019) samt <http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>). I Figur 9 visas kartor över totaldepositionen av kväve för perioden 2002–2018 med fyra års intervall. En trendanalys visade att det beräknade totala kvävenedfallet till barrskog i sydöstra Sverige (dit Östergötlands län i detta fall räknas) minskade signifikant, med 47 %, under perioden 2001–2018. En statistisk analys av tidstrender har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik för de areaviktade länsvisa medelvärden för totalt kvävenedfall under perioden 2001-2018 (Pihl Karlsson m.fl., 2019a). För Östergötlands läns del var minskningen 38 %. Under 2014 var kvävenedfallet i sydligaste Sverige mycket högt, något vi ännu inte funnit någon förklaring till, vilket diskuteras i Karlsson m.fl. (2019).



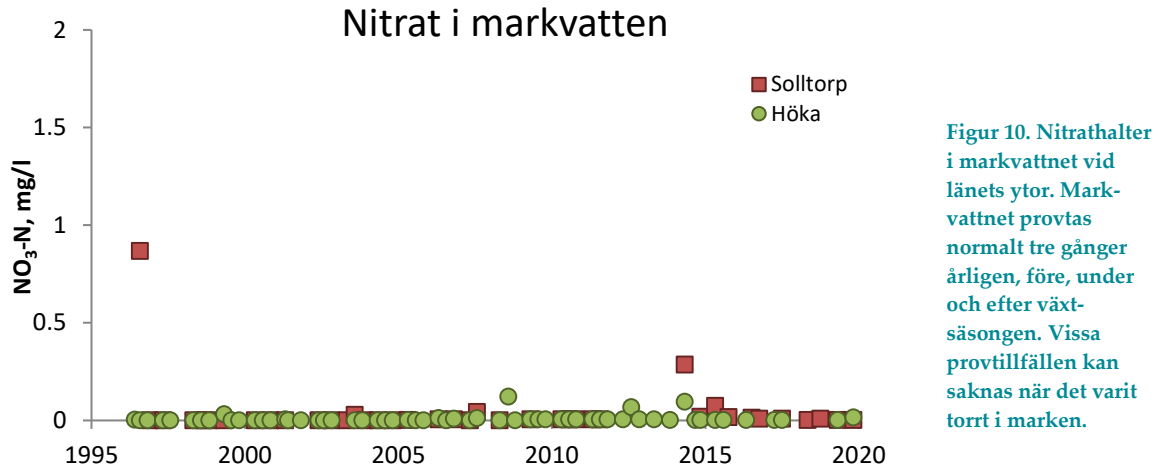
Figur 9. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve (NO₃ + NH₄) under kalenderåren 2002, 2006, 2010, 2014 samt 2018. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a; 2019). Under perioden 2008–2013 bedrevs inga mätningar med strängprovtagare, så torrdepositionen har för denna period interpolerats över tid. Den geografiska interpoleringen har gjorts med Kriging-metodik.

2.3 Tar skogen upp allt kväve?

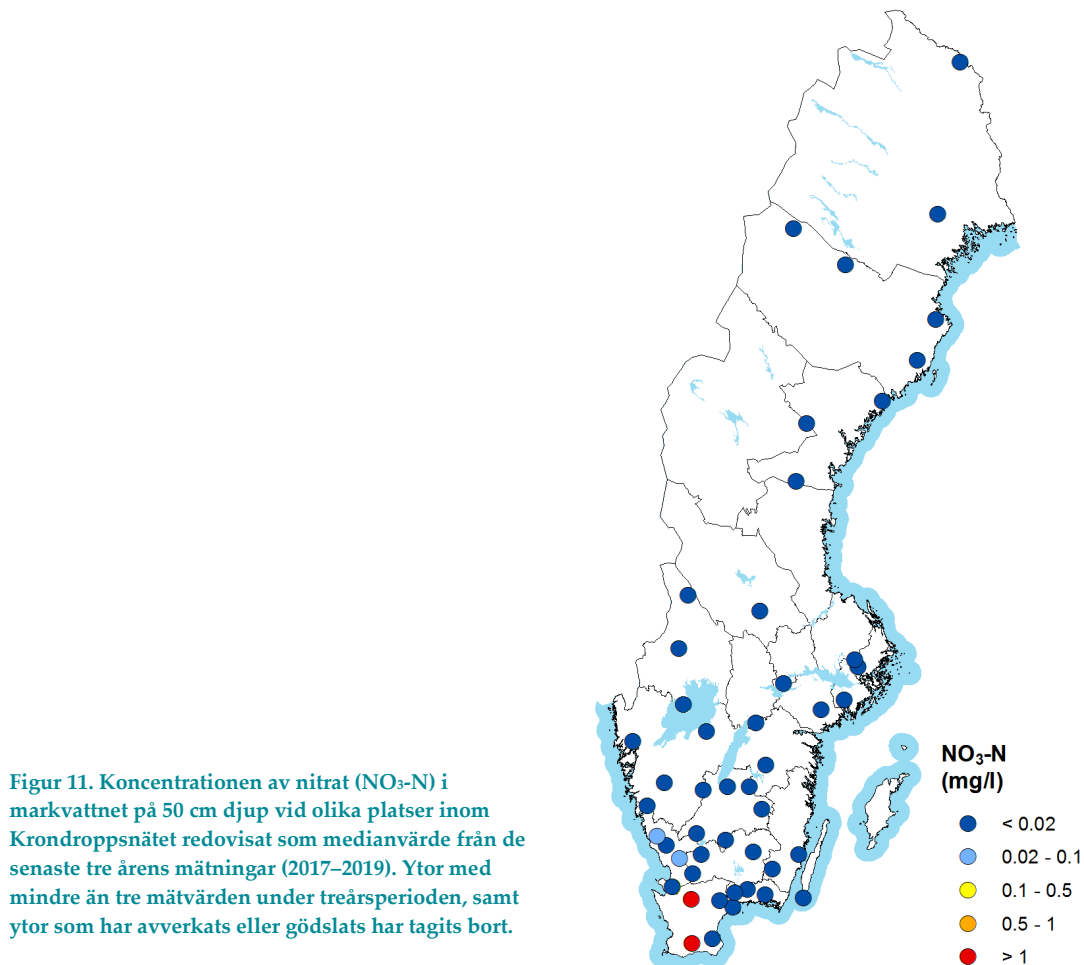
I Sveriges skogar tas vanligtvis nästan allt oorganiskt kväve upp av träd, övrig vegetation och mikroorganismer, med mycket låg utlakning från rotzonen som följd (Tamm, 1991). I sydvästligaste Sverige, framför allt i Skåne och Halland, har dock kraftigt förhöjda halter av nitratkväve uppmätts i markvattnet på ett flertal mätplatser genom åren (Akselsson m.fl., 2010). Även i andra delar av landet finns exempel på förhöjda halter inom Krondroppsnetet, men då oftast efter störningar som avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018b).

Det var inte möjligt att provta markvattnet under sommaren 2019, varken vid Solltorp eller vid Höka, på grund av att det var för torrt i marken. Vid övriga provtagningar (vår och höst) var nitrathalten i markvattnet under detektionsgränsen, med undantag av höstprovtagningen vid Höka, som var något förhöjt (0,015 mg/l).

Sammantaget visar mätningarna i Östergötlands län att nitrat sällan förekommer i markvattnet i skogsekosystemen i länets växande skog, Figur 10. Efter stormskador eller andra störningar kan dock halterna av nitrat generellt öka till ganska höga nivåer i markvattnet, även om det kan ta något år efter det att störningen inträffade. I Östergötland har dock stormpåverkan hittills varit begränsad. Andra mätplatser inom Krondroppsnetet har visat på påverkan av stormar och andra störningar med förhöjda halter av nitrat i markvattnet.



En sammanställning av data från samtliga nu aktiva krondroppsytor i Sverige (Figur 11) visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2017–2019) generellt har varit låga i hela Sverige under de senaste tre åren, med undantag av två mätplatser i Skåne, Stenshult och Hissmossa, där medianen översteg 1 mg per liter, vilket innebär en kraftig förhöjning. För alla provytor i Östergötlands län var medianvärdet för denna period under detektionsgränsen, precis som på merparten av mätplatserna i Sverige.



3 Försurning – fortfarande ett problem?

Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävednedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Utsläpp av svaveloxider (SOX) från industrin och från förbränning av kol och olja är den största orsaken till försurning av mark och vatten i Sverige. Vid låga pH uppträder aluminium som en giftig trevärd jon, som kan skada fiskar och andra vattenlevande organismer samt även skada trädens rötter. En ytterligare effekt av lågt pH är att vissa metaller, t.ex. kadmium och bly, blir mer lättlösliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

Jättatjärnen Fotograf: Per Erik Karlsson

Nedfall av svavel är en av de fyra indikatorerna för miljömålet *Bara naturlig försurning*, och är den största orsaken till den försurning av mark och vatten som människan orsakat sedan den storskaliga förbränningen av kol och olja tog fart. Andra bidragande faktorer är nedfall av kväve, som försurar om det inte tas upp av vegetation, och skogsbruk, då skörd av biomassa innebär bortförsl av buffringskapacitet.

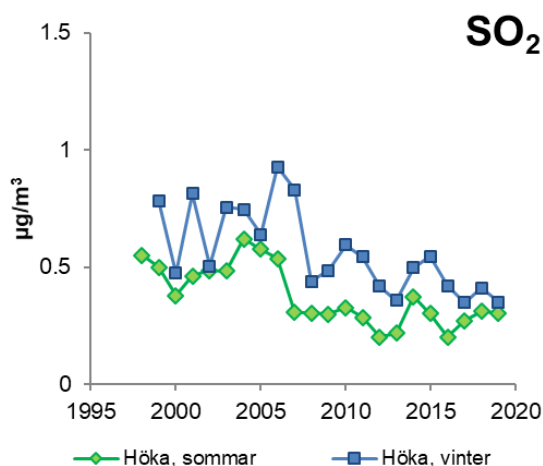
Mätningar av både svaveldioxid i luft och nedfall av svavel till skog visar på kraftiga minskningar de senaste decennierna. Nedfallet av svavel över Östergötlands län har minskat med mer än 80 % sedan 1990-talet, och lufthalterna av svaveldioxid har mer än halverats. Numera är svavelnedfallet i länet under 1 kg per hektar, vilket kan jämföras med nedfallet i slutet av 1990-talet som var omkring 3–4 kg per hektar.

Trots det minskade sura nedfallet visar resultaten från markvattenmätningarna att återhämtningen från försurning i markvattnet i länets skogar går långsamt. Under det hydrologiska året 2018/19 var markvattnets pH omkring 5,1 vid Höka och 5,5–5,7 vid Solltorp. Ett pH mellan 4,4 och 5,5 anses vara måttligt försurat enligt bedömningsgrunderna för försurad mark. ANC (den syraneutraliserande förmågan) är över noll vid Solltorp, men vid Höka har den oftast varit negativ, vilket innebär att avrinnande vatten från rotzonen vid Höka saknar en syrabuffrande förmåga. Inga statistiska förändringar har noterats för ANC vid de båda mätplatserna, däremot ha pH ökat statistiskt säkerställt vid Solltorp.

Försurningen kvarstår som ett viktigt miljöproblem i Östergötlands län och det bedrivs därför en omfattande kalkningsverksamhet i länet. Som mest har 1 300 ton kalk spridits under ett år, vilket skedde på 1980-talet. Under 2020 planeras cirka 170 ton kalk att spridas i länet (Länsstyrelsen Östergötland, 2020).

3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare?

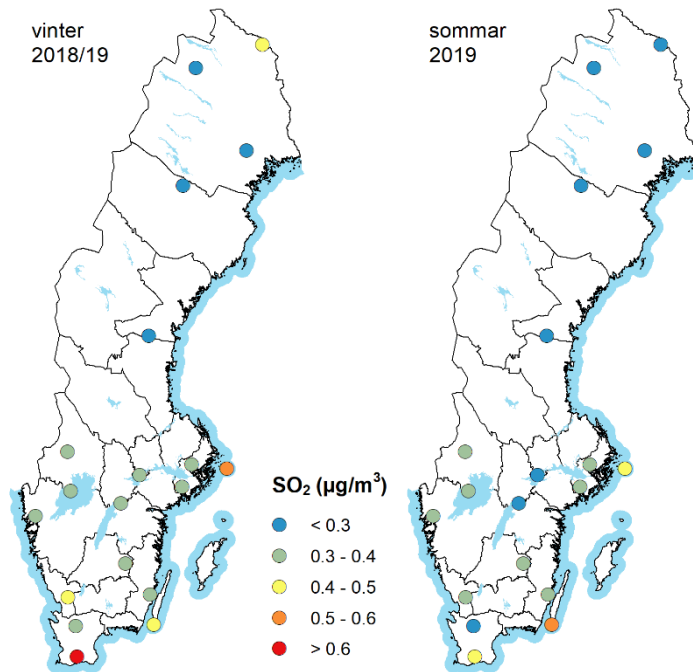
Liksom för kväveoxider finns det långa värdefulla tidsserier av lufthalter av svaveldioxid (SO₂) på månadsbasis inom länet. Vid Höka mäts lufthalterna av SO₂ månadsvis sedan år 1998, Figur 12. Lufthalterna av SO₂ har minskat med 55 % på ett statistiskt säkerställt vis, både under sommar- och vinterhalvåret. Som jämförelse har de rapporterade utsläppen av oxiderat svavel från EU-28 under perioden 1999–2017 minskat med 79 % och från Sverige under motsvarande period med 62 % (CEIP, 2020). Lufthalterna vid Höka minskar således ungefär i samma storleksordning som minskade svavelutsläpp från Sverige, men något lägre jämfört med de minskade utsläppen i Europa.



Figur 12. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår för Höka sedan 1998. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Signifikant minskning både sommar och vinter.

Lufthalterna av SO₂ under sommaren 2014 och vintern 2015 påverkades av omfattande svavelutsläpp från ett vulkanutbrott på Island (Hellsten m.fl., 2017). Dessutom sänktes halterna av svavel i fartygsbränsle 1 januari 2015 från 1 till 0,1 procent, vilket bör ha påverkat lufthalterna av svavel över hela södra Sverige. Det är dock svårt att direkt utvärdera de kombinerade effekterna av dessa händelser.

I Figur 13 visas SO₂-halterna under vinterhalvåret 2018/19 och sommarhalvåret 2019 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern 2018/19 uppmättes högst SO₂-halter vid de kustnära mätplatserna i södra och mellersta Sverige, Stenshult, på Romeleåsen i södra Skåne, Timrilt öster om Halmstad, Ottenby vid Ölands södra udde, samt vid Svenska Högarna i Stockholms yttre skärgård. Under sommaren 2019 var halterna generellt lägre, men fortfarande var halterna högst vid Stenshult, Ottenby och Svenska Högarna. Lufthaltsmätningarna av SO₂ inom Krondroppsnetet tyder på att fartygstrafiken har en fortsatt påverkan på svavelförekomsterna vid kustnära områden i södra och mellersta Sverige, trots minskningen av svavel i fartygsbränsle på Östersjön i januari 2015. I Norrland finns ingen kustnära lufthaltsmätning av SO₂.

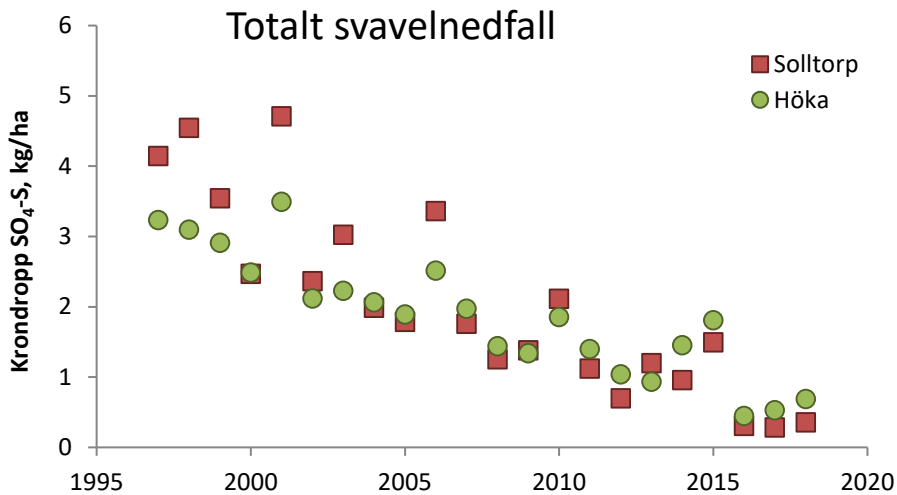


Figur 13. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår 2018/19 vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?

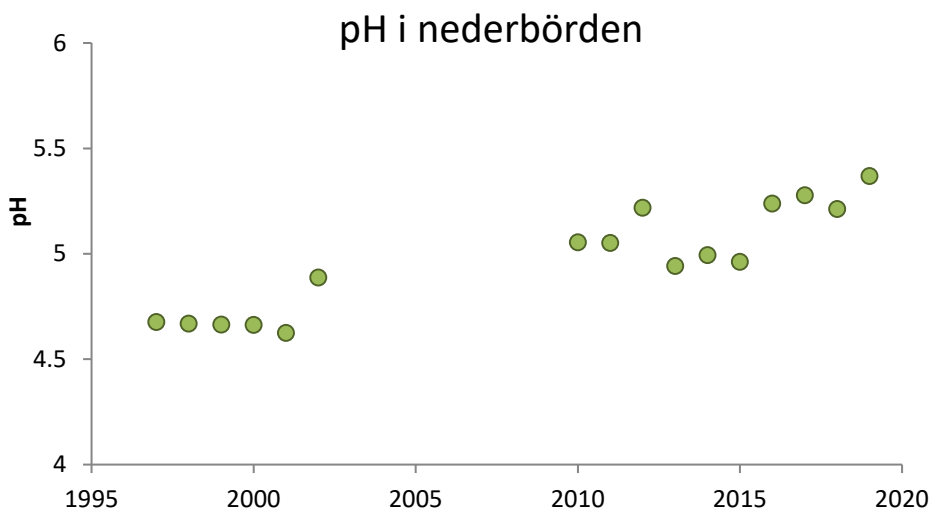
Svavelnedfallet via krondropp ger ett samlat mått på det totala svavelnedfallet till skog. Vid Solltorp och Höka har svavelnedfallet utan havssaltsbidrag minskat statistiskt säkerställt med 94 % respektive 84 % sedan mätstarten 1996/97, Figur 14. Det kan jämföras med att under kalenderårsperioderna 1997–2017 minskade utsläppen av SO_x med 83 % (EU-28) och 70 % (Sverige) (CEIP, 2020). Svavelnedfallet till skogen i Östergötland har således minskat i ungefär samma utsträckning som minskningen av svavelutsläppen i Europa.

Svavelnedfallet 2018/19 varierade mellan 0,9 kg per hektar vid Höka i nordvästra delen och 0,5 kg per hektar vid Solltorp, i södra delen av länet, Figur 14. I föregående års rapport (Pihl Karlsson et al. 2019b), redovisades felaktigt det årliga svavelnedfallet inklusive havssalt i motsvarande figur.



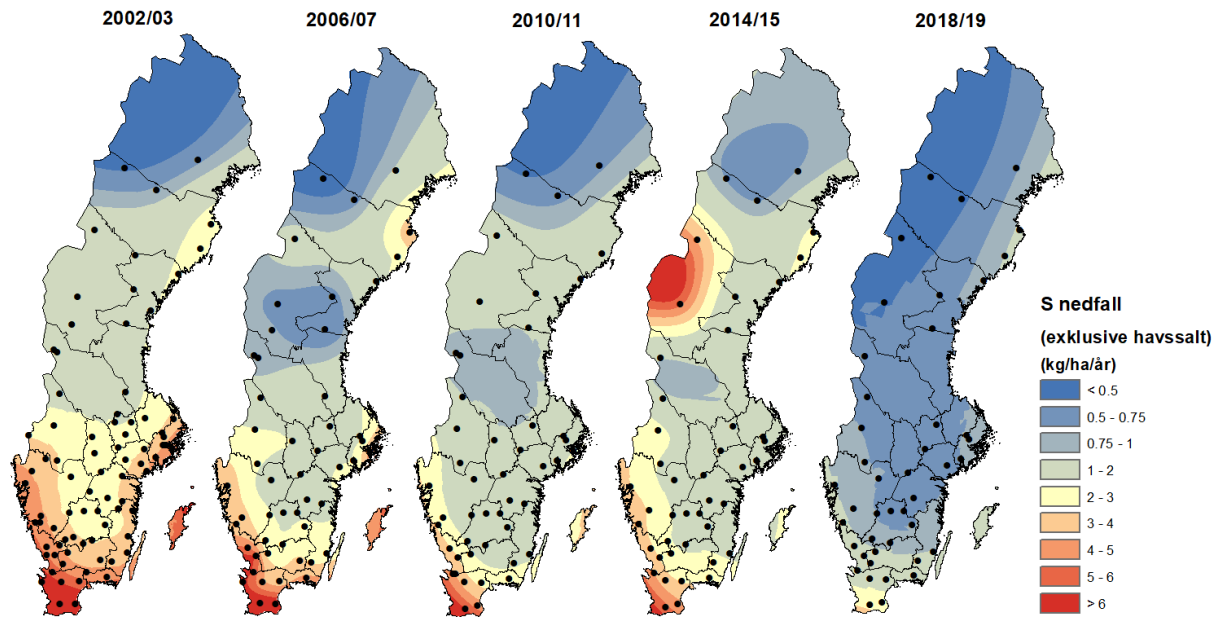
Figur 14. Årligt nedfall av svavel till aktiva provytor i Östergötlands län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober–september.

Främst som en följd av ett minskat svavelinnehåll har nederbördens pH vid Höka ökat statistiskt säkerställt med 14 % mellan 1996/97 och 2018/19 (Figur 15). Mätningarna visar att försurningsbelastningen via nederbörden har minskat.



Figur 15. pH i nederbörden vid Höka. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober–september. Under åren 2003/04–2008/09 finns ett mätuppehåll.

Nedfallet av svavel till granskog i Sverige visas i Figur 16 för ett antal olika år sedan 2002/03. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet har varit i sydvästra Sverige. Skillnaderna över Sverige har dock minskat med åren. På kartan ser man tydligt det förhöjda svavelnedfallet som berodde på vulkanutbrottet på Island under 2014/15, framför allt i Jämtland (Hellsten m.fl., 2017).



Figur 16. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2002/03–2018/19 i krondroppet vid mätstationerna (grandominerade) inom Krondroppsnätet i Sverige. Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?

Markvattnets försurningsstatus vid Krondroppsnätets mätplatser beror till stor del på nuvarande och historiskt nedfall av svavel på platsen i kombination med markens buffringsförmåga. På vissa platser, och under vissa perioder, kan dock även annat ha stor påverkan. Överskott av kväve som inte tas upp av vegetationen, havssaltsnedfall som leder till jonbyte samt olika former av störningar i marken som kan öka halten löst organiskt kol i marken (Akselsson m.fl., 2013). På längre sikt påverkar även skogsbruket markvattnets försurningsstatus (Akselsson m.fl., 2018).

Östergötlands län tillhör den del av landet som ligger mellan de områden som tagit emot mest nedfall av svavel och kväve, och de områden som tagit emot minst. Länets bakgrundsmiljö är dock relativt kraftigt försurningspåverkad genom ett historiskt högt svavelnedfall genom åren, framförallt under 1990-talet (Pihl Karlsson m.fl., 2018), vilket haft en stor påverkan på markvattnets försurningsstatus.

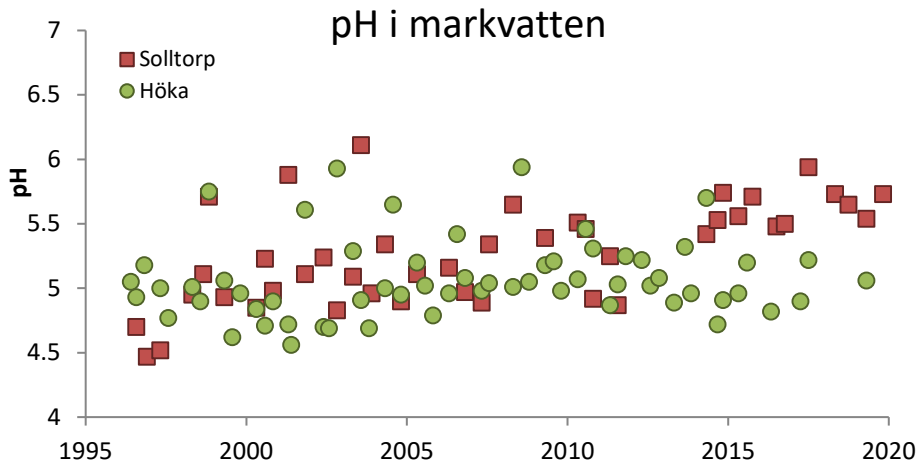
Som nämnts ovan gjorde de låga nederbördsmängderna att markvattnet vid Höka och Solltorp inte kunde provtas under sommaren 2019, endast vår- och höstprovtagning kunde göras vid de två mätplatserna.

Markvattnets pH och ANC (syranutraliserande förmåga) är två mått på försurningen i markvattnet, som kan användas för att följa återhämtningsförloppet. Ett negativt ANC innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i markvattnet. Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på jordens mineralinnehåll i området samt halterna av organiska ämnen m.m. Ett pH < 4,5 anses dock i de flesta fall indikera kraftig försurning. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet, medan pH mellan 4,4 och 5,5 innebär måttlig surhet.

Generellt har pH i markvattnet vid Solltorp och Höka i Östergötlands län varierat relativt mycket genom åren, Figur 17. Vid Solltorp, som på senare tid varit minst sur av länets platser, har pH under de senaste fem åren varierat mellan 5,5 och 5,9 och vid Höka som har surare förhållanden, har pH varierat mellan 4,8 och 5,2. Vid Solltorp har pH ökat statistiskt säkerställt sedan mätstarten 1996, medan ingen statistisk förändring syns vad gäller pH i markvattnet vid Höka sedan mätstarten 1996.

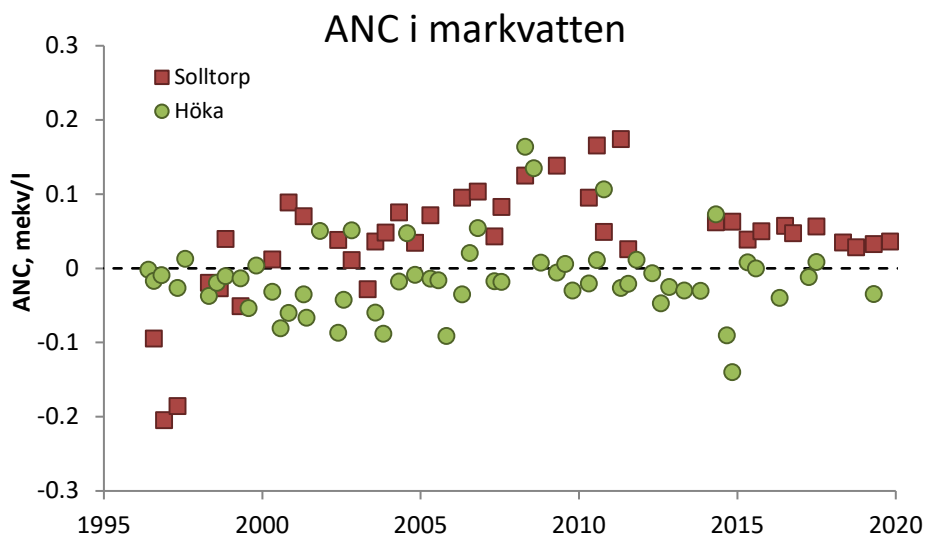
Markvattnets ANC (syranutraliserande förmåga) var svagt positivt vid samtliga mättillfällen under året vid Solltorp, vilket innebär att avrinnande vatten från rotzonen har en syrabuffrande förmåga, Figur 18. ANC i markvattnet vid Solltorp har genom åren varit svagt positivt, endast under 2003, 1999 och tiden före 1999 var ANC negativt (Figur 18). Vid Höka har ANC varit negativt i stort sett under hela mätperioden. Det finns ingen statistiskt säkerställd förändring för ANC, varken vid Solltorp eller vid Höka.

Även halterna av oorganiskt aluminium, som är en form av aluminium som är giftig för växter och djur, och som ökar med minskande pH, kan användas som en försurningsindikator. I likhet med tidigare år, förutom ett tillfälle under sommaren 2014, var halterna av oorganiskt aluminium i markvattnet i länet generellt låga under 2019, Figur 19.



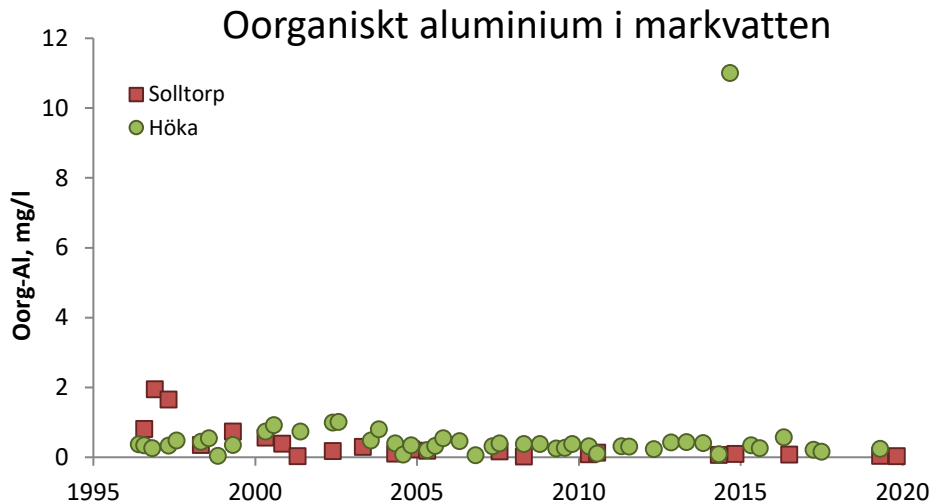
Figur 17. pH i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

pH har ökat statistiskt säkerställt vid Solltorp, men vid Höka noteras ingen statistiskt säkerställd förändring.



Figur 18. ANC (den syranutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Det finns ingen statistiskt säkerställd förändring för ANC, varken vid Solltorp eller vid Höka.

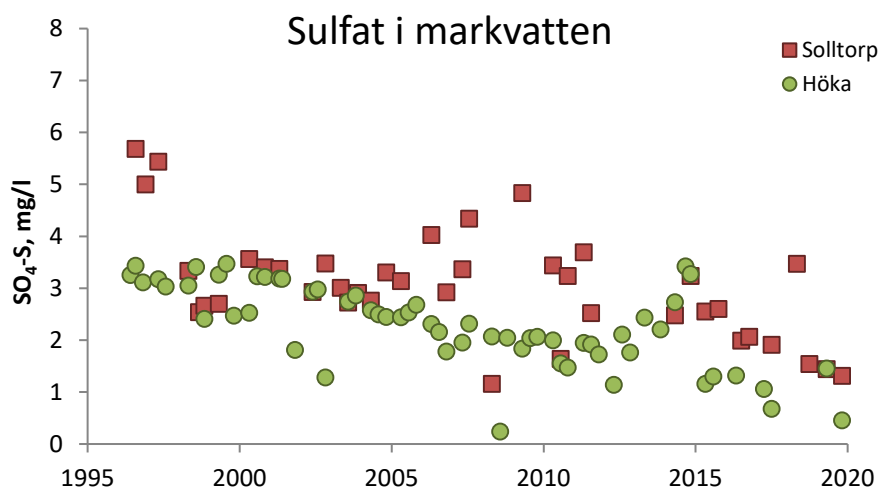


Figur 19. Oorganiskt aluminium i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken. Halten oorganiskt aluminium har minskat statistiskt säkerställt vid Solltorp, men vid Höka noteras ingen statistiskt säkerställd förändring.

För att förstå de långsiktiga trenderna för markvattnets försurningsstatus kan tidstrender för svavel-, klorid- och nitratkvävehalter i markvattnet vara en bra utgångspunkt, som mått på konsekvenserna av svavelnedfall, havssaltsepisoder med efterföljande jonbyte, och överskott av kväve (för nitrat, se Figur 10).

Normalt speglar tidsutvecklingen för svavelhalten i markvattnet det tidigare svavelnedfallet. Ofta finns dock skillnader i trenderna i nedfall och i markvattnet vilket till stor del beror på en fördröjning som orsakas av svaveladsorption/desorption i marken, som innebär att först försurningen, och sedan återhämtningen fördröjs.

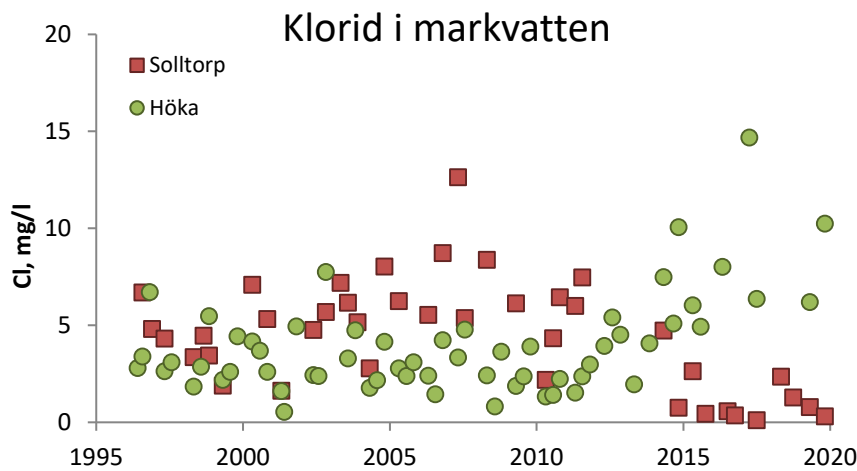
Svavelhalterna i markvattnet har minskat signifikant sedan mätstarten, både vid Solltorp och Höka, som följd av minskningen i svavelnedfall, Figur 20. Minskningen är dock inte lika kraftig som minskningen av svavelnedfall, vilket kan förklaras med att svavel som adsorberades till markpartiklarna och fördröjde försurningen under försurningsperioden, nu under återhämtningsperioden desorberas, det vill säga frisläpps från markpartiklarna och fördröjer återhämtningen. Generellt är sulfathalterna i markvattnet vid Solltorp högre jämfört med dem i Höka, Figur 20. Orsaken är troligen främst skilda markförhållanden. I mitten av 1990-talet var svavelhalten vid Solltorp mellan 5 och 5,7 mg per liter medan svavelhalten de senaste åren har varit mellan 1,5 och 3,5 mg per liter. Vid Höka var svavelhalten i mitten av 1990-talet strax över 3 mg per liter medan svavelhalten de senaste åren har varit mellan 0,5 och 1,5 mg per liter.



Figur 20. Svavelhalter i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Svavelhalterna i markvattnet har minskat signifikant både vid Solltorp och Höka.

När man ska tolka försurningstrender är det viktigt att titta på många olika parametrar, däribland kloridhalten i markvattnet, eftersom det ger en indikation på havssalts-episoder, som kan orsaka surstötter. Framst orsakas detta av att natrium (Na⁺) i havssaltet byter plats med vätejoner, som leder till sänkt pH i markvattnet, och potentiellt även i ytvattnet om inte vattnet buffras på vägen mellan mark och vattendrag. Kloridhalter i markvattnet kan bli höga vid platser som utsatts för stormar som leder till havssaltsepisoder (Akselsson m.fl., 2013).



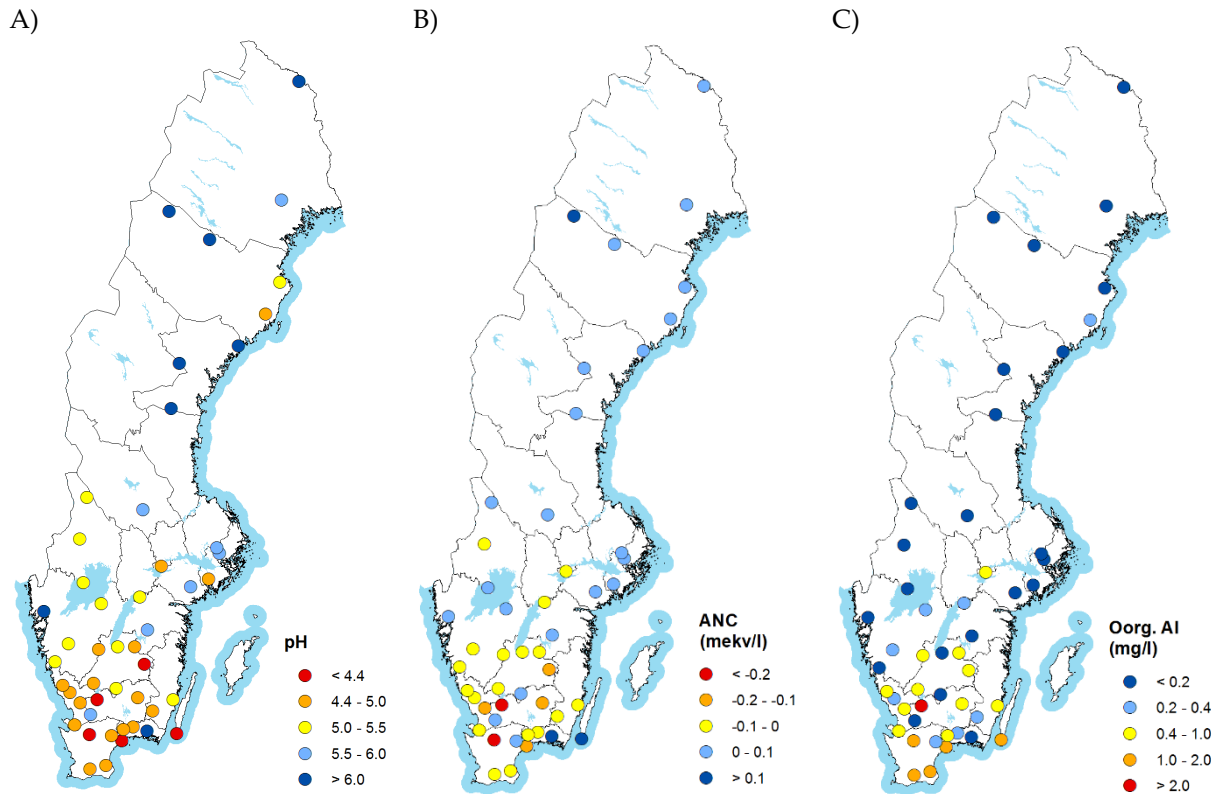
Figur 21. Klorid i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växetsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Det finns ingen statistiskt säkerställd förändring för klorid i markvattnet, varken vid Solltorp eller vid Höka.

I Östergötlands län har det tidigare funnits en gradient från syd till nord, med högst kloridhalter i markvattnet vid Solltorp i söder och lägst vid i Höka längre norrut, Figur 21. Sedan 2014 har detta förändrats och kloridhalterna i markvattnet vid Solltorp har varit mycket låga medan kloridhalterna vid Höka ökat, Figur 21. En trolig förklaring till denna förändring är det betydligt högre kloridnedfallet vid Höka jämfört med vid Solltorp. Sedan 2014 har det sammanlagda kloridnedfallet vid Höka varit nästan 90 kg per hektar medan det endast varit nästan 60 kg per hektar vid Solltorp under samma period. En förklaring kan vara att de störningar som skett vid Höka (en skogsmaskin körde genom området vid Höka under vintern 2013/14 samt att en gallring skedde någon gång mellan 2011 och 2013) bidragit till markprocesser som orsakat högre kloridhalter i markvattnet. Vid Solltorp har det under de senaste åren varit problem med torka samt att det funnits vildsvin i området som bökat i marken. Sedan 2016 finns dock ett viltstängsel på ytan för att förhindra ytterligare påverkan. Fortsatta mätningar får utreda om de uppkomna förändringarna är bestående eller ej vid mätplatserna.

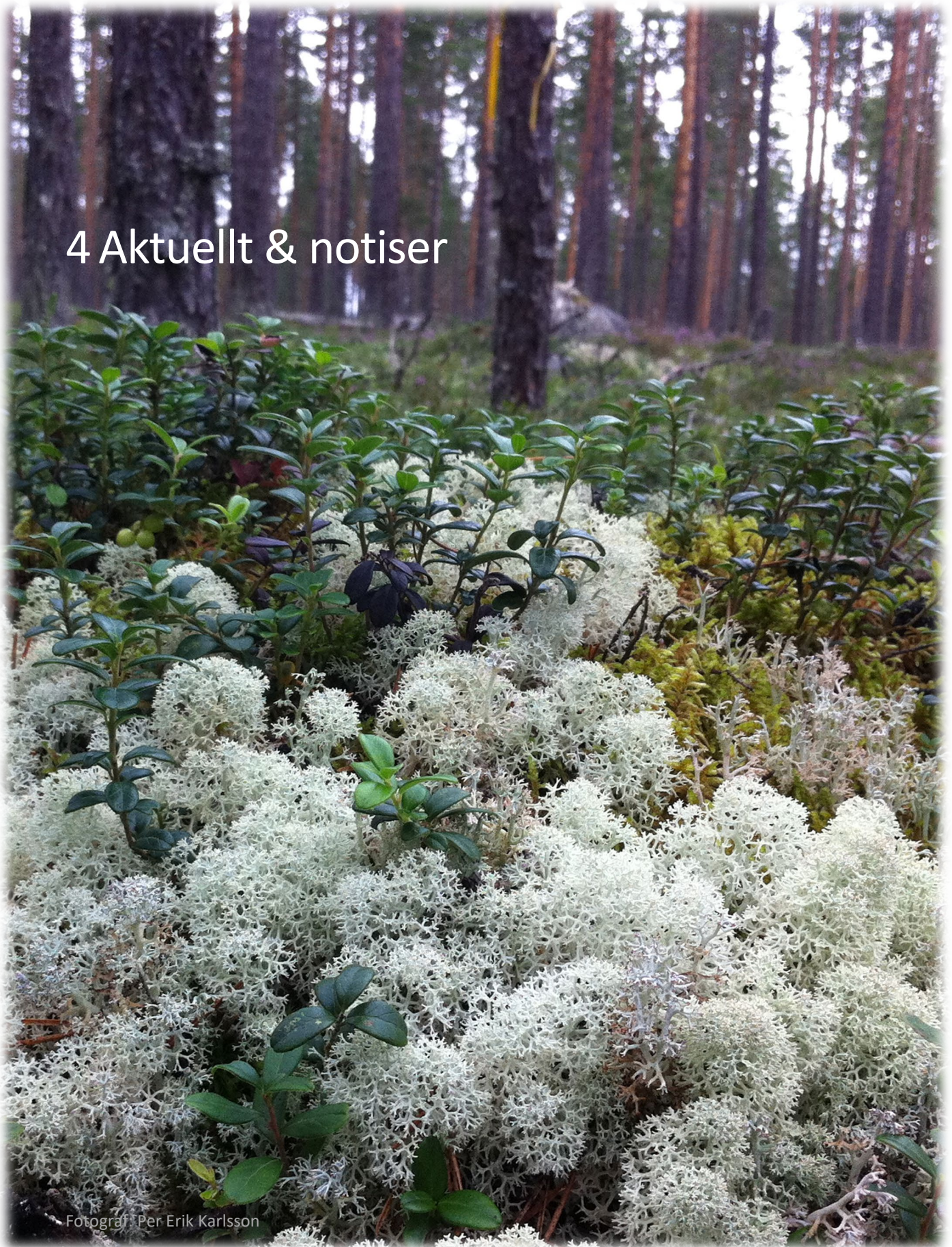
Markvattnets försurningsstatus i Östergötland jämfört med resten av landet, angivet som median för åren 2017–2019, visas i Figur 22. Vid Höka i norra Östergötland ligger medianvärden för pH mellan 4,9 och 5,2, vilket innebär samma nivå som flertalet mätplatser i mellersta Götaland, Figur 22A. Söder om detta område har de flesta mätplatser medianer som är lägre än 4,8 och norr om detta område har de flesta mätplatser medianer över eller omkring 5,2. Den sydligare mätplatsen i Östergötland, Solltorp, har ett högre pH (5.7) jämfört med Höka (5.1).

ANC följer i stora drag pH-gradienten i Sverige. ANC är svagt negativt vid Höka och positivt vid Solltorp, Figur 22B. De flesta av mätplatserna i Götaland uppvisar negativt ANC, i Svealand är ANC vanligtvis omkring 0, och i Norrland är det positivt. Även halten oorganiskt aluminium uppvisar en liknande gradient, Figur 22C. I Östergötland är medianvärdena 2017–2019 för oorganiskt aluminium låga, 0,03 mg per liter vid Solltorp och 0,2 mg per liter vid Höka.



Figur 22. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2017–2019). ANC i avrinnande vattnet bör vara betydligt över 0 när det når vattendragen. Ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslats har tagits bort.

4 Aktuellt & notiser



Fotograf: Per Erik Karlsson

4.1 Revision Försurande/Övergödande ämnen inom Programområde Luft inom Naturvårdsverket

Naturvårdsverket startade 2015 en utvärdering av den pågående verksamheten inom Programområde Luft.

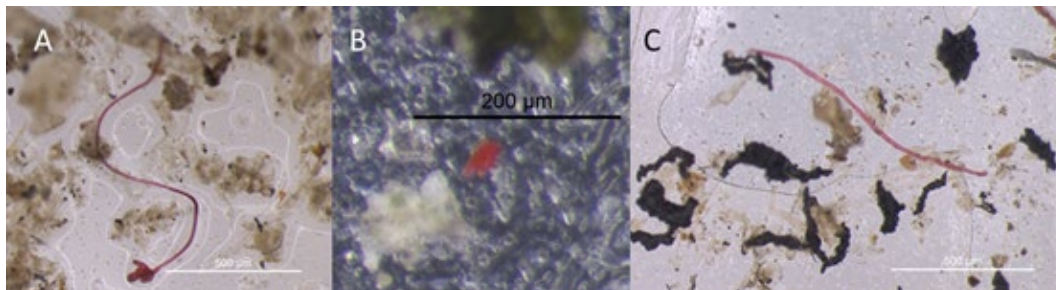
Som en del av denna påbörjades under 2018 en fördjupad revision inom Programområde Luft, som omfattade delprogrammen Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd, Krondroppsnetet-NV och MATCH-Sverigesystemet. Med Naturvårdsverket-NV avses den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket. Naturvårdsverket utsåg två internationella utvärderare, Christopher Evans och Alan Radbourne från "Centre for Ecology and Hydrology" i Bangor, Wales, UK. Utredarna träffade under april 2019 bland annat Krondroppsnetets projektledningsteam som ett led i utvärderingen.

Utgående från deras rapport har Naturvårdsverket sammanställt ett förslag till revision av verksamheterna som rör försurande och övergödande ämnen. I mars 2020 skickades Naturvårdsverkets förslag ut på remiss till berörda parter. Naturvårdsverket föreslår en ny utformning av programmet som bygger på en sammanslagning av tre befintliga mätprogram (LNKN, Krondroppsnetet-NV och EMEP) till ett nytt – Svenska Luft- och Depositionsätverket (SveLoD). Istället för tre delprogram kommer stationerna att vara uppdelade i Typ 1 (EMEP), Typ 2 (LNKN) och Typ 3 (Krondroppsnetet-NV).

De som fått remissen hade fram till den 24 april 2020 på sig att komma med yttrande och IVL har inkommit med en rad synpunkter. När den slutliga utformningen av programmet kommer att bli färdigt är ännu ej klart.

4.2 Ny studie påvisar mikrokräp i nederbörd och krondropp

Mikrokräpppartiklar har hittats i nederbörd och krondropp vid samtliga tio undersökta mätplatser inom Krondroppsnetet runt om i Sverige, från Norrbotten till Skåne, samt vid tre mätplatser i centrala Malmö, där mätningar sker på uppdrag av Malmö stad, Figur 23. Resultaten visar att mikrokräpppartiklar kan transporteras med luften till områden långt bort från utsläppskällorna. Även gummipartiklar från fordonsdäck återfanns i proverna.



Figur 23. Mikrokräpppartiklar från prover med atmosfäriskt nedfall. A) Röd plastfiber; B) rött plastfragment; C) gummifragment från fordonsdäck (styrenbutadiengummi, SBR) och icke-syntetiska textilfibrer.

Plastfibrer dominerade i antal vid fjorton av de tjugo proverna. Nedfall av gummipartiklar från fordonsdäck var avsevärt högre i centrala Malmö jämfört med platser utanför tätort. Mätningarna bekräftar tidigare studier, där mikrokräp har hittats i såväl snöprover från Svalbard som i nederbörd på hög höjd i Klippiga bergen i USA.

Undersökningen var en pilotstudie utförd av forskare vid IVL under oktober 2019, på uppdrag av Naturvårdsverket, Magnusson m. fl. 2020.

4.3 Pågående projekt där Krondroppsytor modelleras

Under hösten 2019 – hösten 2021 pågår ett modelleringsprojekt finansierat av Energimyndigheten, "Effekter av helträdsuttag på baskatjonomsättning och försurning - uppskalning till nationell nivå med ekosystemmodellen ForSAFE". Projektet är en fortsättning av ett tidigare projekt finansierat av Energimyndigheten, där ForSAFE-modellen användes för modellering i fyra långliggande helträdsförsök och sju mätplatser inom Krondroppsnetet. Det tidigare projektet syftade till att studera hur baskatjonförlusterna vid helträdsuttag fördelas mellan mark, vatten och träd. I det nya projektet modelleras ytterligare 20 mätplatser inom Krondroppsnetet, för att kunna få en bättre bild av hur effekterna varierar geografiskt. Arbetet utförs vid Lunds universitet.

4.4 Vilka effekter kan vi förvänta oss av Covid-19?

Luftföroreningarna i världen har minskat kraftigt under våren 2020 som en konsekvens av Corona-utbrottet. Konsekvenserna av pandemin har påverkat både utsläpp från lokala källor, likväl som långväga transport av luftföroreningar till Sverige. Myllyvirta & Thieriot (2020) har uppskattat att halten av kvävedioxid i Europa var 40 procent lägre under april månad 2020, jämfört med vad den skulle ha varit under normala omständigheter utan nedstängning av samhället, och att halterna för Sveriges del var 28 procent lägre. Modelleringsstudien uppskattade att halterna av PM₁₀ var 12 procent lägre i Europa och 28 procent lägre i Sverige under samma månad. Dessa minskningar i utsläpp av luftföroreningar får effekter på luftkvalitet och nedfall. Under nästa år kommer vi att fördjupa oss i hur denna förändring i utsläppsmönster återspeglas i mätningarna inom Krondroppsnetet, samt vad detta kan ha fått för konsekvenser för Sveriges del.

4.5 Projekt angående andel torrdeposition till provtagningsutrustning har pausats

Projektet "Rör Under Tak" (RUT) med mätningar av torrdepositionen till mätutrustningen för provtagning av nederbörd på öppet fält pausades i oktober 2019. Mätningarna påbörjades sommaren 2017 vid de 10 platser inom Krondroppsnetet som idag har strängprovtagare. Projektet syftar till att jämföra depositions-mätningar med utrustning placerat under tak, med mätningar med den vanliga provtagaren för nederbörd på öppet fält utan tak. Utrustningen under tak syftar till att kvantifiera den lilla andel torrdeposition som uppstår till den utrustning som egentligen är avsedd att mäta våtdeposition och därigenom minska osäkerheterna i uppskattningarna av våtdepositionen. På grund av budgetnedskärningar hos Naturvårdsverket har detta projekt inte fått fortsatt finansiering utan är pausat. Projektet var ursprungligen planerat att pågå under tre år fram till 2020. Vi hoppas att medel kommer att finnas framöver för att slutföra detta projekt.

4.6 Totalt nedfall av kväve och svavel på länsnivå – Specialrapport under 2019

Under 2019 publicerades en specialrapport där totalt nedfall av oorganiskt kväve och totalt nedfall av svavel till barrskog på länsnivå redovisades för perioden 2001–2018, Pihl Karlsson m.fl. (2019a).

Syftet var att bidra till att belysa nedfallssituationen i länen med avseende på försurnings- och övergödningens problematiken och att ge ett underlag till den regionala miljömålsuppföljningen, främst för miljömålen Bara naturlig försurning och Ingen övergödning.

Kritisk belastning för kväve i barrskog överskreds under perioden i stort sett i samtliga län, förutom de fyra nordligaste länen. Det totala kvävenedfallet till barrskog har under perioden dock minskat, med mellan 26 och 53 %, för samtliga län utom i Skåne och Västerbottens län.

Nedfallet av svavel till barrskog minskade kraftigt under perioden med mellan 50 och 87 %. Den statistiska analysen visade att det länsvisa nedfallet av svavel (utan bidrag från havssalt) sedan 2001 minskat statistiskt signifikant i samtliga undersökta län. Under de senaste tre åren har det totala nedfallet av svavel till barrskog i Sverige, om man undantar de tre sydliga länen Skåne, Halland och Blekinge, generellt varit mycket lågt, under 1 kg per hektar och år. Detta innebär att svavelnedfallets bidrag till fortsatt försurning är mycket litet i stora delar av Sverige. De sydligaste delarna av Sverige påverkas dock sannolikt alltfjämt från svavelutsläpp från de östra delarna av centrala Europa.

4.7 Vetenskapliga artiklar 2019

Under 2019 har ett flertal artiklar med anknytning till Krondropps nätet publicerats.

- **Ferm m.fl. (2019)** har publicerat en artikel med mätserier av nedfall av svavel och kväve med nederbörden i Sverige sedan 1955. Detta är bland de längsta mätserier som någonsin publicerats. Svavelnedfallet som våtdeposition kulminerade runt år 1970 vad gäller svavel och runt 1985 vad gäller kväve.
- **Karlsson m.fl. (2019)**, har publicerat en metod för att uppskatta det totala nedfallet av kväve till barrskog i Sverige, med hjälp av så kallade strängprovtagare. Metoden används nu inom uppföljningen av miljö kvalitetsmålet Ingen Övergödning, indikatorn "nedfall av kväve till barrskog".
- **Kronnäs m.fl. (2019)** har använt data från Västra Torup och Hissmossa i Skåne för att undersöka vilka fördelar som finns med att modellera vittring dynamiskt med ForSAFE-modellen, jämfört med att modellera med den enklare PROFILE-modellen. De två modellerna gav årsmedelvärden av ungefär samma storlek, men en fördel med ForSAFE är att variationer under året och mellan år kan simuleras, liksom långsiktiga effekter av klimatförändring, förändrat nedfall och skogsbruk.

5 Tack

Vi vill uttrycka ett varmt tack till samtliga provtagare inom Krondropps nätet som utför ett mycket ovärderligt arbete i fält. Vi vill även uttrycka ett varmt tack till all personal på IVL:s laboratorium för ett mycket bra arbete. Slutligen tackar vi Krondropps nätets samtliga medlemmar för gott samarbete.

6 Referenser

- Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Pihl-Karlsson, G., Karlsson, P.E., Lundin, L. 2010. Assessing the risk of N leaching from Swedish forest soils across a steep N deposition gradient in Sweden. *Environmental Pollution* 158: 3588–3595.
- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S. 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986–2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444: 271–287.
- Akselsson, C., Belyazid, S. 2018. Critical biomass harvesting – Applying a new concept for Swedish forest soils. *Forest Ecology and Management* 409, 67–73. DOI 10.1016/j.foreco.2017.11.020
- CEIP, 2020. Emissionsdata är hämtade från:
http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata

- Ferm, M., Granat, L., Engardt, M., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E., Hansen, K. 2019. Wet deposition of ammonium, nitrate and non-sea-salt sulphate in Sweden 1955 through 2017. *Atmospheric Environment: X* 2 (2019) 100015. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100015>.
- Hellsten, S., Stadmark, J., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2015. Increased concentrations of nitrate in forest soil water after windthrow in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*. 356, 234-242.
- Hellsten, S., Gustafsson, M., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2017. Påverkan på atmosfäriskt nedfall och luftkvaliteten i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014–2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C. 2018a. Utveckling av en indikator för totalt nedfall av kväve till barrskog inom miljökvalitetsmålet Ingen övergödning. IVL Rapport C286.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2018b. A bark beetle attack caused elevated nitrate concentrations and acidification of soil water in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management* 422, 338-344.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C., Ferm, M., & Hultberg, H. 2019. Total deposition of inorganic nitrogen to Norway spruce forests – Applying a surrogate surface method across a deposition gradient in Sweden. *Atmospheric Environment* 217. 116964
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116964>
- Kronnäs, V., Akselsson, C., Belyazid, S. 2019. Dynamic modelling of weathering rates – the benefit over steady-state modelling. *SOIL* 5: 33-47.
- Länsstyrelsen Östergötland. 2020. Åtgärdsplan 2019-2023 – Regional åtgärdsplan för kalkningsverksamheten i Östergötlands län.
- Magnusson, K., Winberg von Friesen, L., Söderlund, K., Karlsson, P.E. & Pihl Karlsson, G. 2020. Atmosfäriskt nedfall av mikroskräp. IVL Rapport C511.
<https://www.ivl.se/download/18.5bc68544171830dff503b2/1587372619571/C511.pdf>
- Moldan, F. m. fl. 2011. Swedish NFC Report. I Modelling Critical Thresholds and Temporal changes of Geochemistry and Vegetation Diversity (Posch et. Al. red.). CCE Status Report 2011. ISBN 978-90-6960-254-7.
- Myllyvirta, L. & Thieriot, H. 2020. 11 000 air pollution-related deaths avoided in Europe as coal, oil consumption plummeted, Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). Länk till rapporten: <https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2020/04/CREA-Europe-COVID-impacts.pdf>
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E. 2018. Försurning och övergödning i Östergötlands län. IVL Rapport C314.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E & Akselsson, C. 2019a. Länsvis totalt nedfall av oorganiskt kväve och svavel till barrskog, IVL Rapport C445.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E. 2019b. Försurning och övergödning i Östergötlands län. IVL Rapport C406.
- Tamm, C.O., 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.



Bilaga 1. Mätplatserna i Östergötland

Krondroppsnätet bedriver mätningar vid två mätplatser i Östergötlands län (Tabell B1.1).

Tabell B1.1. Aktiva mätplatser i Östergötlands län 2018/19.

Mätplats	Dominerande trädslag	Öppet fält	Kron-dropp	Mark-vatten	Lufthalter SO ₂ , NO ₂ , NH ₃
Solltorp (E 21)	Gran		X	X	
Höka (E 22)	Tall	X	X	X	X



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Milena Stefanovic.

På IVL har Paula Andersson skött kontakter med provtagare medan främst Louise Björnberg, Camilla Hållinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Paula Andersson, Sari Blom och Vania Andersson har analyserat proverna.

Databasen har skötts av Gunnar Malm.

Datagranskning, databehandling och rapportering av resultaten har utförts av Cecilia Akselsson, Per Erik Karlsson, Sofie Hellsten samt Gunilla Pihl Karlsson.



Solltorp (E 21)

Provytan ligger i en granskog planterad 1935, som gallrades i början av 1990-talet. Beståndet utgör första generationens skog på en före detta betesmark. Marken sluttar svagt åt öster och mätplatsen ligger väl skyddad inne i beståndet. Mätning av deposition och markvatten startade i oktober 1996. Lufthaltsmätningar pågick mellan 1998–2006. I dagsläget mäts ozon vid Solltorp inom projektet "Ozonmättnätet i södra Sverige". Vid Solltorp har det funnits vildsvin i området som bökat i marken. Sedan 2016 finns dock ett viltstängsel på ytan för att förhindra ytterligare påverkan.

Höka (E 22)

En tallyta, planterad 1935, i länets nordvästligaste hörn. Mätning av deposition över öppet fält- och i skogsytan samt markvatten startade 1996 och lufthaltsmätningarna startade i februari 1998. I september 2002 avslutades mätningarna över öppet fält och i slutet av juli 2009 startade de igen. Ytan är gallrad troligen under perioden 2011–2013. Under vintern 2013–2014 körde en skogsmaskin rakt igenom ytan med vissa körskadador som följd. Den utrustning som skadats reparerades under april 2014.





Östergötlands luftvårdsförbund



LUNDS
UNIVERSITET



IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se