



**Nr C261**  
November 2017

## Utvärdering av Krondroppsnetet ur ett regionalt perspektiv

### Förstudie

Gunilla Pihl Karlsson, Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson & Cecilia Akselsson\*

\*Lunds universitet



I samarbete med: Lunds universitet

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

**Medel från:** Naturvårdsverket via Länsstyrelsen i Jämtlands län

**Fotograf:** Per Erik Karlsson, Krondroppsytan i Sör-Digertjärn, Jämtland

**Rapportnummer** C261

**ISBN** 978-91-88319-89-0

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2017**

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

Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

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

# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Bakgrund.....	6
2 Mätplatser inom den regionala miljöövervakningen: målsättningar och kriterier .....	10
2.1 Målsättningar med regionala mätplatser inom Krondropps nätet .....	10
2.2 Kriterier för regionala mätplatser .....	10
2.2.1 Generella kriterier.....	10
2.2.2 Kriterier för nedfallsmätningar .....	13
2.2.3 Kriterier för markvattenkemiska mätningar .....	14
2.2.4 Kriterier för lufthaltsmätningar .....	15
2.3 Indelning av mätplatser.....	17
2.3.1 Regional indelning.....	17
2.3.2 Indelning i nationell och regional övervakning .....	18
2.4 Regional/länsvis miljömålsuppföljning.....	20
2.4.1 Deposition .....	20
2.4.2 Markvatten .....	23
2.5 Jämförelse mellan MATCH-Sverige modellen och Krondropps nätet mätningar .....	24
3 Områdesvis beskrivning av mätplatserna .....	27
3.1 Områdesvisa beskrivningar av mätplatser utifrån geografiska regioner, miljötillstånd, samt abiotiska och biotiska faktorer .....	27
3.1.1 Klassificering av miljöpåverkan och miljötillstånd .....	27
3.1.2 CLEO-region sydväst .....	30
3.1.3 CLEO-region sydost .....	33
3.1.4 CLEO-region central-öst .....	37
3.1.5 CLEO-region central-väst .....	39
3.1.6 CLEO-region nordost.....	41
3.1.7 CLEO-region nord-mitten.....	43
3.1.8 CLEO-region nordväst .....	46
3.2 Vad kan generellt eventuellt hota/förvärra/förändra mätplatsernas förutsättningar?.....	48
3.2.1 Allmänt.....	48
3.2.2 Relation till markägaren.....	48
3.2.3 Trädbeståndens ålder .....	48
3.2.4 Stormskador och insektsangrepp .....	48
3.2.5 Förändrat klimat .....	49
3.3 En analys av den geografiska variationen av deposition och markvattenkemi inom och mellan olika CLEO-regioner .....	49
3.3.1 Generellt .....	49
3.3.2 Deposition till öppet fält .....	49
3.3.3 Deposition som krondropp .....	52
3.3.4 Markvattenkemi .....	55

4	Statistisk analys av tidsserien 1996/97-2015/16.....	59
5	Enkät svar - Mätmetodik och provtagning .....	65
5.1	Fungerar mätmetodiken/provtagningen på ett tillfredsställande sätt under alla tider på året så att proverna som tas är representativa? .....	65
5.2	Finns problem som länen identifierat? .....	65
6	Enkät svar - Vilka behov har länen av data från Krondroppsnätet?.....	66
6.1	Vilka frågor är viktiga att följa upp i respektive län? .....	66
6.2	Vilka parametrar är viktigast att mäta/följa upp (idag och för framtiden)?.....	67
7	Enkät svar - Vad används data till idag i länen? .....	69
8	Hur finansieras Krondroppsnätet inkl. provtagningen i fält? .....	71
9	Enkät svar - Vilka frågor är viktiga att fokusera på i den kommande utvärderingen 2018? .....	72
10	Referenser.....	74

## Sammanfattning

En förstudie av främst regionala behov när det gäller miljöövervakning av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi inom Krondroppsnetet har genomförts. I förstudien har även en enkätundersökning ingått. Studien, som finansierats av Naturvårdsverket via Länsstyrelsen i Jämtlands län, omfattar alla deltagande län inom Krondroppsnetet. Förstudien utgör en del av en kommande större gemensam nationell och regional utvärdering av bl.a. Krondroppsnetet.

Krondroppsnetets medlemmar utgörs av luftvårdsförbund, länsstyrelser, Naturvårdsverket samt några enskilda företag. Dessa olika kategorier av medlemmar har i viss mån olika inriktningar och målsättningar vad gäller deltagande i Krondroppsnetet. Generella kriterier med mätplatser inom Krondroppsnetet innefattar bl.a.:

- Det bör finnas ett större antal mätplatser per areal i områden där gradienten av luftföroreningsbelastning är som störst.
- Mätplatserna bör omfatta olika naturtyper, främst inriktat mot olika trädslag. Trädslagen är även nära sammankopplade med olika jordmåner.
- Variationer i markens jordart, det vill säga kornstorleksfördelningen, och dess innehåll av mineraler bör täckas in.
- Långa tidsserier är värdefulla för att bedöma förändringar över tiden, samt upptäcka tillfälliga händelser.

I rapporten diskuteras även Krondroppsnetets mätningars betydelse för den regional (och nationella) miljöövervakningen inom främst miljömålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning*. Vidare diskuteras förbättringsförslag med avseende på den regionala indikatoruppföljningen (indikatorerna; nedfall av svavel och nedfall av kväve) av ovan nämnda miljömål, där Krondroppsnetets mätningar har en avgörande roll. Förbättringen avser att avsevärt förbättra beräkningen av det länsvisa nedfallet samt förbättra beskrivningen av den geografiska variationen av svavel- och kvävenedfall i de olika länen.

Nuvarande mätplatser inom Krondroppsnetet beskrivs i detalj, baserat på en geografisk indelning i sju regioner. Regionsindelningen är framtagen inom ett Naturvårdsverksfinansierat forskningsprogram, CLEO, för att spegla skillnader över landet vad gäller föroreningsbelastning, klimat och skogliga egenskaper. Mätplatserna har klassificerats utifrån påverkan och tillstånd baserat på försurning och kvävebelastning. Information ges även om någon/några mätplatser historiskt visat sig vara betydelsefulla för att indikera olika tillfälliga händelser, exempelvis skogsbränder, vulkanutbrottet eller större stormar. Alla nu aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet bedöms fylla en viktig roll för den regionala miljöövervakningen. De flesta mätplatserna fyller även en viktig roll utifrån ett nationellt miljöövervakningsperspektiv.

En statistisk analys har gjorts av trender under tidsserien 1996/97-2015/16. Vidare har den geografiska variationen av deposition och markvattenkemi inom och mellan olika CLEO-regioner, baserat på data från de fem senaste åren, analyserats.

En enkät har skickats ut till alla regionala aktörer med frågor om mätmetodik och provtagning, vad data används till samt vilka frågor som är viktiga i den kommande utvärderingen 2018. Svaren kan sammanfattas enligt följande:

- Länen är intresserade av att följa upp en mängd frågor rörande miljötillståndet i länet. De absolut viktigaste användningsområdena för Krondroppsnetets mätningar är: regionala miljömålsbedömningar, uppföljning av tillståndet i miljön i länet, uppföljning av försurning/övergödning, stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning och som underlag för planering och uppföljning av kalkningsåtgärder.
- En majoritet av aktörerna tycker det är viktigt att fortsätta mäta samtliga parametrar för lufthalter, i nederbörden över öppet fält, i krondropp och i markvatten. Även mätningarna av torrdeposition med strängprovtagnarna anses viktiga.
- Aktörerna i de olika länen ser dessutom samordningsvinster och ytterligare användningsområden för data från Krondroppsnetet, bl.a. för kalkningsunderlag och uppföljning, men även som stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning.
- Frågor som är viktiga att fokusera på i den kommande utvärderingen 2018 gäller organisatoriska, finansiella, behovsanpassade och framtida viktiga frågeställningar inom miljöområdet där resultaten kan komma att spela stor roll.



# 1 Bakgrund

Denna studie har gjorts gemensamt för alla län som är medlemmar i Krondroppsnetet och utgör en förstudie till en kommande utvärdering av vilka nationella och regionala behov som finns när det gäller miljöövervakning av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi inom Krondroppsnetet. I förstudien har även en enkätundersökning bland Krondroppsnetets medlemmar samt regionala avnämare ingått. Förstudien har finansierats av Naturvårdsverket via Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Mätprogrammet Krondroppsnetet har sedan 1985 följt utvecklingen av lufthalter och atmosfäriskt nedfall av luftföroreningar i skogen och dess effekter på markvatten i Sverige. Krondroppsnetet drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet i samarbete med Lunds universitet. Programmets fokus är att utifrån länsbaserade mätningar av nedfall (torr- och våtdeposition), markvattenkemi samt lufthalter ge kunskap om den regionala belastningen av luftföroreningar med avseende på bland annat försurning, övergödning och marknära ozon. Krondroppsnetet omfattar ett 60-tal mätplatser under 2016/17, fördelade över hela Sverige, se Figur 1A och 1B. Resultat från Krondroppsnetets mätningar samt analyser av tillstånd redovisas årligen i rapporter. Dessutom ges medlemmarna i Krondroppsnetet under varje programperiod möjlighet att delta i de s.k. "Krondroppsdagarna", där bl.a. fortsatt utformning av Krondroppsnetet diskuteras. För mer detaljerad information om mätningarna eller Krondroppsnetet se <http://www.krondroppsnetet.ivl.se>.

Krondroppsnetet drivs i femåriga programperioder och nuvarande programperiod sträcker sig till och med 2020. Krondroppsnetet drivs främst med länsvis finansiering från luftvårdsförbund och länsstyrelser, men även via finansiering från enskilda företag. Även Naturvårdsverket bidrar med finansiering, främst vad gäller mätningar av nederbörd och torrdeposition på öppet fält. Naturvårdsverkets delfinansiering av Krondroppsnetet (Krondroppsnetet-NV) ingår i programområde Luft (PO Luft).

En nyligen avslutad revision av Naturvårdsverkets programområde Luft (PO Luft) resulterade bland annat i att den nationella programperioden för PO Luft synkroniseras med den regionala miljöövervakningens programperiod (2015-2020). Den nationella programperioden gäller 2017-2018 med möjlighet till förlängning fram till 2020. I och med denna synkronisering möjliggörs en anpassning mellan den nationella och de regionala miljöövervakningsprogrammen. I revideringen av PO Luft under 2016 undveks en större revidering av Krondroppsnetet-NV, för att istället kunna göra den revideringen tillsammans med den regionala miljöövervakningen inför nästa programperiod inom Krondroppsnetet som startar 2021. Naturvårdsverket har för avsikt att redan tidigt under programperioden (2017-2018) arbeta med utformningen av innehållet för nästkommande period. Under perioden fram till 2020 ska en eller flera övergripande utredningar ske angående de olika luftövervakningsprogrammen EMEP, LNKN (Luft- och nederbördskemiska nätet), Krondroppsnetet och MATCH. Innevarande förstudie utgör ett första steg för denna gemensamma utvärdering av Krondroppsnetet mellan de regionala aktörerna och Naturvårdsverket.

I en rapport till Naturvårdsverket 2015 sammanställdes ett förslag till utformning av ett Bas-Krondroppsnet för nationell miljöövervakning (Pihl Karlsson m.fl. 2015). Tanken med projektet var att sammanställa vilka mätningar (lufthalter, nedfall samt markvattenkemi i brukad skog) som behövdes för att säkra en stabil och långsiktig nationell miljöövervakning med god geografisk upplösning och goda möjligheter till att bedöma förändringar över tiden, som underlag för den nationella uppföljningen av främst miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Rapporten om Bas-Krondroppsnetet beskrivs i denna rapport mer överskådligt i kapitel 2.3.3.

Denna förstudie har främst initierats och utformats efter Länsstyrelsernas behov. Det kommer framöver även att behövas en utredning som är mer inriktad mot Luftvårdsförbundens inställning till en framtida utformning av Krondropps nätet efter 2020. De olika luftvårdsförbundens har varierande inriktning och syfte med mätningarna inom Krondropps nätet som måste belysas i en större omfattning än vad som är möjligt inom denna förstudie. I vissa län fungerar mätningarna inom Krondropps nätet till exempel som recipientkontroll vad gäller utsläpp till luft för de företag som inte behöver ha egen specifik recipientkontroll och som är medlemmar i respektive Luftvårdsförbund. Man "samordnar" därmed flera företags recipientkontroller genom mätningarna, dock krävs då att de mätningar som genomförs på uppdrag av luftvårdsförbundet i fråga har en viss minsta omfattning. I andra län uppfyller mätningarna andra syften såsom miljömålsuppföljning, bakgrundsmätning för kalkningsåtgärder etc.

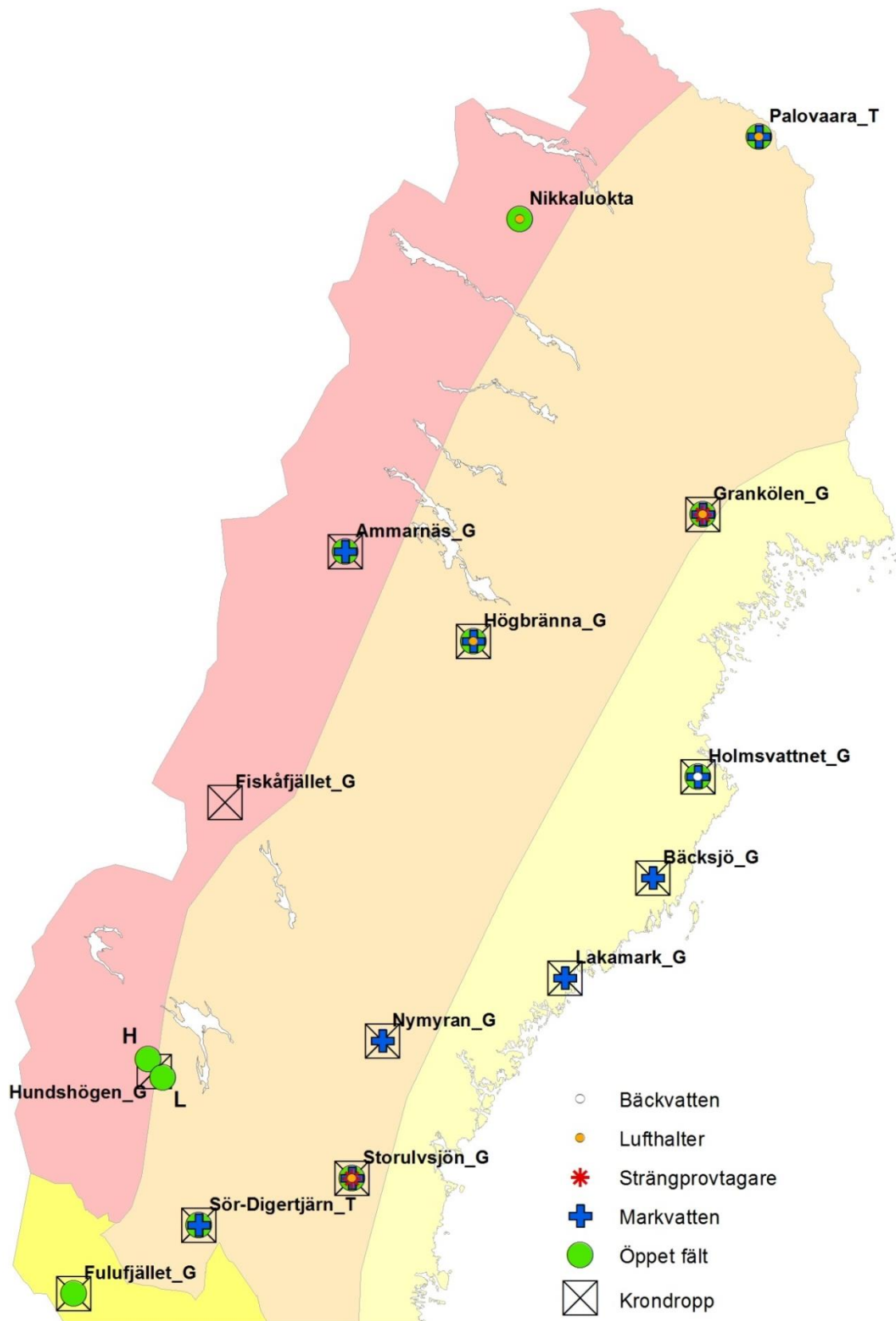
Krondropps nätet är uppbyggt kring en gemensam finansiering från ett stort antal olika medlemmar. Krondropps nätetns medlemmar ges fortlöpande möjlighet att delta i Krondropps nätetns programperioder genom avtal. Avtalen skrivs för hela programperioden och föregås av ett gemensamt programförslag som tagits fram av samtliga deltagande medlemmar i Krondropps nätet tillsammans med projektledningsteamet. Programförslaget delas sedan upp i separata programförslag för varje län. Avtalen kan dock sägas upp årligen.

Krondropps nätetns medlemmar utgörs av luftvårdsförbund (Lvf), länsstyrelser (Lst), Naturvårdsverket (NV) samt därutöver några enskilda företag. Dessa olika kategorier av medlemmar har i viss mån skilda inriktningar och målsättningar vad gäller deras deltagande i Krondropps nätet. Nedan finns en mer generell beskrivning av de olika medlemskategorierna och deras respektive övergripande syften:

- **Krondropps nätet-Lst;** har en huvudsaklig inriktning på övervakning av bakgrundbelastningen för bedömning av miljötillståndet i regionen med fokus på det egna länet samt måluppfyllelse avseende de regionala miljö kvalitetsmålen.
- **Krondropps nätet-Lvf;** har en huvudsaklig inriktning på övervakning av bakgrundbelastningen till nytta för planerings- och utvecklingsarbete inom det egna länet och som underlag för tillståndsgivning. Dessutom kan mätningarna fungera som en ersättning för enskilda företags recipientkontroll. Luftvårdsförbunden kan dessutom ha en inriktning som mer liknar den för länsstyrelserna när det gäller att ta fram underlag för regional miljömålsuppföljning.
- **Krondropps nätet-NV;** har en huvudsaklig inriktning på nationell miljöövervakning, med fokus på måluppfyllelse vad gäller olika indikatorer inom de olika miljö kvalitetsmålen.

En framtida utformning av Krondropps nätet efter 2020 måste göras så att det är förankrat hos alla olika kategorier av medlemmar som beskrivs ovan.

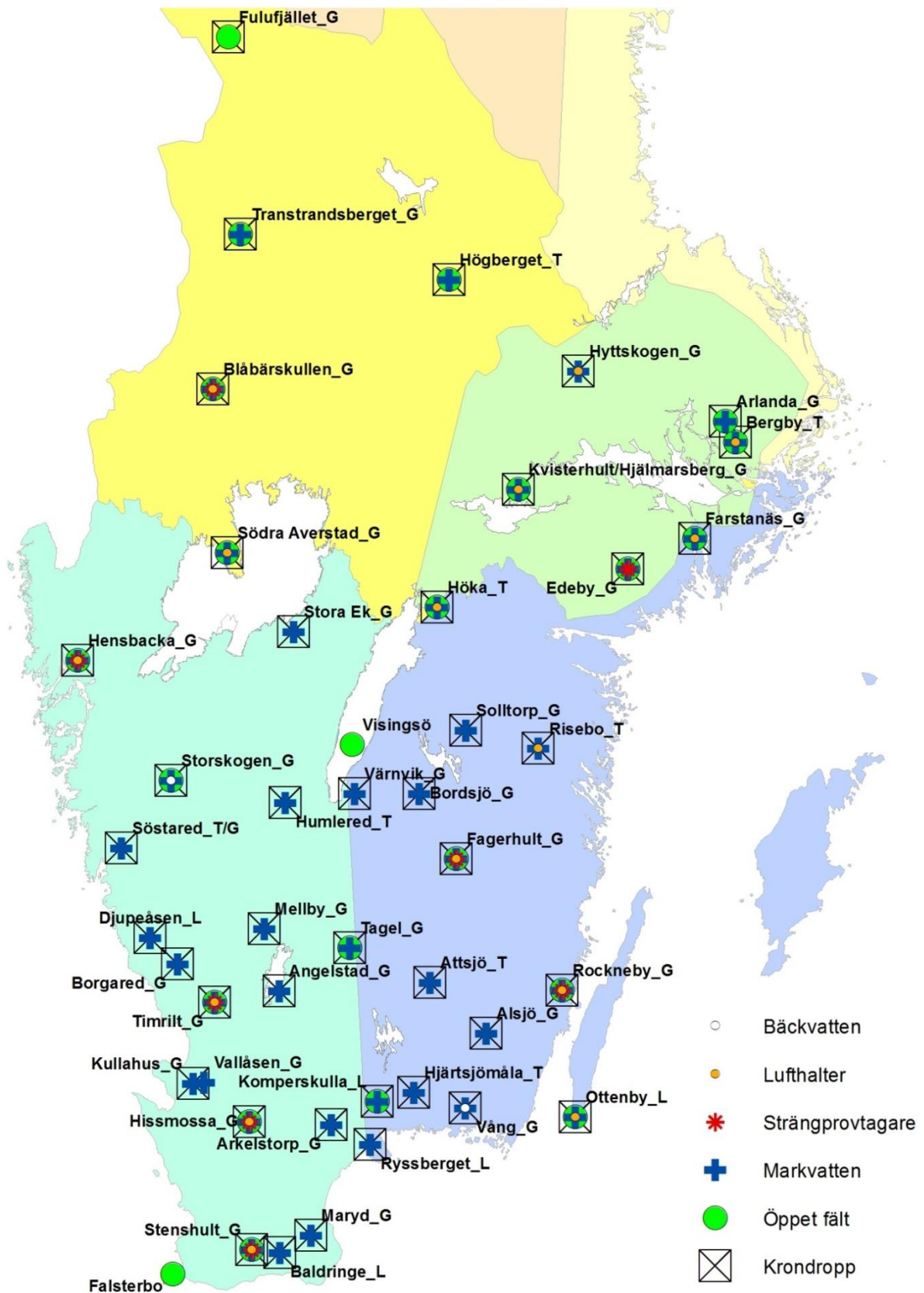
A



Figur 1A. Krondroppsnetets mätplatser i norra Sverige under 2016/17.



B



Figur 1B. Krondroppsnätets mätplatser i södra Sverige under 2016/17.

## 2 Mätplatser inom den regionala miljöövervakningen: målsättningar och kriterier

### 2.1 Målsättningar med regionala mätplatser inom Krondroppsnetet

Mätningar vid regionala mätplatser inom Krondroppsnetet bedrivs bland annat med följande syften:

1. Att beskriva **belastningen** avseende olika luftföroreningar på skogslandskapet utanför tätort, inkluderat belastningen på olika regionala naturtyper.
2. Att beskriva **påverkan** av luftföroreningar på olika regionala naturtyper med fokus på den långsiktiga utvecklingen på markvatten.
3. Att **följa upp regionala miljömål**.
4. Att generellt **följa upp och beskriva miljötillståndet** och dess förändringar i regionen.
5. Att utgöra **underlag** till nytta för planerings-, utvecklingsarbetet och miljöövervakningen inom regionen/länet.
6. Att utgöra **underlag för olika åtgärdsprogram**, t.ex. kalkning av sjöar och vattendrag.
7. Att utgöra **recipientkontroll** vad gäller utsläpp till luft för företag, som inte måste ha egen recipientkontroll, och som är medlemmar i vissa läns luftvårdsförbund. Därutöver finns några mätplatser där mätningarna utgör en del av företagets egna recipientkontroll vad gäller utsläpp till luft.
8. Att **utgöra bakgrundsunderlag** för tillståndsprovningar/miljökonsekvensbedömningar.
9. Att **utgöra beredskap** till att upptäcka och följa upp tillfälliga händelser, såsom stormar (t.ex. Hellsten m.fl., 2015), storskaliga bränder (t.ex. Karlsson m.fl., 2013a), vulkanutbrott (t.ex. Hellsten m.fl., 2017) m.m.

Utöver detta används mätresultaten som forskningsunderlag. Mätresultaten från Krondroppsnetet används även för att analysera konsekvenser av olika skogsbruksåtgärder, t.ex. kvävegödsling av skog, samt för regionala kritiska belastningsbedömningar m.m.

Det finns en glidande övergång mellan olika syften vad gäller mätningar vid en viss plats. De flesta mätplatser har flera olika syften och karaktärer.

### 2.2 Kriterier för regionala mätplatser

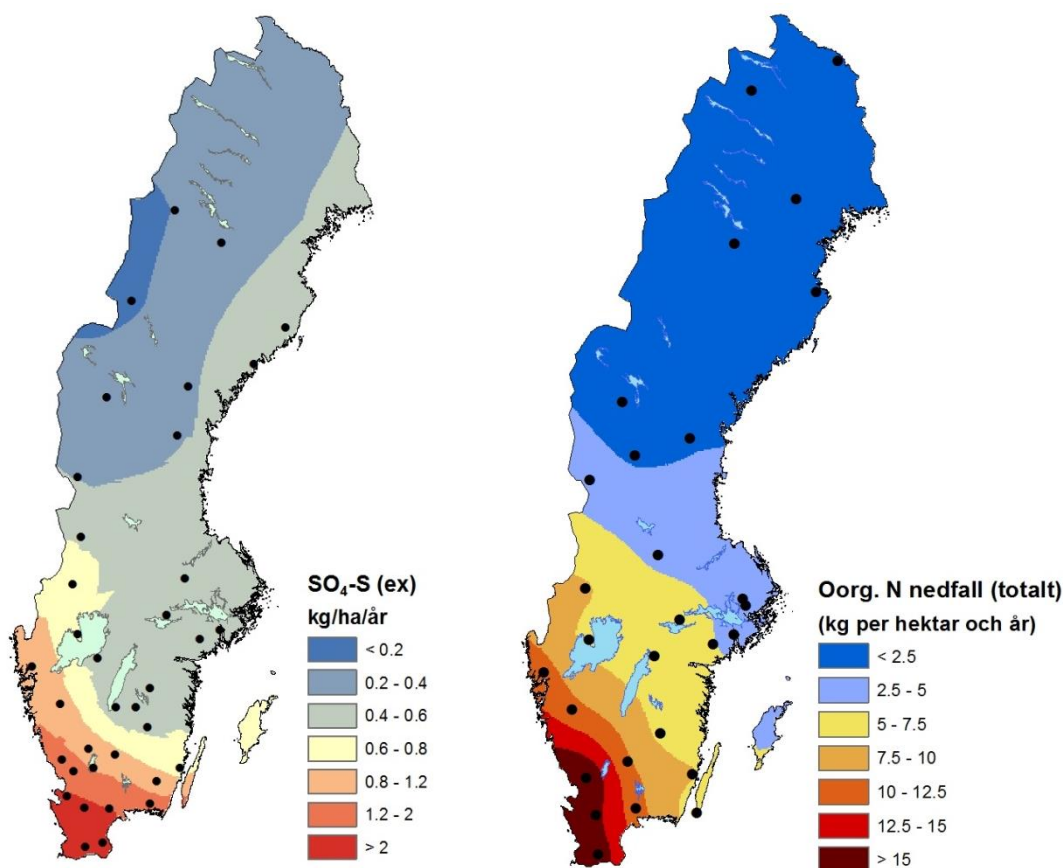
#### 2.2.1 Generella kriterier

##### 2.2.1.1 Luftföroreningsgradientens betydelse för mätplatsernas placering

Det finns en gradient för luftföroreningar över Sverige som sträcker sig från sydväst till nordost, se exempel för totalt svavel- och kvävednedfall 2015/16 i Figur 2. I kvävekartan är nedfallsintervallen (intervallen i skalan) symmetriska, och kartan visar att de blir bredare och täcker en större yta ju längre norrut man kommer. Detta innebär att storleken på förändringen (gradienten) blir mindre ju längre norrut man kommer. Detta gäller även för svavel, där dock intervallen har satts till olika storlek. Luftföroreningsgradienten beror framförallt på transportriktningen för förorenade luftmassor från kontinenten samt mönster i nederbörds mängder över Sverige.

En ofta använd princip är att placera ett större antal mätplatser per areal i områden där gradienten av luftföroreningsbelastning är som störst. Antalet mätplatser per areal bör därför vara som högst i sydväst och sedan minska gradvis mot nordost till och med Svealand, varefter det utifrån gradientens storlek skulle kunna hållas konstant längre norrut. Det bör dock framhållas att det både för svavel- och kvävenedfallet i Norrland också finns en gradient från kustlandet västerut mot inlandet och fjällvärlden.

Ytterligare information om den geografiska variationen i nedfall och markvattenkemi inom geografiska regioner ges i kapitel 3.3 nedan.



Figur 2. En illustration över gradienter av nedfall av luftföroreningar över Sverige 2015/16. Till vänster visas nedfall av svavel som krondropp till granskog. Till höger visas beräknat totalt kvävenedfall till granskog.

### 2.2.1.2 Naturtypens betydelse för mätplatsernas placering

Naturtyper är områden som kännetecknas av en viss typ av flora och fauna. I skogliga sammanhang är det främst trädslaget som spelar roll, eftersom olika trädslagsval i stora drag speglar ståndorten för platsen och därmed de ekosystemmässiga förutsättningarna. Exempelvis förekommer gran huvudsakligen på mer näringsrika och fuktiga ståndorter än tall, som främst förekommer på näringsfattiga, torra områden. Trädslagen är även nära sammankopplade med olika jordmåner. I gran- och tallskogar, som ofta växer på mindre näringsrika marker, och där förnan är sur, är jordmånen ofta podsol, övergångsjord eller lithosoler i områden med tunna jordtäckan. I bokskogar, där jorden ofta är mer näringsrik, är jordmånen ofta brunjord.

Trädslag påverkar nedfall och markvattenkemi på olika sätt. Granskog är betydligt tätare än tall- och lövskog, och torrdepositionen blir därför större till granskog, vilket har gjort att granskogen har tagit emot avsevärt mer nedfall under de senaste decennierna. Även om torrdepositionen nu är

relativt låg, kan effekterna av ett historiskt högt nedfall fortfarande synas i markvattnet. Andra skillnader mellan trädslagen, som potentiellt kan påverka återhämtning från försurning och förmågan att hålla kvar kväve i marken, är upptag av näringsämnen, förnakvalitet, rotdjup och markvegetation. Mätplatserna i Krondroppsnetet bör i så stor utsträckning som möjligt representera de vanligaste trädslagen i länet, så att dessa skillnader täcks in. I södra Sverige är det till exempel viktigt att det finns mätningar inte bara i gran- och tallskog utan även i lövskog.

Till viss del när det gäller tall- men framför allt när det gäller lövskog får den s.k. stamavrinningen betydelse. Med en öppen trädskrona och uppåtriktade grenar kan en större del av nederbörden transporteras längs stammen till marken, jämfört med granskog, med sin mer slutna trädskrona och nedåtriktade grenar. Stamavrinning har tidigare mätts vid några platser inom Krondroppsnetet, men inte längre.

Utbredning av olika trädslag varierar i olika delar av Sverige. I texten nedan anges ungefärlig fördelning av arealen produktiv skogsmarken mellan olika trädslag i olika delar av Sverige. I sydväst (Skåne, Halland och Västra Götaland) ligger andelen granskog på 30-50 %, och tallskog på 10-20 %. I Skåne är det 40 % lövskog, Halland 20 % medan det endast är 10 % i Västra Götaland. I sydöst (Blekinge och Kalmar län) är det 30-50 % gran, 10-30 % tall samt 10-30 % lövskog. I centrala södra Götaland (Jönköpings och Kronobergs län) ligger andelen gran på 40-50 %, ca 20 % tall och ca 10 % lövskog. I Östergötland, Södermanland samt Stockholms län är det 20-30 % gran, 20-40 % tall och 10-15 % lövskog. I Värmland, Örebro samt Västmanlands län är andelen gran 30-40 %, 30-35 % tall samt 5-10 % lövskog. I södra delarna av norra Sverige, Dalarna, Jämtland och Västernorrland ligger andelen gran runt 20-30 %, tall 30-60 % samt lövskog 4-6 %. Längst i norr, Västerbotten och Norrbottens län är det 10-20 % gran, 40-60 % tall samt 4 % lövskog. Övrig skogsmark utgörs av blandskog.

### 2.2.1.3 Geologins betydelse för mätplatsernas placering

Både markens jordart, det vill säga kornstorleksfördelningen, och dess innehåll av mineraler, spelar roll för markens motståndskraft mot försurning och förmåga att hålla kvar kväve. Morän är den dominerande jordarten i Sverige, och större delen av Sveriges skogar växer på moränmark. Krondroppsytorna ligger till allra största delen på moränmark. Kornstorleksfördelningen varierar från mer finkorniga siltiga moräner, till grövre sandiga moräner. Även moränens mineralogiska sammansättning varierar, beroende på i vilken berggrund som moränen har sitt ursprung. Information om sammansättningen av berggrunden vid en Krondroppsyta är mindre användbar, eftersom isrörelserna gjort att moränen flyttat sig från sitt ursprungliga läge, och därmed kan ha en helt annan sammansättning än underliggande berggrund.

#### 2.2.1.3.1 Kriterier som är gemensamma för lufthalts-, nedfalls- och markvattenkemiska mätningar

**Långa tidsserier-** Det är viktigt med långa tidsserier för att kunna göra korrekta trendanalyser. Dessutom är långa tidsserier en förutsättning för att upptäcka tillfälliga förändringar. Detta gör extra viktigt att de långa tidsserier som redan nu finns vidmakthålls och kan fortgå kontinuerligt.

**Antal mättyper och analyserade parametrar-** För att rätt kunna tolka resultaten är det mycket viktigt att ha så många olika mättyper (lufthalts-, nedfalls-, krondropps- och markvattenkemimätningar) som möjligt på samma ställe. Av samma anledning är det viktigt att så många typer av ämnen som möjligt analyseras, för de olika mättyperna. Mätplatser med många olika mättyper är därför extra viktiga att vidmakthålla.

**Mätplatser för kvalitetssäkring-** Antalet mätplatser spelar roll inte bara för en beskrivning av den geografiska variationen i belastning och påverkan på skogsekosystemen utan även för kvaliteten

på data. Ett antal likartade mätplatser inom en begränsad geografisk region ger större möjlighet att upptäcka t.ex. föroreningar av provet.

#### 2.2.1.3.2 Organisatoriska och finansiella kriterier som är gemensamma för lufthalts-, nedfalls- och markvattenkemiska mätningar

**Samordning-** Det är av största vikt ur kvalitetssynpunkt att samordning sker mellan de olika mätningarna över landet. Kvaliteten på jämförelserna mellan resultaten blir betydligt bättre och mer robust om samma mätmetoder, analysmetoder, analys av resultaten etc. sker samordnat för de olika mätningarna över landet.

**Ekonomi-** Det är ekonomiskt motiverat att så många mätyper som möjligt placeras på samma plats. Det är även ekonomiskt motiverat med samordning av metoder, analysmetoder, resultatanalyser, rapportskrivande etc. då detta kan göras mer rationellt och kostnadseffektivt.

### 2.2.2 Kriterier för nedfallsmätningar

#### 2.2.2.1 Regional miljöövervakning bör omfatta nedfallsmätningar i skogsmiljön

Mätningar i krondropp fungerar väl för att uppskatta det totala nedfallet av svavel och havssalt till skogsekosystemen. Båda dessa ämneskategorier har stor betydelse för den fortsatta utvecklingen av försurningsproblematiken i såväl skogsmark som i sjöar och vattendrag.

Vad gäller mätningar i krondropp av ämnen som verkar som växtnäringsämnen, såsom kväve och baskatjoner, finns en problematik beroende på interaktioner mellan deponerade ämnen och trädskronorna (Adriaenssens m.fl., 2012, Karlsson m.fl., 2011, 2013b). Detta kan avhjälpas genom särskilda parallella mätningar med strängprovtagare, vilket görs inom Krondroppsnetet på tio platser med granskog finansierat av Naturvårdsverket. Analyser av resultaten från mätningarna vid dessa tio platser visar att andelen torrdeposition av den totala depositionen av olika växtnäringsämnen varierar på ett systematiskt sätt över Sverige. Utifrån denna information kan det totala nedfallet av växtnäringsämnen till granskog beräknas vid alla platser där det bedrivs mätningar av nedfallet med nederbörden på öppet fält.

Utifrån en jämförelse mellan det beräknade totala nedfallet till skog av ett visst ämne och resultaten från krondroppsmätningar av samma ämne kan en uppskattning göras av i vad mån detta ämne tas upp eller läcker ut från trädskronorna vid mätplatsen (Karlsson m.fl., 2011, 2013b). Vad gäller kväve kan upptaget till trädskronorna vara en viktig information för en bedömning av om skogsekosystemen är kvävemättade eller inte. Dessa analyser motiverar således regionala mätningar av kvävenedfall i krondropp.

#### 2.2.2.2 Kriterier vid prioritering/val av mätplatser för nedfallsmätningar

Kriterier som kan användas för att välja ut regionala mätplatser med avseende på mätningar av atmosfäriskt nedfall anges nedan:

- Mätplatsernas antal:** Det måste finnas tillräckligt många ytor och mätyper, spridda över regionen, så att både torr- och våtdeposition kan beräknas och att den geografiska variationen i andelen torrdeposition av totaldeposition kan interpoleras geografiskt med tillräcklig precision. Det måste även finnas tillräckligt många ytor inom varje region med mätningar av nedfall med nederbörden till öppet fält för vilka tidstrender för våt- och totaldeposition kan följas upp.
- **Depositionsgradient:** Ytornas placering bör följa depositionsgradienten, med fler ytor där gradienten är som skarpast.



- **Skogliga förhållanden:** Mätningarna bör inkludera krondroppsmätningar i både barr (gran & tall) och lövskog (bok) så att lövskog finns representerat för de regioner där de har en betydande förekomst.
  - **Beståndsålder:** Hänsyn behöver tas till att bestånden åldras, avverkas eller utsatt för olika skadegörare. De bestånd som inkluderas i trendanalyser bör vara i aktiv tillväxt och inte angripna av skadegörare eller påverkade av stormfällan.
  - **Tidsseriens längd:** Ytor med långa tidsserier är mycket viktiga för att möjliggöra trendanalyser. Det är även viktigt för att kunna detektera tillfälliga händelser.
  - **Samordning:** För att rätt kunna tolka resultaten av nedfallsmätningarna (i krondropp och på öppet fält) är det av stor vikt att så många mätyper som möjligt placeras på samma ställe. Dessutom är det ekonomiskt motiverat att så många mätyper som möjligt placeras på samma ställe.
- Övrigt:** Mätningar av nederbörden till öppet fält bör placeras i skyddade områden där hård vind inte kan inverka på mätningarna. Detta gör att mätningar på öppet fält ofta placeras i öppna ytor med trädbestånd som skydd. Däremot är det viktigt att se till att mätningarna inte direkt påverkas av närliggande trädbestånd utan håller ett visst avstånd från träden. Det är även viktigt att dessa mätningar placeras i skilda naturtyper i den valda regionen så mätresultaten representerar hela regionen.

## 2.2.3 Kriterier för markvattenkemiska mätningar

### 2.2.3.1 Regional miljöövervakning bör omfatta markvattenkemi i skogsmiljön

Nedfallsmätningar kvantifierar belastningen på skogsekosystemen, men miljötillståndet i skogsekosystemen måste kvantifieras på annat sätt. Kemin i markvattnet är det första som påverkas av belastningen från nedfallet av luftföroreningar, på vattnets väg mot grund- och ytvatten. För att få en uppfattning om förändringar i nedfall även ger effekter i marken, behövs mätningar av markvattenkemi.

Markvattenkemiska mätningar ger en bra bild av tidsutvecklingen på de platser där mätningar görs, eftersom dessa mätningar görs på exakt samma plats vid de olika mättillfällena, till skillnad från mätningar av markkemi i den fasta marken, där provtagning inte kan göras på exakt samma ställen. Mätningar inom Krondroppsnetet visar på en tydlig skillnad i markvattenkemi och trender mellan olika regioner i landet. Det finns dessutom en lokal variation, till följd av skillnader i markförhållanden, som gör att markvattenkemin kan skilja sig åt avsevärt mellan närliggande platser. Den regionala miljöövervakningen av markvattenkemin är utformad så att den beskriver tidsutvecklingen i markvattenkemin i relation till nedfallsutvecklingen för ett antal platser i en region. Den lokala variationen kan inte täckas in utan att öka antalet mätplatser avsevärt, men genom att mäta på flera platser i en region erhålls en mer robust bild över spannet inom vilket markvattenkemin i regionen kan variera.

### 2.2.3.2 Kriterier vid prioritering/val av mätplatser för markvattenkemiska mätningar

Kriterier som kan användas för att välja ut regionala mätplatser i ett framtida Krondroppsnet med avseende på markvattenkemi anges nedan.

- **Mätplatsernas antal:** För att kunna ge en generell och robust bild av återhämtningen i olika landsdelar krävs ungefär det antal mätplatser som i dagsläget finns inom Krondroppsnetet (Pihl Karlsson m.fl., 2015). Färre mätplatser skulle innebära en risk att enskilda ytor skulle få för stor betydelse i analysen, med den effekt att avslut av en yta och start av en ny, där egenskaperna skiljer sig åt mellan de båda ytorna, skulle kunna förändra bilden kraftigt.



- **Depositionsgradient:** Ytoras placering bör följa depositionsgradienten, med fler ytor där gradienten är som skarpast.
- **Skogliga förhållanden:** Mätningarna bör göras på platser som representerar de olika skogliga förhållanden som förekommer i betydande omfattning i olika regioner. Trädslag och markegenskaper (jordart och mineralinnehåll) är två olika aspekter av skogliga förhållanden som bör tas i beaktande. Det finns ett starkt samband mellan trädslag och markegenskaper, som innebär att val av trädslag i hög grad styrs av markegenskaper. Med det begränsade antalet provtagningspunkter som ingår nu, begränsas urvalet till att baseras på trädslag, men genom sambandet med markegenskaper som beskrivits ovan täcks även detta i viss mån in.
- **Beståndsålder:** Vid val av ytor måste hänsyn tas till att äldre ytor efterhand avverkas. Därmed behöver det finnas tillräckligt många ytor med lång tidsserie nu, samtidigt som ytor måste startas kontinuerligt så att det finns långa tidsserier i framtiden, när en del av de befintliga ytorna avverkats.
- **Tidsseriens längd:** Ytor med långa tidsserier är viktiga för trendanalyser, av det slag som gjordes i den senaste fördjupade utvärderingen (Naturvårdsverket, 2015). Det är även viktigt för att kunna detektera tillfälliga händelser.
- **Samordning:** För att rätt kunna tolka resultaten av markvattenkemimätningarna bör även nedfallsmätningar finnas på samma platser. Dessutom är det ekonomiskt motiverat med att så många mätyper som möjligt placeras på samma ställe.

## 2.2.4 Kriterier för lufthaltsmätningar

### 2.2.4.1 Regional miljöövervakning bör omfatta lufthaltsmätningar i skogsmiljön

Mätningar och miljömålsuppföljningen av lufthalterna inom svensk miljöövervakning är till stor del inriktat på halter i tätorter. Mätningar av lufthalter utanför tätort bedrivs inom EMEP, LNKN samt inom Krondroppsnetet. I synnerhet i norra Sverige är antalet mätplatser relativt få. Detta visade sig bl.a. när det gällde påverkan på lufthalterna av sulfat från vulkanutbrottet på Island 2014/2015, där påverkan först uppmärksammades via Krondroppsnetets luftmätningar i norra Sverige (Hellsten m.fl., 2017).

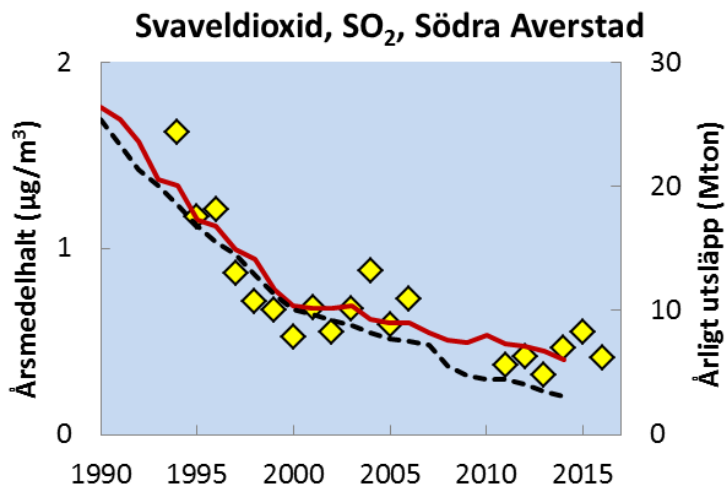
En fördel med lufthaltsmätningarna är att de är mindre beroende av variationer i nederbördsmängder, jämfört med atmosfäriskt nedfall, vilket gör att variationen mellan olika månader är mindre. Detta gör lufthalterna mer lämpade för att detektera snabba förändringar i luftkvaliteten. Förutom påverkan från vulkaner har lufthaltsmätningar av svaveldioxid använts till att visa på effekten i kustnära områden vid Östersjön som en följd av sänkta svavelhalter i fartygsbränsle (Pihl Karlsson m. fl., 2017).

Mätningar av lufthalter i landsbygdsmiljön ger information som kan användas för att bedöma orsakerna bakom en förändrad torrdeposition av olika ämnen till skog, men även i viss mån förändringar av nedfallet med nederbörden till öppet fält. Torrdepositionen är direkt proportionell till lufthalterna på platsen medan luftföroreningar i nederbörd ackumuleras allt eftersom förorenade luftmassor rör sig över längre sträckor.

Mätningar av lufthalter i landsbygdsmiljön kan, beroende på placering, användas både som samordnad recipientkontroll för utsläpp inom regionen och för att bekräfta rapporterade minskade utsläpp av luftföroreningar över hela Europa som transporteras till Sverige.

Som ett exempel visas i Figur 3 årsmedelhalter av svaveldioxid inom Krondroppsnetet vid Södra Averstad på Värmlandsnäs i Värmlands län. Som jämförelse visas även tidsutvecklingen för rapporterade årliga utsläpp av oxiderat svavel (SO<sub>2</sub>) från Europeiska Unionen, EU28, och från

Sverige. Det finns en relativt god överensstämmelse vad gäller tidsutvecklingen för uppmätta lufthalter av SO<sub>2</sub> och rapporterade utsläppsminskningar av oxiderat svavel. Vissa avvikelser skulle dock kunna bero på förändringar i regionala utsläpp, alternativt betydande skillnader i det storskaliga vädret som i sin tur styr den storskaliga transporten av förorenade luftmassor från Europa till Sverige. För att dra slutsatser om inverkan av lokala utsläpp krävs således en omfattande analys, men möjligheterna finns.



Figur 3. Årsmedelhalter av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>, hydrologiska år) inom Krondroppsnetet vid Södra Averstad på Värmlandsnäs inom Värmlands län (gula symboler, vänstra y-axeln). För jämförelse visas även rapporterade årliga utsläpp av oxiderat svavel (SO<sub>2</sub>) från Europeiska Unionen, EU28 (svart streckad linje, högra y-axeln) och från Sverige (röd linje, högra y-axeln). För att underlätta jämförelser är Sveriges utsläpp multiplicerat med en faktor 250. Källa för utsläpp: EMEP.

#### 2.2.4.2 Kriterier vid prioritering/val av mätplatser för lufthaltsmätningar

De kriterier som kan användas för att välja ut regionala mätplatser till ett framtida Krondroppsnet med avseende på lufthaltsmätningar anges nedan:

- **Mätplatsernas antal:** Det måste finnas tillräckligt många ytor inom varje region med lufthaltsmätningar för att tidstrender ska kunna följas upp.
- **Föroreningsgradient:** Det måste finnas tillräckligt många mätplatser inom varje region, i förhållande till lufthalternas variation, för vilka tidstrender kan följas upp.
- **Tidsseriens längd:** Ytor med långa tidsserier är viktiga för trendanalyser och för att kunna detektera tillfälliga händelser.
- **Mätplatsens placering:** Lufthalter uppvisar en relativt sett mindre geografisk variation, jämfört med nedfall och framförallt markvattenkemi.

Sammanhållna, starkt förorenade luftmassor kan under vissa omständigheter transporteras mycket långt, med ursprung t.ex. från storskaliga biomassabränder i Ryssland eller vulkanutbrott på Island, vilket motiverar lufthaltsmätningar i nordliga områden långt från lokala eller regionala utsläppskällor. Den exakta vägen som dessa luftmassor transporteras har ett slumpmässigt inslag beroende på den storskaliga meteorologin, vilket gör att mätplatser för lufthalter måste förekomma med en viss geografisk täthet för att de förorenade luftmassorna ska fångas upp.

Mätplatserna bör även ha en strategisk placering i relation till samordnad recipientkontroll. Det bör t.ex. finnas kustnära mätplatser så att uppmätta halter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> kan antas vara starkt

påverkade av förändringar i utsläppen från fartygstrafiken. Jordbruket står för betydande utsläpp av NH<sub>3</sub>. Det bör därför finnas någon mätplats per region belägen i jordbruksbygd med inriktning på att påvisa tidstrender avseende jordbrukets utsläpp av NH<sub>3</sub>.

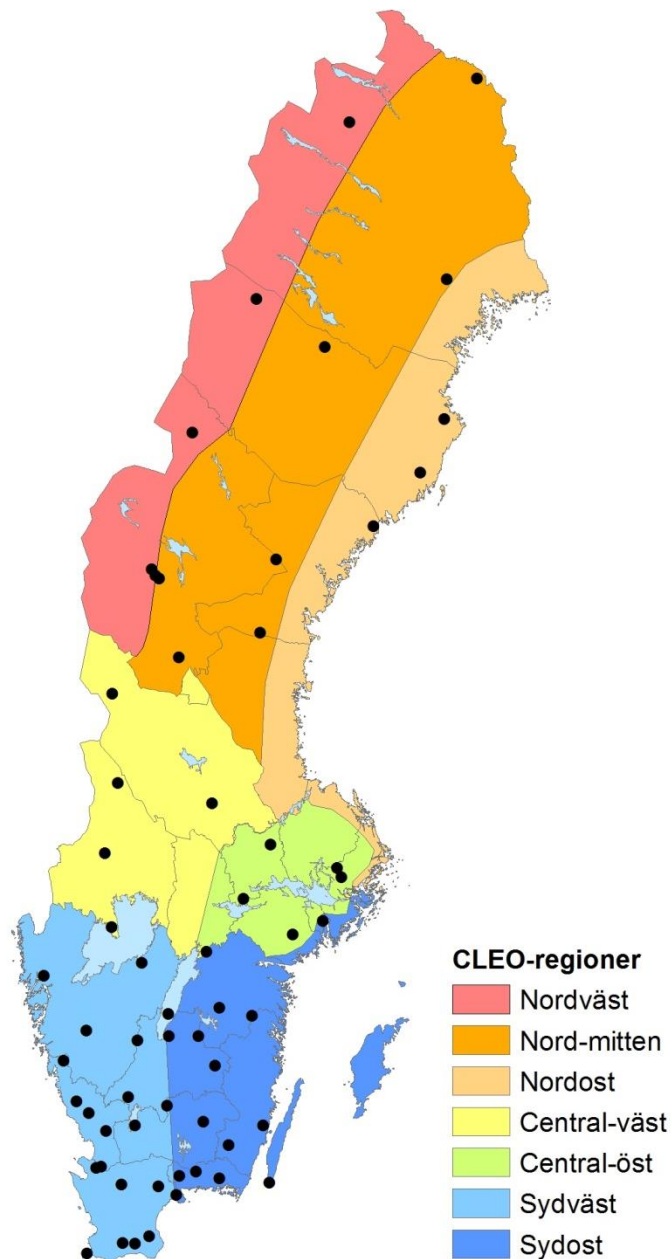
**-Samordning:** För att rätt kunna tolka påverkan från höga lufthalter kan det underlätta att även nedfallsmätningar finns på samma platser. Dessutom är det ekonomiskt motiverat med att så många mätyper som möjligt placeras på samma ställe.

## 2.3 Indelning av mätplatser

Luftföroreningar känner naturligtvis inga administrativa gränser. Det finns samordningsmöjligheter mellan närliggande län med gemensamma naturtyper samt vattenförekomster. Å andra sidan är det viktigt att kunna beskriva situationen i det egna länet utifrån egna mätningar. För att kunna sammanfatta situationen i landets olika regioner finns behov av indelning utifrån många olika aspekter; trädslag, beståndsålder, markegenskaper, geografiska och topografiska variationer, föroreningsgradienter etc. Indelningar görs olika beroende på aktuell frågeställning och man bör betänka att det i alla regionala indelningar finns risk för stora variationer utifrån många olika aspekter.

### 2.3.1 Regional indelning

I denna studie har olika vedertagna indelningar använts för att beskriva den regionala uppdelningen. För den mer detaljerade områdesvisa beskrivningen i denna förstudie används främst sju geografiska regioner (CLEO-regioner) som skapades i ett av Naturvårdsverket finansierat forskningsprogram CLEO (Climate change and Environmental Objectives, [www.cleoresearch.se](http://www.cleoresearch.se)), Figur 4. Indelningen har sitt ursprung i SMHI:s nitton prognosregioner som används vid regionala väderleksprognoser, där indelningen styrts av skillnader i temperatur och nederbörd. Inom CLEO gjordes en sammanslagning av prognosregionerna, från nitton till sju (Munthe m.fl., 2016). Sammanslagningen gjordes för att kunna studera regionala effekter av klimat, nedfall och skogsbruk på mark- och vattenkvalitet i ett hanterbart antal områden i Sverige, som representerar olika förhållanden med avseende på klimat, nedfall och skogliga egenskaper, varför dessa passar bra även i detta sammanhang. En väl utprovad regional indelning av Sverige i tre regioner är den som används inom indikatorarbetet och den fördjupade utvärderingen av miljömålen och som visas i Figur 8 nedan. I kapitel 2.4 och i redovisningen av enkätsvaren används istället länsvis indelning då indikatorerna för den regionala miljömålsuppföljningen här baseras på län och att enkäten gick ut till aktörer i olika län.



Figur 4. Sju geografiska regioner som användes i ett av Naturvårdsverket finansierat forskningsprogram CLEO. Indelningen är baserad på klimatregioner som används av SMHI, och fungerar även bra för att skilja mellan områden med olika nedfall och olika skogliga egenskaper. De svarta prickarna i kartan indikerar mätplatser inom Krondroppsnetet.

### 2.3.2 Indelning i nationell och regional övervakning

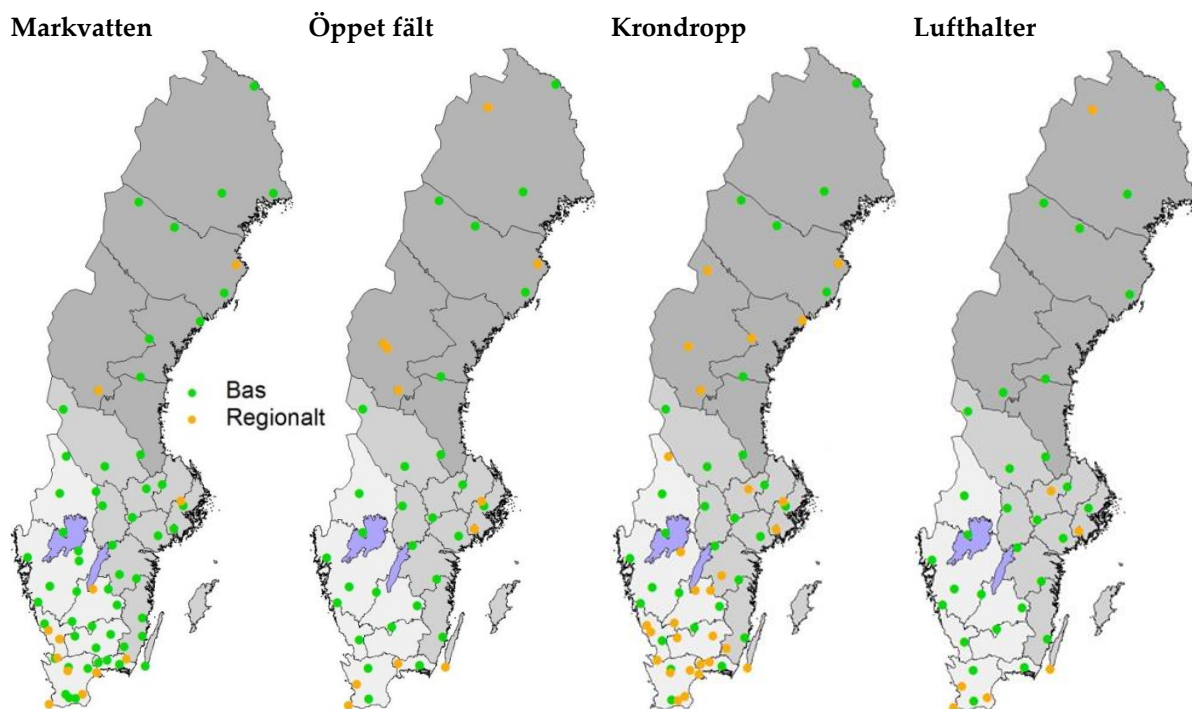
Mätplatser som motiveras utifrån nationell miljöövervakning fyller givetvis även en viktig funktion utifrån regional miljöövervakning. I en rapport till Naturvårdsverket 2015 sammanställdes ett förslag till utformning av ett Bas-Krondroppsnet för nationell miljöövervakning (Pihl Karlsson m.fl., 2015). Tanken med projektet var att sammanställa vilka mätningar som behövs för att säkra en stabil och långsiktig nationell miljöövervakning av lufthalter, atmosfäriskt nedfall samt markvattenkemi i brukad skog med god geografisk upplösning och goda möjligheter till att bedöma förändringar över tiden, som underlag för den nationella uppföljningen av främst miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.

Tanken med rapporten var även att det föreslagna mätsystemet skulle möjliggöra tillfredsställande uppföljningar av indikatorn *Försurad skogsmark* enligt förslaget att ANC (syranutraliserande förmåga) i markvattnet skulle ingå. Detta är nu klart och ANC i markvattnet ingår tillsammans med markkemiska mätresultat i indikatorn *Försurad skogsmark*, se vidare kapitel 2.4. I utformningen av rapporten var en grundläggande tanke att inom olika landsdelar täcka in olika regionala naturtyper, främst baserat på trädslag, även om detta inte beskrevs i detalj.

I rapporten diskuterades den stora vikten av fortsatta regionala mätningar och det fastslogs att för att tillgodose behovet av regional miljöövervakning är det av yttersta vikt att den regionala förtätningen av mätplatser kvarstår med finansiering från luftvårdsförbund och länsstyrelser. Det behövs för att kunna göra regionala upplösningar, bedömningar och kartor över tidsutveckling, uppföljning av den regionala situationen och överskridanden av olika regionala miljömål.

Om ett nationellt Bas-Krondroppsnet med nationell finansiering skulle bli verklighet öppnar det upp för en mer förutsättningslös utredning om antalet regionala mätplatser i vardera deltagande län med regional finansiering utifrån varje region/läns behov.

Nedan presenteras fyra kartor från rapporten om Bas-Krondroppsnetet 2015 (en vardera för markvattnet, öppet fält, krondropp och lufthalter), Figur 5. Gröna symboler visar endast behovet av mätplatser från ett nationellt perspektiv. Brandgula symboler visar resterande mätplatser som fanns i Krondroppsnetet 2015. Dessa mätplatser, tillsammans med mätningarna vid mätplatser som startat efter 2015, är av stor vikt för den regionala uppföljningen. Beroende på mätytp (lufthalt, öppet fält, krondropp eller markvattnet) så varierar det om en mätplats nedan är klassad som nationell eller regional. Dessa "resterande" mätplatser bidrar, **tillsammans** med de nationella mätplatserna, till att uppfylla syftet med den regionala övervakningen. Enbart de "gula" mätplatserna är **inte** tillräckliga för att uppnå en god regional övervakning.



Figur 5. Fyra kartor (en vardera för markvattnet, öppet fält, krondropp och lufthalter) där mätplatser från Bas-Krondroppsnetet (Bas, grön) samt resterande mätplatser från Krondroppsnetet 2015 (Regionalt, brandgult) redovisas.

## 2.4 Regional/länsviss miljömålsuppföljning

Indikatorsystemet kommer att uppdateras under 2018, med olika prioritet för olika indikatorer. Hur det exakt kommer att se ut är ännu inte helt fastställt.

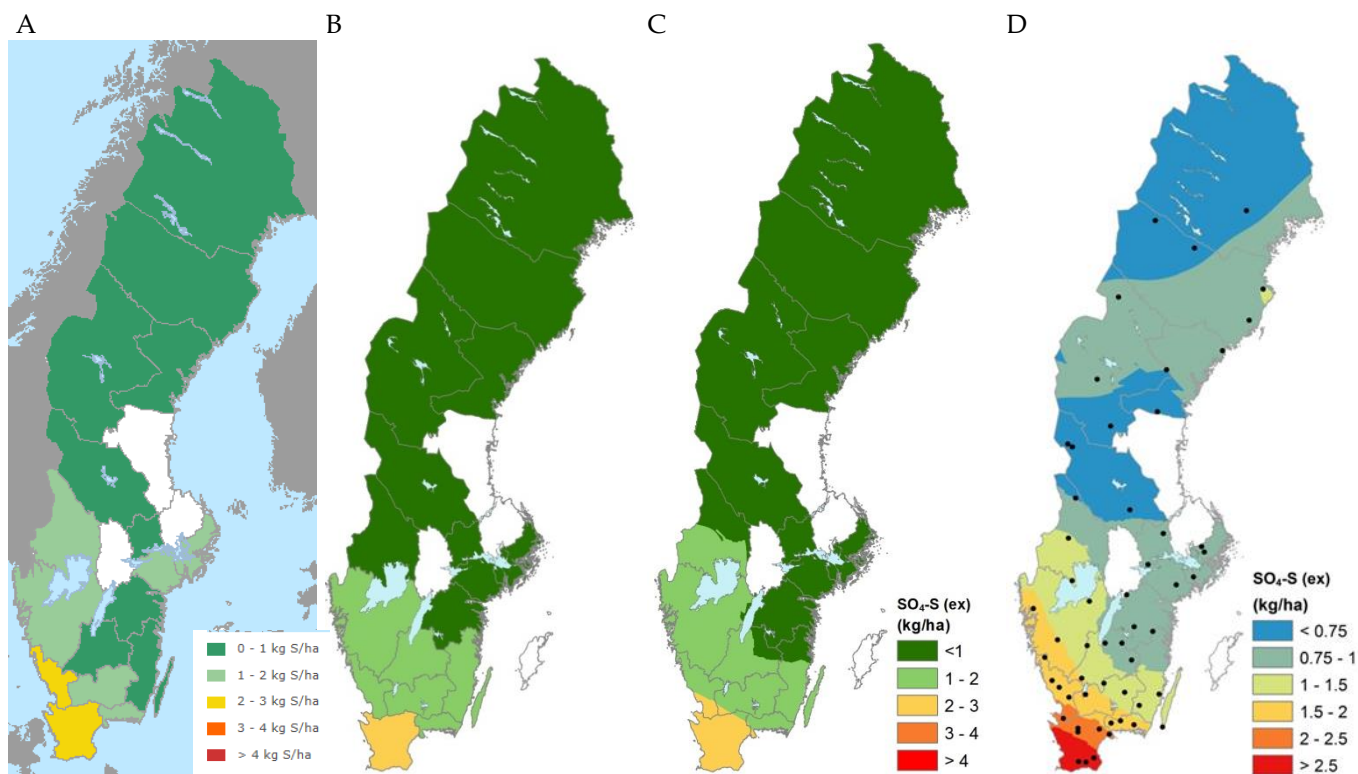
Avsikten med detta kapitel är att visa vad depositions- och markvattendata från Krondroppsnetet används till i dagsläget när det gäller underlag för olika indikatorer för flera miljö kvalitetsmål. Vidare är avsikten att jämföra befintliga depositions kartor från den regionala miljömålsuppföljningen (miljomal.se) för indikatorerna *Nedfall av svavel* och *Nedfall av kväve* med motsvarande kartor från olika interpolerade data. Speglas länens miljö situation på bästa möjliga sätt idag med hjälp av de olika indikatorerna, eller kan den regionala miljömålsuppföljningen förbättras? Bakomliggande data för den regionala miljömålsuppföljningen kommer redan idag från Krondroppsnetet. För indikatorerna *Nedfall av svavel* och *Nedfall av kväve* används resultaten från samtliga krondroppsmätningar respektive samtliga nedfallsmätningar på öppet fält inom Krondroppsnetet för respektive län i den länsvisa regionala miljömålsuppföljningen.

### 2.4.1 Deposition

För indikatorn *Nedfall av svavel* används ett medelvärde för de mätresultat som finns i respektive län för att visa på situationen i länet (Figur 6A) I Figur 6B görs istället ett länsvis medelvärde baserat på geografiskt interpolerade värden mellan alla förekommande mätplatser oberoende av länsgränser. I Figur 6C slutligen visas de interpolerade värdena utan länsvis medelvärdesbildning. Kartorna skiljer sig åt påtagligt, beroende på vilken metod som används. Kartan med länsvisa värden i Figur 6B stämmer bättre överens med de geografisk interpolerade värdena i Figur 6C, jämfört med kartan med länsvisa värden i Figur 6A. En mer detaljerad bild av hur svavelnedfallet varierar, med högst nedfall i sydväst och lägst i nordväst syns i Figur 6D. Det enda som skiljer kartorna åt i figurerna 6C och 6D är skalan, men det gör att svavelnedfallets gradient syns tydligare i Figur 6D.

Data för de län som saknar mätningar visas inte i kartorna, vilket även är fallet på Miljömålsportalen. Interpolering i län där det saknas data skulle ge stora osäkerheter. När det gäller interpoleringen finns givetvis osäkerheter beroende på antalet mätplatser som använts och i vilket område som studeras. Vid interpolering med mätresultat från ett jämnt antal fördelade mätplatser är osäkerheterna större i ett område med skarp depositionsgradient. Antalet mätplatser är för få för att kunna göra en osäkerhetsanalys för att bedöma var behovet av ytterligare mätplatser är som störst.



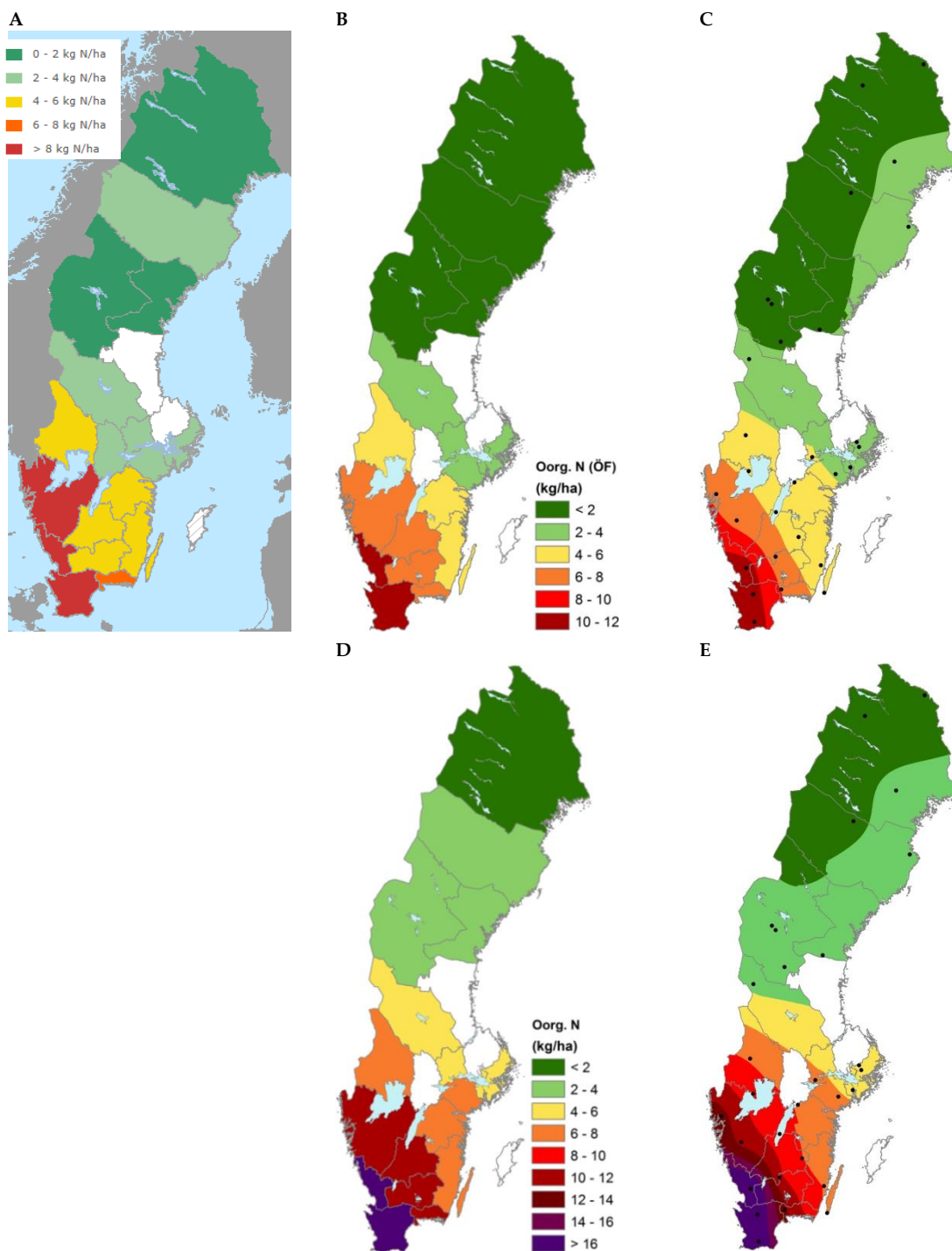


**Figur 6.** Kartor som visar indikatorn nedfall av svavel, för kalenderåret 2015. A. Nuvarande karta som visar länsvisa värden på miljömålsportalen. B. Kartan som på miljömålsportalen men med länsvisa medelvärden utifrån interpolerade värden för depositionen mätt som krondropp inom Krondroppsnetet. C. Interpolerad karta för svavelnedfallet (exklusive havssaltsbidraget) i Sverige under kalenderåret 2015 till samtliga krondroppsytor. D. Interpolerad karta samma som figur C fast med en mer högupplöst skala. Nedfallet är beräknat med hjälp av geografisk interpolation (Kriging) baserat på befintliga mätplatser (svarta prickar).

Motsvarande jämförelse för våtdepositionen av oorganiskt kväve finns i Figur 7, som visar att även länsvisa värden för oorganiska kvävenedfallet via nederbörden blir olika, beroende på vilken metod som används för beräkningen. I Figur 7A visas den befintliga regionala indikatorn *Nedfall av kväve* där ett medelvärde för de mätresultat som finns i respektive län används. I Figur 7B görs istället ett länsvis medelvärde baserat på geografiskt interpolerade värden mellan alla förekommande mätplatser oberoende av länsgränser. I Figur 7C visas de interpolerade värdena utan länsvis medelvärdesbildning. Även när det gäller våtdepositionen av kväve stämmer kartan med länsvisa värden i Figur 7B bättre överens med interpolerade värden i Figur 7C, jämfört med kartan med länsvisa värden i Figur 7A.

I Figur 7D och 7E visas istället totalt oorganiskt kvävenedfall baserat på data från strängprovtagare, nederbördskemin på öppet fält samt nedfallet som krondropp, för metod, se Pihl Karlsson m.fl. 2017. I Figur 7D visas det totala kvävenedfallet (torr- + våtdeposition) med länsvisa medelvärden utifrån interpolerade värden från mätningarna inom Krondroppsnetet medan Figur 7E slutligen visar de interpolerade värdena för totaldepositionen av kväve utan länsvis medelvärdesbildning.

Dessa analyser visar vikten av att använda alla förekommande mätningar oberoende av länsgränser. Dessutom visar de att nuvarande omfattning av de regionala mätprogrammen behövs för att uppnå en korrekt representation av den geografiska variationen i svavel- och kvävenedfall.



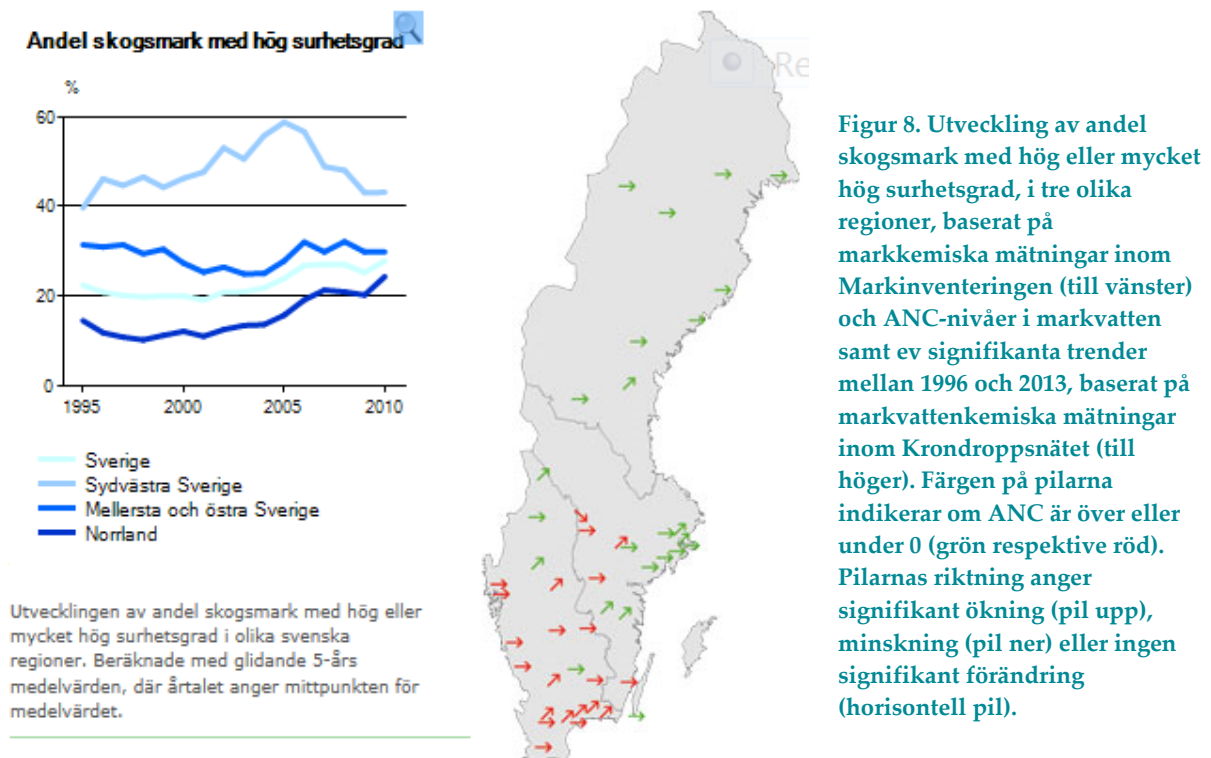
Figur 7. Kartor som visar indikatorn nedfallet via nederbörden samt totalt nedfall av oorganiskt kväve, för kalenderåret 2015. A. Nuvarande karta på miljömålportalen som visar länsvisa värden av nedfallet med nederbörden. B, Kartan som på miljömålportalen men med länsvisa medelvärden utifrån interpolerade värden för depositionen via nederbörden. C, Interpolerad karta för det oorganiska kvävenedfallet med nederbörden i Sverige under 2015. Nedfallet är beräknat med hjälp av geografisk interpolation (Kriging) baserat på befintliga mätplatser (svarta prickar). D, Totalt kvävenedfall med länsvisa medelvärden utifrån interpolerade värden för det totala beräknade oorganiska kvävenedfallet inom Krondroppsnetet. E, Interpolerad karta för det totala oorganiska kvävenedfallet i Sverige under 2015. Nedfallet illustreras med hjälp av geografisk interpolation (Kriging) baserat på befintliga mätplatser (svarta prickar). Beräkningarna av det totala oorganiska kvävenedfallet är baserade på data från strängprovtagare, nederbördskemin på öppet fält samt nedfallet som krondropp, (För metod, se Pihl Karlsson m.fl. 2017).

## 2.4.2 Markvatten

Indikatorn *Försurad skogsmark* baseras sedan 2017 inte enbart på markkemi från Markinventeringen, utan även på markvattenkemi under rotzonen från Krondroppsnetet. Markkemin delas in i surhetsgradsklasser för tre regioner i Sverige, baserat på pH, effektiv basmättnad och extraherbart aluminium. Trendkurvor görs sedan utifrån andel skogsmark med de två högsta surhetsgraderna (Figur 8, till vänster). Det nya tillägget, som baseras på markvattenkemi från Krondroppsnetet, visar nivåer och eventuella trender för den syraneutraliserande förmågan, ANC, i markvattnet mellan 1996 och 2013 (Figur 8, till höger). Färgen på pilarna indikerar om ANC är över eller under 0 (grön respektive röd). ANC under 0 innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i vattnet som lämnar rotzonen, till följd av antropogen försurning. Pilarnas riktning anger om det finns en signifikant ökning eller minskning, eller om det inte finns någon signifikant förändring.

ANC är ett bra integrerat mått på antropogen försurning, eftersom det inte påverkas av kolinnehåll i marken. Markvatten under rotzonen har dessutom fördelen att det har en närmre koppling till ytvatten än den fasta marken har. Vidare gör det faktum att markvattenmätningar utförs tre gånger om året på exakt samma plats, att trendanalyserna blir robusta. Att det finns relativt många platser med mätningar i respektive region gör att det går att få en bild över hur ANC och trenderna varierar geografiskt.

Av Figur 8 kan bland annat utläsas att ANC oftast är under 0 i sydvästra delen av Sverige och att knappt hälften av platserna där visar på återhämtning. I mellersta delen har flertalet mätplatser ett positivt ANC, och de flesta platser visar inte på någon återhämtning. I norr har alla mätplatser positivt ANC, och endast en mätplats visar på en positiv trend, vilket kan förklaras av att ANC redan är relativt högt.



Indikatorn: Försurad skogsmark inom miljömålet *Bara naturlig försurning* från [www.miljomal.se](http://www.miljomal.se)

## 2.5 Jämförelse mellan MATCH-Sverige modellen och Krondroppsnetets mätningar

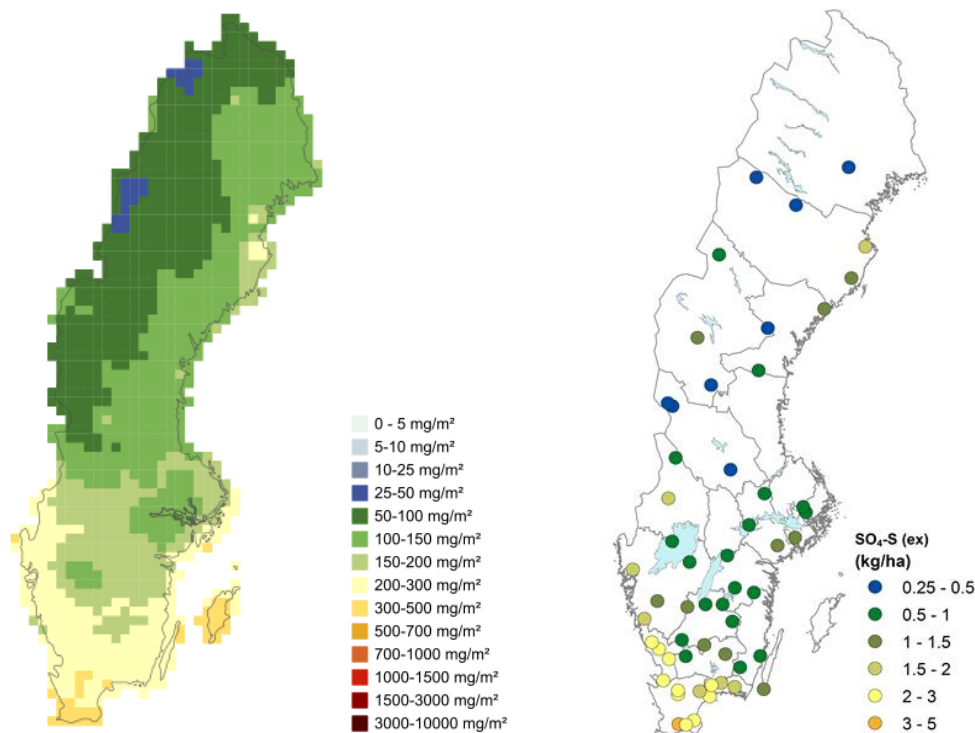
Nedfall av svavel och kväve beräknas av SMHI med MATCH-Sverigemodellen på regional skala med en upplösning på 20x20 km ([www.smhi.se](http://www.smhi.se)). Modellen är en atmosfärskemisk spridningsmodell som använder geografiskt fördelade emissionsdata, meteorologiska data samt atmosfärskemiska mätdata från andra delprogram inom Naturvårdsverkets programområde Luft, bl.a. Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN).

Det är svårt att modellera torrdeposition av luftföroreningar till skog. Tidigare har jämförelser mellan MATCH-Sverige och Krondroppsnetets mätresultat varit möjliga endast för totaldepositionen av svavel. Nu finns en metod framtagen för att beräkna totaldepositionen även av kväve (och i framtiden även baskatjoner) baserat på mätningar inom Krondroppsnetet. Detta möjliggör jämförelser mellan modellerade och observerade värden för atmosfäriskt nedfall för alla ämnen.

Jämförelsen mellan modellerade värden från MATCH och observerade värden från Krondroppsnetet kan ses som en oberoende jämförelse för validering av modellen, eftersom mätningarna från Krondroppsnetet i dagsläget inte används som indata i modellkörningarna. Dessa jämförelser kan bidra till en fortsatt utveckling av modellering av totaldeposition med MATCH-modellen.

I denna studie görs jämförelser för totaldeposition av svavel samt våtdeposition av kväve. I Figur 9-11 jämför vi modelleringsresultaten från MATCH-modellen med mätningarna inom Krondroppsnetet för totaldepositionen av svavel samt våtdepositionen av nitratkväve och ammoniumkväve. Jämförelsen görs här endast visuellt, och en mer ingående statistisk analys av skillnaderna mellan modellen och mätresultaten bör göras för att få en djupare förståelse.

I Figur 9 jämförs MATCH-modellens resultat med Krondroppsnetets mätningar för totaldepositionen av svavel (exklusive havssalt). Generellt sett visar modellen på högre nedfall än mätningarna i norra, mellersta och sydöstra Sverige.

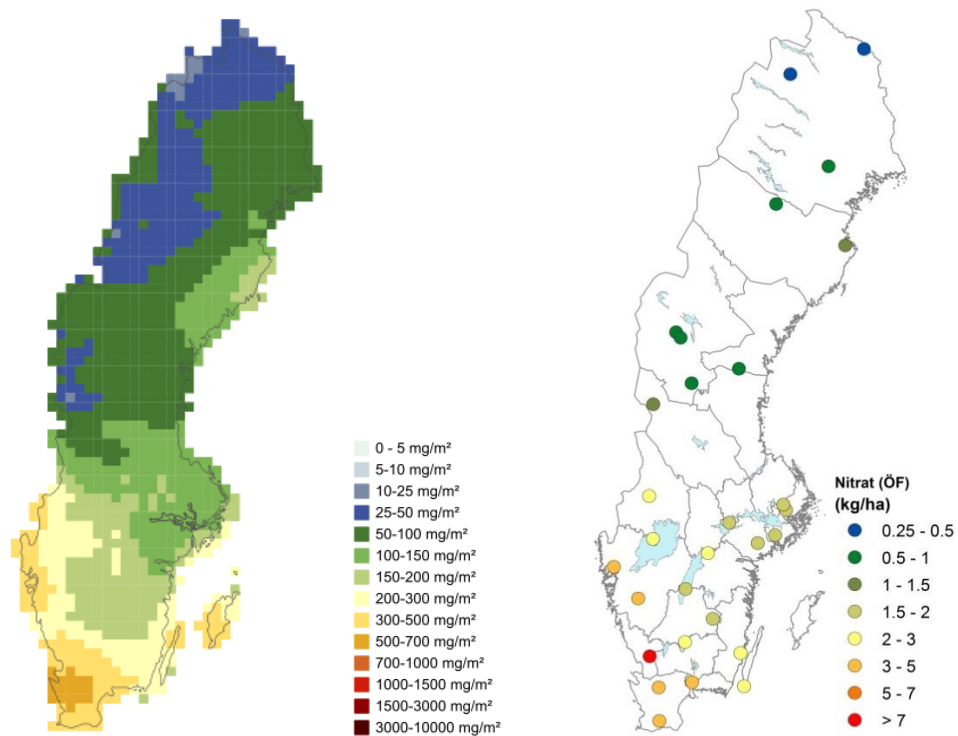


**Figur 9. 2015 års totaldeposition av svavel (exklusive havssalt). a) MATCH Sverige (mg S/m<sup>2</sup>/år), b) Krondroppsnetets mätningar i krondropp (kg S/ha/år). (100 mg/m<sup>2</sup> = 1 kg/ha)**

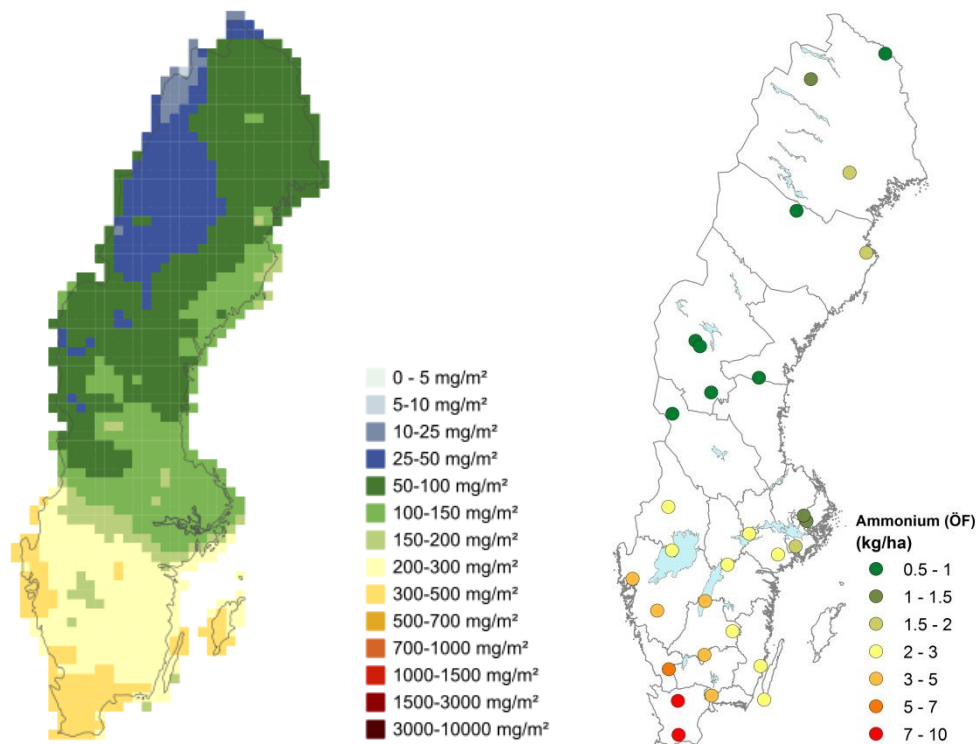
Våtdepositionen av oxiderat kväve jämförs i Figur 10. Generellt är överensstämmelsen relativt god, men nedfallet i södra Sverige är något lägre enligt modellen än enligt mätningarna. Detta bör utredas i en mer djupgående jämförelse mellan MATCH-modellen och mätresultaten inom Krondroppsnetet. En möjlig förklaring kan vara att det saknas mätdata för de sydvästra delarna av Sverige i de indata som i dagsläget används i MATCH-modellen från LNKN. En annan förklaring kan vara att våtdepositionen överskattas av mätningarna på grund av att en viss mängd torrdeposition samlas in i samband med provtagningen. För närvarande pågår ett projekt där torrdepositionsandelen i Krondroppsnetets mätningar på öppet fält ska uppskattas.

Figur 11 visar på en relativt god överensstämmelse mellan MATCH-modellens resultat och Krondroppsnetets mätningar för våtdepositionen av ammoniumkväve. I likhet med nitratkväve ger dock modellen lägre nedfall i sydvästra Sverige än vad mätningarna ger.





Figur 10. 2015 års våtdeposition av oxiderat kväve. a) MATCH Sverige (mg N/m<sup>2</sup>/år), b) Krondroppsnetets mätningar över öppet fält (kg N/ha/år). (100 mg/m<sup>2</sup> = 1 kg/ha)



Figur 11. 2015 års våtdeposition av ammoniumkväve. a) MATCH Sverige (mg N/m<sup>2</sup>/år), b) Krondroppsnetets mätningar över öppet fält (kg N/ha/år). (100 mg/m<sup>2</sup> = 1 kg/ha)



## 3 Områdesvis beskrivning av mätplatserna

### 3.1 Områdesvisa beskrivningar av mätplatser utifrån geografiska regioner, miljö tillstånd, samt abiotiska och biotiska faktorer

Alla nu aktiva mätplatser inom Krondropps nätet fyller en viktig roll för den regionala miljöövervakningen. Ett flertal av mätplatserna fyller även en viktig roll utifrån ett nationellt miljöövervakningsperspektiv.

I projektbeskrivningen uttrycktes önskemål om att mätplatserna inom Krondropps nätet skulle beskrivas utifrån ett antal viktiga och representativa parametrar:

- *Beskrivning av mätplatsen utifrån t.ex. lufthalter, deposition, markförhållanden, berggrund, trädslag, ålder på skog, ekosystem, miljö tillstånd.*
- *Representerar mätplatsen något "typområde" i landet utifrån det som beskrivits under punkten ovan?*
- *Vilka mätplatser är representativa för ett storregionalt område/vanligt förekommande naturtyp som kan belysa nationella skillnader?*
- *Vilka mätplatser belyser regionala särdrag?*

Utifrån ovanstående punkter behöver begreppet typområden definieras. Som diskuterats i kapitel 2.2.1.2. ovan är det främst trädslag som diskuteras här vad gäller naturtyper. Två ytterligare viktiga aspekter som definierar ett typområde är miljöpåverkan (lufthalter och nedfall) och miljö tillstånd (markvattenkemi och markkemi). Typområdena definieras och diskuteras vidare inom respektive region nedan.

Nedanstående beskrivning av provytorna utgår från ovanstående punkter. Trädslag delas in i tre grupper: gran-, tall- samt lövskog. När det gäller lövskogar finns inom Krondropps nätet fyra ytor i bokskog och en i ekskog. Indelningen i trädslag medför även i viss mån en indelning med avseende på ståndort, så tillvida att gran främst förekommer i mer näringsrika och fuktigare marker än tall som förekommer i torra, näringsfattiga marker. I beskrivningarna av mätplatserna nedan redovisas jordmån och jordart. För några mätplatser saknas data i tabellerna. Data finns framtagna men inte sammanställda på ett sådant sätt att de kunde inkorporeras i tabellerna i nuläget. Detta gäller även åldern på skog för några mätplatser. Klassificering av miljöpåverkan och miljö tillstånd beskrivs nedan.

I nedanstående avsnitt inkluderas även information om någon/några mätplatser historiskt visat sig vara betydelsefulla för att indikera olika tillfälliga händelser, exempelvis skogsbränder i Ryssland och vulkanutbrottet på Island. Det är dock viktigt att förstå att var man ser påverkan av dessa tillfälliga händelser beror på storskalig meteorologi. Det är till stor del slumpmässigt var påverkan från tillfälliga händelser sker och endast ett tillräckligt stort antal mätplatser möjliggör att dessa kan upptäckas.

#### 3.1.1 Klassificering av miljöpåverkan och miljö tillstånd

##### 3.1.1.1 Klassificering baserad på mätningar av nedfall och markvattenkemi

I nedanstående regionala sammanställningar används en klassificering av nuvarande miljöpåverkan och miljö tillstånd vid de olika mätplatserna baserat på Krondropps nätet

mätningar, med avsikt att möjliggöra en snabb, översiktlig bedömning av påverkan och tillstånd. Den används för såväl påverkan från svavel och kvävenedfall som för tillståndet vad gäller försurning och övergödning av skogsmarken. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser (tre klasser vad gäller markkemi), där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd.

Tabellerna nedan visar de olika intervall som använts för olika påverkan och tillstånd, baserat på Krondroppsnetets mätningar av nedfall och markvattenkemi. För nedfall används ett medelvärde för de hydrologiska åren 2014-2016 och för markvatten används medianen för mätvärden under 2014-2016. De intervall som används baseras i viss mån på existerande målvärden, där dessa går att tillämpa. I övrigt används i stor utsträckning samma intervall som använts i de kartor som presenterats i de senaste årsrapporterna från Krondroppsnetet (Pihl Karlsson m.fl., 2017).

För påverkan från svavel används nedfall som krondropp, som ger en bra uppskattning av det totala svavelnedfallet. Det finns inga målvärden, eftersom försurningsinverkan också beror på samtida kvävenedfall och markens buffrande förmåga. För svavelnedfall används fyra intervall baserade på heltalsvärden för svavelnedfall (kg S/ha/år), se nedan.

För påverkan från kväve används beräknat totalt nedfall, se Pihl Karlsson m.fl. 2017 för metodik. För bedömningar grundat på totalt kvävenedfall används intervall baserade på de målvärden som finns för växtlighetens kritiska belastning (kg N/ha/år); öppen mark med lite eller ingen vegetation <3, barr- och blandskog <5, lövskog <10 samt >10, se nedan.

**Tabell 1. Grunder för klassificering av påverkan från nedfall av svavel och kväve. Klassificeringen görs i fyra klasser, där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd.**

Nedfall	Påverkansklass			
	1 (låg)	2 (måttlig)	3 (hög)	4 (mycket hög)
Svavelnedfall, krondropp, kg S/ha/år	0-1	1-2	2-3	>3
Kvävenedfall, beräknat totalt nedfall, kg N/ha/år	0-3	3-5	5-10	>10

För tillståndsbedömning vad gäller försurning i markvattnet används ANC (den buffrande förmågan), uttryckt som mekv/l. Försurning av markvattnet är inkluderat i indikatorn "Försurad skogsmark", med ANC som kriterium. ANC<0 innebär att ingen buffrande förmåga exporteras till ytvattnet. Baserat på detta används två intervall <0, och två intervall >0, se nedan.

För tillståndsbedömning vad gäller risk för läckage av nitrat till markvattnet används samma intervall som användes i 2017 års Krondroppsrapport för södra Sverige (Pihl Karlsson m.fl., 2017), med undantag av den högsta klassen, se nedan.

**Tabell 2. Grunder för klassificering av tillstånd vad gäller försurning och kvävepåverkan, baserat på mätningar av markvattenkemi inom Krondroppsnetet. Klassificeringen görs i fyra klasser, där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd.**

Markvattenkemi	Tillståndsklass			
	1 (låg)	2 (måttlig)	3 (hög)	4 (mycket hög)
Försurning, median ANC i markvatten, mekv/l	> 0.1	0 – 0.1	-0.1 - 0	< -0.1
Kväveläckage, median NO <sub>3</sub> -N i markvatten, mg/l	<0.02	0.02 – 0.1	0.1 – 1.0	>1.0

### 3.1.1.2 Klassificering baserad på markkemiska mätningar

Mätplatserna klassificeras även baserat på mätningar av markkemi från jordprover tagna vid respektive mätplats. Flertalet jordprover har tagits inom ramen för ett FORMAS-projekt som bedrevs vid Lunds universitet 2010-2014 (Akselsson, 2009). Surheten i marken har baserats på jordprover från skiktet 0-5 cm i mineraljorden, i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för markförsurning, se nedan. Klassificeringen har pH-värdet som utgångspunkt. Om minst en av de två andra parametrarna tillhör samma klass som pH-värdet tilldelas marken denna surhetsklass. Om däremot både de andra parametrarna tillhör en högre klass, ges marken den högre surhetsklassen, och om båda parametrarna är lägre ges marken den lägre surhetsklassen.

**Tabell 3. Grunder för klassificering av tillstånd vad gäller försurning, baserat på mätningar av markkemi inom Krondroppsnetet. Klassificeringen görs i fyra klasser, där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd.**

Klass	Surhet	pH <sub>H2O</sub>	Effektiv basmättnad (%)	Utbytbart aluminium (mmol/kg torrsubstans)
1-2	Låg	>5,5	> 50	<3
3	Måttlig	4,4-5,5	10-50	3-10
4	Hög	4,0-4,4	6-10	10-12
5	Mycket hög	<4,0	<6	>12

Ett sätt att beskriva ståndortens bördighet är genom kvävestatusen i markens organiska skikt, som ofta beskrivs som kvoten mellan kol och kväve. I denna studie klassificeras kvävestatusen enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög, intermediär och låg status, se nedan.

**Tabell 4. Grunder för klassificering av tillstånd vad gäller kvävepåverkan, baserat på mätningar av markkemi inom Krondroppsnetet. Klassificeringen görs i tre klasser, där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 3 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd.**

Klass 1	Klass 2	Klass 3
hög status (C/N<25),	intermediär (C/N=25-30)	låg (C/N>30).

### 3.1.1.3 Klassificering baserad på lufthaltsmätningar

Som beskrivits ovan är luftövervakningen och därtill hörande målvärden i Sverige till stor del riktad mot tätorter. Det finns därför inga relevanta målvärden vad gäller lufthalter av svavel och kväve i landsbygdsmiljö. När det gäller skogsmiljön har lufthalterna av svavel och kväve främst betydelse för torrdepositionen av dessa ämnen till skog. Torrdepositionen kan i södra halvan av Sverige stå för så mycket som 40 % av den totala depositionen av oorganiskt kväve till skog. För en klassificering av miljöpåverkan utifrån lufthalter har förekommande lufthalter delats upp symmetriskt i fyra klasser, enligt tabellen nedan, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget.

**Tabell 5. Grunder för klassificering av påverkan vad gäller lufthalter av svavel och kväve, baserat på mätningar inom Krondroppsnetet. Klassificeringen görs i fyra klasser, där ett värde 1 innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Eftersom uppdelningen görs enbart baserat på en symmetrisk uppdelning av förekommande lufthalter ges ingen "värdebeteckning" för de olika klasserna.**

Lufthalter	Klass			
	1	2	3	4
Svaveldioxid, µg/m <sup>3</sup>	0-0,25	0,25-0,50	0,5-0,75	>0,75
Kvävedioxid, µg/m <sup>3</sup>	0-1	1-2	2-3	>3

### 3.1.2 CLEO-region sydväst

**Allmänt-** I CLEO-region sydväst ingår hela Skåne, Hallands och Västra Götalands län samt de västra delarna av Kronobergs och Jönköpings län. CLEO-region sydväst är den region i landet som är mest drabbad av luftföroreningar och det område med högst nedfall av svavel och kväve (Figur 2). Arealen för regionen är ungefär 52 000 km<sup>2</sup>.



**Skogliga förhållanden-** I CLEO-region sydväst finns utöver gran- och tallskog även mycket lövskog. Markförhållandena varierar kraftigt, med bördiga skogar i delar av Skåne såväl som magra marker på tunna jordtäckan i Västra Götaland. Lövskogen representeras av två platser i olika delar av regionen, Baldringe i Skåne och Djupeåsen längre norrut, i Halland. Humlered är den enda rena tallskogsytan, medan Söstared är en blandning mellan tall- och granskog. På Visingsö och i Falsterbo mäts enbart våtdeposition på öppet fält, baserat på önskemål från respektive medlem. Övriga 14 mätplatser ligger i rena granskogar.

I sydvästra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 84 år, medan motsvarande ålder i nordvästra delen av regionen är 85 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna i regionen varierar mellan 36 och 108 år. Vid fem av de 17 mätplatserna är åldern vid eller över den genomsnittliga åldern för förnygringsavverkning.

**Geologi-** Alla mätplatser inom regionen ligger på moränmark, med undantag av Stora Ek i nordöstra delen av Västra Götalands län som ligger på sedimentmark. De två bokyrtorna ligger på brunjord, medan övriga ytor (där vi i nuläget har sammanställd information) ligger på podsolmark.

**Antal mätyper-** Inom regionen finns fyra mätplatser för lufthalter, 17 mätplatser för nedfall som krondropp, 8 mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält, 18 mätplatser för markvattenkemi samt 1 mätplats för bäckvatten. Inom regionen finns utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog vid fyra platser, Stenshult och Hissmossa i Skåne, Timrilt i Halland samt Hensbacka i Västra Götaland. Dessa platser ligger alla i de mest utsatta delarna av regionen, det finns ingen plats med denna utrustning i de mindre utsatta områdena i inlandet.

**Antal mätplatser-** Inom regionen finns totalt 20 mätplatser vilket motsvarar en mätplats per 2 600 km<sup>2</sup>.

**Långa tidsserier-** Den längsta tidsserien med mätdata som finns i regionen är den för Söstared i Halland, som startade 1987 och fortfarande pågår. Totalt 11 nu aktiva mätplatser har mätningar som startade 1997 eller tidigare.

**Tabell 6. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnätet i CLEO-region sydväst.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, M=morän, S=sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Arkelstorp (L 05B)	Skåne	Gran	37	<sup>HR</sup> ( <sup>HR</sup> )	KD, MV	2013 (1988)	130
Maryd (L 15)	Skåne	Gran	50	Podsol (M)	KD, MV	2001	130
Hissmossa (L 18)	Skåne	Gran	36	Ung podsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	2010 (1988)	120
Stenshult (M 16)	Skåne	Gran	51	Svag podsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	2010	180
Baldringe (M 17)	Skåne	Bok	65	Brunjord ( <sup>HR</sup> )	KD, MV	2010	70
Falsterbo (M 22)	Skåne				ÖF	2015	3
Söstared (N 01)	Halland	Tall / Gran	80 / 71	Svag podsol (M)	KD, MV	1987	100
Borgared (N 12)	Halland	Gran	79	Svag podsol (M)	KD, MV	1995	110
Timrilt (N 13)	Halland	Gran	56	Svag podsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1995	180
Djupeåsen (N 14)	Halland	Bok	110	Brunjord (M)	KD, MV	1995	90
Vallåsen (N 17)	Halland	f.d. Gran <sup>x</sup>		Podsol (M)	MV	1995	160
Kullahus (N 19)	Halland	Gran	49	Podsol (M)	KD, MV	2010	180
Tagel (G 22)	Kronoberg	Gran	92	Ung podsol (M)	ÖF, KD, MV	2008 (1996)	200
Angelstad (G 23)	Kronoberg	Gran	76	<sup>HR</sup> (M)	KD, MV	1996	160
Mellby (F 18)	Jönköping	Gran	63	Podsol (M)	KD, MV	1998	190
Visingsö (F 20)	Jönköping				ÖF	1993	100
Storskogen (P 95)	V:a Götaland	Gran	83	Podsol (M)	ÖF, KD, MV, BV	2013	220
Hensbacka (O 35)	V:a Götaland	Gran	108	Podsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1989	130
Humlered (P 93)	V:a Götaland	Tall	60	Järnpodsol (M)	KD, MV	1996	320
Stora Ek (R 09)	V:a Götaland	Gran	76	<sup>HR</sup> (S)	KD, MV	1995	100

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter, BV=Bäckvatten,

\*\* gäller för den mätyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt. Årtal inom parentes anger startår för mätningar för tidigare mätplats som nuvarande mätplats ersatt.

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools".

<sup>x</sup> avverkad

<sup>HR</sup> databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** CLEO-region sydväst är den region där nedfallsgradienten för svavel och kväve har varit, och fortfarande är, skarpast. Detta motiverar ett tätare mätnät jämfört med övriga delar av Sverige. Granytorna i regionen ligger relativt väl fördelade längs gradienten av nedfall av svavel och kväve, se kapitel 3.3.3 nedan. I region sydväst är gradienten i svavelnedfall skarp, i sydvästra delen av regionen är nedfallet sju gånger högre jämfört med i nordöstra delen av regionen.

**Miljöpåverkan-** De flesta av mätplatserna i Skåne och södra Halland ligger i hög eller mycket hög påverkansklass vad gäller atmosfäriskt nedfall av svavel, t.ex. Vallåsen/Kullahus belägen på Hallandsåsen och Stenshult belägen på Romeleåsen. Stenshult ligger mycket exponerad på sydvästsidan av Romeleåsen, och ger därmed ett mått på hur mycket som maximalt faller ner i de mest utsatta skogarna i sydväst, men kan inte sägas vara representativ för skånska skogar i allmänhet. Vid andra mätplatser inom regionen, i västra och centrala delar av Småland, är svavelnedfallet klassificerat som måttligt. Kvävenedfallet är klassificerat som mycket högt vid alla mätplatser i regionen med tillgängliga mätningar.

Lufthalterna av kvävedioxid är relativt sett höga vid två platser i Skåne, i övrigt är lufthalterna för svaveldioxid och kvävedioxid måttliga.

**Miljötilstånd-** Båda lövytorna i regionen, Baldringe i Skåne och Djupeåsen i Halland, har hög surhetsklass, och nitrathalterna är kraftigt förhöjda i markvattnet i Baldringe.

På de tio ytorna med växande skog i Skåne och Halland (varav två är bokskogsytor och en är barrblandskog) varierar surhetsgraden mellan hög och mycket hög, och på hälften är nitratutlakningen förhöjd, i några fall kraftigt. I övriga sju ytor i växande skog i regionen, belägna i delar av Småland och Västra Götalands län, är surhetsgraden måttlig till hög, medan nitrathalterna generellt är mycket låga, även om kvävestatusen baserat på markkemi i flera fall är intermediär eller till och med hög.

#### **Övrigt-**

- Mätplatserna Falsterbo, Stenshult, Baldringe, Maryd, Timrilt, Söstared samt Hensbacka kan antas vara särskilt utsatta för utsläpp från fartygstrafik enligt karta från Andersson m.fl., 2011.
- Mätplatsen Falsterbo får anses särskilt påverkad av storstadsregionen Malmö-Köpenhamn.
- Mätplatsen Visingsö kan utifrån sin position i Vättern antas ha speciella förutsättningar vad gäller luftens omblandning och transporten av luftföroreningar.
- Mätplatsen Stora Ek uppvisar höga halter av sulfatsvavel i markvattnet. Samtidigt visar försurningsparametern ANC inte på någon uppenbar försurning av markvattnet. Det finns misstankar om att de höga svavelhalterna kan bero på gamla avlagringar av makroalger, s.k. "svartmocka", eftersom Stora Ek ligger under högsta kustlinjen.
- Fortsatta mätningar vid Vallåsen motiveras av att visa på förändrad markvattenkemi efter avverkning.



**Tabell 7. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatserna inom CLEO-region sydväst. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/”bäst” tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/”sämst” tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Arkelstorp (L 05B)	3,0				0,04	0,005	Data saknas	Data saknas
Maryd (L 15)	4,6				-0,11	0,005	Hög	Hög
Hissmossa (L 18)	3,1	11,4 / 17,8	0,6	3,4	-0,24	1,542	Mycket hög	Intemediär
Stenshult (M 16)	6,3	14,3 / 21,7	0,6 <sup>#</sup>	4,4 <sup>#</sup>	-0,25	6,697	Mycket hög	Hög
Baldringe (M 17)	2,6				-0,11	7,806	Hög	Hög
Falsterbo (M 22)	2,0 (ÖF)	6,7 / 10,5 <sup>#</sup>						
Söstared (N 01)	2,2				0,01	0,005	Hög	Intemediär
Borgared (N 12)	2,8				-0,02	0,005	Hög	Intemediär
Timrilt (N 13)	2,9	13,5 / 21,2	0,6	2,3	-0,12	0,047	Hög	Intemediär
Djupeåsen (N 14)	2,3				-0,08	0,181	Måttlig	Hög
Vallåsen (N 17)					-0,10	2,20	Mycket hög	Intemediär
Kullahus (N 19)	3,5				-0,04	0,009	Hög	Hög
Tagel (G 22)	1,4	6,8 / 11,3			0,03	0,005	Hög	Intemediär
Angelstad (G 23)	1,4				-0,41	0,005	Data saknas	Data saknas
Mellby (F 18)	1,4				-0,05	0,005	Hög	Intemediär
Visingsö (F 20)	1,7 (ÖF)	8,0 / 13,8						
Storskogen (P 95)	2,1	7,3 / 11,5 <sup>##</sup>			0,06	0,005	Måttlig	Låg
Hensbacka (O 35)	2,3	8,4 / 13,3	0,6	2,4	-0,05	0,06	Hög	Hög
Humlered (P 93)	1,6				-0,06	0,005	Måttlig	Låg
Stora Ek (R 09)	0,9				0,03	0,005	Måttlig	Hög

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det ”bästa” tillståndet.

<sup>#</sup> Endast data från 2015/2016.

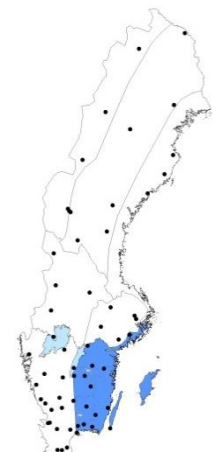
<sup>##</sup> Endast data från 2014/15-2015/2016.

### 3.1.3 CLEO-region sydost

I CLEO-region sydost ingår större delen av Blekinge, hela Kalmar, Östergötlands och Gotlands län, de östra delarna av Kronobergs och Jönköpings län, de kustnära delarna av Södermanlands samt de södra kustnära delarna av Stockholms län.

CLEO-region sydost är också relativt kraftigt drabbat av luftföroreningar med högt nedfall av svavel och kväve. Gradienten mellan södra och norra delen av regionen är dock väldigt stor (Figur 2). Arealen för regionen är ungefär 43 000 km<sup>2</sup>.

**Skogliga förhållanden-** Även i denna region finns utöver gran- och tallskog mycket lövskog, och markförhållandena varierar kraftigt, med bördiga skogar i Blekinge såväl som tunna jordtäcken i Östergötland, där dock kalk i marken reducerar försurningspåverkan. Lövskogen representeras av Ryssberget och Komperskulla



med bok i Blekinge och Ottenby med ek/ blandat löv på Öland. Tallskog representeras i regionen av Hjärtsjömåla i Blekinge, Risebo i Kalmar län, Attsjö i Kronobergs län samt Höka i Östergötland. Av dessa har Risebo och Höka inslag av gran. Övriga mätplatser ligger i rena granskogar.

I södra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 91 år, medan motsvarande ålder i norra delen av regionen (Östergötlands län) är 84 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna i regionen varierar mellan 53 och 147 år. Vid sex av de femton mätplatserna i regionen är åldern vid eller över den genomsnittliga åldern för förnygringsavverkning.

**Geologi-** Alla mätplatser inom regionen ligger på moränmark, med undantag av Värnvik i norra delen av Jönköpings län som ligger på sediment. För de två bokytorna i Blekinge är jordmånen brunjord. Även två granytor i norra Jönköpings län ligger på brunjord, alternativt övergångsjord. Övriga ytor (där vi i nuläget har sammanställd information) ligger på podsolmark, förutom Fagerhult som ligger på övergångsjord.

**Antal mättyper-**Inom regionen finns sex mätplatser för lufthalter, 15 mätplatser för nedfall som krondropp, sex mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält samt 16 mätplatser för markvattenkemi samt 1 mätplats för bäckvatten.

Inom regionen finns utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog vid två platser, Rockneby i Kalmar län, samt Fagerhult i Jönköpings län. Det finns dock även mätningar vid Edeby som ligger i Södermanlands län, strax norr om gränsen till CLEO-region central-öst.

**Antal mätplatser-**Inom regionen finns totalt 15 mätplatser vilket motsvarar en mätplats per 2 900 km<sup>2</sup>.

**Långa tidsserier-**Tidsserien för lufthalter vid Farstanäs i Stockholms län är bland de längsta inom Krondroppsnetet. Det är viktigt att denna mätserie kan fortgå kontinuerligt.

I regionen finns två mätserier för nedfall och markvattenkemi som pågått kontinuerligt sedan 1985, Hjärtsjömåla och Ryssberget, vilket är de längsta mätserierna som finns inom Krondroppsnetet. Mätserierna vid alla mätplatser i regionen är förhållandevis långa och sträcker sig tillbaka till 1990-talet, med undantag av granskogen vid Vång som avverkades 2016 och ersattes med en ny mätplats.

**Tabell 8. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet i CLEO-region sydost.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, M=morän, S=sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Hjärtsjömåla (K 03)	Blekinge	Tall	82	Podsol (M)	KD, MV	1985	110
Ryssberget (K 07)	Blekinge	Bok <sup>xx</sup>	163	Brunjord (M)	KD, MV	1985	100
Komperskulla (K 11)	Blekinge	Bok	108	Brunjord (M)	ÖF, KD, MV	1995	100
Vång (K 13A)	Blekinge	f.d. Gran <sup>x</sup>		Podsol (M)	MV, BV	1996	70
Vång (K 13B)	Blekinge	Gran	65	Podsol (M)	KD, MV	2016	70
Ottenby (H 01)	Kalmar	Ek <sup>xxxx</sup>	147	<sup>xxxxxx</sup> (S)	LH, ÖF, KD, MV	1989	10
Rockneby (H 03)	Kalmar	Gran	133	Övergångspodsol(M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1996	30
Risebo (H 21)	Kalmar	Tall <sup>xxxxxx</sup>	80	<sup>xxxxxx</sup> (M)	LH, KD, MV	1995	130
Alsjö (H 22)	Kalmar	Gran	80	Podsol (M)	KD, MV	1995	170
Attsjö (G 21)	Kronoberg	Tall	92	Podsol (M)	KD, MV	1996	240
Värnvik (F 12)	Jönköping	Gran	63	Brunjord-podsol(S)	KD, MV	1998	270
Bordsjö (F 22)	Jönköping	Gran	53	Brunjord (M)	KD, MV	1996	290
Fagerhult (F 23)	Jönköping	Gran	56	Övergångsjord (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1996	260
Solltorp (E 21)	Östergötland	Gran	82	Ung podsol (M)	KD, MV	1996	170
Höka (E 22)	Östergötland	Tall <sup>xxxxxx</sup>	82	Podsol (M)	LH, ÖF, KD, MV	1996	170
Farstanäs (A 35)	Stockholms	Gran	117	<sup>xxxxxx</sup> (M)	LH, ÖF, KD, MV	1992	50

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter, BV=Bäckvatten,

\*\* gäller för den mätyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt,

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools

<sup>x</sup> avverkad,

<sup>xx</sup> visst inslag av gran vid markvattenmätningen;

<sup>xxxx</sup> även visst inslag av andra lövträd;

<sup>xxxxxx</sup> betydande inslag av gran

<sup>xxxxxx</sup> databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** Även CLEO-region sydost innefattar en relativt skarp nedfallsgradient för svavel och kväve. Detta motiverar ett tätare mätnät jämfört med övriga delar av Sverige.

Mätplatserna i regionen ligger relativt väl fördelade längs gradienten som gäller nedfall av svavel och kväve, se kapitel 3.3.3. I region sydost är svavelnedfallet i södra delen av regionen ungefär fyra gånger högre än svavelnedfallet i norra delen av regionen. Störst är svavelnedfallet vid mätplatserna i Blekinge.

**Miljöpåverkan-** Påverkan från svavelnedfall klassificeras som högt för alla mätplatser i Blekinge (t.o.m. mycket högt vid Ryssberget i Blekinge) samt vid Ottenby på Ölands södra udde. Övriga mätplatser i regionen ligger vad gäller svavelnedfall i de två lägsta påverkansklasserna (måttlig eller låg). Kvävepåverkan är däremot hög för alla mätplatser i regionen där den kan beräknas, och i Komperskulla i Blekinge är den mycket hög.

Lufthalterna av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> är genomgående låga vid alla mätplatser i regionen, med undantag av Farstanäs i Stockholms län, där halterna av NO<sub>2</sub> är höga och vid Ottenby är lufthalterna av både svavel och kväve höga, sannolikt beroende på påverkan från fartygstrafiken på Östersjön. I Blekinge finns inga lufthaltmätningar men även där är sannolikt lufthalterna höga.

**Miljötillstånd-** De båda bokytorna i Blekinge har måttlig till hög surhetsklass. Kvävestatusklassen är hög baserat på markkemi, men låg baserat på markvattenkemi. Ekblandskogen vid Ottenby har en måttlig till låg statusklass både för försurnings- och kvävepåverkan.

Försurningsstatusen är låg till måttlig vid tallytan i Risebo i norra Kalmar län, men hög till mycket hög vid övriga mätplatser med tall i regionen. Kvävestatusen klassificeras genomgående som låg för alla mätplatser med tall i regionen.

Försurningsstatusen är hög till mycket hög vid flertalet mätplatser med gran i Blekinge och Kalmar län. Vid mätplatser med gran längre norrut i regionen, i Jönköpings och Östergötlands län, är försurningsstatusen klassificerad som måttlig, med undantag av Bordsjö i norra Jönköpings län där den är hög. Kvävestatusen, baserad på markvattenkemi, är genomgående klassificerad som låg vid alla mätplatser med gran i regionen. När kvävestatusen baseras på markkemi blir den hög för de fyra nordligaste mätplatserna med gran i regionen, medan den blir låg vid Rockneby i Kalmar län och Vång i Blekinge.

#### *Övrigt-*

- Mätplatserna Ottenby, Ryssberget och Vång kan antas vara särskilt utsatta för utsläpp fr.o.m. fartygstrafik (Andersson m.fl. 2011).
- Mätplatsen Farstanäs ligger relativt nära den starkt trafikerade E4-an och kan även vara påverkad av fartygstrafiken som går in till Södertälje
- Mätplatserna Ottenby och Rockneby uppvisar höga halter av sulfatsvavel i markvattnet. Samtidigt visar försurningsparametern ANC inte på någon uppenbar försurning av markvattnet. Det finns misstankar om att de höga svavelhalterna kan bero på gamla avlagringar av makroalger, s.k. "svartmocka".
- Granytan Vång avverkades 2016 och ersattes med en ny närliggande granyta (K 13B). Vid den gamla, avverkade ytan mäts fortfarande markvattenkemi samt vattenkemi i en närliggande bäck som passerar det avverkade området

**Tabell 9. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region sydost. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och vätdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generell i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/”bäst” tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/”sämst” tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Hjärtsjömåla (K 03)	2,1				-0,03	0,005	Hög	Låg
Ryssberget (K 07)	3,5				-0,19	0,005	Hög	Hög
Komperskulla (K 11)	2,1	7,8 / 12,6			-0,03	0,005	Hög	Hög
Vång (K 13A)	2,5				-0,13	0,005	Hög	Låg
Vång (K 13B)								
Ottenby (H 01)	2,1	4,6 / 7,8	0,9	3,8	0,26	0,005	Måttlig	Låg
Rockneby (H 03)	1,3	5,3 / 9,0	0,5	1,9	-0,01	0,005	Mycket hög	Låg
Risebo (H 21)	1,0		0,4	1,0	0,2	0,005	Måttlig	Låg
Alsjö (H 22)	1,6				-0,02	0,005	Måttlig	Intemediär
Attsjö (G 21)	1,5				-0,03	0,005	Mycket hög	Låg
Värnvik (F 12)	0,8				0,01	0,005	Måttlig	Intemediär
Bordsjö (F 22)	1,1				-0,06	0,005	Hög	Låg
Fagerhult (F 23)	1,4	5,1 / 8,8	0,5	1,3	-0,17	0,005	Hög	Låg
Solltorp (E 21)	0,9				0,06	0,016	Måttlig	Hög
Höka (E 22)	1,2	5,1 / 8,8	0,4	1,3	-0,02	0,005	Hög	Låg
Farstanäs (A 35)	1,6	3,7 / 6,4	0,4	4,1	0,03	0,005	Måttlig	Hög

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

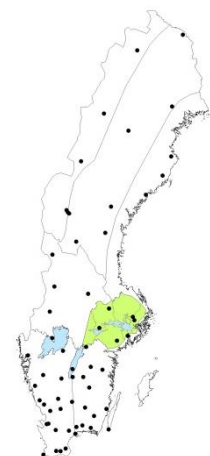
\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det ”bästa” tillståndet.

### 3.1.4 CLEO-region central-öst

**Allmänt-** I CLEO-region central-öst ingår hela Västmanlands län, östra delen av Örebro län samt större delarna av Södermanlands, Stockholms och Upplands län, förutom de kustnära delarna i respektive län. CLEO-region central-öst är måttligt till lågt drabbat av nedfall av svavel och kväve. Runt Storstockholmsområdet finns dock en förhöjd belastning. Arealen för regionen är ungefär 26 000 km<sup>2</sup>.

**Skogliga förhållanden-** I denna region finns ett mindre inslag av lövskog men proytorna innefattar endast gran och tall. Tallskogen representeras av en mätplats i nordvästra Stockholms län, Bergby, den har dock även inslag av gran. Övriga mätplatser består av granskog.

I sydöstra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 77 år, medan motsvarande ålder i nordvästra delen av regionen är 85 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna i regionen varierar mellan 82 och 102 år. Trädbestånden vid alla regionen mätplatser ligger vid eller över den genomsnittliga åldern för slutavverkning.



**Geologi-** Det finns i nuläget dåligt med sammanställd information om jordmån och jordarter vid mätplatserna i regionen.

**Antal mätyper-** Inom regionen finns tre mätplatser för lufthalter, fem mätplatser för nedfall som krondropp, fyra mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält samt fem mätplatser för markvattenkemi.

Inom regionen finns utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog vid en plats, Edeby i Södermanlands län, Det låga antalet platser med denna utrustning får ses som en brist eftersom relativt höga lufthalter av NO<sub>2</sub> indikerar att torrdepositionen till växtlighet i regionen kan vara betydande.

**Antal mätplatser-** Inom regionen finns totalt 6 mätplatser vilket motsvarar en mätplats per 4 000 km<sup>2</sup>. Vid Hjälmarsberg finns dock endast mätningar av lufthalter.

**Långa tidsserier-** Tidsserierna för mätningarna vid de olika platserna i regionen är relativt långa. Alla startade på 1990-talet, förutom mätningarna vid Hyttskogen som startade 2001. Luftmätningarna vid Hjälmarsberg flyttades från närliggande Kvisterhult, där mätningarna påbörjade 1993.

**Tabell 10. Information om beständsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnätet i CLEO-region central-öst.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, <sub>M=morän, S=sediment</sub> )	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Bergby (A 01)	Stockholms	Tall <sup>ii</sup>	87	<sup>iiiii</sup> (M)	LH, ÖF, KD, MV	1996	50
Arlanda (A 92)	Stockholms	Gran <sup>iiiii</sup>	82	Data saknas	ÖF, KD, MV	1994	50
Edeby (D 11)	Södermanlands	Gran	87	Data saknas	ÖF, SP, KD, MV	1996	60
Kvisterhult (U 04)	Västmanland	Gran	102	Podsol (M)	ÖF, KD, MV	1993	50
Hyttskogen (U 06)	Västmanland	Gran	<sup>iiiii</sup>	<sup>iiiii</sup> (S)	LH, KD, MV	2001	80
Hjälmarsberg (U 09)	Västmanland				LH	2012 (1993)	70

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter

\*\*gäller för den mätytp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt. Årtal inom parentes anger startår för mätningar för tidigare mätplats som nuvarande mätplats ersatt.

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools

<sup>ii</sup> inslag av gran,

<sup>iiiii</sup> inslag av tall

<sup>iiiii</sup> databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** Den storskaliga depositionsgradienten är liten inom regionen, både vad gäller svavel och kvävednedfall. Det är dock sannolikt att det finns en lokal gradient i nedfall inom regionen riktad från Storstockholmsområdet och ut mot landsbygden. Detta kan dock inte beskrivas med nuvarande omfattning av mätplatser inom Krondroppsnätet. Lägst svavelnedfall är det dock vid de västligaste mätplatserna i regionen, Hyttskogen och Kvisterhult, se kapitel 3.3.3.

**Miljöpåverkan-** Påverkan från svavelnedfall klassificeras som lågt till måttligt för alla ytor i regionen. Påverkansklass för kväve är dock relativt hög, över den kritiska nivån för påverkan av växtligheten, 5 kg N/ha/år. Lufthalter av SO<sub>2</sub> är låga i regionen medan halter av NO<sub>2</sub> är relativt höga. Sistnämnda beror på en relativt hög befolknings- och trafikthet i regionen.

**Miljö tillstånd-** Statusklassen för försurning är låg till måttlig, baserad på markvatten, och måttlig till hög baserad på markkemi. Högst är försurningspåverkan vid Arlanda och Hyttskogen. Även



statusklassen för kväve är låg, baserat på markvatten, men intermediär till hög vid alla mätplatser baserad på markkemi.

#### Övrigt-

- Mätplatsen Arlanda är avsedd att utgöra en del i recipientkontrollen för flygplatsen och mätplatsen ligger i närheten av en av landningsbanorna. Vid jämförelse med kringliggande mätplatser har dock ingen lokal påverkan på status vad gäller försurning eller kväve kunnat påvisas.

**Tabell 11. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region central-väst. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Bergby (A 01)	1,1	3,5 / 5,8	0,3 #	3,5 #	0,14	0,005	Måttlig	Hög
Arlanda (A 92)	1,3	3,6 / 6,0			0,13	0,005	Hög	Intemediär
Edeby (D 11)	1,4	3,8 / 6,5			0,04	0,005	Måttlig	Intemediär
Kvisterhult (U 04)	1,0	4,2 / 7,3			0,01	0,005	Måttlig	Intemediär
Hyttskogen (U 06)	0,8			2,1	0,09	0,005	Hög	Intemediär
Hjälmarsberg (U 09)			0,4	2,0				

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det "bästa" tillståndet.

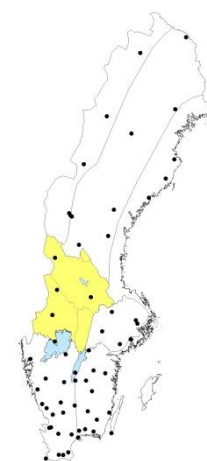
# Endast data från 2015/2016.

### 3.1.5 CLEO-region central-väst

**Allmänt-** I CLEO-region central-väst ingår hela Värmlands och Dalarnas län, västra delen av Örebro län samt allra västra delen av Gävleborgs län. CLEO-region central-väst är måttligt till lågt drabbat av nedfall av svavel och kväve. Området ligger dock i en relativt stark gradient, med förhållandevis hög belastning i södra delen men en låg belastning i norr (Figur 2). Runt Storstockholmsområdet finns dock en förhöjd belastning. Arealen för regionen är ungefär 57 000 km<sup>2</sup>.

**Skogliga förhållanden-** Inslag av lövskog i denna region är lågt. Tallskog representeras av en mätplats i Dalarna, Högberget, vilket är en ren tallyta. Övriga mätplatser består av granskog.

I sydöstra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning



75 år, medan motsvarande ålder i nordvästra delen av regionen är 86 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna i regionen varierar mellan 51 och 65 år. Trädbestånden vid alla regionen mätplatser ligger väl under den genomsnittliga åldern för slutavverkning.

**Geologi-** Alla mätplatser inom regionen, där vi i nuläget har sammanställd information angående jordart, ligger på moränmark. Det finns i nuläget dåligt med sammanställd information om jordmåner vid mätplatserna i regionen. Vid Högberget i Dalarna är dock jordmånen podsol.

**Antal mättyper-** Inom regionen finns två mätplatser för lufthalter, fem mätplatser för nedfall som krondropp, fyra mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält samt fem mätplatser för markvattenkemi.

Inom regionen finns utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog vid en plats, Blåbärskullen i Värmlands län. Det hade varit värdefullt med ytterligare en mätplats med denna utrustning i norra delen av regionen eftersom det skulle hjälpa till att avgöra var gränsen går för ett överskridande av den kritiska nivån för kvävet påverkan på växtligheten, 5 kg N/ha/år.

**Antal mätplatser-** Inom regionen finns totalt fem mätplatser vilket motsvarar en mätplats per 11 400 km<sup>2</sup>.

**Långa tidsserier-** Det finns i nuläget en lång tidsserie för lufthalter vid Södra Averstad i Värmlands län. Det är viktigt att denna tidsserie kan fortgå framgent. Även nedfallsmätningarna vid Södra Averstad representerade bland de längsta inom Krondroppsnetet. Trädbeståndet avverkades dock 2016 och ersattes med en närliggande mätplats. Fortsatta mätningar får avgöra om det kan tänkas utgöra en fortsatt kontinuerlig mätserie vad gäller nedfall eller ej. Även vid övriga mätplatser inom regionen finns långa mätserier med start under 1990-talet, förutom Högberget i Dalarna som startades 2015.

**Tabell 12. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet i CLEO-region central-väst.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, M=morän, S=sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet**
Södra Averstad (S 05A)	Värmland	f.d. Gran <sup>‡</sup>		Podsol (M)	LH, ÖF, MV	1990	60
Södra Averstad (S 05B)	Värmland	Gran	51	Data saknas	KD, MV	2016	60
Blåbärskullen (S 22)	Värmland	Gran	58	Kulturjord (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1996	370
Transtrandsberget (S 23)	Värmland	Gran	65	Podsol (M)	KD, MV	1996	360
Fulufjället (W 90)	Dalarna	Gran	39	Data saknas	ÖF, KD	1994	480
Högberget (W 13)	Dalarna	Tall	ca 40	Podsol (M)	ÖF, KD, MV	2015	240

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter

\*\* gäller för den mättyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt,

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools.

<sup>‡</sup> avverkad

**Depositionsgradienten-** CLEO-region central-väst har lägre nedfall av svavel och kväve, jämfört med de sydligare regionerna, men nedfallet är fortfarande betydelsefullt. Det finns en betydande nord-sydlig gradient inom regionen vad gäller atmosfäriskt nedfall. Mätplatserna i Värmlands- och Dalarnas län är väl utplacerade för att spegla denna gradient.

**Miljöpåverkan-** Påverkan från svavelnedfall klassificeras som lågt till måttligt för alla mätplatser i regionen. Däremot är påverkansklass för kväve relativt hög i sydvästra delen av regionen, Södra Averstad och Blåbärskullen i Värmlands län. Lufthalterna är låga till intermediära.

**Miljötilstånd-** Statusklassen för försurning är måttlig, baserat på markvatten, och måttlig till hög baserat på markkemi. Det är vid Transtrandsberget i norra Värmland som försurningsklassningen är hög baserat på markkemi. Vidare är statusklassen för kväve låg, baserad på markvattenkemi, men lågt till intermediär baserat på markkemi.

#### Övrigt-

- Det finns ingen mätplats inom regionen som är uppenbart inom-regionalt särpräglad.

**Tabell 13. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region central-väst. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Södra Averstad (S 05A)	1,1	5,4 / 9,0	0,5	1,6	0,03	0,005	Måttlig	Låg
Södra Averstad (S 05B)								
Blåbärskullen (S 22)	1,8	4,7 / 8,1	0,4	0,8	0,01	0,005	Måttlig	Intemediär
Transtrandsberget (S 23)	1,0				0,07	0,005	Hög	Låg
Fulufjället (W 90)	0,5	2,3 / 3,9						
Högberget (W 13)	0,6 #	2,3 / 4,2 #			0,08 #	0,005 #	Måttlig	Intemediär

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

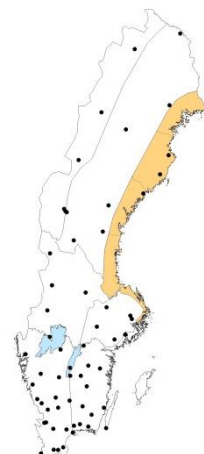
\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det "bästa" tillståndet.

# Endast data från 2015/2016.

### 3.1.6 CLEO-region nordost

**Allmänt-** I CLEO-region nordost ingår de kustnära delarna av Norrbottens, Västerbottens, Västernorrlands, Gävleborgs och Upplands län samt kustnära områden i norra Stockholms län. CLEO-region nordost är lågt till måttligt drabbat av nedfall av svavel och kväve. Lokalt runt större industrier kan dock belastningen vara större. Arealen för regionen är ungefär 51 000 km<sup>2</sup>.

**Skogliga förhållanden-** Det dominerande trädslaget i dessa nordliga områden är tall, vilket inte täcks in av nu aktiva ytor. En tallyta i ett kustnära område i Norrbottens län, Gammelgården, var aktiv fram till 2014, då den lades ner. I regionen görs mätningar endast vid platser med granskog.



I sydöstra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 104 år, medan motsvarande ålder i nordvästra delen av regionen är 120 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna är känd endast för granskogen vid Lakamark, där åldern är 85 år.

**Geologi-** Det finns i nuläget inte sammanställd information om jordmåner och jordarter vid alla mätplatserna i regionen. Vid Holmsvattnet, är jordmånen podsol på moränmark.

**Antal mätyper-** Inom regionen finns inga mätplatser för lufthalter, tre mätplatser för nedfall som krondropp, en mätplats för nedfall som nederbörd till öppet fält, tre mätplatser för markvattenkemi samt 1 mätplats för bäckvatten. Det finns inga mätningar av lufthalter inom regionen. Det finns heller ingen utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog.

**Antal mätplatser-** I regionen görs mätningar vid endast tre platser, alla med granskog. Det motsvarar en mätplats per 16 900 km<sup>2</sup>.

**Långa tidsserier-** På alla tre platser har mätningar gjorts länge, sedan början av 1990-talet. Mätningarna vid Holmsvattnet startade redan 1986, men på grund av avverkning flyttades mätplatsen 2013, så mätserierna måste analyseras var för sig.

**Tabell 14. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet i CLEO-region nordost.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, M=morän, S=sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Bäcksjö (AC30)	Västerbotten	Gran	<sup>a</sup>	Data saknas	KD, MV	1991	80
Holmsvattnet (AC35)	Västerbotten	Gran	<sup>a</sup>	Podsol (M)	ÖF, KD, MV, BV	2013 (1986)	60
Lakamark (Y 03)	Västernorrland	Gran	85	Data saknas	KD, MV	1991	40

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter, BV=Bäckvatten,

\*\*gäller för den mätyyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt. Årtal inom parentes anger startår för mätningar för tidigare mätplats som nuvarande mätplats ersatt.

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools

<sup>a</sup> databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** CLEO-region nordost är den region i norra Sverige där nedfallet är högst och där hög surhetsklass i marken förekommer. Detta motiverar ett tätare mätnät än längre västerut i norra Sverige.

**Miljöpåverkan-** Påverkan från svavelnedfall klassificeras som måttligt vid alla tre mätplatser i regionen, medan påverkansklass från kvävenedfall är låg.

**Miljö tillstånd-** Statusklassningen för försurning är låg, baserad på markvattenkemi, men måttlig till hög baserad på markkemi. För Holmsvattnet finns ingen provtagning av markkemi. Statusklassningen för kväve är låg, oberoende av metodik.

**Övrigt-**

- Holmsvattnet fungerar som recipientkontroll för Rönnskärsverken, och kan anses belysa regional särdrag

**Tabell 15. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region nordost. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvatten:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Bäcksjö (AC30)	1,5				0,05	0,005	Måttlig	Låg
Holmsvattnet (AC35)	1,9	2,2 / 2,4			0,06	0,005	Måttlig	Låg
Lakamark (Y 03)	1,6				0,06	0,005	Hög	Låg

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det "bästa" tillståndet.

### 3.1.7 CLEO-region nord-mitten

**Allmänt-** I CLEO-region nord-mitten ingår de mellersta delarna av Norrbottens och Västerbottens län, de västra delarna av Västernorrlands och Gävleborgs län och de östra delarna av Jämtlands län. CLEO-region nord-mitten är lågt drabbat av nedfall av svavel och kväve. Arealen för regionen är ungefär 144 000 km<sup>2</sup>.

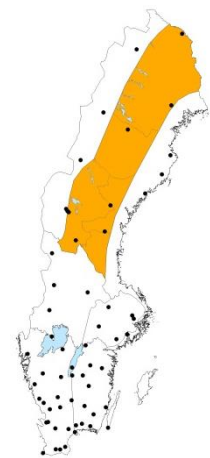
**Skogliga förhållanden-** Tall är dominerande trädslag. Trots detta är det endast en av fem mätplatser med krondroppsmätningar i regionen som är bevuxen med tall, övriga är gran. Detta beror till stor del av att tre av granytorna har ingått i den nationella miljöövervakningen med delfinansiering från Naturvårdsverket, där alla ingående ytor är bevuxna med gran.

I södra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 156 år, medan motsvarande ålder i norra delen av regionen är 158 år. Ålder på trädbestånden vid mätplatserna ligger på 85 och 106 år, för de platser där det finns information om detta. Det är således långt under den genomsnittliga beståndsåldern vid slutavverkning.

**Geologi-** Det saknas en del sammanställd information om jordmåner och jordarter för några mätplatser i regionen. De mätplatser där jordart och jordmån är kända ligger alla på moränmark, och jordmänen är podsol.

**Antal mätyper-** Inom regionen finns fyra mätplatser för lufthalter, fem mätplatser för nedfall som krondropp, sex mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält samt sex mätplatser för markvattenkemi. Inom regionen finns utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog vid två platser, Storulvsjön i Västernorrlands län och Grankölen i Norrbottens län.

**Antal mätplatser-** Antalet aktiva mätplatser i regionen är sex, fyra med granskog och två med tallskog. Det motsvarar en mätplats per 24 000 km<sup>2</sup>. Därutöver finns en plats med avverkad före



detta granskog, Myrberg, där mätningarna på öppet fält fortsätter t.o.m. december 2017 för att jämföras med motsvarande mätningar vid den mätplats som ersätter, Grankölen.

**Långa tidsserier-** Mätningarna har pågått länge vid alla platser i regionen, sedan mitten av 1990-talet. Mätningarna vid Palovaara togs dock över av Krondroppsnetet först 2004, och data från mätningar innan dess ingår inte i Krondroppsnetets databas. Mätplatsen vid Myrberg avverkades 2016 och mätningarna flyttades till Grankölen. Parallella mätningar av nedfallet med nederbörden över öppet fält under ett år har visat att nedfallet vid de båda mätplatserna Grankölen och Myrberg är likvärdigt och att tidsserien därmed kan fortsätta.

**Tabell 16. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet i CLEO-region nord-mitten.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, <sup>M=</sup> morän, <sup>S=</sup> sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Nymyran (Z 05)	Jämtland	Gran	85	Podsol (M)	KD, MV	1996	300
Sör-Digertjärnen (Z 04)	Jämtland	Tall	106	Podsol (M)	ÖF, KD, MV	1996	400
Storulvsjön (Y 07)	Västernorrland	Gran	85	Ung podsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	1996	420
Högbränna (AC04)	Västerbotten	Gran	102	<sup>RR</sup> (M)	LH, ÖF, KD, MV	1995	410
Myrberg (BD02)	Norrbotten	f.d. Gran <sup>‡</sup>		Podsol (M)	ÖF	1996	220
Grankölen (BD06)	Norrbotten	Gran	<sup>RR</sup>	Järnpodsol (M)	LH, ÖF, SP, KD, MV	2016 (1996)	190
Palovaara (BD16)	Norrbotten	Tall	<sup>RR</sup>	Data saknas	LH, ÖF, MV	2004	310

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter

\*\*gäller för den mätyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt. Årtal inom parentes anger startår för mätningar för tidigare mätplats som nuvarande mätplats ersatt.

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools

<sup>‡</sup> avverkad 2016

<sup>RR</sup> databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** CLEO-region nord-mitten har lågt nedfall av svavel och kväve. Det kan finnas en gradient från kustlandet mot fjälltrakterna med det framgår inte av de mätplatser som finns i regionen, se kapitel 3.3.3.

**Miljöpåverkan-** Påverkan från svavel och kvävenedfall är klassificerad som låg vid alla ytor i regionen. Lufthalterna av NO<sub>2</sub> klassificeras som låga, medan halterna av SO<sub>2</sub> klassificeras som intermediära till höga, vilket indikerar viss inverkan från industrier och sjöfartstrafiken även vid dessa platser i inlandet.

**Miljö tillstånd-** Tillståndsklass för försurning, baserat på markvattenkemi, är för mätplatserna i regionen måttlig, med ett ANC strax över 0. Tillståndsklassen baserad på markkemi är måttlig till hög. Statusklass för kväve är klart låg, både baserat på markvattenkemi och markkemi, med undantag av Storulvsjön där kvävestatus klassificeras som intermediär baserad på markkemi.

#### Övrigt-

- Mätningarna av halter av SO<sub>2</sub> i luft vid Palovaara, Myrberg/Grankölen och Högbränna hade en stor betydelse för att uppmärksamma de kraftigt förhöjda SO<sub>2</sub>-halterna i norra Sverige i samband med vulkanutbrottet på Island 2014/2015. De relativt låga bakgrundshalterna i detta område tillsammans med långa tidsserier underlättar att uppmärksamma tillfälligt förhöjda halter på grund av långdistanstransporterad förorenad luft.



- Tallskogen vid Sör-Digertjärnen gödslades 2012, vilket fick en långvarigt negativ inverkan på markvattenkemin, bl.a. pH och lösta organiska ämnen. Innan gödsling låg pH i markvattnet runt 5,5, ANC var runt noll och koncentrationerna av nitrat och oorganiskt aluminium var låga. De två åren efter gödsling ökade halterna av nitrat och ammonium i markvattnet dramatiskt, pH minskade till mellan 4,0 och 4,5, se kapitel 3.3.4 Figur 17. ANC minskade till -5 mekv/l och halterna av oorganiskt aluminium steg kraftigt. Fyra år efter gödsling har alla parametrar återgått till det normala, utan pH som är fortsatt lågt. Vidare har halterna av lösta organiska ämnen ökat kontinuerligt efter gödslingstillfället. Provtagning för markkemi vid Sör-Digertjärn gjordes före gödsling. Eftersom pH och lösta organiska ämnen inte är inkluderade i bedömningen av surhetstillstånd i nedanstående tabell, kan man inte säga att gödslingen i någon större utsträckning påverkat bedömningen av surhetstillståndet för tallytan vid Sör-Digertjärn.

**Tabell 17. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region nord-mitten. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitrathalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Färgkodning klass 1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Nymyrn (Z 05)	0,7				0,05	0,005	Hög	Intermediär
Sör-Digertjärnen (Z 04)	0,5	1,7 / 2,9			0,01	0,005	Måttlig	Låg
Storulvsjön (Y 07)	0,7	1,7 / 2,8	0,3	0,5	0,06	0,005	Hög	Intermediär
Högbränna (AC04)	0,5	1,3 / 1,6	0,4	0,3	0,06	0,005	Måttlig	Låg
Myrberg (BD02)	0,8 (ÖF)	1,9 / 2,1	0,4	0,4	0,05 #	0,005 #	Hög	Låg
Grankölen (BD06)							Måttlig	Låg
Palovaara (BD16)	0,8 (ÖF)	1,3 / 1,4	0,6	0,3	0,09	0,005	Data saknas	Data saknas

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

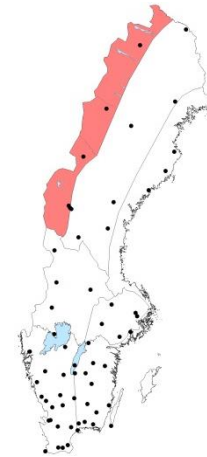
\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det "bästa" tillståndet.

# Data endast för 2014 och 2015.

### 3.1.8 CLEO-region nordväst

**Allmänt-** I CLEO-region nordväst ingår de västra delarna av Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län. Alla mätningarna på hög höjd i Jämtlands län förs till denna region. I CLEO-region nordväst är nedfall av svavel och kväve generellt lågt. Arealen för regionen är ungefär 70 000 km<sup>2</sup>.

**Skogliga förhållanden-** Tall är dominerande trädslag. Trots detta är de tre mätplatserna med krondroppsmätningar i granskog. I södra delen av regionen är genomsnittlig beståndsålder vid slutavverkning 156 år, medan motsvarande ålder i norra delen av regionen är 158 år, samma som för region nord-mitten. Trädbeståndens ålder vid mätplatserna är inte införda i databasen ännu.



**Geologi-** Det saknas en del sammanställd information om jordmåner och jordarter för de fjällnära mätplatserna i regionen. Vid Ammarnäs där ligger krondroppsytan på moränmark, med jordmånen podsol.

**Antal mätyper-** Inom regionen finns en mätplats för lufthalter, tre mätplatser för nedfall som krondropp, tre mätplatser för nedfall som nederbörd till öppet fält samt en mätplats för markvattenkemi. Ammarnäs är den enda mätplats där krondropp (granskog) och markvattenkemi mäts i låglandet, och kan jämföras med andra regioner. Alla mätplatser i Jämtlands län i denna region ligger på hög höjd, vid eller över trädgränsen. Det gäller tre platser vid Hundshögen (två med nederbörd till öppet fält och en med krondropp) och en plats vid Fiskåfjellet (krondropp). Krondroppsmätningarna bedrivs i dessa områden under enstaka träd, eftersom det inte finns slutna bestånd. Tidigare bedrevs omfattande mätningar av krondropp på hög höjd längs hela fjällkedjan, men flertalet av dessa mätningar lades ner 2008.

Det finns i regionen ingen utrustning för att uppskatta totaldepositionen till skog. Lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> mäts endast vid en plats, Nikkaluokta i Norrbottens län. Detta får ses som en brist, även om torrdepositionen generellt är låg i norra Sverige.

**Antal mätplatser-** Det finns sex mätplatser i regionen vilket motsvarar en mätplats per 12 600 km<sup>2</sup>.

**Långa tidsserier-** Tidsserierna för mätningarna vid mätplatserna i regionen är långa, med start under mitten av 1990-talet. Undantaget är Nikkaluokta, där mätningarna infördes i Krondroppsnetet 2004.

**Tabell 18. Information om beståndsegenskaper och pågående mätningar vid aktiva mätplatser inom Krondroppsnetet i CLEO-region nordväst.**

Mätplats	Län	Dominerande trädslag	Skogens ålder	Jordmån (Jordart, M=morän, S=sediment)	Typ av provtagning*	Mätn. startår**	Höjd över havet***
Nikkaluokta (BD15)	Norrbotten				LH, ÖF	2004	500
Ammarnäs (AC34)	Västerbotten	Gran	##	Svag podsol (M)	KD, MV	1991	460
Hundshögen H (Z93H)	Jämtland				ÖF (HH) #	1994	1280
Hundshögen L (Z93L)	Jämtland				ÖF (HH) #	1994	700
Hundshögen A (Z93A)	Jämtland	Gran	##	Data saknas	KD (HH) #	1997	790
Fiskåfjellet (Z 96)	Jämtland	Gran	##	Data saknas	KD (HH) #	1997	590

\*ÖF= Öppet fält, SP= Strängprov (torrdeposition), KD=Krondropp, MV=Markvatten, LH= Lufthalter, HH=Hög höjd

\*\* gäller för den mätyyp som startades först i de fall alla mätningar ej startades samtidigt,

\*\*\* Höjddata (avrundat till närmast 10-tal meter) kommer från "Free Map Tools

# mätning på hög höjd i fjällnära miljö

## databas håller på att förbättras och uppdateras med dessa uppgifter

**Depositionsgradienten-** I CLEO-region nordväst är nedfallet av svavel och kväve lågt. Den storskaliga gradienten i atmosfäriskt nedfall över regionen är låg, med det finns sannolikt lokala gradienter främst beroende på skillnader i altitud.

**Miljöpåverkan-** Miljöpåverkan från nedfall är generellt låg i regionen men vad gäller svavelnedfall är den klassificerad som måttlig till hög vid flera av mätplatserna på hög höjd i Jämtlands län. Lufthalterna är låga till intermediära vid Nikkaluokta i Norrbottens län.

**Miljötillstånd-** Miljötillståndet kan endast bedömmas utifrån markvattenmätningarna vid Ammarnäs, där försurningspåverkan klassas som låg, och där kvävepåverkan klassificeras som låg baserat på markvattenkemi, och intermediär baserat på markkemi.

#### Övrigt-

- Nedfallsmätningarna på hög höjd i Jämtlands län hade en stor betydelse för att uppmärksamma det kraftigt förhöjda kvävenedfallet i norra Sverige i samband med storskaliga biomassabränder i Ryssland 2006. Det gällde även nedfallsmätningarna vid Nymyran i granskog i låglandet i Jämtland. Långa tidsserier och normalt sett låg bakgrundsbelastning bidrog även här till att uppmärksamma passagen av den förorenade luften. Det var dock vindförhållandena just i samband med emissionerna som avgjorde att den förorenade luften från Ryssland passerade just över Jämtland.
- I tider av klimatförändringar kan näringstillförsel via deposition spela en stor roll för i vilken utsträckning alpina växtsamhällen på hög höjd förändras. Nedfallsmätningar på öppet fält vid Nikkaluokta i Norrbottens län och på två höjder vid Hundhögen i Jämtlands län ger dock möjligheter att beräkna kvävedepositionen längs fjällkedjan. I fjällkedjan skulle lufthalter och torrdepositionen av svavel och kväve kunna tänkas öka om fartygstrafiken i Nordostpassagen ökar i framtiden (Tuovinen m.fl., 2013).

**Tabell 19. Klassificering av påverkan och tillstånd vad beträffar försurning och kvävepåverkan vid olika mätplatser inom CLEO-region nordväst. Påverkan bedöms utifrån krondropp av svavel och våtdeposition av oorganiskt kväve till öppet fält respektive totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog. Påverkan bedöms även utifrån lufthalter av SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub>. Tillstånd bedöms utifrån markvattenkemi, ANC respektive nitralthalter, samt utifrån markkemi. Klassificeringen görs generellt i fyra klasser, där ett värde 1 (låg) innebär lägst påverkan/"bäst" tillstånd och ett värde 4 (mycket hög) innebär högst påverkan/"sämst" tillstånd. Färgkodning klass1, grön; klass 2, blå; klass 3, orange; klass 4, röd. För tillstånd i marken baserat på markkemi finns endast tre klasser.**

Mätplats	Påverkan nedfall:*		Påverkan lufthalter: **		Tillstånd i markvattnet:***		Tillstånd i marken: ****	
	Svavel, KD	Kväve, ÖF / Totalt	Svavel-dioxid	Kväve-dioxid	ANC	Nitrat	Surhetsklass	N-status i marken
Nikkaluokta (BD15)	0,6 (ÖF)	1,1 / 1,2	0,5	0,3				
Ammarnäs (AC34)	0,6				0,39	0,005	Låg	Intemediär
Hundshögen H (Z93H)	1,1 (ÖF)	2,0 / -						
Hunds-högen L (Z93L)	0,6 (ÖF)	1,2 / 2,0						
Hundshögen A (Z93A)	2,2							
Fiskåfjället (Z 96)	2,2							

\*medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, för bedömning av påverkan nedfall anges tre olika värden; svavelnedfall som krondropp (kg S/ha/år) / nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden (kg N/ha/år); beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve (kg N/ha/år)

\*\* medelvärde hydrologiska åren 2013/14 – 2015/16, lufthalter symmetriskt uppdelat i fyra klasser, baserat på de koncentrationsområden som respektive ämnen förekommer i nuläget

\*\*\* median 2014-2016, ANC anges som mekv/l, [NO<sub>3</sub>] anges som mg/l

\*\*\*\* Surhetsklass baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, som i sin tur baseras på pH, basmättnad och aluminium i det översta skiktet av mineraljorden. Kvävestatusen klassificeras enligt Gundersen m.fl. (2006), i tre klasser: hög status (C/N<25), intermediär (C/N=25-30) och låg (C/N>30). I bägge fallen utgör en låg status det "bästa" tillståndet.

## 3.2 Vad kan generellt eventuellt hota/förvärra/förändra mätplatsernas förutsättningar?

### 3.2.1 Allmänt

Möjligheterna att vidmakthålla Krondroppsnetets mätplatser under lång tid beror på ett antal olika förutsättningar, varav några exempel är:

- En god relation till markägare
- En bra kommunikation med provtagare
- Trädbeståndets ålder i relation till omloppstiden för området
- Utsatthet för stormskador
- Utsatthet för insektsangrepp

Krondroppsnetets grundläggande princip är att mätplatserna så långt möjligt ska ligga i brukad skog för att kunna analysera synergier och konflikter mellan atmosfäriskt nedfall och skogsbruk.

### 3.2.2 Relation till markägaren

En god relation till markägaren är viktigt av flera skäl. Det är väsentligt att vi får information om planerade och utförda skogsbruksåtgärder. Då kan åtgärder i god tid vidtas, så som att t.ex. flytta mätplatsen. Det är också väsentligt att markägaren tar hänsyn till mätplatsen så att den t.ex. inte genomkorsas av skogsmaskiner i onödan. Det är i detta sammanhang även viktigt att ha en god relation till Skogsstyrelsens lokalkontor i området, vilket kan bidra till en god kommunikation med skogsägaren.

### 3.2.3 Trädbeståndens ålder

Trädbeståndens ålder i relation till genomsnittlig ålder vid slutavverkning redovisas mer i detalj ovan under respektive CLEO-region. Ålder vid slutavverkning representerar inte någon exakt gräns, utan varierar kraftigt beroende på de många olika faktorer som påverkar när bestånden avverkas. Krondroppsnetets målsättning är att mätplatserna skall vara placerade i produktiv skogsmark. Därmed varierar åldern för avverkning på samma sätt som för övrig produktiv skog.

Eftersom omloppstiderna i södra Sverige är avsevärt kortare än i norra Sverige, ligger fler mätplatser i södra Sverige i trädbestånd som är vid eller över den genomsnittliga åldern för slutavverkning, i storleksordningen 30 %. Det kommer därför löpande inträffa att mätplatser i södra Sverige behöver flyttas på grund av avverkning. Återigen är relationerna till markägaren i dessa fall mycket viktig, så att vi får information i tid för att flytta mätningarna till en likvärdig mätplats. I norra Sverige är det endast vid ett fåtal mätplatser där trädbeståndens ålder är vid eller över genomsnittlig ålder vid slutavverkning.

### 3.2.4 Stormskador och insektsangrepp

Det finns vissa förutsägelser att insektsangrepp från bl.a. granbarkborre kan komma att öka i framtiden. När det gäller stormskador är förutsägelserna osäkra, men det planteras fortfarande mest gran i Sveriges skogar, och gran är generellt stormkänslig. Det finns mätningar, bland annat från Krondroppsnetet, som visar att kväve kan börja läcka från skogsmarken till markvattnet när träden dör på grund av angrepp från granbarkborre, eller när skogen stormskadas. Det är därför

väsentligt att denna typ av mätplatser ingår i Krondroppsnetet, men det får inte utgöra en alltför stor andel av totala antalet mätplatser. Återigen är det väsentligt att provtagaren förmedlar information om begynnande insektsangrepp till Krondroppsnetets projektledningsgrupp, så att vi kan ta ställning till om mätplatsen ska flyttas eller ej.

### 3.2.5 Förändrat klimat

Meteorologin spelar roll på flera sätt för Krondroppsnetets mätningar. Det atmosfäriska nedfallet är starkt beroende av nederbördsmängder, och det är därför väsentligt att mätplatserna är placerade så att de får en nederbördsmängd som är representativ för området. Vidare är provtagningen av markvatten beroende av att det finns tillräckligt med vatten i den omättade zonen ovan grundvattnet men under rotzonen. Blir det alltför torrt går det inte att provta markvatten och det blir därför ett glapp i dataserierna. Kunskapen om hur markfuktigheten påverkar markförsurning och kväveupplagring är idag bristfällig. Vi behöver därför göra en kompromiss vad gäller placeringen av mätplatser. Dels måste vi se till att det går att på ett regelbundet sätt få upp prover av markvattnet, dels måste vi se till att täcka den variation av vattentillgång i marken som finns i området. Hittills har vi inom Krondroppsnetet prioriterat den första aspekten.

Förändringar i temperaturer, tjäle och snötillgång kan komma att påverka tidsscheman för provtagning, i synnerhet i norra Sverige och framför allt på hög höjd.

Framtida förändring av nederbördsmängder och nederbördsmönster kan komma att ställa nya krav på provtagningsutrustning. Vi har redan ökat storleken vad gäller provtagningsdunkarna för krondropp vid vissa mätplatser för att få rum med ökade volymer. Detsamma gäller den nya provtagaren på öppet fält som är designad att klara mycket stora volymer.

## 3.3 En analys av den geografiska variationen av deposition och markvattenkemi inom och mellan olika CLEO-regioner

### 3.3.1 Generellt

Olika ämnen kräver olika typer av mätmetoder.

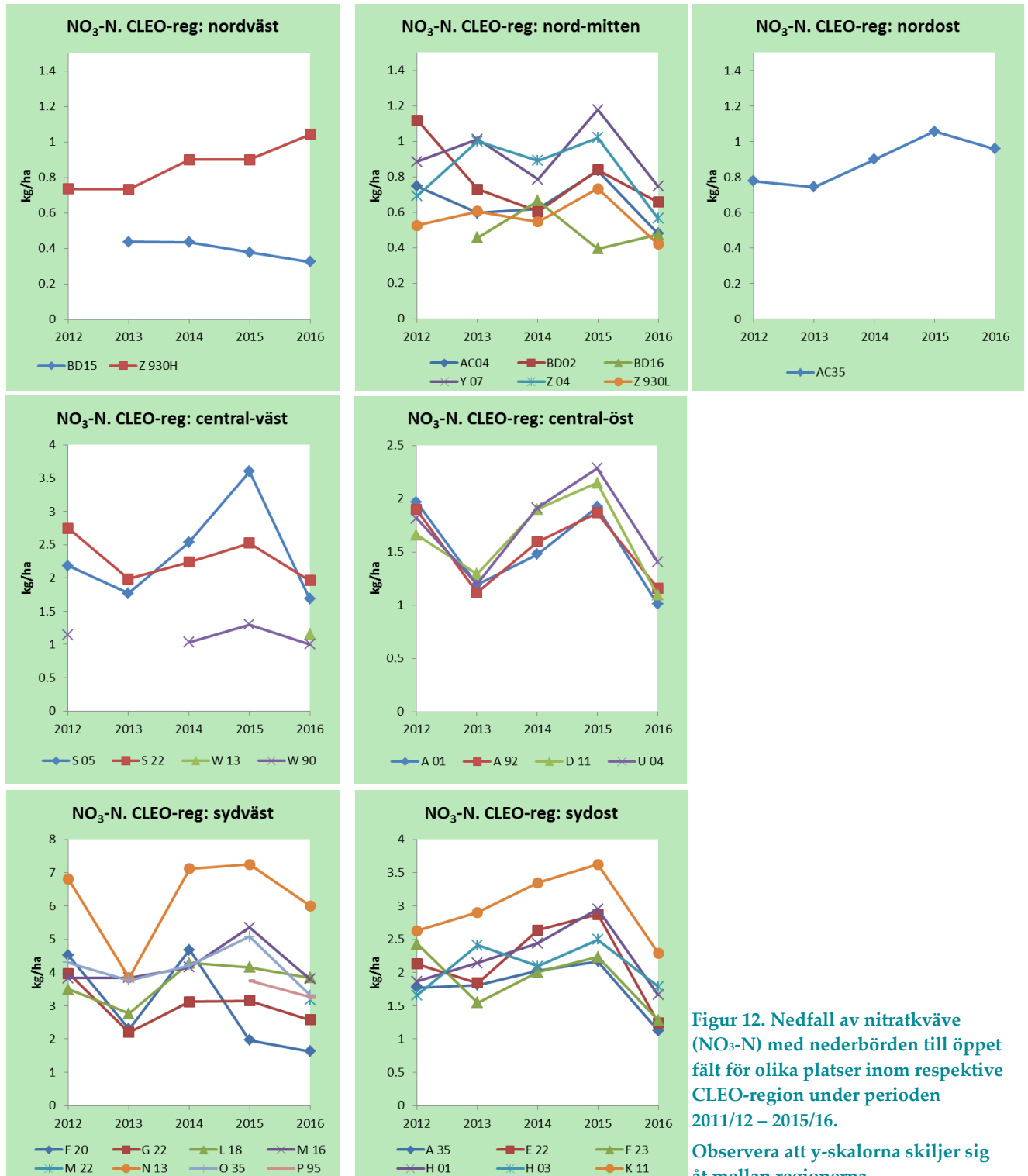
När det gäller mätningar av nedfallet av oorganiskt kväve samt baskatjoner (Ca, Mg, K) måste mätningar av våtdeposition till öppet fält användas, eftersom det finns ett direktupptag (och i fallet baskatjoner läckage) till trädkronorna.

I analysen nedan inkluderas endast mätplatser som har data från de senaste fem åren och som inte har flyttats under denna tid.

### 3.3.2 Deposition till öppet fält

Som beskrivits ovan, måste nedfallet av olika kväveformer samt baskatjoner på länsnivå analyseras baserat på mätningar av våtdeposition till öppet fält. Det finns dock kompletterande utrustning att mäta och beräkna totalt kvävenedfall till granskog vid tio olika platser runt om i Sverige, med finansiering från Naturvårdsverket.

Nedfallet av nitratkväve,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , som våtdeposition uppvisar en stor geografisk gradient inom de två sydligaste CLEO-regionerna, Figur 12. I område sydväst är nedfallet av nitratkväve,  $\text{NO}_3\text{-N}$  mer än dubbelt så högt vid Timrilt i Halland (N13) som vid Tagel i Kronobergs län (G22). Avståndet mellan dessa platser är endast ca 90 km. Inom område sydost, är nedfallet mer än 50 % högre vid Komperskulla i Bleking (K 11), än vid Fagerhult i Jönköpings län (F 23). Även inom CLEO områdena central-väst, nordväst och nord-mitten är skillnaderna i nedfall av  $\text{NO}_3\text{-N}$  mycket stora.



Figur 12. Nedfall av nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) med nederbörden till öppet fält för olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2011/12 – 2015/16.

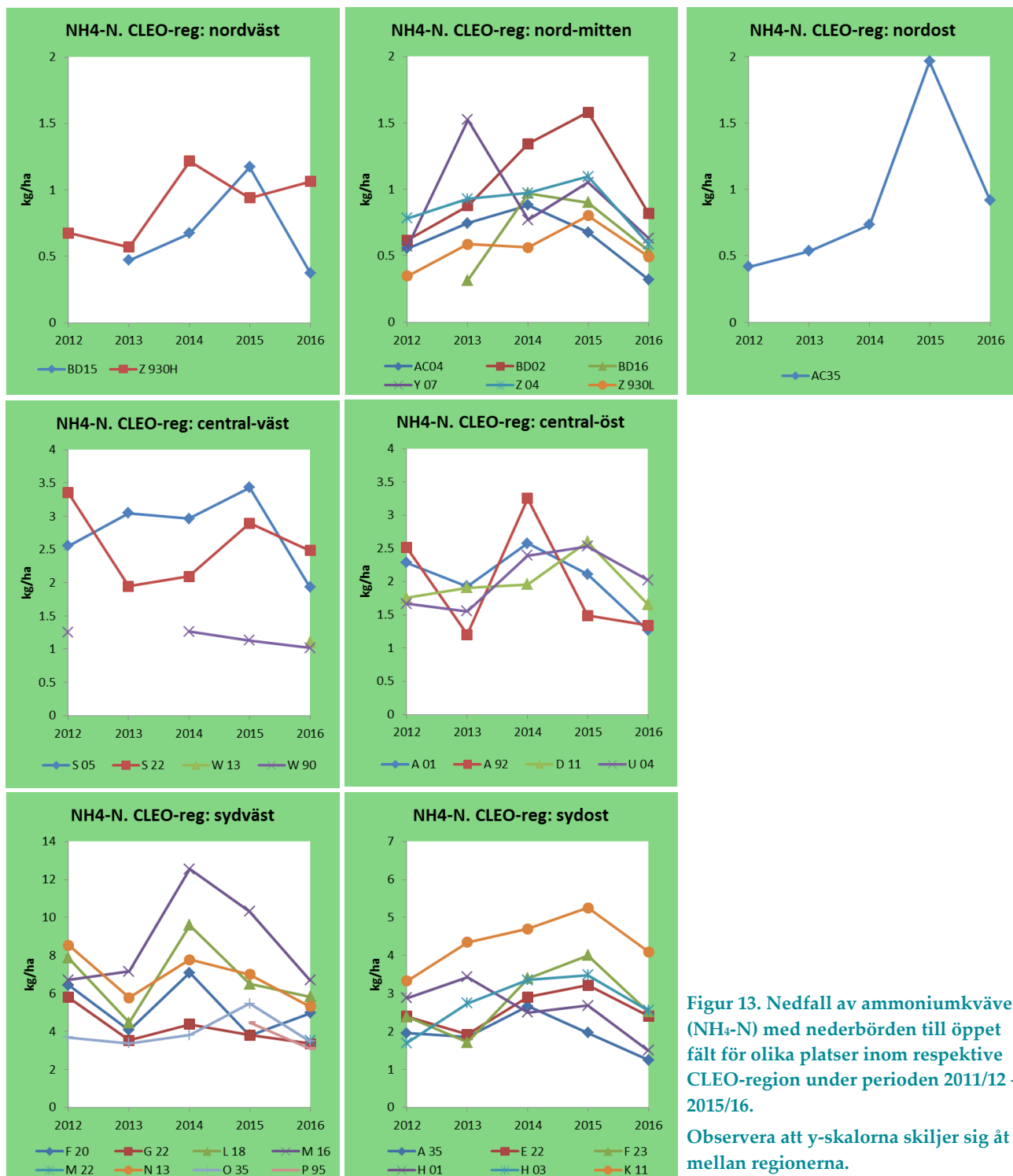
Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.



En motsvarande bild med stor geografisk variation inom vissa CLEO-regioner framträder även för våtdepositionen av ammoniumkväve,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , även om gradienten t.ex. inom CLEO-område sydväst ser något annorlunda ut, med högsta värden för jordbruksbygden i södra Skåne (Stenshult, M16) jämfört med nitratdepositionen där våtdepositionen istället var högst vid Timrilt (N13) i Halland, Figur 13. Det finns en oväntat stor skillnad i våtdepositionen av  $\text{NH}_4\text{-N}$  inom CLEO-region nord-mitten, mellan Högbränna i det inre av Västerbottens län (AC 04) och Myrberg i det inre av Norrbottens län (BD 02). Det finns ännu ingen förklaring på detta, och det visar på en viss oförutsägbarhet i kvävenedfallet även vid nordliga latituder till synes långt från lokala utsläppskällor.

Den enda CLEO-region där den geografiska variationen i kvävenedfallet som våtdeposition är något mindre, under de senaste fem åren, är regionen central-öst, d.v.s. östra Svealand.

Inom CLEO-region nordost, som omfattar hela norrlandskusten, finns endast en plats för mätningar av kvävenedfall som våtdeposition. Detta är mycket otillfredsställande och det gör att det inte går att säga något om variationen i kvävenedfallet med nederbörden. Det finns många industrier med betydande luftutsläpp av  $\text{NO}_x$  längs Norrlandskusten och till det kommer utsläpp från fartygstrafiken. Dessutom ingår den enda mätplatsen, Holmsvattnet, i kontrollprogrammet för Rönnskärsverken.



Figur 13. Nedfall av ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N) med nederbörden till öppet fält för olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2011/12 – 2015/16.

Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.

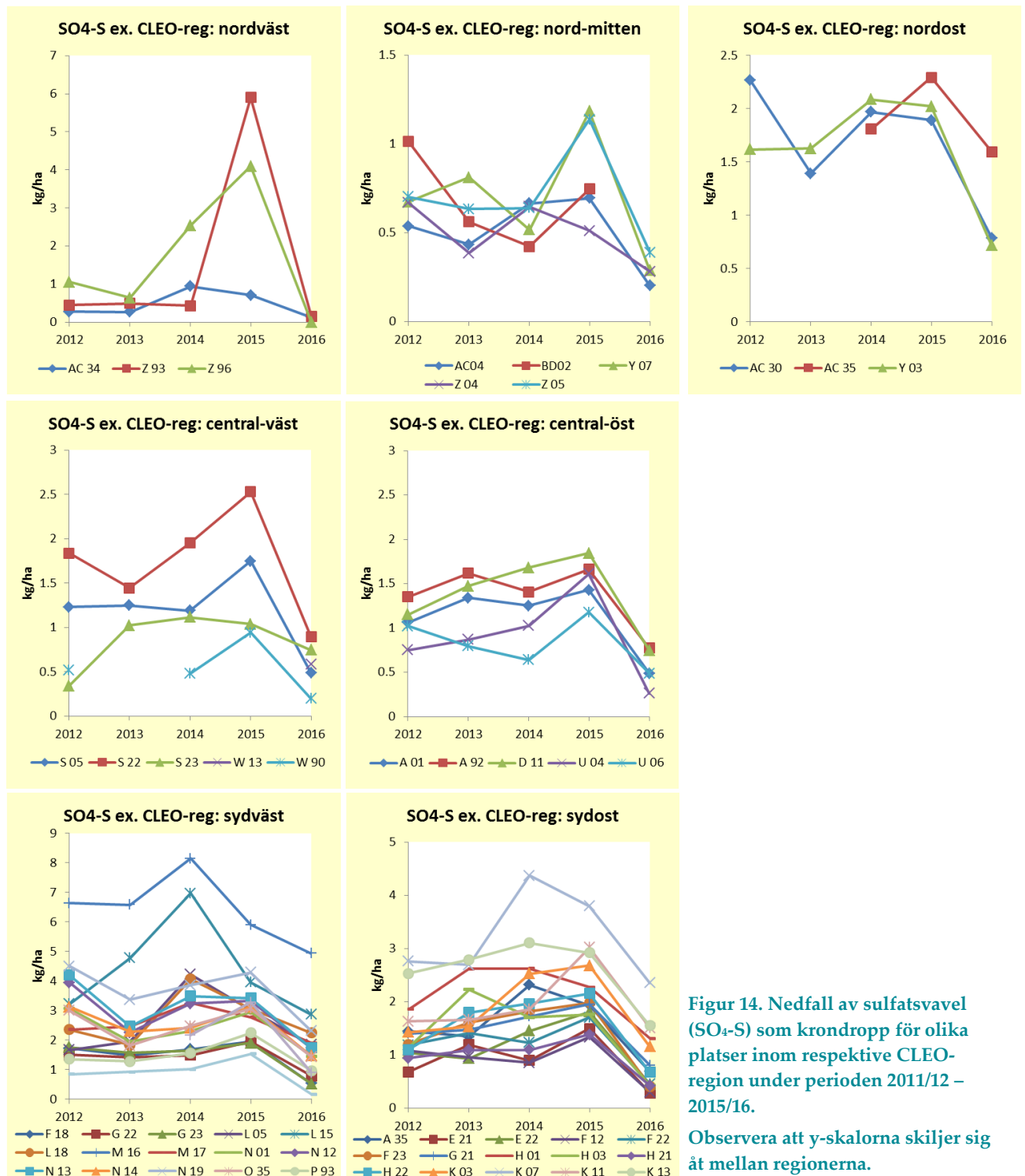
### 3.3.3 Deposition som krondropp

För nedfall av svavel och havssalt (SO<sub>4</sub>-S & Na) fungerar mätningar av krondropp relativt bra.

Vad gäller svavelnedfallet som krondropp i CLEO-regionerna sydväst och sydöst, är de geografiska gradienterna mycket kraftiga, i sydväst är nedfallet sju gånger högre vid mätplatsen med högst nedfall jämfört med mätplatsen med lägst nedfall i regionen, och i sydöst är nedfallet

fyra gånger högre på den värst drabbade mätplatsen jämfört med mätplatsen med lägst nedfall i regionen, Figur 14.

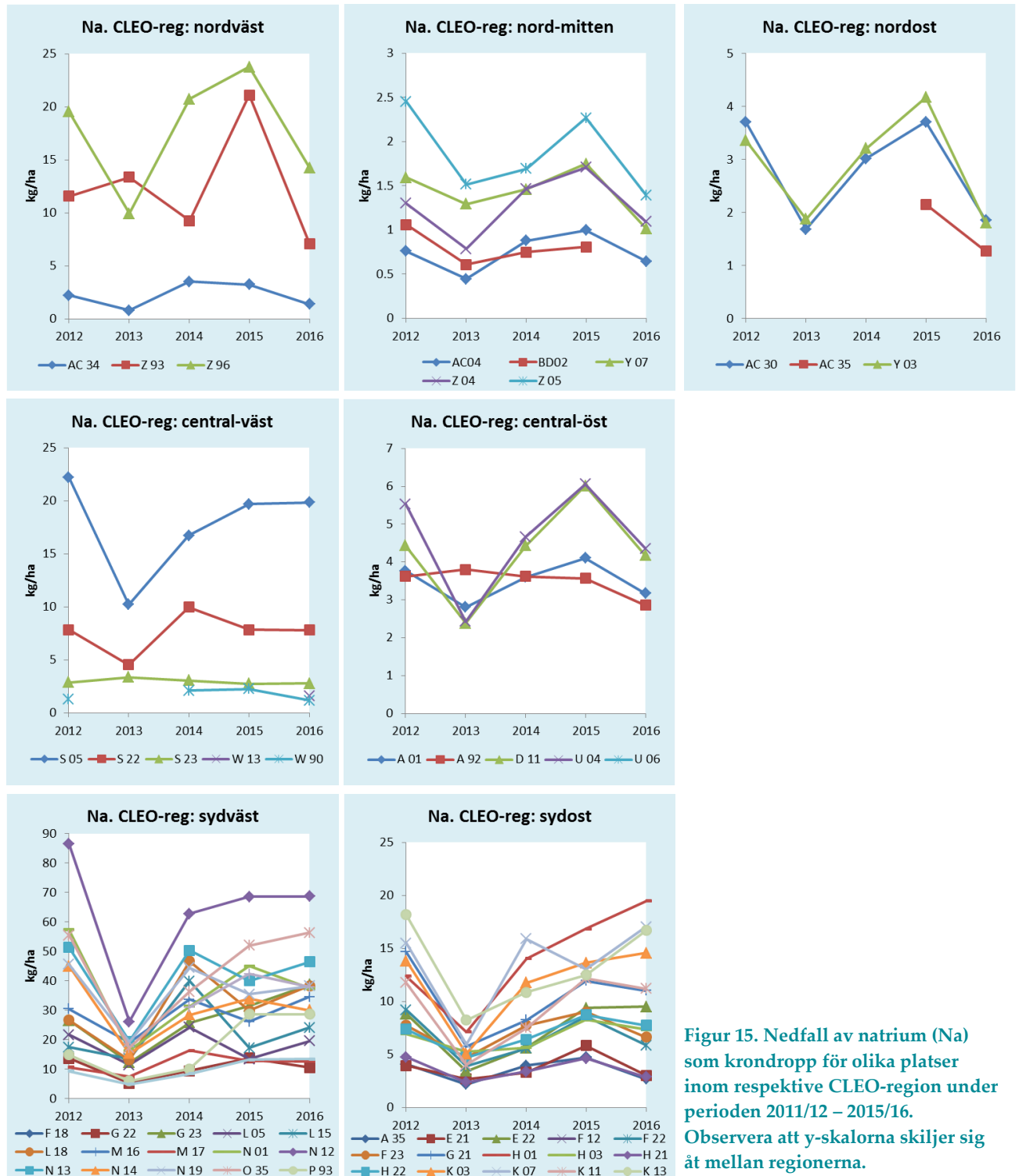
Inom övriga CLEO-regioner är dock antalet mätplatser lågt, trots en i flera fall betydande geografisk variation. T.ex. syns effekterna av svavelutsläppet från Island under hydrologiska åren 2014/ 2015 vid två mätplatser i CLEO-region nordväst på hög höjd, men inte i den tredje platsen som inte är högt belägen. Längs norrlandskusten, CLEO-region nordost, finns endast tre mätplatser, vilket är lågt i relation till betydande svavelutsläpp från industrier samt fartygstrafiken.



Figur 14. Nedfall av sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S) som krondropp för olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2011/12 – 2015/16.

Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.

Samma slutsatser som ovan gäller i stort även för nedfallet av natrium (Na) som krondropp, Figur 15. Nedfallet av Na utgör en viktig komponent när det gäller att beräkna det totala nedfallet av kväve till skog.



Figur 15. Nedfall av natrium (Na) som krondropp för olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2011/12 – 2015/16. Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.

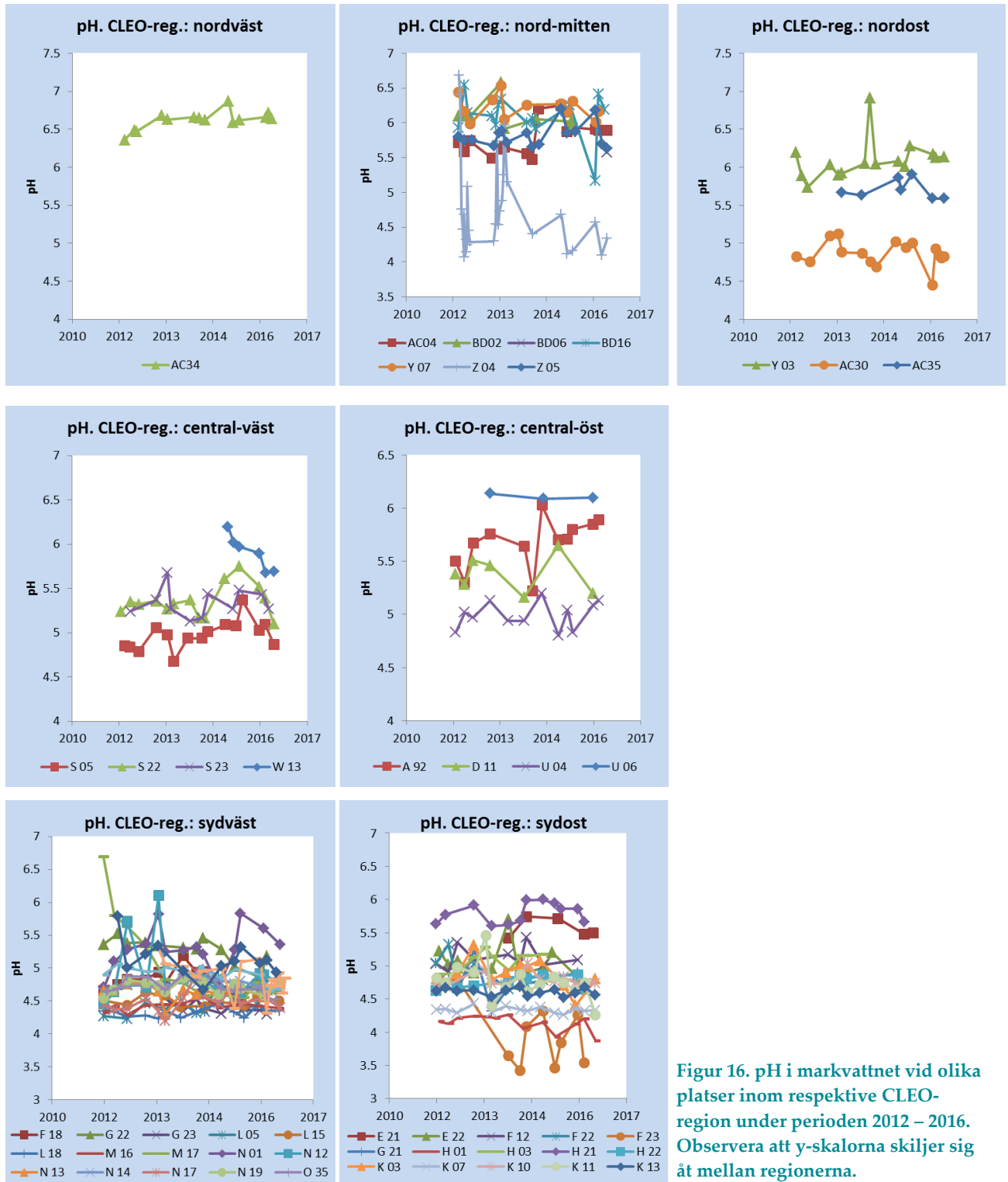
### 3.3.4 Markvattenkemi

Markvattenkemin varierar på korta avstånd på grund av varierande markförhållanden, framför allt i södra Sverige. Vid vissa platser sker en återhämtning från försurning, medan det vid andra närliggande platser inte sker. Det finns en gradient i olika försurningsparametrar från sydväst mot norr, men den är inte lika tydlig som för depositionen, på grund av den lokala variationen. När det gäller förekomsten av nitrat i markvattnet, och därmed risken för utlakning till ytvatten, är variationen i sydvästligaste Sverige ännu större, både geografiskt och över tid.

I CLEO-region sydväst varierar pH i markvattnet mellan 4.2 och 5.8, där värden under 4.5 anses indikera stor risk för försurning, medan värden över 5.0 innebär liten risk, Figur 16. Inom CLEO-region sydost är motsvarande variation i pH mellan 3.5 och 5.8. Låga pH-värden vid Fagerhult (F 23) kan eventuellt bero på episoder med kraftigt nedfall av havssalt, vilket leder till surstötter.

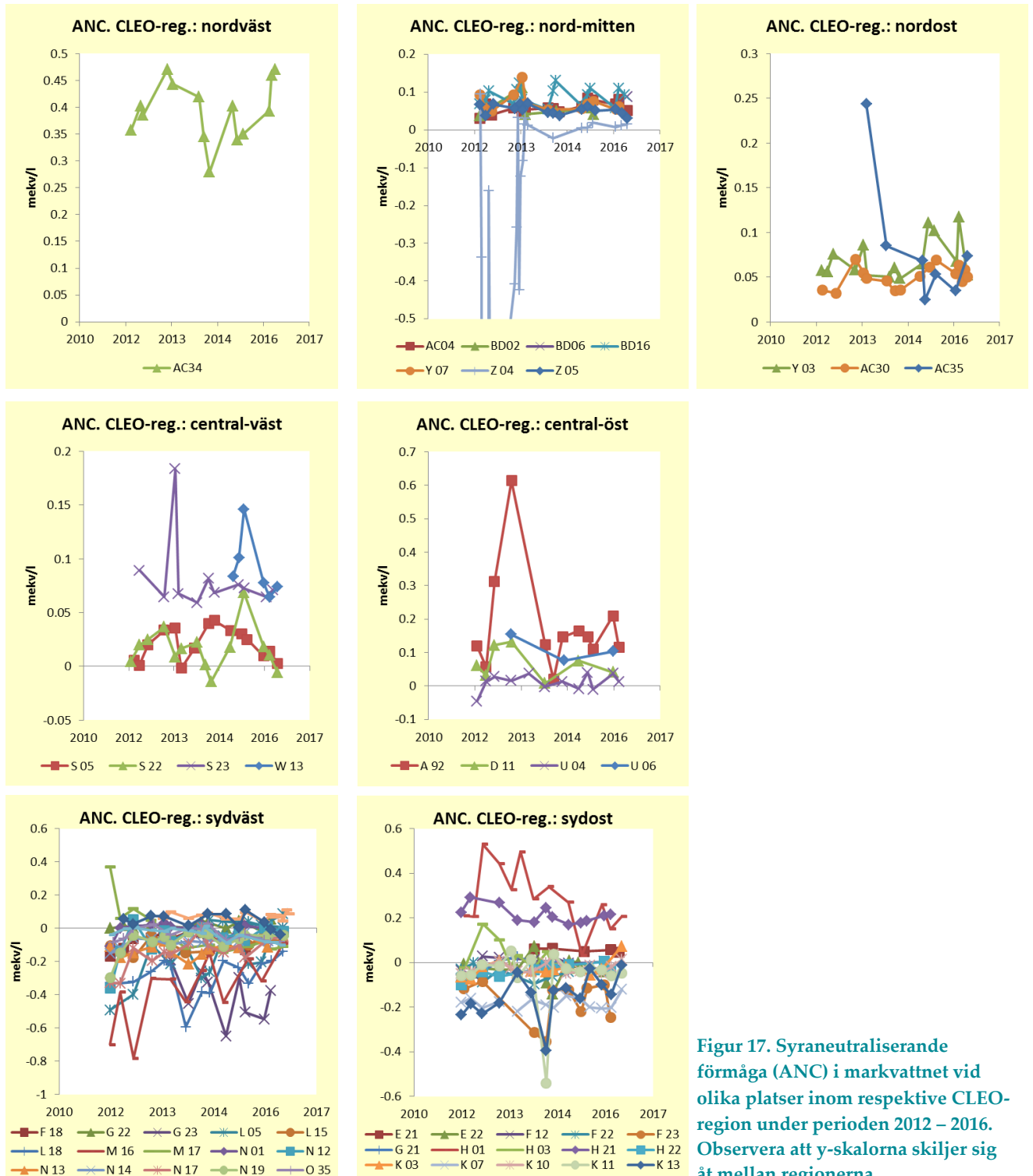
Ett annat mått på försurning i markvattnet är ANC (Acid Neutralizing Capacity), där värdet bör vara  $> 0$  mekv/l. I CLEO-region sydväst har majoriteten av platser negativa värden på ANC, Figur 17. I några fall, framförallt i Skåne, är ANC-värdena kraftigt negativa. Det finns även, framförallt i norra delen av region sydväst, platser med positiva värden för ANC. I CLEO-region sydost varierar ANC avsevärt, med några platser med låga värden, runt  $-0.2$  mekv/l, andra platser med positiva värden runt  $+0.2$  mekv/l, men också många platser med värden kring noll.

I övriga centrala och nordliga CLEO-regioner ligger pH oftast över 5.0 och ANC på klart positiva värden. Ett undantag är Sör-Digertjärn i Jämtlands län (Z 04) och Bäcksjö i Västerbottens län. Vid Sör-Digertjärn gödslades skogen 2012 vilket gav ett kraftigt negativt utslag på markvattenkemin. Vid Bäcksjö är det möjligt att försurning av markvattnet orsakas av s.k. "svartmocka".



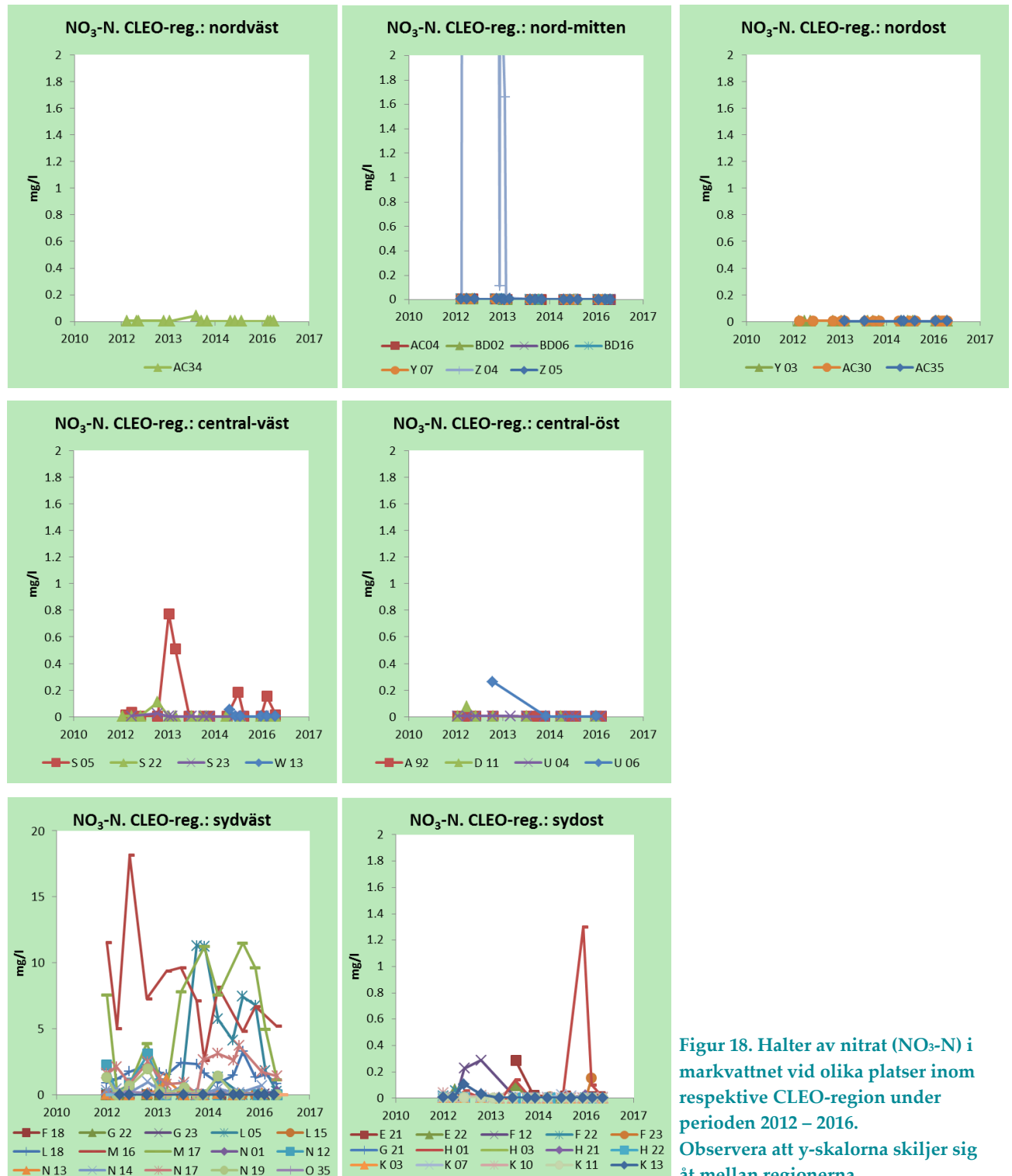
Figur 16. pH i markvattnet vid olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2012 – 2016. Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.





Figur 17. Syraneutraliserande förmåga (ANC) i markvattnet vid olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2012 – 2016. Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.

Vad gäller nitrat i markvattnet förekommer det i huvudsak i CLEO-region sydväst, även om det också förekommer vid enstaka tillfällen i andra regioner, Figur 18. Även inom CLEO-region sydväst är det endast vid vissa platser som nitrat förekommer på ett frekvent sätt. Dessa platser ligger i Skåne och Halland, vilket visar på en kraftig geografisk gradient inom regionen.



Figur 18. Halter av nitrat (NO<sub>3</sub>-N) i markvattnet vid olika platser inom respektive CLEO-region under perioden 2012 – 2016. Observera att y-skalorna skiljer sig åt mellan regionerna.

## 4 Statistisk analys av tidsserien 1996/97-2015/16

En trendanalys med Mann-Kendall-metodik har gjorts för att se om det finns mätplatser där mätresultaten förändrats på liknande sätt eller har liknande mätresultat ur någon annan aspekt. Dessa visas som trendmatriser i Tabell 20-23. Den statistiska analysen omfattar en visuell tolkning av trenderna över tid (1997-2016, figuren visas ej här) för att identifiera eventuella övergripande samvariationer mellan mätplatser. I den visuella tolkningen görs först en statistisk analys, stationsvis, för de olika mätplatserna (se Tabell 20-23). Därefter görs en övergripande visuell tolkning av trenderna och eventuell samvariation. En mer djupgående analys ryms inte i denna förstudie utan bör göras i ett senare skede. Observera att alla nu aktiva mätplatser inte ingår i den statistiska analysen utan endast mätplatser där det finns mätresultat för samtliga år under de olika perioderna. Trendanalys för lufthalter omfattar senaste 15 åren i Tabell 21.

Svaveldepositionen i krondropp (exklusive havssalt), minskar på samtliga 43 ytor och den visuella tolkningen av trenderna visar att en mängd mätplatser samvarierar, men ligger på olika nivåer, både inom och mellan de tre områdena. När det gäller kvävedefallet (över öppet fält) är trenden inte lika tydlig. Vid 7 av 24 mätplatser minskar kvävedepositionen, resterande 17 ytor uppvisar varken någon ökning eller minskning. Inte heller samvariationen mellan mätytorna är lika tydlig som för svaveldepositionen.

Sulfathalterna i markvattnet minskar vid 36 av de 45 mätplatserna. Endast vid en mätplats ökar halterna och återstående 8 mätplatser uppvisar varken någon ökning eller minskning. En mängd mätplatser samvarierar, då belastningen generellt minskat över Sverige.

I markvattnet minskar pH vid 8 mätplatser, och ökar vid 15 mätplatser. Återstående 22 mätplatser uppvisar ingen statistisk förändring över tid. ANC i markvattnet har minskat vid 4 av de 45 mätytorna, och ökat vid 13 mätplatser. Återstående 28 mätplatser uppvisar varken någon ökning eller minskning. För både pH och ANC i markvattnet visar den visuella tolkningen av trenderna att några ytor samvarierar, framförallt i södra Sverige där antalet mätplatser är betydligt fler än i övriga delar av landet. Att mätresultaten samvarierar men på olika nivåer är ett resultat av att belastningen generellt minskat över Sverige.

För nitrat i markvattnet finns bara några få statistiska förändringar över tid. Nitralterna har minskat vid 2 mätplatser och ökat vid 3. På merparten av mätplatserna, förutom i sydvästligaste Sverige, tar växtligheten upp i stort sett allt kväve, och där är halterna därför konstant låga över tid. Däremot utmärker sig vissa mätplatser där särskilda händelser (avverkning, storm mm) har inträffat.

Förändringar i lufthalter redovisas för 15 mätplatser under kalenderåren 2002-2016. Under dessa 15 år har lufthalterna av svaveldioxid minskat på 9 mätplatser och kvävedioxid har minskat på 12 mätplatser. Ingen ökning har noterats. Svaveldioxidhalterna har endast minskat södra Sverige.

I de tabeller som presenteras nedan ingår även Krondroppsytorna som har varit med om speciella händelser. exempelvis avverkning, gödsling, stomskador och barkborreangrepp, som i många fall påverkar trenderna för en mängd parametrar. Exempelvis kvävegödslandes Sör-Digertjärnen (Jämtlands län) i juni 2012, vilket påverkade både mätningarna i deposition och markvatten kraftigt. I en senare mer djupgående jämförelse bör mätplatser som (enligt vår kännedom) har varit med om särskilda händelser inte inkluderas i den övergripande analysen. Däremot ger de värdefull information om effekten av den specifika händelsen (i just det område där de befinner sig).



**Tabell 20. Öppet fält: trendanalys mellan 1996/97 - 2015/16. Grön=minskning, orange=ökning. Ljusrött=mätningar fanns ej 1996/97. Signifikans anges i tre olika nivåer; p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*.**

CLEO-region	Län	Provyta	nb_mm	hp_kgha	cl_kgha	so4s_kgha	so4sex_kgha	nh4n_kgha	no3n_kgha	Oorg_N_kgha	ca_kgha	k_kgha	mg_kgha	mn_kgha	na_kgha
Sydväst	Skåne län	Västra Torup/Hissmossa	***	***		***	***		***	*	**				
	Hallands län	Timrilt		**		*	***								
	Kronobergs län	Tagel	**	***		***	***		*						
	Västra Götalands län	Hensbacka		***		***	***	*	***	**	*	**			
	Jönköpings län	Visingsö	*	***		***	***								Mätningarna fanns ej 1996/97
Sydost	Blekinge län	Komperskulla		*		*	*								
	Kalmar län	Ottenby		*		*	**								
	Kalmar län	Rockneby		**		***	***								
	Jönköpings län	Fagerhult		***		***	***								
	Östergötlands län	Höka		*		**	**		*		**				
	Stockholms län	Farstanäs		*	*	***	***		*	*					*
Central-öst	Södermanlands län	Edeby		**	*	***	***		*	*	*		*		
	Stockholms län	Bergby		***	**	***	***	*	***	**	*		*		**
	Västmanlands län	Kvisterhult		**		**	***				*				
Central-väst	Värmlands län	Blåbärskullen		***	**	***	***		***		***	***	*		**
	Värmlands län	Södra Averstad				*									Mätningarna fanns ej 1996/97
	Dalarnas län	Fulufjället		***		***	***		**	**					
Nordost	Västerbottens län	Holmsvatten		**		**	**								Mätningarna fanns ej 1996/97
Nord-mitten	Jämtlands län	Hundshögen L		*		*	*					*		*	
	Jämtlands län	Sör-Digertjärnen			*	*	*				*	*	**		*
	Norrbottnens län	Myrberg		**		***	***		*		*		*		
	Västerbottens län	Högbränna		*	***	***	**	*			***		**		***
	Västernorrlands län	Storulvsjön		**	*	***	***		*	*		**	*		
Nordväst	Jämtlands län	Hundshögen H		*		**	**								



**Tabell 21. Krondropp: trendanalys mellan 1996/97 - 2015/16. Grön=minsning, orange=ökning, ljusrött=mätningar fanns ej 1996/97. Signifikans anges i tre olika nivåer; p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*.**

CLEO-region	Län	Provyta	nb_mm	hp_kgha	cl_kgha	so4s_kgha	so4sex_kgha	nh4n_kgha	no3n_kgha	Oorg_N_kgha	ca_kgha	k_kgha	mg_kgha	mn_kgha	na_kgha
Sydväst	Skåne län	Arkelstorp		***		***	***		***	**	Mätningarna fanns ej 1996/97				
	Skåne län	Kampholma		**		**	***								
	Skåne län	V:a Torup/Hissmossa		***		***	***							**	
	Skåne län	Kiintaskogen/Stenshult		***	*	***	***	**		**	Mätningarna fanns ej 1996/97				
	Hallands län	Söstared		***		*	***				**	**		*	
	Hallands län	Borgared		**	*		***			*		*	*		*
	Hallands län	Timrit		***		*	***								
	Hallands län	Djupeåsen		***		*	***			*				*	
	Hallands län	Vällåsen/Kullahus	*	***		***	***		*						
	Kronobergs län	Tagel		***		***	***	*		***			**	***	
	Kronobergs län	Angelstad		***		***	***			***	*			*	
	Västra Götalands län	Hensbacka		***		***	***			**	*				
	Västra Götalands län	Humlered		***		**	***							*	
	Västra Götalands län	Stora Ek		***		***	***		*						
Sydost	Blekinge län	Hjärtsjömåla		***		***	***		**	*	Mätningarna fanns ej 1996/97				
	Blekinge län	Ryssberget		***		**	***		**	**	Mätningarna fanns ej 1996/97				
	Blekinge län	Komperskulla		***		***	***		***	*					
	Blekinge län	Vång		***		***	***	*						*	
	Kronobergs län	Attsjö	*	***		***	***								
	Kalmar län	Ottenby		***		***	***	*							
	Kalmar län	Rockneby		**		***	***	*							*
	Kalmar län	Risebo		***		***	***		***	*		**			
	Kalmar län	Alsjö		***		***	***		***	*			*		
	Jönköpings län	Bordsjö		**		***	***		*	*					
	Jönköpings län	Fagerhult	**	**		***	***					*			
	Östergötlands län	Solltorp	**	**		***	***								
	Östergötlands län	Höka	**	**		***	***		*	*		*			
Stockholms län	Farstanäs	***	***		***	***									
Central-öst	Södermanlands län	Edeby		***		***	***		*	*					
	Stockholms län	Bergby		***		***	***	*	***	**					*
	Västmanlands län	Kvisterhult		*	**	***	***					**		**	
Central-väst	Värmlands län	Södra Averstad		***		***	***	**	***	***	Mätningarna fanns ej 1996/97				
	Värmlands län	Blåbärskullen		***		***	***	*	**	***	**	*			
	Värmlands län	Transtrandsberget		***		**	***		***	**					
	Dalarnas län	Fulufjället		**		***	***								
Nordost	Västernorrlands län	Lakamark		**		**	**								
	Västerbottens län	Bäcksjö		*		***	***								
	Västerbottens län	Holmsvatten		*											
Nord-mitten	Jämtlands län	Sör-Digertjärnen		***	**	*	*	**	*		*	***	**	*	**
	Jämtlands län	Nymyrån		**	*	*	**				**		**	*	
	Västerbottens län	Högbränna	**	**		*	**		*	**	*	**			
	Västernorrlands län	Storulvsjön	*	*		**	**					**	**		
Nordväst	Västerbottens län	Ammarnäs		*		*	*								

OBS Sör-Digertjärn påverkat av gödsling



Tabell 22. Markvatten: trendanalys mellan 1996-2016. Grön=minskning, orange=ökning. Ljusrött=mätningar fanns ej 1996/97. Signifikans anges i tre olika nivåer; p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*.

CLEO-region	Län	Provyta	pH	SS_mgl	CL_mgl	NH_mgl	NO_mgl	CA_mgl	KA_mgl	MG_mgl	MN_mgl	NA_mgl	FE_mgl	TOC_mgl	ooAL_mgl	ANCmekvl
Sydväst	Skåne län	Arkelstorp	***	***						*					***	***
	Skåne län	Baldringe														
	Skåne län	Hissmossa														
	Skåne län	Kampholma	***	***									*	***	***	*
	Skåne län	Klintaskogen	**		**			*				**				
	Skåne län	Maryd														
	Skåne län	Stenshult														
	Skåne län	Västra Torup		***	*	**	**					**	*			
	Hallands län	Borgared		*												
	Hallands län	Djupeåsen	***	***				**	***					**		*
	Hallands län	Kullahus														
	Hallands län	Söstared	**			**	*	**						**		
	Hallands län	Timrikt														
	Hallands län	Vallåsen	*	***	**	*			***			**	**		***	***
	Kronobergs län	Tagel A	**							**	**	**		*		**
	Kronobergs län	Tagel B														
	Västra Götalands län	Hensbacka	***			**	***							*		
	Västra Götalands län	Humlered	***				***	*								
	Västra Götalands län	Stora Ek	***	*	**		***		**			**			***	
	Västra Götalands län	Storskogen														
Jönköpings län	Mellby											**	*			
Sydost	Blekinge län	Hjärtsjömåla	**	***	**			**					***	**	*	
	Blekinge län	Kalgårdsmåla				*	*	*	*					**	**	
	Blekinge län	Komperskulla	*	***			*	**	***				*	*	**	*
	Blekinge län	Ryssberget	***	***	***			**	**					***		
	Blekinge län	Vång	***	***	***			**	*					***	***	***
	Jönköpings län	Bordsjö		*			*	*					***	**		
	Jönköpings län	Fagerhult	*		***							*	*	*		**
	Jönköpings län	Värnvik		***			**	*	**					**		
	Kalmar län	Alsjö	***	***			***	**				*			***	**
	Kalmar län	Ottenby	***	*		*	*	*	*					*		
	Kalmar län	Risebo	**	***			*	*	*					*		
	Kalmar län	Rockneby	*	*	***				**				**			
	Kronobergs län	Attsjö		***			***	*					*			
	Östergötlands län	Höka		***			**	***								
	Östergötlands län	Solltorp	*												**	*
	Stockholms län	Farstanäs	***	***		**	***	***	***					*	***	





Forts. Tabell 22. Markvatten: trendanalys mellan 1996-2016. Grön=minskning, orange=ökning. Ijusrött=mätningar fanns ej 1996/97. Signifikans anges i tre olika nivåer; p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*.

CLEO-region	Län	Provyta	pH	SS_mgl	CL_mgl	NH_mgl	NO_mgl	CA_mgl	KA_mgl	MG_mgl	MIN_mgl	NA_mgl	FE_mgl	TOC_mgl	ooAL_mgl	ANCmekv
Central-öst	Södermanlands län	Edeby		**					*				*			
	Stockholms län	Arlanda		*												
	Stockholms län	Bergby		***			*		**				*			**
	Västmanlands län	Kvisterhult	***	***			***		***			**	**	***		***
Central-väst	Värmlands län	Blåbärskullen	***	***			***		**			*	**	*		*
	Värmlands län	Södra Averstad	**	***			**				*		*	***		*
	Värmlands län	Transtrandsberget	**	***			*					*	*	*		***
Nordost	Västernorrlands län	Lakamark	**	***					***				**			*
	Västerbottens län	Bäcksjö		**			**	**	***	***		**	*			
	Västerbottens län	Holmsvatten				*	*									
Nord-mitten	Jämtlands län	Nymyran							**							
	Jämtlands län	Sör-Digertjärnen	***	***					*	*		**		***		*
	Norrbottnens län	Myrberg		**												
	Norrbottnens län	Palovare														
	Västerbottens län	Högbränna		***					**							
Västernorrlands län	Storulvsjön		***			**		**			*		*			
Nordväst	Västerbottens län	Ammarnäs	*					***			*		***	**		



**Tabell 23. Lufthalter: Trendanalys: Sommarhalvåret 2002-2016; Vinterhalvåret 2001/02-2015/16; Kalenderåren 2002-2016. Grön=minskning, orange=ökning. Ljusrött=mätningar fanns ej 2001/02. Signifikans anges i tre olika nivåer; p<0,05 = \*; p<0,01 = \*\*; p<0,001 = \*\*\*.**

Landsdel	CLEO-region	Län	Provyta	SOMMAR VINTER HELÅR			SOMMAR VINTER HELÅR		
				so2 ugm3,	so2 ugm3,	so2 ugm3	no2 ugm3,	no2 ugm3,	no2 ugm3
Södra Sverige	Sydväst	Skåne län	Västra Torup/Hissmossa	***	*	**	*	*	**
		Hallands län	Timrilt	**	*	**	*	*	**
		Västra Götalands län	Hensbacka	*		*	**	**	***
Södra Sverige	Sydost	Kalmar län	Ottenby*	***	**	***	*	*	**
		Kalmar län	Risebo		**	**		***	***
		Kalmar län	Rockneby	**	*	**	*	*	**
		Jönköpings län	Fagerhult		*	*	***	**	***
		Östergötlands län	Höka	**	*	**	***	**	***
		Stockholms län	Farstanäs	**	*	**	*		**
	Central-öst	Västmanlands län	Kvisterhult/Hjälmarsberg					*	
Mellersta Sverige	Central-väst	Värmlands län	Blåbärskullen				**	***	***
	Nordost								
Norra Sverige	Nord-mitten	Västerbottens län	Högbränna						
		Norrbottens län	Myrberg*						
		Västernorrlands län	Storulvsjön				**	*	**
	Nordost								

\*Data saknas för ett år

## 5 Enkät svar - Mätmetodik och provtagning

Sammanställningen i kapitel 5-8 bygger på uppgifter insamlade genom en enkät. Under december 2016 skickades en digital enkät ut till samtliga 17 län som är aktiva inom Krondroppsnetet. Vi fick in 18 besvarade enkäter från 15 län. Tre län lämnade in två svar. Två län avstod från att besvara enkäten.

**Enligt enkät svaren verkar provtagningen i huvudsak fungera bra i samtliga län. Några förbättringsförslag nämns, bl.a. att näten till sommarprovtagningen i krondropp behöver bytas oftare än tidigare.**

### 5.1 Fungerar mätmetodiken/provtagningen på ett tillfredsställande sätt under alla tider på året så att proverna som tas är representativa?

Provtagningen verkar fungera i huvudsak bra i samtliga län. Sju län svarade att det fungerar bra, tre län svarade att det fungerar i huvudsak bra och fyra angav att de inte kunde besvara frågan eftersom provtagningen utfördes av någon annan.

### 5.2 Finns problem som länen identifierat?

Fem av länen har i enkäten svarat att de inte identifierat några specifika problem och två län svarar att de inte kan besvara frågan eftersom provtagningen utfördes av någon annan. Nedan redovisas de synpunkter som framkom av de övriga länen:

#### Synpunkter kring vinterprovtagningen

Några respondenter föreslog ändringar i metoden/instruktionerna och utrustningen för att underlätta vinterprovtagningen. Bland annat föreslogs att man vid minusgrader skakar ut isen från plastpåsar direkt ner i uppsamlingshinken för att tina, istället för att lägga ner hela påsen i hinken (som det står i instruktionerna). Detta för att undvika kontamineringsrisk från plastpåsar utvändigt. Under vinterhalvåret behöver hinkarna stå inne och tina i minst 2 dygn. En respondent svarade att de saknar lämpligt utrymme för att tina hinkarna, så de får tina inne på Miljöenhetens lokaler.

Ytterligare ett förbättringsförslag omfattar påsarnas utformning. Vid krondropp på hög höjd kan nysnö täppa igen och lägga sig som ett lock ovanpå röret. Det bildas en "sockertopp" ovanpå påsen/röret och då rasar ytterligare snö ner bredvid röret istället för i. Möjligen skulle det fungera bättre om påsarna var lite mindre i omkrets. Nu är de överdimensionerade så att det blir lite mycket veck på insidan.

#### Synpunkter kring sommarprovtagningen

Sedan 2013 har samtliga mätplatser utrustats med ny utrustning på öppet fält och sedan 2017 kompletterades mätutrustningen med fågelringar. Ett par län nämnde att fågelringarna är bra och har lett till färre kontaminerade prover. En respondent svarade att den nya större mätutrustningen för nederbörden är bra och nog ger ett säkrare värde.

När det gäller krondroppsmätningarna har två län noterat att tratten till krondropp lätt sätts igen med pollen, barr mm på sommaren, det vill säga det blir mer skräp i trattarna än tidigare och dessutom en rejäl påväxt på näten/filtret. Näten behöver därför bytas oftare än instruktionen nämner. Därför är det viktigt att de får tillräckligt med filter så att de kan byta regelbundet.

### Övriga synpunkter

En av respondenterna tycker att metoden för krondropp känns robust och att även metoden för markvatten känns tämligen robust, men att mätningar på öppet fält är mer osäkra. En respondent nämnde behovet av löpande översyn av fältutrustningen från någon serviceperson (på grund av att vajrarna börjar slaka och att utrustningen ibland har påverkats av vilt). En respondent nämnde att påsen för mätning av nedfall över öppet fält ibland kan vara bökgig att tömma. Ytterligare ett problem är att det tidvis är för lite vatten i lysimetrarna. En respondent nämnde att upprätthållandet av kompetens kan vara svårt eftersom de förlitar sig på privata provtagare som kan vara svåra att ersätta. Även finansieringen nämns som ett problem eftersom kostnaden är högre än de har budgeterat för och att kostnaderna ökar hela tiden. När det gäller resultaten nämnde en respondent att det är svårt att tolka resultaten och härleda dem till vissa källor.

## 6 Enkät svar - Vilka behov har länen av data från Krondroppsnetet?

Sammanfattningsvis tyder svaren på att länen är intresserade av att följa upp en mängd frågor rörande miljötillståndet i länet. Absolut viktigast nämns användandet av resultaten från Krondroppsnetets mätningar för: regionala miljömålsbedömningar, uppföljning av tillståndet i miljön i länet, uppföljning av försurning/övergödning, stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning och som kalkningsunderlag och uppföljning.

En majoritet av respondenterna tyckte det är viktigt att fortsätta mäta samtliga parametrar för lufthalter, i nederbörden över öppet fält, i krondropp och markvatten. Även torrdepositions-mätningarna med strängprovtagarna ansågs viktiga. Den parameter som ansågs vara minst viktig var torrdepositionen av baskatjoner (Ca, Mg, Na och K) och Mn. För lufthalterna ansågs kvävedioxid vara den viktigaste parametern att mäta, och ammoniak den minst viktiga.

### 6.1 Vilka frågor är viktiga att följa upp i respektive län?

Sammanfattningsvis tyder svaren på att länen är intresserade av att följa upp en mängd frågor rörande miljötillståndet i länet. Nästan alla respondenter (16-17 av 18) tycker det är viktigt att följa upp regionala miljömålsbedömningar och uppföljning av försurning, övergödning och tillståndet i miljön i länet. Även kalkningsunderlag och stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning bedömdes vara viktigt för majoriteten av respondenterna (12-13 stycken). En respondent nämnde även kommunal miljömålsuppföljning. 10 respondenter svarade att uppföljning av utsläpp av luftföroreningar, bakgrundsmaterial för miljökonsekvensbedömningar/tillståndsprovningar och effekter av olika skogsbruksåtgärder är viktiga att följa upp i länen. 8 av respondenterna tyckte även att det var viktigt att ha beredskap för att följa upp särskilda händelser som t.ex. storm, bränder och vulkanutbrott. En respondent nämnde att uppföljning av effekter av skogsbruks-

åtgärder, utsläpp av luftföroreningar och beredskap för att följa upp särskilda händelser är viktigt, men att det inte kan göras på den punkt där krondropp och öppet fält mäts idag.

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Regionala miljömålsbedömningar.	-	1	1	6	10
Uppföljning av tillståndet i miljön i länet	-	-	1	6	11
Uppföljning av försurning/övergödning	-	-	1	5	12
Stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning	1	2	3	4	8
Kalkningsunderlag och uppföljning	2	2	1	6	7
Uppföljning av utsläpp av luftföroreningar	1	2	5	6	4
Bakgrundunderlag för miljökonsekvensbedömningar/ tillståndsprövningar	1	3	4	7	3
Effekter av olika skogsbruksåtgärder	1	4	3	6	4
Beredskap för att följa upp särskilda händelser, t.ex. storm, bränder, vulkanutbrott mm.	3	4	3	6	2

## 6.2 Vilka parametrar är viktigast att mäta/följa upp (idag och för framtiden)?

Två av respondenterna angav att de inte har sakkunskap för att svara på nedanstående frågor angående vilka parametrar som är viktiga att följa upp, och de har därför svarat "Varken/eller" på samtliga frågor nedan.

I övrigt svarar en majoritet av respondenterna att det är viktigt att fortsätta mäta samtliga parametrar för lufthalter, i nederbörden över öppet fält, i krondropp och markvatten. Även torrdepositionsmätningarna med strängprovtagarna ansågs viktiga (av 8-10 respondenter), men en respondent angav att det är oviktigt att mäta torrdepositionen. Den parameter som ansågs vara minst viktig var torrdepositionen av baskatjoner (Ca, Mg, Na och K) och Mn, där hälften av respondenterna svarade "varken/eller" och en respondent ansåg den vara oviktig. För lufthalterna ansågs kvävedioxid vara den viktigaste parametern att mäta, och ammoniak den minst viktiga.

### Deposition med nederbörden över öppet fält

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Surhetsgrad, pH konduktivitet (ledningsförmåga)	-	-	4	4	10
Sulfatsvavel, SO <sub>4</sub> -S klorid, Cl nitratkväve, NO <sub>3</sub> -N	-	1	3	4	10
Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N	-	1	3	5	9
Kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), mangan (Mn)	-	-	7	6	5
Fosfor, P	-	2	6	6	4
Kjeldahl kväve, Kj-N (för att beräkna totalt och organiskt N)	-	1	7	5	5

### Krondropp

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Surhetsgrad, pH konduktivitet (ledningsförmåga)	-	-	4	4	10
Sulfatsvavel, SO <sub>4</sub> -S klorid, Cl nitratkväve, NO <sub>3</sub> -N	-	1	3	3	11
Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N	-	1	3	5	9
Kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), mangan (Mn)	-	-	6	7	5
Fosfor, P	-	1	6	7	4
Kjeldahl kväve, Kj-N (för att beräkna totalt och organiskt N)	-	2	5	6	5

### Torrdeposition (strängprovtagare, dessa mätningar finansieras av Naturvårdsverket)

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Surhetsgrad, pH konduktivitet (ledningsförmåga)	1	-	8	1	8
Sulfatsvavel, SO <sub>4</sub> -S klorid, Cl nitratkväve, NO <sub>3</sub> -N	1	-	7	2	8
Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N	1	-	7	2	8
Kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), mangan (Mn)	1	-	9	4	4

### Markvatten

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Surhetsgrad, pH konduktivitet (ledningsförmåga)	-	-	4	2	12
Sulfatsvavel, SO <sub>4</sub> -S klorid, Cl nitratkväve, NO <sub>3</sub> -N	-	-	4	2	12
Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N	-	1	4	3	10
Totalt organiskt kol, TOC	-	-	5	2	11
Kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), mangan (Mn)	-	-	5	1	12
Järn, Fe	-	-	6	4	8
Aluminium, Al	-	-	4	2	12

### Saknas några parametrar (öppet fält, krondropp, torrdeposition och markvatten) och i så fall vilka?

Det finns ett intresse av att inkludera ytterligare parametrar, men denna önskan begränsas av ekonomin. "Med tanke på den ansträngda ekonomiska situationen får vi nog nöja oss med de vi har!"

En respondent nämner att mätningarna enkelt skulle kunna kombineras med nedfall av tungmetaller. I övrigt nämns PFOS, dioxiner, kvicksilver och andra CMR-ämnen (cancerframkallande, mutagena (genotoxiska) och reproduktionstoxiska ämnen), som potentiella parametrar som skulle vara intressanta att mäta. En respondent föreslår att det skulle vara intressant att köra något pilot-



projekt som även inkluderar miljögifter i analyserna. "Vi har ju en del ämnen som återfinns i höga halter i sjöar och vattendrag som härrör från deposition av långväga transporterade ämnen, till exempel kvicksilver och PBDE (polybromerade difenyletrar, d.v.s. bromerade flamskyddsmedel)."

#### Lufthalter

	Oviktigt	Mindre viktigt	Varken/ eller	Ganska viktigt	Mycket viktigt
Svaveldioxid	-	3	3	5	7
Kvävedioxid	-	2	3	4	9
Ammoniak	-	4	4	6	4
Ozon	-	3	4	3	8

#### Saknas några parametrar (lufthalter) och i så fall vilka?

Två respondenter efterfrågar partikelmätningar, PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>10</sub>. Andra önskemål omfattar metaller, PAH:er (polycykliska aromatiska kolväten), VOC (flyktiga organiska ämnen) samt marknära ozon på högre höjd, i fjällen.

Ett av länen nämner att de saknar mätningar av kväveoxider och partiklar i urban miljö, vilket är ett behov för miljömålsuppföljningen. Mätningar i urban miljö omfattas dock inte av Krondroppsnetet.

## 7 Enkät svar - Vad används data till idag i länen?

**Samtliga län använder data från Krondroppsnetet för den regionala miljömålsbedömningen och uppföljning av tillståndet i miljön i länet. Utöver detta svarade många län att de ser samordningsvinster och ytterligare användningsområden för data från Krondroppsnetet, bl.a. för kalkningsunderlag och uppföljning, men även som stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning.**

Här anges ett svar för varje län. Vid mer än ett svar från länen har svaren "slagits ihop". På den här frågan kan alltså maximalt 15 svar på varje användningsområde redovisas (15 län svarade på enkäten).

Samtliga län svarade att de använder data från Krondroppsnetet för den regionala miljömålsbedömningen. 14 av de 15 länen använder data för att följa upp tillståndet i miljön i länet. 9 län svarade att de använder data som kalkningsunderlag och uppföljning, samt även som stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning. 6 län använder data från Krondroppsnetet som bakgrundsunderlag för miljökonsekvensbedömningar (MKB) eller andra typer av tillståndsprövningar. Länen använder även data för uppföljning av utsläpp av luftföroreningar (4 län), beredskap för att följa upp särskilda händelser (3 län) samt effekter av olika skogsbruksåtgärder (2 län). Dessutom används data för den kommunala miljömålsuppföljningen och för att uppfylla den samordnade recipientkontrollen i länet.

<b>Vad används data till idag i länen?</b>	
Regionala miljömålsbedömningar	15
Uppföljning av tillståndet i miljön i länet	14
Stöd för utvärdering av annan typ av miljöövervakning	9
Kalkningsunderlag och uppföljning	9
Bakgrundsunderlag för miljökonsekvensbedömningar/tillståndsprovningar	6
Uppföljning av utsläpp av luftföroreningar	4
Effekter av olika skogsbruksåtgärder	2
Beredskap för att följa upp särskilda händelser, storm, bränder, vulkanutbrott mm.	3

### Ser ni ytterligare användningsområden för data från Krondroppsnetet?

Ett av luftvårdsförbunden skriver att förbundet samlar in data för att få information om läget i länet, och att de har en stark önskan om att materialet används i andra sammanhang, exempelvis för examensarbeten, forskningsprojekt etc. 13 län har svarat att det finns ytterligare användningsområde för data från Krondroppsnetet utöver vad som sker idag, se tabell nedan. Två av länen svarade att de inte ser ytterligare användningsområden för data från Krondroppsnetet.

<b>Ser ni ytterligare användningsområden för data från Krondroppsnetet?</b>	
Kritisk belastningsbedömning i ert län (utgör även ett utmärkt underlag vid tillståndsbedömning).	9
Depositionens ursprung i länet. Varifrån kommer emissionerna?	10
Bistå med en lämpligt utformad text för att beskriva tillståndet i miljö i länet för användande på luftvårdsförbundets/länsstyrelsens webbplats alternativt i kalkningsunderlag.	6
Beskrivning av bakgrundsbelastningen i tillståndsärenden för bedömning av luftföroreningsbelastningen hos den industriella verksamheten	6

### Finns det andra samordningsvinster som ni ser i ert län som skulle kunna göras i samarbete med Krondroppsnetet?

Två län har svarat att de inte ser några andra samordningsvinster i länet i samarbetet med Krondroppsnetet. De övriga 13 länen ser samordningsvinster framförallt med miljöövervakningen av skog (10 län), men även med sötvatten (8 län) och kalkeffektuppföljning (5 län), se nedan. Några län har även identifierat ytterligare områden för samverkan, exempelvis miljögifter, luftkontroll och förändringar av markkemi, klimat, vegetation, fauna mm.

<b>Finns det andra samordningsvinster som ni ser i ert län som skulle kunna göras i samarbete med Krondroppsnetet?</b>	
Samverkan med miljöövervakningen av sötvatten	8
Samverkan med miljöövervakningen av skog	10
Samverkan med kalkeffektuppföljning	5

## 8 Hur finansieras Krondropps nätet inkl. provtagningen i fält?

Nedanstående tabell visar hur Krondropps nätet mätningar och provtagning finansieras i de olika länen. Frågan var otydligt ställd, varför svaren måste tolkas med stor försiktighet. Mätningarna kan vara finansierat i flera led och beroende på hur man har tolkat frågan kan man ha svarat olika.

Län	Mätplats	MätID	Finansiering av IVLs del	Provtagning finansiering
Stockholms län	Bergby	(A 01 A)	Lst	Lst
	Fastanäs	(A 35 A)	Lst & NV	Lst
	Arlanda	(A 92 A)	Swedavia	Swedavia
Västerbottens län	Högbränna	(AC04 A)	Lst	Lst
	Bäcksjö	(AC30 A)	Lst	Lst
	Ammarnäs	(AC34 A)	Lst	Lst
	Holmsvattnet	(AC35 B)	Boliden AB	Boliden AB
Norrbottens län	Myrberg	(BD02 A)	Lst	Lst
	Nikkaluokta	(BD15 A)	Lst	Kiruna kommun
	Palovaara	(BD16 A)	Lst	Lst
Södermanlands län	Edeby	(D 11 A)	Lst & NV	Lst & NV
Östergötlands län	Solltorp	(E21 A)	Lvf	Lvf
	Höka	(E 22 A)	Lvf	Lvf
Jönköpings län	Värnvik	(F 12 A)		
	Mellby	(F 18 A)		
	Visingsö	(F 20 A)		
	Bordsjö	(F 22 A)		
	Fagerhult	(F 23 A)		
Kronobergs län	Attsjö	(G 21 A)	Lvf	Lvf
	Tagel	(G 22 A)	Lvf	Lvf
	Angelstad	(G 23 B)	Lvf	Lvf
Kalmar län	Ottenby	(H 01 A)	Lvf (Lst bidrar med en liten del, 5%).	Lvf (Lst bidrar med en liten del, 5%).
	Rockneby	(H 03 B)	Lvf	Lvf
	Risebo	(H 21 A)	Lvf	Lvf
	Alsjö	(H 22 A)	Lvf	Lvf
Blekinge län	Hjärtsjömåla	(K 03 A)	Lvf	Lvf
	Ryssberget	(K 07 A)	Lvf	Lvf
	Kallgårdsmåla	(K 10 A)	Lvf	Lvf
	Komperskulla	(K 11 A)	Lvf	Lvf
	Vång	(K 13 A)	Lvf	Lvf
Skåne län	Arkelstorp	(L 05 B)	Lvf	Lvf
	Kampholma	(L 12 A)	Lvf	Lvf
	Maryd	(L 15 A)	Lvf	Lvf
	Hissmossa	(L 18 A)	Lvf	Lvf
	Stenshult	(M 16 A)	Lvf	Lvf
	Baldringe	(M 17 A)	Lvf	Lvf
	Falsterbo	(M 22 A)	Lvf	Lvf
	Videlycke	(M 23 A)	Lvf	Lvf

## Fortsättning på föregående sidas tabell.

Län	Mätplats	MätID	Finansiering av IVLs del	Provtagning finansiering
Hallands län	Söstared	(N 01 A)	Det finns inget Lvf i Halland och mätningarna finansieras av Lst, Regionen, Skogsstyrelsen, Södra Skogsägarna och fem verksamhetsutövare. Timrilt finansieras delvis av NV.	Det finns inget Lvf i Halland och mätningarna finansieras av Lst, Regionen, Skogsstyrelsen, Södra Skogsägarna och fem verksamhetsutövare.
	Borgared	(N 12 A)		
	Timrilt	(N 13 B)		
	Djupeåsen	(N 14 A)		
	Vallåsen	(N 17 A)		
	Kullahus	(N 19 A)		
Västra Götalands län	Hensbacka	(O 35 A)	Lst	Lst
	Humlered	(P 93 A)	Lst	Kommunen/Lst?
	Storskogen	(P 95 A)	Lst	Lst
	Stora Ek	(R 09 A)	Lst	Kommunen
Värmlands län	Södra Averstad	(S 05 A)	Lvf	Lvf
	Blåbärskullen	(S 22 A)	Lvf	Lvf
	Transtrandsberget	(S 23 A)	Lvf	Lvf
Västmanlands län	Kvisterhult/ Hjälmarsberg	(U 04 A)		
	Hyttskogen	(U 06 A)		
Dalarnas län	Högberget	(W 13 A)		NV
	Fulufjället	(W 90 A)		NV
Västernorrlands län	Lakamark	(Y 03 A)	Lst	Lst
	Storulvsjön	(Y 07 A)	NV	NV
Jämtlands län	Sör-Digertjärnen	(Z 04 A)	NV	Härjedalens kommun (utan bidrag)
	Nymyran	(Z 05 A)	Lst	Lst
	Hundshögen A	(Z 93 A)	Lst	Lst
	Hundshögen H	(Z 93 H)	Lst	Lst
	Hundshögen L	(Z 93 L)	Lst	Lst
	Fiskåfjället A	(Z 96 A)	Lst	Lst

## 9 Enkät svar - Vilka frågor är viktiga att fokusera på i den kommande utvärderingen 2018?

I enkäten ställde vi frågan om vilka frågor som berör Krondroppsnetets mätningar som är viktiga att fokusera på i den kommande utvärderingen 2018 i länet som rör Krondroppsnetets program från och med 2021 när nuvarande programperiod har avslutats. Nedan sammanfattas svaren från 12 län:

**Organisatoriskt:** Fyra av respondenterna tycker att organisatoriska frågor angående samverkan och arbetsfördelning med avseende på styrgrupp, projektledning och utförare är viktiga frågor att fokusera på. En av respondenterna tycker att Naturvårdsverkets förslag att omforma Krondroppsnetet till ett nationellt program som kan kompletteras med regionala mätningar är bra. De tycker också det är bra att bilda en styrgrupp som består av olika intressenter, där även representanter från luftvårdsförbund och länsstyrelser bör finnas med. Samordningsvinster nämns p.g.a. ansträngd ekonomi. Samverkan mellan regional och nationell miljöövervakning nämns som en viktig fråga för att få en robust övervakning med tydlig finansiering. I detta sammanhang är det

viktigt att identifiera viktiga mätplatser utifrån ett nationellt respektive regionalt perspektiv. Hur kan samverkan mellan län ske?

**Finansiering:** Även finansieringen av Krondroppsnetet nämns som en viktig fråga av ett par län. Ett län säger att de är nöjda med innehållet i programmet, men att de inte kommer kunna finansiera nuvarande omfattning på programmet i framtiden. I samband med finansieringen framöver är det viktigt att bena ut vilka punkter som är nödvändiga för den nationella miljöövervakningen och som bör finansieras nationellt och var de regionala aktörerna ska gå in och finansiera de regionala ytorna som behövs för att bedöma miljötillståndet i länet.

**Underhåll:** Ett av länen nämnde att det är viktigt att det finns möjlighet till underhåll av mätplatserna. Det har varit problem och det har tagit tid att få service. Det har varit svårt att förstå vad de själva ska åtgärda och när de kan få hjälp av IVL.

**Behov:** Behovet av mätningar, både med avseende på vilka mätplatser som är aktuella, samt vad som ska mätas, togs upp av två av länen i enkäten. En slags prioriteringsordning för vilka mätplatser som är viktigast att bevara efterfrågades, samt ett tydliggörande om det är bäst att mäta allt på ett fåtal platser eller om det är bra att ha ett fåtal mätningar på flera platser. En behovsanalys efterfrågades också för att utröna om alla mätplatser behövs i ett nationellt perspektiv och vilka som är viktiga för regionala särdrag. När det gäller parametrarna som mäts, så tyckte en respondent att vi i dagsläget mäter parametrar som inte är av intresse och som legat stilla under många år. Det är viktigt att programmet utvecklas så att nya parametrar läggs till, annars finns det risk att mätprogrammet uppfattas som föråldrat.

**Data & viktiga frågeställningar:** Ett av länen nämner vikten av att data som samlas in kommer till användning på ett så bra sätt som möjligt och till så mycket som möjligt. Länet nämner ett flertal frågeställningar och mätningar som är viktiga att fokusera på framöver, bl.a. försurningsmätningar, den fortsatta utvecklingen avseende nitrat i markvatten och risken för kvävemättnad samt förbättrade beräkningar av överskridande av kritisk belastning och betydelsen av ökat biobränsleuttag. En respondent nämner att det är bra om det går att använda markvattenmätningarna till en ny indikator framöver och att detta även skulle göra det är lättare att motivera mätningarna eftersom man ser att resultaten används. En respondent tycker att skogsgödsling och markvatten är spännande att i större utsträckning titta på framöver. En annan respondent nämner markpåverkan samt försurning och övergödning. Utöver detta nämner respondenten ytterligare ett flertal intressanta frågeställningar, såsom: Hur naturen mår och vad som är bra respektive dåligt. Vilka frågor är viktigast att jobba med på regional nivå? Eller har kanske skogsbruket störst effekt på den nivån? En respondent säger att det vore väldigt bra om "obsyterksamheten" kan återupptas. Detta då det innehåller en massa relevant bakgrundsinformation som är av stor vikt för Krondroppsnetet.

## 10 Referenser

- Adriaenssens, S., Hansen, K., Staelens, J., Wuyts, K., De Schrijver, A., Baeten, L., Boeckx, P., Samson, R & Verheyen, K. 2012. Throughfall deposition and canopy exchange processes along a vertical gradient within the canopy of beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Science of the Total Environment* 420 (2012) 168–182.
- Akselsson, C. 2009. FORMAS forskningsprojekt: Kväveretention i skogsekosystem - ökad förståelse för kvävedynamik i marken för förbättrade ekosystemmodeller. Diarienummer: 2009-886.
- Andersson, C., Andersson, S., Langner, J. Segersson, D. 2011. Halter och deposition av luftföroreningar – Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och Internationell Sjöfart, SMHI Meteorologi Nr 147, 2011.
- Gundersen, P., Schmidt, I., Rauland-Rasmussen, K., 2006. Leaching of nitrate from temperate forests effects of air pollution and forest management. *Environmental Reviews* 14, 1-57.
- Hellsten, S., Stadmark, J., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E. and 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 SO<sub>2</sub>-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014-2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T. & Nihlgård, B. 2013a. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71-79.
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson, Hansen, K. 2013b. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL Rapport B 2058.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T. & Nihlgård, B. 2013b. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71-79.
- Munthe, J. m.fl. 2016. Klimatförändringen och miljömål. IVL Rapport C170.
- Naturvårdsverket. 2015. Styr med sikte på miljömålen. Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2015. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6600/978-91-620-6666-6/>
- Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för markförsurning, 2017. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Skogslandskap/Markforsurning/>
- Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.-E. & Akselsson, C. 2015. Förslag till utformning av ett Bas\_Krondroppsnät för nationell miljöövervakning. IVL Rapport U 5149. *Tillgång till rapporten kan endast erhållas efter godkännande hos Naturvårdsverket.*





Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E. 2017. Krondroppsnetet i södra Sverige - övervakning av luftföroreningar och dess effekter i skogsmiljön. Resultat till och med september 2016. IVL Rapport C 236.

Tuovinen, J.P., Hannele Hakola, Per Erik Karlsson and David Simpson. 2013. Air pollution risks to northern European forests in a changing climate. In: *Climate Change, Air Pollution and Global Challenges: Understanding and Solutions from Forest Research*, ed. by R. Matyssek, N. Clarke, P. Cudlin, T.N. Mikkelsen, J.-P. Tuovinen, G. Wieser and E. Paoletti. *Developments in Environmental Science*, 13, 77-94. Munthe, J. m. fl. 2016. *Klimatförändringen och miljömål*. IVL Rapport C170.

"Free Map Tools" (<https://www.freemaptools.com/elevation-finder.htm>).

[www.smhi.se](http://www.smhi.se)



**LUND**  
UNIVERSITY



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