Nr C 393
Maj 2019

Försurning och övergödning i Kronobergs län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2017/18

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

ivl SVENSKA MILJÖINSTITUTET

I samarbete med: Lunds universitet

LUNDS UNIVERSITET

Författare Gunilla Pihl Karlsson, Per Erik Karlsson, Sofie Hellsten (IVL), Cecilia Akselsson (Lunds universitet)
Medel från: Kronobergs luftvårdsförbund
Fotograf framsida: Louise Karlsson
Rapportnummer C 393
ISBN 978-91-7883-043-5
Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2019
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 Kronobergs luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar i Kronobergs län. Mätningarna sker inom ramen för Krondroppsnätet (http://www.krondroppsnatet.ivl.se/).

Kronobergs län har varit medlem i Krondroppsnätet under 31 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2017/18 i Kronobergs län, tillsammans med resultat från tidigare års mätningar. Ett hydrologiskt år omfattar oktober till och med september påföljande år.

Mätningarna från 2017/18 ger tillsammans med tidigare års mätningar en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Kronobergs län. Vidare redovisas resultaten i förhållande till övriga mätningar inom Krondroppsnätet. I rapporten redovisas även andra relaterade projekt samt aktuella händelser från 2018, som är relevanta ur Krondroppsnätets synvinkel. I Bilaga 1 visas information om länets mätningar och mätplatser.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 5

1 Krondroppsnätets mätningar – var, när och hur? 6

2 Kväve och övergödning 9

2.1 Lufthalter av kväve 10
2.2 Utsläppen av kväve minskar – men minskar nedfallet? 11
2.3 Tar skogen upp allt kväve? 15
2.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används mätningarna av kväve i nedfall och markvatten bäst? 17

3 Försurning – fortfarande ett problem? 18

3.1 Lufthalter av svaveldioxid 19
3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska? 19
3.3 Hur går återhämtningen från försurningen? 22
3.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används de försurningsrelaterade mätningarna bäst? 25

4 Aktuellt & notiser 27

4.1 Sommarens torka 28
4.2 Sommarens bränder 29
4.3 Fördjupad utvärdering 2019 31
4.5 På gång – aktuella projekt och utvärderingar 32

4.5.1 Delar av Naturvårdsverkets verksamhet inom programområde Luft utvärderas igen 32
4.5.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel 32
4.5.3 Andelen torrdeposition till provtagningsutrustning för nederbörd undersöks 33
4.5.4 Kväveutlakning till ytvatten efter avverkning? 33

5 Tack 33

6 Referenser 34

Bilaga 1. Mätplatserna i Kronobergs län 36

Sammanfattning

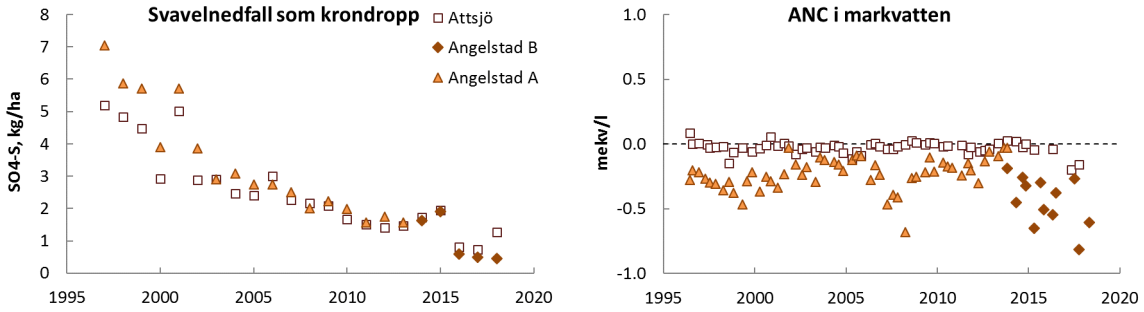
Mätningar av atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi har bedrivits inom Krondroppsnätet i Kronobergs län sedan 1996. Under det hydrologiska året 2017/18 gjordes mätningar på fyra platser i länet, från granskogen i Fälleshult i väster till tallskogen i Attsjö i öster.

Lågt svavelnedfall men långsam återhämtning från försurning

Försurning utgör fortsatt ett stort miljöproblem i Kronobergs län. Svavelnedfallet i länet har minskat kraftigt under de senaste drygt två decennierna, med mellan 78 och 93 %. Trots detta går återhämtningen från försurning i markvattnet i länets skogar långsamt, med stora variationer mellan de olika provytorna.

Ett historiskt högt försurande nedfall under många år återspeglas i bestående surt markvatten, med pH runt eller under 5 och utan buffringskapacitet. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) i markvattnet ligger kring eller under noll vid de tre provytorna i länet med långa mätserier. Vid två av provytorna förekommer förhöjda halter av toxiskt oorganiskt aluminium. Den återupptagna mätserien vid Fälleshult, i länets västra del, är ännu för kort för att ge ett tillräckligt bra underlag för en bedömning av försurningsläget.

En analys av trenderna på samtliga mätplatser i södra Sverige visar att det 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 från försurning, och miljömålet *Bara naturlig försurning* ska uppnås, krävs fortsatt lågt svavelnedfall, att nedfallet av kväve inte överskrider vad skogen kan ta upp, och att skogsbrukets försurningspåverkan hålls på en låg nivå.



Svavelnedfall som krondropp (till vänster) och syraneutraliserande förmåga (ANC) i markvattnet (till höger) vid två mätplatser i länet, tallskogen i Attsjö i länets östra del och i granskogen i Angelstad i länets västra del. Mätningarna vid Angelstad flyttades en kort sträcka 2013, vilket visas med olika symboler.

Kvävenedfallet överskrider kritisk belastning

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Kronobergs län har beräknats till mellan 6 och 10 kg per hektar för det hydrologiska året 2017/18, med högst nedfall i länets västra delar. Kvävenedfallet överskrider den kritiska belastningsgräns som har satts för barrskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. En analys över större geografiska områden visar att det totala kvävenedfallet till barrskog i sydvästra Sverige (dit Kronobergs län i detta fall räknas) minskade signifikant under perioden 2001–2017, med 26 %.

Under februari och mars 2018 uppmättes ett ovanligt högt nedfall av oorganiskt kväve vid tallytan i Attsjö, strax öster om Växjö, på totalt 6 kg per hektar för dessa två månader. Orsaken till det höga nedfallet är oklar men eventuellt orsakades det av starkt förorenad luft från sydöstra Europa. Förhöjt nedfall av ammoniumkväve i krondropp under augusti 2018 indikerade att luftkvaliteten över Kronobergs län kan ha varit påverkad av sommarens skogsbränder.

Det torra vädret medförde att markvatten endast kunde provtas vid ett fåtal tillfällen under 2018. Genomgående har dock halterna av nitrat i markvatten under de senaste åren varit mycket låga i ostörd växande skog i länet. Stormskador kan dock leda till tillfälliga perioder med ökade halter av nitrat i markvattnet och risk för utlakning till grund- och ytvatten. Att skogen mår bra och fortsätter ta upp kväve är viktigt, inte bara för miljökvalitetsmålen *Levande skogar*, *Begränsad klimatpåverkan* och *Ingen övergödning*, utan även för *Bara naturlig försurning*.

1 Krondroppsnätets mätningar – var, när och hur?

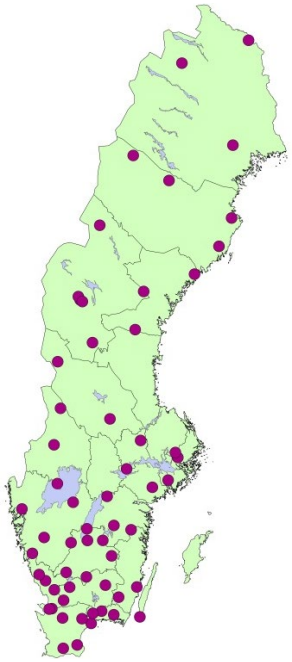
Fotograf: Gunilla Pihl Karlsson

I nom Krondroppsnätet genomfördes under det hydrologiska året 2017/18 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 övergödningsproblematiken.

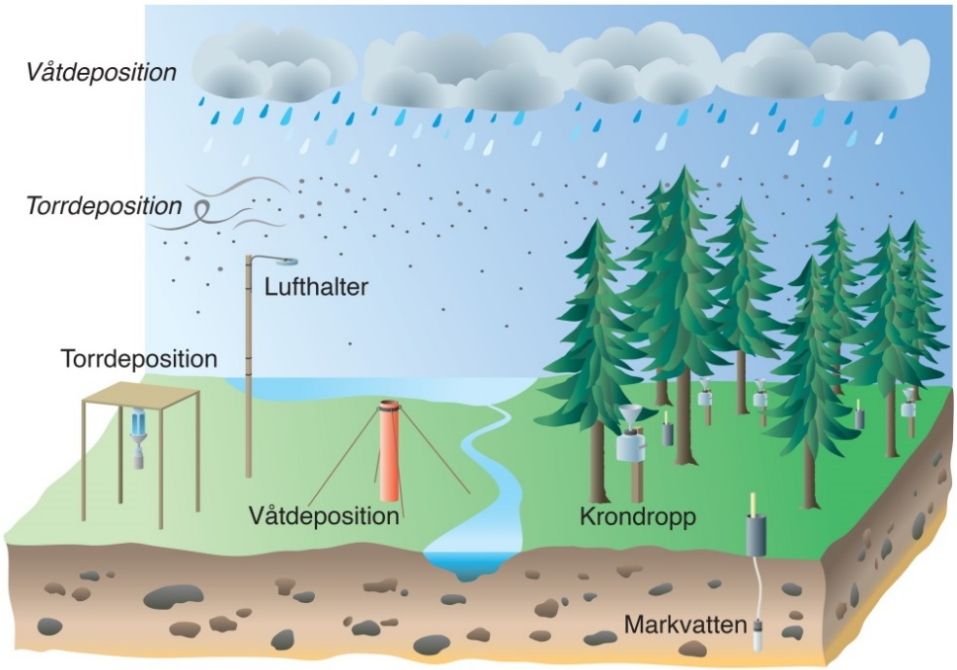
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnätet varierat. Som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige, 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 trädkronorna, 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 Krondroppsnätet, från provtagning till kemisk analys, validering och databearbetning utförs enligt väl utarbetade rutiner, och laboratorierna 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 Krondroppsnätet 2017/18.



Figur 2. Inom Krondroppsnätet mäts lufthalter, våt- och torrdeposition samt markvattenkemi. Nedfallet mäts dels på öppet fält och 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 Krondroppsnätet är fritt tillgängliga från Krondroppsnätets webbplats: http://www.krondroppsnatet.ivl.se/. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.

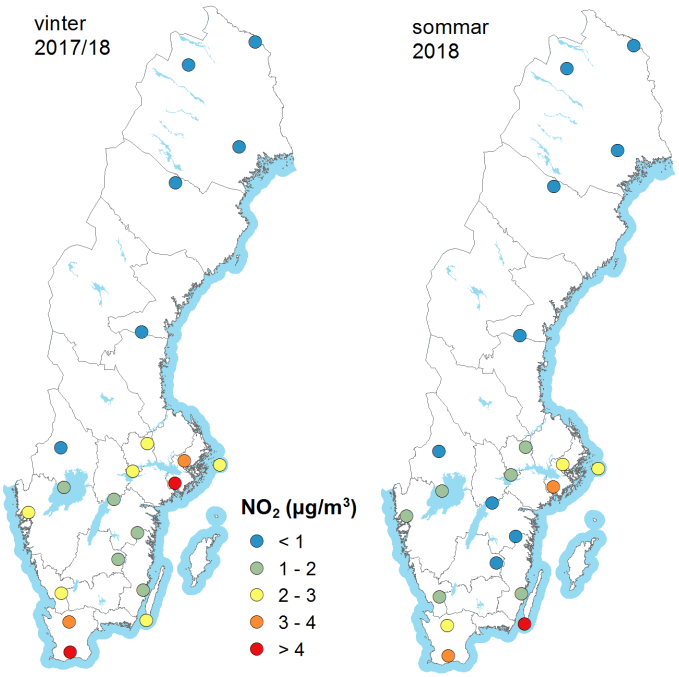
2 Kväve och övergödning

Fotograf: Sofie Hellsten

Kvävenedfallet 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 kvävenedfall 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.

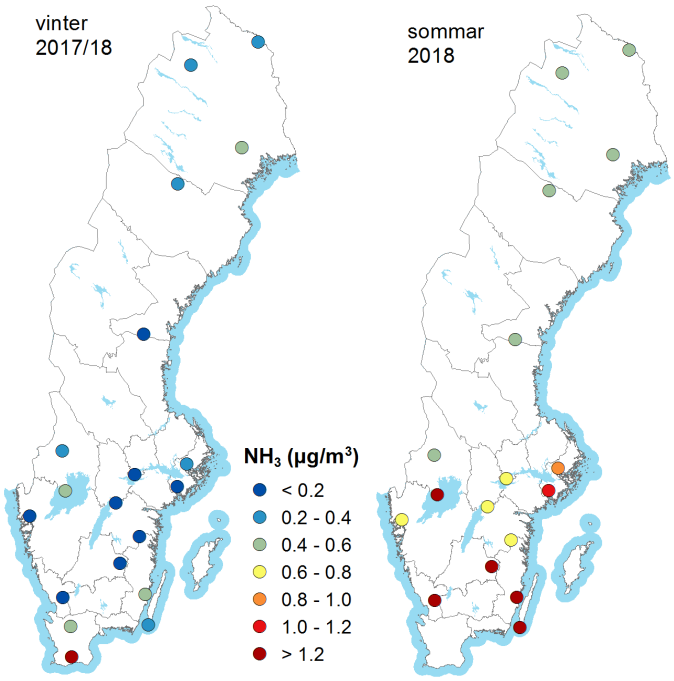
2.1 Lufthalter av kväve

Lufthalterna av olika kväveformer kan ge en första indikation på om kvävebelastningen förändras. I Kronobergs län finns dock inga mätningar av lufthalter i Krondroppsnätets regi. I Figur 3 visas därför kvävedioxidhalterna under vinterhalvåret 2017/18 och sommarhalvåret 2018 vid alla mätplatser inom Krondroppsnätet. Under vinterhalvåret uppmättes högst halter av NO_2 i Skåne- och Stockholmsregionen följt av Halland och Ölands södra udde och lägst halter uppmättes i norra halvan av Sverige. När det gäller lufthalter av NO_2 under sommarhalvåret var mönstret över landet likartat, men uppmätta halter var generellt lägre under sommaren.



Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO_2) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige.

I Figur 4 visas lufthalterna av ammoniak under vinterhalvåret 2017/18 och sommarhalvåret 2018 vid alla mätplatser inom Krondroppsnätet. Högst halter uppmättes sommaren 2018 i södra Götaland och sydöstra Svealand. Under vintern uppmättes högst ammoniakhalter vid Stenshult på Romeleåsen i Skåne. Under vinterhalvåret förekommer under vissa månader ibland även höga halter av ammoniak i norra Sverige. Vi har ännu inte hittat någon uppenbar förklaring till dessa höga halter under vintern.



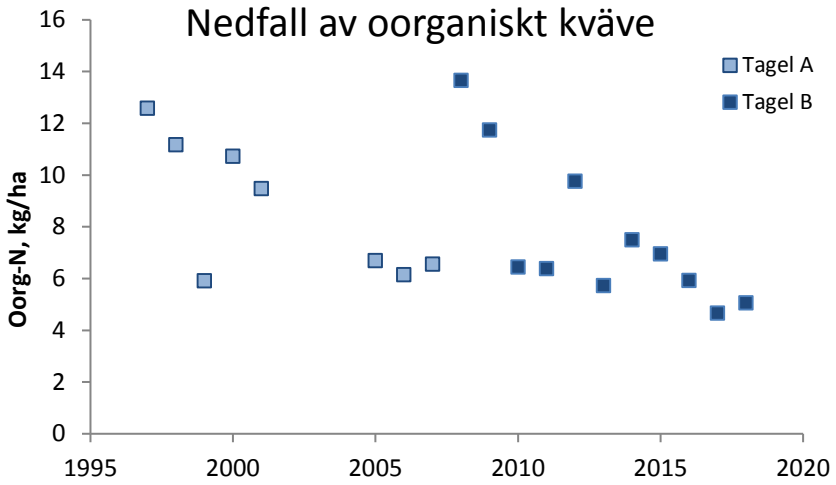
Figur 4. Lufthalter av ammoniak (NH_3) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige.

2.2 Utsläppen av kväve minskar – men minskar nedfallet?

Nedfall av kväve sker i form av torr- och våtdeposition. Det har varit svårt att med mätningar visa att kvävenedfallet i Sverige har minskat i motsvarande grad som rapporterade utsläppsminskningar (t.ex. Hansen m.fl., 2013). Detta kan ha flera olika förklaringar. Dels spelar nederbördsmängderna roll för storleken på kvävenedfallet. Vidare kan generella förändringar i atmosfärens kemiska sammansättning spela roll för hur långt och med vilken effektivitet som utsläpp av föroreningar från kontinentala och södra Europa transporteras till Sverige. Slutligen finns det svårigheter med att mäta kvävenedfall till skog via krondropp, på grund av den interncirkulering av kväve som sker i trädkronorna, vilket beskrivs i kapitel 1. På grund av de senaste årens relativt låga kvävenedfall finns det nu, för vissa mätplatser och större områden, ett statistiskt säkerställt, minskat kvävenedfall över Sverige.

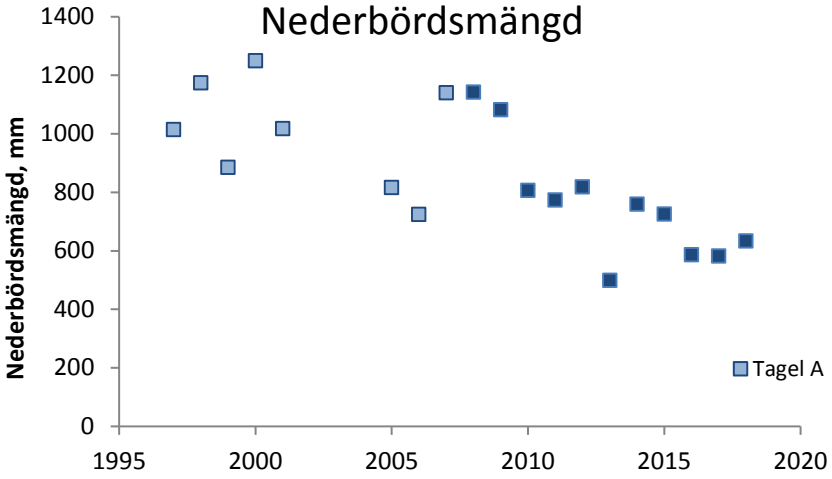
Nedfallsmätningarna vid Tagel och Angelstad har vid ett tillfälle vardera flyttats kortare sträckor. Vad gäller mätningar av nedfall bedöms detta ha liten betydelse. Därför analyseras dessa tidsserier för nedfall utan hänsyn till dessa flyttningar. I diagrammen markeras dock de olika mätplatserna före och efter flytt separat.

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden, vilket huvudsakligen motsvarar våtdepositionen, har vid Tagel i länets norra del under mätperioden 1997 - 2018 varierat mellan 4,6 och 13,6 kg per hektar och år, Figur 5. Under det hydrologiska året 2017/18 uppmättes ett nedfall på 5,0 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält. Det finns en statistiskt säkerställd minskning av nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden vid Tagel på 48 % sedan mätstart 1996. De rapporterade utsläppen av kväveoxider har minskat med 48 % från EU-28 respektive 46 % från Sverige under 20-årsperioden 1997–2016, och ammoniak har minskat med 17 % från EU-28 respektive 15 % från Sverige under motsvarande tidsperiod (CEIP, 2019).



Figur 5. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden på öppet fält vid Tagel, G 22, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

De årliga nederbördsmängderna vid Tagel visas i Figur 6. Under det hydrologiska året 2017/18 var nederbörden 634 mm, vilket är bland de lägsta värdena för tidsserien. Platsen för nederbördsprovtagningen vid Tagel flyttades en kortare sträcka 2008. Det finns en statistiskt säkerställd minskning av nederbördsmängden vid Tagel med 47 % under mätperioden.

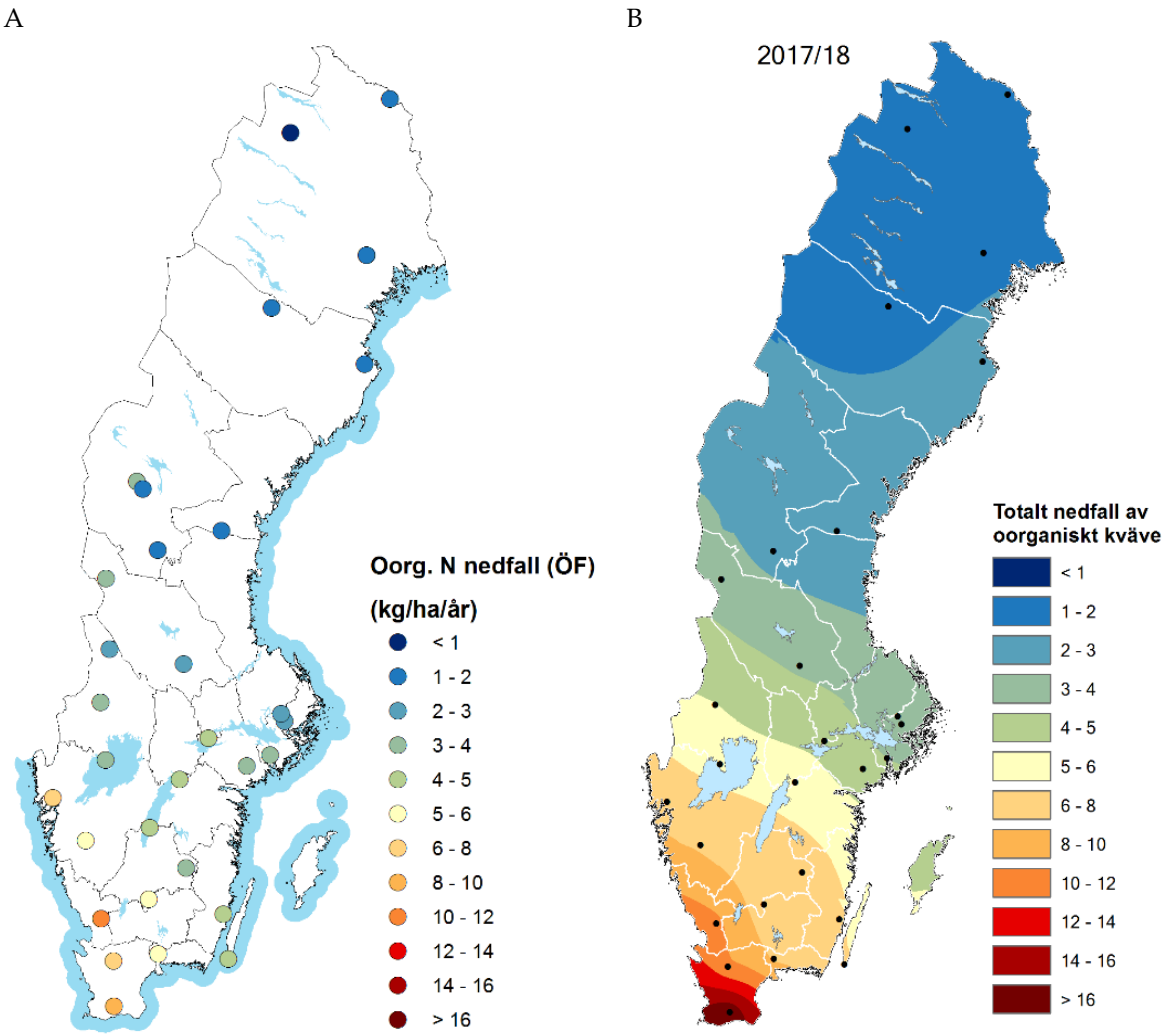


Figur 6. Uppmätta nederbördsmängder vid Tagel, G 22. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

För att beräkna det totala nedfallet av kväve till skog krävs samlokaliserad mätutrustning för nedfall med nederbörden till öppet fält, krondropp samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare. Naturvårdsverket finansierar en del av denna mätutrustning vid tio platser i landet, men ingen av dessa mätplatser ligger i Kronobergs län. Baserat på mätningarna vid dessa tio platser kan dock det totala kvävenedfallet till skog beräknas även vid andra platser där det endast finns mätningar av nedfall med nederbörden till öppet fält. Det totala kvävenedfallet till barrskog kan därför beräknas för länets mätplats Tagel. Genom att använda geografisk interpolation har det totala kvävenedfallet beräknats yttäckande för hela landet (Figur 7B).

Det beräknade, årliga totala kvävenedfallet över Kronobergs län varierade under det hydrologiska året 2017/18 mellan 6 och 10 kg/ha, med högst nedfall i de västra delarna (Figur 7B). 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 Kronobergs län under 2017/18, och har gjort så under lång tid. Mätresultat från alla tidigare

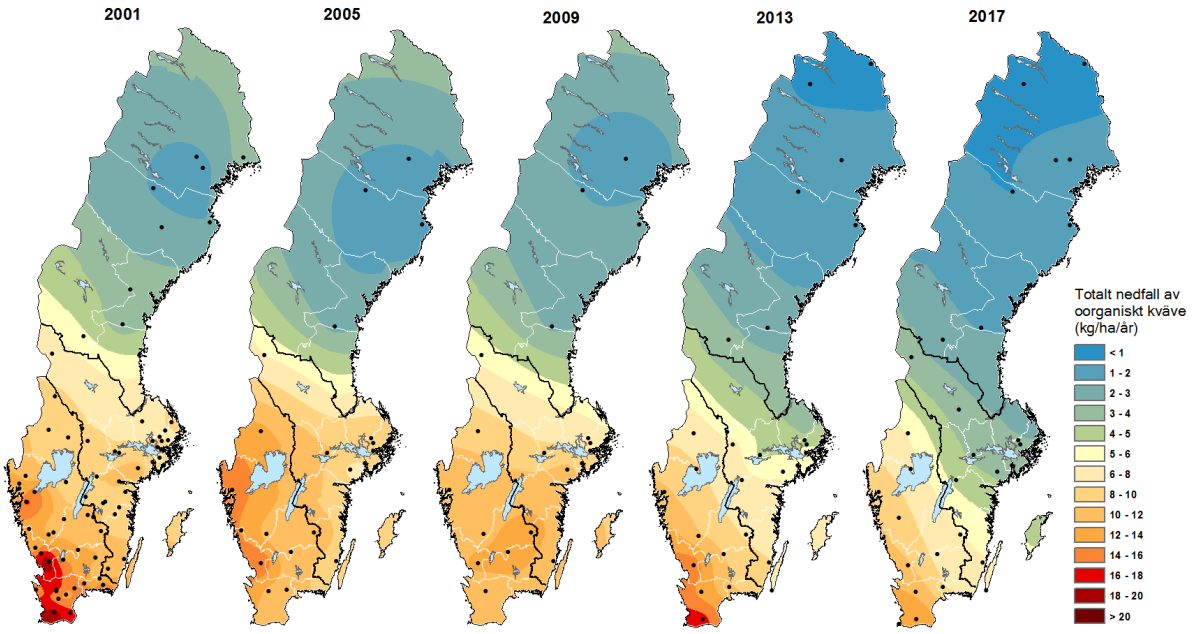
mätningar av våtdepositionen av kväve vid olika platser i Kronobergs län visades i föregående års Krondroppsnätsrapport för Kronobergs län (Pihl Karlsson m.fl., 2018).



Figur 7. Nedfall av oorganiskt kväve (NO_3 + NH_4) under det hydrologiska året 2017/18. 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.

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Sverige under det hydrologiska året 2017/18 varierade mellan 1 kg per hektar och år i norr och 20 kg per hektar och år i sydväst, Figur 7B. Detta är avsevärt högre än den uppmätta våtdepositionen av kväve på öppet fält, Figur 7A, framför allt i södra Sverige. Detta visar på vikten av att genomföra mätningar som gör det möjligt att beräkna totaldeposition av kväve till skog. Total-depositionen överskred den kritiska belastningen för övergödande kväve i hela Götaland och södra halvan av Värmland under det hydrologiska året 2017/18.

Totaldepositionen av kväve finns beräknad för alla kalenderår sedan 2001 (Karlsson m.fl., 2018a samt http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/). I Figur 8 visas kartor över totaldepositionen av kväve för perioden 2001–2017 med fyra års intervall. En trendanalys visade att det beräknade totala kvävenedfallet till barrskog i sydvästra Sverige (dit Kronobergs län i detta fall räknas) minskade signifikant under perioden 2001–2017, med 26 % (http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/).

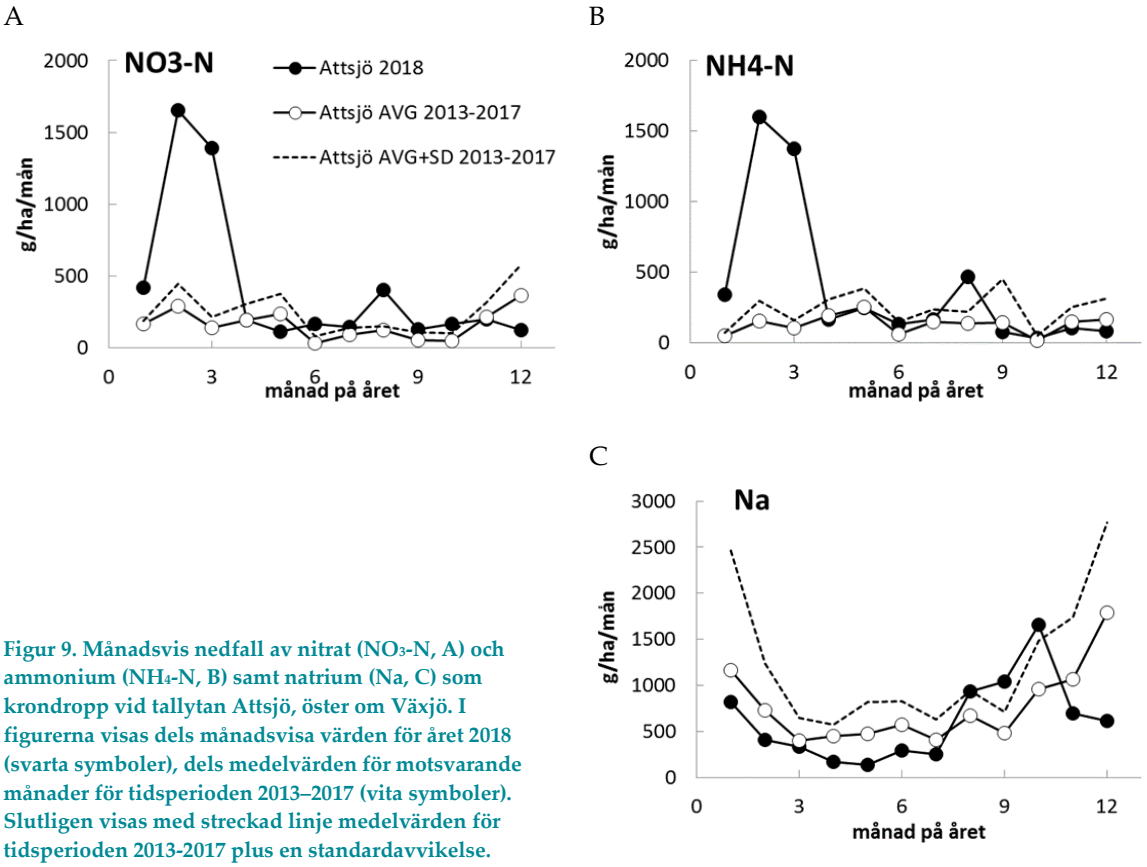


Figur 8. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve (NO_3 + NH_4) under kalenderåren 2001, 2005, 2009, 2013 samt 2017. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a). 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.

Ett viktigt syfte med Krondroppsnätet är att övervaka och rapportera ovanliga händelser vad gäller påverkan från luftföroreningar i bakgrundsmiljön. Under februari och mars 2018 deponerades sammanlagt ca 6 kg oorganiskt kväve som krondropp lokalt vid tallskogen i Attsjö (Figur 9 A, B). En jämförelse med ett medelvärde för kvävenedfallet för dessa månader under perioden 2013 - 2017 visar att kvävenedfallet februari och mars 2018 var kraftigt avvikande från det normala. Det summerade kvävenedfallet februari och mars 2018 vid Attsjö var i samma storleksordning som det regionalt beräknade årliga totala nedfallet av kväve för östra Kronobergs län 2017/18, 6 - 8 kg N/ha (Figur 7B). Nedfallet bestod till ungefär lika delar av NO_3-N och NH_4-N och var ungefär lika högt båda dessa månader. Data har granskats ingående utifrån Krondroppsnätets rutiner och det finns inga tekniska tveksamheter med dessa data. Det förekom inget motsvarande kvävenedfall vid närliggande mätplatser, förutom i sydöstra Skåne, se nedan.

Vädersituationen var speciell under februari och mars 2018, med temperaturer avsevärt under det normala och ett långvarigt snötäcke. Så kallade ”snökanoner” från Östersjön gav lokalt stora snömängder i östra Småland under februari men varken nederbördsmängder eller saltpåslag (Figur 9C) avvek från det normala vid Attsjö under dessa månader. Det finns därför inget som tyder på att en exceptionellt hög nederbördsmängd orsakade det höga kvävenedfallet under februari och mars.

I SMHI´s publikation ”Väder och Vatten” anges att det längs Götalands syd- och ostkust förekom tre mycket blåsiga tillfällen under månaden mars 2018, med byvindar upp mot 26 m/s, som nådde Sverige från sydost. Inom Krondroppsnätet uppmättes vid flera mätplatser i sydöstra Skåne en mycket hög deposition av kväve som krondropp under månaden mars, liknande den vid Attsjö. Det är därför möjligt att den höga kvävedepositionen under mars vid såväl Attsjö som i sydöstra Skåne orsakades av starkt förorenad luft från sydost. Eftersom det var mycket kallt under både februari och mars, kan dock lokala utsläpp från förbränning även ha bidragit till det höga kvävenedfallet vid Attsjö.



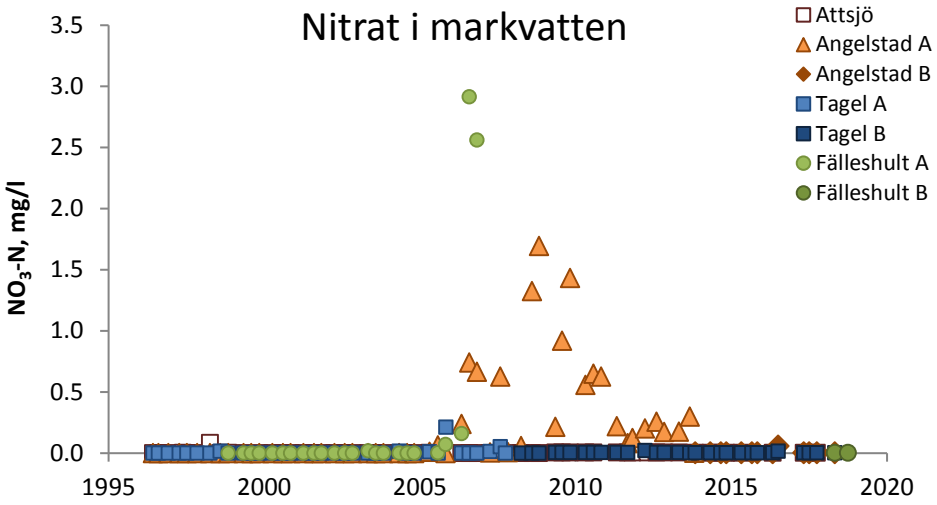
Figur 9. Månadsvis nedfall av nitrat (NO_3-N, A) och ammonium (NH_4-N, B) samt natrium (Na, C) som krondropp vid tallytan Attsjö, öster om Växjö. I figurerna visas dels månadsvisa värden för året 2018 (svarta symboler), dels medelvärden för motsvarande månader för tidsperioden 2013–2017 (vita symboler). Slutligen visas med streckad linje medelvärden för tidsperioden 2013-2017 plus en standardavvikelse.

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 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 Krondroppsnätet, men då oftast efter störningar som avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018b).

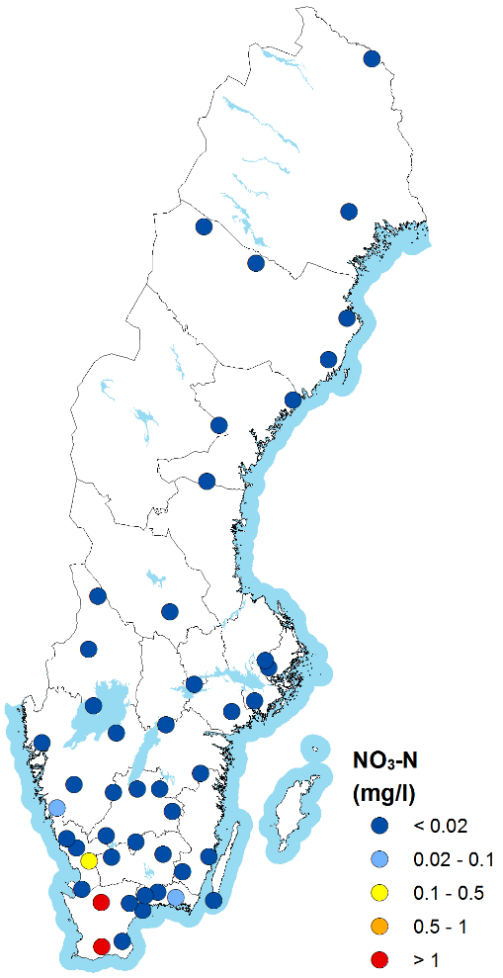
Som beskrivs i kapitel 4.1 nedan, så var sommaren 2018 vid många platser i södra Sverige nederbördsfattig. Det var därför i många fall så torrt i marken att det inte gick av provta markvatten. I Kronobergs län gick det under 2018 endast att provta markvatten på våren i Tagel B och Angelstad B och endast vid vår- och höstmätningar i Fälleshult. I Attsjö fanns inte tillräckligt med vatten vid något av de tre provtillfällena. Vid alla de provtagningstillfällen som gick att genomföra under 2018 var halterna av nitrat i markvattnet mycket låga, under detektionsgränsen.

Mätresultaten från 2018 visas tillsammans med resultat från tidigare år, för alla nu aktiva mätplatser i Kronobergs län i Figur 10. Resultaten visar att det inte förekommer nitrat i markvattnet i ostörd, växande skog i Kronobergs län. Störningar, såsom stormarna Gudrun, 2005, och Per, 2007, ledde dock till tydliga förhöjningar av nitrathalter i markvattnet. Två genomförda provtagningar vid den nya krondroppsytan Fälleshult i sydvästra delen av länet tyder på att nitrat inte heller förekommer i markvattnet i granskogen vid denna plats, trots att den ligger i den del av länet som är mest utsatt vad gäller kvävenedfall. Dock ser man att halterna av nitratkväve steg kraftigt vid Fälleshult i samband med avverkningen av den tidigare krondroppsytan 2006.



Figur 10. Nitrathalter 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.

En sammanställning av data från samtliga nu aktiva Krondroppsytor i Sverige (Figur 11) visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2016–2018) 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 Kronobergs län var medianvärdet för denna period under detektionsgränsen, precis som på merparten av mätplatserna i Sverige.



Figur 11. Koncentrationen av nitrat (NO_3-N) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2016–2018). Ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslats har tagits bort.

2.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används mätningarna av kväve i nedfall och markvatten bäst?

Regional miljömålsuppföljning utgör ett instrument för att utvärdera om den samlade miljöbelastningen från lokala utsläpp av luftföroreningar tillsammans med långdistanstransporterade luftföroreningar ligger inom ramen för vad som kan anses som acceptabelt. Det regionala miljömålet i länet följs upp genom regelbundna rapporter (Länsstyrelsen, 2018).

Ett minskat kvävenedfall är viktigt för flera olika miljökvalitetsmål: *Ingen övergödning*, *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Myllrande våtmarker*, *Levande skogar* och *Storskalig fjällmiljö*. Kväveutsläppen har dock visat sig vara svårare att minska än till exempel svavelutsläppen (Pihl Karlsson m.fl., 2011). Det är därför viktigt att följa upp hur kvävenedfallet utvecklas, vilket ledde till att en ny indikator utvecklades och infördes under 2018, *Nedfall av kväve till barrskog*. Indikatorn gäller för miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning*, men kan även användas vid utvärdering av övriga ovan nämnda miljökvalitetsmål.

Inom Krondroppsnätet beräknas från och med 2018 totalt nedfall av oorganiskt kväve (NO_3-N + NH_4-N) till barrskog, vilket beskrivits ovan. Beräkningar har gjorts även bakåt i tiden, så att tidsserier finns från 2001. Resultaten från dessa beräkningar används för utvärdering av indikatorn *Nedfall av kväve till barrskog*. Nedfall av kväve har ingått i tidigare indikatorer för andra miljömål, men har då baserats på nedfall med nederbörden på öppet fält. Det totala nedfallet är avsevärt högre än nedfallet på öppet fält, upp till dubbelt så högt vid vissa platser, och totalt kvävenedfall ger därmed en mer rättvisande bild av tillståndet vad gäller kvävebelastning av skog.

Det beräknade, årliga totala kvävenedfallet över Kronobergs län varierade mellan olika delar av länet under det hydrologiska året 2017/18 från 6 till 10 kg/ha, med högst nedfall i de västra delarna. Den kritiska belastningen för övergödande kväve till gran- och tallskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds i hela Kronobergs län under 2017/18, och har gjort så under lång tid. Den del av nedfallet av oorganiskt kväve som utgörs av våtdeposition har minskat vid Tagel med 48 % sedan mätstart 1996. I södra Sveriges centrala delar utgör våtdepositionen ungefär hälften av den totala nedfallet av kväve.

Eftersom kväve i svenska skogar vanligtvis tas upp effektivt av markorganismer och vegetation är utlakningen av oorganiskt kväve från skogsmark till ytvatten i nuläget liten jämfört med bidraget från jordbruksmark. Fortsatt låg utlakning från skogsmark är en förutsättning för att miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning* ska uppnås. Förhöjda nitratkvävehalter i markvatten är det första tecknet på att det finns mer kväve än vad skogsekosystemet kan ta upp, vilket medför en risk för utlakning till ytvatten. Det finns ingen miljömålsindikator som direkt följer upp nitratkvävehalter i markvatten, men det är ändå en viktig pusselbit vid utvärdering av främst miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning*, och nitrathalter i markvatten följs därför upp i fördjupade utvärderingar (Naturvårdsverket, 2015: Havs- och vattenmyndigheten, 2019) och ofta även i regionala miljömålsuppföljningar. Mätningar från Krondroppsnätet utgör underlagsmaterialet vid dessa utvärderingar.

I de delar av Sverige som tagit emot mest kvävenedfall, främst Skåne och Halland, har förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet uppmätts på ett flertal platser inom Krondroppsnätet genom åren. Detta är ett tydligt tecken på att det finns mer kväve än vad ekosystemet kan ta hand om, och indikerar en risk att skogsmark kan börja bidra mer till utlakningen av oorganiskt kväve. I Kronobergs län var nitratkvävehalterna i markvattnet i växande, ostörd skog låga på samtliga mätplatser. De periodvis höga halterna på flera mätplatser tidigare under mätserierna visar dock att kväveomsättningen i marken är mycket känslig för störningar.

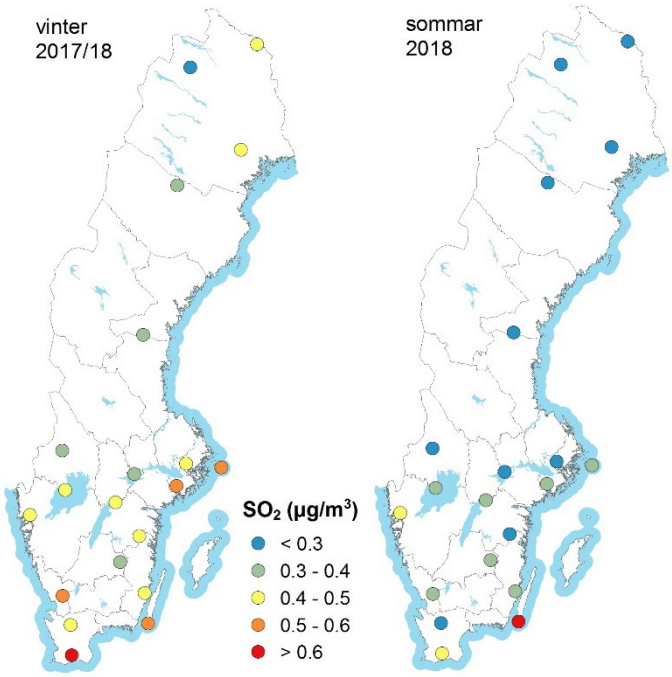
3 Försurning – fortfarande ett problem?

Fotograf: Cecilia Akselsson

Försurningen kvarstår som ett stort miljöproblem i Kronobergs län. Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävenedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom trädtillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Utsläpp av svavel (SO_x) från industrin och förbränning av kol och olja är den största orsaken till försurning av mark och vatten i Sverige. Vid låga pH omvandlas aluminium till 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 lättrörliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

3.1 Lufthalter av svaveldioxid

Det finns inga mätningar av lufthalter i Kronobergs län i Krondroppsnätets regi. I Figur 12 visas därför svaveldioxidhalterna under vinterhalvåret 2017/18 och sommarhalvåret 2018 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnätet. Under vintern 2017/18 uppmättes högst SO_2-halter vid de kustnära mätplatserna i södra och mellersta Sverige. Även i norra Sverige var svaveldioxidhalterna relativt höga under vintern 2017/18 vilket eventuellt kan bero på småskalig vedeldning. Under sommaren 2018 var halterna generellt lägre. Högst halter uppmättes vid Ottenby på södra Öland, troligen orsakat av fartygstrafiken i området.



Figur 12. Lufthalter av svaveldioxid (SO_2) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige.

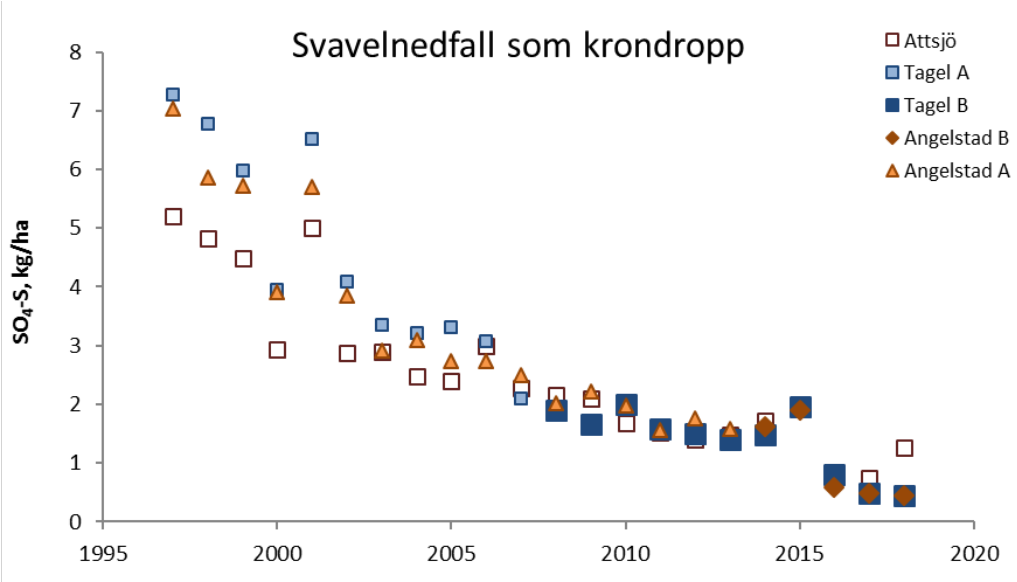
3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?

Som redan nämnts ovan har nedfallsmätningarna vid Tagel och Angelstad vid ett tillfälle vardera flyttats kortare sträckor. Analyserna av tidsserier för nedfall för dessa platser görs utan hänsyn till dessa flyttningar, eftersom de troligen har liten betydelse. I diagrammen markeras dock de olika mätplatserna före och efter flytt separat.

Svavelnedfallet via krondropp ger ett bra mått på det totala svavelnedfallet till skog, eftersom det inte sker något betydande upptag direkt i trädkronorna. Svavelnedfallet till skogen i Kronobergs län har minskat kraftigt sedan mitten av 1990-talet och minskningen är statistiskt säkerställd för samtliga nu aktiva skogsytor i länet (Figur 13). Svavelnedfallet har över respektive mätperiod minskat med 78 % vid Attsjö, med 93% vid

Tagel och med 89 % vid Angelstad. Detta kan jämföras med att emissionerna av SO_x, mätt som SO_2, minskat med 79 % för EU-28 och med 61 % för Sverige under kalenderårsperioden 2000 - 2016 (CEIP, 2019).

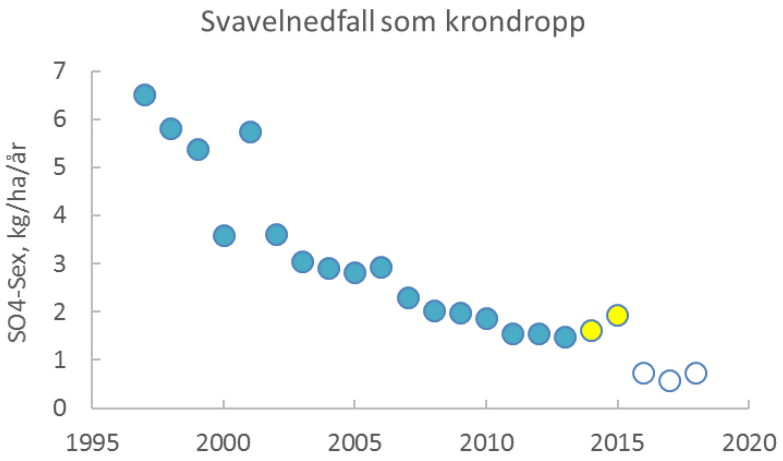
Under det hydrologiska året 2017/18 uppmättes det lägsta nedfallet någonsin vid skogsytorna i Tagel och Angelstad, i båda fallet 0,5 kg S/ha. I Attsjö var dock svavelnedfallet högre under 2017/18 än i Tagel och Angelstad, 1,3 kg S/ha, vilket kan bero på den episod med förorenad luft som passerade Attsjö under februari och mars 2018, som beskrivs i kapitlet om kvävenedfall ovan.



Figur 13. Årligt nedfall av svavel till aktiva provytor i Kronobergs län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna vid Tagel och Angelstad har flyttats, vilket indikeras med olika symboler, A och B. Provytorna i Tagel och Angelstad utgörs av granskog, medan ytan i Attsjö består av tallskog.

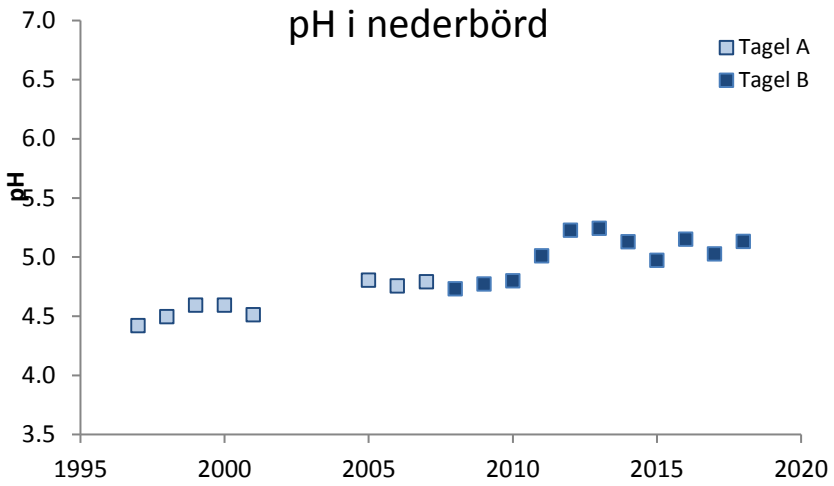
Den 1 januari 2015 sänktes gränsen för högsta tillåtna svavelhalt i fartygsbränsle, från 1,0 till 0,1 % svavel. Dessförinnan sänktes gränsen från 1,5 till 1,0 % till år 2010. Svavelutsläppen från fartygstrafiken påverkar sannolikt svavelnedfallet i hela södra Sverige. För att få en indikation på om svavelnedfallet till skogarna i Kronobergs län minskat som ett resultat av dessa begränsningar har årliga data för nedfall av svavel som krondropp analyserats för tre platser i Kronobergs län, Attsjö, Tagel och Angelstad, med kontinuerliga mätserier under perioden 1996/97–2017/18, Figur 14. Medelvärdet för de tre platserna under perioden 1996/97–2012/13 har markerats med blå symboler. Dessa år representerar perioden före den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränslet. Medelvärdet för de hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 har markerats med gult då svavelnedfallet under dessa år var påverkade av ett vulkanutbrott på Island som pågick mellan den 31 augusti 2014 till 27 februari 2015 (Hellsten m.fl., 2017). Medelvärdet för åren 2015/16–2017/18 har markerats med vitt och representerar perioden efter den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränsle.

Minskningen av svavelnedfallet förefaller följa ett mer eller mindre linjärt förlopp under 2000-talet fram till och med 2013, Figur 14. Mätvärdena för åren 2015/16–2017/18 följer i stort sett samma trend, jämfört med trenden för perioden 1996/97–2012/13. Det är dock givetvis osäkert hur minskningen av svavelnedfallet hade fortsatt utan sänkningar av svavelinnehållet i fartygsbränsle. Det krävs därför mer omfattande analyser för att avgöra i vad mån svavelnedfallet över Kronobergs län påverkats av minskningen av svavel i fartygsbränsle.



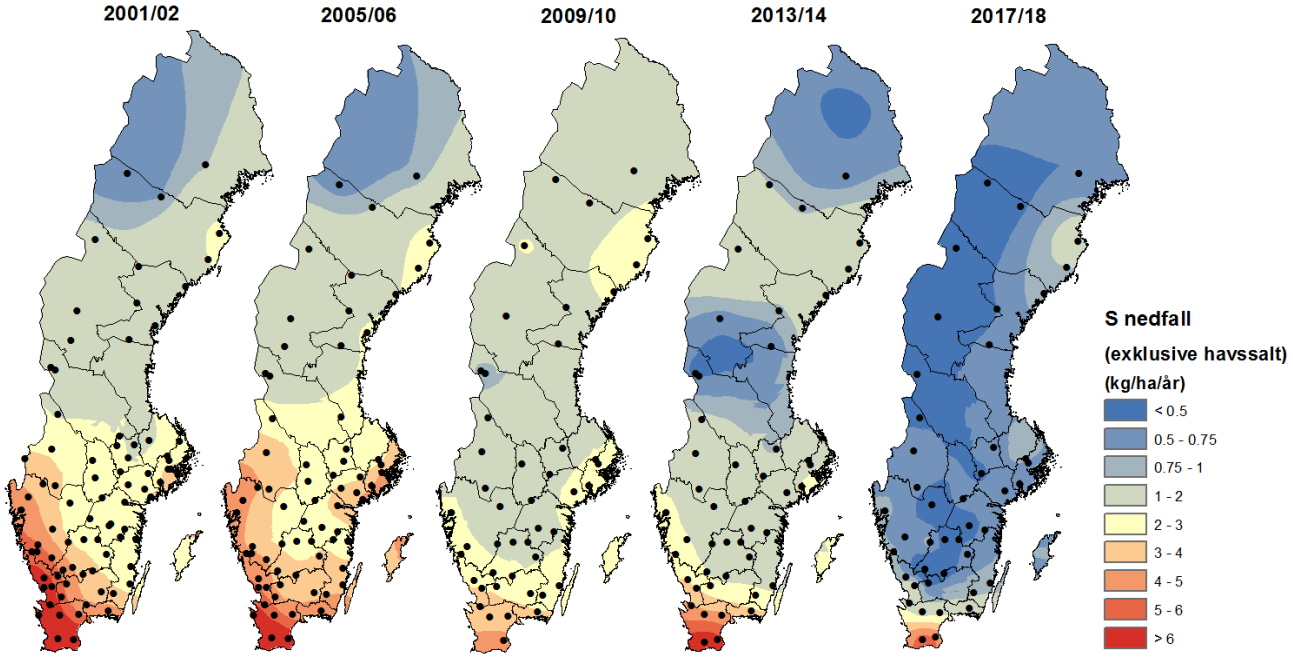
Figur 14. Årliga värden för nedfall av svavel (SO_4-Sex) mätt som krondropp som medelvärden för tre platser i Kronobergs län, Attsjö, Tagel, och Angelstad, under 1996/97–2017/18. Mätningarna vid Tagel flyttades en kortare bit 2008 och mätningarna vid Angelstad flyttades 2014. Mätningarna 1996/97–2012/13 är markerade med blå symboler. Dessa mätningar utgör år före sänkningen av svavelhalten i fartygsbränsle. De hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 är markerade med gult då de är påverkade av vulkanutbrottet på Island (31 augusti 2014 – 27 februari 2015). Åren 2015/16–2017/18 är markerade med vitt och inträffar efter den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränslet.

Främst som en följd av ett minskat svavelinnehåll har nederbördens pH vid Tagel ökat signifikant med 15 % mellan 1995/96 och 2017/18 (Figur 15). Försurningsbelastningen via nederbörden har därför minskat.



Figur 15. pH i nederbörden vid Tagel, G 22. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

Nedfallet av svavel till granskog i olika delar av Sverige visas i Figur 16 för vart fjärde år sedan 2001/02. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet har varit i sydvästra Sverige. Skillnaderna har dock minskat med åren och under 2017/18 hade Kronobergs län en svavelbelastning jämförbar med vissa områden längs Norrlandskusten.



Figur 16. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2001/02 – 2017/18 i krondroppet vid mätstationerna (grandominerade) inom Krondroppsnätet i Sverige. Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?

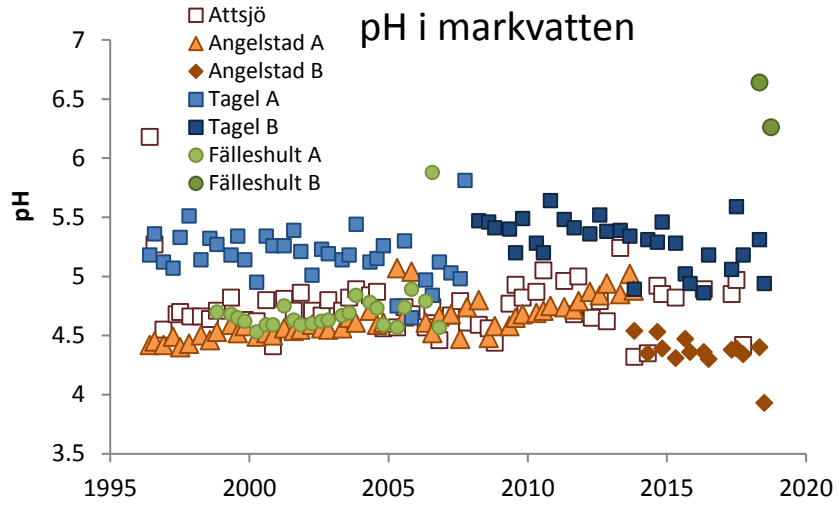
Markvattnets försurningsstatus vid Krondroppsnätets mätplatser beror till stor del på nuvarande och historiskt nedfall av svavel på platsen i kombination med markens buffringsförmåga. På vissa platser, och under vissa perioder, kan dock även annat ha stor påverkan: överskott av kväve som inte tas upp 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). Delar av Kronobergs län tillhör de områden i södra Sverige som har tagit emot mest nedfall av svavel och kväve, och är därmed ett av de mest försurningsdrabbade länen. Det bedrivs även ett omfattande skogsbruk i länet.

Markvattenmätningarna vid Tagel och Angelstad har vid ett tillfälle vardera flyttats kortare sträckor. I motsats till nedfallsmätningarna, kan markvattenkemin variera avsevärt mellan närliggande platser. Därför behandlas tidsserierna vad gäller flyttade platser separat när det gäller statistiska analyser etc.

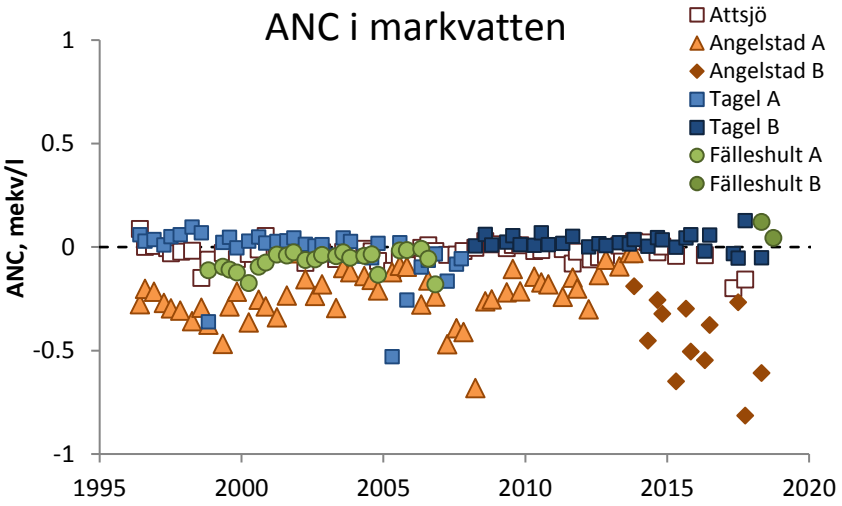
Som beskrivits ovan var det under 2018 i många fall så torrt i marken att det inte gick av provta markvatten. I Kronobergs län gick det att provta markvatten endast vid Tagel B och Angelstad B på våren samt vid den nya provytan Fälleshult under vår- och höstprovtagningarna. Vid tallytan i Attsjö gick det inte att provta vid något tillfälle under 2018. Mätningarna av markvatten under 2018 har därför givit begränsat med ny information vad gäller försurningstillståndet i länets skogar. Resultaten för några olika parametrar som beskriver försurningstillståndet i markvattnet vid nu aktiva mätplatser fram till och med 2018 visas i Figur 17–19. De mätvärden som finns för 2018 ligger i de flesta fall i linje med den tidigare tidsutvecklingen för de olika parametrarna.

Markvattnet på mätplatserna i Kronobergs län har i flera fall låga värden för pH, lågt ANC (syraneutraliserande förmåga) och förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Ett mätvärde för pH vid Angelstad visade ett mycket lågt värde under sommaren 2018, 3,9, men det kan ha berott på torkan. Bedömningen av tidsutvecklingen vad gäller försurningstillståndet i markvattnet kompliceras av att två mätplatser har flyttats. Den nya mätplatsen vid Angelstad uppvisar generellt en mycket sämre

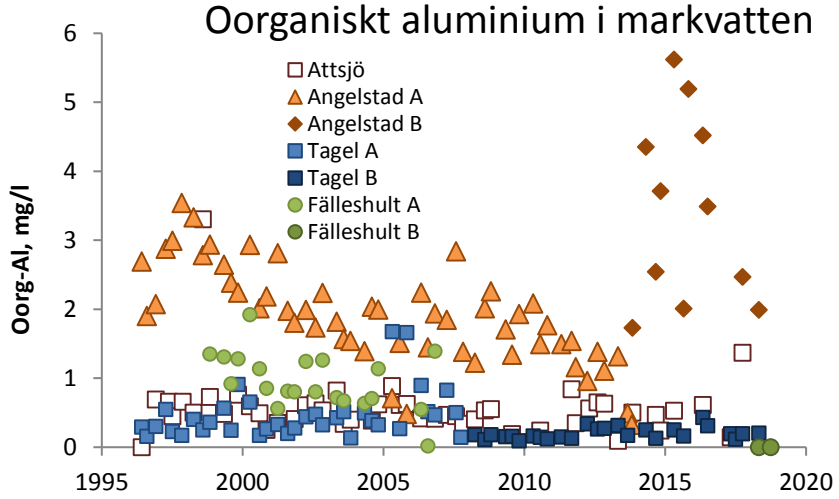
försurningsstatus jämfört med den gamla. Även vid Tagel var skillnaderna betydande mellan gamla och nya ytan, med avsevärt högre pH vid den nya ytan. Den nya ytan Fälleshult uppvisar en bra status i markvattnet, men det krävs flera års mätningar för en mer ingående bedömning. Det finns även tecken på att försurningstillståndet i markvattnet vid tallytan i Attsjö försämrades under 2017, med lägre pH och ANC samt något förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Under 2018 gick det inte att provta markvatten vid något tillfälle, så ytterligare bedömningar av eventuella förändringar får göras när data från kommande år finns tillgängliga.



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.

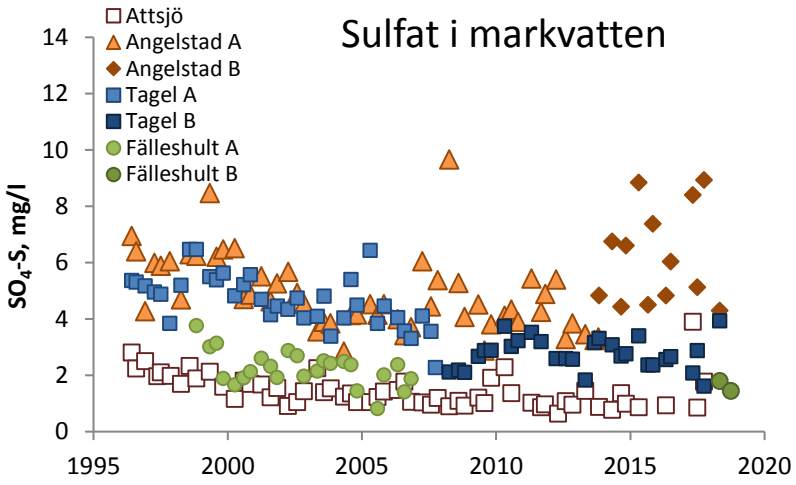


Figur 18. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



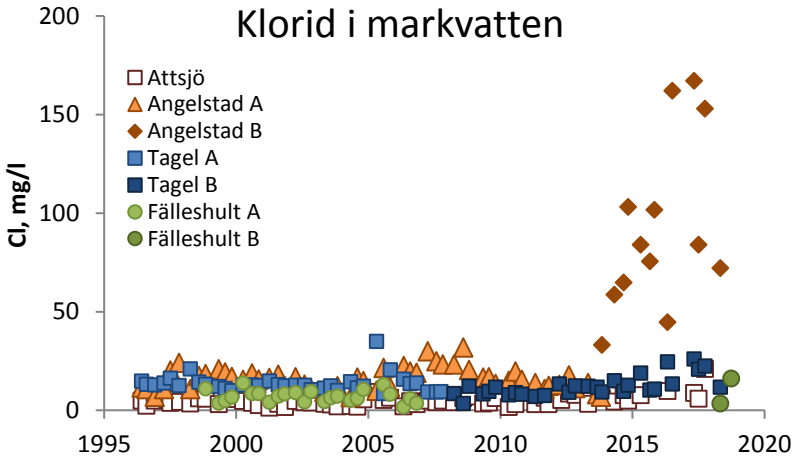
Figur 19. Oorganiskt aluminium i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

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 (se ovan). De tre mätplatserna i länet uppvisar en varierad bild av svavelhalten i markvattnet, Figur 20. I tallskogen i Attsjö har halterna av svavel i markvattnet varit relativt låga och minskat från drygt 2 mg/l 1996 till omkring 1 mg/l 2015. Under 2017 uppmättes dock den högsta halten någonsin under hela mätperioden (3,9 mg/l). Vad detta berodde på är oklart, eftersom det inte finns provtagningar från 2018 får ytterligare bedömningar göras när mer data finns tillgängliga. I Tagel är tidsserien vid den nya ytan väl kort för statistisk analys, men halterna ligger omkring 3 mg/l och det syns ingen uppenbar nedgång. Den nya mätplatsen Angelstad B visar på relativt varierande och höga halter av svavel (4 – 9 mg/l). Innan ytan flyttades 2013 minskade svavelhalterna vid Angelstad signifikant från omkring 6 mg/l till 3 mg/l (sedan 1996). Skillnaderna i svavelförekomst beror sannolikt på skillnader i markförhållanden.



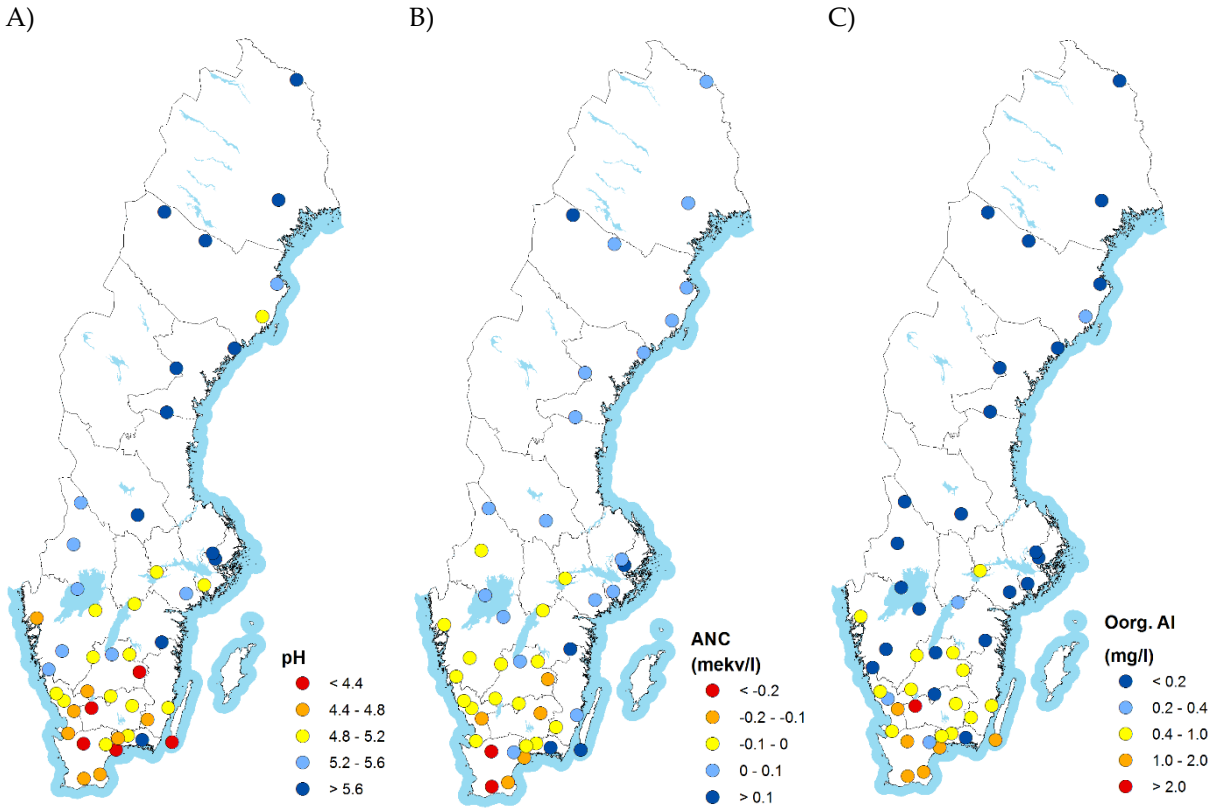
Figur 20. Svavelhalter i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Havssaltsepisoder kan få stora effekter på markvattenkemin. Halterna av klorid i markvattnet visas i Figur 21. Mätplatserna har uppvisat varierande kloridhalter, oftast mellan 5 och 25 mg per liter och det finns inga trender. Undantag är den nya provytan vid Angelstad där halterna av klorid i markvattnet är mycket höga och variabla. Detta bidrar till att förklara lågt pH i markvattnet vid denna provyta. Varför det är så höga halter av klorid i markvattnet vid den nya provytan i Angelstad, avsevärt högre jämfört med den gamla provytan, är dock ännu okänt. Angelstad är dock den provytan i länet som ligger längst väster ut och nedfallet av klorid i krondropp är ungefär tre gånger så högt vid Angelstad B, jämfört med Tagel B och Attsjö.



Figur 21. Klorid 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.

Markvattnets försurningsstatus i Kronobergs län, jämfört med resten av landet och angivet som median för åren 2016–2018, visar att Kronobergs län tillhör de län där markvattnet är mest försurningspåverkat (Figur 22). Situationen är likartad i kringliggande län. De tre mätplatserna i Kronobergs län har medianvärden för pH som sträcker sig från under 4,4 till 5,2, vilket innebär samma nivå som flertalet mätplatser i Skåne, Blekinge och Halland, Figur 22a. Gradienten för medianen för markvattnets ANC de tre senaste åren följer i stora drag pH-gradienten i Sverige, Figur 22b. ANC är negativt för samtliga mätplatser i Kronobergs län. 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 Kronobergs län är medianvärdena 2016–2018 för oorganiskt aluminium väldigt varierande med låga värden vid Tagel och höga vid Angelstad.



Figur 22. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2016-2018). 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.

3.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används de försurningsrelaterade mätningarna bäst?

I Kronobergs län utgör försurningen fortfarande ett stort miljöproblem (Länsstyrelsen, 2018). Den sammanlagda effekten av svavelnedfall, kvävenedfall och skogsbruk är avgörande för hur återhämtningen från försurningen går, och alla dessa tre påverkansfaktorer är därmed viktiga vid uppföljningen av miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* (Naturvårdsverket, 2019a, 2019b). Krondroppsnätet är centralt för utvärdering av svavel- och kvävenedfall. För indikatorn *Nedfall av svavel*, som enligt definitionen avser summan av vått och torrt nedfall till granskog, utgör Krondroppsnätets 36 mätningar i granskog i Sverige, varav 3 i Kronobergs län, ett robust underlag. För närvarande används dock endast mätningar från öppet fält från Krondroppsnätet och andra miljöövervakningsnät (LNKN & IM) i den årliga nationella uppföljningen samt i de fördjupade utvärderingarna (Naturvårdsverket, 2019a,

2019b), vilket innebär en underskattning av nedfallet, framför allt för äldre data då torrdepositionen var ännu högre än idag. I regionala miljömålsuppföljningar används dock svaveldeposition via krondropp, till exempel i Kronoberg (Länsstyrelsen, 2018). På Kronobergs granytor, som har mätserier från 1997, har svavelnedfallet minskat signifikant, och minskningen uppgår till mellan 78 och 93 %.

Kvävenedfall utgör inte en indikator för *Bara naturlig försurning* i nuläget, men är viktig för uppföljning av miljökvalitetsmålet. Eftersom kvävenedfall ingår som indikator för *Ingen övergödning* kan utvärderingen av denna indikator, som baseras på mätningar och beräkningar av totaldeposition inom Krondroppsnätet, användas även inom försurningsmålet (se ovan).

Återhämtning från försurning återspeglas i försurningsutvecklingen i mark och vatten. Från och med 2018 finns ingen indikator för försurad mark, den enda indikatorn för återhämtning är *Försurade sjöar*. Försurad skogsmark är ändå viktig att följa upp, dels för att följa utvecklingen i marken i sig, dels för att återhämtning i marken är viktig för återhämtningen av sjöar och vattendrag. Därför följs tillståndet i både fast mark och i markvatten upp i fördjupade utvärderingar (Naturvårdsverket 2015, 2019a) och regionala miljömålsuppföljningar, till exempel i Kronobergs län (Länsstyrelsen, 2018).

Markkemi följs upp inom Markinventeringen, nationellt samt uppdelat på Norrland, sydvästra och mellersta/östra Sverige. Enligt den fördjupade utvärderingen från 2015 (Naturvårdsverket, 2015) ökade andelen skogsmark med hög eller mycket hög surhetsgrad från mitten av1980-talet till 2005 i sydvästra Sverige. Därefter minskade andelen till 2011, till nästan samma nivå som i början av tidsserien. Tolkningen av denna utveckling försvåras dock av att metodiken var annorlunda i början av tidsserien. I den senaste fördjupade utvärderingen (Naturvårdsverket, 2019a) har utvecklingen i mark presenterats på ett annat sätt. I stället för att slå ihop olika försurningskriterier för att ta fram andel försurad skogsmark i olika klasser, har två bedömningar av andel försurad skogsmark gjorts, en baserad på pH i C-horisonten och en baserad på basmättnad i B-horisonten. Andel försurad skogsmark baserat på pH i C-horisonten har ökat signifikant mellan 1993 och 2014, vilket visar på att det blivit surare i denna horisont. En möjlig förklaring som anges är att sulfatjoner mobiliserats nedåt i markprofilen. Andel försurad skogsmark baserat på basmättnad i B-horisonten visar tvärtom på tendenser till minskad andel försurad skogsmark under samma period, dock ej signifikant, och de senaste åren har andelen ökat. Uttag av biomassa från skogen anges som en potentiell förklaring till att det inte skett någon signifikant förbättring av surhetstillståndet i B-horisonten enligt detta kriterium, trots kraftigt minskat surt nedfall.

I de fördjupade utvärderingarna från 2015 och 2019, samt i den regionala utvärderingen för Halland från 2018, används även markvattenkemi från Krondroppsnätet i bedömningen av återhämtning från försurning. Markvatten från 50 meters djup antas motsvara vatten som lämnat rotzonen, och kan därmed ses som en viktig länk mellan fast mark och ytvatten. En annan fördel med markvattenkemin är att mätningarna görs på exakt samma platser, tre gånger per år, vilket ju inte är möjligt vid markprovtagning. Detta innebär att, även om det är stor variation på korta avstånd i marken, så är tidsserierna för markvattenkemi robusta.

I de fördjupade utvärderingarna 2015 och 2019 studerades nivåer och trender för ANC i markvatten på Krondroppsnätets mätplatser. ANC (median för tidsperioden) var i de flesta fall under 0 i sydvästra Sverige. I mellersta/östra Sverige var det vanligare med ANC över 0 och i norra Sverige var ANC positivt på samtliga mätplatser. Detta stämmer överens med nedfallsgradienten, med minskande nedfall från sydväst till norr. I den fördjupade utvärderingen från 2015 analyserades trenderna för ANC (den syraneutraliserande förmågan) för perioden 1996–2013. I den sydvästra delen av Sverige visade drygt 40 % av platserna på en signifikant återhämtning medan resten inte visade på någon signifikant förändring. I den senaste fördjupade utvärderingen utvärderades en längre period, 1996–2017, och denna analys visade på återhämtning på en tredjedel av platserna i sydvästra Sverige. Även i mellersta/östra Sverige och Norrland skedde återhämtning på ungefär en tredjedel av platserna. Vid två av platserna i sydvästra Sverige skedde en signifikant minskning av ANC, i Jönköpings och Värmlands län. Vid Värmlandslokalen är förklaringen ökat havssaltspåslag under de senaste åren, som lett till en minskning av ANC, och det är troligt att ANC ökar igen om inte den ökade havssaltspåverkan fortsätter.

4 Aktuellt & notiser

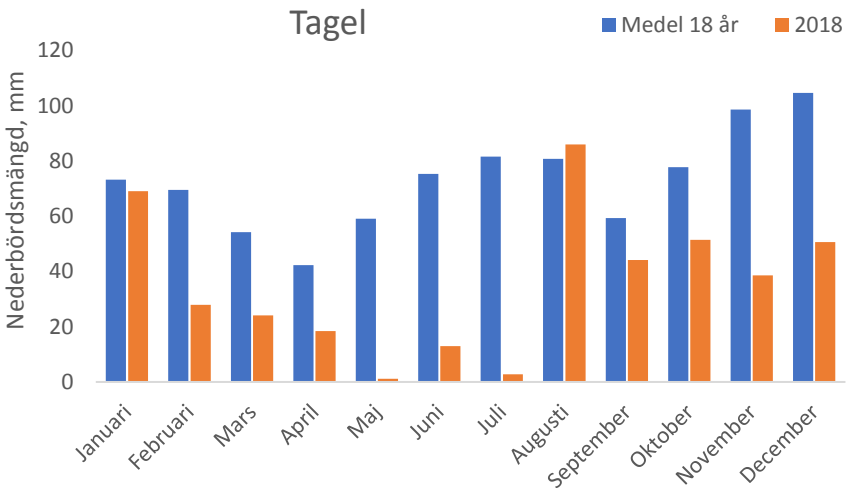
Fotograf: Louise Karlsson

4.1 Sommarens torka

Enligt SMHI fick hela Sverige en varm och solig sommar 2018. I större delen av Götaland och Svealand var det den varmaste sommaren som hittills uppmätts. Det var även en av de tio soligaste somrarna som registrerats och förutom i delar av norra Norrland var den i allmänhet torr. I det följande beskrivs vädret under sommaren 2018, baserat på utdrag från SMHI.

Maj 2018 blev rekordvarm och rekordsolig i stora delar av landet. Över norra Norrland passerade dock periodvis områden med moln och nederbörd. Juni bjöd på varierat väder med rekordvärme i söder men relativt svalt väder i norr. Nederbördsmängderna i juni var låga, utom i norra Norrland. Under juli steg temperaturerna i hela landet och det blev på många håll en av de varmaste julimånaderna som registrerats. Stora delar av juli dominerades av långvarig torka i större delen av Sverige. I mitten av månaden utbröt svåra skogsbränder i mellersta Sverige. I slutet av månaden förekom åska och lokalt kraftiga regnskurar. Inledningen av augusti var också mycket varm. Ostadigt väder kom dock att prägla månaden efter den 10 augusti och innebar regn på de flesta håll. I sydöstra Götaland var dock augusti länge mycket torr men kraftigt regn i slutet av månaden gjorde att det nederbördsmässigt till slut blev en ganska normal månad.

Generellt bland Krondroppsnätets mätplatser på öppet fält var det torrast under maj och juli 2018 jämfört med mätplatsernas 20-årsmedelvärde för perioden 1998 - 2017. Även i Kronobergs län var det lägst nederbördsmängd under maj och juli 2018 jämfört med medelvärdet för 18 av de senaste 20 åren, se Figur 23. Under maj och juli regnade det endast mycket lite vid Tagel.



Figur 23. Nederbördsmängden under januari – december 2018 jämfört med månadsvis medelvärde för perioden 1998-2017 vid Tagel i Kronobergs län. För perioden 1998-2017 saknas mätresultat för åren 2002 och 2003.

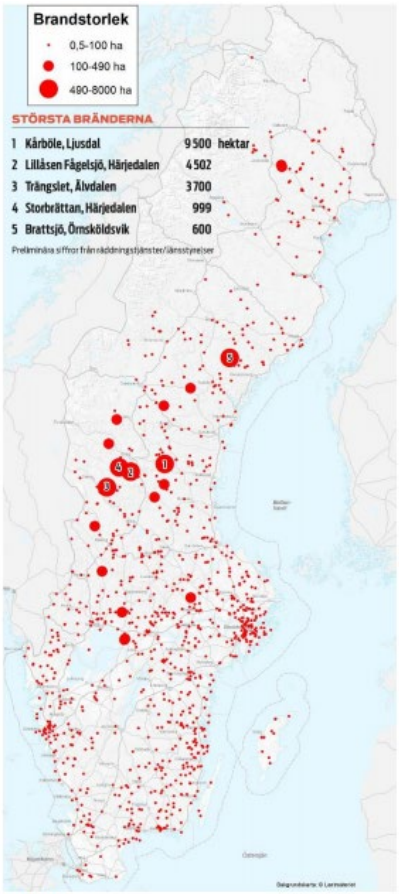
Att sommaren 2018 präglades av lite nederbörd och torka märktes även tydligt i markvattenmätningarna i Kronoberg genom att vatten inte kunde provtas vid tallytan i Attsjö i länets östra del. Vad gäller övriga provytor gick det att provta markvatten vid Tagel B och Angelstad B endast på våren samt vid den nya provytan Fälleshult längst i väster, under vår- och höstprovtagningarna, men ej mitt på sommaren.

Utöver utebliven provtagningen kan torkan på sikt ha stor påverkan på markvattenkemi. Vattentillgången har stor påverkan på trädtillväxt, nedbrytning och vittring, processer som i sin tur har stor påverkan på markvattenkemin. Nettoeffekten är svår att bedöma och kan variera geografiskt. Minskad tillväxt bidrar till ökade halter av olika näringsämnen i markvattnet på grund av minskat upptag, medan minskad nedbrytning och vittring påverkar i andra riktningen, och vilka processer som påverkar mest beror på platsspecifika egenskaper.

Torka kan även öka risken för insektsangrepp och skogsskador (Seidl m.fl., 2017), vilket har en direkt påverkan på markvattenkemin (Karlsson m.fl., 2018b). Den direkta effekten av temperaturökningen på de

olika processerna har också stor betydelse. Effekter av förändringar i dessa processer på näringsomsättningen kan enklast påvisas med markvattenkemiska mätningar, och dessa är därmed viktiga för att följa upp både återhämtning från försurning och kväveutlakning från skogsmark i ett förändrat klimat.

4.2 Sommarens bränder



Källa: MSB.

Under sommaren 2018 brann cirka 25 000 hektar skog totalt i Sverige. Bränderna var många och utspridda i hela landet (se karta, till vänster, som beskriver brändernas utbredning i början av sommaren 2018). Bränderna och dess förlopp har beskrivits i en rapport från statens offentliga utredningar (SOU, 2019). Skogsbränderna startade redan i maj. I Västmanlands län fanns i början av juni elva skogs- och markbränder i länet av varierande storlek. Samtidigt pågick även några större bränder i Värmland. Under helgen 14–15 juli bröt flera bränder ut som efterhand tillsammans täckte drygt 18 000 hektar. Värst drabbade var Gävleborgs, Jämtlands och Dalarnas län. Från slutet av maj till mitten av juli hade en uttorkning av de djupare marklagren pågått nästan oavbrutet, särskilt i Götaland och Svealand. I slutet av juli förbättrades situationen i Gävleborgs, Dalarnas och Jämtlands län. Bränderna fortsatte in i augusti men var inte på samma höga nivå som under juli. Data över brändernas slutliga utbredning kommer att finnas tillgänglig via MSB under försommaren 2019.

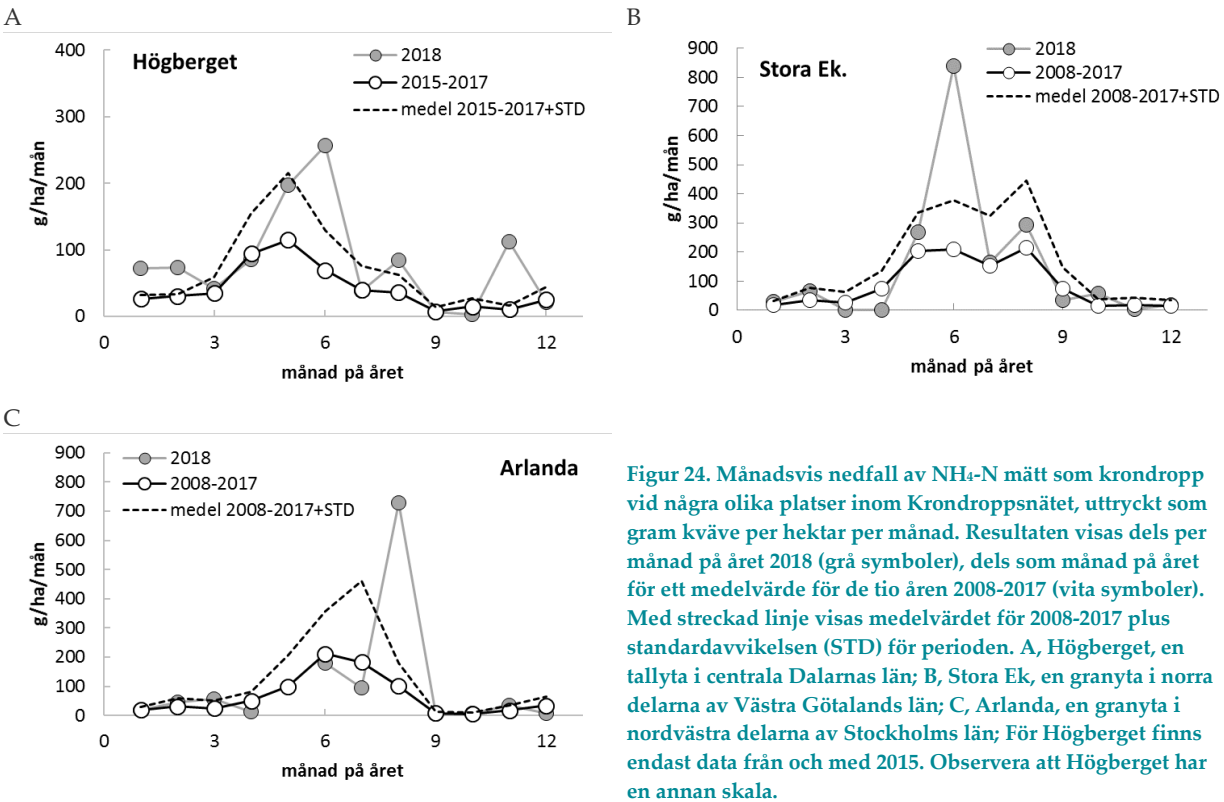
Påverkades nedfallet av bränderna?

Vid skogsbränder med ofullständig förbränning kan det bildas ammoniak, NH_3, som först uppträder som en gas. NH_3 har en hög depositionshastighet och transporteras därför inte långt. I luften kan dock NH_3 reagera med sura ämnen såsom sulfat, nitrat och klorid och bilda partikelbundet ammonium, NH_4, som kan transporteras långa sträckor (Karlsson m.fl., 2013). Partikelbundet NH_4 fångas effektivt upp av kronorna hos barrträd. Andra ämnen som också förekommer i luften vid bränder är kalium och kalcium samt fosfor.

Månadsvis nedfall av NH_4-N mätt som krondropp visas i Figur 24 för några olika platser inom Krondroppsnätet. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels per månad på året som ett medelvärde för de tio åren 2008-2017 (vita symboler). Vid en del mätplatser fanns det ett tydligt förhöjt nedfall av NH_4-N antingen under perioden maj-juni (Figur 24 A, B) eller under juli/augusti (Figur 24 C), medan det vid andra platser inte finns någon tydlig förhöjning av nedfallet.

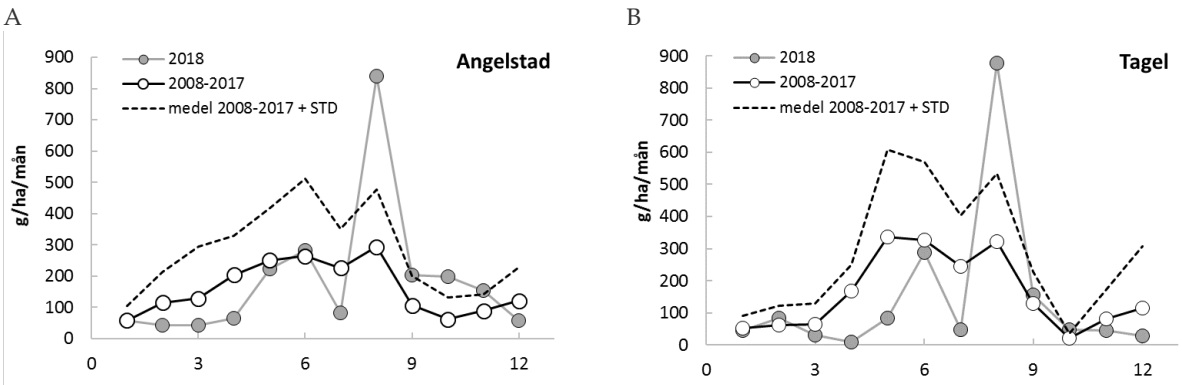
NH_4 kan dock även transporteras i luften mycket långa sträckor från andra länder. För att säkerställa att de förhöjda nedfallet av NH_4 som krondropp under sommarmånaderna 2018 som visas i Figur 24 verkligen kom från skogsbränderna krävs därför ytterligare analyser av den förorenade luftens ursprung, så kallade trajektorier.

Träden kan ta upp en viss andel av det kväve som deponeras direkt i trädkronorna, utan att det når provsamlarna för krondropp vid marken. Det betyder att det nedfall av NH_4 som vi analyserar här måste ha varit av en betydande storlek, så att det överskrider den kapacitet som träden har för ett direkt upptag av kväve till trädkronorna.



Figur 24. Månadsvis nedfall av NH_4-N mätt som krondropp vid några olika platser inom Krondroppsnätet, uttryckt som gram kväve per hektar per månad. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels som månad på året för ett medelvärde för de tio åren 2008-2017 (vita symboler). Med streckad linje visas medelvärdet för 2008-2017 plus standardavvikelsen (STD) för perioden. A, Högberget, en tallyta i centrala Dalarnas län; B, Stora Ek, en granyta i norra delarna av Västra Götalands län; C, Arlanda, en granyta i nordvästra delarna av Stockholms län; För Högberget finns endast data från och med 2015. Observera att Högberget har en annan skala.

Även vid två mätplatser med granskog i Kronobergs län, Angelstad och Tagel, fanns det tecken på ett förhöjt nedfall av NH_4-N augusti (Figur 25). Detta skulle kunna tyda på att även luftkvaliteten över Kronobergs län var påverkad av de många skogsbränderna runt om i södra delen av landet. Det skall dock framhållas att det inte kan uteslutas att det förhöjda nedfallet av NH_4-N vid Angelstad och Tagel under augusti 2018 kan ha ett annat ursprung än skogsbränderna. För att avgöra detta behöver man göra en detaljerad analys av ursprungen för de förorenade luftmassorna som passerade över Kronoberg, en så kallad trajektorieanalys.



Figur 25. Månadsvis nedfall av NH_4-N mätt som krondropp vid två mätplatser med granskog i Kronobergs län, Angelstad (A) och Tagel (B), uttryckt som gram kväve per hektar och månad. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels som månad på året för ett medelvärde för de tio åren 2008-2017 (vita symboler). Med streckad linje visas medelvärdet för 2008–2017 plus standardavvikelsen (STD) för perioden. I denna analys har inte tagits hänsyn till att krondroppsmätningarna flyttats kortare sträckor vid både Angelstad och Tagel.

4.3 Fördjupad utvärdering 2019

I januari 2019 publicerades Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019 (Naturvårdsverket, 2019b). Den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019 är en del i en systematisk och regelbunden uppföljning av miljöpolitiken och miljökvalitetsmålen. Den ska fungera som underlag för regeringens politik och prioriteringar. Data från Krondroppsnätet har utgjort en del av de underlagsdata som användes i den fördjupade utvärderingen 2019.

Krondroppsnätets data används för två miljömålsindikatorer, indikatorn ”Nedfall av svavel” och den nyutvecklade indikatorn ”Nedfall av kväve till barrskog”. Den förra ingår främst i miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* men används även för utvärdering av miljökvalitetsmålen *Levande skogar* och *Ett rikt växt- och djurliv*. Den senare ingår främst i miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning* men används även för utvärdering av miljökvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Myllrande våtmarker*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö.*

Markvattenkemiska data ingår inte i någon indikator i nuläget, men har liksom vid tidigare fördjupade utvärderingar använts för både utvärdering av *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. För försurningsmålet har nivåer och trender för ANC i markvatten illustrerats i en karta. För *Ingen övergödning* har situationen i Sverige vad gäller nitratkväve i markvattnet beskrivits, som ett mått på risken för ökad utlakning av kväve från skog.

4.4 Aktuell forskning/specialprojekt som berör Krondroppsnätet

4.4.1 Hur stor är depositionen av fosfor till Östersjön?

Med finansiering från Havs- och vattenmyndigheten och inom ramen för SMED-Vatten har forskare verksamma inom Krondroppsnätet inventerat kunskapsläget vad gäller deposition av fosfor (P) till havsområden och andra vattenytor, med en särskild inriktning på Östersjön, (Karlsson & Pihl Karlsson, 2018).

De viktigaste källorna till förekomsten av fosfor i luften är markpartiklar, marina aerosoler, primära biologiska partiklar, aska från vulkaner, partiklar från biomassabränder, förbränning av olja och kol, och utsläpp från fosfatfabriker. Små aerosoler som bildas vid skogs- och gräsbränder kan ha en särskilt hög halt av fosfor. Inom HELCOM använder man för närvarande ett konstant årligt värde över hela Östersjön för nedfallet av totalt fosfor av 5 kg fosfor per km^2. Detta värde baseras främst på mätningar av bulkdepositionen av fosfor inom de olika medlemsländerna. En sammanställning av tillgängliga svenska mätningar, från den svenska miljöövervakningen inklusive Krondroppsnätet, vid platser inom 50 km från kustlinjen vid Östersjön och Kattegatt under åren 2013–2017, visar på en deposition med nederbörden till öppet fält vid dessa platsen på mellan 11,9 och 25,6 kg fosfor per km^2 och år. Dessa resultat, tillsammans med liknande resultat från andra länder, visar på att nuvarande värde som används inom HELCOM för det årliga nedfallet av fosfor till Östersjön, 5 kg fosfor per km^2, sannolikt är för lågt satt.

Rapporten finns tillgänglig på SMED-Vattens hemsida: http://www.smed.se/vatten.

Högt nedfall av svavel och kväve på hög höjd i norra Sverige

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet sammanställt, beskrivit och analyserat mätningar av lufthalter och deposition av olika försurande och gödande ämnen på hög höjd i norra Sverige. Med hög höjd avses mätningar vid trädgränsen och uppåt. Mätningarna påbörjades vid vissa platser redan under hösten 1994, och totalt har mätningar bedrivits vid 14 platser. Idag återstår mätningar på hög höjd endast vid två platser i Jämtlands län.

Mätningarna visade att belastningen vad gäller nedfall av svavel och kväve ökar med ökad höjd över havet. Nedfallet av svavel och kväve är högre på kalfjället på mycket hög höjd jämfört med områden på lägre höjd vid trädgränsen. Det finns inte några stora skillnader i nedfall mellan Jämtlandsfjällen och de nordliga fjällen i Västerbotten och Norrbotten. Mätningar av lufthalter på hög höjd i norra Sverige har starkt bidragit till att påvisa tillfälliga passager av starkt förorenad luft över norra Sverige, till exempel av starkt förorenade luft från storskaliga bränder i Ryssland och av svavelhaltig luft från vulkanutbrott på Island.

Rapporten Karlsson m.fl. 2019 finns att ladda ner på IVL:s hemsida.

Vetenskapliga artiklar 2018

Under 2018 har ett flertal artiklar med anknytning till Krondroppsnätet publicerats.

- **Yu m.fl., (2018**) har använt data från Klintaskogen för att utveckla ForSAFE-modellen genom att lägga till fosforcykeln, vilket kan förbättra modelleringsresultaten framför allt i skogsområden med hög kvävebelastning, där fosfor kan begränsa tillväxten.
- **Karlsson m.fl. (2018b),** visade på hög nitratkväveutlakning följt av minskning av pH och ANC i markvattnet vid en krondroppsyta, Klippan utanför Göteborg, efter att ett angrepp av granbarkborre dödat granarna, där de flesta träden dock stod kvar upprätta.
- **Johnson m.fl. (2018),** analyserade förändringar av markvattenkemin under perioden 1996–2012 i 171 skogar från 10 europeiska länder. Resultaten visade på en kraftig minskning av sulfathalten i mark-vattnet som kunde relateras till emissionsminskningarna i Europa under samma period.

4.5 På gång – aktuella projekt och utvärderingar

4.5.1 Delar av Naturvårdsverkets verksamhet inom programområde Luft utvärderas igen

Som tidigare rapporterats har Naturvårdsverket aviserat att delar av Programområde Luft (PO Luft) kommer att utredas i god tid innan nästkommande programperiod. Utvärderingen syftar till att hitta förslag på effektivisering/samordning av verksamheterna Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN), EMEP, Krondroppsnätet och MATCH-modellering. Modelleringens möjligheter och begränsningar kommer då att belysas. Under programperioden planeras även att bland annat se över möjligheterna att samordna nationella mätningar med annan övervakning.

Naturvårdsverket har utsett två internationella utredare, Christopher Evans och Alan Radbourne från ”Centre for Ecology and Hydrology” i Bangor, Wales, UK. Christopher Evans och Alan Radbourne har under april 2019 bland annat träffat Krondroppsnätets projektledningsteam som ett led i utredningen.

4.5.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel

Under hösten 2019 kommer en specialrapport inom Krondroppsnätet. Planen är att rapporten ska innehålla länsvisa tidsserier för totalt svavel- respektive oorganiskt kvävenedfall för kalenderåren 2001–2018.

4.5.3 Andelen torrdeposition till provtagningsutrustning för nederbörd undersöks

Försöket ”Rör Under Tak” (RUT) med mätningar av torrdepositionen till mätutrustningen på öppet fält fortsätter. Mätningarna påbörjades sommaren 2017 vid de 10 platser som idag har en strängprovtagare. Mätningen under tak jämförs med den vanliga WoF-provtagaren på öppet fält, som är ny sedan 2013, för att få ett mått på torrdepositionsandelen. Syftet med projektet är att minska osäkerheterna i uppskattningarna av våtdepositionen baserat på nederbördsmätningarna för en mängd parametrar. Krondroppsnätet har nu fått finansiering från Naturvårdsverket för ytterligare mätningar fram till och med september 2019. Projektet är ursprungligen planerat att pågå under tre år fram till 2020.

4.5.4 Kväveutlakning till ytvatten efter avverkning?

Med finansiering från Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelsen i Västra Götaland bedrivs utökade mätningar av mark-, grund- och bäckvatten inom ett 7 ha stort avrinningsområde vid Krondroppsytan Storskogen, mellan Alingsås och Borås, Figur 26. Referensmätningar har bedrivits under fyra år inför en avverkning av större delen av avrinningsområdet som ägde rum i juni 2018. Fortsatta mätningar visar på en tydlig ökning av halterna av nitrat i mark-, grund- och bäckvatten, med start ungefär ett halvår efter avverkningen. Med nuvarande finansiering kommer mätningarna att fortsätta under ytterligare drygt ett år. Målet är att kvantifiera storleken på det ökade läckaget av kväve ut ur avrinningsområdet efter avverkning.

Figur 26. Fotografier av området vid Krondroppsytan Storskogen, före och efter avverkning. Foto: Per Erik Karlsson.

5 Tack

Vi vill uttrycka ett varmt tack till samtliga provtagare inom Krondroppsnätet 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 Krondroppsnätets 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

Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P.E., Bennet, C., Granat, L., Kronnäs, V., von Brömssen, C., Engardt, M., Akselsson, C., Simpson, D., Hellsten, S. & Svensson, A. 2013. Trender i kvävenedfall över Sverige 1955-2011. IVL Report B2119.

Havs- och vattenmyndigheten, 2019. Ingen övergödning. Fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålen 2019. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:1

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 luftkvalitén i Sverige av SO_2-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014-2015. IVL Rapport C 234.

Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Tømmervik, Lars R. Hole, Gunilla Pihl Karlsson, Tuija Ruoho-Airola, Wenche Aas, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Teis Nørgaard Mikkelsen, and Bengt Nihlgård. 2013. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. Environmental Pollution, 176, 71–79.

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., 2018. Deposition av fosfor till Östersjön - Kunskapsläge och möjligheter till löpande mätningar. SMED Rapport Nr 18, 2018

Karlsson, P.E., Ferm, M., Pihl Karlsson G., och Hellsten, S. 2019. Halter och deposition av luftföroreningar på hög höjd i norra Sverige. IVL Rapport C392.

Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2018. Regional årlig uppföljning av miljökvalitetsmålen år 2018 i Kronobergs län. November 2018.

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.

Naturvårdsverket, 2015. Mål i sikte. Analys och bedömning av de 16 miljökvalitetsmålen i fördjupad utvärdering. Volym 1. Naturvårdsverket rapport 6662.

Naturvårdsverket, 2019a. Bara naturlig försurning – underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019, Naturvårdsverket rapport 6860.

Naturvårdsverket, 2019b. Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019. Med förslag till regeringen av myndigheter i samverkan. Arkitektkopia AB, Bromma.

Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., 2011. Reduced European Emissions of S And N – Effects On Air Concentrations, Deposition And Soil Water Chemistry In Swedish Forests. Environmental Pollution 159: 3571-3582.

Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., 2018. Tillståndet i skogsmiljön i Kronobergs län. Resultat från Krondroppsnätet till och med 2016/17. IVL Rapport C 307.

SOU 2019:7. Skogsbränderna sommaren 2018. Betänkande av 2018 års skogsbrandsutredning.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M.,Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M.J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T.A. och Reyer, C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. Nature Climate Change 7: 395-402.

Tamm, C.O., 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. Ecological Studies 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.

Websida:

CEIP, 2019. Emissionsdata är hämtade från: http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/

Bilaga 1. Mätplatserna i Kronobergs län

Fotograf: Per Erik Karlsson

Inom Krondroppsnätet bedrivs mätningar vid fyra mätplatser i Kronobergs län (Tabell B1.1).

Tabell B1.1. Aktiva mätplatser i Kronobergs län 2017/18.

Mätplats	Dominerande trädslag	Öppet fält	Kron-dropp	Mark-vatten
Fälleshult (G 18)*	Gran		X	X
Attsjö (G 21)	Tall		X	X
Tagel (G 22)	Gran	X	X	X
Angelstad (G 23)	Gran		X	X

*Ytan startade upp i november 2017 och således redovisas inga resultat från mätningarna i den här rapporten.

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Elis Bengtsson.

På IVL har Paula Andersson skött kontakter med provtagare medan främst Louise Björnberg, Camilla Hållinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Paula Andersson, Sari Honkala 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.

Mätplatser som ingår i denna rapportering för Kronobergs län. Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

Angelstad (G 23)
Yta sydost om Bolmen med 78-årig granskog. På samma sätt som för Attsjö och Tagel startade mätning av deposition och markvatten i maj 1996. Krondroppsytan vid Angelstad skadades av stormarna Gudrun och Per. Dessutom uppstod nya stormfällen vid ett antal tillfällen följande år. Krondroppsytan flyttades därför något hundratal meter åt sydost i mitten av oktober 2013.

Attsjö (G 21)
Yta med 98-årig tallskog två mil öster om Växjö. Beståndet ligger i ett plant område. Precis som i Angelstad och Tagel startade mätningarna i maj 1996.

Tagel (G 22)
Yta i 93-årig granskog nordväst om Alvesta. Depositions- och markvattenmätningarna startade 1996. Mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, men återupptogs i januari 2004. Krondropps- och markvattenmätningarna flyttades hösten 2007, på grund av barkborreangrepp som uppkom efter stormen Gudrun. Den nya ytan ligger ca 800 m sydost om den gamla ytan i en granskog med ungefär samma ålder som den gamla.

Fälleshult (G 18B)
En nystartad granyta i västra delen av länet, ca 10 km väster om Strömsnäsbruk. Ytan ligger några hundra meter väster om den en gammal krondroppsyta som var aktiv mellan 1999 och 2008, då den avverkades efter stormskador. Den nya ytan startade upp i november 2017 och mätningarna påbörjades i december 2017. På ytan växer ca 35-40 år gammal granskog, med inslag av några få tallar. Ytan är småkuperad och relativt fuktig. En första jämförelse av mätresultat från det hydrologiska året 2017/18 tyder på att det samlade sura nedfallet i krondropp (omräknat från pH) vid den nya ytan Fälleshult var lägre än vid Angelstad och Attsjö, men högre än vid Tagel.

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