



Försurning och övergödning i Blekinge län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2022/23



LUNDS
UNIVERSITET



SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

Rapportnummer: C850

I samarbete med: Lunds universitet

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

Medel från: Blekinge läns Luftvårdsförbund

Granskare: Karin Söderlund

Godkännare: Karin Sjöberg

ISBN: 978-91-7883-607-9

Sammanfattning

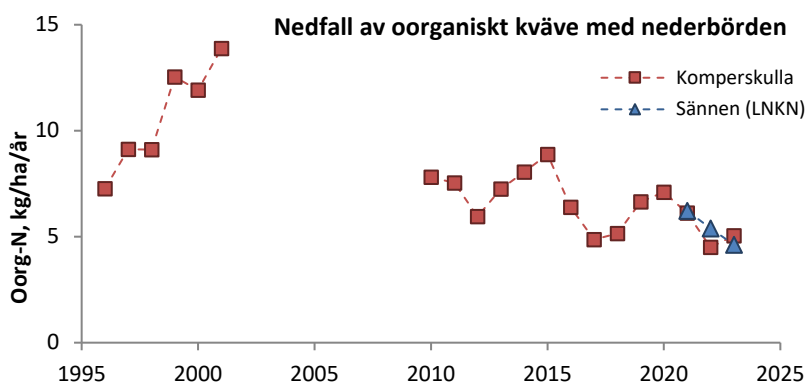
På uppdrag av Blekinge kustvatten och luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Blekinge län. Mätningarna sker inom ramen för Krondropps nätet (<http://www.krondroppsnetet.ivl.se/>).

I Blekinge har mätningar av atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi inom Krondropps nätet bedrivits sedan 1985. I denna rapport redovisas resultaten från aktiva mätningar under det hydrologiska året (oktober till och med september nästkommande år) för 2022/23 i Blekinge län, tillsammans med resultat från tidigare års mätningar. Resultaten redovisas även i förhållande till mätningar vid övriga mätplatser inom Krondropps nätet. Mätningarna ger en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Blekinge län.

Under det hydrologiska året 2022/23 gjordes mätningar på fem platser i länet, vid en tallyta i Hjärtsjömåla, två bokytor vid Ryssberget och Komperskulla, samt två ytor vid Vång; en granyta B och den sedan oktober 2016 avverkade A-ytan, där markvattenkemiska mätningarna fortsatt. Utöver Krondropps nätet mätningar rapporteras även mätningar av lufthalter samt nedfall till öppet fält vid mätplatsen Sannen (nära mätplatsen Vång) som ingår i det nationella miljöövervakningsnätverket SveLoD. Utöver en redovisning av mätresultaten från Krondropps nätet redovisas i rapporten även resultat från andra Krondropps nätsrelaterade projekt samt aktuella händelser från 2023, som är relevanta ur Krondropps nätet synvinkel. Information om länets mätningar och mätplatser visas i Bilaga 1.

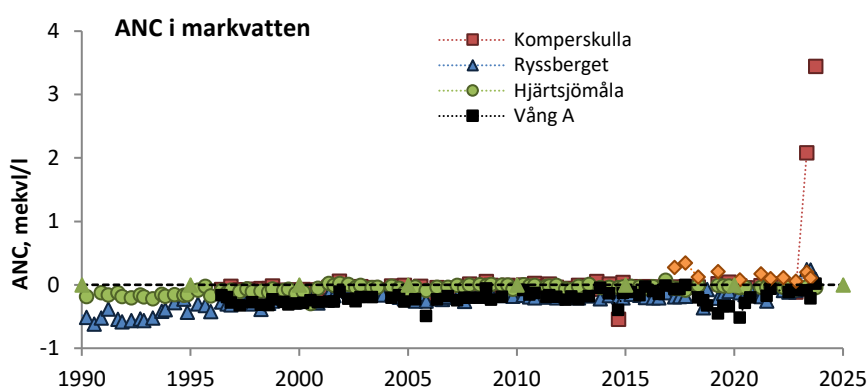
Lägre kvävenedfallet i länet, men fortfarande över kritisk belastning

Atmosfäriskt nedfall av oorganiskt kväve till barrskog i Blekinge län har för det hydrologiska året 2022/23 beräknats till mellan 6 och 8 kg per hektar, se figur nedan. Detta överskrider den kritiska belastningsgräns som används i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. Kvävenedfallet har dock minskat under den senaste 10-årsperioden. Vid Komperskulla och Sannen har nedfallet minskat med 43 respektive 37 % sedan 2009/10.



Återhämtningen från försurning går långsamt trots att svavelnedfallet minskat

Återhämtning av markvattnet från försurning sker långsamt, och markvattnet är fortfarande kraftigt försurat. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) är oftast under eller omkring 0, se figur nedan. För att markvattnet ska bidra till en återhämtning från försurning i sjöar och vattendrag måste ANC ha ett värde som är klart högre än noll. Vid Komperskulla var ANC högt under de senaste två mätningarna, vilket troligtvis beror på någon form av störning i marken.



Avverkning eller andra störningar som innebär att kväveupptaget minskar, samt havssaltsepisoder som kan orsaka jonbyte och frigörelse av vätejoner, kan leda till kraftiga surstötar. För att mark och vatten ska återhämta sig från försurning krävs fortsatt lågt svavelnedfall, att skogen har god status så att kvävet tas upp och inte nitrifieras samt att skogsbrukets försurningspåverkan hålls på en låg nivå.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?	6
2 Kväve och övergödning	9
2.1 Lufthalter av kväve	9
2.2 Kvävenedfall	12
2.3 Kväve i markvattnet	15
3 Försurning	18
3.1 Lufthalter av svaveldioxid	19
3.2 Svavelnedfall	20
3.3 Försurningen i markvattnet	23
4 Aktuellt och notiser	30
4.1 Ny webbplats för Krondroppsnetet	30
4.2 Byte av analysmetod för organiskt kväve	30
4.3 Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens, november 2023	31
4.4 Krondroppsnetet bidrar till en nyttkommen bok om atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på skog	32
4.5 Världens största skogskonferens - IUFRO-konferensen - till Stockholm 2024	32
4.6 Europeisk jämförelse av mätresultat	33
4.7 Skärpt lagstiftning för renare luft i Europa	34
4.8 Miljö tillståndet i Jämtlands fjällvärld	35
4.9 Luftvårdsförbund i sydost har ny gemensam webbplats	35
4.10 Vetenskapliga artiklar där resultat från Krondroppsnetet använts	36
4.10.1 Ny artikel från Krondroppsnetet	36
4.10.2 Påverkan på årlig stamtillväxt vid krondroppsytor	37
4.10.3 Vilken roll spelar pollen i krondropp?	37
4.10.4 Hur bidrar nitrifikationen i träd Kronorna till skogens kvävecykel?	38
5 Tack	39
6 Referensförteckning	41
Bilaga. Mätplatserna i Blekinge län	43

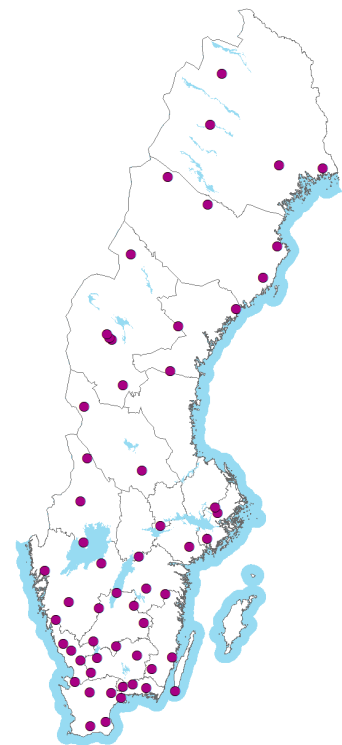
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?

Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2022/23 mätningar vid 57 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 mäts, däribland svavel- och kväveföreningar, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningssproblematiken.

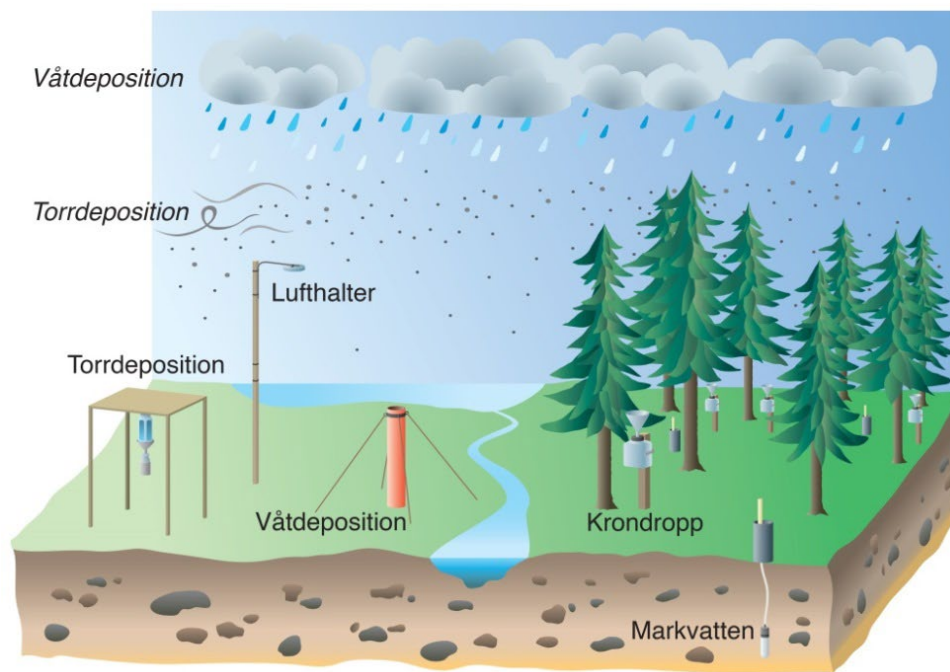
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat, som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har provytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 57 platser i Sverige, Figur 1, och numera finns mätserier med mer än 30 års data på 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 Krondroppsnetet från provtagning till kemisk analys, validering och databearbetning utförs enligt väl utarbetade rutiner, och laboratorerna innehar ackreditering för de kemiska analyserna. Detta ger en hög kvalitet på data, och garanterar att data från olika platser och från olika år är direkt jämförbara.



Figur 1. Samtliga ytor inom Krondroppsnetet 2022/23.



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

Mätningar 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 på 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.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I BLEKINGE LÄN

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2022/23

Juni 2024

Dock kan vissa ämnen tas upp direkt i trädkronorna, alternativt läcka ut från trädkronorna. 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 torrdepositionen.



Foto: strängprovtagare

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.



Foto: krondropsprovtagare



markvattenutrustning

Kemin i markvattnet mäts under trädens rötter för att undersöka effekter av nedfall på skogsmarkens reaktion. Provtagningen görs med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten i mineraljorden på 50 centimeters djup.

Data från Krondroppsnätet är fritt tillgängliga från Krondroppsnätets webbplats: <http://www.krondroppsnatet.ivl.se/>. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.

2 Kväve och övergödning

Utsläpp till luft av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH₃), främst från jordbruket, leder till atmosfäriskt nedfall av kväve som kan bidra till både övergödning och försurning av mark och vatten.

Det är inte möjligt att nå miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* till 2030 med idag beslutade eller planerade styrmedel, speciellt inte för kustvattnet (Länsstyrelsen i Blekinge, 2024). Det går inte att se någon tydlig riktning för utvecklingen i miljön. Under de senaste åren har viktiga insatser i samhället skett, men inte tillräckligt för att svara mot Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan. En stor del av påverkan från övergödning är starkt kopplad till jordbruks- och avloppsfrågor. Påverkan av luftburet kväve från svenska och internationella källor bidrar till att målet inte nås. Kvävenedfallet till skog i Blekinge har minskat men överskrider fortfarande den kritiska belastningsgränsen för barrskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år.

Skogsekosystemen i länet har en stor kapacitet till att ta upp deponerat kväve, och i växande skog uppmäts generellt låga halter av oorganiskt kväve, med enstaka exempel på förhöjda värden som dock fortfarande ligger på låga nivåer. Avverkningen i Vång A ledde till en kraftig förhöjning av nitratkvävehalten i markvattnet, med en toppnotering på över 8 mg/l efter ungefär tre och ett halvt år. Halten är vanligtvis förhöjd under en period efter avverkning. Den relativt kraftiga förhöjningen i Vång A visar att det finns mycket kväve i marken, vilket är rimligt med tanke på att kvävenedfallet varit högt under lång tid. Detta innebär en risk för kväveutlakning från skogar även vid mindre störningar, i form av stormskador eller insektsangrepp.

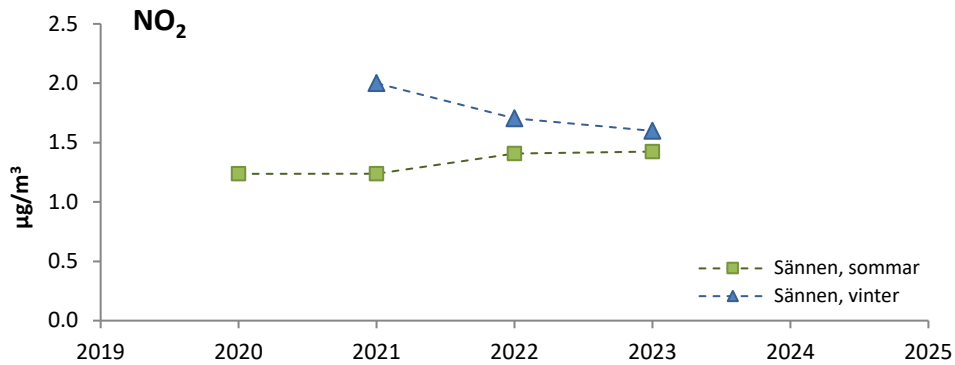
2.1 Lufthalter av kväve

Mätningar av lufthalter i bakgrundsmiljön fyller en viktig funktion för att bekräfta att luftföroreningarna över Sverige minskar i takt med rapporterade minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar från Europa. I Blekinge finns inga mätningar av lufthalter i Krondroppsnätets regi, men lufthalter mäts vid mätplatsen Sannen som ingår i den nationella miljöövervakningen inom SveLoD. Mätningarna av lufthalter och nederbörds kemi sker med samma typ av utrustning som används inom Krondroppsnätet. I Figur 3 visas lufthalter av kvävedioxid (NO₂) på månadsbasis vid Sannen sedan 2020. Lufthalterna av NO₂ är generellt högre vintertid än sommartid. Observera att under sommarhalvåret 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför månadshalterna vid Sannen för augusti och september i stället har uppskattats utifrån relationen till närliggande korrekta mätningar i Skåne.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I BLEKINGE LÄN

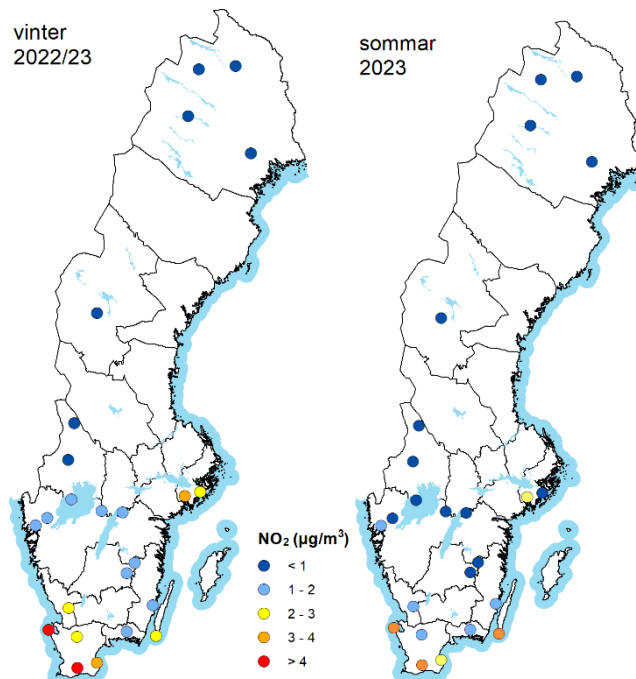
Resultat från Krondropps nätet till och med 2022/23

Juni 2024



Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Sängen sedan 2020. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Mätningarna vid Sängen ingår i det nationella miljöövervakningsnätverket SveLoD. Under 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför halterna vid Sängen för augusti och september har uppskattats utifrån närliggande korrekta mätningar.

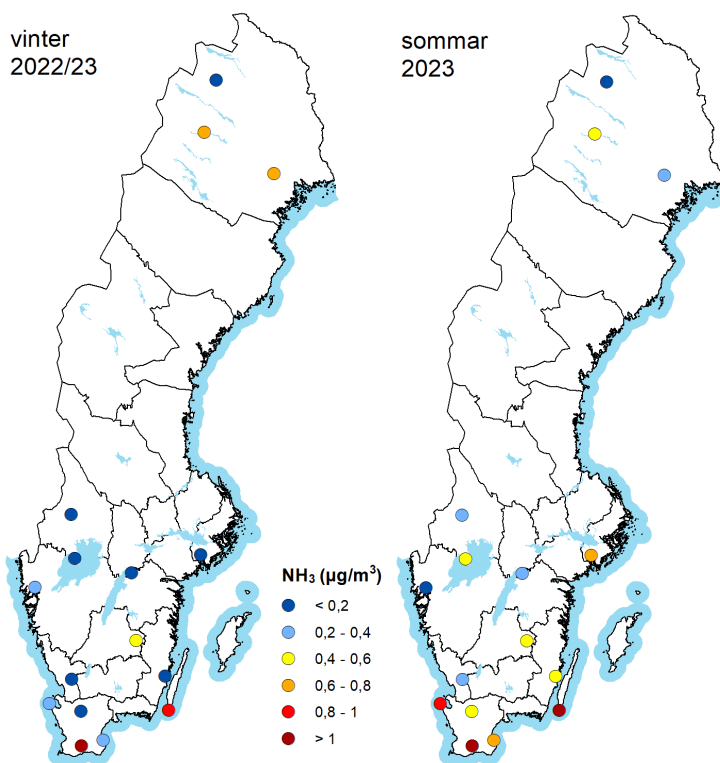
I Figur 4 visas lufthalterna av kvävedioxid vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondropps nätet. Högst halter av kvävedioxid (NO₂) uppmättes vintertid i Skåne och i Stockholmsregionen. Halterna av NO₂ är generellt lägre sommartid (med undantag av Ottenby på Öland) och fördelningen över landet är likartad som på vintern.



Figur 4. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondropps nätet i Sverige. Vidare visas resultat från sju mätplatser inom det nationella mät nätet SveLoD (två i Västra Götalands län, en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, Norrbottens och Värmlands län). Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september. Observera att under sommarhalvåret 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför månadshalterna vid ett flertal mätplatser för några månader i slutet av sommarhalvåret 2023 har uppskattats utifrån relationen till närliggande korrekta mätningar.

Ammoniak (NH_3) deponeras nära utsläppskällorna eftersom depositions- hastigheten för ammoniak är hög. Det innebär att lufthalterna i bakgrundsmiljön vanligtvis är låga. Gasformigt NH_3 har en hög depositions- hastighet och transporter- as därför inte lika långt från utsläppskällan jämfört med kväveoxider. NH_3 kan dock relativt snabbt omvandlas till partikelformigt NH_4 , som kan transporteras betydligt längre.

Vid Sannen mäts inga ammoniakhalter, men i Figur 5 visas halterna av NH_3 under vintern 2022/23 och sommaren 2023 vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Högst halter uppmättes vid Stenshult i Skåne, både under vintern och sommaren, troligtvis kopplat till utsläpp från djurhållning och gödsling inom jordbruket. Även vid Ottenby på Ölands södra udde var halterna höga, både under sommar- och vinterhalvåret. Höga halter under vinterhalvåret vid ett par mätplatser i norra Sverige kan troligtvis härstamma från småskalig vedförbränning vintertid.



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

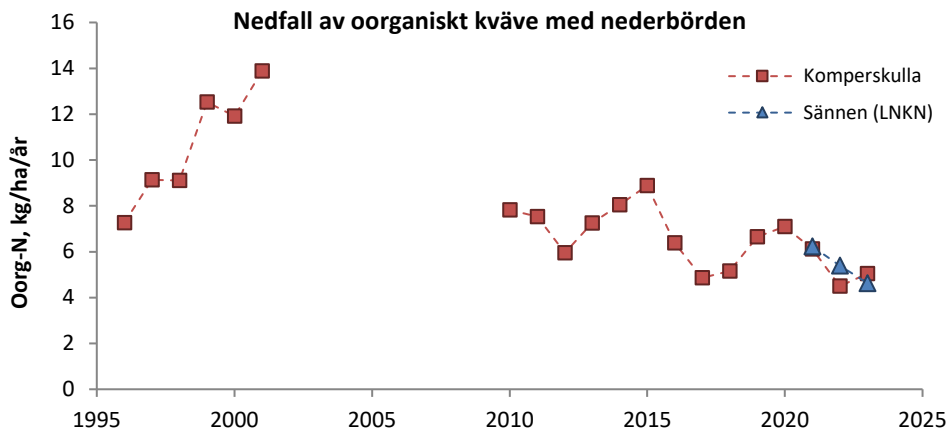
2.2 Kvävenedfall

Kväve tillhör de ämnen där det, baserat enbart på mätningar av krondropp, inte direkt går att mäta totalt atmosfäriskt nedfall till skog, inkluderat både torr- och våtdeposition, eftersom en del av det deponerade kvävet tas upp i trädkronorna och därför inte når insamlarna för krondropp under träden. För att beräkna det totala nedfallet av oorganiskt kväve (summan av nitrat och ammonium) till skog krävs därför samlokaliserad mätutrustning för nedfall med nederbörden till öppet fält, krondroppsmätningar samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare (Karlsson m.fl., 2022). Denna typ av samlokaliserade mätningar finns vid elva mätplatser runt om i Sverige, men saknas i Blekinge län.

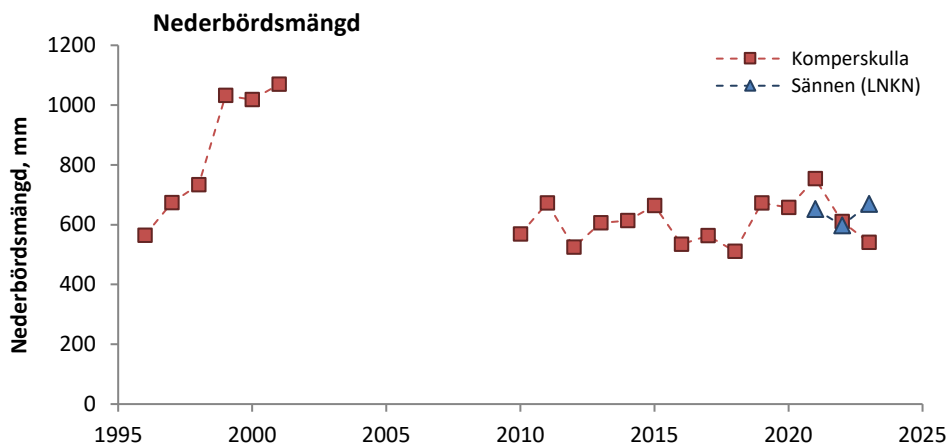
Med hjälp av strängprovtagarna går det att få ett mått på torrdepositionsandelen och hur den varierar över Sverige. Dessa uppgifter kan tillsammans med mätningar på öppet fält användas för att ta fram ett mått på totaldepositionen på alla platser där nedfall på öppet fält mäts, vilka kan interpoleras för att få fram en heltäckande karta för Sverige (Karlsson m.fl., 2022). Totaldeposition av kväve till barrskog är en av indikatorerna inom miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*.

I Blekinge län finns en mätning på öppet fält, vid Komperskulla. Mätningarna startade 1995, men det finns ett uppehåll i tidsserien mellan december 2001 och juni 2009. Mätningar på öppet fält görs även vid Sännen.

Nedfallet av kväve på öppet fält har under mätperioden varierat mellan 4,5 och 14 kg per hektar och år (Figur 6). Under det senaste hydrologiska året var nedfallet med nederbörden 5,0 kg per hektar vid Komperskulla och 4,6 kg per hektar vid Sännen, vilket är i nivå med föregående hydrologiska år. Variationen under mätperioden är stor, med avsevärt högre nedfall i början av mätperioden än i slutet, vilket till stor del förklaras av hur nederbörden varierat (Figur 7). Det är därför svårt att dra några slutsatser om effekter av utsläppsminskningarna av oorganiskt kväve, som uppgår till 36 % inom EU-27+UK och 31 % i Sverige under perioden 2001–2021 (CEIP, 2024). Det finns dock tendenser till en minskning i nedfallet från när mätningarna återstartades 2009, som inte går att förklara med nederbörds-mängderna. En längre tidsserie krävs för att kunna säga om detta är en långsiktig trend.

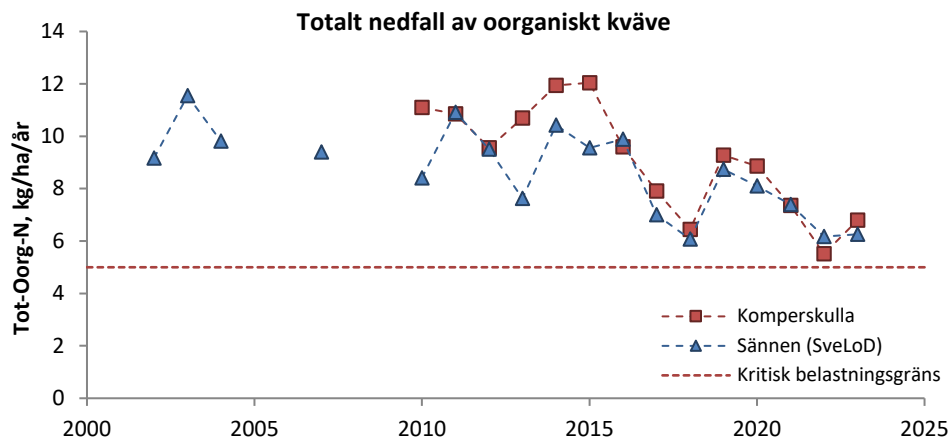


Figur 6. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden till öppet fält vid Komperskulla inom Krondroppsnetet och Sännen från SveLoD, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna i Komperskulla avslutades i december 2001, men återupptogs i juni 2009.



Figur 7. Uppmätta nederbörds mängder vid Komperskulla inom Krondroppsnetet och Sännen från SveLoD, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna i Komperskulla avslutades i december 2001, men återupptogs i juni 2009.

Det beräknade totala kvävenedfallet vid Komperskulla och Sännen var 6,8 respektive 6,3 under det hydrologiska året 2022/23. Den kritiska belastningen för övergödande kväve till barrskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds därmed i Blekinge län under kalenderåret 2023, och har gjort så under hela mätperioden, se Figur 8. En trendanalys visade att det beräknade totala kvävenedfallet vid Komperskulla och Sännen har minskat med 43 respektive 37 % sedan 2009/10. Detta är en relativt kort tidsperiod för trendanalys, men visar ändå på en nedåtgående trend i kvävedepositionen i länet. De rapporterade utsläppen av oorganiskt kväve ($\text{NH}_3 + \text{NO}_x$ (som NO_2)) har minskat med sammanlagt 19 % både från EU-27+UK och från Sverige under perioden 2010–2021 (CEIP, 2024).

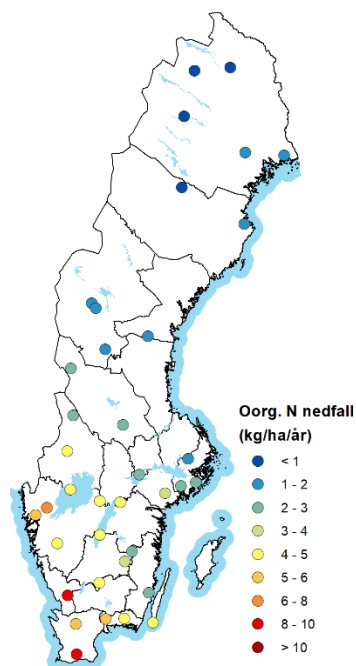


Figur 8. Årligt beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve vid Komperskulla inom Krondroppsnetet och Sannen från SveLoD, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna vid Komperskulla pausades i december 2001, och återupptogs i juni 2009. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog är baserat på metodik som beskrivs i Karlsson m.fl. (2019, 2022). Horisontell streckad linje indikerar kritisk belastning för kvävenedfall till barrskog.

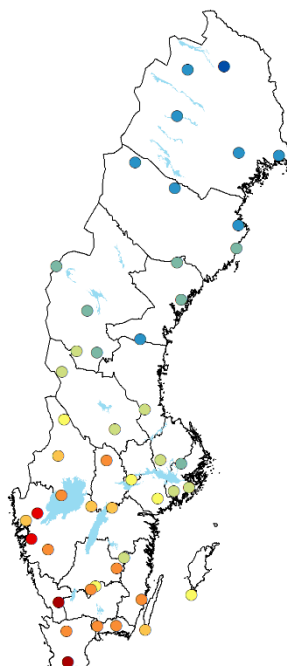
Kvävenedfallet för det hydrologiska året 2022/23 visas för alla mätplatser med öppet fält i Figur 9A medan det beräknade totala oorganiska kvävenedfallet för mätplatserna visas i Figur 9B. Jämfört med det totala nedfallet var kvävenedfallet på öppet fält tydligt lägre, lägre än 1 kg per hektar i norr, och aldrig över 10 kg per hektar i söder (Figur 9A). Det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Sverige under det hydrologiska året 2022/23 varierade mellan 1 och 2 kg per hektar i norr och överskred 10 kg per hektar på två platser i sydväst (Figur 9B).

I Figur 9C visas en geografiskt interpolerad karta över det totala kvävenedfallet till barrskog över Sverige för det hydrologiska året 2022/23, baserat på samtliga mätplatser som finns i Sverige. Det totala kvävenedfallet har även beräknats yttäckande för bland annat Blekinge län. Det beräknade, årliga totala kvävenedfallet över länet varierade under det hydrologiska året 2022/23 mellan 6,6 och 8,0 kg per hektar, med lägst nedfall i de norra delarna, medan det yttäckande medelvärdet för länet var 7,1 kg per hektar. 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 Blekinge län under 2022/23.

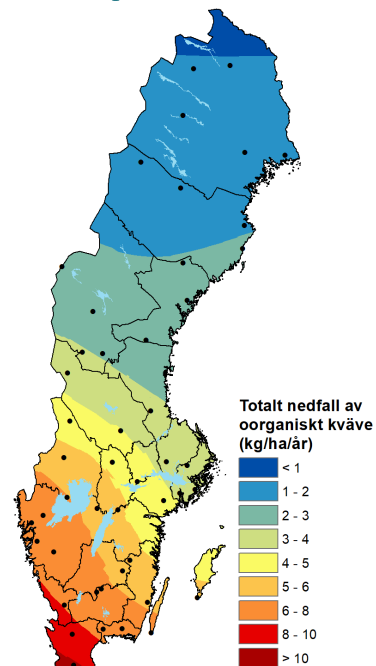
9A. Kvävenedfall med nederbörden



9B. Totalt kvävenedfall



9C. Totalt kvävenedfall (interpolerad karta)



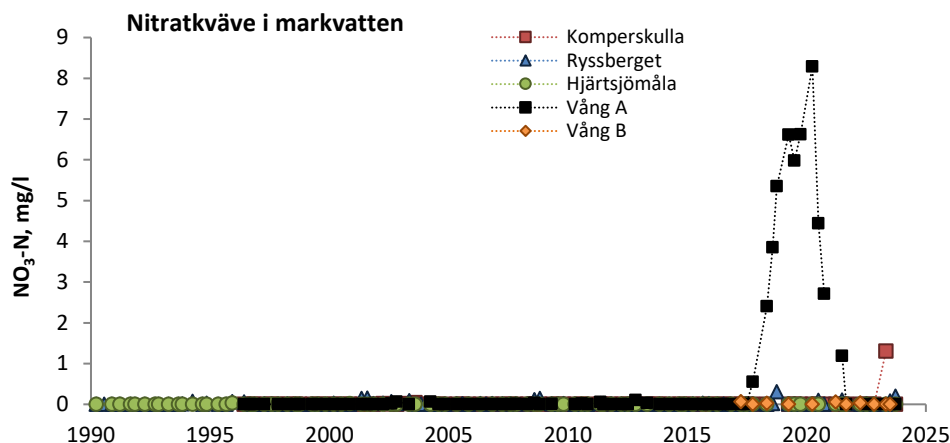
Figur 9. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2022/23. A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. Motsvarande karta som A men med beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). C. geografiskt interpolerad karta. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2019; 2022).

2.3 Kväve i markvattnet

Skogsekosystemen i Sverige tar vanligtvis upp det mesta av oorganiskt kväve som tillförts från atmosfäriskt nedfall, i träd, övrig vegetation samt i markens mikroorganismer (Tamm, 1991). Utlakning av kväve till markvattnet blir därför i de flesta fall låg. I sydvästra Sverige, framför allt i Skåne och Halland, förekommer dock förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet vid en del mätplatser i ostörd skog (Akselsson m.fl., 2010). Även i andra delar av landet finns exempel på förhöjda halter i markvattnet, men då oftast i samband med störningar som avverkning, stormfällan eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018).

Markvattenmätningarna i Blekinge visar att halten av nitratkväve i markvattnet i ostörd, växande skog är mycket låg, oftast under detektionsgränsen på 0,005 mg/l (Figur 10). I Ryssberget var halterna förhöjda vid några av de första mätningarna, men detta beror troligtvis på installationen av lysimetrarna i marken. Även senare har mindre förhöjningar uppmätts vid några tillfällen, upp till 0,3 mg/l. Även i den växande skogen vid Vång A uppmättes något förhöjda halter vid ett par tillfällen,

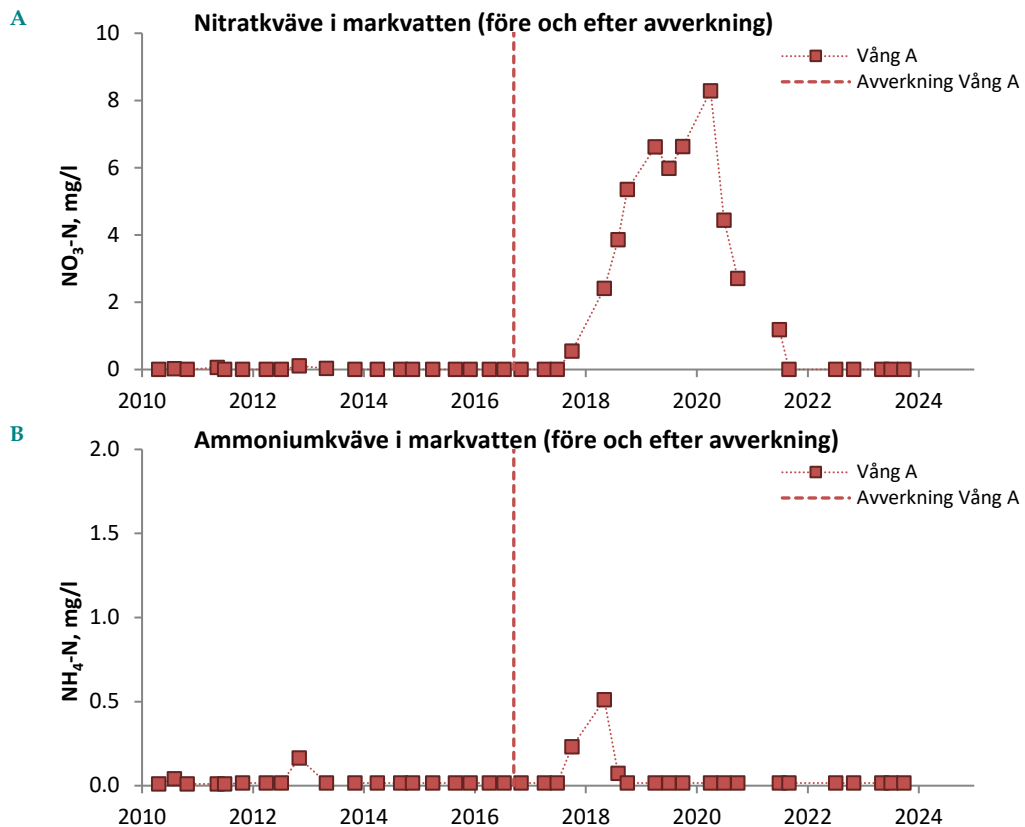
men halterna var fortfarande mycket låga (0,1 mg/l). Avverkningen i Vång A i oktober 2016 ledde dock till kraftig förhöjning av nitratkvävehalten i markvattnet (Figur 10).



Figur 10. Halter av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvatten i Blekinge län fram till år 2023.

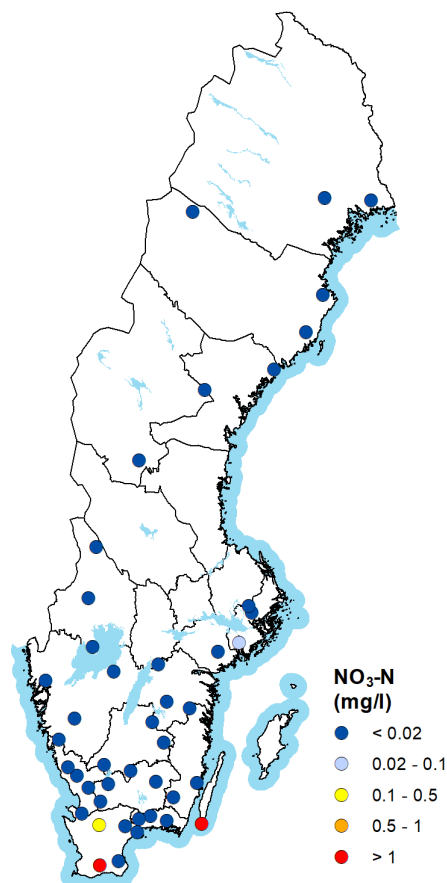
Markvattenmätningarna vid Komperskulla uppvisade ett högt nitratvärde under våren 2023 (1,3 mg/l), se Figur 10, vilket skulle kunna tyda på någon form av störning i marken, exempelvis orsakad av storman Otto i februari 2023. Även ammoniumhalterna i markvattnet var förhöjda (data visas ej). Övriga markvattenmätningar under 2023 i länet visade inga förhöjda halter, varken av nitrat eller ammonium.

Slutavverkningen vid försöksytan Vång A i oktober 2016 fick tydliga konsekvenser både för ammoniumhalterna och nitrathalterna i markvattnet, se Figur 11. Ammoniumhalterna var förhöjda under ungefär ett års tid, och var 0,5 mg/l som högst. Ökningen av nitrat i markvattnet började hösten 2017, ett år efter avverkningen, och nådde sin topp i mars 2020 då halten nitratkväve uppmättes till 8,3 mg/l. Vid augustimätningen 2021 var halten nere på en mycket låg nivå igen, vilket innebär att halten var förhöjd under nästan fyra år. Detta mönster är vanligt vid avverkning av skog i södra Sverige, och ju större kväveöverskottet är, desto högre blir nitratkvävetoppen.



Figur 11. Halter av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) och ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) i markvattnet vid Vång där trädbestånden avverkades i oktober 2016 (vertikal röd streckad linje). Data redovisas både för tiden före och efter avverkning.

En sammanställning av data från samtliga nu aktiva Krondroppsytor i Sverige (Figur 12) visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2021–2023) generellt har varit låga i hela Sverige under de senaste åren. Inga av mätplatserna i Blekinge län uppvisar förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet. Endast vid två platser, Stenshult på Romeleåsen i Skåne och Ottenby vid Ölands södra udde var nitratkvävehalterna kraftigt förhöjda, med ett medianvärde på över 1 mg/l. Stenshult är den plats med högst kvävenedfall i Sverige (beräknad totaldeposition är 15,4 kg per hektar och år under 2022/23), jämfört med 5,7 vid Ottenby. Även markvattnet vid Hissmossa i Skåne visar förhöjda halter i markvattnet, med ett medianvärde på över 0,1 mg/l. Även en yta i Stockholms län (Farstanäs) visar något förhöjda halter. Resultaten tyder på att många skogar i sydligaste Sverige är nära kvävemättnad, och i vissa fall redan uppnått kvävemättnad. Detta innebär att de är mycket känsliga för störningar som påverkar trädens upptag av kväve, och därmed kan medföra kraftigt förhöjd utlakning av nitratkväve från rotzonen.



Figur 12. Koncentrationen av nitrat (NO₃-N) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondropps nätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2021–2023). Ytor med färre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats har tagits bort.

3 Försurning

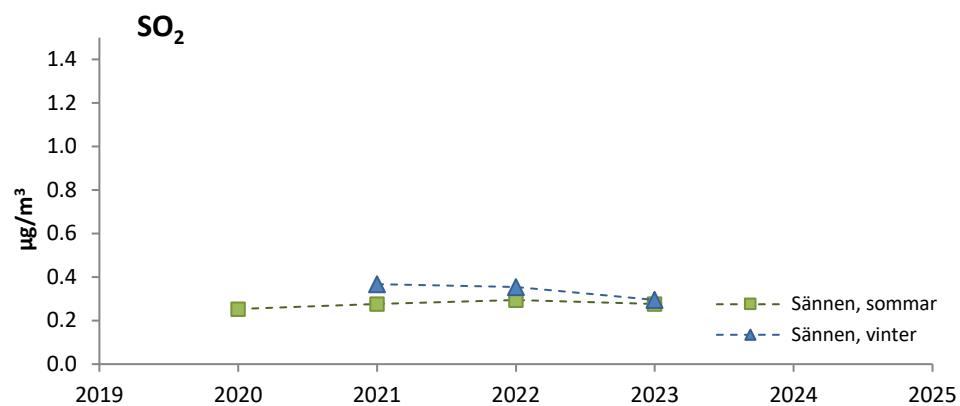
Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävededfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Vid låga pH uppträder aluminium som en giftig trevärd jon, som kan skada fiskar och andra vattenlevande organismer samt även skada trädens rötter. Kalkning av ytvatten och askåterföring till skogsmark är metoder som används för att motverka försurningen.

Miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* kommer inte att nås till 2030 i Blekinge, och trenden är neutral (Länsstyrelsen i Blekinge, 2024). Mark och vatten i Blekinge är fortfarande försurade, trots minskade utsläpp. Även om nedfallet fortsätter att minska kommer marken att vara försurad under lång tid framöver. Markens återhämtning går långsamt och fortsatt kalkning är nödvändig. Ytterligare åtgärder krävs för att minska utsläppen av försurande ämnen och skogsbrukets påverkan.

Svavelnedfallet är den främsta orsaken till försurningen historiskt sett, men kvävenedfall och skogsbruk har ökat i betydelse, eftersom svavelnedfallet minskat kraftigt till skillnad från kvävenedfallet, och eftersom uttaget av biomassa från skog har ökat, då skörd av grenar och toppar ökat för att tillgodose efterfrågan på förnybar energi. Av länets 900 sjöar som är större än en hektar bedrivs kalkning i 250 sjöar. Att återhämtningen går långsamt visar sig i markvattnet, där den syraneutraliserande förmågan (ANC) och pH fortfarande ligger på låga nivåer, även om det skett en signifikant ökning. Havssaltsepisoder och störningar som leder till nitrifiering innebär surstötter, vilket fördröjer återhämtningen.

3.1 Lufthalter av svaveldioxid

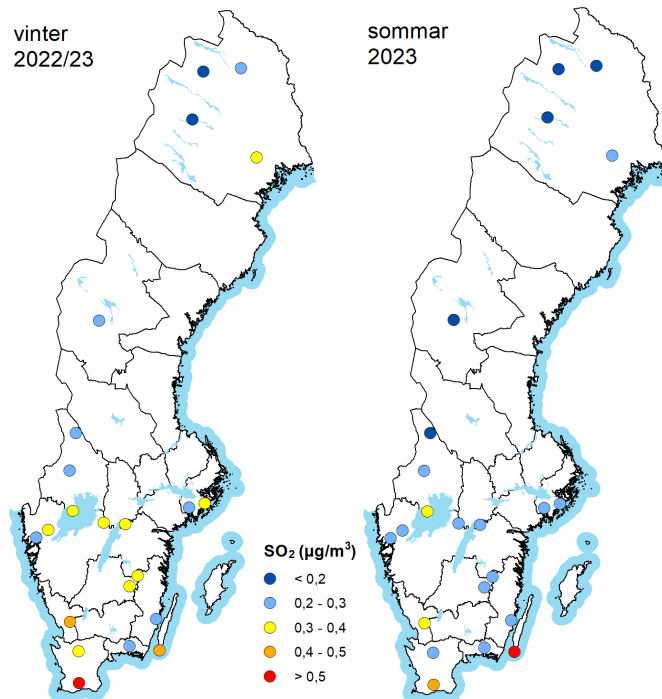
Mätningar av lufthalter utanför tätort fyller en viktig funktion för att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar. I Figur 13 visas lufthalter av kvävedioxid (SO₂) vid Sännen sedan 2020. Halterna är generellt högre vintertid än sommartid.



Figur 13. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår för Sännen sedan 2020. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Mätningarna vid Sännen ingår i det nationella miljöövervakningsnätverket SveLoD som finansieras av Naturvårdsverket.

I Figur 14 visas svaveldioxidhalterna under vinterhalvåret 2022/23 och sommarhalvåret 2023 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern 2022/23 uppmättes högst SO₂-halter vid de kustnära mätplatserna i södra Sverige, framför allt vid Stenshult på Romeleåsen i södra Skåne. Under sommaren 2023 var halterna generellt lägre, med undantag av Ottenby på södra Öland. I januari 2015 sänktes halterna av svavel i fartygsbränsle på Östersjön från 1 % till 0,1 %. Lufthaltsmätningarna av svavel inom Krondroppsnetet tyder dock på att fartygstrafiken har en fortsatt påverkan på lufthalterna vid kustnära områden i södra och mellersta

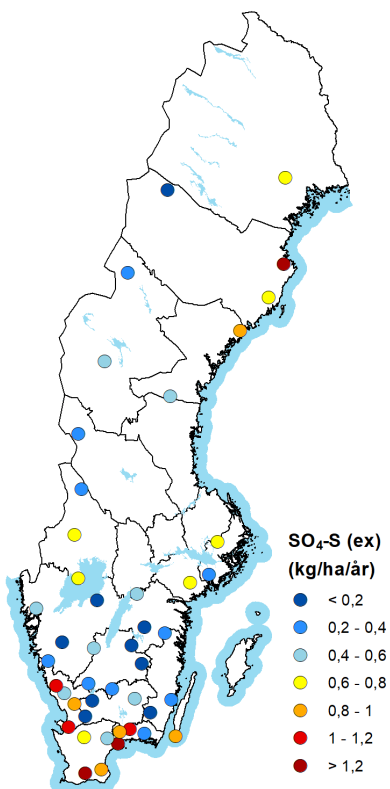
Sverige. Vid Sännen låg svaveldioxidhalterna på omkring 0,3 µg/m³, både under vinter- och sommarhalvåret.



Figur 14. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vidare visas resultat från sju mätplatser inom det nationella mätnätet SveLod (två i Västra Götalands län, en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, Norrbottens och Värmlands län). Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

3.2 Svavelnedfall

Svavelnedfallet via krondropp ger ett samlat mått på det totala svavelnedfallet till skog, inklusive både torr- och våtdeposition. Nedfallet av svavel till granskog i Sverige visas i Figur 15. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet är i sydvästra Sverige.



Figur 15. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) under 2022/23 i krondroppet vid mätstationerna inom Krondropps nätet.

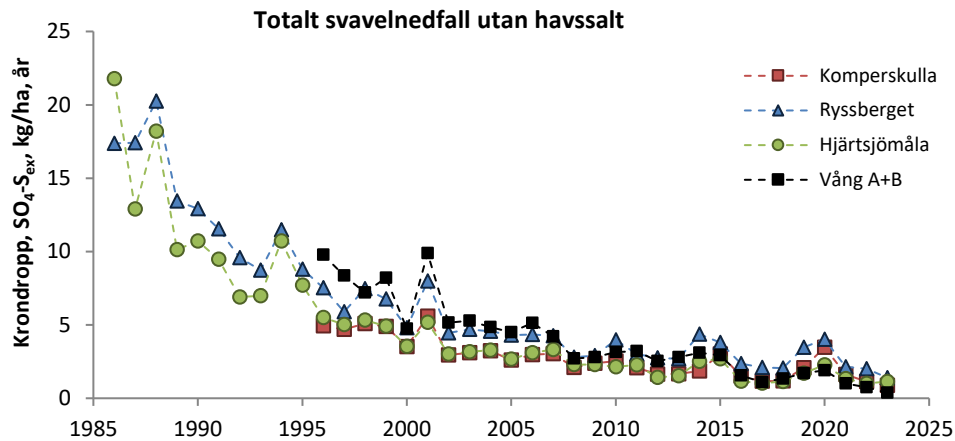
Svavelnedfallet till skogen i Blekinge har minskat kraftigt sedan mitten av 1990-talet och minskningen är statistiskt signifikant för samtliga nu aktiva skogsytor i länet (Figur 16). Under det hydrologiska året 2022/23 varierade svavelnedfallet mellan 0,4 och 1,4 kg per hektar och år vid de fyra aktiva mätplatserna i länet. Detta är en kraftig minskning från slutet av 1980-talet, då nedfallet på de två ytorna som fanns redan då, Hjärtsjömåla och Ryssberget, uppgick som högst till över 20 kg per hektar och år. Sänkningen av gränsen för tillåten svavelhalt i fartygsbränsle i januari 2015 kan vara en delförklaring till att de flesta av de senaste åren uppvisat lägre nedfall än tidigare.

Emissionerna av svaveloxider (SO_x), mätt som SO₂, har minskat med 95 % inom EU-27 + UK och med 72 % i Sverige mellan 2001 och 2021 (CEIP, 2024). Svavelnedfallet i Blekinge minskade med 44–72 % under 2000/01–2022/23, minst vid Ryssberget och mest vid Vång. Det innebär en något lägre takt jämfört med minskningarna av svavelutsläppen i Europa.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I BLEKINGE LÄN

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

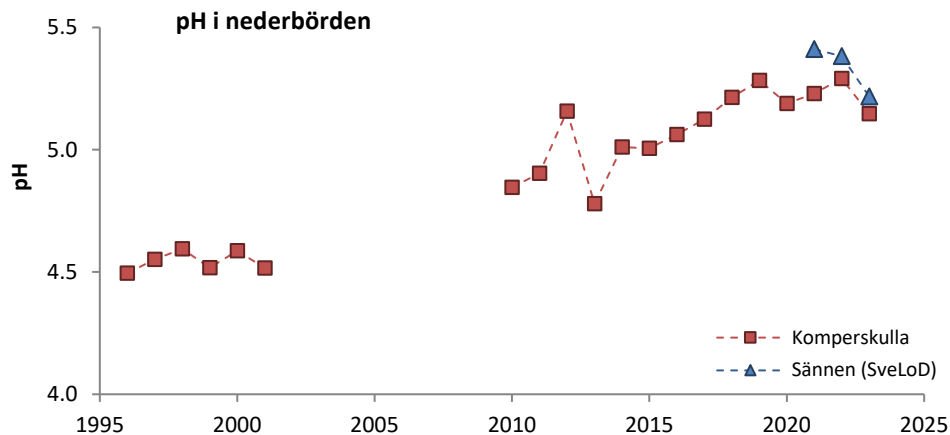
Juni 2024



Figur 16. Årligt nedfall av svavel till aktiva provytor i Blekinge län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober–september. Vång A avverkades i oktober 2016 och ersattes med en närliggande mätplats, Vång B. Analyserna av tidsserier för Vång görs utan hänsyn till denna förflyttning, eftersom flytten troligen har liten betydelse. Under 2014/15 skedde ett vulkanutbrott på Island där stora mängder SO₂ släpptes ut i atmosfären och som under vissa väderförhållanden transporterades in över Skandinavien och Finland (Hellsten m.fl., 2017).

Vid Sännen mäts endast nedfallet på öppet fält vilket i stort sett motsvarar våtdepositionen. Dock innehåller bulkdepositionen på öppet fält även en viss torrdeposition som deponerats till själva utrustningen. Under det hydrologiska året 2022/23 var svavelnedfallet med nederbörden på öppet fält vid Sännen 1,2 kg/ha, och 1,1 kg/ha vid Komperskulla, vilket är högre än det nedfall som uppmättes i krondroppet. Svavelnedfallet är nu generellt så lågt att det verkar som om träden under vissa förhållanden tar upp svavel i trädskronorna. Detta är något som kommer att utredas vidare framöver inom Krondroppsnetet.

Minskat svavelnedfall återspeglas även i ett signifikant ökat pH i nederbörden i Komperskulla (Figur 17). Under det senaste hydrologiska året var pH-värdet i nederbörden vid Komperskulla, 5,1, vilket kan jämföras med de första mätningarna på öppet fält under andra halvan av 1990-talet då pH uppmättes till 4,5–4,6. Vid Sännen var pH 5,2 under det hydrologiska året 2022/23. Sedan 2009/10 har pH-värdet i nederbörden vid Komperskulla ökat signifikant med 9 %.

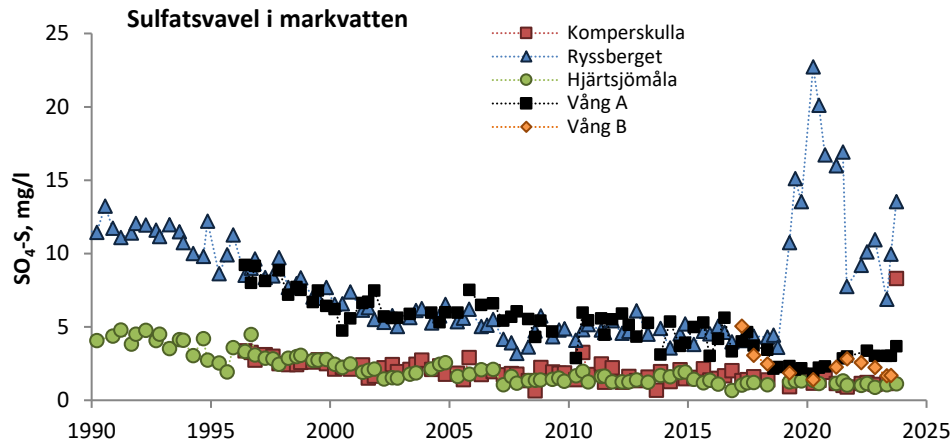


Figur 17. pH i nederbörden vid två platser i Blekinge län, Komperskulla inom Krondropps nätet och Sannen från SveLoD. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober–september. Mätningarna i Komperskulla pausades i december 2001, och återupptogs i juni 2009.

3.3 Försurningen i markvattnet

Markens försurningsgrad och hur den förändras över tid beror till stor del på svavelnedfallet och hur det förändras över tid, tillsammans med markens förmåga att motstå försurning, vilket främst påverkas av hur snabbt vittring sker. I kväverika jordar kan överskott av kväve också bidra till försurning. Temporära försurningseffekter kan uppstå till följd av episoder av havssalt som leder till utbyte av joner, samt olika typer av markstörningar som ökar halten av löst organiskt kol i marken, vilket också påverkar försurningsgraden (Akselsson m.fl., 2013). På längre sikt påverkar även skogsbruket markvattnets försurningsstatus genom uttag av biomassa från skogen (Akselsson & Belyazid, 2018; Akselsson, m. fl. 2021). Till exempel, när grenar och toppar (grot) tas bort, förs buffringskapacitet bort, vilket minskar möjligheterna till återhämtning. Dock går dessa effekter inte att påvisa inom ramen för Krondropps nätet, eftersom det skulle kräva mycket längre tidsserier.

Det minskade svavelnedfallet återspeglas även i signifikant minskade svavelhalter i markvattnet på alla fyra platser med långa tidsserier: Hjärtsjömåla, Ryssberget, Vång A (innan avverkning) och Komperskulla (Figur 18). Ryssberget och Vång A låg på samma nivå i början av tidsserien, 10–15 mg/l, och har minskat ungefär i samma storleksordning (fram till 2018). Hjärtsjömåla och Komperskulla började på en avsevärt lägre nivå, 5 mg/l, och har minskat till omkring 1 mg/l. Skillnader i nivåer beror på olika egenskaper i marken, till exempel vad gäller sulfatadsorption.



Figur 18. Svavelhalter i markvattnet i växande skog vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Från 2019 har svavelhalterna i markvattnet varit kraftigt förhöjda i Ryssberget. Även kalium och natrium uppvisar samma kraftiga förhöjning. Detta kan inte bero på havssaltsepisoder, eftersom klorid inte uppvisar samma förhöjning, och eftersom inga närliggande platser uppvisar samma mönster. Den enda tänkbara förklaringen är därför att ytan utsatts för någon form av salt. Under 2016 anlades en mountainbike-bana i nära anslutning till ytan, och under slutet av 2018 flyttades den lite längre från mätningarna, efter beslut av Länsstyrelsen. Det är troligt att de höga svavelhalterna i markvattnet har att göra med MTB-banan. Det skulle till exempel kunna vara så att gruset som lagts på banan innehåller någon form av salt, som av någon orsak kommit i kontakt med en eller flera av lysimetrarna i samband med flytten. Än så länge har inte pH eller ANC påverkats märkbart.

Mätplatsen vid Komperskulla uppvisar ett högt värde (8,3 mg/l) för svavelhalterna i markvattnet under hösten 2023, vilket avviker kraftigt från de tidigare värdena i mätserien. Ett flertal andra parametrar i markvattnet är också förhöjda, exempelvis Ca, Mg, Na, K, pH och ANC (vissa av dessa parametrar visas ej här). En tidigare mätning under våren 2023 visade förhöjda halter av nitrat- och ammoniumhalter i markvattnet. En möjlig förklaring till dessa förändringar i markvattnet kan vara att det har skett någon form av störning i marken, och kan möjligtvis vara kopplad till stormen Otto som drog in över Blekinge i februari 2023. Framtida mätningar får visa om svavelhalterna i markvattnet vid Komperskulla kommer att vara fortsatt förhöjda och förhoppningsvis ge oss fler ledtrådar om vad som kan ha orsakat dessa förhöjda halter av svavel i markvattnet.

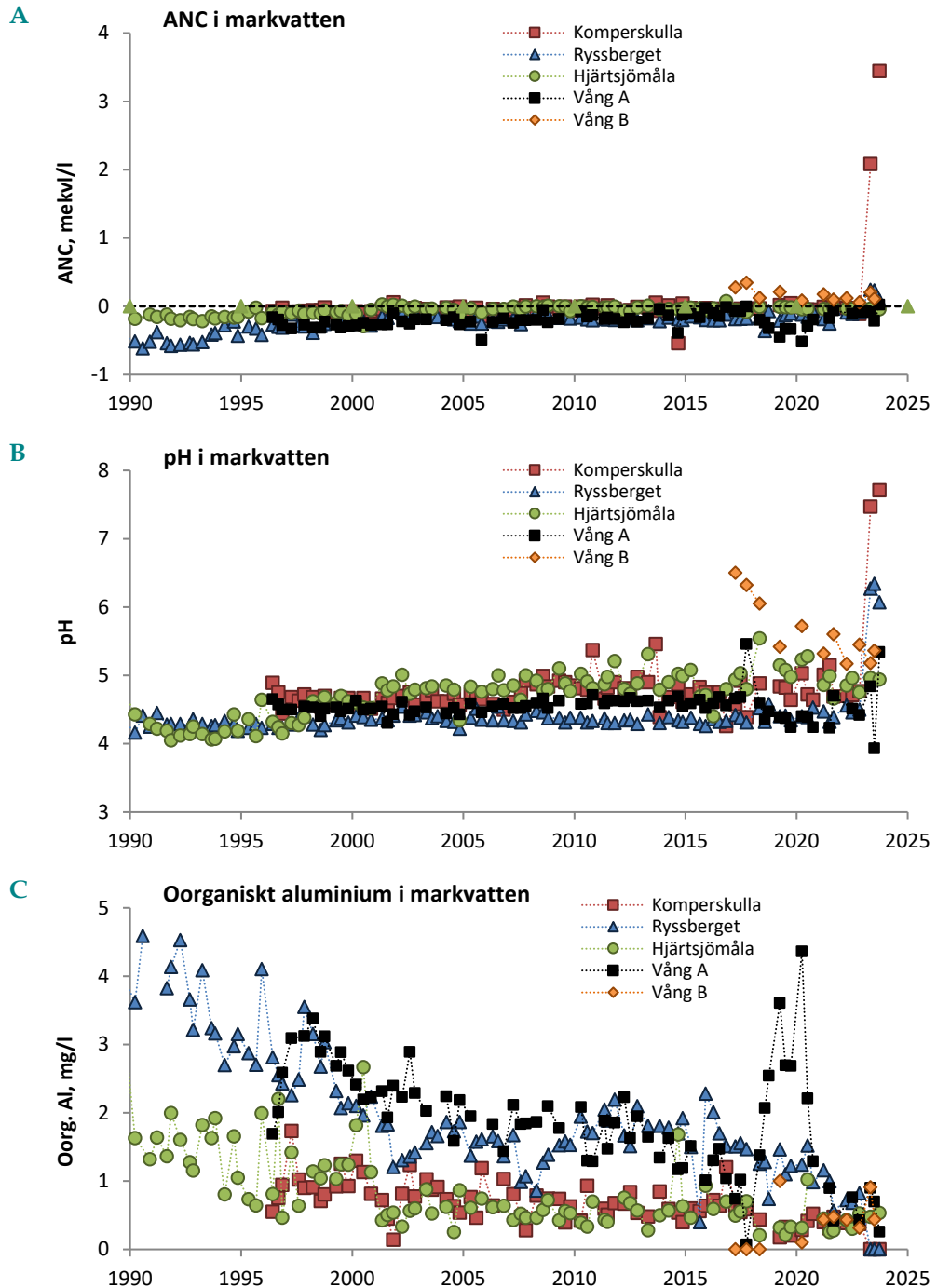
pH är ett av de mått som kan användas för att följa markvattnets återhämtningsförlopp efter försurning. Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan

anses försurat beror till viss del på jordens mineralinnehåll i området, halterna av organiska ämnen m.m. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet, medan pH 4,4–5,5 innebär måttlig surhet. Fortplantning av öring kräver sjövattnet med pH >6 och mört >5,5. Även markvattnets ANC (syraneutraliserande förmåga) används för att följa markvattnets återhämtningsförlopp. Ett negativt värde på ANC innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i markvattnet. Halterna av toxiskt, oorganiskt aluminium ökar vid ett lågt pH och kan därför användas som ett mått på försurningspåverkan.

På alla fyra ytor med långa tidsserier har den minskade svavelbelastningen även lett till signifikant ökat pH och ANC, och signifikant minskad halt oorganiskt aluminium (Figur 19 A–C), med undantag av Vång A, där pH har stigit de senaste åren som en konsekvens av avverkningen år 2016. Detta visar att det sker en återhämtning i länets skogar, men det går långsamt, och markvattnet är fortfarande kraftigt försurat i de flesta fall, samt att skogsbruket får effekt på återhämtningen. Mätserien vid Vång B är ännu för kort för att dra några slutsatser om statistiska förändringar.

Som beskrivits ovan, påverkas pH i markvattnet av en mängd olika faktorer. Ett mer robust mått på försurning är markvattnets ANC. För att markvattnet ska bidra till en återhämtning från försurning i sjöar och vattendrag måste ANC ha ett värde som är klart större än noll.

För samtliga platser var ANC under noll i början av mätserien (Figur 19A). De platser med högst svavelbelastning, Ryssberget och Vång A, uppvisade även lägst ANC, och de var under noll även i slutet av mätperioderna (fram till innan avverkning i Vång A). I Hjartsjömåla och Komperskulla har dock ANC stigit till omkring noll. Ett ANC på noll innebär dock fortfarande att vattnet som lämnar rotzonen inte har någon buffrande förmåga. Den nya ytan Vång B utmärker sig med ANC tydligt över noll, vilket indikerar bättre markförhållanden. Vid Komperskulla var ANC och pH högt under de senaste två mätningarna, vilket troligtvis beror på någon form av störning i marken.

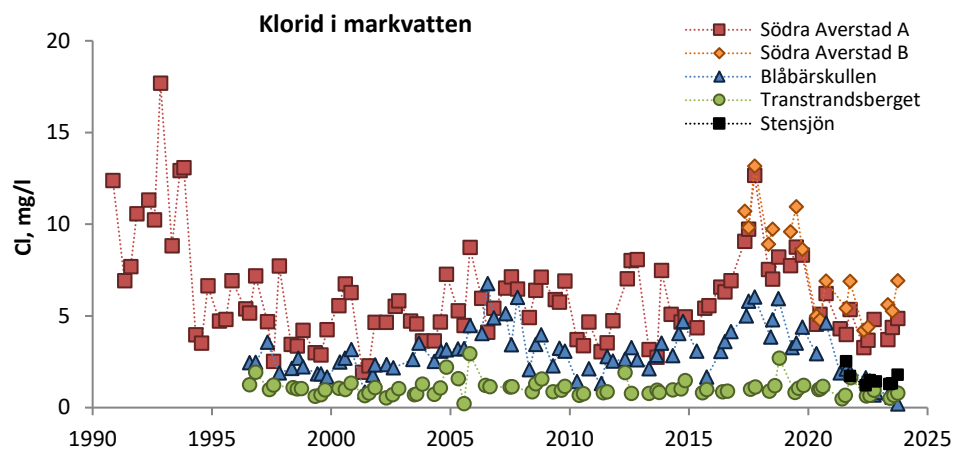


Figur 19. ANC (den syraneutraliserande förmågan) (A), pH (B) och oorganiskt aluminium (C) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen.

Markvattnets pH har precis som ANC varit mycket lågt i Ryssberget och Vång A, under tidsserierna (Figur 19B). Vid Ryssberget noterades dock höga pH värden under det senaste hydrologiska året, med pH-värden över 6,0 jämfört med 4,6 som högst sedan tidigare. Vi vet inte vad detta kan bero på, men kommande mätningar får visa om dessa höga värden är bestående, eller bara en tillfällig företeelse. Även Komperskulla uppvisade höga pH-värden (> 7,4) under det senaste hydrologiska året. Vid Hjärtsjömåla har pH varierat mycket de senaste åren, mellan 4,5 och 5,0 vid de flesta mättillfällena, men oftast närmre 5,0.

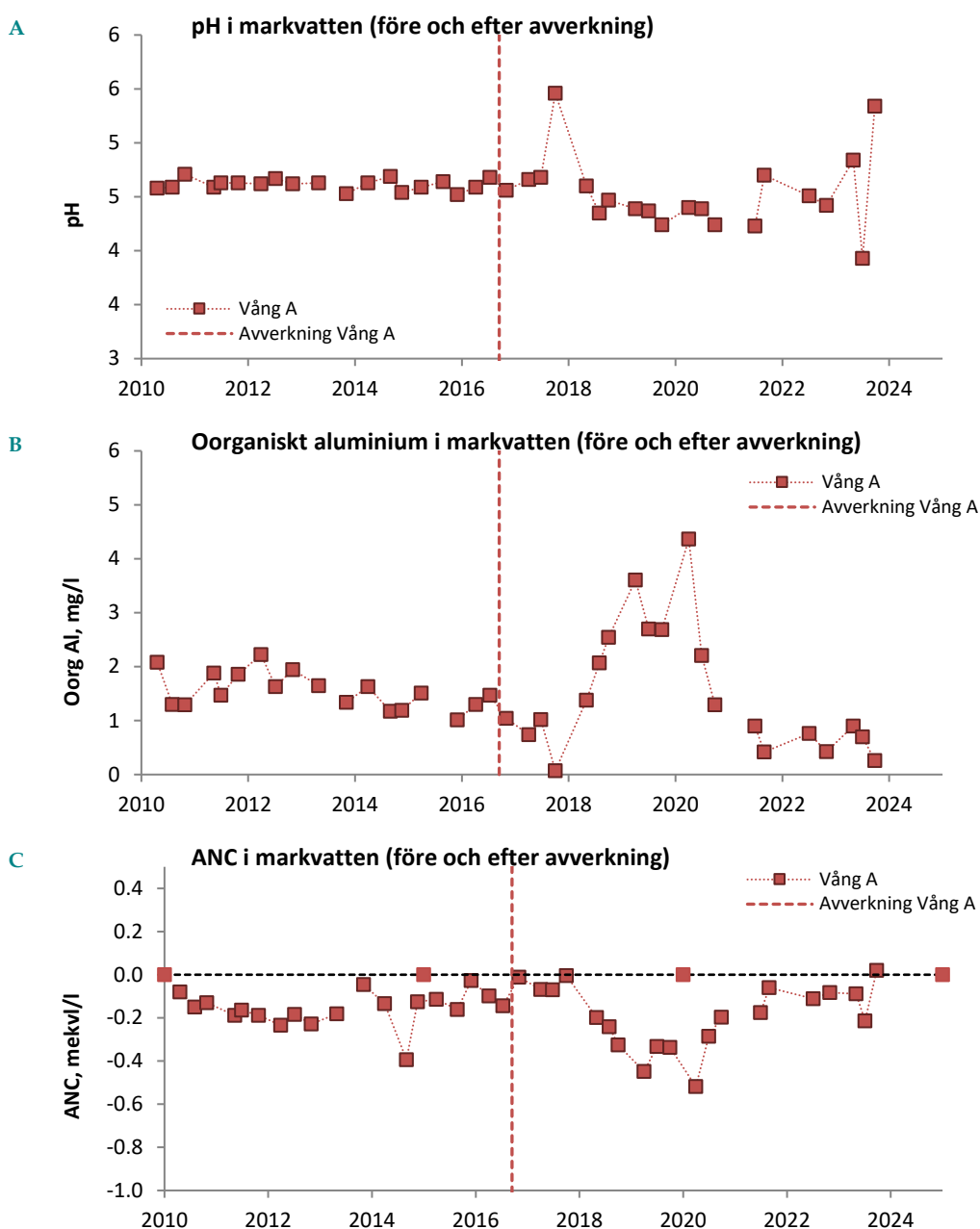
I enlighet med resultaten för ANC och pH har halten oorganiskt aluminium varit högre i Ryssberget och Vång A jämfört med Hjärtsjömåla och Komperskulla under tidsserien (Figur 19C), men numera är halterna lägre än 1 mg/l vid samtliga ytor. Vid Vång B har förhållandena varit annorlunda än på övriga platser, med högt ANC och pH.

Havssaltepisoder har påverkat tidsutvecklingen för försurningsparametrarna i viss utsträckning. Klorid kan användas som en indikator för havssaltepisoder, och tidsutvecklingskurvorna för klorid visar på två episoder, den första mellan 1990 och 1995, och den andra omkring 2017 (Figur 20). Den första episoden ger tydligast effekter på försurningsparametrarna, med lägre pH och högre halt oorganiskt aluminium i Komperskulla samt lägre ANC och högre halt oorganiskt aluminium i Ryssberget.



Figur 20. Halter av klorid i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen.

Avverkningen vid Vång A, som följdes av kraftig nitrifiering och därmed höga nitratkvävehalter i markvattnet (Figur 11), ledde till en försurningsepisod i markvattnet, med en pH-sänkning, ANC sänktes ner till -0,5 och halter av oorganiskt aluminium på upp till 4,4 mg/l (Figur 21). Detta visar hur stor effekt kväve kan ha på försurningen om det inte tas upp av vegetationen, och understryker betydelsen av ett fortsatt högt upptag av kväve i växande skog.



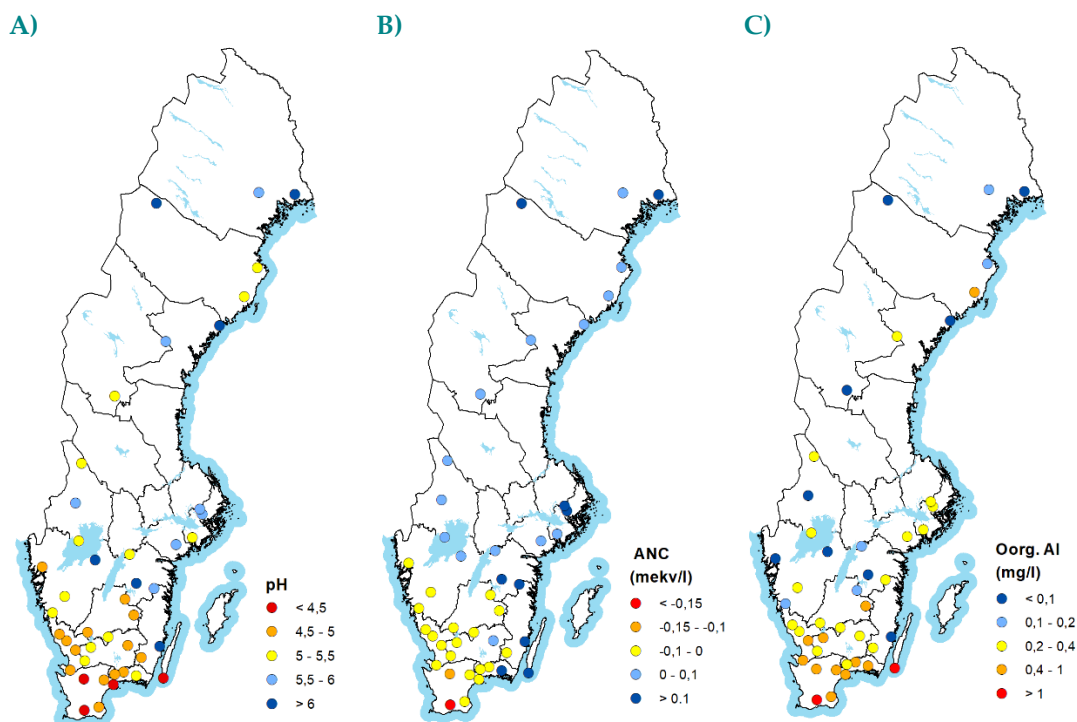
Figur 21. Avverkningens betydelse på markvattnet vid Vång A. pH i markvattnet (A), Oorganiska aluminium i markvattnet (B) och ANC i markvattnet (C). Ytan avverkades i oktober 2016, vilket visas med röd streckad linje i figurena.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I BLEKINGE LÄN

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

Juni 2024

Markvattnets försurningsstatus varierar i landet, med generellt lägre pH och ANC samt högre halter oorganiskt aluminium i de södra delarna än i de norra, i enlighet med svavelnedfallsgradienten, även om det finns lokala variationer inom regionerna (Figur 22). Markvattnets pH, som median för åren 2021–2023, varierade över landet mellan 3,9 och 7,0, ANC mellan -0,18 och 0,45 och halten oorganiskt aluminium uppgick som högst till 2,3 mg/l. Blekinge tillhör de län i landet där markvattnet är mest försurningspåverkat, tillsammans med mätplatser i Skåne, Halland, Kronoberg, Kalmar och Jönköpings län, på grund av ett högt svavelnedfall under flera decennier i denna del av landet. Variationen inom länet på de fyra mätplatserna är dock stor, med pH mellan 4,5 och 5,3 och ANC mellan -0,08 och 0,11. Ryssberget är den plats som uppvisade lägst pH och ANC, medan högst pH och ANC uppmättes vid Vång B. Högsta halten av oorganiskt aluminium uppmättes vid Ryssberget, 0,7 mg/l.



Figur 22. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2021–2023). ANC i avrinnande vatten bör vara betydligt över noll för att motverka försurning i vattendrag och sjöar. Ytor med färre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats är ej inkluderade.

4 Aktuellt och notiser

4.1 Ny webbplats för Krondroppsnetet

Under 2024 uppdateras Krondroppsnetets webbplats. Den får ett nytt utseende och delvis förändrade funktioner. Vi hoppas att detta kommer att underlätta för att hitta data, information och rapporter. Det kommer även fortsatt att finnas en speciell inloggning för provtagare med information/filmer om till exempel hur provtagningen ska ske. Adressen till den nya uppdaterade webbplatsen kommer att vara samma som tidigare, dvs: <http://www.krondroppsnetet.ivl.se/>.

4.2 Byte av analysmetod för organiskt kväve

Organiskt kväve har beräknats inom Krondroppsnetet sedan mätningarna startade, med hjälp av analyser av reducerat kväve med Kjeldahl-metoden (Kjeldahl, J. (1883); SS-EN 25663). Det organiska kvävet är bundet till organiskt material, och därmed inte lika direkt tillgängligt för upptag till träd och andra växter, men det kan genomgå biokemiska processer och därigenom bli tillgängligt för växtupptag (Näsholm m.fl., 2009). Organiskt kväve är också en viktig komponent i markvattnet och i avrinningen från skogsmark. Kvantifiering av denna kväveform behövs därmed för att kunna göra kompletta kvävebalansberäkningar. Den pågående klimatförändringen gör att det är viktigt med kontinuerliga mätningar. Ändrad temperatur och förändrade nederbördsmonster kan påverka markens förmåga att binda kol och kväve, vilket resulterar i förändrade koncentrationer av organiskt kol och kväve i markvatten och avrinnande vatten. Dessa förändringar kan i sin tur ha konsekvenser för kolinbindning i skogsekosystemet och potentiellt påverka uppfyllandet av miljökvalitetsmålen för *Ingen övergödning* och *Bara Naturlig försurning*.

Vid analys med Kjeldahl-metoden omvandlas kväveföreningar av biologiskt ursprung, såsom aminosyror, proteiner och peptider, till ammoniak som sedan analyseras fotometriskt. Resultaten blir Kjeldahl-kväve (Kj-N) som omfattar allt kväve i reducerad form, det vill säga organiskt bundet kväve, samt det ammoniumkväve som fanns från början. Genom att subtrahera uppmätt ammoniak från Kj-N ges ett värde på organiskt kväve. Totalt oorganiskt och organiskt N erhålls genom att addera Kj-N med nitrit- och nitratkväve. Den största nackdelen med Kj-N-analysen är att kemikalierna som används i analysen är mycket starka syror som används vid höga temperaturer, vilket har en negativ påverkan på arbetsmiljön och omgivningen.

Under 2023 slutade laboratoriet på IVL att göra analyser av Kjeldahlkväve, då ett värmeblock som behövdes för analysen gick sönder. Det fanns inga andra laboratorier i Sverige eller Europa som gjorde Kj-N-analys som proverna kunde skickas till, då samtliga andra laboratorier hade bytt metod till att analysera totalkväve (TN) i stället (SS-EN ISO 20236:2021). Detta, i kombination med ovan nämnda arbetsmiljöproblem, gjorde att vi även inom Krondropps nätet bytte metod till TN-metoden. Vid analys av TN görs analyserna i stället genom katalytisk oxidation och de bildade kväveoxiderna detekteras genom kemiluminiscens. Precis som med Kj-N kan TN användas för att beräkna organiskt kväve, men i detta fall behöver man dra bort både ammoniumkväve och nitrat- och nitritkväve (där nitritkväve vanligen inte finns i några signifikanta koncentrationer i närvaro av syre).

En nackdel med att byta metod är att det innebär en ökad osäkerhet vid analys av tidsserier, då metoderna kan ge lite olika resultat även när båda analyserna körs på samma prov. SLU undersökte om de båda metoderna gav systematiska skillnader när de bytte metod på sitt laboratorium, och såg att den nya metoden gav något lägre värden vid låga halter, men att det inte var några systematiska skillnader vid halter högre än 3 mg/l (Wallman m.fl., 2009). Vid tolkningen av resultaten och vid trendanalys kommer detta att beaktas framgent inom Krondropps nätet.

4.3 Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens, november 2023

Den 21–22 november 2023 gick Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens av stapeln, i Gardemoen, Norge. Konferensen anordnas vanligen vartannat år av Miljødirektoratet i Norge och Havs- och Vattenmyndigheten (HAV). Cecilia Akselsson representerade Krondropps nätet på konferensen och höll två föredrag, ett om Krondropps nätet och ett om skogsbrukets försurningspåverkan. I föredraget om Krondropps nätet presenterade Cecilia bland annat trender för svavel- och kvävenedfall, den långsamma återhämtningen av markvattenkemin och dess känslighet för störningar. I det andra föredraget presenterade hon indikatorn för skogsbrukets försurning som bygger på ”kritiskt biomassauttag”, resultat för de senaste indikatoruppföljningarna, samt resultat från en studie där kritiskt biomassauttag jämförs med ANC i markvattnet på 26 Krondroppsytor (Akselsson m.fl., 2021). I diskussionerna efteråt blev det tydligt att Krondropps nätet är unikt i och med det stora antalet mätplatser och de långa tidsserierna. En synpunkt framkom även från norskt håll om att en indikator för försurning från skogsbruk borde övervägas även i Norge.

4.4 Krondroppsnetet bidrar till en nyutkommen bok om atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på skog

Atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på ekosystemen behandlas på en global skala i en nyutkommen bok, med professorerna Enzai Du från Kina och Wim de Vries från Nederländerna som redaktörer. Boken innehåller kapitel om mätningar och modellering av kvävenedfall, biokemisk och ekologisk påverkan på främst skogsekosystemen samt kvävenedfallets betydelse för skogsbruk. I bokens olika kapitel citeras ett flertal vetenskapliga artiklar där Krondroppsnetet har bidragit. Mätningar och olika sammanställningar som tas fram inom Krondroppsnetet bidrar till att öka kunskaperna kring hur kvävenedfallet påverkar skogsekosystemen globalt.

Bok: Atmospheric Nitrogen Deposition to Global Forests - Spatial Variation, Impacts, and Management Implications. Redaktörer: Enzai Du och Wim de Vries. Academic Press, ISBN: 978-0-323-91140-5.

4.5 Världens största skogskonferens - IUFRO-konferensen - till Stockholm 2024

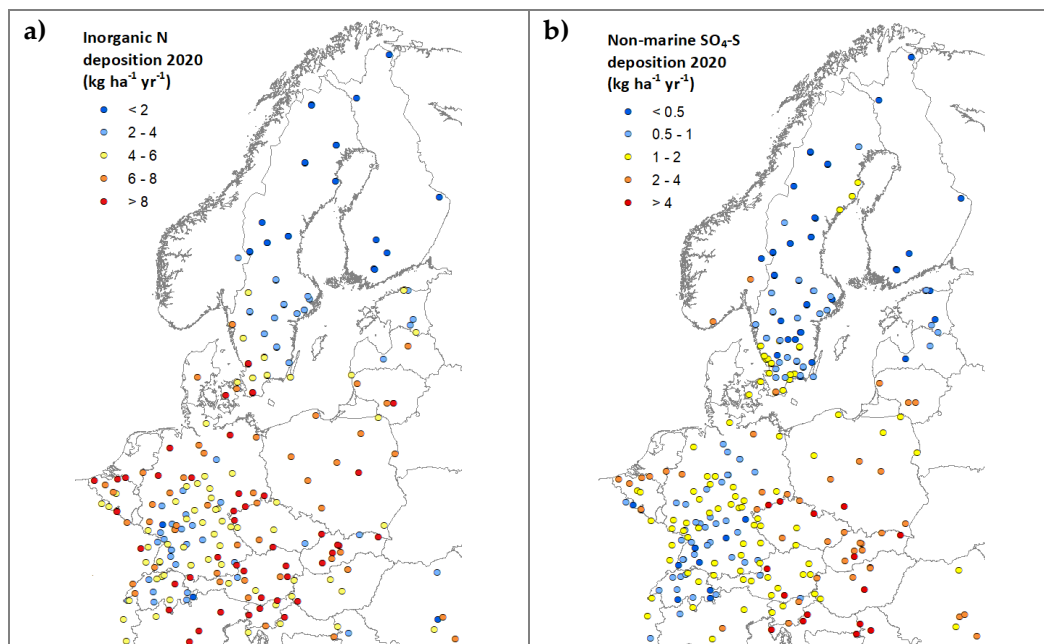
23–29 juni 2024 pågår den 26:e IUFRO World Congress i Stockholm. IUFRO World Congress är en av de största globala skogskonferenserna och den har hållits ungefär vart femte år sedan 1893. Kongressen samlar ledande forskare och toppledare från hela världen för att bidra, diskutera och samverka för en hållbar framtid inom skogsbruk, klimat och samhälle. Sverige är värd för konferensen i nära samarbete med de nordiska och baltiska länderna.

Under konferensen kommer deltagare från Krondroppsnetet vara på plats och presentera resultat från mätningarna inom Krondroppsnetet:

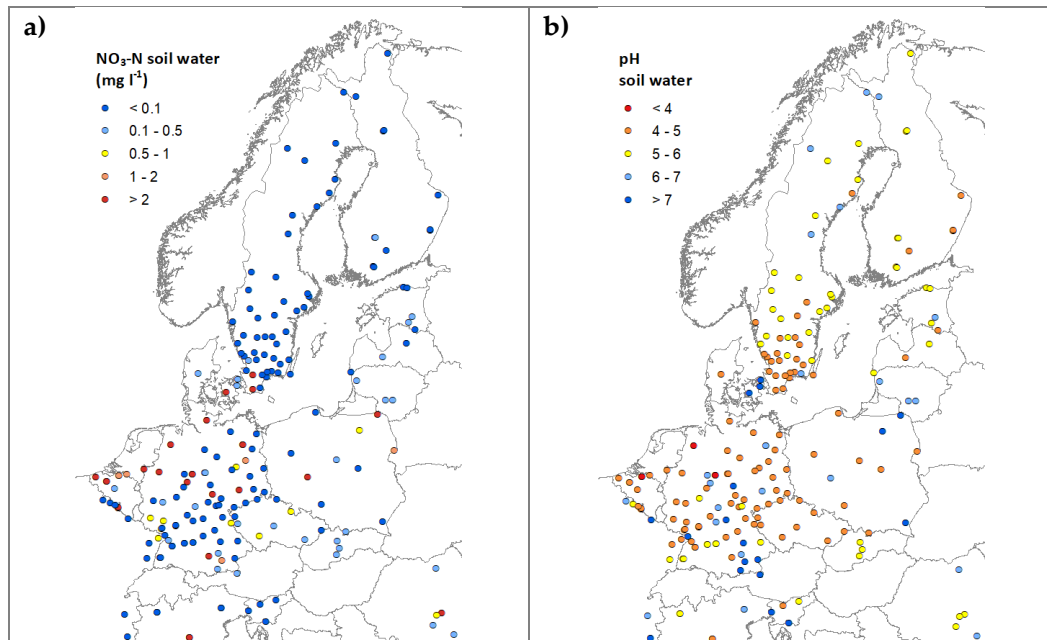
- I en poster presenteras resultat från beräkningar av det totala nedfallet av kväve till barrskogar i Sverige under en 20-årsperiod, 2002–2022.
- I ytterligare en poster beskrivs hur en slutavverkning av en granskog i anslutning till krondroppsytan Storskogen i Västra Götalands län ger upphov till en kraftigt ökad export av nitratkväve i avrinningen från det avverkade området.
- I en tredje poster visar vi variationen i nitrat i markvattnet efter störningar, främst i form av avverkning, från ett 10-tal krondroppsytor i en kvävedepositionsgradient över Sverige.

4.6 Europeisk jämförelse av mätresultat

I samband med att en ny artikel togs fram om resultaten inom Krondroppsnetet, se stycke 4.10.1 nedan, gjordes en europeisk jämförelse av 2020 års data för kvävenedfallet via nederbörden och svavelnedfallet som krondropp, Figur 23a-b. Det gjordes även en jämförelse av medianvärdet under 2016–2018 för $\text{NO}_3\text{-N}$ och pH i markvattnet, Figur 24a-b. Jämförelserna illustrerar att Sverige ligger i en gradient av svavel- och kvävenedfall, från de kraftigt belastade områdena i kontinentala Europa till de mindre belastade områdena i norra Fennoskandia. Även inom det kontinentala Europa finns vissa mindre belastade områden. Problem med högt kvävenedfall är jämnt fördelat i det kontinentala Europa, medan högt svavelnedfall främst kvarstår i de östra delarna. Följdverkningarna av svavelnedfallet i form av låga pH-värden i markvattnet finns dock kvar även i västra Europa.



Figur 23. (a) Nedfall av oorganiskt kväve (N) via nederbörden under 2020 och (b) Nedfall av sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) utan havssalt under 2020. Data för Sverige kommer från Krondroppsnetet och data för resten av Europa kommer från ICP Forests (<http://icp-forests.net>).



Figur 24. (a) Nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvatten (medianvärde 2016–2018), samt (b) pH i markvatten (medianvärde 2016–2018). Data för Sverige kommer från Krondroppsnätet och data för resten av Europa kommer från ICP Forests (<http://icp-forests.net>). Markvattendata från ICP Forest utgörs av medianen för det specifika året och provtagningsdjupet varierar mellan 40-90 cm. Markvattendata från Krondroppsnätet i diagrammen utgörs av medianen för 2016–2018 och provtagningsdjupet är 50 cm.

4.7 Skärpt lagstiftning för renare luft i Europa

I februari 2024 togs ett viktigt steg för renare luft och förbättrad folkhälsa i Europa. Enligt en ny överenskommelse inom EU ska nya gränsvärden för luftkvalitet uppfyllas senast 2030.

Luftföroreningar orsakar såväl ohälsa som allvarlig sjukdom i Sverige, övriga Europa och världen över. Trots att regelverk funnits i många år är det fortfarande en lång bit kvar tills alla invånare i Europa har god luftkvalitet.

EU-parlamentet och ministerrådet har nu tagit ett första steg och nått en preliminär överenskommelse kring ett nytt luftkvalitetsdirektiv. Den slutliga omröstningen inom EU-parlamentet kommer troligen genomföras under hösten av det nya parlamentet.

Överenskommelsen innebär att nya gränsvärden för luftkvalitet ska genomföras och uppfyllas senast 2030. Överenskommelsen innehåller även möjlighet att ge förlängd tid för att nå de nya gränsvärdena, till år 2040, men även under denna tid behöver länderna arbeta aktivt med att förbättra luftkvaliteten.

När direktivet antas formellt startar en två år lång genomförandeperiod då respektive medlemsland ska föra in direktivets bestämmelser i sin nationella lagstiftning. Det nuvarande luftkvalitetsdirektivet är i Sverige genomfört genom miljöbalken, luftkvalitetsförordningen och Naturvårdsverkets föreskrifter.

En annan viktig del i överenskommelsen är att tillgång till rättslig prövning skrivs in i direktivet. Det finns dessutom skrivningar om att allmänheten ska kunna begära kompensation om de lider skada av att direktivet inte följs.

Vart femte år ska kommissionen se över om det är dags att revidera direktivet, exempelvis om det finns anledning att sänka gränsvärdena ytterligare. Översynen kan även visa på att gränsvärden borde finnas för fler luftföroreningar.

4.8 Miljötilståndet i Jämtlands fjällvärld

Inom Krondroppsnetet genomförs mätningar på hög höjd i Jämtlands fjällvärld. Under 2023 har Länsstyrelsen i Jämtlands län tagit fram en sammanställning över miljötilståndet i fjällen för Jämtlands län. Syftet med rapporten var bland annat att öka kunskapen och ge en samlad bild över den bredd av miljödata som kan användas för att beskriva miljötilståndet i fjällområdet. De faktablad som tagits fram och presenteras i rapporten bygger på resultat från regional och nationell miljöövervakning, olika inventeringar, uppföljningar och andra undersökningar som görs av fjällområdets vatten-, luft-, och landmiljöer. Krondroppsnetets mätningar på hög höjd har bidragit till detta.

Rapporten kan nås via följande länk:

<https://catalog.lansstyrelsen.se/store/35/resource/148>

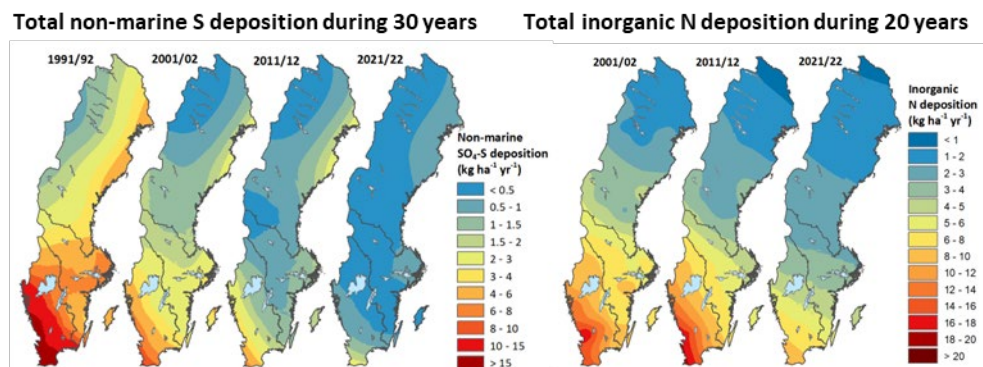
4.9 Luftvårdsförbund i sydost har ny gemensam webbplats

Luftvårdsförbunden i sydöstra Sverige: Jönköpings län, Kalmar län, Kronobergs län och Östergötlands län har en ny gemensam webbplats från och med mars 2024. Adressen till nya webbplatsen är: www.luftvardsforbundet.se. På webbplatsen finns bland annat information och rapporter om/från mätningarna inom Krondroppsnetet.

4.10 Vetenskapliga artiklar där resultat från Krondroppsnetet använts

4.10.1 Ny artikel från Krondroppsnetet

I januari 2024 publicerades en ny "basartikel" om Krondroppsnetets mätningar "Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen". Den behandlar främst resultaten från de 25 hydrologiska åren mellan 1996/97 och 2021/22. Den grafiska sammanfattningen från artikeln finns nedan, Figur 25.



Figur 25. Kartor med tio års mellanrum över totalt svavelnedfall utan havssalt (non-marine S) under en 30-årsperiod 1991/92–2021/22 samt totalt oorganiskt kvävenedfall (N) under en 20-årsperiod.

Sex viktiga slutsatser från artikeln var:

- Svavel- och kvävenedfallet i södra Sverige minskade i linje med minskade utsläpp i Europa och Sverige. I norra Sverige minskade nedfallet i mindre utsträckning än utsläppen.
- Nedfallet på öppet fält av $\text{NO}_3\text{-N}$ minskade mer än $\text{NH}_4\text{-N}$ i södra Sverige, vilket stämmer överens med de betydligt större utsläppsminskningarna för NO_x jämfört med NH_3 .
- Svavelkoncentrationerna i markvattnet har minskat kraftigt under 25-årsperioden men i mindre utsträckning än svavelnedfallet.
- pH och ANC i markvattnet visar på att en återhämtning från försurning sker, men att den är långsam.
- Vid platser med låg ANC och lågt pH i markvattnet i början av tidsperioden var ökningen av ANC generellt större och ökningen av pH mindre. Men vid platser med högt pH och ANC över noll i markvattnet var ökningen av pH dominerande, vilket är i linje med det icke-linjära förhållandet mellan pH och ANC i markvattnet.

- Inga förändringar i frekvensen av förhöjda halter av NO₃-N i markvattnet kunde påvisas under 35-årsperioden 1985/86 till 2021/22.

Referens: Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E. 2024.

Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen. Science of the Total Environment 913, 169734.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169734>

4.10.2 Påverkan på årlig stamtillväxt vid krondroppsytor

Trädens årliga stamtillväxt påverkas av ett stort antal olika faktorer, både i den omgivande miljön och internt inom trädet. I en studie finansierad av Naturvårdsverket genom forskningsprogrammet "Swedish Clean Air and Climate Research Program", SCAC, undersökte man vilka faktorer som är viktiga för den årliga stamtillväxten hos granskog vid 17 olika krondroppsytor i södra delen av Sverige. Man tog borrhärdor och analyserade stamdiametertillväxten under 23 år, 1990 – 2013, och jämförde med olika årliga meteorologiska faktorer, växtsäsongens längd, markvattentillgång, kvävenedfall, samt exponeringen för marknära ozon. Den statistiska analysen visade att den enda faktor som man med säkerhet kunde konstatera påverkade stamtillväxten negativt var en minskad tillgång på vatten i marken. Det fanns dock relativt starka indikationer på att ett ökat kvävenedfall kunde påverka stamtillväxten positivt, liksom även en ökad temperatur. För övriga faktorer kunde man inte konstatera någon påverkan. Variationen vad gäller årlig stamtillväxt hos individuella träd är mycket stor, och därför krävs det ett mycket stort datamaterial för att påvisa små effekter på tillväxten.

Referens: Karlsson P.E., Pleijel, H., Fowler, P., Farahat, E.A., Hans W. Linderholm, H.W., Engardt, M., Andersson, C. 2023. *Stem growth of Norway spruce in south Sweden in relation to soil moisture, nitrogen deposition, ozone exposure and meteorological variables. Forest Ecology and Management 549, 121455.*

4.10.3 Vilken roll spelar pollen i krondropp?

Effekterna av trädpollen på nederbördens kemin är inte helt klarlagda, och detta kan leda till felaktiga tolkningar av nedfallet av olika ämnen i europeiska skogar. I denna artikel undersöktes sambandet mellan depositionen i krondropp och den säsongsberoende pollenkoefficienten (SPIn). Krondropp mättes årligen mellan 1990 och 2018 i två månader under huvudpollensäsongen vid 61 brukade bestånd av bok, ek, tall och gran, som ingår i ICP Forest samt Krondropps nät. SPIn för det dominerande

trädsläktet mättes vid 56 närliggande platser. Pollens nettobidrag till krondroppet uppskattades i undersökningen.

I bok och granbestånd (där träden inte blommar mycket varje år), påvisades ett positivt samband mellan SPIn och kalium (K), ammoniumkväve (NH₄-N), löst organiskt kol (DOC) och löst organiskt kväve (DON) i krondropp. För bok påvisades ett negativt samband mellan SPIn och nitratkväve (NO₃-N) i krondropp. I ek och tallbestånd (där träden blommar mycket varje år) var SPIn mer konstant och hade ingen tydlig koppling till krondroppet.

Sammantaget bidrog pollen i genomsnitt med cirka 4–11 % till det årliga krondroppet av K > DOC > DON > NH₄-N, med högst bidrag i ek > bok > tall > granbestånd. Trädpollen påverkade krondroppets oorganiska kväveflöden både kvalitativt och kvantitativt, genom att fungera som en källa till ammoniumkväve och en sänka för nitratkväve. Slutsatsen av studien var att pollen tycks spela en mer komplex roll i näringscykeln än vad man tidigare trott.

Referens: Verstraeten, A., Bruffaerts, N., Cristofolini, F., Vanguelova, E., Neiryneck, J., Genouw, G., De Vos, B., Waldner, P., Thimonier, A., Nussbaumer, A., Neumann, M., Benham, S., Rautio, P., Ukonmaanaho, L., Merilä, P., Lindroos, A.-J., Saarto, A., Reiniharju, J., Clarke, N., Timmermann, V., Nicolas, M., Schmitt, M., Meusburger, K., Kowalska, A., Kasprzyk, I., Kluska, K., Grewling, L., Malkiewicz, M., Vesterdal, L., Ingerslev, M., Manninger, M., Magyar, D., Titeux, H., Pihl Karlsson, G., Gehrig, R., Adriaenssens, S. Ekeboom, A., Dahl, Å., Ferretti, M. & Gottardini, E. Effects of tree pollen on throughfall element fluxes in European forests. 2023. *Biogeochemistry* 165, 311–325. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01082-3>

4.10.4 Hur bidrar nitrifikationen i trädkronorna till skogens kvävecykel?

Guerrieri m.fl. (2024) har genomfört en studie om betydelsen av mikrobiellt driven nitrifikation i trädkronorna. Studien genomfördes på 10 skogsområden i Europa under augusti-oktober 2016, varav krondroppsytan Höka (tall) i Östergötland var en av dessa. Studien kombinerade isotopstudier med genetiska analyser för att uppskatta nitrifikationen i trädkronorna och för att identifiera mikroorganismer som kan vara involverade i denna process.

Sammanfattningsvis uppskattade Guerrieri et al. (2024) att upp till 80% av nitraten som når marken via krondropp härstammar från nitrifikation i trädkronorna. Detta motsvarar en flödes hastighet på upp till 5,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Nitrifikationen i träd-kronorna förbrukar därmed deponerat ammonium och ökar nitratbidraget till

marken. Studien visade således den omfattande biologiska omvandlingen av atmosfäriskt reaktivt kväve i trädkronorna på europeiska skogar och dess bidrag till skogens kvävecykel.

Referens: Guerrieri, R., Cáliz, J., Mattana, S., Barceló, A., Candela, M., Elustondo, D., Fortmann, H., Hellsten, S., Koenig, N., Lindroos, A.-J., Matteucci, G., Merilä, P., Michalski, G., Nicolas, M., Thimonier, A., Turrioni, S., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Waldner, P. Watanabe, M., Casamayor, E.O., Peñuelas, J. & Mencuccini, M. 2024. Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests. *Nat. Geosci.* **17**, 130–136 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01364-3>

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.

Det är inte alltid lätt att ta vattenprover vilket många av våra provtagare har fått erfaras. Nedan följer två exempel på hur det kan vara. Det första exemplet är en vinterbeskrivning från Maria Tillberg, som är en av de två, som provtar vid Transtrandsberget i norra Värmland och det andra är en beskrivning av ett radioinslag om hur Åke Jönsson vid Nikkaluokta i Norrbotten kan ha det under vintern. Stort tack för att ni delat med er av er vardag och återigen ett stort tack för allt arbete som ni alla provtagare gör under året.

Maria Tillberg: *Här kommer en liten vardagsbeskrivning från en av oss som samlar in "vattenprover". Först tog jag bilen upp på en skogsbilväg fram till "vindskyddet" på höjden. Man måste ha en 4-hjulsdriven bil på grund av all snö. Sen var det oplogat med 35 cm nysnö. På med längdskidor och spåra 3,5 km, mestadels nedför. Därefter på med snöskor och pulsa uppför berget mot provstationen. Det var säkert 90 cm snö och jag försökte gå i samma spår som förra gången. Sjönk ner ca 30-40 cm i varje spår ibland mycket mer! Uppgången tog drygt en timme. Samlade in alla "isprover" som vägde cirka 12 kg och drog de sen nedför berget på en barnpulka. Att ta sig ner tog nog ytterligare en timme. Nere*



på "vägen" bytte jag till längdskidorna, skidade tillbaka, nu mest uppför. Gick ganska långsamt i mitt tidigare uppkörda spår, nu med last på 14kg. Allt detta tog cirka 4 timmar. Sen körde jag ner till kraftledningen för att hämta "öppet fält" samt luftprover. Klockan var 17 och det var mörkt. På med pannlampa och snöskor och traskade in. Glömde stavarna så varje gång jag trampade igenom cirka 70-80 cm snö, så föll jag och det var inte lätt att komma upp! Fick till slut med mig alla prover och kom hem efter drygt 5 timmar. Vad gör man inte för vetenskapen! Och det är ju liksom ett ansvar att klara av utmaningen och inte missa någon hämtning! Forskningen "must go on". Nästa pyssel är att ta hand om påsarna så att de tinar och det tar något dygn. Sen fylla de små flaskorna med vattenprover, dokumentera, ta sig till posten och skicka iväg paketet till er. Hoppas ni uppskattar era behjälpliga "vattensamlare" ute i landet 😊.

Åke Jönsson är ytterligare en av de provtagare som ibland har jobbiga förut-



sättningar under vintern. Åke som tar prover i Nikkaluokta åt Krondropps nätet och i Akkarjåkkå åt SLU var med i ett inslag på Radio P4 Norrbotten. På deras hemsida stod: "Kyla ner mot 40 minusgrader stoppar inte miljöinspektör Åke Jönsson

från Kiruna kommun. Han hade gett sig ut på en myr mellan Nikkaluokta och Pirttivuopio för att ta prover, utan handskar, för att det är just denna dag, som just dessa prover ska tas runtom i landet. Men han var inte ledsen för det." Lyssna gärna på inslaget via följande länk: <https://sverigesradio.se/artikel/ake-samlar-in-prover-pa-myren-i-40-minus-basta-arbetsdagen>

6 Referensförteckning

- 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.
- Akselsson, C., Kronnäs, V., Stadlinger, N., Zanchi, G., Belyazid, S., Karlsson, P. E., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2021. A combined measurement and modelling approach to assess the sustainability of whole-tree harvesting. *Sustainability* 2021, 13, 2395. <https://doi.org/10.3390/su13042395>.
- CEIP. 2024. EMEP/CEIP 2024 Present state of emission data;
- 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 luftkvaliten i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014-2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2018. A bark beetle attack caused elevated nitrate concentrations and acidification of soil water in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management*, 422, 338-344.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C., Ferm, M., Hultberg H. 2019. Total deposition of inorganic nitrogen to Norway spruce forests – applying a surrogate surface method across a deposition gradient in Sweden. *Atmospheric Environment* 217, 116964. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116964.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2022. Twenty years of nitrogen deposition to Norway spruce forests in Sweden. *Science of the Total Environment* 809, 152192.
- Kjeldahl, J. (1883) "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances), *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22 (1): 366-383. https://books.google.se/books?id=6ePmAAAAMAAJ&pg=PA366&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Länsstyrelsen i Blekinge län, 2024. Regional årlig uppföljning – Blekinge län 2024. Länsstyrelsen i Blekinge län. <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning/>
- Moldan, F., Munthe, J., Hansen, K., Kyrklund, T., Akselsson, C., Fölster, J., Sverdrup, H. & Belyazid, S. 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.

- Näsholm, T., Kielland, K., Ganeteg, U., 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *The New phytologist* 182 (1), 31-48.
- Pihl Karlsson, G, Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E. 2024. Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen. *Science of the Total Environment* 913, 169734.
- SS-EN 25663 Vattenundersökningar - Bestämning av Kjeldahlnitrogen - Uppslutning med selen.
- SS-EN ISO 20236:2021 Vattenundersökningar - Bestämning av totalt organiskt kol (TOC), upplöst organiskt kol (DOC), bundet kväve (TNb) och upplöst bundet kväve (DNb) efter katalytisk oxidativ förbränning vid hög temperatur (ISO 20236:2018).
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Wallman, K. Löfgren, S. Sonesten, L. Demandt, C. From A-L. Totalkväveanalyser vid Institutionen för vatten och miljö - En genomgång av olika analysmetoder och deras betydelse för tidsserierna. SLU Uppsala: Rapport 2009:8

Bilaga. Mätplatserna i Blekinge län

Krondroppsnetet bedriver mätningar vid fem mätplatser i Blekinge län (Tabell B.1).

Tabell B.1. Aktiva mätplatser i Blekinge län 2022/23.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten
Hjärtsjömåla (K 03)	Tall		X	X
Ryssberget (K07)	Bok		X	X
Komperskulla (K11)	Bok	X	X	X
Vång (K13) A-yta	Gran*			X
Vång (K13) B-yta	Gran		X	X

* Granskogen vid K 13 A avverkades hösten 2016. Mätningarna av markvatten fortsätter.

Utöver Krondroppsnetets mätningar rapporteras även mätresultaten från mätplatsen Sännen som ingår i den nationella miljöövervakningen inom SveLoD, se karta nedan. Mätningarna av lufthalter och nederbörds kemi sker med samma typ av utrustning som används inom Krondroppsnetet.



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

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

På IVL har främst Sari Blom, Nour Osman, Paula Andersson, Pia Spandow, Sara Bodholm, Camilla Hällinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Crina Salceanu, Pernilla Bengtsson och Karin Hallgren tagit hand om och analyserat proverna.

Databasen har skötts av Gunnar Malm.

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



Hjärtsjömåla (K 03)

Tallskog, planterad 1935. Ytan ligger i småkuperad terräng som drabbades av brand cirka 1920. Depositions- och markvattenmätningarna startade 1985. Denna yta har, tillsammans med Ryssberget, Sveriges längsta mätserie vad gäller krondropp och markvattenkemi.

Ryssberget (K 07)

Yta i en gammal bokskog, planterad 1876, med mätningar sedan 1985. Ytan är belägen strax norr om Sölvesborg. Den ligger topografiskt mycket högt jämfört med omgivande landskap och är starkt vindexponerad. Mätningarna av markvattnet ligger en liten bit ifrån krondroppsmätningarna, i ett lägre beläget surdrag.



Komperskulla (K 11)

Yta i nordvästra Blekinge, med bokskog planterad 1925. Ytan ligger i en sluttning åt öster och är inte vindexponerad. Beståndet i Komperskulla är självföryngrat på gamla betesmarker. Mätningarna i Komperskulla startade i november 1995. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, men återupptogs i juni 2009.



Vång (K 13A och B)

A-ytan i Vång var belägen i granskog, planterad 1931, söder om Tving. Ytan skadades något i stormen Gudrun 2005, då ett fåtal träd på ytan blåste ner. En större mängd träd blåste ner 200 m nordväst om ytan. Mätning av deposition och markvatten startade i oktober 1996. A-ytan i Vång avverkades under oktober 2016, men markvattenkemi mäts fortsatt för att följa upp avverkningseffekterna. Efter avverkningen startades även ytvattenmätningar i en bäck drygt 100 m från A-yta och mätningarna bedrevs mellan 2016 och 2020. I december 2016 startades en ny yta i Vång, K13B, i granskog drygt 500 m från A-ytan. Fotografierna visar krondroppsytan Vång-B





LUNDS
UNIVERSITET



STOCKHOLM

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning
och innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se