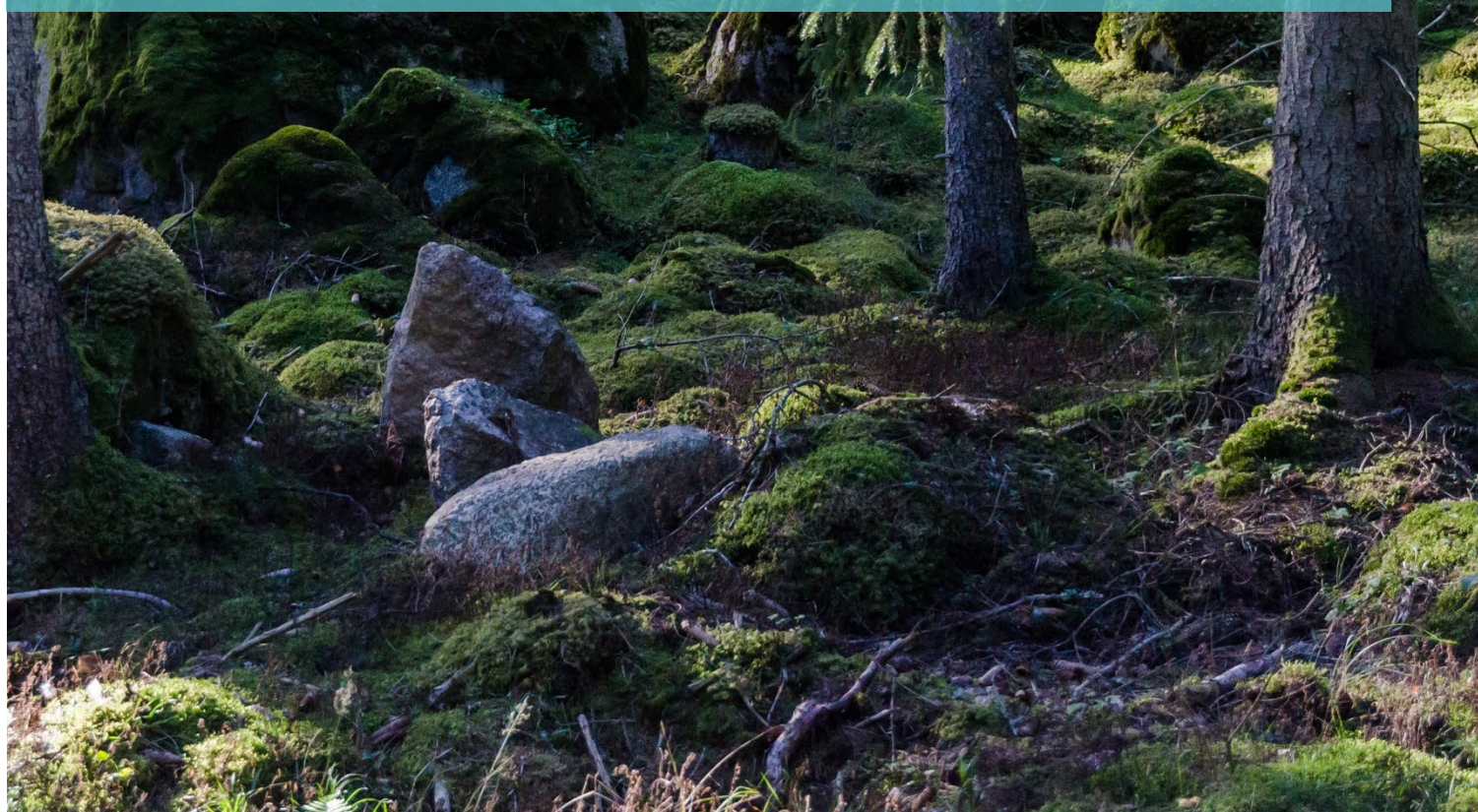


The background of the top half of the page is a photograph of a dense forest with tall, thin trees and green foliage. A semi-transparent teal rectangle is overlaid on the lower part of this image, containing the title and subtitle text.

Försurning och övergödning i Skåne län

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2024/25



Rapportnummer: C11298

I samarbete med: Lunds universitet

Författare: Viktor Klemetz (IVL), Cecilia Akselsson (Lunds universitet), Sofie Hellsten (IVL) och Veronika Kronnäs (IVL)

Medel från: Skånes Luftvårdsförbund

Granskare: Karin Söderlund

Godkännare: Katarina Hansson

ISBN: 978-91-7883-856-1

Sammanfattning

På uppdrag av Skånes Luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Skåne län inom ramen för Krondroppsnätet. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2024/25, och sätts in i ett långsiktigt perspektiv med hjälp av tidsserier som sträcker sig som längst tillbaka till slutet av 1980-talet. Mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och/eller markvattenkemi bedrivs vid fyra platser med granskog i Skåne: Hissmossa och Arkelstorp i länets norra delar samt Stenshult och Maryd i söder. Lufthaltsmätningar görs dessutom på två ytterligare mätplatser, vid Kullaberg och Stenshuvud.

Uppskattningar av det totala nedfallet av kväve visar att det har minskat signifikant i den 24-åriga mätserien i Västra Torup/Hissmossa. Nedfallet under det hydrologiska året 2024/25 uppgick till 7 kg per hektar och år i Hissmossa och 14 kg i Stenshult, vilket innebär att den kritiska belastningsgränsen för övergödande kväve i barrskog, 5 kg per hektar och år, fortfarande överskrids på båda platserna, och sannolikt i all barrskog i hela Skåne.

Halten nitratkväve i markvattnet är på de flesta mätplatser i Sverige mycket låg, vilket visar på att träden tar upp kvävet. På mätplatserna i Skåne är det dock mycket vanligt med förhöjda halter, vilket indikerar att det finns mer kväve än vad träden behöver. Uppföljning av markvattenkemin efter avverkning och andra störningar i Skåne och andra sydliga län visar att detta kan leda till kraftiga förhöjningar av halterna i områden där mycket kväve lagrats upp i marken, vilket innebär en risk för ökad utlakning till ytvattnet.

Svavelnedfallet har minskat kraftigt under de senaste decennierna till följd av stora minskningar i emissioner i Europa. Nedfallet i början av 1990-talet uppgick till omkring 20 kg per hektar och år i Skåne, och har minskat till <1-3 kg under det hydrologiska året 2024/25.

Minskat försurande nedfall har påverkat markvattenkemin, men förändringarna går långsamt och markvattnet är långt ifrån återhämtat. Svavelhalten i markvattnet har minskat signifikant som en följd av svavelnedfallsminskningen, men förrådet av baskatjoner har inte fyllt på i samma takt. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) har ökat signifikant i de längre tidsserierna, men är fortfarande negativ eller nära 0, och det finns därmed inte något stort utrymme för pH-ökning. Markvattnets pH är fortfarande lågt på länets ytor, oftast mellan 4,4 och 4,8. Det innebär att episoder med högt havssaltsnedfall, eller perioder med minskat kväueupptag och därmed ökad nitrifikation, kan orsaka surstötter som ger mycket låga pH-värden.

Sammantaget visar resultaten att skogsmarken i Skåne fortfarande är starkt präglad av tidigare högt nedfall av kväve och svavel, vilket gör systemen känsliga för störningar, till exempel stormar och barkborreangrepp – störningar som kan bli vanligare i ett förändrat klimat.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?	5
2 Kväve och övergödning	8
2.1 Lufthalter av kväve	8
2.2 Kvävenedfall	14
2.3 Kväve i markvattnet	18
3 Försurning	21
3.1 Lufthalter av svaveldioxid	21
3.2 Svavelnedfall	23
3.3 Markvattnets försurningsstatus	27
4 Aktuellt och notiser	34
4.1 Krondroppsnetet 40 år	34
4.2 Förändringar inom projektledningen	35
5 Tack	35
6 Referensförteckning	36
Bilaga. Mätplatserna i Skåne län	38

1 Krondroppsnätets mätningar – var, när och hur?

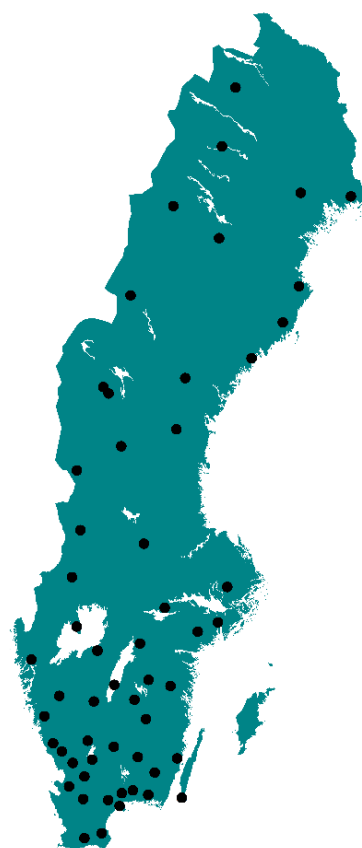
Inom Krondroppsnätet genomfördes under det hydrologiska året 2024/25 mätningar vid 64 provytor i skog och på öppet fält fördelade över hela landet. Här mäts lufthalter, våtdeposition, torrdeposition, krondropp och markvattenkemi. Ett stort antal ämnen och parametrar mäts, däribland svavel- och kväveföreningar, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningsproblematiken.

Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnätet varierat, som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har provytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 64 platser i Sverige (Figur 1) och numera finns mätserier med mer än 30 års data på några ytor.

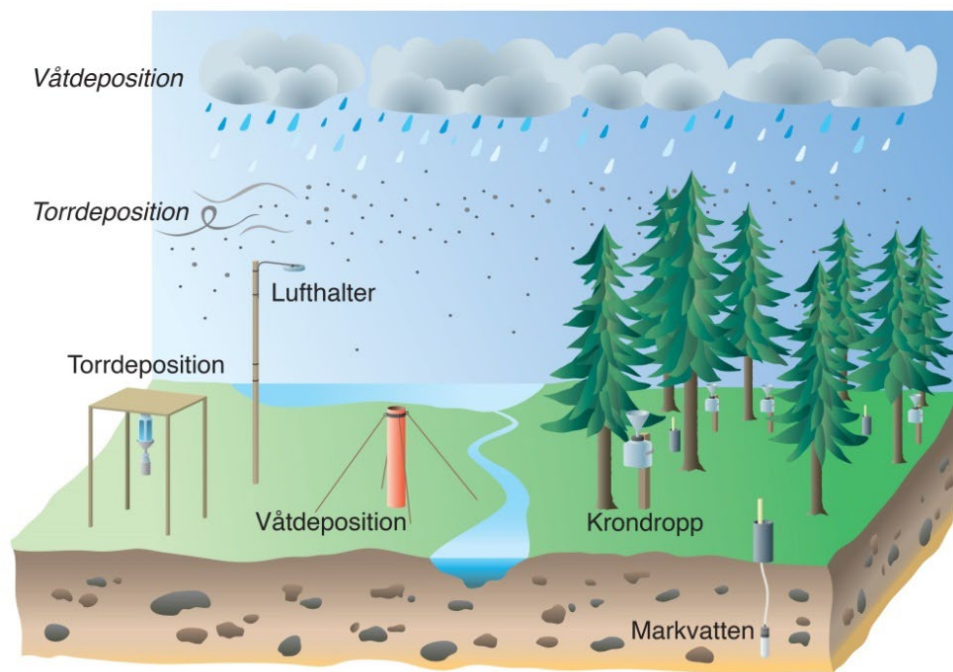
Mätningarna bedrivs både på öppet fält och i skogen under trädkronorna (Figur 2). Nedfall och lufthalter mäts månadsvis, medan markvattenkemi mäts tre gånger om året för att representera förhållandena före, under respektive efter vegetationsperioden.

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

Resultaten som presenteras i denna rapport bygger främst på mätningar från Krondroppsnätet. I vissa fall används även data från det nationella mätnätverket SveLoD/LN, där provtagning av deposition och luftföroreningar i öppet fält genomförs varje månad. Genom att kombinera dessa mätningar ges en samlad bild av nedfallet av luftföroreningar och luftkvaliteten i olika delar av landet.



Figur 1. Samtliga ytor inom Krondroppsnätet 2024/25.



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 träd-kronorna, 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 SKÅNE LÄN

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25

Juli 2026

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 träd-kronorna, 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 studera skogsmarkens reaktion på nedfallet. 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 av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, samt ammoniak (NH₃), huvudsakligen från jordbruket, omvandlas i atmosfären och deponeras som nitrat- och ammoniumkväve, vilket kan bidra till både övergödning och försurning av mark och vatten.

Utvecklingen av övergödningen följs upp inom ramen för miljökvalitetsmålet "Ingen övergödning", och den senaste utvärderingen visar att målet inte kommer att nås till 2030, och trenden bedöms som neutral (Länsstyrelsen i Skåne län, 2025). Ett flertal åtgärder har genomförts för att minska näringsläckage till sjöar, vattendrag och hav, särskilt från jordbruk och avloppssystem. Detta har bidragit till minskade halter i sjöar och vattendrag, men motsvarande trend ses inte i havet.

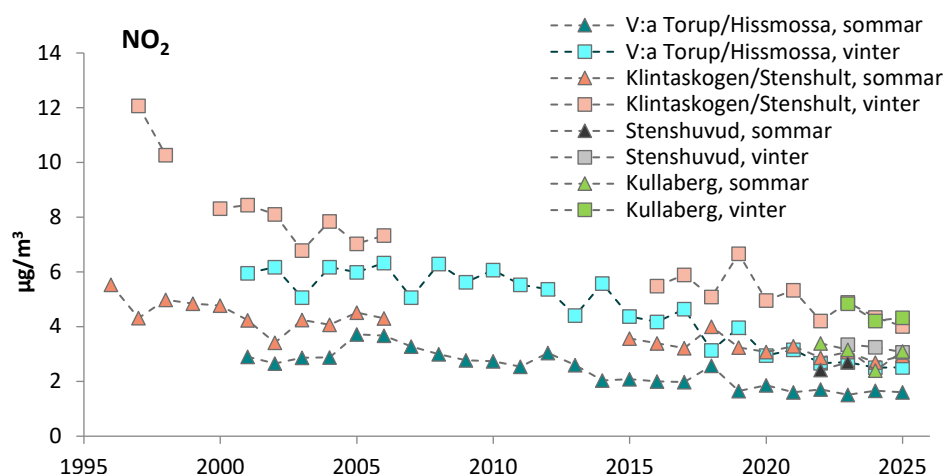
Uppskattningar av det totala nedfallet av kväve till barrskog, baserat på mätningarna i Krondroppsnätet, visar att nedfallet har minskat signifikant sedan början av 2000-talet, men att den kritiska belastningsgränsen fortfarande överskrids vid båda mätplatserna i Skåne, och att överskridandet vid den sydliga ytan är stort. Markvattenmätningarna indikerar att kvävetillförseln i skogsmark ofta är större än vad träden betyder, vilket syns som frekvent förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet. Mätningar efter avverkning och andra störningar i Skåne och andra sydliga län visar ofta på kraftiga förhöjningar av halterna. Ökad frekvens av störningar i ett förändrat klimat innebär därmed en risk för ökad transport av kväve till grund- och ytvatten.

2.1 Lufthalter av kväve

Halter av kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃) i bakgrundsmiljön används för att följa upp effekter av de utsläppsminskningar som rapporteras från Sverige och övriga Europa. Lufthalter har mätts i mer än två decennier på två platser i Skåne, Västra Torup/Hissmossa i norra Skåne och Klintaskogen/Stenshult på Romeleåsen i södra Skåne. Mätningarna i Västra Torup började 2001, men flyttades 2010 till åkermark vid närbelägna Hissmossa. En ytterligare flytt gjordes 2017 då mätplatsen flyttades till en närliggande öppen våtmark. Mätningarna i Klintaskogen började 1996, men avslutades 2006. Några år senare, 2015, påbörjades mätningar vid den närbelägna nya ytan i Stenshult. För NO₂ analyseras hela tidsserierna tillsammans, trots flyttarna, både i Västra Torup/Hissmossa och i Klintaskogen/Stenshult, eftersom flyttarna var så pass korta. För NH₃, som har en högre depositionshastighet och därmed inte transporteras lika långt, är däremot närliggande omgivningar viktigare, och därför kan inte trendanalys göras på hela tidsserien. Under 2022 startade lufthaltsmätningar av NO₂ samt NH₃ vid två nya mätplatser, Stenshuvud på Österlen och Kullaberg i nordvästra Skåne, på uppdrag av Länsstyrelsen i Skåne.

Lufthalterna av NO₂ har på samtliga mätplatser i Skåne varit högre under vintern än under sommaren (Figur 3). Halterna har varit avsevärt högre i Klintaskogen/Stenshult än i Västra Torup/Hissmossa. De första mätningarna vid Kullaberg och Stenshuvud visar att halterna i Kullaberg ligger på samma nivå som i Stenshult medan halterna vid Stenshuvud är lägre, men högre än i Hissmossa. Trendanalyser visar att NO₂-halterna minskat signifikant i Västra Torup/Hissmossa och i Klintaskogen/Stenshult sedan mätstart, både under vinter- och sommarhalvåret. I Klintaskogen har halterna minskat från 12 till 4,0 µg/m³ på vintern och 5,5 till 2,9 µg/m³ på sommaren. Motsvarande minskning i Västra Torup/Hissmossa är 6,0 till 2,5 µg/m³ på vintern och 2,9 till 1,6 µg/m³ på sommaren.

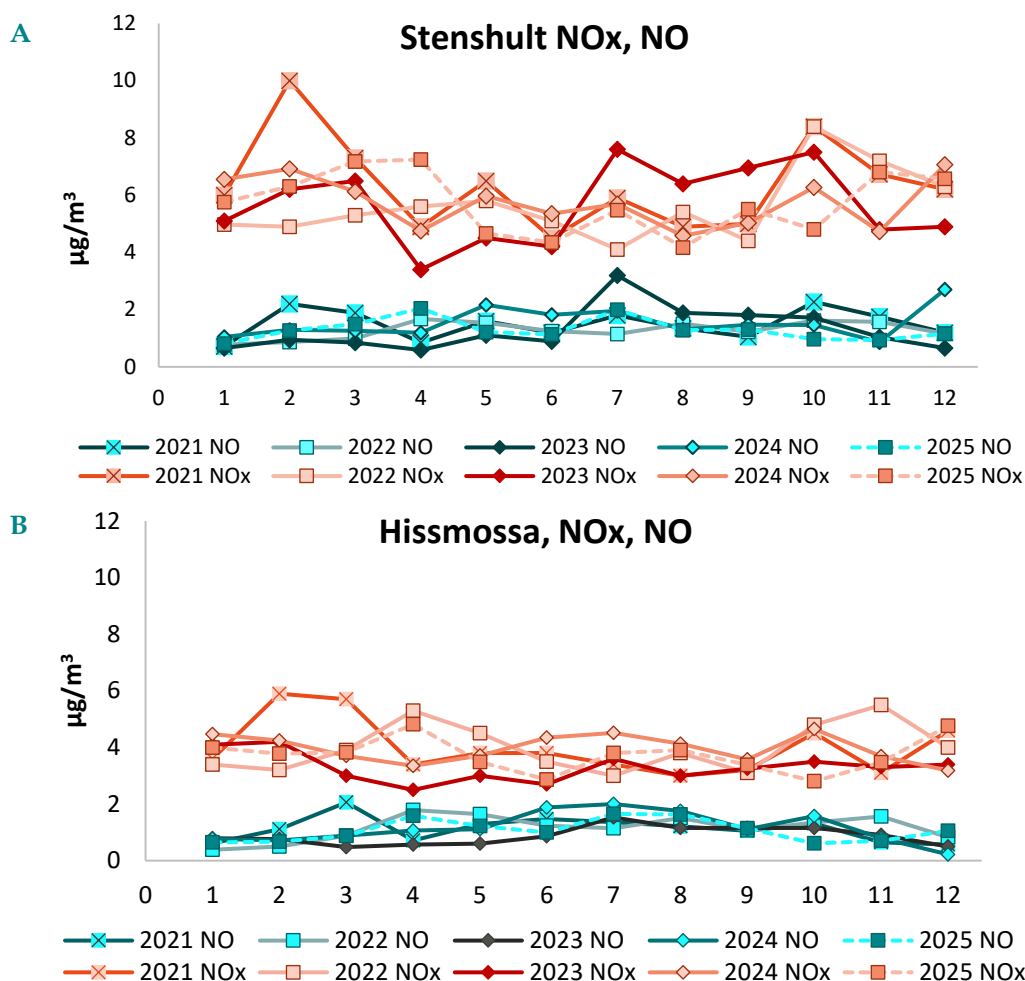
De rapporterade utsläppen av NO_x från EU-27+UK och Sverige har minskat med 54 % respektive 46 % under perioden 2001–2023 (CEIP, 2026), samtidigt som årsvisa halter vid Stenshult har minskat med 34 %. Analys av årsvisa NO₂-halter vid Västra Torup/Hissmossa under samma period visar att halterna har minskat med 50 %, alltså i ungefär samma takt som utsläppen av kväveoxider, som rapporterats av Sverige och EU. Skillnaden i haltutvecklingen mellan de båda stationerna skulle kunna bero på att Klintaskogen/Stenshult påverkas mer av lokala utsläpp i regionen.



Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Västra Torup/Hissmossa, Klintaskogen/Stenshult samt vid Stenshuvud och Kullaberg. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Vissa av mätplatserna har flyttats kortare sträckor, vilket beskrivs i texten.

Sedan 2017 bedrivs ett utökat mätprogram vid Stenshult och Hissmossa, med mätningar av NO och NO_x (NO + NO₂). Resultaten från de fem senaste åren (2021–2025) vid Stenshult och Hissmossa visar att NO_x varierar mellan olika månader på året, med generellt högst värden under vinterhalvåret (Figur 4).

Detta gäller dock främst för Stenshult och variationerna har sett olika ut olika år. Halterna av NO varierar inte på samma sätt mellan olika månader.



Figur 4. Lufthalter av kväveoxider (NO_x) och kväveoxid (NO) som månadsvärden vid Hissmossa (A) och Stenshult (B) under de senaste fem åren 2021–2025. NO_x är summan av NO och NO₂ och redovisas som om allt vore NO₂. På x-axeln visas månad på året.

Årsmedelvärden från de månadsvisa mätningarna av olika former av kväveoxider visas i Tabell 1. Här har även Maryd och Arkelstorp tagits med, där mätningar gjordes under 2021 och 2024. Under januari år 2023 uppmättes avvikande halter av NO_x och NO vid Hissmossa och nya halter beräknades genom att ta ett medelvärde för halterna månaden innan och efter det avvikande månadsmedelvärdet. Under september samma år har halterna av NO₂, NO_x och NO vid Hissmossa och Stenshult uppskattats utifrån aktiva mätningar vid Hallahus på grund av att provtagarna var felpreparerade.

Även i december år 2024 uppmättes avvikande halter av NO_x och NO vid Hissmossa och dessa värden ersattes därmed med nya värden som erhöles genom regression utifrån halterna vid mätstationen Arkelstorp, som var aktiv under samma år. Månaden därpå, januari år 2025, uppmättes även då avvikande NO_x- och NO-halter. Eftersom halterna för månaden innan var omräknad utifrån halterna vid Arkelstorp så kunde inte samma omräkningsmetod användas som under januari år 2023. I stället ersattes halterna med beräknade månadsmedelvärden för de senaste tre åren.

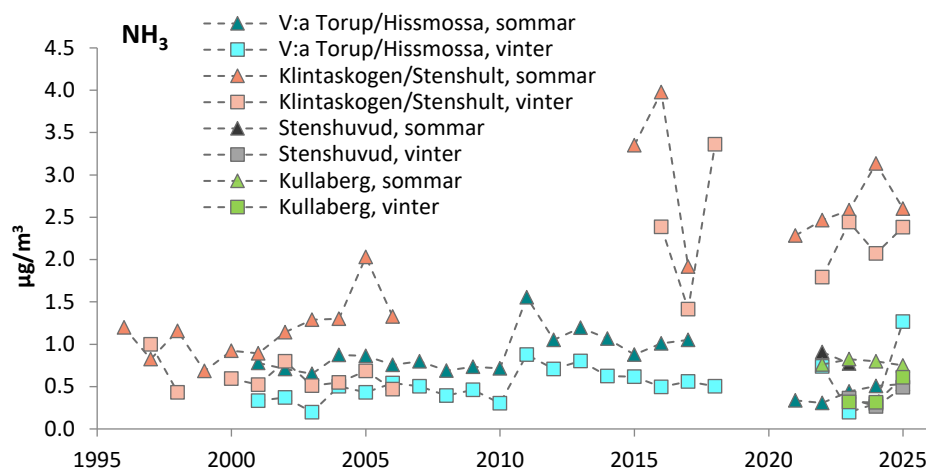
Tabell 1. Kalenderårsmedelvärden för NO_x-, NO₂- och NO-halter under kalenderåren 2021 till och med 2025 vid Hissmossa och Stenshult. Även de mätningar som finns vid Maryd och Arkelstorp redovisas. NO_x är summan av NO och NO₂ och redovisas som om allt vore NO₂.

NO _x , µg/m ³	Hissmossa	Stenshult	Maryd	Arkelstorp
2021	4,0	6,4	5,5	4,9
2022	4,0	5,6		
2023	3,3	5,7		
2024	4,0	5,8	5,1	4,0
2025	3,7	5,7		
NO, µg/m ³	Hissmossa	Stenshult	Maryd	Arkelstorp
2021	1,1	1,5	1,3	1,4
2022	1,2	1,3		
2023	0,9	1,3		
2024	1,2	1,5	1,4	1,3
2025	1,1	1,3		
NO ₂ , µg/m ³	Hissmossa	Stenshult	Maryd	Arkelstorp
2021	2,3	4,1	3,5	2,7
2022	2,2	3,7		
2023	1,9	3,7		
2024	2,1	3,4	3,0	2,1
2025	2,1	3,7		

För NH₃ har mätningar gjorts för samma tidsperioder och mätplatser som för NO₂ vid Västra Torup/ Hissmossa och Klintaskogen/Stenshult, bortsett från att mätningarna för NH₃ avslutades 2018 men återupptogs igen 2021. Som nämnts ovan görs inga trendanalyser för hela perioden för NH₃, eftersom mätplatserna flyttats korta sträckor, vilket påverkar nivåerna då lokala källor har stor påverkan på halterna av NH₃.

Till skillnad från NO₂ har lufthalterna av NH₃ generellt varit högre på sommaren än på vintern (Figur 5). Flytten från Västra Torup till Hissmossa 2010 syns genom att nivån höjdes, vilket beror på att mätplatsen vid Hissmossa omgavs av betesmarker med nötkreatur till skillnad från Västra Torup som låg i ett skogsområde. I slutet av mätserien var värdena lägre igen, vilket kan bero på att mätplatsen flyttats igen, till en våtmark. Även mätserien i Klintaskogen/Stenshult har påverkats mycket av en flytt.

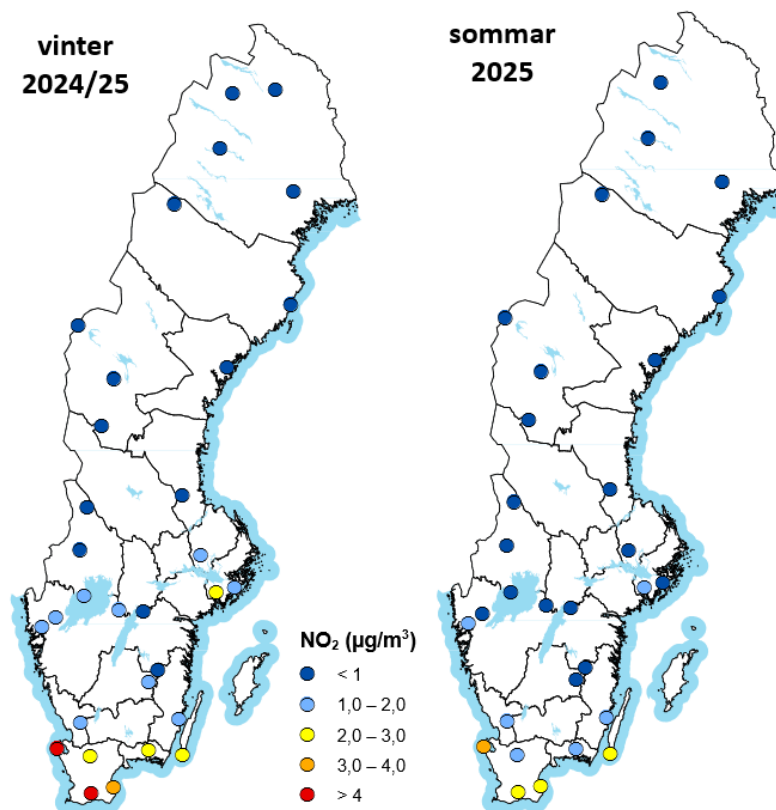
Mätplatsen i Klintaskogen var belägen i ett skogsområde, och uppvisade avsevärt lägre halter än mätplatsen i Stenshult som startade 2015, och som var omgiven av hästthagar. På grund av flyttarna är det svårt att uttala sig om trenderna för lufthalterna av NH_3 på mätplatserna i Skåne.



Figur 5. Lufthalter av ammoniak (NH_3) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Västra Torup/ Hissmossa, Klintaskogen/ Stenshult samt vid Stenshuvud och Kullaberg. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Mätplatserna har flyttats kortare sträckor, vilket beskrivs i texten.

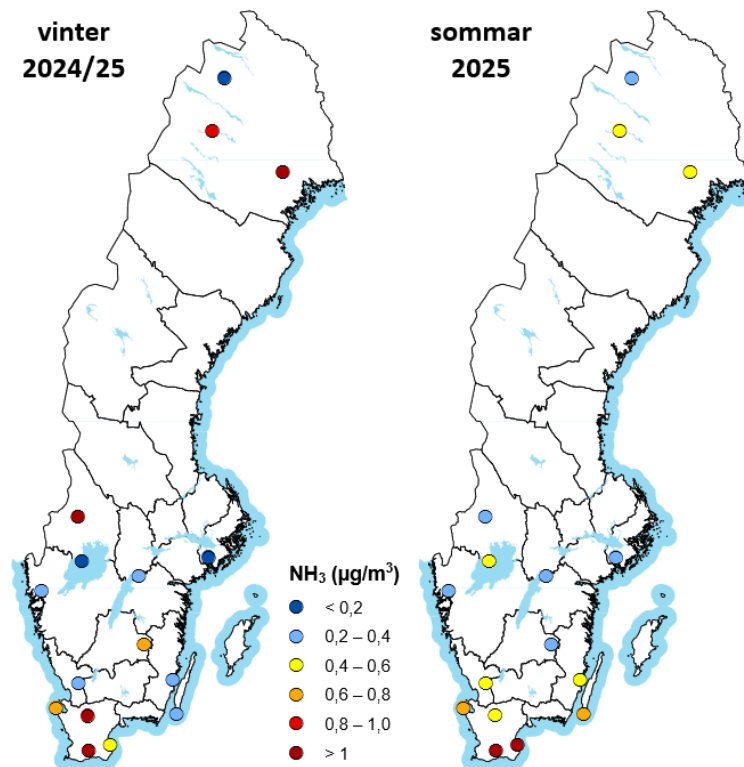
I Figur 6 visas lufthalterna av NO_2 vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondroppsnetet under vintern 2024/25 och sommaren 2025. Lufthalterna i bakgrundsmiljön är generellt mycket lägre jämfört med halterna i tätorterna. Högst halter av NO_2 uppmättes vintertid i Skåne, vid Kullaberg och Stenshult. Halterna av NO_2 är generellt lägre sommartid och fördelningen över landet är likartad som den på vintern.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026



Figur 6. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vidare visas resultat från åtta mätplatser inom det nationella mätnätet SveLoD/LN (två i Norrbottens län och Västra Götalands län, samt en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, och Värmlands län). Vinter-halvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

Ammoniak (NH₃) har en hög depositions hastighet och deponeras nära utsläppskällorna. Lufthalterna i bakgrundsmiljön blir därför generellt låga. I Figur 7 visas halterna av NH₃ under vintern 2024/25 och sommaren 2025 vid alla mätplatser inom Krondroppsnätet. Sommaren 2025 uppmättes högst ammoniakhalter i södra Skåne, sannolikt på grund av utsläpp från djurhållning och gödsling inom jordbruket. Även under vintern uppmättes höga ammoniakhalter i Skåne, men även i Värmland och Norrbotten. Högst halter uppmättes vintertid vid Grankölen i norra Sverige. Ammoniak kan bildas vid ofullständig förbränning av biomassa, så en möjlig förklaring är utsläpp från småskalig vedförbränning vintertid.

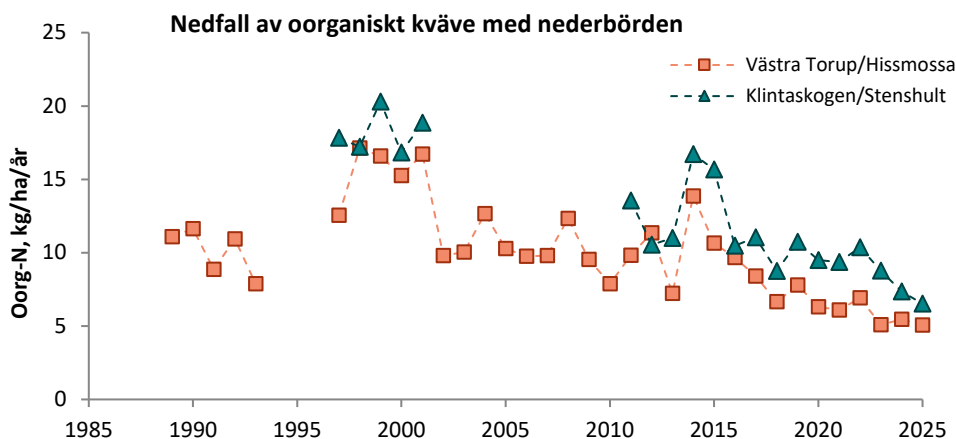


Figur 7. Lufthalter av ammoniak (NH₃) som medelvärden för vinterhalvåret 2024/25 respektive sommarhalvåret 2025 vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

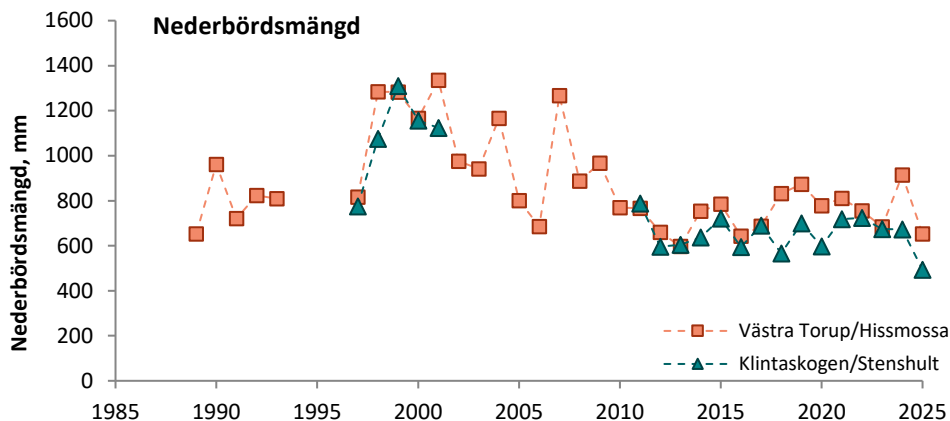
2.2 Kvävenedfall

Resultaten för kväve redovisas i två olika former: dels som nedfall av oorganiskt kväve på öppet fält, vilket bygger uteslutande på uppmätta data, dels som totaldeposition av oorganiskt kväve där observationer kombineras med beräkningar. Övervakningen av nedfall på öppet fält sker vid två mätstationer i Skåne. I södra delen av länet används Stenshult på Romeleåsen, som har ersatt den tidigare stationen Klintaskogen, medan Hissmossa i norra Skåne motsvarar den tidigare stationen Västra Torup. Vid Klintaskogen/Stenshult har mätserien pågått sedan 1997, med ett avbrott under åren 2002–2010. För Västra Torup/Hissmossa sträcker sig mätningarna tillbaka till 1989, med ett uppehåll under perioden 1994–1996 då ytan i Västra Torup flyttades. Eftersom de nya stationerna är lokaliserade mycket nära de ursprungliga och förutsättningarna i omgivningen endast varierar marginellt på denna skala, bedöms skillnaderna mellan lokalerna vara små. Därför kan data från respektive platsar sammanföras och behandlas som kontinuerliga tidsserier över hela perioden.

Data från öppet fält för de två mätserierna visar att nedfallet oftast varit högre i Klintaskogen/Stenshult än i Västra Torup/Hissmossa, vilket kan förklaras av det sydligare och mer exponerade läget i Klintaskogen/Stenshult (Figur 8). Under 2024/25 uppmättes det lägsta nedfallet under hela tidsserien i Klintaskogen/Stenshult, 6,5 kg per hektar. I Västra Torup uppmättes 5,1 kg/hektar, vilket är samma som 2023/24, men lägre än vid övriga mättillfällen i tidsserien. En stor del av variationen i kvävenedfall på öppet fält kan förklaras av variationer i nederbörds mängder (Figur 9). Minskningen i kvävenedfall under senare delen av mätperioden kan dock inte förklaras av nederbörden, eftersom motsvarande minskning inte återfinns i nederbörden.



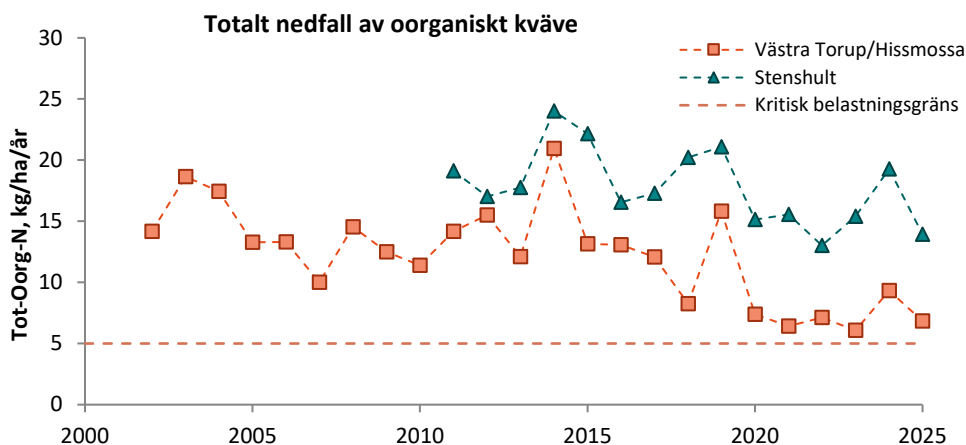
Figur 8. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden på öppet fält Västra Torup/ Hissmossa och Klintaskogen/ Stenshult, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna i Västra Torup och Hissmossa samt i Klintaskogen och Stenshult anses vara jämförbara då platserna ligger nära varandra. Mätutrustningen har även flyttats kortare sträckor i Västra Torup, Hissmossa och Stenshult, och även här anses mätplatserna vara jämförbara.



Figur 9. Uppmätta nederbörds mängder vid Västra Torup/Hissmossa och Klintaskogen/Stenshult, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna i Västra Torup och Hissmossa samt i Klintaskogen och Stenshult anses vara jämförbara då platserna ligger nära varandra. Mätutrustningen har även flyttats kortare sträckor i Västra Torup, Hissmossa och Stenshult, och även här anses mätplatserna vara jämförbara.

Det är inte möjligt att direkt bestämma det totala nedfallet av ammonium- och nitratkväve till skog enbart genom krondroppsmätningar, eftersom en del av kvävet fångas upp och omsätts i trädskronorna innan det når trattarna. För att kunna uppskatta totaldepositionen har en metodik därför utvecklats (finansierad av Havs- och vattenmyndigheten och Naturvårdsverket) som kombinerar mätningar i skog (krondropp), på öppet fält samt torrdeposition med strängprovtagare (Karlsson m.fl., 2019, 2022). Metodiken bygger på samlokaliserade mätningar vid elva platser i Sverige, däribland två i Skåne: Stenshult och Hissmossa. Dessa stationer utgör underlag för beräkningar av total deposition till barrskog och används även för att ta fram regionala samband för torrdeposition som kan appliceras på platser där sådan mätning saknas.

Det uppskattade totala nedfallet av oorganiskt kväve har varierat mellan 13 och 24 kg per hektar och år i Stenshult under perioden 2010/11-2024/25, och mellan 6 och 21 kg per hektar och år i Västra Torup/Hissmossa under mätperioden 2001/02-2024/25 (Figur 10). Under 2024/25 uppskattades nedfallet till 14 kg per hektar i Stenshult och 7 kg per hektar i Hissmossa, vilket är i det lägre spannet jämfört med resten av mätserierna. I Stenshult var det totala nedfallet 7 kg högre än nedfallet på öppet fält och i Hissmossa var motsvarande siffra 2 kg under 2024/25. Detta visar på att torrdepositionen fortfarande är betydande, framför allt i Stenshult där den utgör ungefär hälften av det totala nedfallet. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve har överskridit den kritiska belastningen för övergödande kväve till barrskog, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011), på båda mätplatserna och under samtliga år, och i Stenshult har överskridandet varit mycket stort.

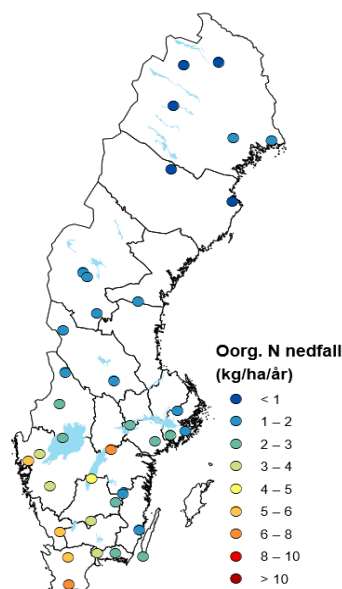


Figur 10. Årligt beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve vid Västra Torup/ Hissmossa och Stenshult, baserat på hydrologiskt år. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog är baserat på metodik som beskrivs i Karlsson m.fl., 2019, 2022. Horisontell streckad linje indikerar kritisk belastning för kvävenedfall till barrskog.

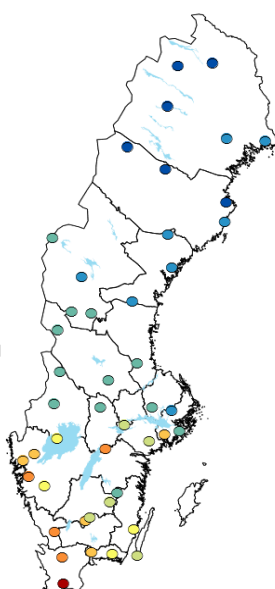
Nedfallet av oorganiskt kväve under det hydrologiska året 2024/25 visas för samtliga platser i landet med mätningar på öppet fält i Figur 11A, medan det beräknade totala kvävenedfallet till barrskog vid mätplatserna redovisas i Figur 11B. Figur 11C visar en geografiskt interpolerad karta baserad på resultaten i Figur 11B.

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden till öppet fält var genomgående lägre än det beräknade totala nedfallet till barrskog, eftersom det senare även inkluderar torrdeposition. Nedfallet till öppet fält var mindre än 1 kg kväve per hektar i norra Sverige och som högst 6,5 kg per hektar i de sydligaste delarna av landet (Figur 11A). Det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog under 2024/25 varierade mellan 1 och 2 kg per hektar i norra Sverige och var närmre 14 kg per hektar vid Stenshult, den sydligast belägna mätplatsen (Figur 11B). Den geografiska fördelningen av kvävenedfallet uppvisade en tydlig gradient från sydväst mot norr (Figur 11C). Skåne är därmed det län med högst nedfall, och under 2024/25 uppskattades det totala nedfallet överskrida 6 kg per hektar och år i hela länet, med undantag av de nordostligaste delarna. Resultaten tyder därmed på att den kritiska belastningen för övergödande kväve till barrskog överskreds i hela Skåne under det senaste hydrologiska året (Figur 11C).

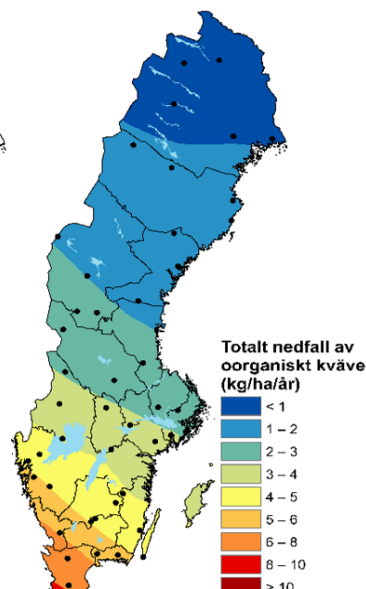
**11A. Kvävenedfall på
öppet fält**



11B. Totalt kvävenedfall



**11C. Totalt kvävenedfall
(interpolerad karta)**



Figur 11 Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2024/25. A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. Motsvarande karta som A men med beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition), och även inkluderat samtliga LNKN-tytor. 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

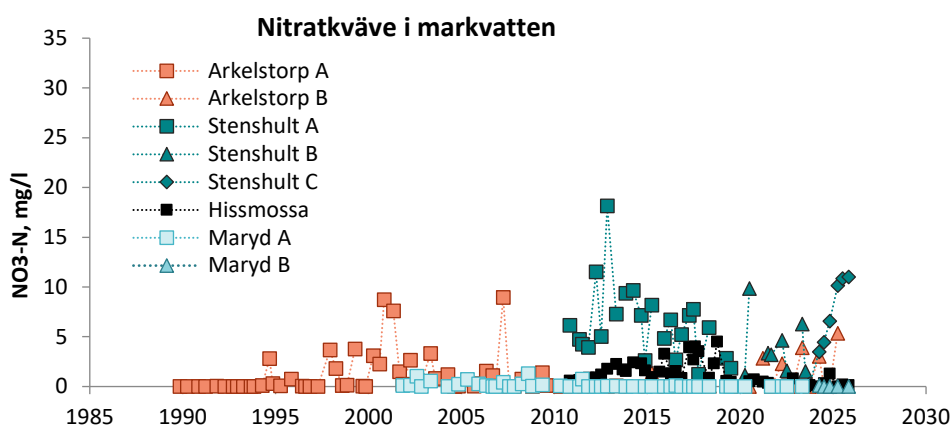
I svenska skogsekosystem tas huvuddelen av det oorganiska kvävet upp av träd, markvegetation och markens mikroorganismer (Tamm, 1991), vilket innebär att utlakningen av oorganiskt kväve från markprofilen vanligtvis är låg. De sydvästligaste delarna av Sverige skiljer sig dock från resten av Sverige. Framför allt i Skåne och Halland är det vanligt med förhöjda halter av nitratkväve i markvatten även i ostörda och växande skogar (Akselsson et al., 2010). Förhöjda nitrathalter förekommer även i andra delar av landet, men där är de oftare kopplade till olika typer av störningar, såsom avverkning, stormfällning eller insektsangrepp (Hellsten et al., 2015; Karlsson et al., 2018).

Markvattenkemi mäts för närvarande vid fyra platser i Skåne: Arkelstorp, Hissmossa, Stenshult och Maryd (Figur 12). Hissmossa startades 2010 och har därmed en 15-årig mätserie. Vid de tre övriga lokalerna har mätningarna flyttats korta sträckor på grund av avverkning. Data före och efter flytt är inte direkt jämförbara eftersom variationen är stor i marken, och därför visas mätningarna efter före och flytt som separata tidsserier. Därmed finns vid dessa platser en A- och en B-yta, och i Stenshult har ytan flyttats två gånger, så där finns även en C-yta.

Vid samtliga fyra platser i Skåne har halterna av nitratkväve antingen varit förhöjda hela tiden, eller periodvis. Stenshult, som är den plats som är mest utsatt för kvävenedfall i hela Sverige, har vid flertalet mättillfällen uppvisat kraftigt förhöjda halter av nitratkväve på alla tre ytor (A-C). Halterna har ofta varit mellan 5 och 10 mg/l, och vid vissa tillfällen ännu högre. Även i Hissmossa har halterna varit förhöjda vid de flesta tillfällen. Under den första halvan av mätperioden var halterna ofta över 2 mg/l, men sedan 2020 har halterna varit lägre, oftast under 0,5 mg/l och som högst 1,3 mg/l.

På båda ytorna i Arkelstorp har halterna under vissa perioder ofta varit kraftigt förhöjda, medan de andra perioder legat konstant under detektionsgränsen. I Arkelstorp A var halterna låga i början och slutet av mätserien, men ofta kraftigt förhöjda under perioden 1994–2004, vilket skulle kunna vara en effekt av att ytan gallrats, och under perioden 2006–2009, vilket kan ha att göra med skador under stormarna Gudrun och Per. I Arkelstorp B var halterna generellt mycket låga i början av mätserien, men sedan 2021 har de ofta varit avsevärt förhöjda, som högst våren 2025 då halten uppgick till 5,4 mg/l. Ytan gallrades strax innan mätningarna började, men eftersom de förhöjda halterna uppmättes först senare borde inte gallringen vara förklaringen.

Maryd har uppvisat de lägsta halterna i länet. I början av mätserien var halterna något förhöjda, och vid några tillfällen över 0,5 mg/l, som högst 1,3 mg/l. Sedan 2012 har dock halterna varit mycket låga, oftast under detektionsgränsen. Även den nystartade ytan har uppvisat mycket låga halter.



Figur 12. Halter av nitrat (NO₃-N) i markvatten i Skåne län fram till och med år 2025 för de fyra aktiva ytorna Arkelstorp B, Hissmossa, Maryd och Stenshult C, samt på tidigare mätplatser i Stenshult (A och B) och Arkelstorp (A), som avverkats. Mätvärden efter avverkning har uteslutits och visas i stället i Figur 13. Mätvärden där provvolymen <50 ml har uteslutits.

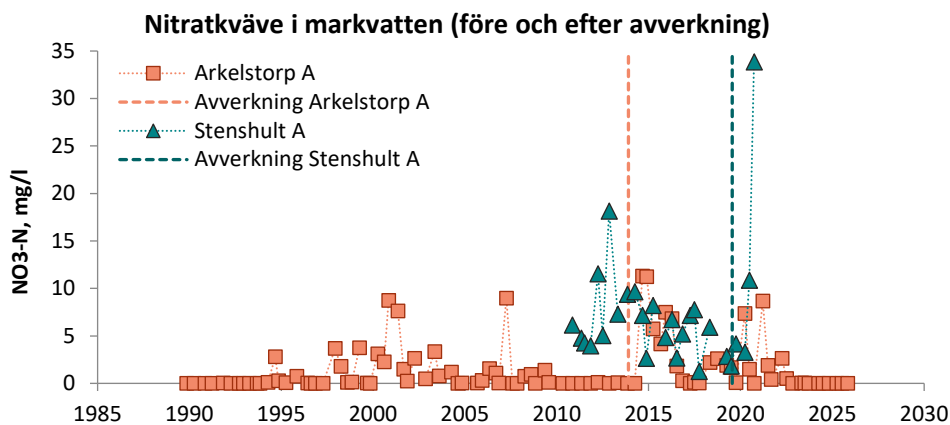
Både i Arkelstorp A och i Stenshult A ledde avverkningarna till förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet (Figur 13). I Arkelstorp A ledde avverkning till att halterna var förhöjda vid flertalet mättillfällen under en sjuårsperiod, som högst 11 mg/l. Vid många ytor har avverkning inneburit en tydlig topp, snarare än tidvis förhöjda halter som här. Vid ytor som Arkelstorp A, där nitratkvävehalterna tidigare varit förhöjda, är dock toppen ofta inte lika tydlig. I Stenshult steg halten efter avverkning till 34 mg/l ett drygt år efter avverkning. Detta kan förklaras med det höga kvävenedfallet i Stenshult. Därefter förstördes lysimetrarna vid markberedning, så mätningarna har tyvärr inte kunnat fortgå.

Resultaten från markvattenmätningarna i Skåne indikerar tydligt att kvävemängderna i skogsmarken i Skåne är större än vad träden kan ta upp. Därmed läcker kväve ofta ut i växande skog, och effekten av avverkning och gallring på kväveutlakningen blir stor. Detta betyder även att systemen är känsliga för andra typer av störningar, som till exempel stormskador och barkborreangrepp.

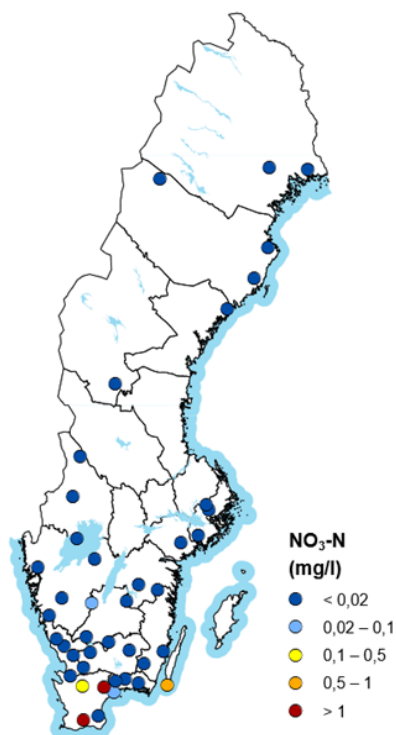
En sammanställning av data från samtliga nu aktiva ostörda krondroppsytor med markvattenmätningar i Sverige (Figur 14) visar att halterna av nitratkväve, angivet som median för åren 2023–2025, generellt har varit låga i hela Sverige under de senaste åren, med undantag av ett fåtal mätplatser i Skåne och vid Ölands södra udde, där medianen översteg 0,1 mg per liter. Tre av dessa ligger i Skåne, och på två av dem var medianvärden över 1 mg/l (Stenshult C och Arkelstorp B).

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026

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. En analys av markvattendata (Pihl Karlsson m.fl., 2024a) visade att frekvensen av förhöjda halter av nitrat vid skogliga provytor i sydvästra Sverige, som inte varit utsatta för några kända störningar, inte har förändrats under de senaste tjugo åren.



Figur 13. Halter av nitrat (NO₃-N) i markvatten i Arkelstorp A och Stenshult A före och efter avverkning.



Figur 14. Koncentrationen av nitrat (NO₃-N) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2023–2025). Ytor med färre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har nyligen har avverkats är inte inkluderade.

3 Försurning

Försurning av mark och vatten orsakas av nedfall av svavel och kväve, men påverkas också av skogsbruket genom att trädens tillväxt bidrar till försurning, som blir permanent när biomassa skördas och förs bort från systemet. Vid låga pH-värden frigörs aluminium i en giftig trevärd form som kan skada både fisk och andra vattenlevande organismer samt ha negativ påverkan på trädens rotsystem. För att motverka försurning används bland annat kalkning av ytvatten och askåterföring till skogsmark.

Utvecklingen av försurningen följs upp av miljö kvalitetsmålet *"Bara Naturlig försurning"*. Den senaste regionala utvärderingen i Skåne visar att målet inte kommer att nås till 2030, men att trenden är positiv i länet (Länsstyrelsen i Skåne, 2025). Ungefär 35 procent av sjöarna i norra Skåne är försurade, men det försurande nedfallet minskar. Länsstyrelsen bedriver kalkning av ytvatten för att motverka försurningen, och bedömer att detta kommer att vara en viktig åtgärd i ytterligare 20-30 år. Skogsbrukets försurande effekt uppmärksammas allt mer, och i utvärderingen nämns askåterföring i skogsmark som en viktig åtgärd.

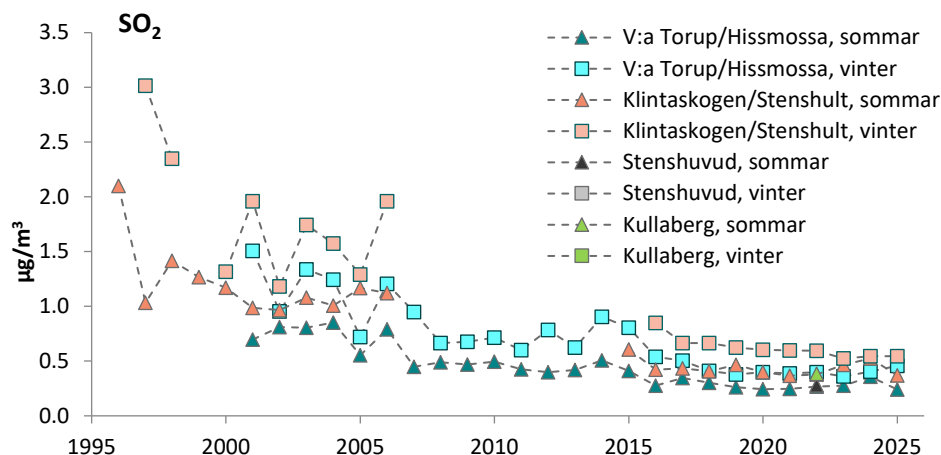
Nedfallet av svavel har minskat kraftigt de senaste decennierna, från omkring 20 kg per hektar och år i början av 1990-talet till 3-4 kg på den mest exponerade mätplatsen i Skåne, och under 2 kg på övriga. Markvattenkemin visar dock att försurningen kvarstår i marken. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) har ökat signifikant men är fortfarande omkring 0 eller negativ på flertalet mätplatser, vilket gör att ingen stor höjning av pH kan förväntas. Detta återspeglas i pH-värdena som, även om de ökat något på ett par av mätplatserna, fortfarande är låga, oftast mellan 4,4 och 4,8. Havssaltsepisoder och störningar som leder till nitrifiering kan innebära surstötter, vilket fördröjer återhämtningen ytterligare.

3.1 Lufthalter av svaveldioxid

Halter av svaveldioxid (SO_2) i bakgrundsmiljön används på motsvarande sätt som NO_2 och NH_3 för att följa upp effekter av de utsläppsminskningar som rapporterats från Sverige och övriga Europa. Månatliga mätningar görs vid samma platser och för samma mätperioder som för NO_2 , enligt beskrivning ovan. Precis som för NO_2 bedöms de olika mätplatserna i Västra Torup/Hissmossa vara jämförbara, trots de korta flyttarna. Det samma antas gälla för mätplatserna i Klintaskogen/Stenshult. Under 2022 startade lufthaltsmätningar av SO_2 vid två nya mätplatser, Stenshuvud på Österlen och Kullaberg i nordvästra Skåne, på uppdrag av Länsstyrelsen i Skåne, men redan 2023 valde man att avsluta mätningarna av SO_2 .

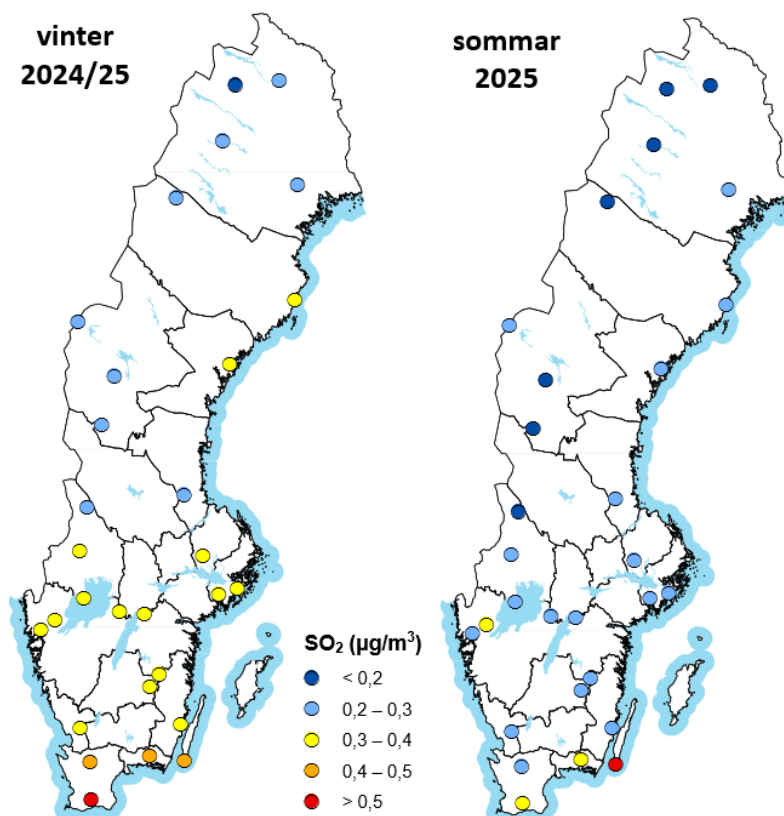
Precis som för NO₂ är lufthalterna av SO₂ på samtliga mätplatser i Skåne högre under vinterhalvåret än under sommaren, och halterna är något högre i Klintaskogen/Stenshult än i Västra Torup/Hissmossa (Figur 15). För Kullaberg och Stenshuvud finns, som nämnts ovan, bara mätningar från sommaren 2022 och dessa visar att SO₂-halterna ligger på samma nivå som i Hissmossa. Trendanalyser visar att SO₂-halterna minskat signifikant i Västra Torup/Hissmossa och i Klintaskogen/Stenshult sedan mätstart, både under vinter- och sommarhalvåret. I Klintaskogen/Stenshult har halterna minskat från 3,0 till 0,5 µg/m³ på vintern och 2,1 till 0,4 µg/m³ på sommaren. Motsvarande minskning i Västra Torup/Hissmossa är 1,5 till 0,4 µg/m³ på vintern och 0,7 till 0,2 µg/m³ på sommaren.

Trendanalyser visar att lufthalterna vid Klintaskogen/ Stenshult och Västra Torup/Hissmossa har minskat med 63% respektive 68% sedan 2001, vilket är i något lägre takt jämfört med de rapporterade utsläppen från Europa (85%), men i ungefär samma takt som de rapporterade utsläppen i Sverige (64%) (CEIP, 2026).



Figur 15. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Västra Torup/Hissmossa, Klintaskogen/Stenshult samt vid Stenshuvud och Kullaberg. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Vissa av mätplatserna har flyttats kortare sträckor, vilket beskrivs i texten.

Under vintern 2024/25 uppmättes högst SO₂-halter i landet vid den kustnära mätplatsen i södra Skåne, Stenshult (Figur 16). Under sommaren 2025 var halterna generellt lägre, men SO₂-halten vid Ottenby på Ölands södra udde var förhållandevis hög. I januari 2015 sänktes tillåten halt av svavel i fartygsbränsle på Östersjön från 1% till 0,1 %. Lufthaltsmätningarna av SO₂ inom Krondroppsnätet tyder dock på att fartygstrafiken har en fortsatt påverkan på lufthalterna vid kustnära områden i södra Sverige.

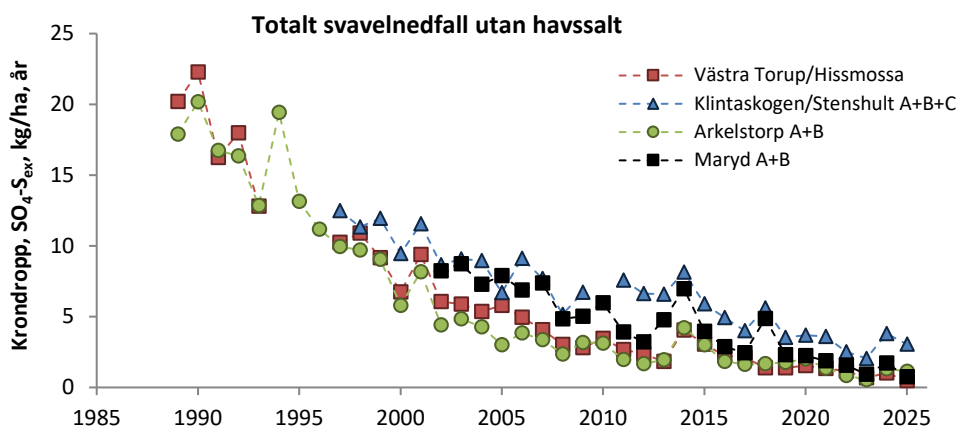


Figur 16. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vidare visas resultat från åtta mätplatser inom det nationella mätnätet SveLoD/LN (två i Norrbottens län och Västra Götalands län, samt en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, och Värmlands län). Vinter-halvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

3.2 Svavelnedfall

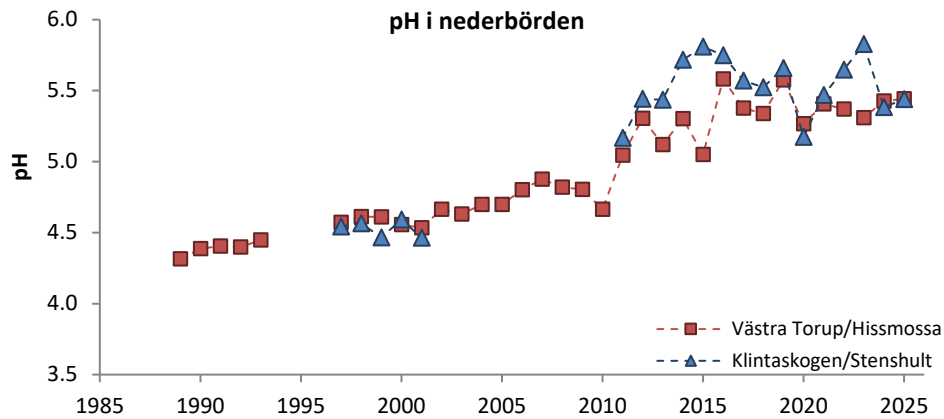
Svavel i krondropp används vanligtvis som ett mått på den samlade svaveldepositionen, det vill säga både torr- och våtdeposition. En mindre del av svavlet tas dock upp av trädkronorna, vilket innebär att krondroppsmätningar kan ge en viss underskattning av den totala depositionen, särskilt vid dagens låga nivåer av svavelnedfall. Mätningarna är dock fortfarande användbara för att få ungefärliga nivåer och se trender. Nedfall via krondropp mäts för närvarande vid fyra platser i länet, Hissmossa (som har ersatt den tidigare ytan Västra Torup), Stenshult (som har ersatt den tidigare ytan i Klintaskogen), Arkelstorp och Maryd. I Västra Torup, Stenshult, Arkelstorp och Maryd har mätningarna flyttats kortare sträckor men platserna bedöms likvärdiga så att tidsserierna kan läggas ihop. Stenshult bedöms även likvärdig med Klintaskogen, och Hissmossa bedöms som likvärdig med Västra Torup, och de visas därmed i samma tidsserie.

Under de senaste decennierna har svavelbelastningen i Skåne reducerats kraftigt. Vid mätstationerna Västra Torup/Hissmossa och Arkelstorp, där mätningar har genomförts sedan omkring 1990, har det årliga svavelnedfallet, borträknat svavel från havssalt, minskat från ungefär 20 kg per hektar till nivåer under 1 kg per hektar (Figur 17). Under det hydrologiska året 2024/25 var det ickemarina svavelnedfallet mellan 0,5 och 1,1 per hektar på mätplatserna i Skåne, förutom i Stenshult, som ligger i ett utsatt läge på Romeleåsen, där det högsta svavelnedfallet i landet uppmättes, 3,1 kg per hektar. Enbart två årsvärden finns på den nya ytan, Stenshult C, och dessa värden är högre än de två föregående åren då mätningar gjordes i Stenshult B, vilket kan tyda på att den nya ytan är mer exponerad än den gamla.



Figur 17. Årligt nedfall av svavel till aktiva mätplatser i Skåne län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober-september. Stenshult har ersatt en tidigare yta i närheten, Klintaskogen, och Hissmossa har ersatt Västra Torup. Mätningarna vid Västra Torup, Arkelstorp och Stenshult har dessutom flyttats kortare sträckor. Flyttarna bedöms ha skett till likvärdiga ytor och redovisas därför inom samma mätserie. Alla provytorna utgörs av granskog.

Förändringen i svavelnedfall avspeglas även i nederbördens surhetsgrad, där pH har ökat över tid (Figur 18). Vid Västra Torup/Hissmossa, som har den längsta mätserien från öppet fält, har pH-värdet i nederbörden ökat från 4,3 till 5,4 sedan 1988/89.

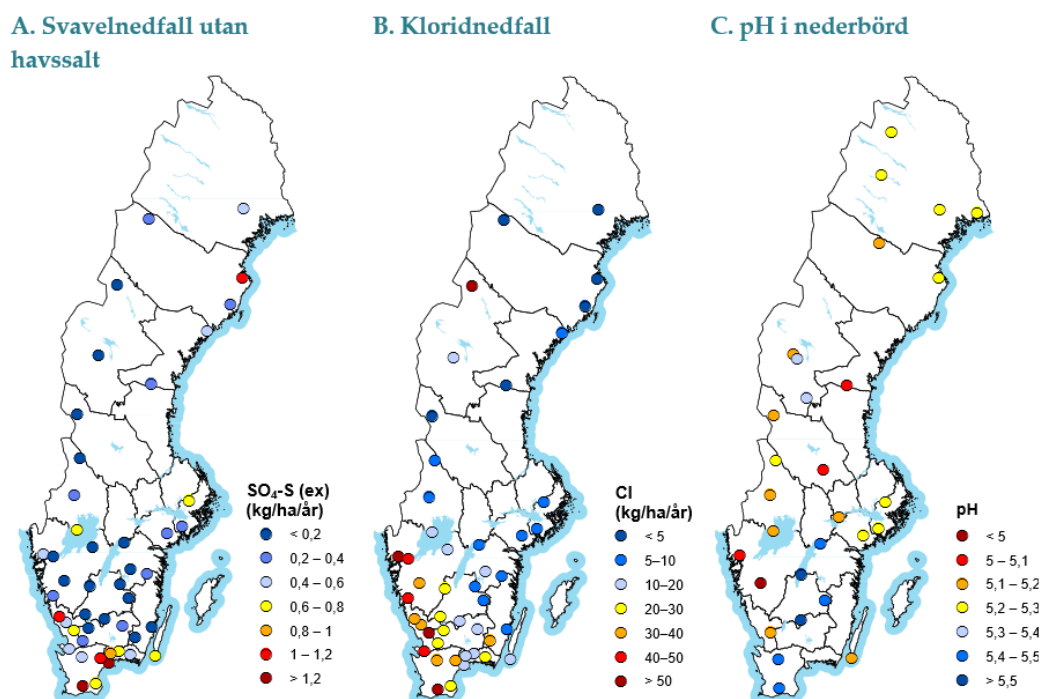


Figur 18. pH i nederbörden vid Västra Torup/ Hissmossa samt vid Klintaskogen/ Stenshult. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildats för hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna har flyttats kortare sträckor. Stenshult har ersatt en tidigare yta i närheten, Klintaskogen, och Hissmossa har ersatt Västra Torup. Då platserna före och efter flytt ligger relativt nära varandra antar vi att pH i nederbörden på öppet fält är jämförbara.

Nedfallet av svavel till granskog, mätt som krondropp vid landets mätplatser, visas i Figur 19A för hydrologiska året 2024/25. De högsta nivåerna återfinns i södra Sverige, men även vid norrlandskusten. Svavelbelastningen är generellt låg, oftast lägre än 1 kg per hektar. I stora delar av landet understiger svavelnedfallet 0,6 kg per hektar. Detta speglar den kraftiga minskningen av svavelutsläpp i Sverige och Europa under de senaste decennierna.

På vissa platser är nedfallet nu så lågt att det blir svårt att mäta det totala svavelnedfallet exakt med traditionella mätmetoder. Svavel är ett viktigt växtnäringsämne, vilket innebär att det inte kan uteslutas att brist på svavel kan uppstå i skogsekosystemen. En indikation på detta är att nedfallet som mäts i nederbörd på öppet fält ibland är något högre än det som uppmäts som krondropp. Detta tyder på att en del svavel tas upp direkt i trädskronorna och därmed inte registreras i krondroppsmätningarna (Pihl Karlsson m.fl., 2024b). Samma sak har tidigare identifierats för oorganiskt kväve, där betydelsen är avsevärt större eftersom upptaget av kväve i träden är betydligt högre än upptaget av svavel (Karlsson m.fl., 2019; 2022).

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026



Figur 19. A: Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) under 2024/25 i krondroppet vid mätstationerna inom Krondroppsnätet. B: Kloridnedfall under 2024/25 i krondroppet och C: pH i nederbörd på öppet fält.

I Figur 19B visas nedfallet av klorid till granskog i Sverige, samt i Figur 19C pH i nederbörden. Klorid kommer framför allt från havssalt. Kartorna visar att nedfallet av både svavel och klorid är högst i sydvästra Sverige. Detta beror på den dominerande sydvästliga vindriktningen i kombination med närheten till utsläppskällor på kontinenten för svavel och närheten till havet för klorid. Gradienten mot nordost är ännu kraftigare för kloridnedfallet än vad det är för svavel. Nedfallet av havssalt (inklusive klorid) bidrar inte långsiktigt till försurning, men kan leda till surstötter i mark och vattendrag efter tillfällena med högt havssaltsnedfall i försurade områden. Till skillnad från svavel, kväve och klorid så har pH-värdena i nederbörden inte någon tydlig gradient över Sverige (Figur 19C).

3.3 Markvattnets försurningsstatus

Markens försurningsgrad och dess förändring över tid styrs främst av svavelnedfallets utveckling och markens buffringsförmåga, som i hög grad beror på vittringshastigheten. I kväverika jordar kan överskott av kväve bidra till försurning genom nitrifikation och kväveläckage.

Tillfälliga försurningsepisoder kan även uppstå vid havssaltpåverkan, som ger jonutbyte, samt vid markstörningar som ökar halter av löst organiskt kol och påverkar pH (Akselsson m.fl., 2013). Svaveladsorption och -desorption påverkar dessutom återhämtningstakten. På längre sikt påverkar skogsbruket markens försurningsstatus genom biomassauttag, där bortförsel av näringsämnen minskar buffringskapaciteten och därmed återhämtningen, särskilt vid uttag av grenar och toppar (Akselsson & Belyazid, 2018; Akselsson m.fl., 2021).

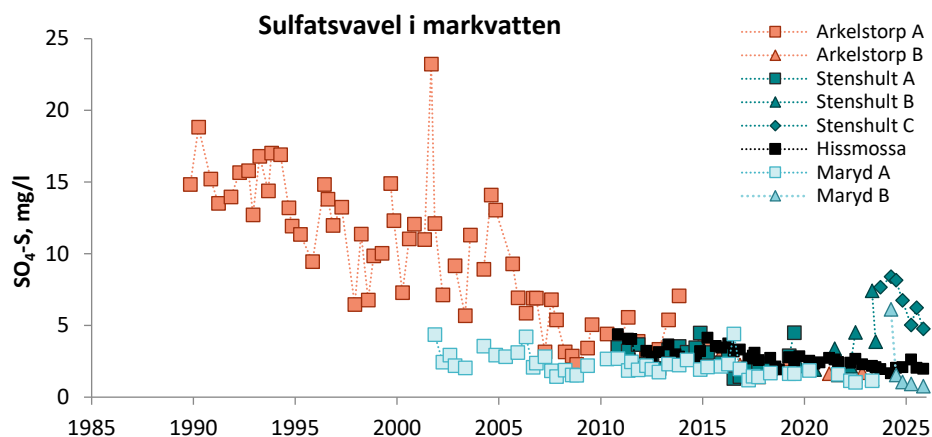
Markvattenmätningar kan ge en god bild av återhämtningen från försurningen, eftersom mätningar kan göras upprepade gånger på exakt samma platser över tid. Markvattnet utgör ett steg på vägen mot ytvatten, och trenderna över tid ger därför värdefull information både om återhämtningen i marksystemet och om tillståndet i det vatten som avrinner till sjöar och vattendrag.

Tre vanliga parametrar för att följa försurningsutvecklingen i markvattnet är pH, ANC (syraneutraliserande förmåga) och halten oorganiskt aluminium. Eftersom utvecklingen i markvattnet i hög grad drivs av svavelnedfall, kväveöverskott med efterföljande nitrifikation samt havssaltsepisoder som kan orsaka jonbyte, är det också relevant att titta på halter av sulfatsvavel, nitratkväve och klorid. Nitratkväve i markvattnet har redovisats och beskrivits ovan (Figur 12–13), medan svavel- och kloridhalter presenteras nedan (Figur 20–21). Till skillnad från nedfallet så delas tidsserier upp efter flyttar, eftersom markvattenkemin kan variera mycket på korta avstånd.

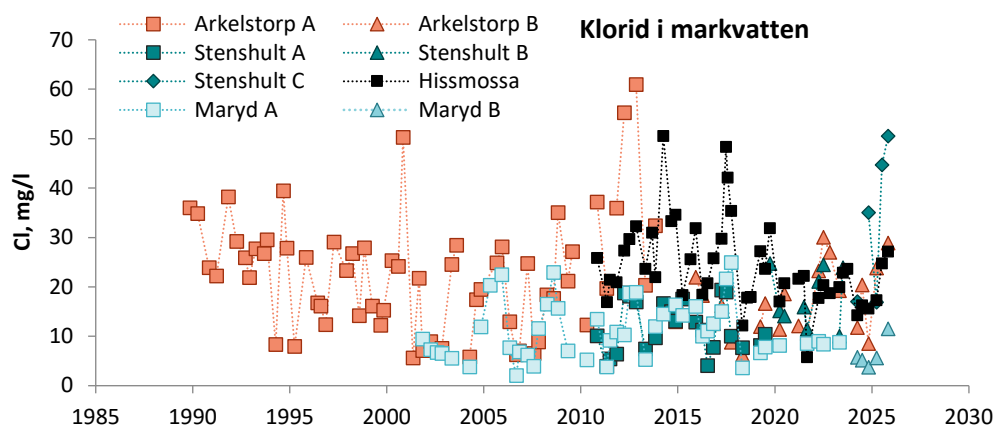
Arkelstorp är den mätplats där mätningar gjorts längst. Svavelkoncentrationerna i Arkelstorp A har varierat kraftigt mellan mättillfällen, vilket kan förklaras av flödesvägarna i den storblockiga terrängen (Figur 20). Halterna har minskat kraftigt, från mellan 15 och 20 mg/l till omkring 5 mg/l innan ytan avverkades 2013. Även i Maryd A, som har den näst längsta tidsserien, med start 2001, har halterna minskat signifikant, men från betydligt lägre nivåer. Under det hydrologiska året 2024/25 var halterna i Arkelstorp B, Maryd B och Hissmossa oftast mellan 1 och 2 mg/l, medan halterna i Stenshult C uppgick till 5–6 mg/l. Skillnader i svavelhalt i markvattnet mellan platser där svavelnedfallet har varit ungefär lika stort kan förklaras av variationer i markens egenskaper, till exempel dess förmåga att adsorbera svavel.

Svaveladsorption kan bidra till att försurningsutvecklingen fördröjs, men innebär samtidigt att återhämtningen fördröjs när tidigare lagrat svavel senare desorberas.

Havssaltepisoder kan påverka markvattenkemin i Skånes skogar kraftigt, eftersom stora mängder havssalt kan deponeras i kustnära områden. I redan försurade marker kan detta leda till jonbyte som ytterligare försurar markvattnet. Det finns ingen tydlig generell tidstrend för kloridhalterna i markvattnet, men variationen mellan år är stor (Figur 21). Stenshult C utmärker sig med avsevärt högre halter än övriga ytor i länet, under de två år då mätningar gjorts där.



Figur 20. 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. Mätvärden efter avverkning har uteslutits.



Figur 21. Halter av klorid i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Mätvärden efter avverkning har uteslutits.

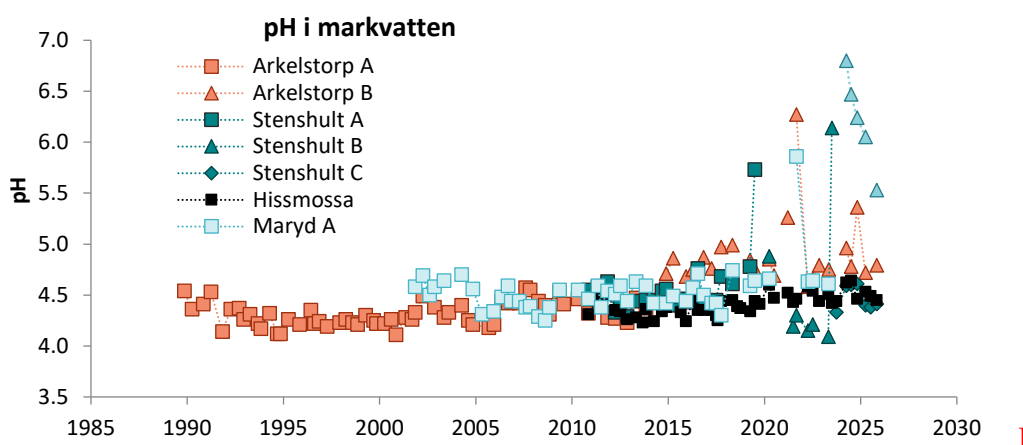
Av de tre vanligaste parametrarna för markvattnets försurningsstatus – pH, ANC (syraneutraliserande förmåga) och oorganiskt aluminium – är pH ofta mest intuitivt, men påverkas starkt av löst organiskt kol (TOC), vilket försvårar tolkningen av försurningsbidrag från deposition respektive naturliga processer (organiskt material). ANC är mer direkt kopplad till antropogen försurning och negativa värden indikerar mänsklig försurningspåverkan, förutom för naturligt sulfatrika jordar. Oorganiskt aluminium ökar vid lågt pH och är den parameter som tydligast kopplas till biologiska effekter på rötter och vattenlevande organismer. Tidsutvecklingen för de tre parametrarna redovisas både för opåverkade bestånd och för platser där avverkning skett, inklusive perioden före och efter avverkning.

Under det hydrologiska året 2024/25 var ANC under 0 i Hissmossa och Stenshult C, omkring 0 i Arkelstorp B och över 0 i Maryd B. Den nystartade B-ytan i Maryd skiljer sig avsevärt från Maryd A, där ANC oftast var negativt. Markvattnets pH var lägst i Stenshult C (4,4) något högre i Hissmossa (4,5) och ännu lite högre i Arkelstorp B (4,7-4,8). I Maryd var pH avsevärt högre, 5,5-6,0. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet medan pH 4,4–5,5 innebär måttlig surhet. Halten oorganiskt aluminium var mellan 0,3 och 1,0 mg/l i Arkelstorp B och Hissmossa, 0-0,3 mg/l i Maryd B, men avsevärt högre i Stenshult C, mellan 2,4 och 2,8 mg/l. Resultaten för försurningsparametrarna visar att markvattnet fortfarande är påtagligt försurat, framför allt på den högexponerade mätplatsen i Stenshult.

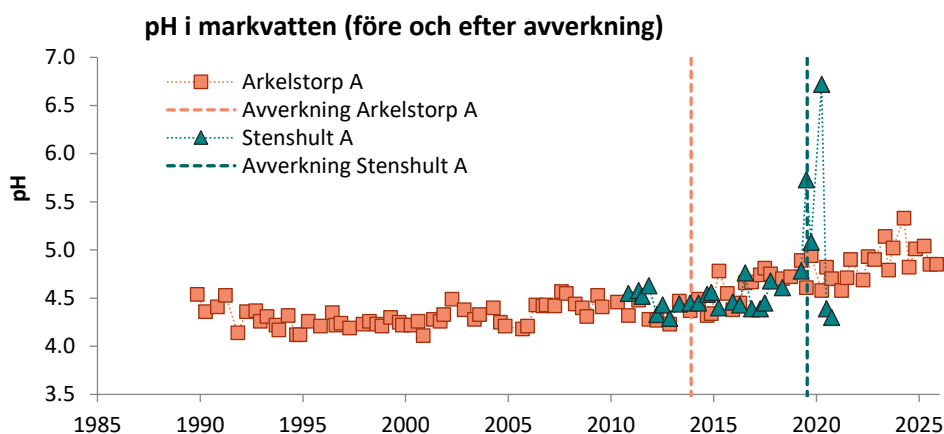
Hissmossa och Arkelstorp B är de aktiva ytor som har längst tidsserier och därmed bäst förutsättningar för analyser av förändringar över tid. Mätningarna startade 2010 respektive 2014. Även tidsserierna från perioden före avverkning på de tidigare mätplatserna i Arkelstorp, Maryd och Stenshult (A-ytorna, med tidsserier från 1989–2013, 2001–2024 respektive 2010–2019) kan användas för att analysera tidstrender. ANC har ökat signifikant på de tre platser med längst tidsserier, Hissmossa, Arkelstorp A och Maryd (Figur 24). Halterna oorganiskt aluminium har minskat på dessa, samt även i Stenshult A (Figur 26). För pH kan signifikanta öknings påvisas i Hissmossa A och Arkelstorp A (Figur 22). Sammantaget visar markvattendata från de skånska ytorna på återhämtning, men ANC måste öka ännu mer för att effekten på pH och halten oorganiskt aluminium ska bli större.

Efter avverkning upphör trädens upptag av näringsämnen samtidigt som organiskt material i marken börjar brytas ned. Det leder ofta till ökade värden av pH och ANC samt minskade halter av oorganiskt aluminium.

I kväverika marker, som i Skåne, kan det minskade kväueupptaget samtidigt öka nitrifieringen, vilket verkar försurande och därmed sänker pH. I Arkelstorp A, som avverkades i november 2013, har mätningarna fortsatt efter avverkning, och i Stenshult A, som avverkades i augusti 2019, fortsatte mätningarna under 2020 men avslutades i samband med att lysimetrarna förstördes i en markberedning (Figur 23, 25 och 27). I Arkelstorp A har pH och ANC ökat och halten oorganiskt aluminium minskat efter avverkning. Dessa parametrar uppvisar dock en stor variation, framför allt åren efter avverkning, vilket kan härledas till att nitratkvävehalten ofta var kraftigt förhöjd (Figur 13). I Stenshult A uppmättes högt pH, högt ANC och låga halter oorganiskt aluminium direkt efter avverkning, men avverkningen på denna utsatta plats ledde till att halten nitratkväve i markvattnet ökade kraftigt, till 34 mg/l ett år efter avverkning, vilket återspeglas i lågt pH och lågt ANC vid denna tidpunkt.

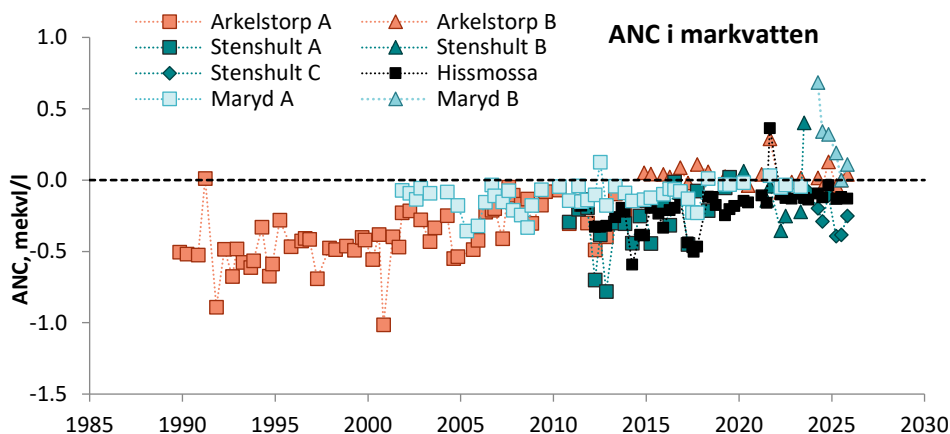


Figur 22. pH i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Mätvärden efter avverkning har uteslutits och visas i stället i Figur 23.

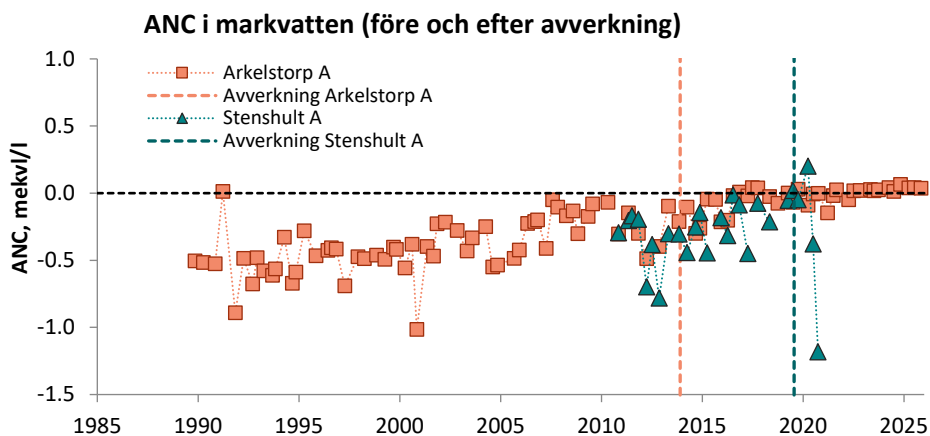


Figur 23. pH i markvattnet i Arkelstorp A och Stenshult A före och efter avverkning.

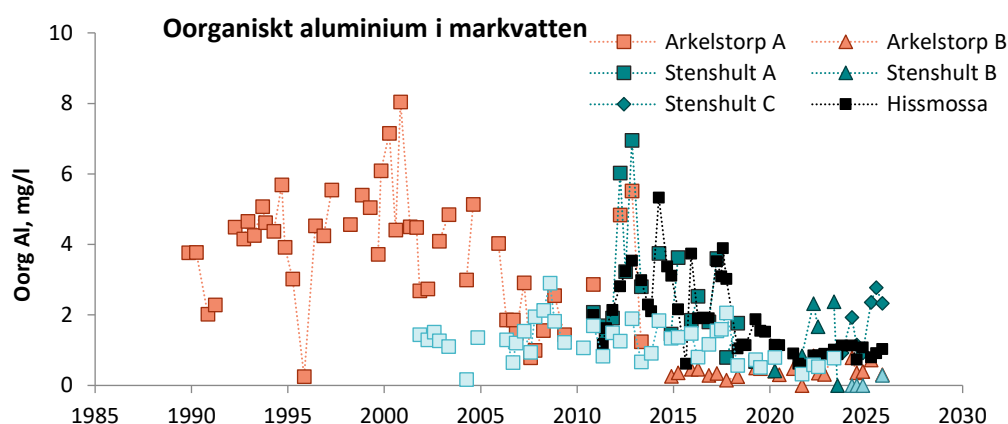
FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondropps nätet till och med 2024/25
Juli 2026



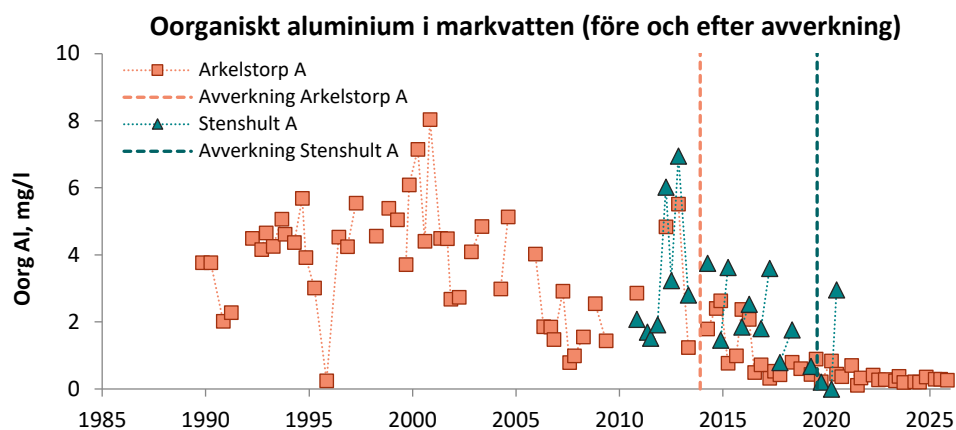
Figur 24. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Mätvärden efter avverkning har uteslutits och visas i stället i Figur 25.



Figur 25. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i markvattnet i Arkelstorp A och Stenshult A före och efter avverkning.



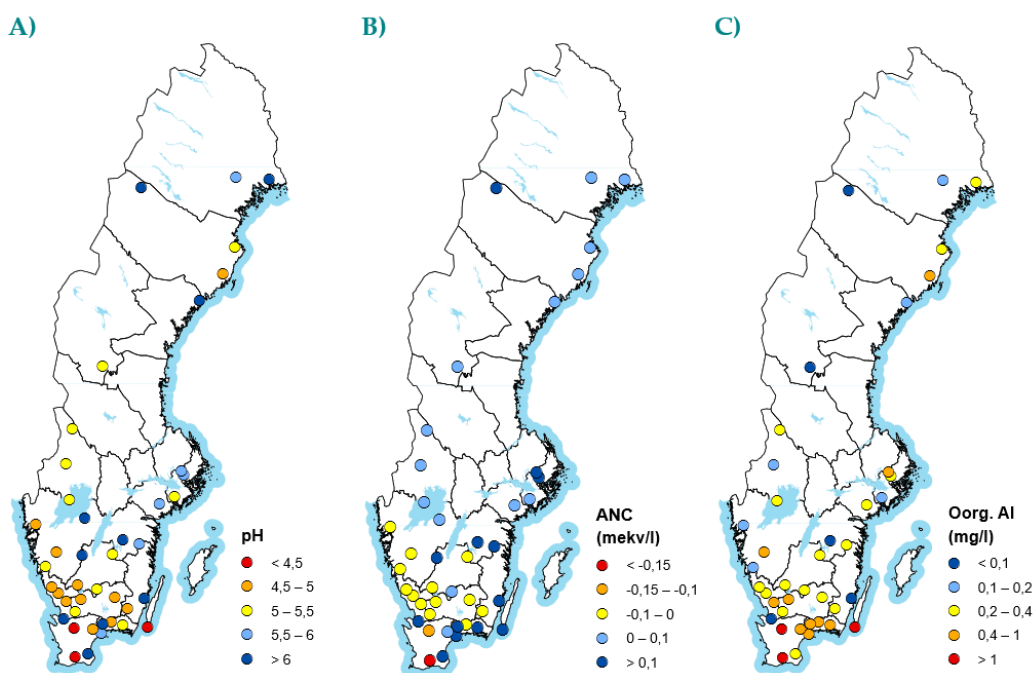
Figur 26. Oorganiskt aluminium i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Mätvärden efter avverkning har uteslutits och visas i stället i Figur 26.



Figur 27. Oorganiskt aluminium i markvattnet i Arkelstorp A och Stenshult A före och efter avverkning.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026

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 28). Markvattnets pH, som median för åren 2023–2025, varierade över landet mellan 4,1 och 6,9 (Figur 28A), ANC mellan -0,25 och 0,57 (Figur 28B) och halten oorganiskt aluminium uppgick som högst till 1,9 mg/l (Figur 28C). De flesta av mätplatserna i Götaland uppvisar negativt ANC, i Svealand är ANC vanligtvis omkring noll, och i Norrland är det positivt. Även halten oorganiskt aluminium uppvisar en liknande gradient. Två av de mest försurade ytorna i Sverige finns i Skåne, Stenshult och Hissmossa, med medianvärden på pH för de tre senaste åren under 4,5 och ANC betydligt under 0.



Figur 28. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2023–2025). 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.

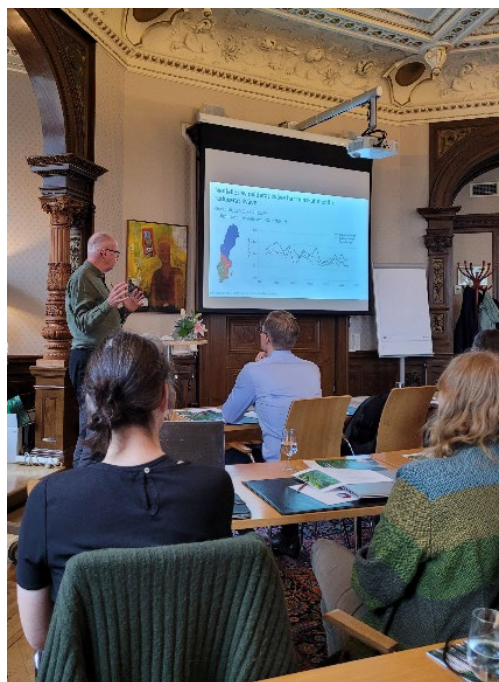
4 Aktuellt och notiser

4.1 Krondroppsnätet 40 år

År 2025 firade Krondroppsnätet 40 år – fyra decennier av långsiktiga mätningar, miljöengagemang och ovärderlig kunskapsuppbyggnad. En jubileumskonferens hölls i Göteborg med föredrag och paneldiskussioner där representanter från kommuner, myndigheter och universitet deltog. Vi sammanfattade lärdomar och blickade framåt.

Nedan sammanfattas paneldiskussionerna kort i tre punkter:

- Bristande och osäker finansiering, låg politisk prioritering och kunskapsbrist hos beslutsfattare hotar långsiktigheten i miljöövervakningen, samtidigt som kortsiktiga politiska trender och fokus på nya frågor riskerar att tränga undan "klassiska" miljöproblem (som försurning och övergödning). Starkare lagkrav, bättre samordning mellan myndigheter och aktörer samt tydligare kommunikation av miljöövervakningens samhällsnytta lyfts som centrala lösningar.
- Geopolitiska spänningar, klimatförändringar, målkonflikter och ökade krav på energiförsörjning ökar komplexiteten i miljöarbetet och kan samtidigt öka risken för ökad miljöbelastning genom förändrade prioriteringar och ökat tryck på naturresurser. Samtidigt behövs skarpare lagkrav, bättre indikatorer och starkare koppling mellan data, åtgärder och samhällsnytta för att hålla frågorna relevanta.
- Krondroppsnätets etablerade och kvalitetssäkrade infrastruktur bedöms ha stor potential att breddas till nya föreningar, vilket kan ge samordningsvinster och stärka finansieringen, men kräver metodutveckling, anpassad provtagning och ett tydligt nationellt ramverk för långsiktig implementering.



Vi vill rikta ett stort tack till alla deltagare och till de som var inblandade i att göra jubileet möjligt.

4.2 Förändringar inom projektledningen

Under året har vi också tackat av två uppskattade projektmedlemmar som gått i pension, nämligen Gunilla Pihl Karlsson och Per Erik Karlsson. Deras kompetens, engagemang och kollegiala generositet har satt tydliga avtryck i verksamheten. De har inte bara bidragit med vetenskaplig skicklighet och kvalitet i arbetet, utan också med värme, humor och ett genuint engagemang för både miljöfrågorna och arbetsgemenskapen. Vi vill rikta ett stort och innerligt tack för alla år av insatser och önskar dem allt gott i nästa fas av livet.

Samtidigt hälsar vi vår nya projektledare Viktor Klemetz varmt välkommen. Att ta över stafettpinnen i ett sammanhang med så stark tradition och kunskapsbas är både ett ansvar och en möjlighet. Vi är glada över att ha en ny drivande kraft som kan föra arbetet vidare, bygga vidare på det som skapats och samtidigt utveckla verksamheten för framtidens behov.

Tillsammans, med erfarenhet, förnyelse och gemensamt engagemang, fortsätter vi arbetet för att förstå och synliggöra hur luftföroreningar påverkar våra skogs-ekosystem.

5 Tack

Krondroppsnätets 40 år av miljöövervakning är inte bara en milstolpe, utan också ett tillfälle att rikta ett varmt tack till alla som har bidragit – från de som var med i uppbyggnadsfasen till dagens aktiva deltagare. Er noggrannhet, uthållighet och nyfikenhet har gjort Krondroppsnätet till en stabil kunskapskälla i en föränderlig omvärld. Vi ser med stolthet tillbaka på det som åstadkommits och med tillförsikt fram emot kommande decennier av fortsatt miljöövervakning och forskningen som den bidrar till.

Krondroppsnätets verksamhet har en unik nationell infrastruktur för att följa nedfall av luftföroreningar och dess effekter på skog och mark. De långa tidsserierna är vår största styrka och hade inte varit möjliga utan det ihärdiga arbete som utförts av fältpersonal, labbpersonal och våra medlemmar genom åren.

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. 2026. EMEP/CEIP 2026 Present state of emission data; <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>
- 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.
- Karlsson, P.E., Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten, Gunilla Pihl Karlsson. 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., C. Akselsson. S. Hellsten, G. Pihl Karlsson. 2022. Twenty years of nitrogen deposition to Norway spruce forests in Sweden. *Science of the Total Environment* 809, 152192.
- Länsstyrelsen i Skåne län, 2025. Regional årlig uppföljning – Skåne län 2025. Länsstyrelsen i Skåne 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.
- Pihl Karlsson, G, Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E. 2024a. 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.

Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Hellsten, S., Danielsson, H., Kronnäs, V., Akselsson, C.
2024b. Total deposition of sulphur to coniferous forests in Sweden - Taking canopy
exchange into account, Atmospheric Environment, Volume 338, 120840, ISSN 1352-2310,
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120840>.

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

Bilaga. Mätplatserna i Skåne län

Krondroppsnetet bedriver mätningar vid sex mätplatser i Skåne län (Tabell B.1).

Tabell B.1. Aktiva mätplatser i Skåne län 2024/235.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Strängprov	Markvatten	Lufthalter*
Arkelstorp B (L 05B)	Gran		X		X	
Maryd A/B (L 15A/B)	Gran		X		X	
Hissmossa (L 18)	Gran	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X	X
Stenshult B/C (M 16B/C)	Gran	X	X	X	X	X
Kullaberg (M 24)						X ²⁾
Stenshuvud (L 19)						X ²⁾

* Mätningar inkluderar lufthalter av SO₂, NO_x, NO₂, NO samt NH₃

¹⁾ Finansieras av Naturvårdsverket

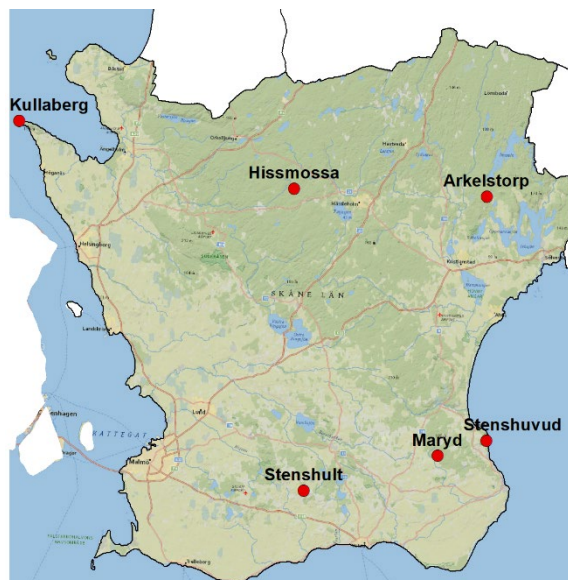
²⁾ Mätningar av SO₂, NO₂ samt NH₃ finansieras av Länsstyrelsen i Skåne län

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

På IVL har främst Sari Blom, Nour Osman, Paula Andersson, Zorica Spasojevic, Pia Spandow, Sara Bodholm, Camilla Hållinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Crina Salceanu, Pernilla Bengtsson, Karin Hallgren och Maria Bergeld preparerat och levererat material samt analyserat proverna.

Databasen har skötts av Gunnar Malm.

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



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026



Arkelstorp B (L 05B)

Ytan etablerades år 2013 mindre än 200 meter sydost om den tidigare nu avverkade ytan, L05A, på toppen av Hallabjället, i omkring 40-årig granskog. Krondroppsmätningarna startade i november 2013, men markvattenmätningarna startade först i november 2014. Ytan var vid etableringen ganska nyligen gallrad. Den tidigare ytan, **L05A Arkelstorp A**, var belägen i granskog planterad 1955.

Lufthaltsmätningar har bedrivits vid Arkelstorp under olika perioder.



Hissmossa (L 18)

Granskog i norra Skåne, planterad 1972. Ytan utgör en 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, då på en betesmark med nötkreatur. Mätningarna med strängprov startade i juni 2013. ÖF-mätningarna flyttades ett kort stycke till en öppen våtmark i september 2017. För lufthalter och nedfall visas även data från den gamla ytan, **L07A Västra Torup**, och statistiska analyser har gjorts för de sammanslagna tidsserierna, eftersom lufthalter och nedfall bedöms vara jämförbart mellan ytorna. **L07A** var belägen i granskog planterad 1940. Vid statistisk analys av markvattnet analyseras dock de båda mätplatserna separat. Lufthaltsmätningar har bedrivits vid Hissmossa/ Västra Torup under olika perioder.



FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026

Maryd (L 15 A+B)

Maryd B är en granyta belägen cirka 800 m norrut från den tidigare avverkade ytan, Maryd A. Mätningarna startade i mars 2024.

Maryd A, var en granskog på bördig mark i sydöstra Skåne, planterad 1959. Mätning av nedfall (krondropp) och markvattenkemi i Maryd startade i oktober 2001 och avslutades i februari 2024. Ytan avverkades i oktober 2024.

Lufthaltsmätningar har bedrivits vid Maryd under olika perioder och bedrivs fortfarande i öppet fält.



Stenshult (M 16)

Omkring 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, ca 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. På grund av avverkning flyttades krondroppsytan i Stenshult en kort sträcka i augusti 2019 till en ny granyta (M16B). Ytan M16B avverkades i juli 2023 varför ytan flyttades ytterligare en gång till en närliggande plats i en granyta (M16C), se foto nedan.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026



Stenshuvud (L 19)

Länsstyrelsen i Skåne har under 2022 startat mätningar i skyddade områden vid Stenshuvud Nationalpark, som en förtätning av Krondroppsnätet. Lufthaltsmätningarna och mätningar av partiklar startade i januari 2022. I denna rapport redovisas endast lufthaltsmätningarna.



Kullaberg (M 24)

Länsstyrelsen i Skåne har under 2022 startat mätningar i skyddade områden vid Kullaberg Naturreservat som en förtätning av Krondroppsnätet. Lufthaltsmätningarna och mätningar av partiklar startade i januari 2022. I denna rapport redovisas endast lufthaltsmätningarna.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I SKÅNE LÄN
Resultat från Krondroppsnätet till och med 2024/25
Juli 2026



**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