



Nr C 413  
Juni 2019



## Försurning och övergödning i Skåne län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2017/18

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



I samarbete med: Lunds universitet



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

**Medel från:** Skånes Luftvårdsförbund

**Fotograf framsida:** Louise Karlsson

**Rapportnummer** C 413

**ISBN** 978-91-7883-065-7

**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](http://www.ivl.se)

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

# Förord

På uppdrag av Skånes Luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Skåne inom Krondroppsnätet.

Skåne län har varit medlem i Krondroppsnätet under 30 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2017/18 i Skåne. 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 Skåne. 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 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur? .....	6
2 Kväve och övergödning.....	9
2.1 Utsläppen av kväve minskar – men minskar lufthalterna? .....	10
2.2 Minskar nedfallet av kväve? .....	13
2.3 Tar skogen upp allt kväve? .....	16
2.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används mätningarna av kväve i nedfall och markvatten bäst? .....	18
3 Försurning – fortfarande ett problem? .....	19
3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare? .....	20
3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska? .....	21
3.3 Hur går återhämtningen från försurningen? .....	24
3.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används de försurningsrelaterade mätningarna bäst? .....	27
4 Aktuellt & notiser.....	29
4.1 Sommarens torka .....	30
4.2 Sommarens bränder .....	31
4.3 Fördjupad utvärdering 2019.....	32
4.4 Aktuell forskning/specialprojekt som berör Krondroppsnetet .....	33
4.4.1 Hur stor är depositionen av fosfor till Östersjön?.....	33
4.4.2 Högt nedfall av svavel och kväve på hög höjd i norra Sverige .....	33
4.5 Vetenskapliga artiklar 2018.....	33
4.6 På gång – aktuella projekt och utvärderingar .....	34
4.6.1 Delar av Naturvårdsverkets verksamhet inom programområde Luft utvärderas igen.....	34
4.6.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel .....	34
4.6.3 Andelen torrdeposition till provtagningsutrustning för nederbörd undersöks.....	34
4.6.4 Kväveutlakning till ytvatten efter avverkning? .....	35
5 Tack.....	35
6 Referenser.....	35
Bilaga 1. Mätplatserna i Skåne län.....	37

## Sammanfattning

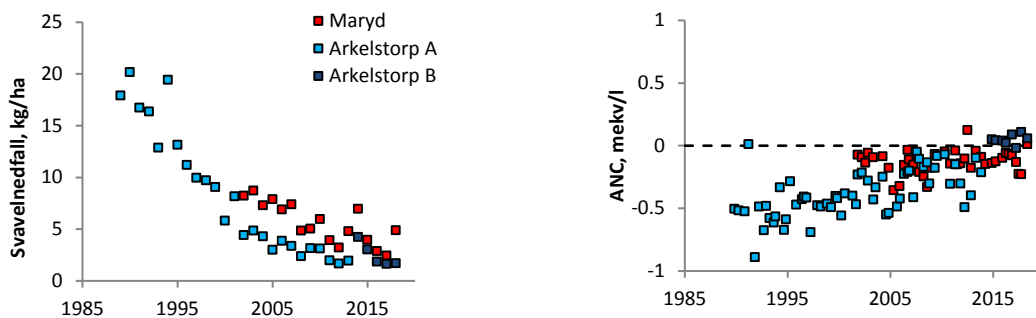
I Skåne län påbörjades mätningarna inom Krondroppsnetet 1989. Under det hydrologiska året 2017/18 gjordes mätningar vid fyra platser i granskog i länet.

### Lågt svavelnedfall men långsam återhämtning från försurning

Lufthalterna av SO<sub>2</sub> har sedan 2001 minskat på ett statistiskt säkerställt vis vid två mätplatser i Skåne med mellan 53 och 63 %.

Nedfallet av svavel har minskat de senaste decennierna i hela Sverige, och kraftigast har minskningen varit i sydväst. I Arkelstorp, i norra delen av länet, har nedfallet av svavel (exklusive havssaltsbidrag) minskat från omkring 20 kg per hektar det hydrologiska året 1989/90 till mindre än 2 kg per hektar under 2017/18. Vid de två mätplatserna längre söderut var nedfallet under det senaste året 4,9 respektive 5,5 kg per hektar. Historiskt sett har svavelbelastningen i Skåne varit bland de högsta i landet, med ett nedfall på upp mot 30 kg per hektar och år vid vissa platser i länet i slutet av 1980-talet.

Högt försurande nedfall under många år återspeglas i surt markvatten utan buffringskapacitet och låga pH-värden. Både pH och ANC ökade signifikant vid den gamla ytan vid Arkelstorp (A) under 1989–2013, fram till att ytan avverkades. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) i markvattnet är fortfarande tydligt negativ på mätplatserna i länet, förutom i den nya ytan vid Arkelstorp (B) där ANC oftast varit över 0. Trots en tydlig minskning av svavelnedfallet finns inga statistiskt säkerställda förändringar av ANC i markvattnet vid Maryd, som har tillräckligt lång mätserie (16 år) för att analysera trender. 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.



Svavelnedfall som krondropp (till vänster) och syraneutraliserande förmåga (ANC) i markvattnet (till höger) vid en nordlig mätplats i länet (Arkelstorp), samt vid Maryd längre söderut. För att det skall finnas en syraneutraliserande förmåga ska ANC vara positivt.

### Mycket kväve i markerna ger höga markvattenhalter vid störningar

Lufthalterna av NO<sub>2</sub> har sedan 2001 minskat med mellan 22 och 36 % vid två mätplatser i Skåne.

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till skog i Skåne har beräknats till mellan 8 och 20 kg per hektar för det hydrologiska året 2017/18. Kvävenedfallet har, i södra delarna av Skåne, tidigare överskridit 20 kg kväve per hektar och år, vilket klart överskrider den kritiska belastningsgräns som har satts för granskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. Kvävenedfallet med nederbörden på öppet fält har minskat signifikant, både vid Västra Torup/Hissmossa i norra delen av länet och vid Klintaskogen/Stenshult i söder. Däremot har det beräknade totala nedfallet till barrskog vid Västra Torup/Hissmossa inte minskat på ett statistiskt säkerställt sätt (2001–2018). För Stenshult är mätperioden för kort för att utvärdera motsvarande trend.

2017/18 var halten nitratkväve i markvattnet kraftigt förhöjd vid två mätplatser i länet, vilket tyder på att skogsmarken innehåller mycket kväve som ibland läcker ut i markvattnet. Den högsta halten, 5,9 mg per liter, uppmättes vid Stenshult, medan nitralthalterna vid Hissmossa var 4,5 mg per liter. Detta innebär en risk för kväveutlakning till sjöar och vattendrag, och därmed en negativ påverkan på möjligheten att uppnå miljömålet *Ingen övergödning*. Om kvävet inte tas upp av skogsekosystemet, utan i stället läcker ut från markprofilen i form av nitratkväve, bidrar det även till försurning av markvatten och potentiellt även av ytvatten. Att skogen är vital och fortsätter ta upp kväve är alltså viktigt inte bara för att uppfylla miljökvalitetsmålen *Levande skogar*, *Begränsad klimatpåverkan* och *Ingen övergödning*, utan även för *Bara naturlig försurning*.



# 1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?



Fotograf: Gunilla Pihl Karlsson

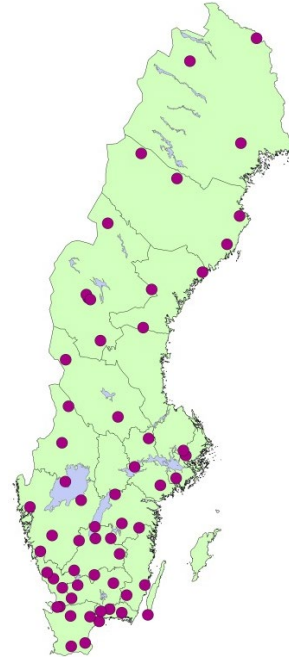


Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2017/18 mätningar vid 59 provytor i skog och på öppet fält fördelade över hela landet. Här mäts lufthalter, våtdeposition, torrdeposition, krondropp och markvattenkemi. Ett stort antal ämnen och parametrar analyseras, däribland svavel- och kväveföreningar, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningsproblematiken.

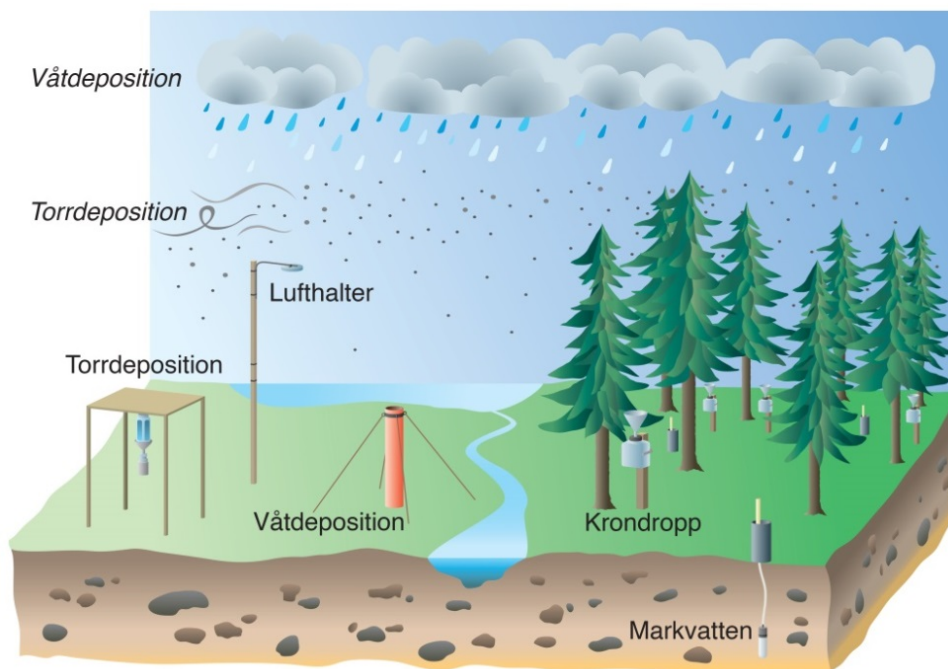
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat. Som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige, 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 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 Krondroppsnetet 2017/18.



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

### Mätningar i skogen

Under trädkronorna i skogen mäts krondropp, 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: krondropsprovtagare



markvattenutrustning

### Mätningar på öppet fält

Våtdeposition av flera olika ämnen mäts med nederbördsprovtagare på öppet fält, där även torrdeposition mäts med hjälp av strängprovtagare. Likaså mäts lufthalterna av svaveldioxid, 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 nederbörden, vilket kallas våtdeposition. En annan del sker genom att gaser och partiklar "fastnar" i trädkronorna, vilket kallas torrdeposition. Det som avsatts som torrdeposition 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 trädkronorna. Detta gör att krondropsmätningarna 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 torrdepositionen.

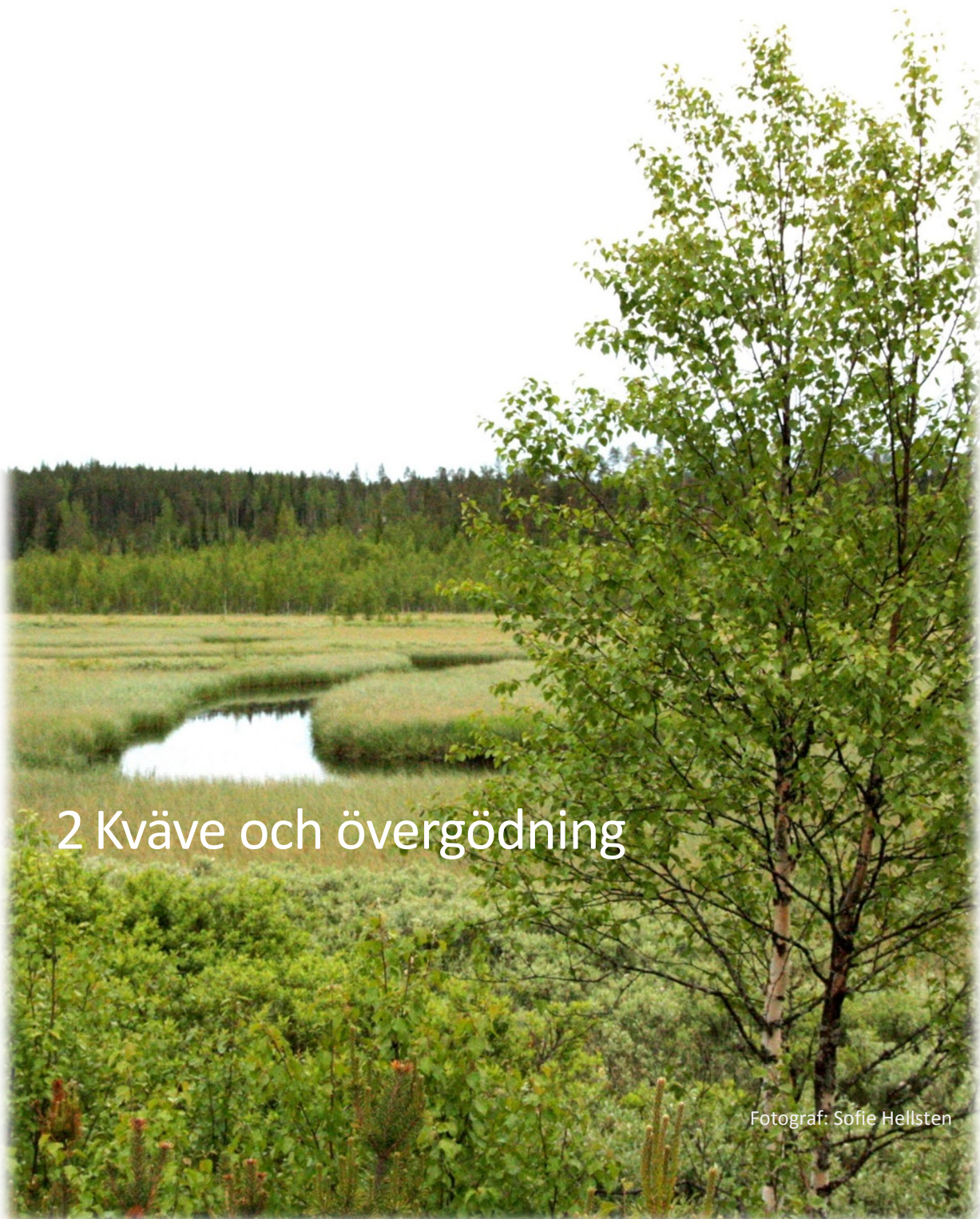


Foto: strängprovtagare

Data från Krondroppsnätet är fritt tillgängliga från Krondroppsnätets webbplats:

<http://www.krondroppsnatet.ivl.se/>. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.





## 2 Kväve och övergödning

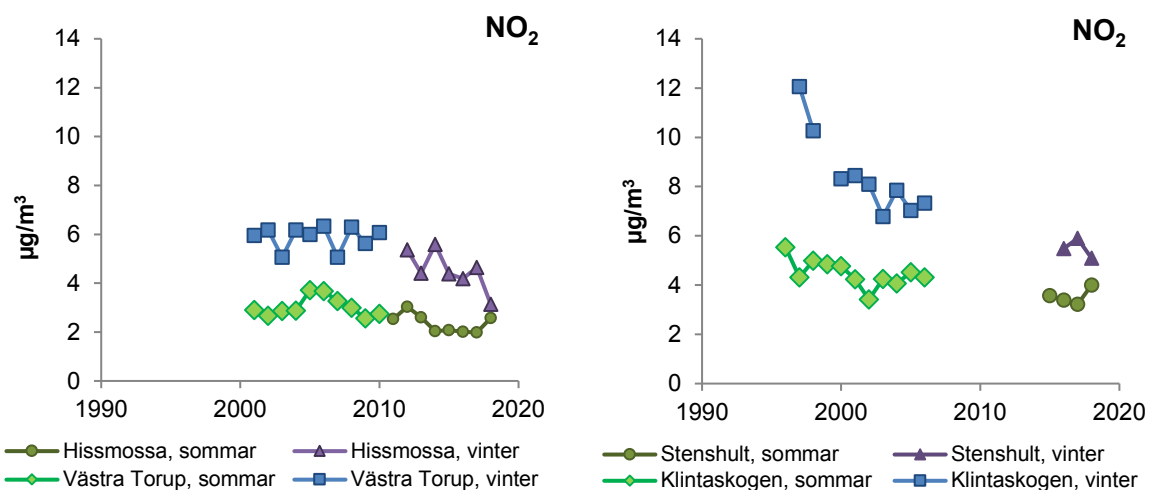
Fotograf: Sofie Hellsten

Kvävenedfallet kan påverka både markvegetation och vattenkvalitet. Utsläpp av kväveoxider (NO<sub>x</sub>), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH<sub>3</sub>), 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 Utsläppen av kväve minskar – men minskar lufthalterna?

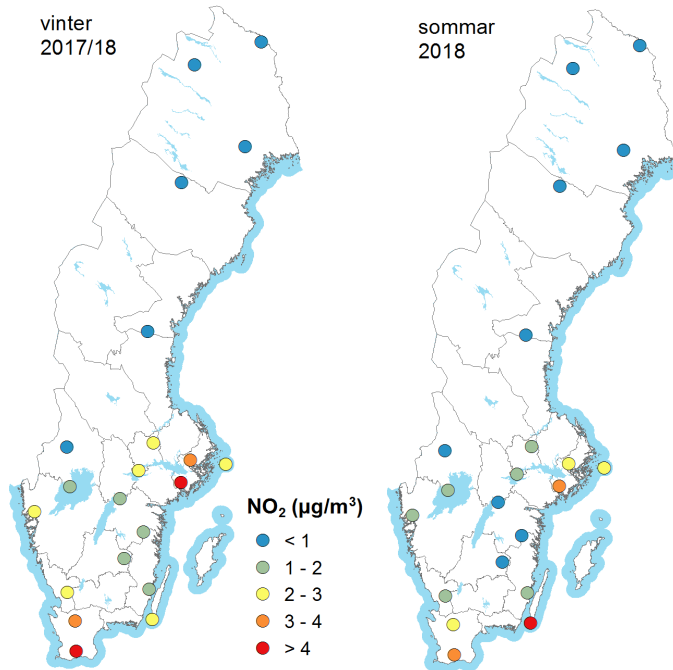
Lufthalterna av olika kväveformer kan ge en första indikation på om kvävebelastningen förändras. I Skåne län finns värdefulla, långa tidsserier av lufthalter av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) och ammoniak (NH<sub>3</sub>) på månadsbasis, Figur 3. Mätningarna av ammoniak avslutades dock i mars 2018 varför vi för ammoniak endast redovisar vinterhalvsmedelvärdet i Sverigekartan i Figur 5. Vid Västra Torup påbörjades mätningarna av lufthalter 2001, men mätutrustningen flyttades 2010 till den närliggande platsen Hissmossa i samband med att krondroppsytan flyttades på grund av avverkning av skogen. Platsernas karaktär är likartad, vilket gör att lufthalterna är jämförbara, men flytten av mätutrustningen måste beaktas när tidsserien analyseras. Vid Klintaskogen påbörjades mätningarna 1996, men avslutades efter 2006. Mätningarna på den nya ytan i Stenshult, som ligger drygt 1 mil från Klintaskogen, påbörjades först 2015.

Lufthalterna av NO<sub>2</sub> har minskat på ett statistiskt säkerställt vis, både under sommar- och vinterhalvåret, med 33 respektive 31 % vid Västra Torup/Hissmossa och 33 respektive 43 % vid Klintaskogen/Stenshult. Under perioden 2001–2018 har årsmedelhalterna av NO<sub>2</sub>, baserat på kalenderår, vid Västra Torup/Hissmossa minskat med 36 % och vid Klintaskogen/Stenshult var minskningen 22 % under respektive tidsperiod. De rapporterade utsläppen av NO<sub>x</sub> (som NO<sub>2</sub>) från EU-28 har under perioden 2001–2016 minskat med 43 % och från Sverige under motsvarande period med 38 % (CEIP, 2019). Lufthalterna av NO<sub>2</sub> i Skåne län har således minskat i lägre takt jämfört med minskningen av de rapporterade utsläppen av NO<sub>x</sub> från Europa. Detta kan bero på att lufthalterna i Skåne även påverkas av luftutsläpp från fartygstrafiken på Östersjön samt andra lokala utsläpp i regionen.



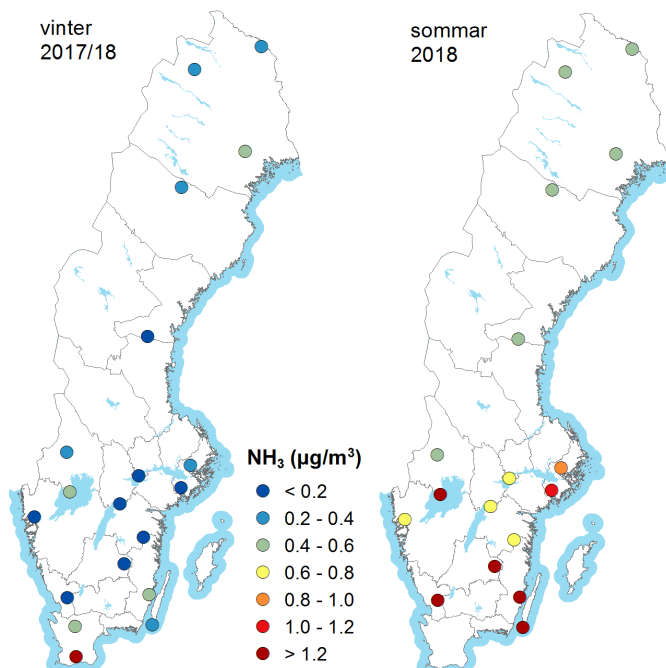
Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Västra Torup/Hissmossa sedan 2001, samt vid Klintaskogen/Stenshult sedan 1996. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. NO<sub>2</sub>-halterna minskade signifikant sedan mätstarten under både sommar- och vinterhalvår vid båda mätplatserna.

I Figur 4 visas kvävedioxidhalterna under vintern 2017/18 (oktober – mars) och sommaren 2018 (april – september) vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern uppmättes högst halter av NO<sub>2</sub> 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 kvävedioxid under sommartid var mönstret över landet likartat, men uppmätta halter var och är generellt lägre under sommaren.



Figur 4. Lufthalter av kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

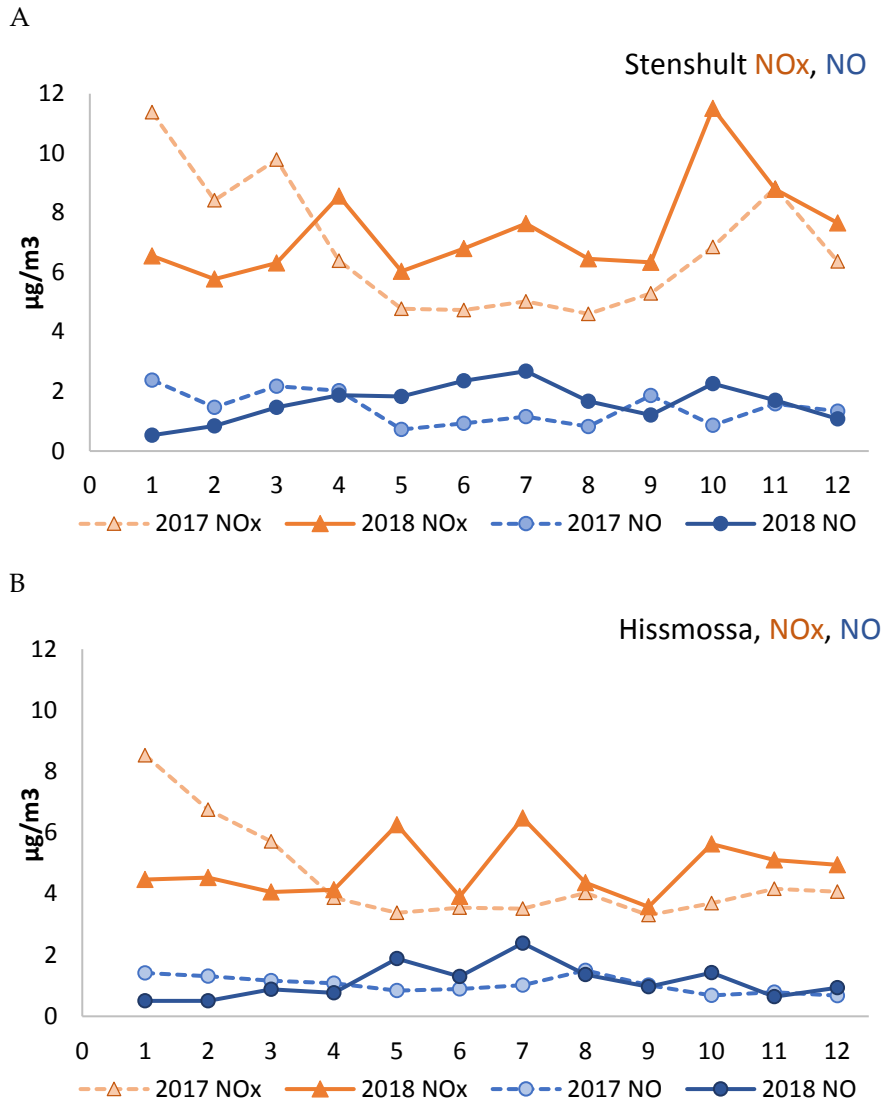
I Figur 5 visas halterna av ammoniak under vintern 2017/18 (oktober – mars) och sommaren 2018 (april – september) vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) deponeras ofta relativt nära utsläppskällan på grund av att den har en hög depositionshastighet. NH<sub>3</sub> förekommer därför sällan med höga halter i luften. Högst halter uppmättes sommaren 2018 i södra Götaland och sydöstra Svealand. Mätningarna i Skåne avslutades i mars 2018. Under vintern 2017/18 uppmättes högst ammoniakhalter vid Stenshult på Romeleåsen i Skåne. Under vintern 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 5. Lufthalter av ammoniak (NH<sub>3</sub>) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.



Sedan 2017 mäts även NO<sub>x</sub> och NO vid Stenshult och Hissmossa. I Figur 6 syns att NO<sub>x</sub>-halterna vid både Stenshult och Hissmossa var högre under april till december 2018 jämfört med motsvarande period 2017. Även NO-halterna 2018 var högre än 2017 under maj till augusti samt oktober vid Stenshult och under maj, juli och oktober vid Hissmossa, Figur 6. Under januari till mars 2018 var både NO<sub>x</sub>- och NO-halterna lägre jämfört med motsvarande period 2017.



Figur 6. Lufthalter av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och kväveoxid (NO) som månadsvärden vid Hissmossa och Stenshult 2017 och 2018. NO<sub>x</sub> är summan av NO och NO<sub>2</sub> och redovisas som om allt vore NO<sub>2</sub>. På x-axeln visas månad på året.

Som kalenderårsmedelvärde var NO<sub>x</sub>-halterna vid de båda mätplatserna högre 2018 jämfört med 2017, något som även gällde NO-halterna, Tabell 1.

Tabell 1. Kalenderårsmedelvärden för NO<sub>x</sub>- och NO-halter under 2017 respektive 2018 vid Stenshult och Hissmossa. NO<sub>x</sub> är summan av NO och NO<sub>2</sub> och redovisas som om allt vore NO<sub>2</sub>

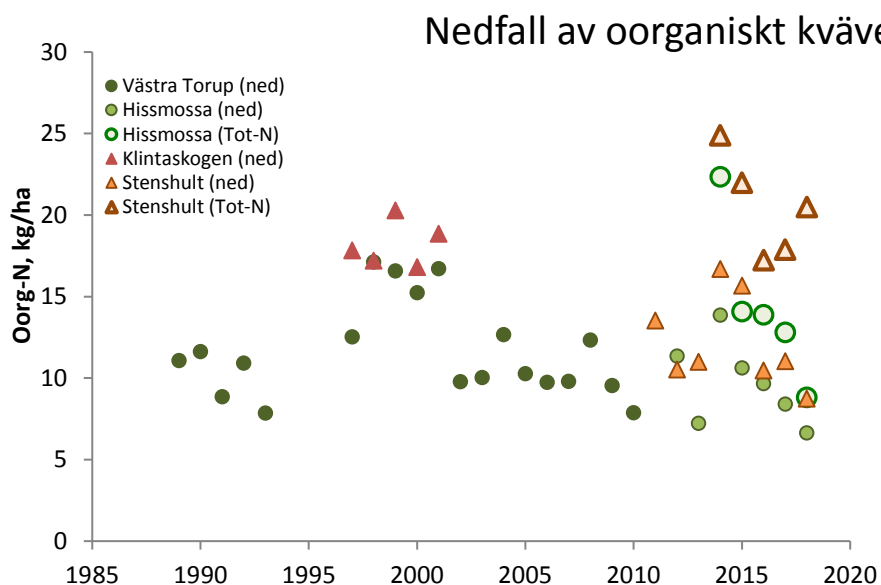
NO <sub>x</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Hissmossa	Stenshult	NO, µg/m <sup>3</sup>	Hissmossa	Stenshult
2017	4.5	6.9	2017	1.0	1.4
2018	4.8	7.4	2018	1.1	1.6

## 2.2 Minskar nedfallet av kväve?

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden i Skåne, vilket huvudsakligen motsvarar våtdepositionen, har under mätperioden varierat mellan 7 och 17 kg per hektar och år, Figur 7. Vid Klintaskogen har kvävenedfallet med nederbörden varit ännu högre, över 20 kg N per hektar och år. Under det hydrologiska året 2017/18 uppmättes ett nedfall på 7–9 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält. Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden har minskat signifikant vid båda mätplatserna, med 26 % vid Västra Torup/ Hissmossa och 45 % vid Klintaskogen/Stenshult.

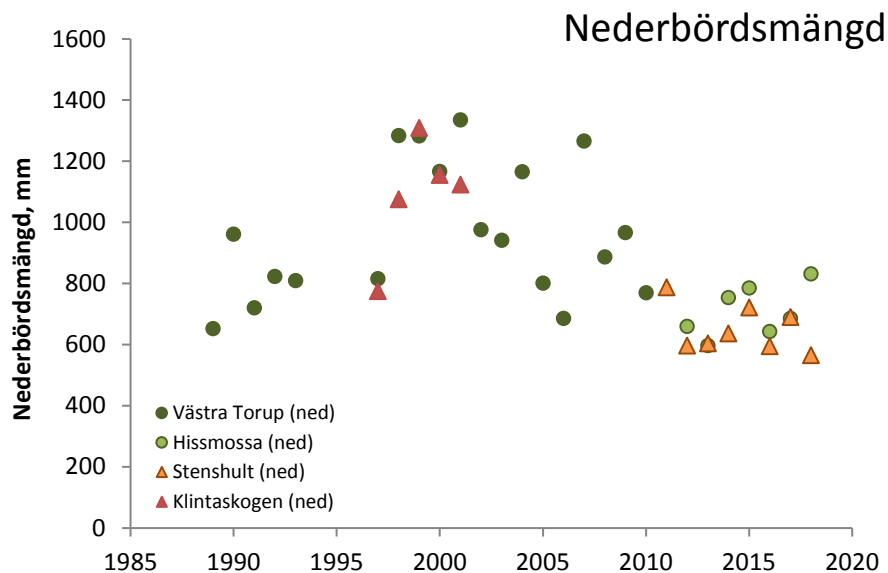
De rapporterade utsläppen av kväveoxider har minskat med 48 % från EU-28 respektive 46 % från Sverige under 20-årsperioden 1997–2016, och ammoniak har minskat med 17 % från EU-28 respektive 15 % från Sverige under motsvarande tidsperiod (CEIP, 2019). Tidigare har det varit svårt att med mätningar visa att kvävenedfallet i Sverige har minskat i motsvarande grad som de rapporterade utsläppen av kväve (t.ex. Hansen m.fl., 2013), vilket kan ha flera olika förklaringar. Nederbördsmängderna påverkar storleken på kvävenedfallet och variationer i nederbörden kan därför förklara en del av tidsutvecklingen i kvävenedfall. 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 totaldepositionen av kväve till skog, på grund av den internrecirkulering av kväve som sker i trädskronorna (Kapitel 1). De senaste årens relativt låga kvävenedfall har dock medfört att ett minskat kvävenedfall över Sverige har kunnat säkerställas statistiskt för vissa mätplatser och större områden. I en ny artikel (Ferm m.fl., 2019) har alla förekommande mätningar av våtdepositionen av kväve sedan 1955 analyserats. I denna artikel analyserade man trender för perioden 1990–2016, och man kunde då statistiskt säkerställa en nedgång i våtdepositionen av  $\text{NO}_3$  för Sverige som helhet, men inte för  $\text{NH}_4$ .

Vid Hissmossa och Stenshult finns all den mätutrustning som krävs för att uppskatta det totala nedfallet av kväve till skog, vilket inkluderar nedfall med nederbörden till öppet fält, krondropp samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare. Det totala kvävenedfallet till barrskog under 2017/18 beräknades till 8,8 kg/ha vid Hissmossa och 20,5 kg/ha vid Stenshult. Detta är avsevärt högre jämfört med nedfallet enbart i nederbörden på öppet fält (Figur 7). Torrdepositionen vid Hissmossa har beräknats till 2,2 kg/ha under 2017/18, men vid Stenshult beräknades torrdepositionen till 11,8 kg/ha, vilket är högre än våtdepositionen. Resultaten från beräkningarna av det totala nedfallet av kväve till skog, baserat på mätningarna med strängprovtagare, redovisas för hydrologiskt år endast från och med 2014. Före 2014 finns beräkningar endast för kalenderår (Karlsson m.fl., 2018a).



Figur 7. Årligt nedfall av oorganiskt kväve vid Västra Torup, Hissmossa, Klintaskogen och Stenshult, baserat på hydrologiskt år. Dels visas kvävenedfallet med nederbörden på öppet fält för alla tillgängliga mätår och dels visas det totala oorganiska kvävenedfallet (torr- och våtdeposition) för de hydrologiska åren 2013/14–2017/18 vid Hissmossa och Stenshult.

Nedfallet av kväve varierar mellan olika år och mätplatser, till viss del beroende på variation i nederbörds-  
mängder. Nederbörds-  
mängderna har tidigare varit höga vid Västra Torup (>1000 mm per år), vilket gjorde att  
nedfallet med nederbörden utgjorde en större andel av det totala nedfallet av kväve, jämfört med många  
andra platser i Skåne. Vid Hissmossa och Stenshult har de årliga nederbörds-  
mängderna i regel varit lägre än  
800 mm sedan mätstarten. Under det hydrologiska året 2017/18 var nederbörden vid Stenshult 570 mm, vilket  
är den lägsta noteringen hittills, Figur 8. Samtidigt noterades vid Hissmossa den högsta nederbörden sedan  
mätstarten, 830 mm. Vid Klintaskogen/Stenshult har nederbörden minskat med 50 % sedan mätstarten 1996.  
Vid Västra Torup/Hissmossa finns ingen statistiskt säkerställd förändring av nederbörds-  
mängden.

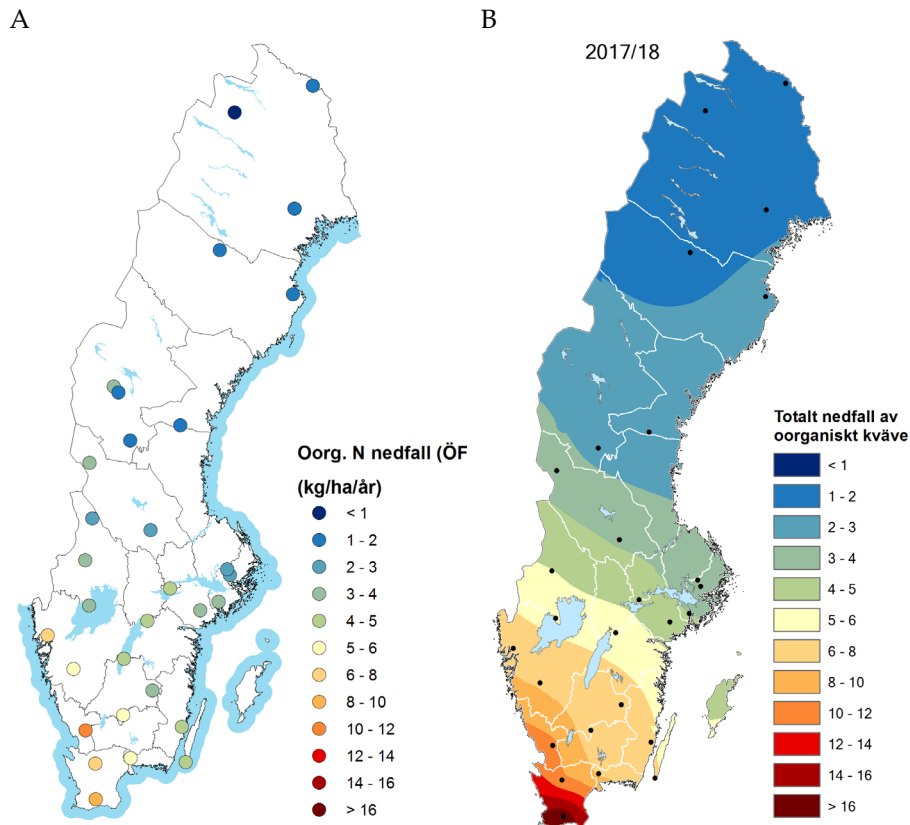


Figur 8. Uppmätta neder-  
börds-  
mängder vid Västra  
Torup, Hissmossa,  
Klintaskogen och  
Stenshult.

I Figur 9 visas en karta över det uppmätta kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält respektive en  
geografiskt interpolerad karta över det beräknade totala nedfallet av kväve till barrskog under 2017/18 för  
hela landet. Det beräknade geografiskt interpolerade årliga totala kvävenedfallet över Skåne varierade under  
året mellan 8 kg/ha i de nordöstra delarna av länet och 20 kg/ha i söder. Den kritiska belastningen för över-  
gödande kväve till gran- och tallskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds i hela  
Skåne län under 2017/18, Figur 9, och har gjort så under lång tid. Mätresultat från alla tidigare mätningar vid  
olika platser i Skåne visades i föregående års Krondropps-  
nätetsrapport för Skåne (Pihl Karlsson m.fl., 2018).

Totaldepositionen av oorganiskt kväve 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 9B, vilket är betydligt högre än nedfallet  
med nederbörden på öppet fält, Figur 9A. Den stora betydelsen av torrdepositionen av kväve framgår tydligt,  
framför allt i södra Sverige. Totaldepositionen överskred den kritiska belastningen för övergödande kväve i  
hela Götaland och södra halvan av Värmland under det hydrologiska året 2017/18.

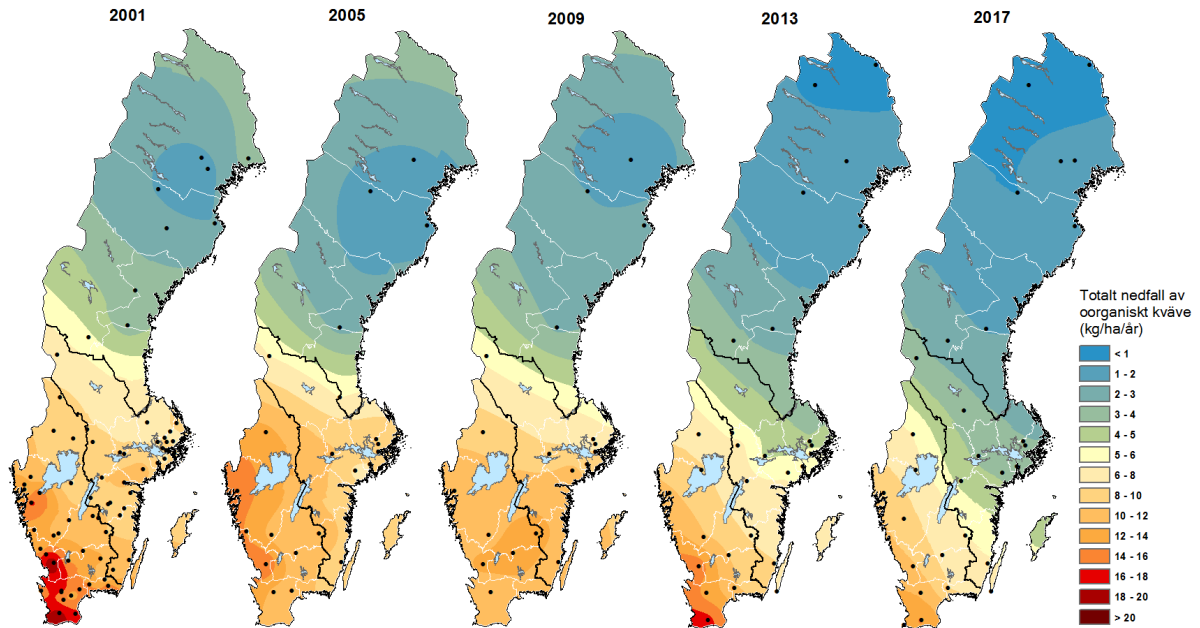




**Figur 9. Nedfall av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) under det hydrologiska året 2017/18. A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. En geografiskt interpolerad karta över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall 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.**

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 10 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 minskade signifikant under perioden 2001–2017, med 26 % (<http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>).

Det beräknade totala kvävenedfallet vid Västra Torup/Hissmossa har sedan 2001 på kalenderår varierat mellan 9 kg per hektar och 22 kg per hektar och år. Inga mätningar med strängprovtagare har genomförts vid Klintaskogen varför inga detaljerade beräkningar av det totala kvävenedfallet gjorts där. Vid Stenshult har det totala kvävenedfallet endast beräknats från 2011 och sedan dess har kvävenedfallet varierat mellan 15 kg per hektar och 28 kg per hektar och år. Under åren 2008–2013 mättes inte torrdepositionen med strängprovtagare vid någon plats i landet utan torrdepositionen har för denna period interpolerats, med linjär interpolation, för att producera de kartor som visas i Figur 9. En trendanalys baserat på resultaten från mätningarna och beräkningarna av det totala kvävenedfallet till barrskog som gjorts vid Västra Torup/Hissmossa för kalenderåren 2001–2007 och 2014–2018 visar ännu inte på någon statistisk säkerställd nedgång. Inte heller om man använder beräknade data för hela tidsperioden mellan 2001 – 2018 erhålls någon statistiskt signifikant minskning för det totala kvävenedfallet vid Västra Torup/Hissmossa. Detta kan bero på att kvävenedfallet till skogarna i Skåne påverkas av luftutsläpp från fartygstrafiken på Östersjön samt andra lokala utsläpp i regionen vilka möjligen inte minskat lika mycket som kväveutsläppen från Sverige och Europa som helhet. Det kvävenedfall som kan beräknas utifrån mätningarna med strängprovtagare resulterar i avsevärt högre värden, jämfört med mätningar av nedfallet på öppet fält, men utgör sannolikt fortfarande en underskattning eftersom metoden huvudsakligen inkluderar torrdepositionen av partikelbundet kväve med inte torrdepositionen av gasformiga kväveformer.



Figur 10. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>) 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.

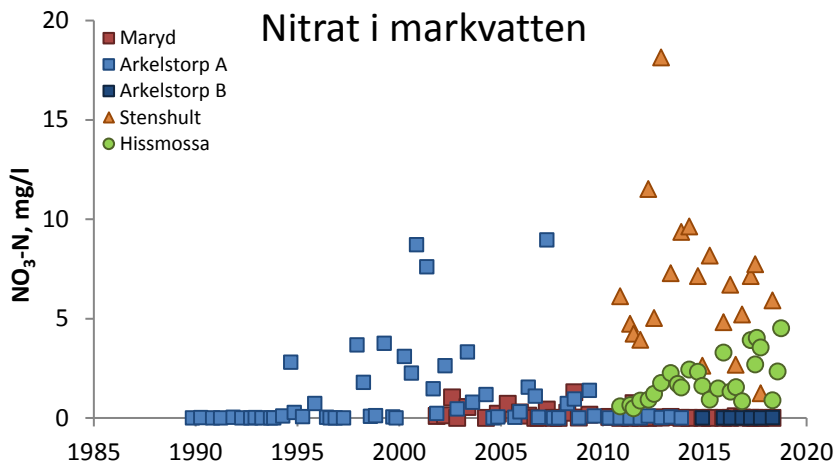
## 2.3 Tar skogen upp allt kväve?

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

Det torra vädret under sommarhalvåret 2018 medförde att det endast var vid Hissmossa som det gick att provta markvattnet vid alla tre provtagningsstillfällena under året. Vid övriga platser gick det endast att provta under våren 2018 men inte under sommar och höst.

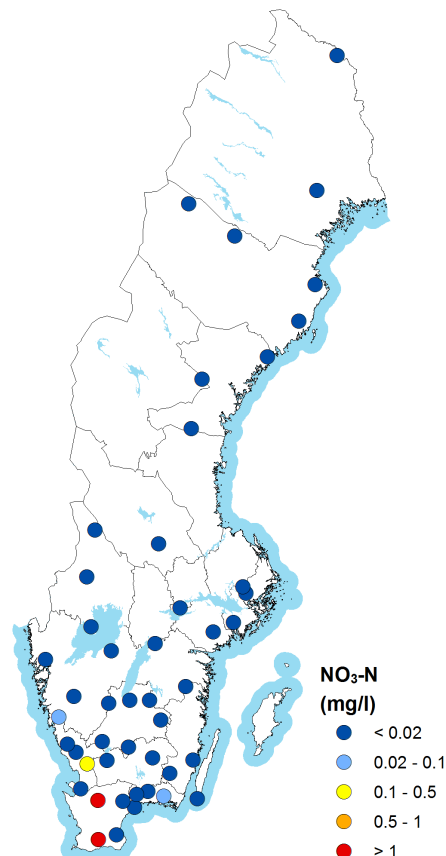
Två av de fyra mätplatserna i länet, Stenshult och Hissmossa, uppvisar i dagsläget kraftigt förhöjda halter av nitrat i markvattnet. Stenshult är den mätplats som har uppvisat högst halter, upp till 18 mg/l, se Figur 11. Vid Hissmossa har nitralthalterna i markvattnet ökat signifikant sedan mätstarten, och under 2018 uppmättes den högsta halten sedan mätstarten, 4,5 mg per liter. I Stenshult var halten under 2018 5,9 mg per liter. Dessa höga halter visar att det finns mer kväve i marken än vad träd och mikroorganismer behöver. Vid de övriga två mätplatserna i länet, Maryd och Arkelstorp, uppmättes mycket låga halter 2018, under eller nära detektionsgränsen. Vid Arkelstorp (A-ytan) har dock halterna tidigare varit höga, 9,0 mg/l som mest, vilket troligtvis är en effekt av gallring som utförts i ytan.

Sammantaget visar mätningarna i Skåne att många års kväveackumulering i skogarna i länet har lett till att kväveutlakning har varit vanligt förekommande under respektive mätperiod, speciellt i bördiga skogar, samt i skogar som drabbats av störningar.



Figur 11. 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 visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2016–2018) generellt har varit låga i hela Sverige under denna tidsperiod, med undantag av Hissmossa och Stenshult, där medianen var 2,7 och 5,9 mg per liter, vilket innebär en kraftig förhöjning, Figur 12. För de andra två ytorna med växande skog i Skåne (Maryd och Arkelstorp) var medianvärdet under detektionsgränsen, precis som på merparten av mätplatserna i Sverige.



Figur 12. Koncentrationen av nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) 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 föroreningar tillsammans med långdistanstransporterade föroreningar ligger inom ramen för vad som kan anses som acceptabelt.

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 Krondropps nätet beräknas från och med 2018 totalt nedfall av oorganiskt kväve 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.

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 (Länsstyrelsen Skåne, 2018). Mätningar från Krondropps nätet 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 Krondropps nätet 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 Skåne var nitratkvävehalterna i markvattnet höga vid två av de fyra mätplatserna under det hydrologiska året 2017/18, vilket tyder på att det finns mer kväve i marken än vad träd och mikroorganismer behöver. De periodvis höga halterna vid Arkelstorp tidigare under mätserien visar att kväveomsättningen i marken är mycket känslig för störningar.



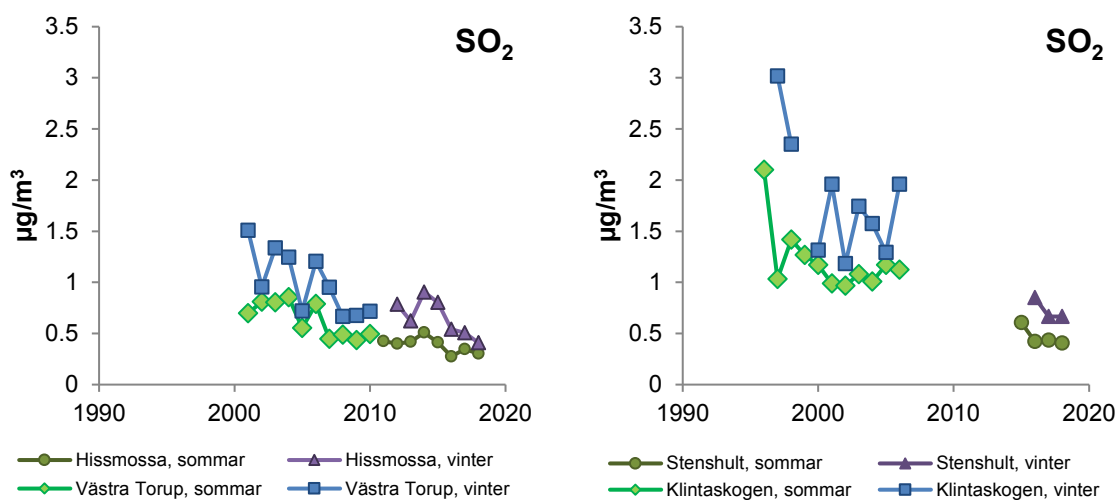
### 3 Försurning – fortfarande ett problem?

Fotograf: Cecilia Akselsson

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 svavel ( $\text{SO}_x$ ) 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, till exempel kadmium och bly, blir mer lätttrörliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

### 3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare?

Liksom för kvävedioxid finns det långa, värdefulla tidsserier för mätningar av lufthalter av svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) på månadsbasis inom länet, Figur 13. Lufthalterna av  $\text{SO}_2$  har minskat på ett statistiskt säkerställt vis vid Västra Torup/Hissmossa, både under sommar- (april till september) och vinterhalvåret (oktober till mars), med 58 respektive 61 % sedan 2001. Vid Klintaskogen/Stenshult har svaveldioxidhalterna sedan 1996 minskat under sommarhalvåret med 65 % och sedan 1997 under vinterhalvåret med 70 %. Under kalenderårsperioden 2001 till 2018 har de årliga lufthalterna av  $\text{SO}_2$  vid Västra Torup/Hissmossa minskat med 63 %, och motsvarande minskning vid Klintaskogen/Stenshult var 53 %. Som jämförelse har de rapporterade utsläppen av oxiderat svavel från EU-28 under perioden 2001–2016 minskat med 79 % och från Sverige under motsvarande period med 60 % (CEIP, 2019). Lufthalterna av  $\text{SO}_2$  i Skåne län har således minskat i lägre takt jämfört med minskningen av de rapporterade utsläppen av  $\text{SO}_2$  från Europa. Detta kan bero på att lufthalterna av  $\text{SO}_2$  i Skåne även påverkas av luftutsläpp från fartygstrafiken på Östersjön samt andra lokala utsläpp i regionen.

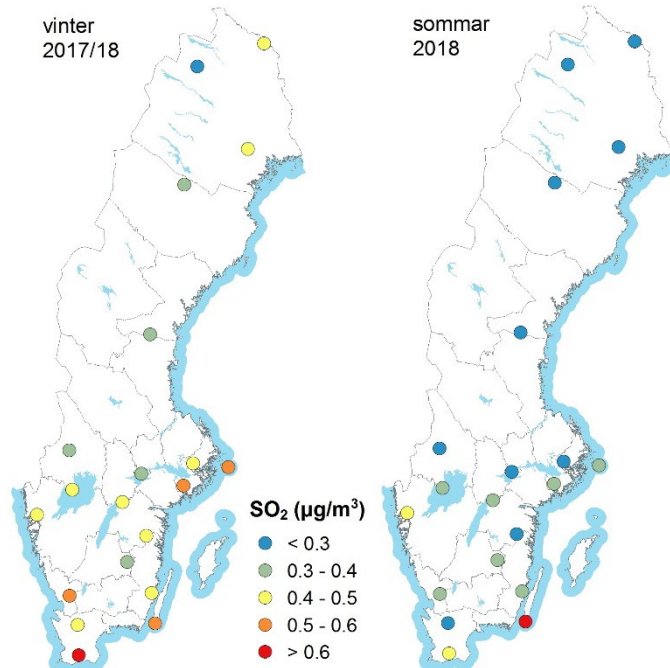


Figur 13. Lufthalter av svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår för Västra Torup/Hissmossa sedan 2001, och Klintaskogen/Stenshult sedan 1996. Det finns en signifikant minskning av lufthalterna vid Västra Torup/Hissmossa både sommar och vinter sedan 2001 och vid Klintaskogen/Stenshult sedan 1996 under sommarhalvåret och sedan 1997 under vinterhalvåret.

Lufthalterna av  $\text{SO}_2$  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 svårt att direkt utvärdera de kombinerade effekterna av dessa händelser. Möjligen skulle en statistisk analys av månadsvisa lufthalter i relation till väderförhållanden och vindriktning, minskade utsläpp från övriga källor m.m. kunna reda ut i vilken mån sänkta svavelhalter i fartygsbränsle bidragit till att minska lufthalterna av  $\text{SO}_2$  i Skåne län.



I Figur 14 visas svaveldioxidhalterna under vintern 2017/18 och sommaren 2018 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern 2017/18 uppmättes högst SO<sub>2</sub>-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, och de högsta halterna uppmättes vid Ottenby på södra Öland, troligen orsakat av fartygstrafiken i området.



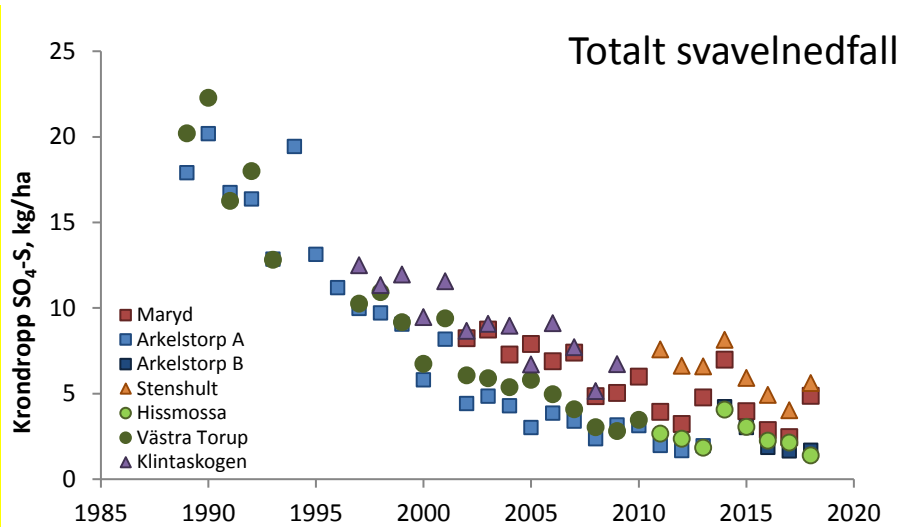
Figur 14. Lufthalter av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) som medelvärden för sommarrespektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige

## 3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?

Svavelnedfallet via krondropp ger ett bra mått på det totala svavelnedfallet till skog. Svavelnedfallet till skogen i Skåne har minskat kraftigt och minskningen är statistiskt säkerställd för samtliga nu aktiva skogsytor i länet. Svavelnedfallet 2017/18 varierade mellan 1,4 kg per hektar vid Hissmossa i norra delen och 5,6 kg per hektar vid Stenshult i södra delen av länet.

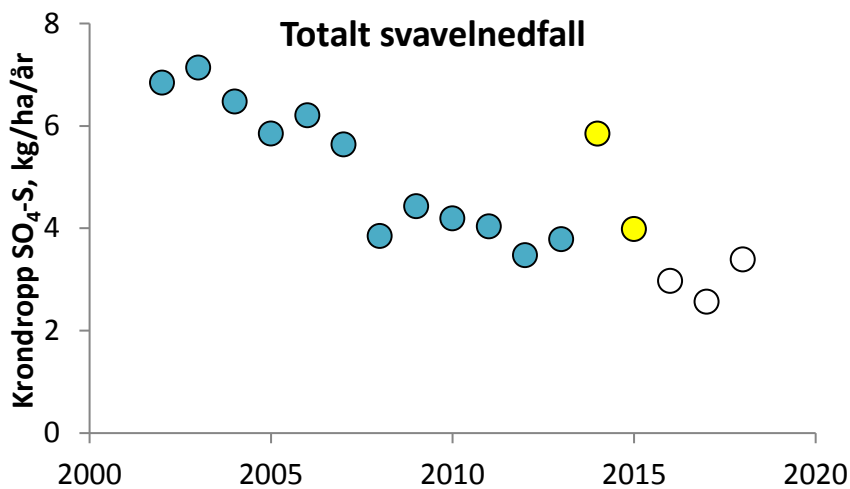
Vid Arkelstorp och Västra Torup/Hissmossa finns de längsta aktiva mätserierna i länet, 30 år. Där har svavelnedfallet utan havssaltsbidrag minskat från omkring 20 kg per hektar till 1–2 kg per hektar sedan mätstarten 1988/89, Figur 15. Vid Klintaskogen/Stenshult har svavelnedfallet minskat med 60 % sedan mätstarten 1996/97 och vid Maryd där mätningarna började 2001/02 har svavelnedfallet minskat med 70 %. Om man bara ser till 2000-talet (1999/00–2017/18) har svavelnedfallet vid de skånska mätplatserna minskat med mellan 49 och 81 %. Detta kan jämföras med att under kalenderårsperioden 2000–2016 har emissionerna av SO<sub>x</sub>, mätt som SO<sub>2</sub>, från EU-28 minskat med 79 % och från Sverige med 61 % (CEIP, 2019).





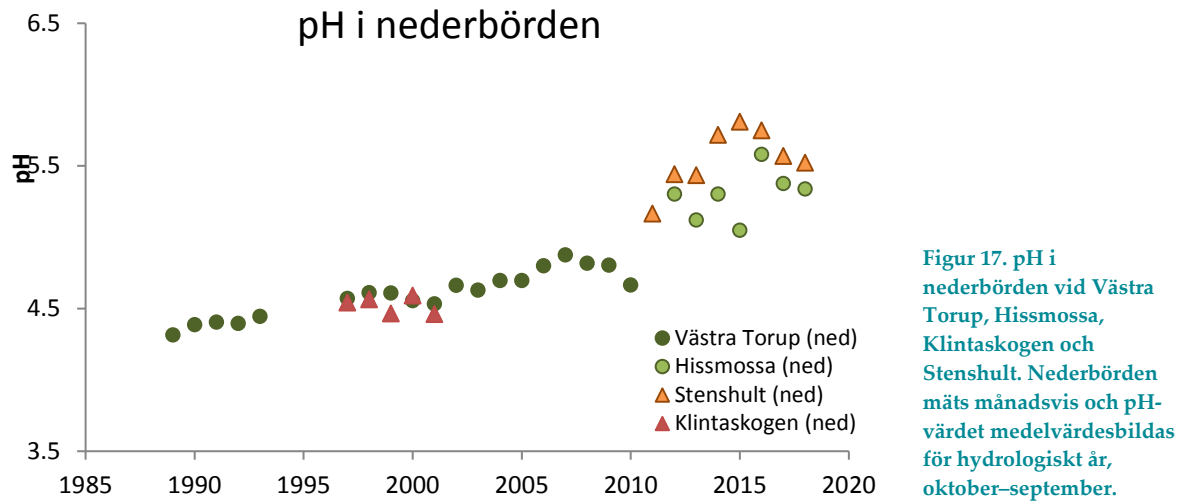
Figur 15. Årligt nedfall av svavel till Maryd, Arkelstorp, Stenshult, Hissmossa, Västra Torup och Klintaskogen i Skåne län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober–september. Mätningarna vid Arkelstorp flyttades en kortare sträcka 2013, vilket indikeras med olika symboler för Arkelstorp A och B. Mätningarna vid Hissmossa ersatte Västra Torup och Stenshult ersatte Klintaskogen

Som nämnts ovan sänktes den 1 januari 2015 gränsen för högsta tillåtna svavelhalt i fartygsbränsle, från 1,0 till 0,1 % svavel. Dessförinnan sänktes gränsen från 1,5 till 1,0 % år 2010. För att analysera om svavelnedfallet till skogarna i Skåne minskat som ett resultat av dessa begränsningar har årliga data med kontinuerliga mätserier under perioden 2001/02–2017/18 för nedfall av svavel som krondropp analyserats för fyra platser i Skåne, Maryd, Arkelstorp A/B, Klintaskogen/Stenshult och Västra Torup/Hissmossa, Figur 16. Hänsyn har inte tagits till att mätplatserna flyttats kortare sträckor. Medelvärdet för de fyra platserna under perioden 2001/02–2012/13 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). Medelvärdena 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 sedan 2001/02, Figur 16, som medelvärde för de fyra platserna. Mätvärdena för åren 2015/16–2017/18 ligger i stort sett i linje med tidigare minskning och svavelnedfallet förefaller därför fortsätta att minska i ungefär samma takt som tidigare. Det finns därför i denna analys inga tydliga tecken på att minskat svavelinnehåll i fartygsbränsle direkt har påverkat svavelnedfallet till skog i Skåne. Det är dock svårt att avgöra om minskningen av svavelnedfallet hade fortsatt som ett linjärt förlopp, även utan sänkningar av svavelinnehållet i fartygsbränsle.

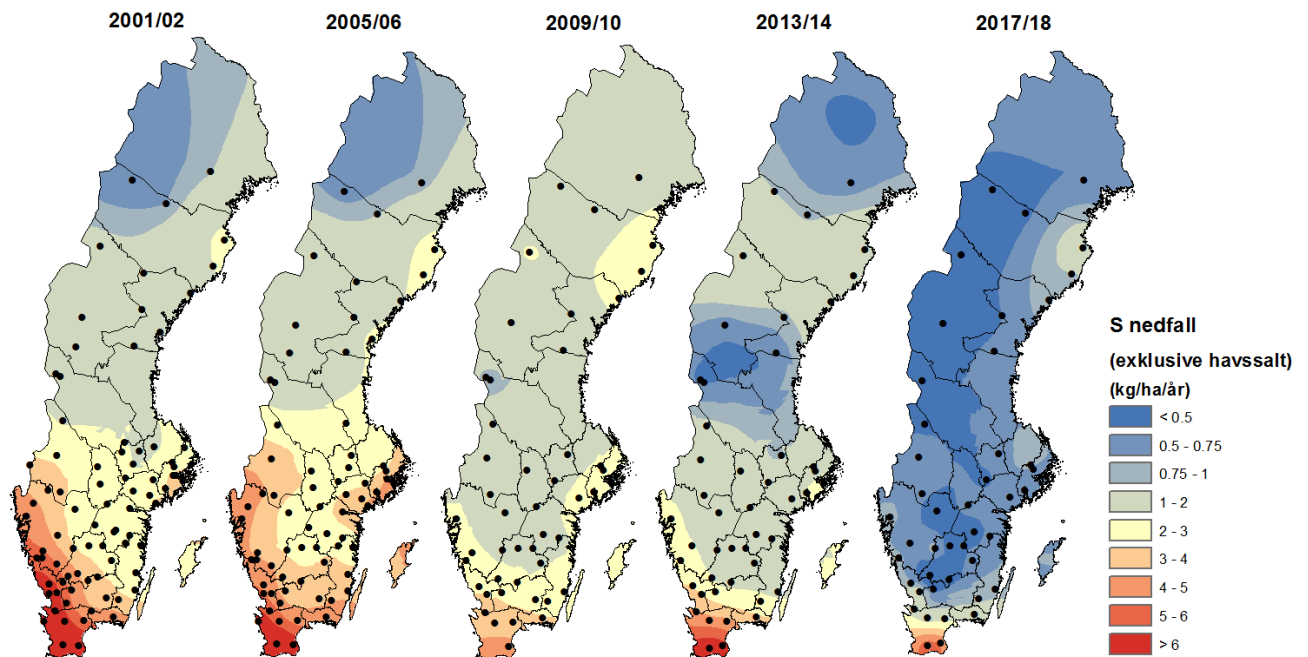


Figur 16. Årliga medelvärden för nedfall av svavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ) mätt som krondropp för fyra platser i Skåne, Maryd, Arkelstorp A/B, Klintaskogen/Stenshult och Västra Torup/Hissmossa, under 1996/97–2017/18. Mätningarna 1996/97–2012/13 är markerade med blå symboler. Dessa mätningar utgör 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. Hänsyn har inte tagits till att mätplatserna flyttats kortare sträckor.

Främst som en följd av ett minskat svavelinnehåll har nederbördens pH vid Västra Torup/Hissmossa ökat från omkring 4,4 till omkring 5,5 mellan 1989/90 och 2017/18 (Figur 17). Försurningsbelastningen via nederbörden har därför minskat.



Nedfallet av svavel till granskog i Sverige visas i Figur 18 för vart fjärde år sedan 2001/02. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet har varit i sydvästra Sverige, inklusive Skåne. Skillnaderna har dock minskat med åren och under 2017/18 hade norra Skåne en svavelbelastning jämförbar med vissa belastade områden längs Norrlandskusten. I kartan ser man även de förhöjda svavelhalterna på grund av vulkanutbrottet på Island under 2013/14.



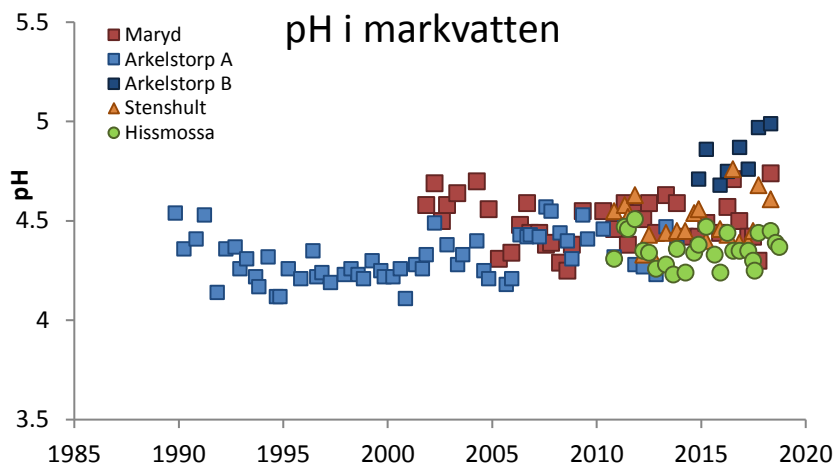
**Figur 18. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2001/02–2017/18 i krondroppet vid mätstationerna (grandominerade) inom Krondroppsnetet i Sverige. Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.**

### 3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?

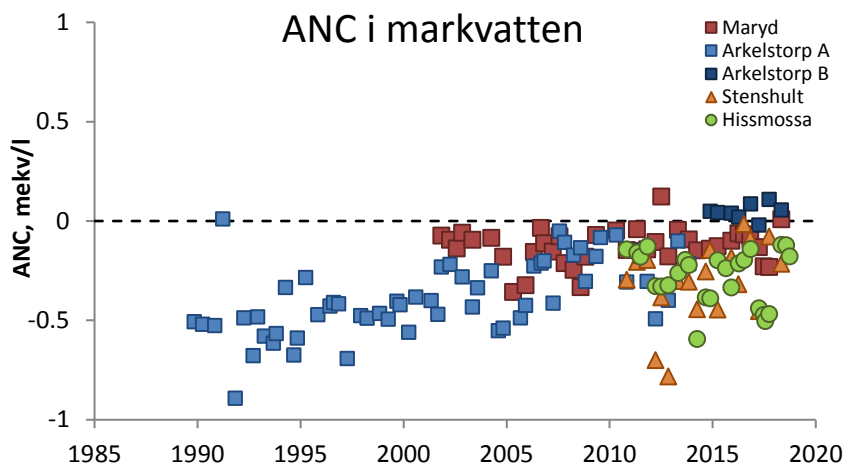
Markvattnets försurningsstatus vid Krondroppsnetets mätplatser beror till stor del på nuvarande och historiskt nedfall av svavel på platsen i kombination med markens buffringsförmåga. På vissa platser, och under vissa perioder, kan dock även annat ha stor påverkan: överskott av kväve som inte tas upp av vegetationen, havssalt nedfall 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). Skåne tillhör den del i sydväst som har tagit emot mest nedfall av svavel och kväve, och är därmed ett av de mest försurningsdrabbade länen. Närheten till havet gör även att havssaltsepisoder har stor påverkan på markvattnets försurningsstatus.

Liksom tidigare år hade markvattnet vid mätplatserna i Skåne län under 2018 generellt låga värden av pH, lågt ANC (syraneutraliserande förmåga) och förhöjda halter av oorganiskt aluminium, Figur 19–21. Markvattnets pH var 5,0 i Arkelstorp och i de övriga ytorna var pH-värdet under 5, 4,4–4,5 i Hissmossa, 4,6 i Stenshult och 4,7 i Maryd, Figur 19. På grund av torkan kunde markvatten under sommaren och hösten 2018 provtas enbart vid Hissmossa, medan det vid de övriga tre mätplatserna endast fanns tillräckligt med vatten för provtagning under våren.

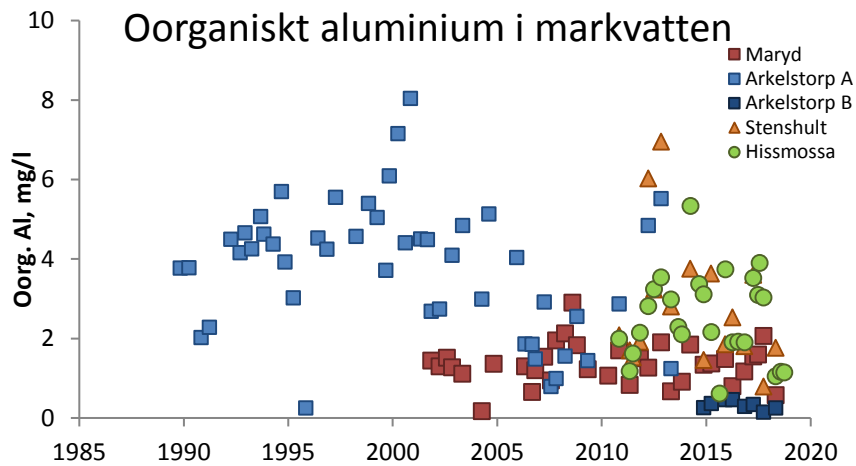
Markvattnets ANC var negativt vid Hissmossa och Stenshult, vilket innebär att avrinnande vatten från rotzonen inte har någon syraneutraliserande förmåga, Figur 20. Vid Maryd och Arkelstorp var ANC strax över noll. Mest negativt, omkring -0,2 mekv/l, var ANC i Stenshult. Det var även denna mätplats som hade högst halter av oorganiskt aluminium, 1,8 mg per liter, Figur 21.



Figur 19. 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.

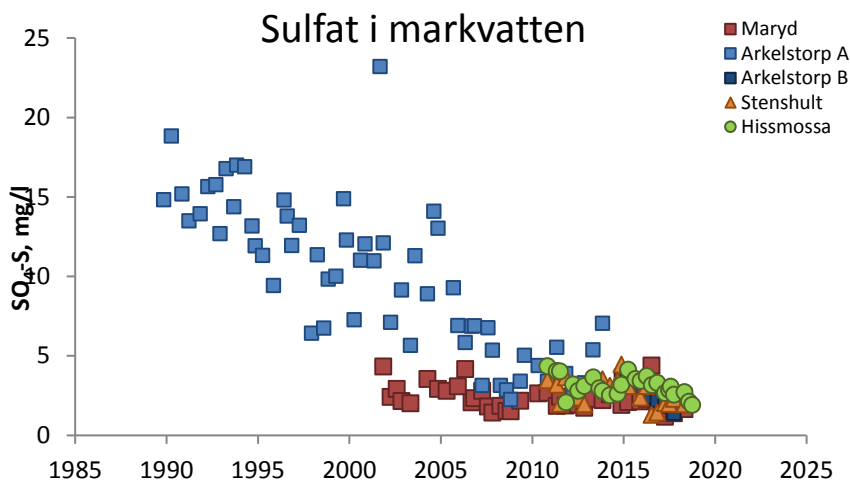


Figur 20. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



Figur 21. 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.

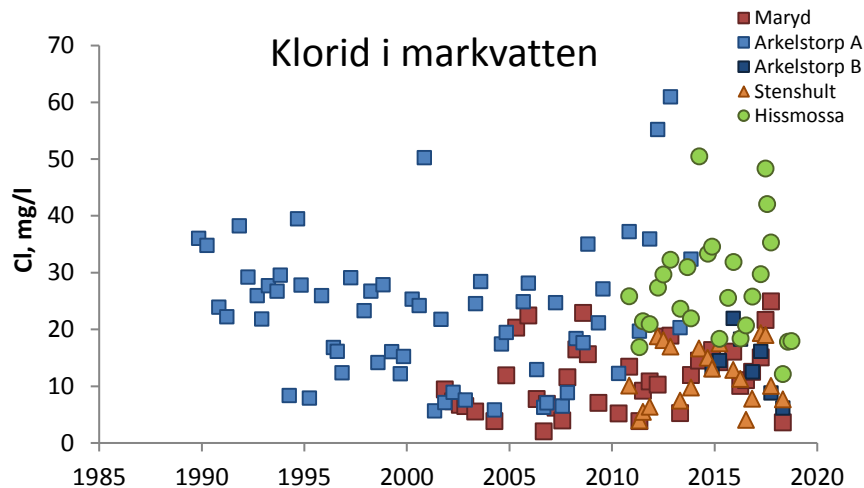
För att förstå de långsiktiga förändringarna vad gäller markvattnets försurningsstatus är tidstrender för svavel-, klorid- och nitratkvävehalter i markvattnet en bra utgångspunkt, som mått på svavelnedfall, havssaltsepisoder med efterföljande jonbyte, och överskott av kväve (se avsnitt 2.3). Vid Maryd, den mätplats i länet där mätningar pågått som längst (16 år), har svavelhalten i markvattnet minskat signifikant med 41 %, Figur 22, som följd av minskningen i svavelnedfall (avsnitt 3.2). Vid den tidigare ytan Arkelstorp (A) som avverkades 2013, var minskningen ännu kraftigare, från halter på över 15 mg/l i början på 1990-talet till halter mellan 2 och 7 mg/l åren innan avverkning. Under 2018 var svavelhalten under 2 mg per liter vid samtliga mätplatser i länet. Samtliga tidigare mätningar, inklusive avslutade mätlokaler, visas i föregående års krondroppsnätsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2018).



Figur 22. 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.

Det sydliga läget innebär att skogarna i Skåne utsatts för mycket havssalt, och att havssaltsepisoder kan få effekter på markvattenkemin. Hissmossa, men även den tidigare ytan vid Arkelstorp (A) är de mätplatser som har haft högst kloridhalter i markvattnet, över 50 mg per liter, Figur 23. Under 2018 var kloridhalterna i markvattnet låga vid samtliga mätplatser i länet, omkring 18 mg per liter vid Hissmossa och lägre än 8 mg per liter vid de övriga mätplatserna. Detta kan tyda på att en period med högt havssaltspåslag nu har avklingat.



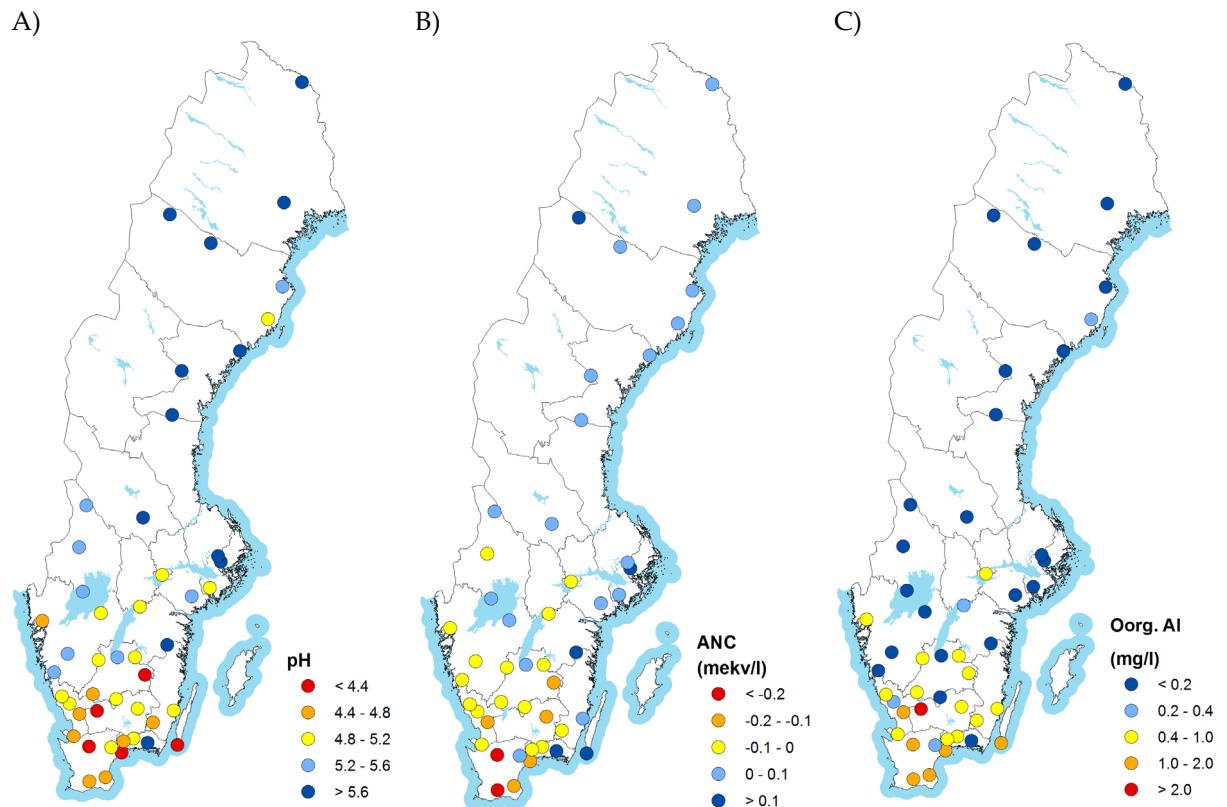


Figur 23. Klorid i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Hissmossa är den yta där svavel- och kloridkoncentrationerna varit som högst, vilket förklarar att Hissmossa varit den yta i länet där markvattnet varit surast och haft lägst ANC och högst halter oorganiskt aluminium. I andra änden av spektret ligger Arkelstorp, med minst försurat markvatten.

Vid Maryd, den mätplats i länet där mätningar pågått som längst (16 år), kan ingen signifikant ökning påvisas varken för pH eller för ANC. Inte heller vid Hissmossa eller Stenshult, där mätningarna påbörjades 2010, har någon statistisk förändring noterats. I den gamla ytan i Arkelstorp, med mätserie från 1989 till 2013, har dock både pH och ANC ökat signifikant, men ANC var fortfarande negativt innan avverkning och pH låg ofta på en nivå som motsvarar hög surhet enligt bedömningsgrunderna för markförsurning

Markvattnets försurningsstatus i Skåne jämfört med resten av landet, angivet som median för åren 2016–2018, visar att Skåne tillhör de län där markvattnet är mest försurningspåverkat, på grund av högre svavelnedfall under flera decennier i denna del av landet, Figur 24. Mätplatserna med växande skog i Skåne har medianvärden för pH mellan 4,4 och 4,9, vilket innebär samma nivå som flertalet mätplatser i Halland och Blekinge, Figur 24A. Norr om detta område har de flesta mätplatser medianer över eller omkring 5. Gradienten för medianen för markvattnets ANC de tre senaste åren följer i stora drag pH-gradienten i Sverige. ANC är negativt för tre av de fyra mätplatserna i länet, Figur 24B. 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 24C. I Skåne är medianvärdena 2016–2018 för oorganiskt aluminium mellan 1,4 och 1,9 mg per liter, förutom i Arkelstorp där medianvärdet är 0,3 mg per liter.



Figur 24. pH (A), ANC (B) och Oorg. AI (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. 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?

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).

Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetets 36 mätningar i granskog i Sverige, varav 4 i Skåne, ett robust underlag. För närvarande används dock endast mätningar från öppet fält från Krondroppsnetet 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 Skåne (Länsstyrelsen Skåne, 2018). På Skånes granytor, som har mätserier från 2000, har svavelnedfallet minskat signifikant, och minskningen uppgår till mellan 49 och 81 %.

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 Krondroppsnetet, 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 både i fasta marken och i markvatten upp i fördjupade utvärderingar (Naturvårdsverket 2015, 2019a) och regionala miljömålsuppföljningar, till exempel i Skåne (Länsstyrelsen Skåne, 2018).

Markkemi följs upp inom Markinventeringen, nationellt samt uppdelat på Norrland, sydvästra och mellersta/östra Sverige. Enligt den fördjupade utvärderingen från 2015 (Naturvårdsverket, 2015), som ligger till grund för den regionala utvärderingen i Skåne 2018 (Länsstyrelsen Skåne, 2018), ökade andelen skogsmark med hög eller mycket hög surhetsgrad från mitten av 1980-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 Skåne från 2018, används även markvattenkemi från Krondroppsnetet i bedömningen av återhämtning från försurning. Markvatten från 50 centimeters 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.

Nivåer och trender för ANC i markvatten vid Krondroppsnetets mätplatser studerades i de fördjupade utvärderingarna 2015 och 2019. 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 syra-neutraliserande 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 de två platserna i Skåne som ingick i den fördjupade utvärderingen för 2019, ökade ANC vid den ena medan inga signifikanta förändringar i ANC kunde påvisas vid den andra.



## 4 Aktuellt & notiser

Fotograf: Louise Karlsson

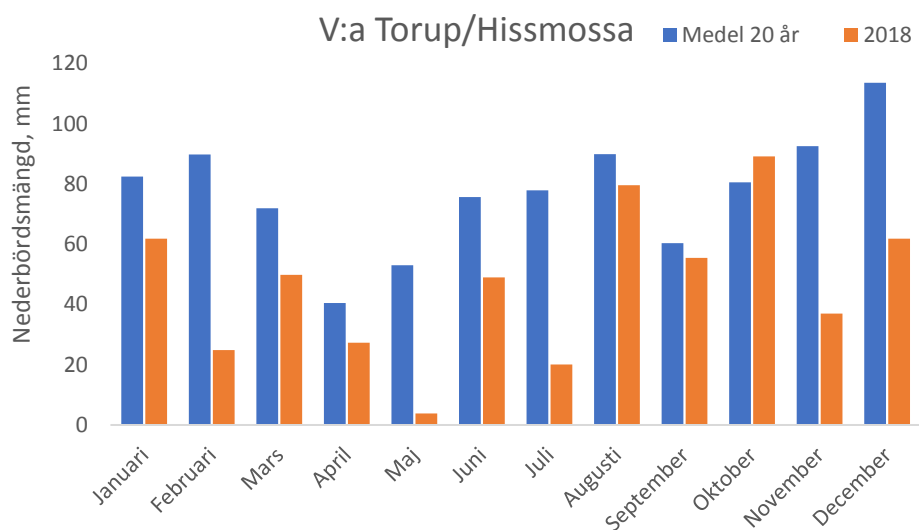


## 4.1 Sommarens torka

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 präglade 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 Krondroppsnetets mätplatser på öppet fält var det torrast under maj och juli 2018 jämfört med mätplatsernas 20-årsmedelvärde för perioden 1998–2017. Även under februari var det torrt jämfört med tidigare år. Även vid mätplatsen Hissmossa i Skåne län var det lägst nederbördsmängd under maj och juli 2018 jämfört med medelvärdet för de senaste 20 åren, se Figur 25.

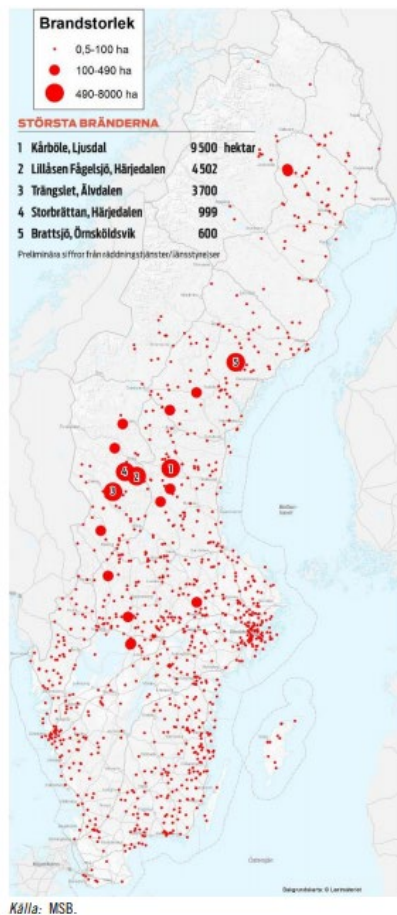


Figur 25. Nederbördsmängden under januari–december 2018 jämfört med månadsvisa medelvärden för perioden 1998–2017 vid Västra Torup/Hissmossa i Skåne län.

Att sommaren 2018 präglades av lite nederbörd och torka märktes även tydligt i markvattenmätningarna i Skåne genom att vatten enbart kunde provtas vid Hissmossa under sommaren och hösten. De övriga tre mätplatserna hade endast tillräckligt med vatten för provtagning under våren. Utöver denna effekt på själva provtagningen kan torkan på sikt ha stor påverkan på markvattenkemi. Vattentillgången har stor påverkan på trädutveckling, 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



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,  $\text{NH}_3$ , som först uppträder som en gas.  $\text{NH}_3$  har en hög depositions hastighet och transporteras därför inte långt. I luften kan dock  $\text{NH}_3$  reagera med sura ämnen såsom sulfat, nitrat och klorid och bilda partikelbundet ammonium,  $\text{NH}_4$ , som kan transporteras långa sträckor (Karlsson m.fl., 2013). Partikelbundet  $\text{NH}_4$  fångas effektivt upp av kronorna hos barrträd. Andra ämnen som också förekommer i luften vid bränder är kalium och kalcium samt fosfor.

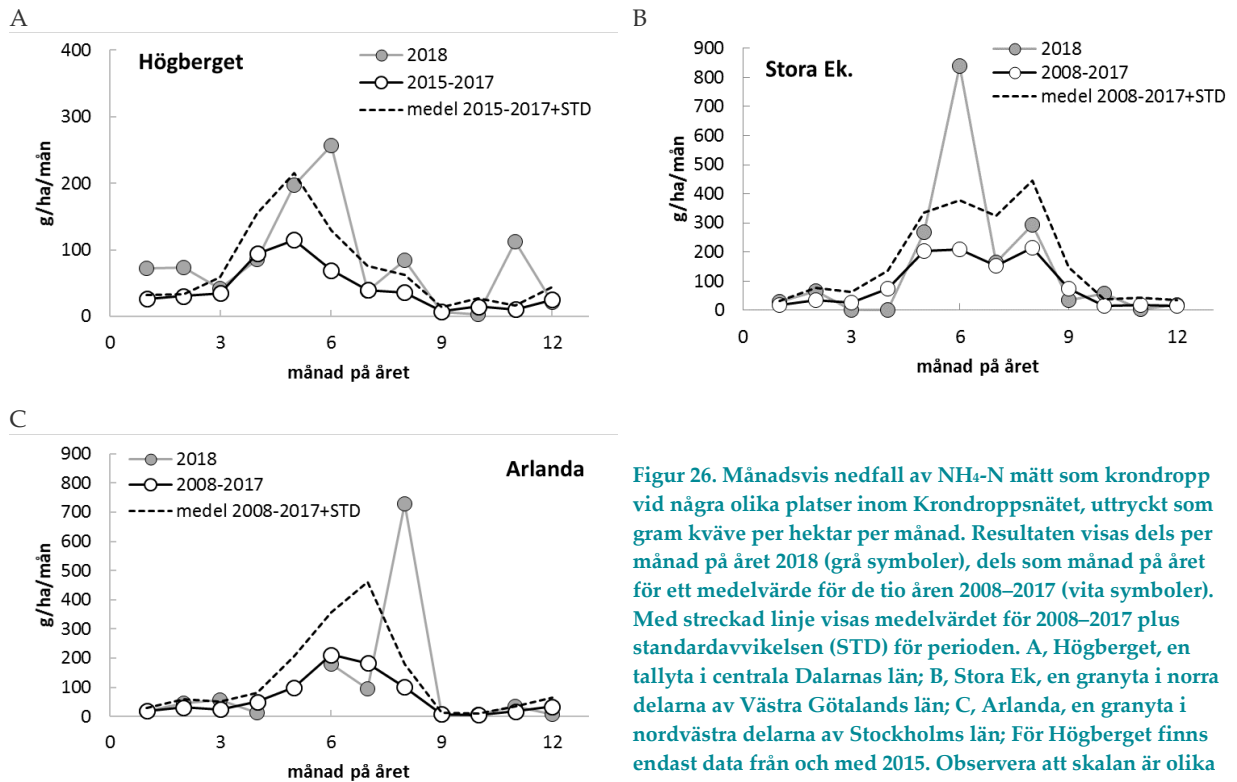
Månadsvis nedfall av  $\text{NH}_4\text{-N}$  mätt som krondropp visas i Figur 26 för några olika platser inom Krondroppsnetet. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels per månad på året som ett medelvärde för de tio åren 2008–2017 (vita symboler). Vid en del mätplatser fanns det ett tydligt förhöjt nedfall av  $\text{NH}_4\text{-N}$  antingen under perioden maj-juni (Figur 26A, B) eller under juli/augusti (Figur 26C), medan det vid andra platser inte finns någon tydlig förhöjning av nedfallet.

$\text{NH}_4$  kan dock även transporteras i luften mycket långa sträckor från andra länder. För att säkerställa att de förhöjda nedfallet av  $\text{NH}_4$  som krondropp under sommarmånaderna 2018 som visas i Figur 25 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  $\text{NH}_4$  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 trädskronorna.

Vid mätplatserna i Skåne är det svårt att urskilja ett förhöjt nedfall av  $\text{NH}_4$  som krondropp under 2018 eftersom nedfallet av  $\text{NH}_4$  generellt är högt i Skåne och mellanårsvariationen är stor.



Figur 26. Månadsvis nedfall av  $\text{NH}_4\text{-N}$  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 skalan är olika för Högberget.

### 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 miljö kvalitetsmålen. 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 miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* men används även för utvärdering av miljö kvalitetsmålen *Levande skogar* och *Ett rikt växt- och djurliv*. Den senare ingår främst i miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* men används även för utvärdering av miljö kvalitetsmålen *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 Krondropps nätet

### 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 verkssamma inom Krondropps nätet 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<sup>2</sup>. 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 Krondropps nätet, 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 platser på mellan 11,9 och 25,6 kg fosfor per km<sup>2</sup> 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<sup>2</sup>, sannolikt är för lågt satt.

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

### 4.4.2 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 kalvfället 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, som IVL Rapport C286.

## 4.5 Vetenskapliga artiklar 2018

Under 2018 har ett flertal artiklar med anknytning till Krondropps nätet 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 uppräta.



- **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 markvattnet som kunde relateras till emissionsminskningarna i Europa under samma period.

## 4.6 På gång – aktuella projekt och utvärderingar

### 4.6.1 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, Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetets projektledningsteam som ett led i utredningen.

### 4.6.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel

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

### 4.6.3 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 nederbördsräkningar för en mängd parametrar. Krondroppsnetet 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.

#### 4.6.4 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 27. 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 27. 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 Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetets 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
- 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>.
- 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 miljö kvalitetsmålen 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 luftkvaliteten i Sverige av SO<sub>2</sub>-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014–2015. IVL Rapport C 234.
- Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., Cecchini, G., Clarke, N., Cools, N., Hansen, K., Meesenburg, H., Nieminen, T.M., Pihl Karlsson, G., Titeux, H., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Vesterdal, L., Waldner, P. & Jonard, M. 2018. The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition. *Global Change Biology*. 2018;1–17. DOI: 10.1111/gcb.14156
- 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 miljö kvalitetsmålet *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 Skåne, 2018. Regional årlig uppföljning av miljömålen - Skåne 2018. Dnr: 501-17908-2018.
- 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 miljö kvalitetsmålen 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 Skåne län. Resultat från Krondroppsnetet till och med 2016/17. IVL Rapport C 319.
- 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 Reyher, C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395–402.
- SOU 2019:7. Skogsbränderna sommaren 2018. Betänkande av 2018 års skogsbrandsutredning.
- Tamm, C.O., 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Yu, L., Zanchi, G., Akselsson, C., Wallander, H., Belyazid, H., 2018. Modeling the forest phosphorous nutrition in a southwestern Swedish forest site. *Ecological Modelling* 369, 88–100.
- Websida:  
CEIP, 2019. Emissionsdata är hämtade från:  
[http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/reported\\_emissiondata/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/)





## Bilaga 1. Mätplatserna i Skåne län

Fotograf: Per Erik Karlsson

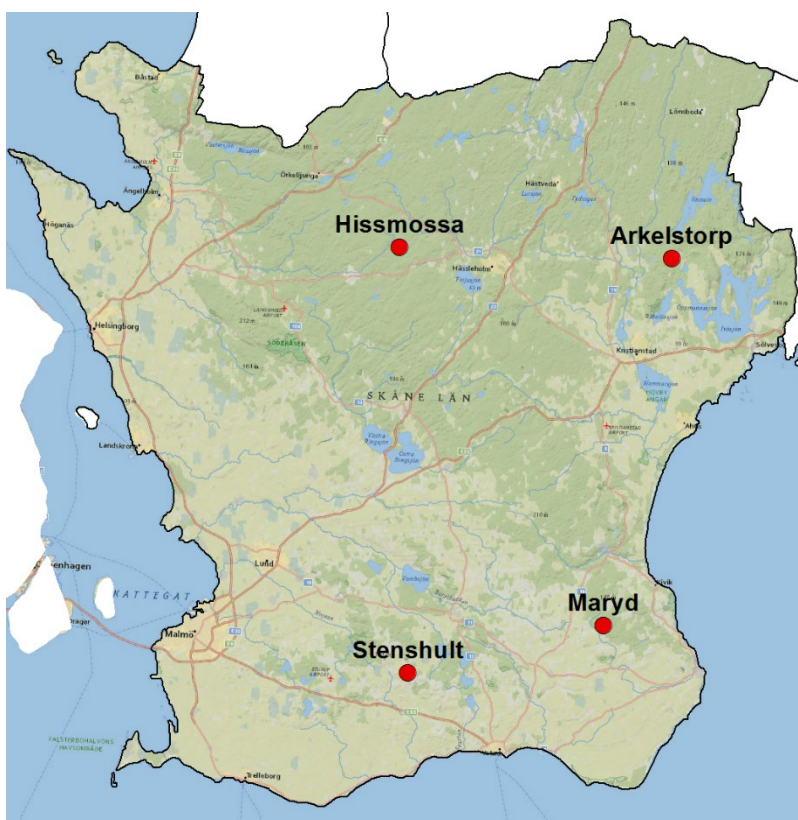


Krondroppsnetet bedriver mätningar vid fyra mätplatser i Skåne län (Tabell B1).

**Tabell B1.** Aktiva mätplatser i Skåne 2017/18.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Kron-dropp	Sträng-prov	Mark-vatten	Lufthalter	
						SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> *
Arkelstorp (L 05B)	Gran		X		X		
Maryd (L 15)	Gran		X		X		
Hissmossa (L 18)	Gran	X <sup>1)</sup>	X	X <sup>1)</sup>	X	X	X
Stenshult (M 16)	Gran	X	X	X <sup>1)</sup>	X	X	X

\* Mätningar inkluderar NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> och NO<sup>1)</sup> Finansieras av Naturvårdsverket



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Anders Jonshagen.

På IVL har Paula Andersson skött kontakter med provtagare medan främst Louise Björnberg, Camilla Hällinder-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.



#### Arkelstorp (L 05B)

Ytan etablerades år 2013 mindre än 200 meter sydost om den tidigare ytan, L05A, på toppen av Hallabjären, i 30–40 årig granskog. Krondroppsmätningarna startade i november 2013, men markvattenmätningarna startade först ett år senare (november 2014). Ytan är ganska nyligen gallrad, och det finns stickvägar i nordsydlig riktning med ca 20 m mellanrum vid ytan. För nedfall visas även data från den gamla ytan, L05A, i samma diagram som för L05B, eftersom nedfallet bedöms vara jämförbart mellan ytorna. Markvattenkemin visas även för L05A fram till avverkning, men i separata diagram som alltid efter flytt av lysimetrar. L05A var belägen i granskog planterad 1955.

#### Maryd (L 15)

Granskog på bördig mark i sydöstra Skåne, planterad 1959. Mätning av nedfall (krondropp) och markvattenkemi i Maryd startade i oktober 2001.



#### Hissmossa (L 18)

40–50-årig granskog i norra Skåne. Ytan är tänkt som ersättningsyta för Västra Torup, som avverkades i augusti 2010. Hissmossa ligger ungefär 5 km norr om Västra Torup. Mätningarna i krondroppsytan i Hissmossa startade i augusti 2010. Nedfallsmätningarna på öppet fält och lufthaltsmätningarna startade i november 2010. Mätningarna med strängprov startade i juni 2013. ÖF-mätningarna flyttades ett kort stycke den 4 september 2017.



**Stenshult (M 16)**

50-årig granskog på relativt plan mark längst uppe på östra delen av Romeleåsen. Ytan startades som ersättning för den avslutade ytan Klintaskogen, som också var belägen på Romeleåsen, 12 km sydväst om Stenshult. Platsen är mycket öppet exponerad åt söder. Krondroppsmätningar startade i maj 2010, och markvattenmätningarna samt mätningarna på öppet fält i november samma år. Mätningarna med strängprov startade i juni 2013. Lufthaltsmätningarna startade i januari 2015.









Skånes Luftvårdsförbund



LUNDS  
UNIVERSITET

 **ivl**  
SVENSKA  
MILJÖINSTITUTET

IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm  
Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)