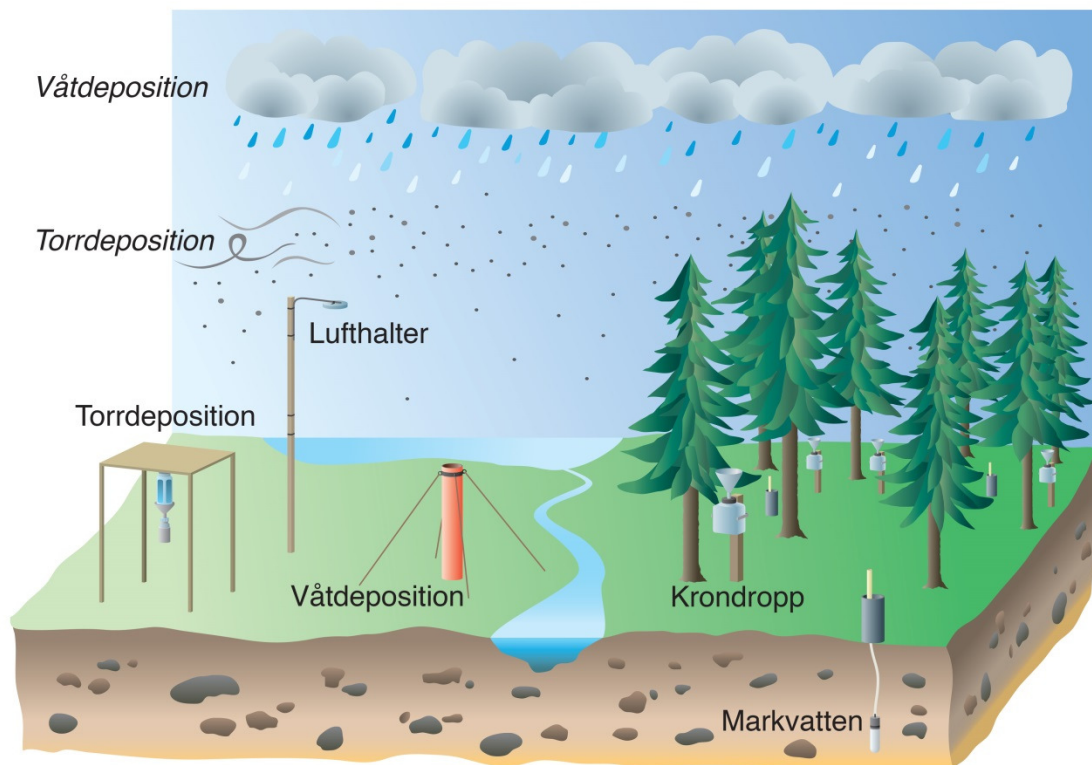


För Skånes Luftvårdsförbund

Tillståndet i skogsmiljön i Skåne län

Resultat från Krondroppsnätet t.o.m. september 2015



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson¹⁾, Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson

¹⁾ Lunds universitet

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

Medel från: Skånes Luftvårdsförbund

Illustration: Bo Reinerdahl

Rapportnummer: C 156

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

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

Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90

www.ivl.se

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

Innehållsförteckning

Sammanfattning	
1 Inledning	1
2 Mätningar inom Krondroppsnetet i Skåne län	3
3 Resultat	8
3.1 Lufthalter	8
3.2 Deposition	10
3.2.1 Krondroppsmängd/Nederbördsmängd	10
3.2.2 Svavel utan havssalt	12
3.2.3 pH	14
3.2.4 Klorid	16
3.2.5 Oorganiskt kväve	18
3.3 Markvatten	22
3.3.1 Svavel	22
3.3.2 Klorid	24
3.3.3 Kalcium	24
3.3.4 Ammonium- och nitratkväve och risken för kväveutlakning	27
3.3.5 Försurningsrelaterade parametrar: pH, ANC och oorganiskt Al	31
3.3.6 Försurning av markvattnet i Skåne	36
4 Aktuellt 2015	37
4.1 Krondroppsnetets 30-årsjubileum	37
4.2 Minskad svavelhalt i fartygsbränsle ger lägre SO ₂ -halter i luft	39
4.3 Nytt Program inom Krondroppsnetet, 2015-2020	40
4.4 Forskare inom Krondroppsnetet deltog i konferensen Acid Rain i Rochester, USA i oktober 2015	40
4.5 Ny rapport om kritisk belastning för försurning och övergödning på regional nivå, på uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län	41
4.6 Temarapport under 2016	41
Bilaga 1. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter och markvatten.	42

Sammanfattning

Krondroppsnetet är ett mätprogram som under tre decennier har följt utvecklingen av nedfall av luftföroreningar i skogen och dess effekter på luft, växtlighet, mark och vatten. Krondroppsnetet omfattar idag 64 provytor fördelade över hela Sverige, och 8 av dessa ytor ligger i Skåne län.

Den längsta mätserien är 27 år. I länet finns fyra granytor (Maryd, Stenshult, Hissmossa och Arkelstorp), två bokytor (Kampholma och Baldringe) och en tallyta (Falsterbo). Dessutom görs öppet fält-mätningar vid Videlycke. Markvatten mäts på sju platser, krondropp på sex platser, öppet fält på fyra platser och lufthalter samt torrdeposition mäts vid två platser. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar i länet under perioden från oktober 2014 till september 2015, vilka relateras till resultaten från tidigare års mätningar. Vidare beskrivs aktuella händelser under 2015 med anknytning till Krondroppsnetet.

Svavelnedfallet till skog i Arkelstorp och Västra Torup/Hissmossa har minskat från omkring 20 kg per hektar och år (exklusive havssalt) omkring 1990, till 2 kg per hektar och år eller mindre. De senaste två åren var dock nedfallet högre, omkring 3-4 kg per hektar, och denna förhöjning förekommer även på andra mätplatser i länet. Nedfallet på öppet fält var avsevärt lägre än nedfallet via krondropp under de första 10 årens mätningar, men skillnaden har avtagit efter dess. I Västra Torup/ Hissmossa, där långa tidsserier med mätningar över öppet fält finns, uppmäts nu ingen skillnad. Granytorna Stenshult och Maryd i söder är de ytor som tog emot mest svavelnedfall under 2014/15, 6 respektive 4 kg per hektar. I Stenshult har svavelnedfallet via krondropp varit ungefär dubbelt så högt som på öppet fält de senaste åren, vilket visar på hög torrdeposition.

Kvävenedfallet, som följs främst på öppet fält på grund av interncirkulation i kronorna i skogsytorna, har varierat mellan 7 och 17 kg per hektar och år i Västra Torup/Hissmossa, som är den plats där mätningar pågått längst (27 år), med enstaka års uppehåll. Ingen tidstrend har kunnat påvisas. Nedfallet på öppet fält har generellt varit högre än via krondropp, vilket kan förklaras av upptag i trädkronorna. I Stenshult, där nedfall på öppet fält mätts de fyra senaste hydrologiska åren, har dock förhållandena varit de omvända, med mellan 11 och 17 kg kväve per hektar och år på öppet fält och mellan 17 och 22 kg per hektar och år i krondropp. Detta indikerar att torrdepositionen av kväve i Stenshult är stor, avsevärt större än upptaget i trädkronorna. Den totala kvävedepositionen av oorganiskt kväve låg på mer än 15 kg per hektar för de två senaste åren. Detta är långt över den kritiska belastningsgränsen för skogsmarken i Sverige, 5 kg N/ha/år, som baseras på effekter på markvegetation.

Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskande halter av svavel i markvattnet i Arkelstorp och Kampholma, som är de ytor som har långa tidsserier. Både Arkelstorp och Kampholma visar på återhämtning från försurning, med signifikanta öknings av pH och syraneutraliserande förmåga (ANC). Förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet har uppmätts i sex av de sju ytorna, och endast i bokyten i Kampholma har halterna varit låga hela tiden. Detta visar på att det finns mer kväve än vad skogsekosystemen kan ta upp på många håll i Skåne. Stenshult, som uppvisat högst kvävenedfall, är den yta där också halterna av nitratkväve i markvattnet varit som högst, upp till 18 mg/l.

Den 13-14 oktober 2015 firade Krondroppsnetet 30 år. Under två dagars seminarium presenterades bl.a. hur Krondroppsnetet startade, hur det framtida skogsbruket kan se ut samt vilket behov det finns av miljöövervakning i skogen framöver. Dessutom presenterades Krondroppsnetets frågeställningar i ett internationellt perspektiv samt utifrån tre myndigheters olika ansvarsområden (Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten och Skogsstyrelsen).

Under firandet skedde även en uppskattad exkursion till Krondroppsytan Timrilt. I samband med 30-årsjubileet presenterades en nyproducerad populärvetenskaplig temareport, ”Krondroppsnätet 1985-2015 – tre decenniers övervakning av luftföroreningar och dess effekter på skogsmark”, som kan beställas från IVL.

Gränsvärdena för hur mycket svavel som fartygsbränsle får innehålla skärptes den 1 januari 2015, från tidigare 1 procent till 0,1 procent svavel. Mätresultaten indikerar att beslutet har gett resultat. Mätningar av lufthalter inom Krondroppsnätet och Luft- och Nederbördskemiska nätet (LNKN)¹ visar att halterna av svaveldioxid vid två kustnära platser i Östersjön som medelvärde för 2015 (jan-dec) var cirka 30 % lägre jämfört med motsvarande medelvärde för de tre närmast föregående åren.

Under 2015 initierades ett nytt sexårigt samarbetsprojekt som finns att läsa om på Krondroppsnätets webbplats: www.krondroppsnatet.ivl.se. Grundtanken är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på växtlighet, mark och vatten.

Konferensen Acid Rain hålls vart 5:e år och utgör ett forum för forskare och beslutsfattare att diskutera forskningsfrågor och policier relaterade till försurning och återhämtning. Vid konferensen 2015 presenterades resultat avseende återhämtning från försurning och kväveutlakning vid tre krondroppsytor som drabbats av klimatrelaterade händelser: havssaltepisoder, storm och insektsangrepp.

Under 2015 utförde IVL tillsammans med Lunds universitet, på uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län, kartläggningar av kritisk belastning för aciditet och kväve för olika ekosystemtyper i Norrbottens län. Tre olika modeller användes: PROFILE, ForSAFE och MAGIC. Dessutom beräknades kritisk belastning för kväve baserat på empiriskt framtagna gränsvärden.

¹ Mätningarna inom Luft- och Nederbördskemiska nätet genomförs av IVL inom ramen för den nationella miljöövervakningen, finansierad av NV.

1 Inledning

Inom mätprogrammet Krondroppsnetet har man under många år följt utvecklingen av nedfall av luftföroreningar i skogen och dess effekter på luft, växtlighet, mark och vatten. Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat, som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen ska ske i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning eller andra händelser som påverkat ytorna. Idag omfattas Krondroppsnetet av 64 provytor i skog och på öppet fält fördelade över hela Sverige, se Figur 1. Mätningarna startade redan 1985 och numera finns alltså 30-åriga mätserier för några platser i landet.

Krondroppsnetet drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet i samarbete med Lunds universitet. Programmets fokus är att utifrån länsbaserade depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om regional belastning av luftföroreningar och dess effekter på växtlighet, luft, mark och vatten med avseende på bland annat försurning, övergödning och marknära ozon.

Krondroppsnetet drivs främst med länsvis finansiering från luftvårdsförbund och länsstyrelser, men även via finansiering från enskilda företag. Även Naturvårdsverket bidrar med viss finansiering, främst vad gäller mätningar av nederbörd och torrdeposition på öppet fält. Årets rapportering är den första i nuvarande samarbetsprogram, "Program 2015" (2015-2020).

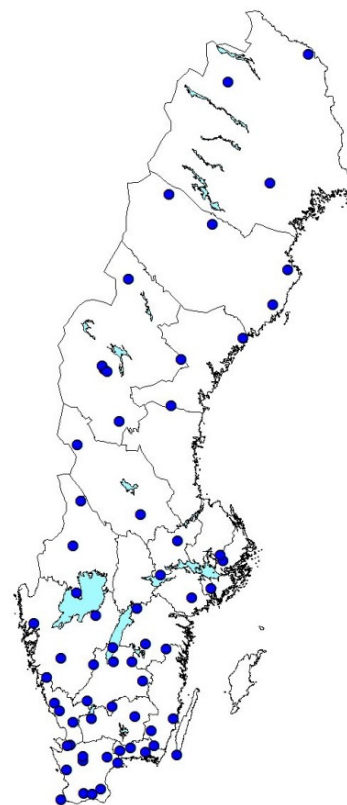
De metoder som används för att mäta lufthalter, deposition samt markvatten illustreras i Figur 2. Nedfallet av luftföroreningar mäts månadsvis inom Krondroppsnetet, på öppet fält, i skog under krontak (krondropp) samt med hjälp av strängprovtagare under tak. Mätningarna redovisas för hydrologiska år d.v.s. från oktober ena året till och med september påföljande år.

Mätningarna på det öppna fältet, som bedrevs vid 32 lokaler i landet under 2014/15, speglar huvudsakligen våtdepositionen, det vill säga föroreningsmängden som följer med nederbörden. Mätningarna under trädkronorna (krondroppsmätningarna), som under 2014/15 bedrevs vid 54 lokaler, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som i gasform eller partikelburet transporterats med vinden och fastnat i trädkronorna. Vissa ämnen, t ex kväve och baskatjoner, samverkar med trädkronorna. Därför kompletteras depositions- och krondroppsmätningarna årligen vid 10 lokaler i landet med strängprovtagare för att uppskatta torrdepositionen av de ämnen som interagerar med trädkronorna.

Lufthaltsmätningar av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon bedrevs vid 20 lokaler (2014/15) med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som mäts.

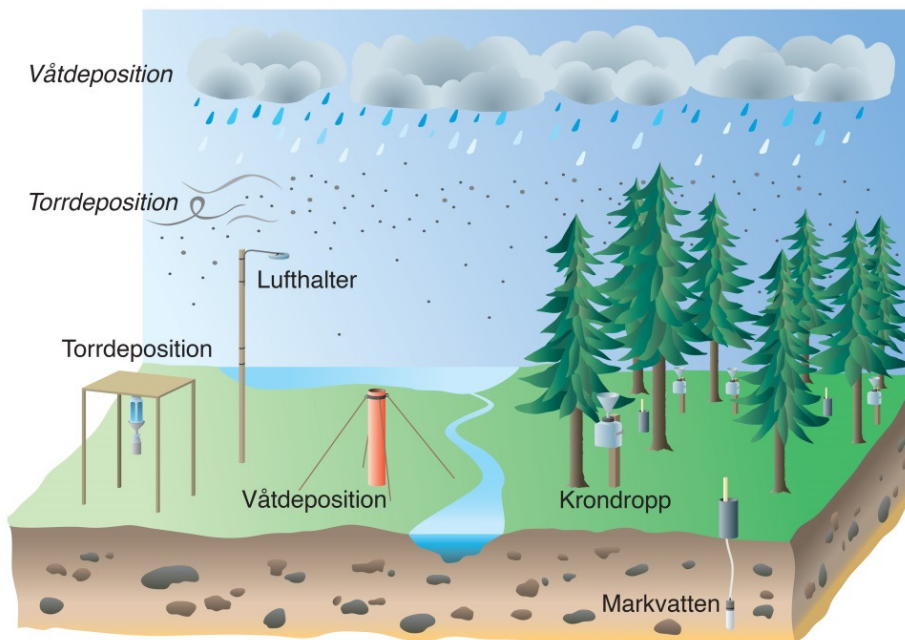
För att undersöka effekter av nedfallet mäts även kemin i vattnet under trädens rötter (markvattnet). Markvattenmätningar bedrevs vid 56 lokaler under 2014/15, med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden.

En av styrkorna med Krondroppsnetet är att parallella mätningar av lufthalter, deposition och markvattenkemi har bedrivits under långa tidsperioder och med god geografisk täckning över hela Sverige, vilket möjliggör detaljerade studier av variationen i tid och rum. Mätresultaten



Figur 1. Krondroppsnetet under 2014/15.

analyseras i relation till effekter främst på tillstånd i mark, ytvatten, vegetation samt den brukade skogens långsiktiga näringstillstånd och hälsa.



Figur 2. Inom Krondroppsnetet mäts lufthalter, våt- och torrdeposition samt markvattenkemi. Lufthalter mäts 3 meter över mark. Nedfallet till skogen består av våt- och torrdeposition och mäts dels på öppet fält dels under trädkronorna som krondropp. Vissa ämnen samverkar med trädkronorna, och därför används även strängprovtagare för att kunna bestämma torrdepositionen av dessa ämnen. Markvattnet provtas på 50 cm djup. Illustration: Bo Reinerdahl.

Resultaten från Krondroppsnetet används i stor utsträckning inom den länsvisa, den regionala samt den nationella miljöövervakningen bl.a. för att följa upp de svenska miljö kvalitetsmålen, framför allt: *Bara Naturlig Förurning, Ingen Övergödning* och *Frisk Luft*. Nedfallsdata används för indikatorerna: "Nedfall av svavel" och "Nedfall av kväve" som bland annat används inom miljömålet *Bara naturlig förurning* och både nedfalls- och markvattenkemiska data används i de fördjupade utvärderingarna av *Bara Naturlig Förurning* och *Ingen Övergödning*. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnetet även miljömålen *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.

Ofta relateras resultaten på regional nivå till modellresultat från det nationella miljömålsarbetet, bland annat med avseende på kritisk belastning, antropogent försurade sjöar och kväveupplagring i skogsmark, för att fördjupa underlaget för miljömålsuppföljningen.

Förutom sin starka koppling till den regionala och nationella miljöövervakningen är Krondroppsnetet även väl förankrat i forskningen bl.a. kring förurning och övergödning av skogsekosystemen. Noggrann och enhetlig mätning under lång tid har gjort det möjligt att genomföra detaljerade studier av luftföroreningars effekter på skog, mark, vatten och vegetation. På ett tidigt stadium kan man fånga upp effekter på miljön i skogen orsakade av såväl lokala som långväga föroreningar. Allt arbete inom Krondroppsnetet från provtagning till kemisk analys, validering och databearbetning utförs enligt väl utarbetade rutiner, och laboratorerna har ackreditering för de analysmetoder som används. Detta ger en hög kvalitet på

data och garanterar att data från olika platser och från olika år är direkt jämförbara. Genom att mätningarna inom Krondroppsnetet är nationellt samordnade, och bedrivs med samma metoder överallt, kan mätningarna användas för att beskriva tidsutvecklingen för olika miljöindikatorer såväl regionalt som nationellt. Mätningarna, som är bland de längsta i Europa, används för att beskriva tidsutvecklingen för olika miljöindikatorer och möjliggör studier av långsiktiga trender. Data från Krondroppsnetet bidrar även till utvecklingen av modeller, med målet att kunna förutsäga den framtida utvecklingen, inte minst i perspektivet av pågående klimatförändringar som kan medföra stora förändringar vad gäller försurnings- och övergödningsproblematiken.

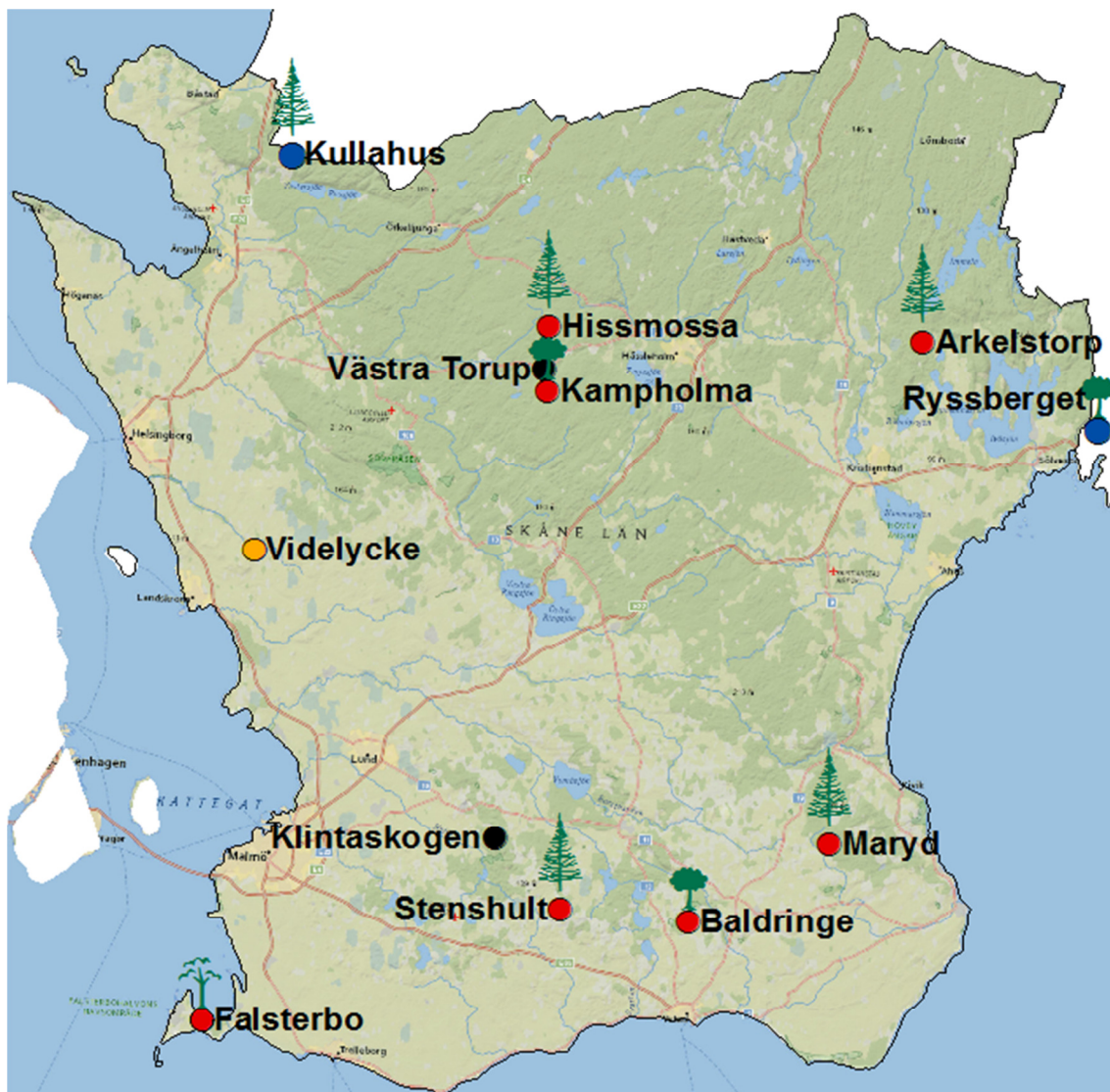
2 Mätningar inom Krondroppsnetet i Skåne län

I Skåne län finns åtta aktiva lokaler inom Krondroppsnetet, varav 4 är granytor, 1 är en tallyta, 2 är bokytor och 1 enbart har mätningar på öppet fält (Tabell 1, Figur 3). Krondropp och markvatten provtas på alla mätplatser utom i Videlycke. Lufthalter mäts på två ytor (Hissmossa & Stenshult) och mätningar på öppet fält görs på fyra ytor (Hissmossa, Stenshult, Falsterbo & Videlycke). Vid Hissmossa och Stenshult mäts även torrdeposition med strängprovtagare. Tre av ytorna, Hissmossa, Stenshult och Baldringe, startades 2010, så för dem finns nu fem års mätningar. Mätningarna vid Falsterbo startade i slutet av juni 2015 och vid Videlycke i mitten av december 2015, så för dem redovisas i den här rapporten inga nedfallsmätningar, men för Falsterbo redovisas två markvattenmätningar. Nedfallsdata från Hissmossa kan sättas i relation till data från en avslutad närliggande yta, Västra Torup, cirka 5 km söder om Hissmossa och där mätningar startades 1988. På samma sätt kan nedfallsdata från Stenshult jämföras med data från Klintaskogen, 12 km nordväst om Stenshult, där mätningar startades 1996 och avslutades 2009. I november 2013 startades en ny yta i Arkelstorp, nära den gamla, på grund av en förestående avverkning av den gamla ytan där mätningar startades redan 1988. Parallella mätningar i den gamla och nya ytan gjordes i november 2013. I bokskogen i Kampholma startade mätningarna 1996 och mätningarna i granskogen i Maryd startade 2001. Utöver mätningarna i Skåne redovisas här även mätningar från granytan Kullahus/Vallåsen i sydligaste Hallands län och bokytan Ryssberget i västra Blekinge, båda mycket nära gränsen till Skåne.

Tabell 1. Aktiva ytor i Skåne län 2014/15. Utöver det visas data från en lokal i Halland och en i Blekinge.

Lokal	Domi- nerande trädslag	Öppet fält	Kron- dropp	Sträng- prov	Mark- vatten	Lufthalter			
						SO ₂	NO ₂	NH ₃	O ₃
Arkelstorp (L 05B)	Gran		X		X				
Kampholma (L 12)	Bok		X		X				
Maryd (L 15)	Gran		X		X				
Hissmossa (L 18) *	Gran	X	X	X	X	X	X	X	X
Stenshult (M 16)	Gran	X	X	X*	X	X	X	X	X
Baldringe (M 17)	Bok		X		X				
Falsterbo (M 22)	Tall	X			X				
Videlycke (M 23)		X							
Vallåsen (N 17)/ Kullahus (N 19) (Halland)	Gran		X		X				
Ryssberget (K 07) (Blekinge)	Bok		X		X				

*Samtliga mätningar vid Hissmossa samt mätningarna med strängprovtagare vid Stenshult finansieras av Naturvårdsverket.



Figur 3. Provytor med mätningar av nedfall och markvattenkemi i Skåne län, samt Kullahus i Halland och Ryssberget i Blekinge som ligger mycket nära gränsen till Skåne. Även två avslutade ytor, Västra Torup och Klintaskogen finns med, eftersom tidsserierna från dessa ytor används vid analys av data från de närliggande ytorna Hissmossa respektive Stenshult. Ytan i Arkelstorp flyttades i december 2013 till ett mycket närliggande bestånd, på grund av avverkning av det gamla beståndet. Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

Undersökningarna i Skåne län är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av A. Jonshagen via IVL. På IVL har P. Andersson skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, C. Hållinder-Ehrencrona, P. Andersson, S. Honkala och V. Andersson har analyserat proverna. Databasen sköts av G. Malm. Datagranskning, databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, P. E. Karlsson, S. Hellsten samt G. Pihl Karlsson.

Nedan presenteras de olika mätplatserna mer ingående:

Arkelstorp (L 05 A):

Högt belägen granyta på stenig/blockig moränmark i en relativt vindskyddad nordlig sluttning i nordöstra Skåne. Vegetationen består bl.a. av olika mossor, cypressfläta, ormbunkar, harsyra, krus-tåtel, hallon, näva, fläder och bredbladigt gräs. Skogen (60 år 2015), gallrades sommaren 1995 och även måttligt i september 1998. I samband med stormen Gudrun 2005 föll 2-3 träd i ytan. Mätningarna på öppet fält avslutades 2006 och lufthaltsmätningarna avslutades i januari 2007. I skogsytan provtogs därefter deposition (krondropp) och markvatten. Ytan avverkades i december 2013. En ersättningsyta etablerades i november 2013 bredvid den gamla ytan och parallella mätningar i krondroppet genomfördes under en månad.



Foto från Arkelstorp – gammal yta

Arkelstorp (L 05 B):

Ytan etablerades år 2013 mindre än 200 meter sydost om den tidigare ytan, på toppen av Hallabjället, i 30-40 årig granskog. Krondropps-mätningarna startade i november 2013, men markvattenmätningarna startade först ett år senare (november 2014). Ytan är ganska nyligen gallrad, och det finns stickvägar i nordsydlig riktning med ca 20 m mellanrum vid ytan.



Foto från Arkelstorp - ny yta.

Kampholma (L 12):

Högt belägen bokyta med 117-årig skog belägen 135 m över havet. Mätningarna påbörjades 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001. Numera mäts deposition via krondropp samt markvattenkemi.



Foto från Kampholma.

Maryd (L 15):

56-årig granskog (2015) på bördig mark i sydöstra Skåne. Ytan ligger nära en hästgård (ca 100 m) och markvegetationen utgörs av skogsbjörnmossa, cypressfläta och krustätel. Ytan ingår i Skogsstyrelsens nät av observationsytor. Tidigare mättes även lufthalter, men dessa mätningar avslutades i januari 2007. Mätning av nedfall (krondropp) och markvattenkemi i Maryd startade i oktober 2001.



Foto vid Maryd.

Baldringe (M 17):

Bokyta på relativt kuperad mark. Ungefär 70-årig bokskog med örtrik undervegetation med mycket nässlor, gulplister och gräs. Då granytan i Allerum i nordöstra Skåne avverkades bestämdes att starta en ny lövyta som ersättning. Krondroppsmätningar i Baldringe startade i maj 2010 och den första markvattenmätningen gjordes i november samma år.



Foto från Baldringe.

Hissmossa (L 18):

44-årig granskog i norra Skåne. Ytan är tänkt som ersättningsyta för Västra Torup, som avverkades i augusti 2010. Hissmossa ligger ungefär 5 km norr om Västra Torup. Mätningarna på öppet fält bedrivs på en åkermark som används för bete, ca 1 km sydväst om krondroppsytan. Det är tillfredsställande avstånd till närmaste skogsbryn, men det har framkommit att åkermarken gödslas med naturgödsel i april varje år. Detta kan möjligen påverka mätningarna av lufthalter av ammoniak. Mätningarna i krondroppsytan i Hissmossa startade i mitten av augusti 2010. Första mätningarna på öppet fält är från november samma år.



Foto från Hissmossa, krondroppsytan (ovan) och öppet fält ytan (nedan).



Stenshult (M 16):

Ungefär 40-årig granyta på relativt plan mark längst uppe på östra delen av Romeleåsen. Ytan startades som ersättning för den avslutade ytan Klintaskogen, som också var belägen på Romeleåsen, 12 km sydväst om Stenshult. Mätningar på öppet fält etablerades på ett fält ca 1 km sydost om krondroppsytan. Runt om ligger betesfält för hästar. Platsen är mycket öppet exponerad åt söder. Krondroppsmätningar startade i maj 2010, och första markvattenmätningen är från november samma år. I november startades även mätningar på öppet fält.



Foto från Stenshult, krondroppsytan (ovan) och öppet fält ytan (nedan).



Falsterbo (M 22):

Detta är en ny yta. Mätningar av nedfall med nederbörden på öppet fält samt av markvattenkemi startade vid Falsterbo i juli 2015. Markvattenmätningarna bedrivs i en tallskog strax norr om Falsterbovägen, mellan Höllviken och Skanör-Falsterbo. Nederbörds-mätningarna bedrivs på ett öppet område strax väster om markvattenmätningarna, också detta norr om Falsterbovägen. Mätningarna har ännu inte bedrivits ett helt år, så inga resultat visas i denna rapport.



Tallskogen vid Falsterbo där markvattenmätningar bedrivs.



Öppet område, där nederbörds-mätningar bedrivs vid Falsterbo.

Videlycke (M 23): Detta är en ny yta. Mätplatsen är lokaliserad i jordbruksbygd i närheten av Tågarp. Endast öppet fält-mätningar görs, och dessa mätningar startade i mitten av december 2015. I den här rapporten redovisas således inga resultat från mätningarna vid Videlycke.

Halland, Kullahus (N 19): Mätningar av krondropp och markvattenkemi startades under 2010. Ytan är avsedd att ersätta den tidigare ytan Vallåsen (N 17). Kullahus ligger endast 3-4 km från Vallåsen. Parallella mätningar av nedfall pågick under det hydrologiska året 2010/11. Markvattenmätningar har pågått parallellt i ytorna sedan 2011.

Blekinge, Ryssberget (K 07): Yta i en gammal bokskog med en 30-årig mätserie, från 1985, belägen strax norr om Sölvesborg. Ytan ligger topografiskt mycket högt jämfört med omgivande landskap och är starkt vindexponerad. De nederbörds-kemiska mätningarna på öppet fält vid Ryssberget avslutades i december 2000. För närvarande mäts nedfallet i skogsytan (krondropp) samt markvattenkemi.

3 Resultat

I denna rapport redovisas resultaten från mätningar från perioden oktober 2014 till september 2015, vilka relateras till tidigare års mätningar. I Bilaga 1 redovisas det senaste årets mätdata från de aktiva lokalerna inom länet i tabellform.

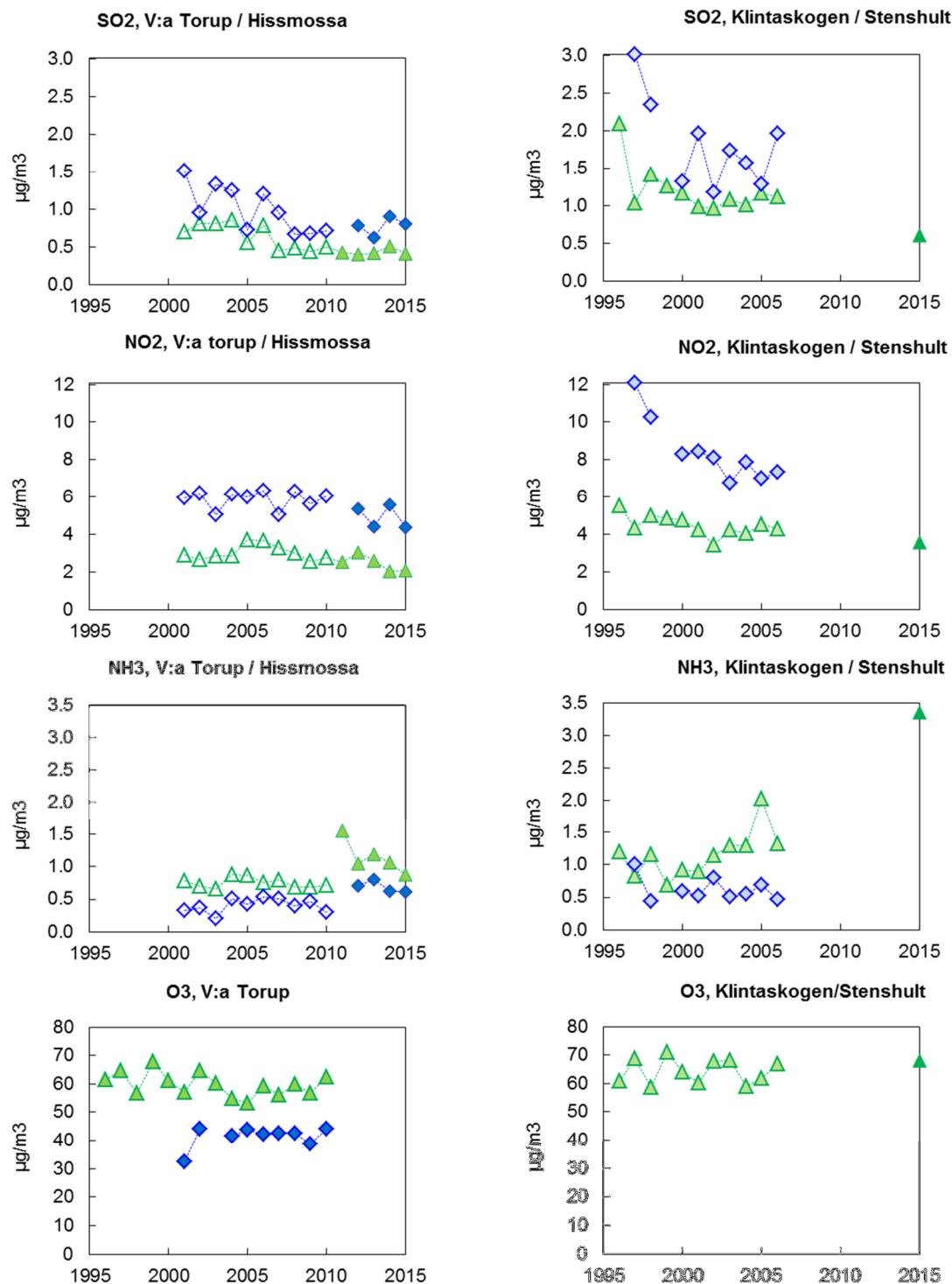
3.1 Lufthalter

Mätningar av lufthalter utfördes i norra Skåne vid Hissmossa och i södra Skåne vid Stenshult under 2014/15. Mätutrustningen flyttades några kilometer från Västra Torup till Hissmossa 2010 i samband med att Krondroppsytan flyttades på grund av avverkning. För halter av SO₂ och NO₂ bedöms de båda platserna vara jämförbara, och statistisk analys har därmed gjorts för hela perioden. För NH₃ finns lokala utsläpp från jordbruket, och data måste därför analyseras som två separata tidsserier, före och efter flytten. Mätningar av lufthalter vid Stenshult startade i januari 2015, och därför finns endast sommarvärdena redovisade här. Resultaten presenteras i samma graf som den tidigare ytan Klintaskogen eftersom det är intressant att jämföra resultatet med denna närliggande yta. Fler mätningar behövs för att kunna göra en adekvat jämförelse med de tidigare mätningarna vid Klintaskogen.

Halterna av SO₂ och NO₂ vid Hissmossa har generellt varit högre på vintern än på sommaren, medan förhållandena varit de omvända för NH₃ (Figur 4). Halten av SO₂ har minskat signifikant under mätperioden, både under sommar- och vinterhalvåret vid V:a Torup/ Hissmossa. Under de två senaste vintrarna 2013/14 och 2014/15 noterades 0,9 resp. 0,8 µg/m³ SO₂, vilket var de högsta noteringarna sedan 2006/07. De höga halterna 2013/14 finns ännu ingen förklaring till men de höga halterna 2014/15 förklaras troligtvis av långdistanstransport från massiva utsläpp av SO₂ från vulkanutbrottet på Island som pågick mellan 31 augusti 2014 och 27 februari 2015. Mätningarna visar att svaveldioxidhalterna under de senaste 10 åren är på en lägre nivå jämfört med 2006/2007. Detta kan troligen förklaras med minskade svavelutsläpp från fartygstrafiken, eftersom krav på minskade svavelhalter i fartygsbränsle infördes år 2005. I kapitel 4.2 redovisas hur ytterligare sänkta halter av svavel i fartygsbränsle sedan 1 januari 2015 resulterat i minskade halter av SO₂ i luft vid särskilt utsatta kustnära platser. Det återstår att se om sänkta svavelhalter i fartygsbränsle kommer att påverka framtida lufthalter av SO₂ även vid Hissmossa.

NO₂-halten vid Hissmossa har varierat mellan 2,0 och 3,7 µg/m³ på sommaren och mellan 4,4 och 6,3 µg/m³ på vintern (Figur 4). Under 2014/2015 noterades den lägsta NO₂-halten sedan mätstarten. NO₂-halten under sommarhalvår har minskat signifikant vid V:a Torup/Hissmossa. Den statistiska analysen för Klintaskogen visade att NO₂-halterna under vinterhalvåret minskade signifikant under 1996-2006, då lokalen var aktiv. Vid Stenshult har ännu ingen statistisk analys genomförts på grund av att det bara finns ett sommarhalvårsvärde.

Halterna av NH₃ har varit avsevärt högre efter flytten från V:a Torup till Hissmossa (Figur 4), vilket kan förklaras av lokala utsläpp från jordbruket. På vintern varierade halterna innan flytten mellan 0,2 och 0,5 µg/m³, samt efter flytten mellan 0,6 och 0,8 µg/m³. På sommaren har motsvarande intervall varit 0,7 - 0,9 µg/m³ respektive 0,9 - 1,6 µg/m³. Mätserien för den första mätplatsen är tillräckligt lång för statistisk analys, men visar inte på någon signifikant förändring. Statistisk analys har för Klintaskogen/Stenshult har endast genomförts vid Klintaskogen p.g.a. att tidsserien vid Stenshult ännu bara består av ett sommarhalvårsvärde. Analysen visade att NH₃-halten under sommarhalvåret ökade vid Klintaskogen. Mätvärdena vid Stenshult låg sommaren 2015 på en avsevärt högre nivå än tidigare mätningar vid Klintaskogen, vilket troligtvis förklaras av lokala utsläpp från jordbruket. För ozonhalterna syns ingen statistisk signifikant förändring



Figur 4. Halvårsvisa medelhalter av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) samt ozon i luft vid Västra Torup/Hissmossa respektive Klintaskogen/Stenshult. Medelhalterna är uppdelade på sommar och vinterhalvår. Grön = sommarhalvår, blå = vinterhalvår. Ofyllda symboler=gamla stationen, fyllda symboler=nya stationen. Vid V:a Torup/Hissmossa har halten av SO₂ minskat signifikant under mätperioden, både under sommar- och vinterhalvåret och även NO₂-halten sommartid har minskat signifikant. Vid Klintaskogen har NO₂-halterna minskat signifikant under vinterhalvåret medan NH₃-halten har ökat under sommarhalvåret.

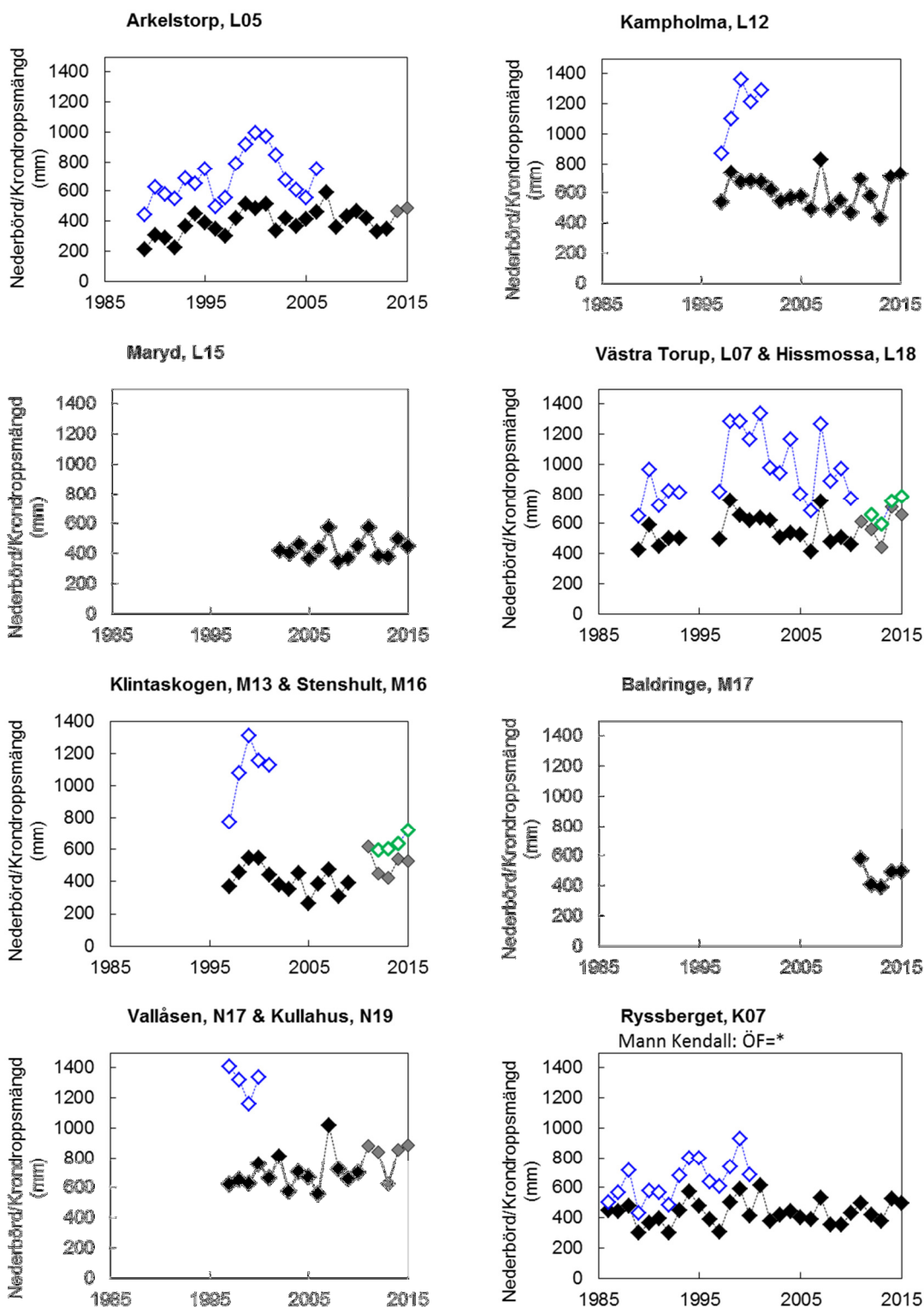
3.2 Deposition

Depositionsdata presenteras för pågående mätningar, men i flera fall även för avslutade mätningar på närliggande platser. I Arkelstorp flyttades ytan några hundra meter på grund av avverkning i november 2013. I denna rapport presenteras data från den gamla ytan, samt två år från den nya, där dock data från oktober 2013 tagits från den gamla ytan för att få nedfallsvärden för det hydrologiska året 2013/14. Platserna bedöms likvärdiga och statistisk tidsserieanalys har därför gjorts för hela mätperioden. Ytan i Hissmossa ersätter en gammal yta, Västra Torup, 5 km därifrån. Data från båda platserna presenteras i diagrammen, men den statistiska analysen gäller enbart Västra Torup. Stenshult ersatte en yta på Romeleåsen, Klintaskogen, 12 km från Stenshult. Även här presenteras data från båda platserna i diagrammen, men den statistiska analysen gäller enbart Klintaskogen. Det atmosfäriska nedfallet visas för sex platser i Skåne län, samt för en plats i Blekinge och en i Hallands län.

Som beskrivits i inledningen sker atmosfäriskt nedfall dels som våtdeposition löst i nederbörden, dels som torrdeposition, d.v.s. att gaser och partiklar fastnar på barr och blad, och sedan i nästa steg sköljs till marken med nederbörden. Mätningar av krondropp fungerar bra som provtagningsmetod vad gäller det samlade nedfallet för svavel, natrium samt klorid. Vad gäller övriga ämnen såsom kväve och baskatjoner sker interaktionen mellan ämnena och trädskronorna, så att ytterligare analyser krävs för att beräkna det totala nedfallet. I detta sammanhang används vid vissa mätplatser i landet så kallade strängprovtagare för att ge möjlighet till att beräkna torrdepositionen. Denna typ av mätning finns vid Hissmossa och Stenshult och finansieras av Naturvårdsverket.

3.2.1 Krondroppsmängd/Nederbördsmängd

Depositionen är starkt beroende av nederbördsmängder. Ökad nederbörd medför i de flesta fall ökat nedfall. Den längsta pågående tidsserien i Skåne är från Västra Torup/Hissmossa, där mätningarna i Västra Torup startade 1988. Nederbörden har varierat kraftigt mellan de hydrologiska åren, mellan 600 mm och 1330 mm (Figur 5). I mitten av mätserien, 1998-2001, fanns en period med höga nederbördsmängder. I början och slutet av mätperioden var nederbörden jämförelsevis liten. Man måste dock beakta att mätutrusningen de fyra senaste åren stått på en annan plats än tidigare. Mätningar av nederbörd har även funnits i Kampholma, Klintaskogen/Stenshult och Arkelstorp, under begränsade tidsperioder. Nederbörden i Kampholma och Klintaskogen/Stenshult var på samma nivå som i Västra Torup/Hissmossa, medan nederbörden i Arkelstorp var lägre, den högsta noteringen i Arkelstorp är 990 mm. Nederbörden har även mätts under en period i Vallåsen i Halland och i Ryssberget i Blekinge, båda nära gränsen till Skåne. I Vallåsen uppmättes högre nederbörd än på Skåneytorna, medan nederbörden i Ryssberget var lägre än på Skåneytorna. Detta återspeglar den geografiska gradienten med minskad nederbörd mot öster. Den mängd nederbörd som passerar trädskronorna och som provtas som krondropp är normalt lägre än nederbörden över öppet fält, på grund av interception, d.v.s. att en del av nederbörden fångas upp av trädskronorna och direkt avdunstar tillbaka till atmosfären. Detta framgår tydligt vid jämförelser av samtida mätningar av nederbördsmängder på öppet fält och krondroppsmängder i länet (Figur 5). Krondroppsmängden har varierat mindre än nederbörden på öppet fält under mätningarnas gång. I Västra Torup/Hissmossa har den varierat mellan 410 och 790 mm (Figur 5). Vid mätningarna i Hissmossa de fyra senaste hydrologiska åren har skillnaden mellan nederbördsmängd och krondroppsmängd varit liten. Krondroppsmängden i Kampholma har varit på ungefär samma nivå som i Västra Torup. I Klintaskogen/Stenshult, Baldringe, Maryd och Arkelstorp har krondroppsmängderna generellt varit lägre.



Figur 5. Årliga värden (hydrologiskt år) för krondroppsmängd (KD \blacklozenge eller \blacklozenge) och nederbördsmängd över öppet fält (ÖF \blacklozenge) vid sex platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en i Halland. Vid Arkelstorp, Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen har mätplatserna flyttats vilket indikeras i figurerna med olika färger på symbolerna. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Olika klimatmodeller förutsäger att vid slutet av detta århundrade kommer nederbörds-mängderna vintertid att ha ökat i storleksordningen 25 % i norra Sverige och 11 % i södra Sverige (Lind & Kjellström, 2008. SMHI. RMK nr 113²). Sommartid beräknas förändringarna bli mindre. Mätserierna för nederbörd och krondroppsmängder vid de sex mätplatserna i Skåne är ännu för korta för att någon förändring vad gäller nederbörds-mängder ska kunna säkerställas statistiskt (Figur 9). Däremot ökade nederbörden vid Ryssberget i Blekinge under tidsperioden 1985-1999 då nederbörds-mängder vid Ryssberget mättes. Även detta är dock en för kort period för att kunna tolka det som klimatförändring.

3.2.2 Svavel utan havssalt

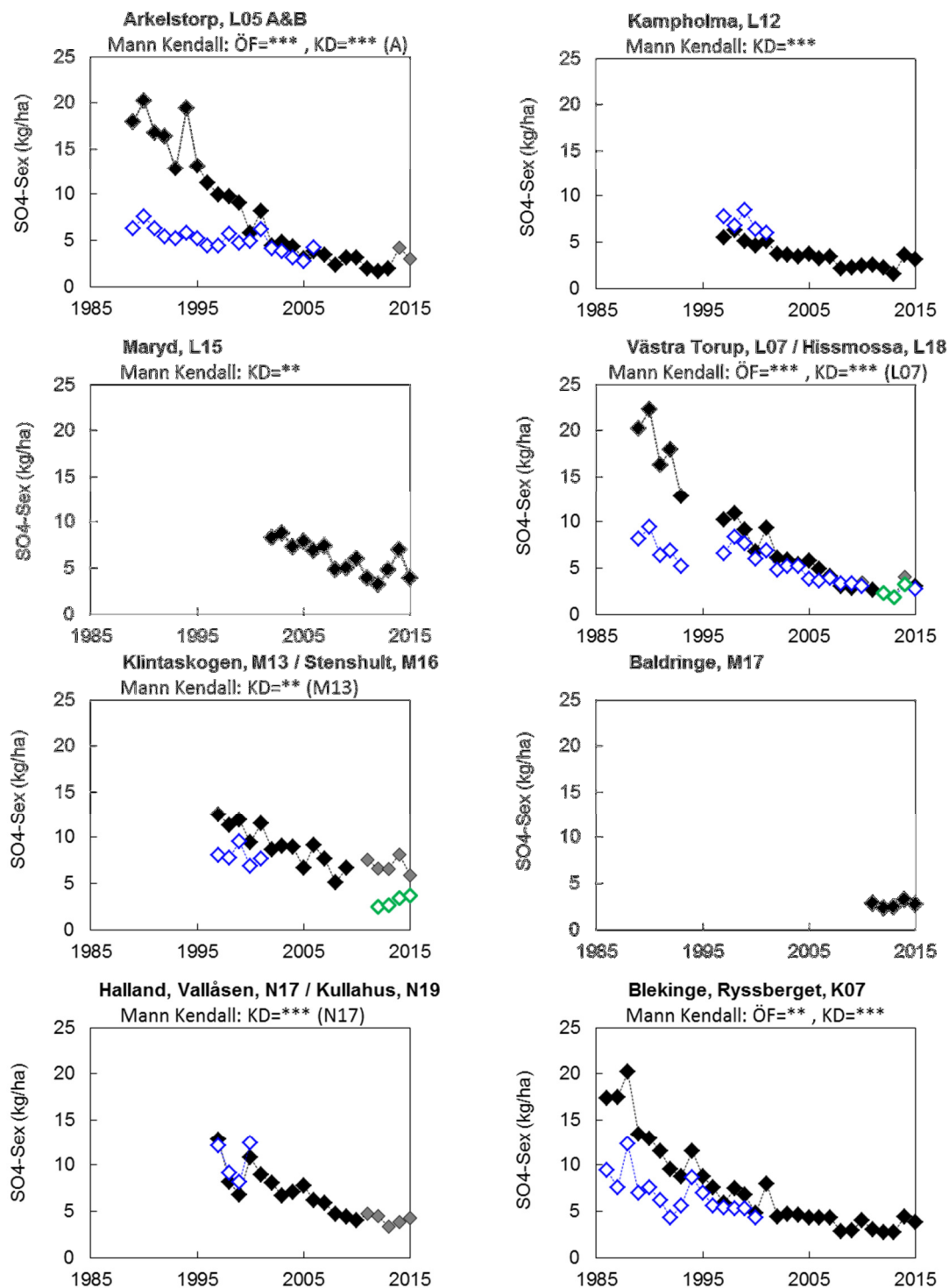
Nedfall av antropogent svavel, det vill säga allt svavel utom det som kommer från havssalt, är den viktigaste komponenten i den sura nederbörd som nått våra marker under ett antal decennier. Det totala nedfallet av svavel till skog kan uppskattas relativt väl från krondropps-mätningar, eftersom svavel inte interagerar med trädskronorna i någon större omfattning.

Svavelnedfallet (utan havssalt) via krondropp har minskat från omkring 20 kg per hektar 1988/89 till mellan 2 och 4 kg de senaste åren i Arkelstorp och Västra Torup (Figur 6). Bokytan i Ryssberget, där mätningarna startade ännu tidigare, 1985/86, visar på en något mindre minskning än vid Skåneytorna sedan 1988/89, men visar också att nedfallet var avsevärt högre de tre första åren i mätserien (1985/86- 1987/88). Även i Kampholma och Maryd, med kortare tidsserier, har svavelnedfallet minskat signifikant. Stenshult är den yta, i länet såväl som i hela landet, som tagit emot mest antropogent svavel, sedan den startade 2010/11. Under 2014/15 noterades 5,9 kg per hektar och år. Vid Maryd var nedfallet 4,0 kg per hektar under 2014/15. I granytorna vid Hissmossa och Arkelstorp, samt vid bokytan i Kampholma deponerades drygt 3 kg antropogent svavel per hektar och år under 2014/15. Bokytan tog emot det lägsta antropogena svavelnedfallet av länets ytor, 2,8 kg per hektar och år. Under det senaste mätåret var nedfallet generellt något lägre än föregående år som var förhållandevis högt jämfört med de närmast föregående åren. De två senaste åren har svavelnedfallet troligtvis påverkats av vulkanutbrottet på Island under 2014-2015.

Vallåsen/Kullahus i Halland har generellt mottagit mer svavelnedfall än Skåneytorna, vilket kan förklaras av det utsatta läget i väster. Ett undantag är Stenshult, som också är väldigt exponerad, och där nedfallet på senare år har varit större än i Vallåsen/Kullahus.

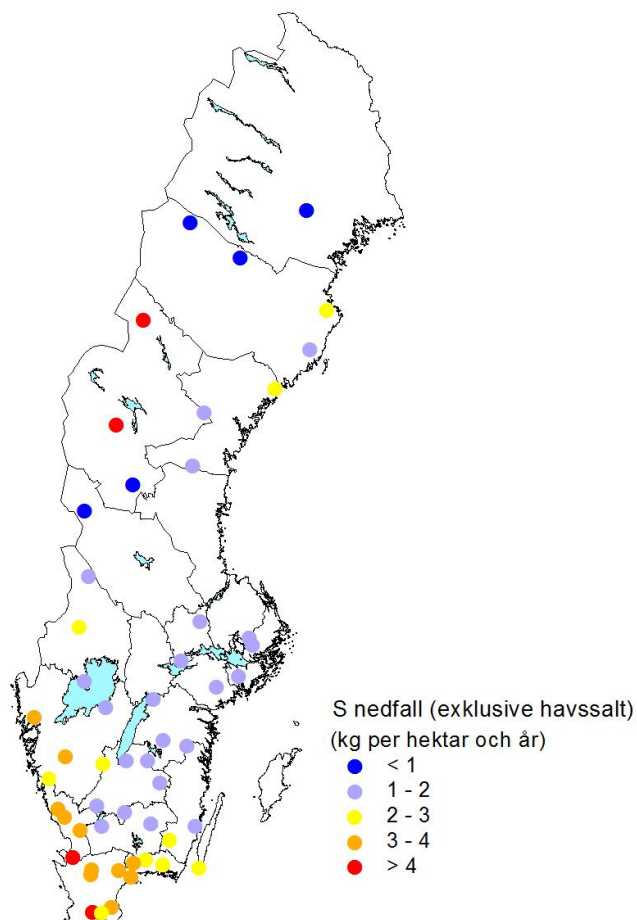
De enda platserna i Skåne som har tillräckligt långa mätserier för statistisk analys av nederbörden över öppet fält är Arkelstorp och den avslutade ytan Västra Torup, som ersatts med Hissmossa. Svavelnedfallet på öppet fält har minskat signifikant på båda dessa platser (Figur 6), mellan 5 respektive 10 kg antropogent svavel per hektar och år runt 1990 till 3-4 kg per hektar och år mellan 2005 och 2010. I Hissmossa, har nedfallet varierat mellan 2 och 3 kg per hektar och år de senaste 3 åren. Mätserierna i Arkelstorp och Västra Torup visar att skillnaden mellan nedfall via krondropp och nedfall på öppet fält var stor omkring 1990, men att torrdepositionen av svavel har minskat i betydelse eftersom skillnaden avtagit och har försvunnit helt i slutet av 90-talet.

² Lind, P., Kjellström, E. 2008. Temperature and precipitation changes in Sweden, a wide range of model-based projections for the 21st century, SMHI, Reports Meteorology and Climatology, RMK no 113.



Figur 6. Årliga värden (hydrologiskt år) för nedfall av sulfatsvavel (exklusive bidraget från havsalt) uppmätt som krondropp (KD \blacklozenge eller \blacklozenge) och i nederbörden över öppet fält (ÖF \blacklozenge) vid sex platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en i Halland. Vid Arkelstorp, Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen har mätplatserna flyttats vilket indikeras i figurerna med olika färger på symbolerna. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Svavelnedfall via krondropp 2014/15 visas för landet som helhet i Figur 7. Gradienten i svavelnedfall från sydväst mot nordost framträder tydligt. I likhet med tidigare år visar figuren att under 2014/15 var svavelnedfallet utan havssalt i Skåne län högt jämfört med övriga landet, undantaget platser på hög höjd i Jämtlandsfjällen där svavelnedfallet var på samma nivå som i Skåne.

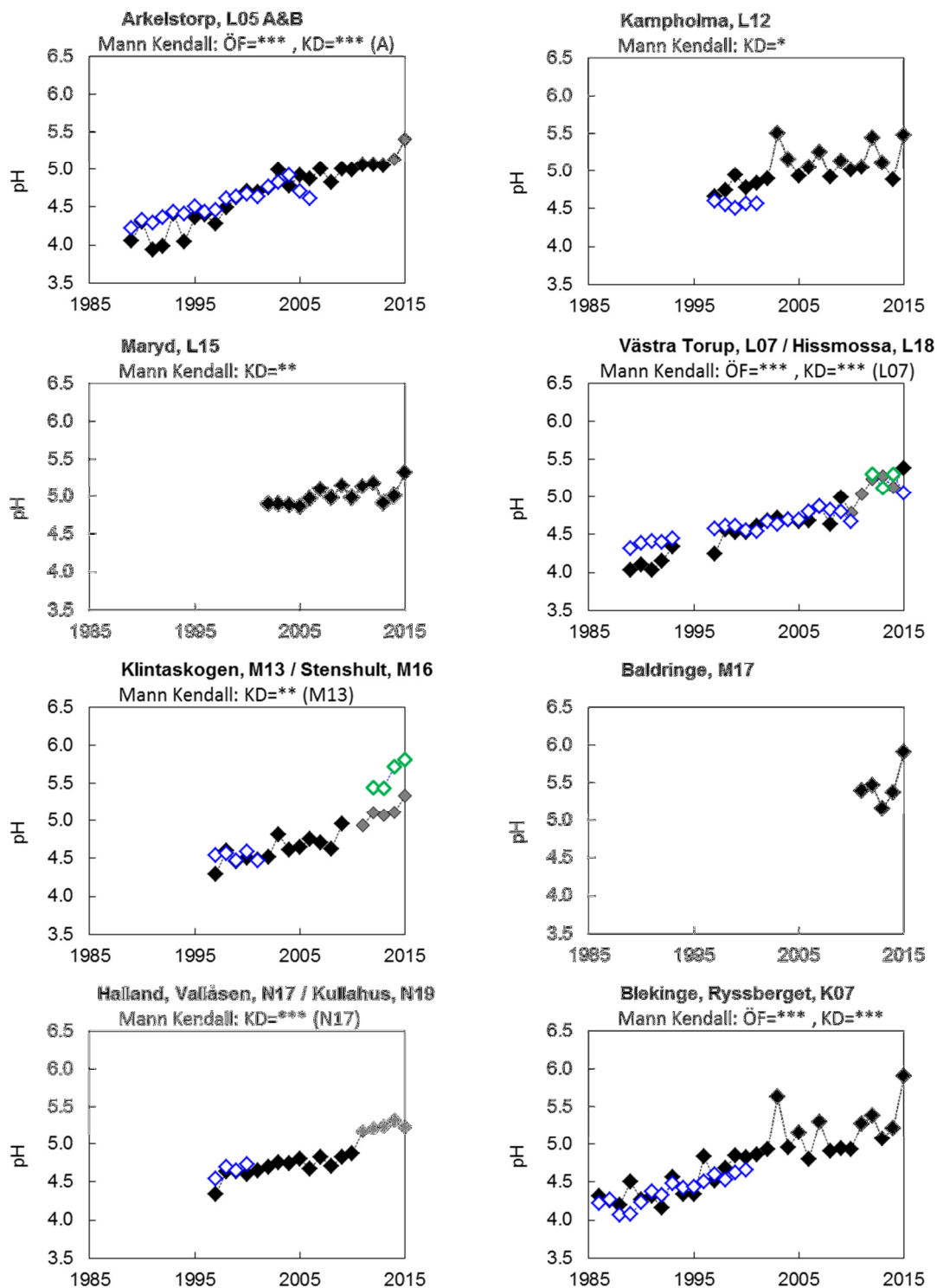


Figur 7. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) under 2014/15 i krondroppet vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige.

3.2.3 pH

I linje med ett minskat surt nedfall av svavel har pH i nederbörden ökat signifikant vid Arkelstorp och den avslutade ytan i Västra Torup (Figur 8). På dessa två platser var pH generellt lägre i krondropp än på öppet fält under första halvan av 90-talet, vilket speglar den stora betydelsen av torrdepositionen av svavel. På senare tid har pH varit på ungefär samma nivå i krondropp som på öppet fält, eftersom torrdepositionen av svavel har minskat i betydelse.

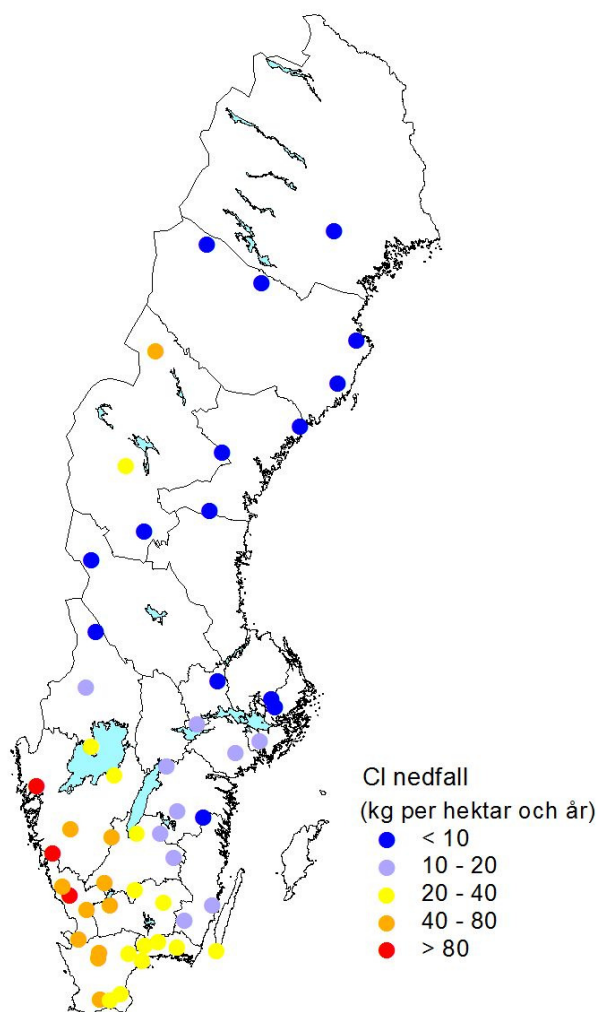
Krondroppets pH har ökat signifikant på alla ytor som har tillräckligt långa tidserier för att kunna analyseras: Arkelstorp, Kampholma, Maryd och Ryssberget (Blekinge), samt de avslutade ytorna Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen (Halland) (Figur 8). Det hydrologiska året 2014/15 var pH mellan 5,3 och 5,5 på Skåneytorna, förutom i bokytan i Baldringe där pH var 5,9. Detta var generellt högre än föregående år. På de två ytor i Skåne som har längst tidsserier, Arkelstorp och Västra Torup, har pH ökat med drygt en pH-enhet, från ungefär 4,0 1988/89.



Figur 8. Årliga värden (hydrologiskt år) för pH i krondropp (KD \blacklozenge eller \blacklozenge) och i nederbörden över öppet fält (ÖF \blacklozenge) vid sex platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en i Halland. Vid Arkelstorp, Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen har mätplatserna flyttats vilket indikeras i figurerna med olika färger på symbolerna. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

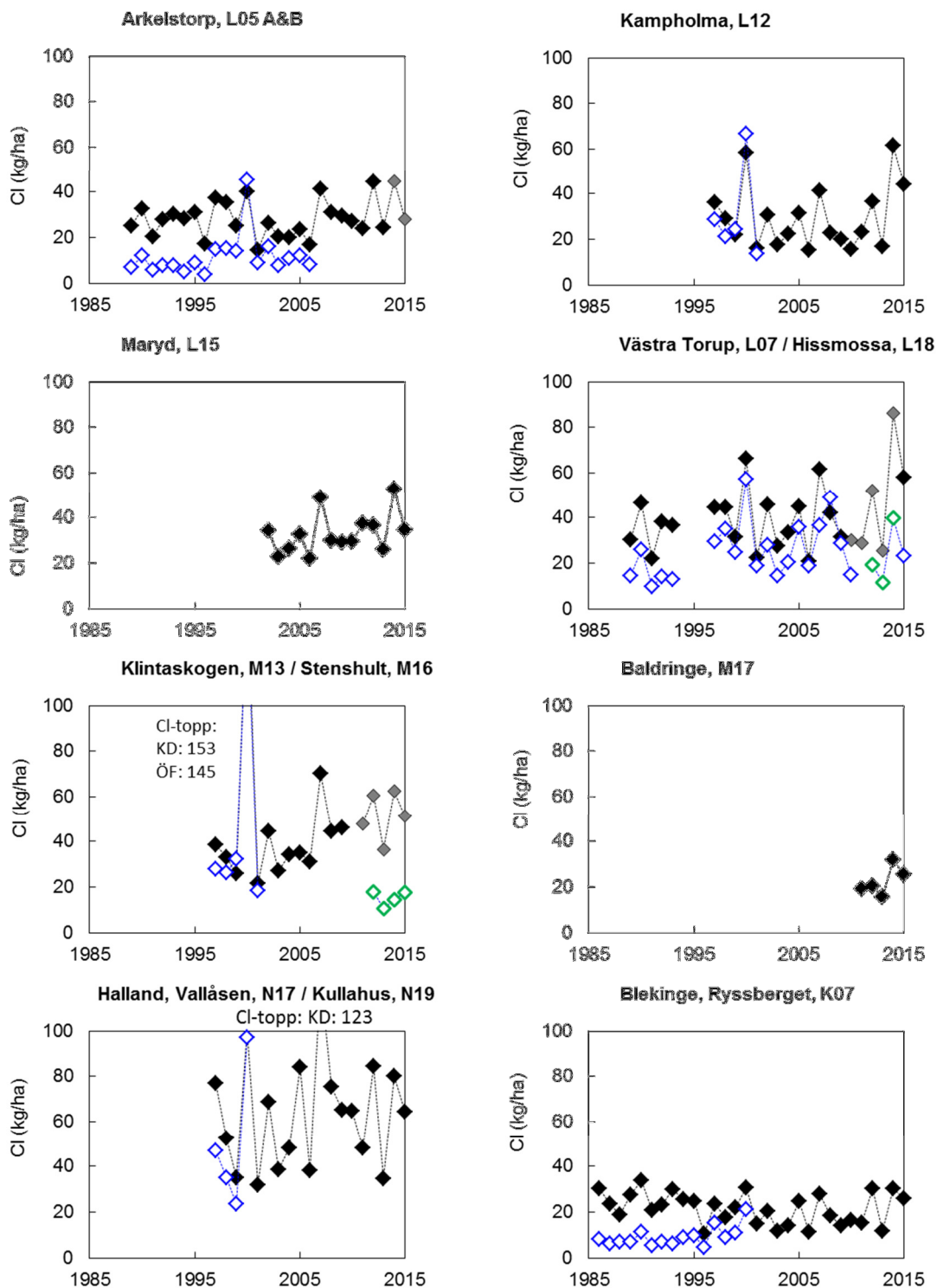
3.2.4 Klorid

Kloridnedfallet är generellt högst i sydvästra Sverige (Figur 9), men varierar kraftigt mellan åren, beroende på hur mycket havssalt som blåser in över land och deponeras. Det finns en skarp gradient med minskande kloriddeposition i sydvästlig-nordostlig riktning tvärs över Götaland. Det finns även ett högt kloridnedfall i Jämtlandsfjällen. Även om havssalt är neutralt kan nedfall av klorid innebära surstötter i mark- och ytvatten, då framför allt natriumjoner byter plats med vätejoner, som sänker pH i markvattnet, och potentiellt även i ytvatten. Det är därför viktigt att följa tidsutvecklingen för kloridnedfallet, som ett mått på havssaltsnedfallet.



Figur 9. Kloridnedfall under 2014/15 i krondroppet vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige.

En betydande del av nedfallet av havssalt sker som torrdeposition, vilket visar sig i att nedfallet i krondropp i de flesta fall är högre jämfört med nedfallet på öppet fält, men vid bokytan i Kampholma är skillnaden liten (Figur 10). Under 2014/15 var kloridnedfallet via krondropp lägre än föregående år. Liksom föregående år uppmättes det högsta nedfallet i Hissmossa, men vid Kullahus i Halland var nedfallet ännu högre. Skogsytan vid Vallåsen/Kullahus (Halland) har oftast uppvisat högre kloriddeposition än Skåneytorna, medan kloridnedfallet i Ryssberget (Blekinge) har varit jämförelsevis lågt, vilket stämmer med förväntningarna baserat på avståndet från västkusten. Det finns ingen statistiskt säkerställd förändring av kloridnedfallet i Skåne över tid.



Figur 10. Årliga värden (hydrologiskt år) för nedfall av klorid uppmätt som krondropp (KD ♦ eller ◊) och i nederbörden över öppet fält (ÖF ◊) vid sex platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en i Halland. Vid Arkelstorp, Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen har mätplatserna flyttats vilket indikeras i figurerna med olika färger på symbolerna. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

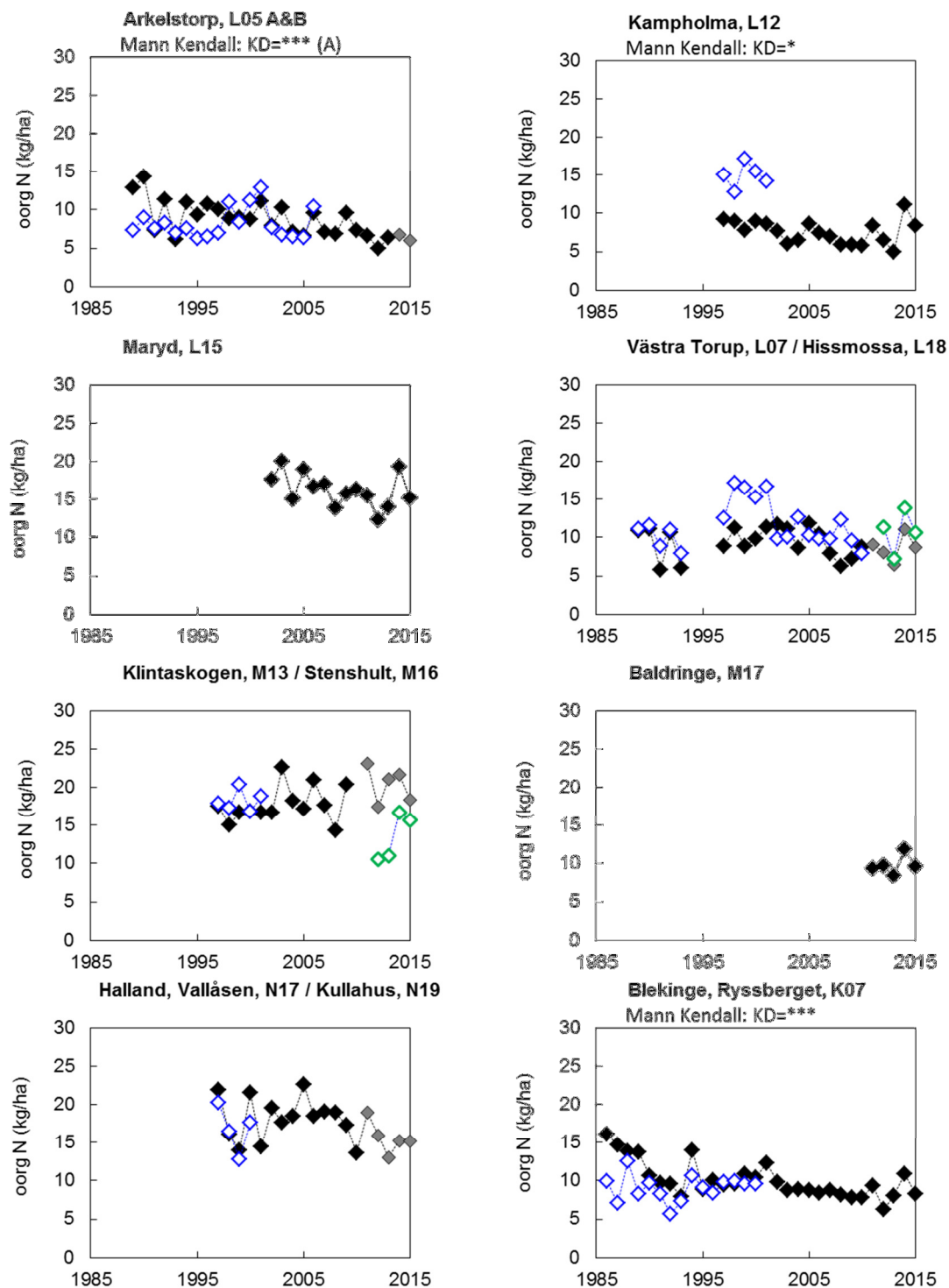
3.2.5 Oorganiskt kväve

Nedfall av kväve bidrar till övergödning av mark och vatten, samt kan även ha en försurande effekt. Förenklat kan man säga att det kväve som inte tas upp i skogsekosystemen kan bidra till övergödning av vatten och försurning av mark och vatten. I områden med högt kvävenedfall, som t.ex. sydvästligaste Sverige, kan det finnas mer kväve än vad ekosystemen behöver.

Ingen av de två ytorna med långa mätserier på öppet fält, Arkelstorp och den avslutade ytan Västra Torup, visar på några trender för oorganiskt kväve (Figur 11). Nedfallet har varierat mellan 7 och 17 kg per hektar och år i Västra Torup och mellan 6 och 13 kg per hektar och år i Arkelstorp. I Hissmossa, som ersatt Västra Torup, finns nu fyra års mätningar på öppet fält, och nedfallet dessa fyra år har varierat mellan 7 och 14 kg per hektar och år.

För krondropp finns en trend i Arkelstorp, där nedfallet minskat signifikant, från över 10 kg per hektar och år i slutet av 80-talet till 5-7 kg de senaste fem hydrologiska åren (Figur 11). Det är troligt att detta beror åtminstone delvis på minskat kvävenedfall, men även skogliga faktorer kan ha spelat in. Signifikanta minskande trender har påvisats även i Kampholma och Ryssberget (Blekinge). Nedfallet via krondropp är vanligtvis lägre än på öppet fält, men i Stenshult har förhållandena varit de omvända. De fyra senaste hydrologiska åren har nedfallet av oorganiskt kväve via krondropp varit mellan 17 och 22 kg per hektar och år i Stenshult. Motsvarande intervall på öppet fält har varit 11-17 kg per hektar och år. Detta skulle kunna förklaras med hög torrdeposition på denna utsatta yta, kanske i kombination med lågt upptag i trädkronorna. Även i Maryd och vid Vallåsen/Kullahus (Halland) har nedfallet av oorganiskt kväve via krondropp varit högt de senaste åren, om än lägre än i Stenshult. Även här är den troliga förklaringen hög torrdeposition, men det finns inga mätningar från öppet fält från dessa år som kan stärka denna hypotes.

För att analysera trender i kvävenedfall används nedfall på öppet fält, eftersom nedfallet via krondroppet inte visar det totala nedfallet till skog. Detta beror på att trädkronorna kan ta upp en del kväve direkt till blad och barr. Nackdelen med att använda mätningarna från öppet fält är att torrdepositionen till skog inte inkluderas i mätningarna. Med kompletterande mätningar med s.k. strängprovtagare (se Faktaruta), som bl.a. bedrivs vid Hissmossa och Stenshult, kan man uppskatta torrdepositionen av kväve och andra ämnen som samverkar med trädkronorna.

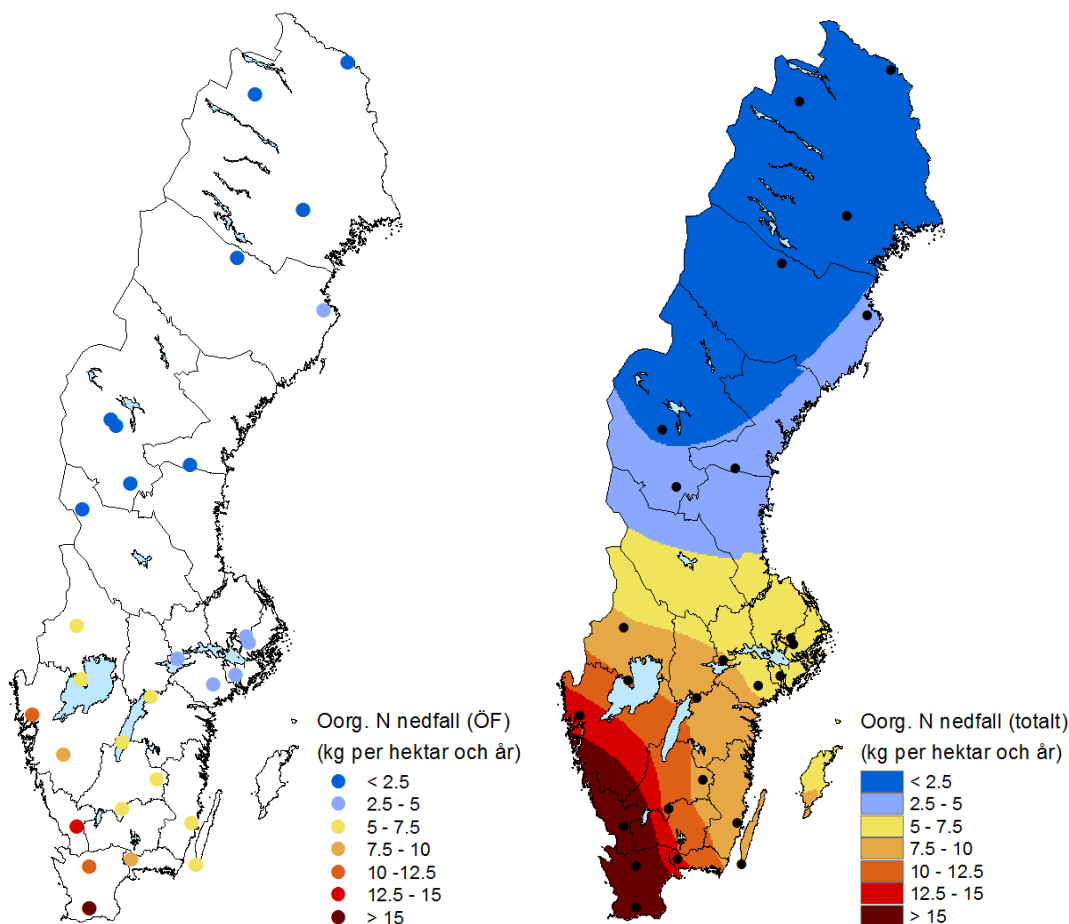


Figur 11. Årliga värden (hydrologiskt år) för nedfall av oorganiskt kväve (nitrat- och ammoniumkväve) uppmätt som krondropp (KD \blacklozenge eller \blacklozenge) och i nederbörden över öppet fält (ÖF \blacklozenge) vid sex platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en i Halland. Vid Arkelstorp, Västra Torup, Klintaskogen och Vallåsen har mätplatserna flyttats vilket indikeras i figurerna med olika färger på symbolerna. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Det oorganiska kvävenedfallet med nederbörden på öppet fält 2014/15 visas för landet som helhet i Figur 12A. Figur 12B visar det årliga totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog över Sverige som genomsnitt för de två senaste åren, beräknat med hjälp av data från strängprovtagningen. Gradienten från sydväst mot nordost framträder tydligt. Figur 12B visar även att det finns en gradient från Norrlands kustland mot Norrlands inland. Som högst i landet uppmättes ett oorganiskt kvävenedfall över öppet fält under 2014/15 på 16 kg per hektar i Stenshult på Romeleåsen, och den beräknade totaldepositionen av oorganiskt kväve på ytan var nästan 23 kg per hektar och år (som ett genomsnitt för de två senaste åren). Vid Hissmossa uppskattades totaldepositionen till nästan 18 kg per hektar och år (varav en våtdeposition på drygt 12 kg och en torrdeposition på nästan 6 kg kväve per hektar och år). Figur 12B indikerar att den totala kvävedepositionen av oorganiskt kväve är över 15 kg per hektar och år i praktiskt taget hela Skåne län (bortsett från den nordöstra delen av länet). Detta är långt över den kritiska belastningsgränsen för skogsmarken i Sverige, 5 kg N/ha/år. Gränsen överskrids i länets skogar även om man bara använder resultaten från mätningarna från öppet fält (Figur 12A), d.v.s. utan torrdepositionen till skog medräknat.

A

B



Figur 12. A. Uppmätt nedfall av oorganiskt kväve (oorgN) med nederbörden till öppet fält (våtdeposition) vid olika mätstationer inom Krondroppsnetet under det hydrologiska året 2014/15. B. Beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve till granskog som ett medelvärde för de hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15. För beskrivning av metodik, se faktaruta nedan.

Faktaruta:

Metodik för att beräkna totalt nedfall av kväve och baskatjoner till skog.

För exempelvis svavel och havssalt fungerar krondroppsmätningar mycket bra för att beräkna det totala nedfallet, d.v.s. summan av våt- och torrdeposition, till skog. Andra ämnen, t.ex. kväve och baskatjoner, samverkar med trädkronorna, d.v.s. ämnet ifråga kan tas upp direkt till trädkronorna, vilket gäller t.ex. kväve, eller utsöndras från trädkronorna, vilket gäller t.ex. kalium. Detta gör att mätningar av krondropp inte direkt kan användas för att beräkna totala nedfallet av dessa ämnen. Därför används, med finansiering från Naturvårdsverket, kompletterande mätutrustning i form av strängprovtagare vid 10 platser med granskog runt om i landet. Mätningar med strängprovtagare kan tillsammans med mätningar av nederbörds-kemin över öppet fält samt krondropp från platsen ge en bättre uppskattning av torrdepositionen för dessa ämnen. Utifrån dessa mätningar kan andelen torrdeposition av den totala depositionen beräknas för de ämnen som interagerar med trädkronorna. Mätningar av nedfallet med nederbörden på öppet fält används som tidigare för att beräkna våtdepositionen.

Beräkningarna av det årliga, totala kvävenedfallet, som redovisas i denna rapport, Figur 12B, utgår från våtdepositionen över öppet fält för de hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 vid de mätplatser som markerats med svarta prickar i kartan, Figur 12B. Våtdepositionen kombineras med resultaten från två års mätningar (2013/14 & 2014/15) med strängprovtagare vid 10 platser i Sverige, där andelen torrdeposition av den totala depositionen (våt-+torrdeposition) har beräknats. Andelen torrdeposition av den totala depositionen varierar geografiskt på ett systematiskt sätt från sydväst mot nordost. Andelen torrdeposition kan därför beräknas för alla platser som markerats i Figur 12B. Utifrån detta kan det totala nedfallet av oorganiskt kväve beräknas för dessa platser. Slutligen interpoleras det totala nedfallet av oorganiskt kväve geografiskt med Kriging-teknik för att generera kartan i Figur 12B.

Metodiken med strängprovtagare beskrivs mer utförligt i nedanstående rapporter:

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., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson, Hansen, K. 2013.

Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL Rapport B 2058.

3.3 Markvatten

Markvattnet är det vatten som rör sig i marklagren under rotzonen men ovanför grundvattnet. Det utgör en länk mellan skogsmarken och grund- och ytvatten. I de följande kapitlen redovisas data från markvattenkemiska mätningar vid sju platser i Skåne län, samt en närliggande plats i Hallands län och en i Blekinge. Markvattenprovtagarna vid den nya ytan vid Arkelstorp installerades i november 2014.

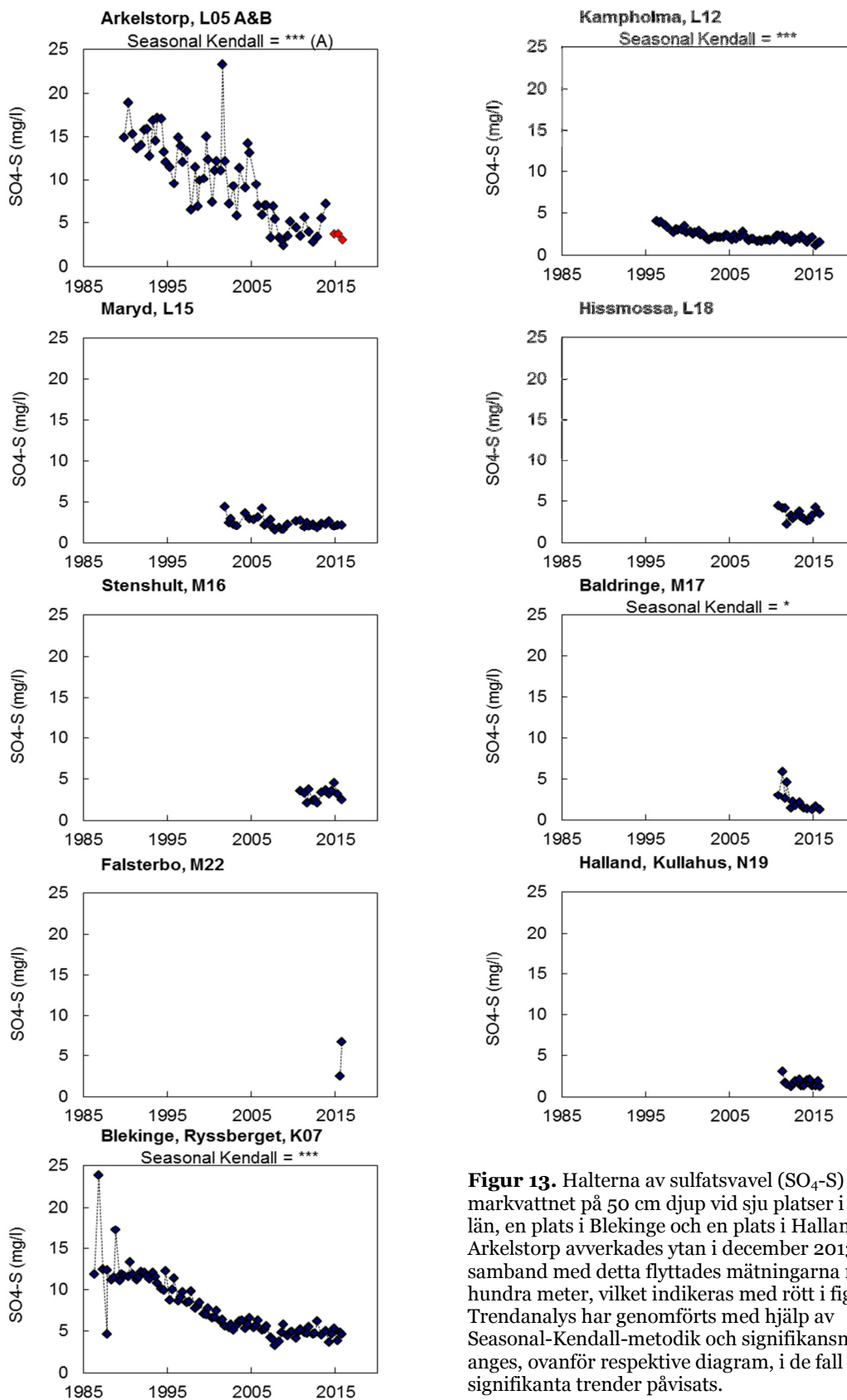
Först redovisas med korta kommentarer halter av svavel, kalcium och klorid. Därefter diskuteras ammonium- och nitratkväve och risken för kväveutlakning. Slutligen redovisas och diskuteras försurningsparametrarna pH, ANC och oorganiskt aluminium, samt försurningen av markvattnet i Skåne län. Den statistiska analysen av trender för markvatten är gjord med Seasonal-Kendallmetodik.

3.3.1 Svavel

Tidsutvecklingen av svavelhalten i markvattnet återspeglar utvecklingen av nedfall av svavel. Det finns dock ofta skillnader i trenderna i nedfall och markvatten, vilket till stor del beror på en fördröjning på grund av svaveladsorption/desorption i marken, som innebär att först försurningen, och sedan återhämtningen fördröjs.

I Arkelstorp har svavelhalten minskat kraftigt från mellan 15 och 20 mg/l kring 1990 till omkring 5 mg/l eller lägre de senaste åren (Figur 13), i enlighet med minskningen av svavelnedfallet. Mätningen hösten 2013 visade på en högre halt än de närmast föregående åren, 7 mg/l. Resultaten från mätningarna vid den nya ytan vid Arkelstorp visar att svavelhalterna där ligger på 3-4 mg/l.

Även i Kampholma kan en signifikant minskning påvisas från mitten av 90-talet, men nivåerna är betydligt lägre, med en minskning från ca 4 mg/l 1996 till omkring 1-2 mg/l de senaste åren. I Ryssberget (Blekinge) var svavelhalten i slutet av 80-talet på en nivå mellan Arkelstorp och Kampholma, ofta 11-12 mg/l. Även här har en signifikant minskning skett, och halten de senaste åren har varit omkring 5 mg/l. I Maryd startade mätningarna 2001, och tidsserien visar på en tendens till minskning, som dock inte är signifikant. De senaste åren har halterna varit ca 2 mg/l. I Hissmossa, Stenshult och Baldringe startade mätningarna 2010 och Kullahus (Halland) 2011. Vid Baldringe kan noteras en signifikant minskning av svavelhalten i markvattnet trots den korta mätserien (5 år). Halterna under 2015 har varit omkring 3-4 mg/l i Hissmossa, 2-3 mg/l i Stenshult, 1-2 mg/l i Kullahus (Halland) och drygt 1 mg/l i Baldringe.



Figur 13. Halterna av sulfatsvavel (SO₄-S) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

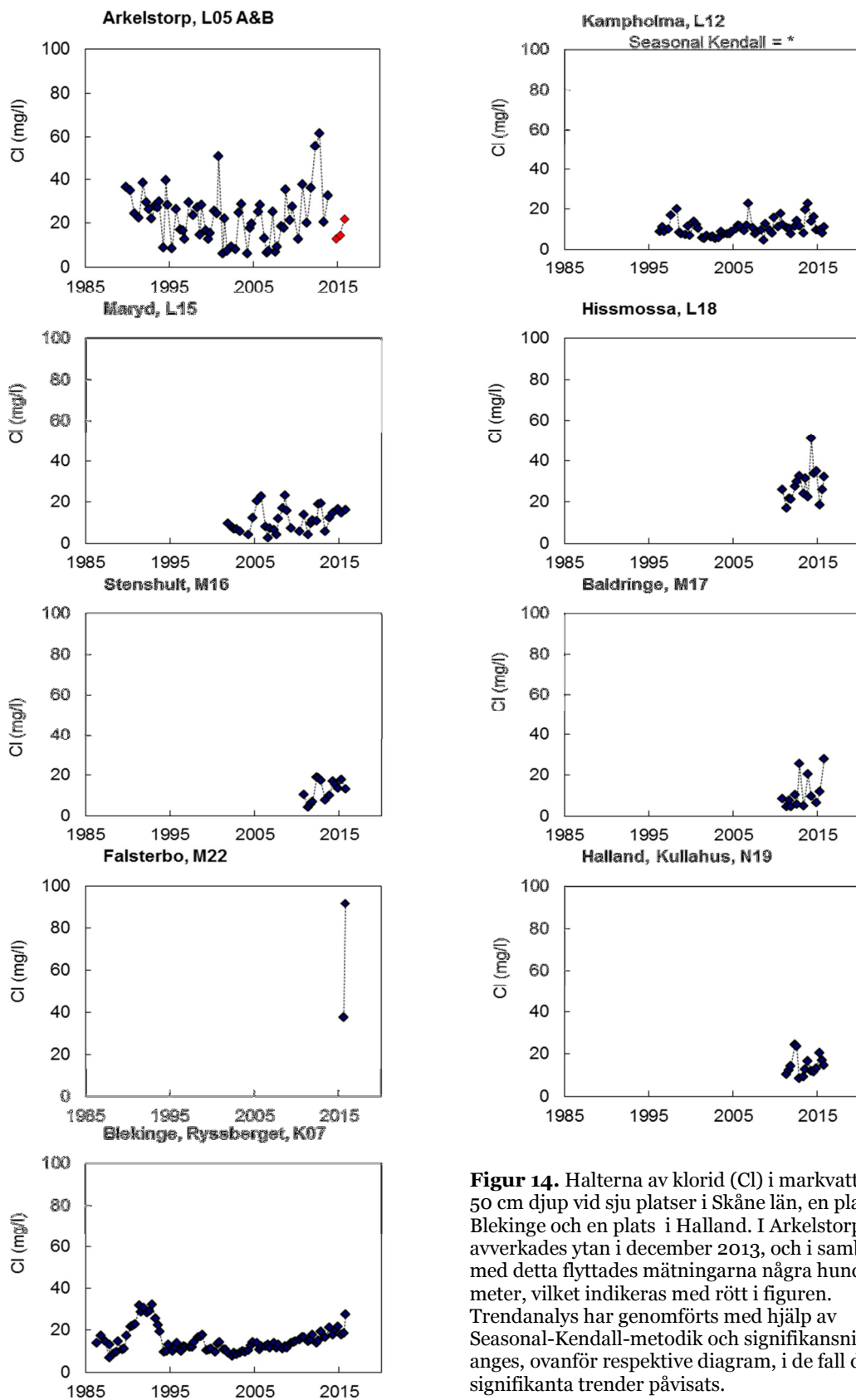
3.3.2 Klorid

Kloridhalten i markvattnet visar hur mycket havssalt som nått markvattnet, och kan användas för att förklara de försurningsrelaterade parametrarna i markvattnet (t.ex. pH, aluminium- och kalciumhalt). Kloridhalterna i markvattnet visas i Figur 14. Det finns en statistiskt säkerställd ökning i halter av klorid vid Kampholma. För de övriga åtta ytorna är inga förändringar i halter av klorid statistiskt säkerställda.

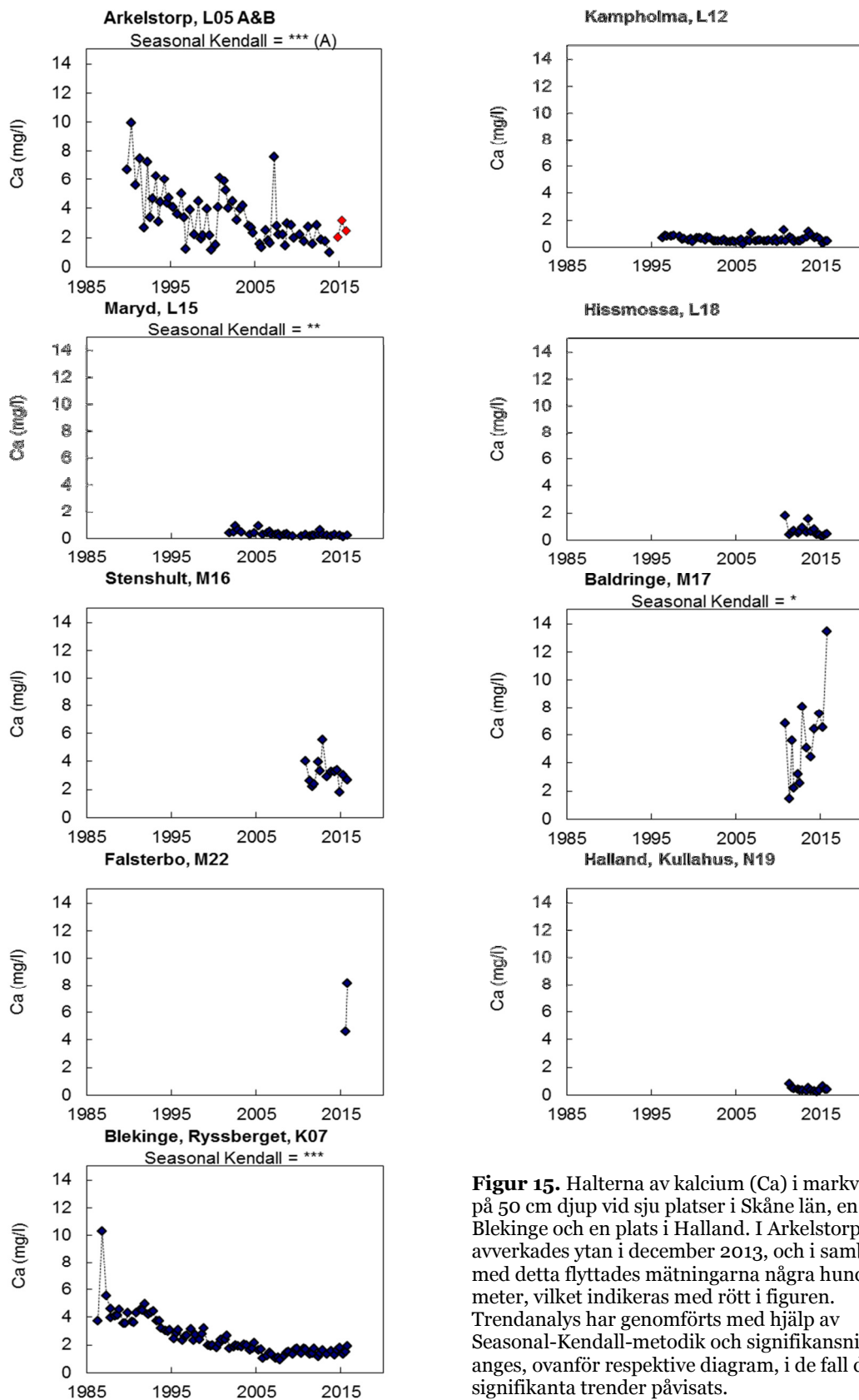
3.3.3 Kalcium

Halten av baskatjonerna kalcium, magnesium och kalium ökar generellt i markvattnet i försurningsförloppet, då vätejoner byter plats med baskatjonerna på markpartiklarna, och baskatjonerna därmed frigörs till markvattnet. Då försurningsbelastningen minskar, minskar även denna frigörelse till markvattnet, och halterna av baskatjoner går ner.

Arkelstorp är den yta i Skåne som har längst tidsserie, och som uppvisar den kraftigaste minskningen i försurningsbelastning. I denna yta har kalciumhalten minskat signifikant, från mellan 6 och 10 mg/l till omkring 2-3 mg/l (Figur 15). Ryssberget i Blekinge uppvisar en nästan lika kraftig minskning av kalciumhalten, i enlighet med minskningen av svavelhalten. Även i Maryd finns en signifikant minskning. I Kampholma har minskningen i försurningsbelastning varit mindre, och ingen signifikant trend för kalciumhalten kan påvisas. Det är anmärkningsvärt att kalciumhalten vid Baldringe ökat signifikant, samtidigt som svavelnedfallet har minskat under samma period. Mellanårsvariationerna är dock stora och mätserien är kort (5 år), så framtida mätningar får visa om detta är en bestående trend.



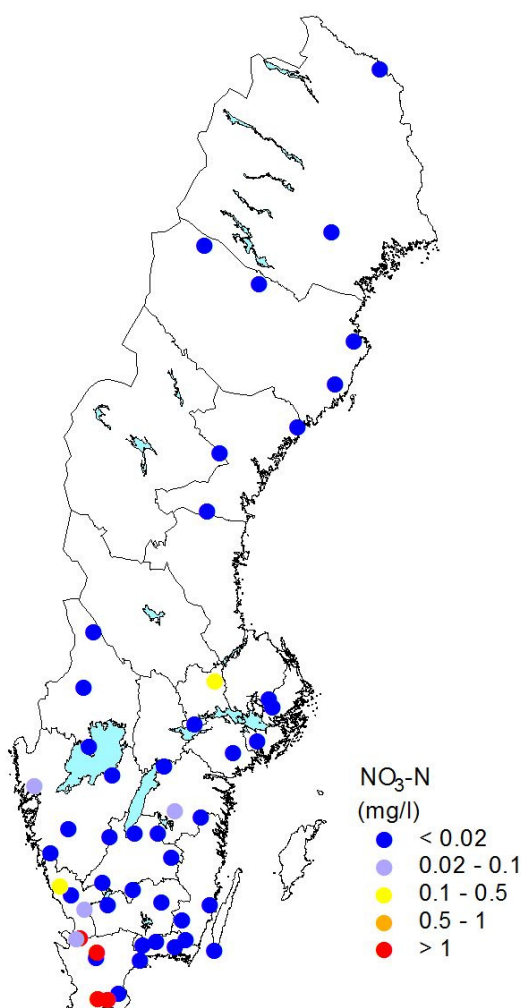
Figur 14. Halterna av klorid (Cl) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur 15. Halterna av kalcium (Ca) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

3.3.4 Ammonium- och nitratkväve och risken för kväveutlakning

På den absoluta merparten av Krondroppsnetets ytor i Sverige är kvävehalterna i markvattnet mycket låga, vilket innebär att skogen tar upp allt kväve, se Figur 16. I sydvästra Sverige, framför allt Skåne och Halland, förekommer dock förhöjda halter av främst nitratkväve i markvattnet, vilket kan förklaras av relativt högt kvävenedfall under lång tid. Förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet kan innebära risk för utlakning till ytvatten och därigenom ett bidrag till övergödningen. Dessutom innebär utlakning av nitratkväve försurning, eftersom vätejoner frigörs vid nitrifieringsprocessen. Om kväve lagrats upp i skogsmarken kan olika störningar, såsom avverkning, vindfällen eller skadeinsekter, ge upphov till förhöjda halter av nitrat och ammonium i markvattnet. Figur 16 visar nitrathalterna i markvattnet (medianvärde från de senaste tre årens mätningar) vid olika platser inom Krondroppsnetet.

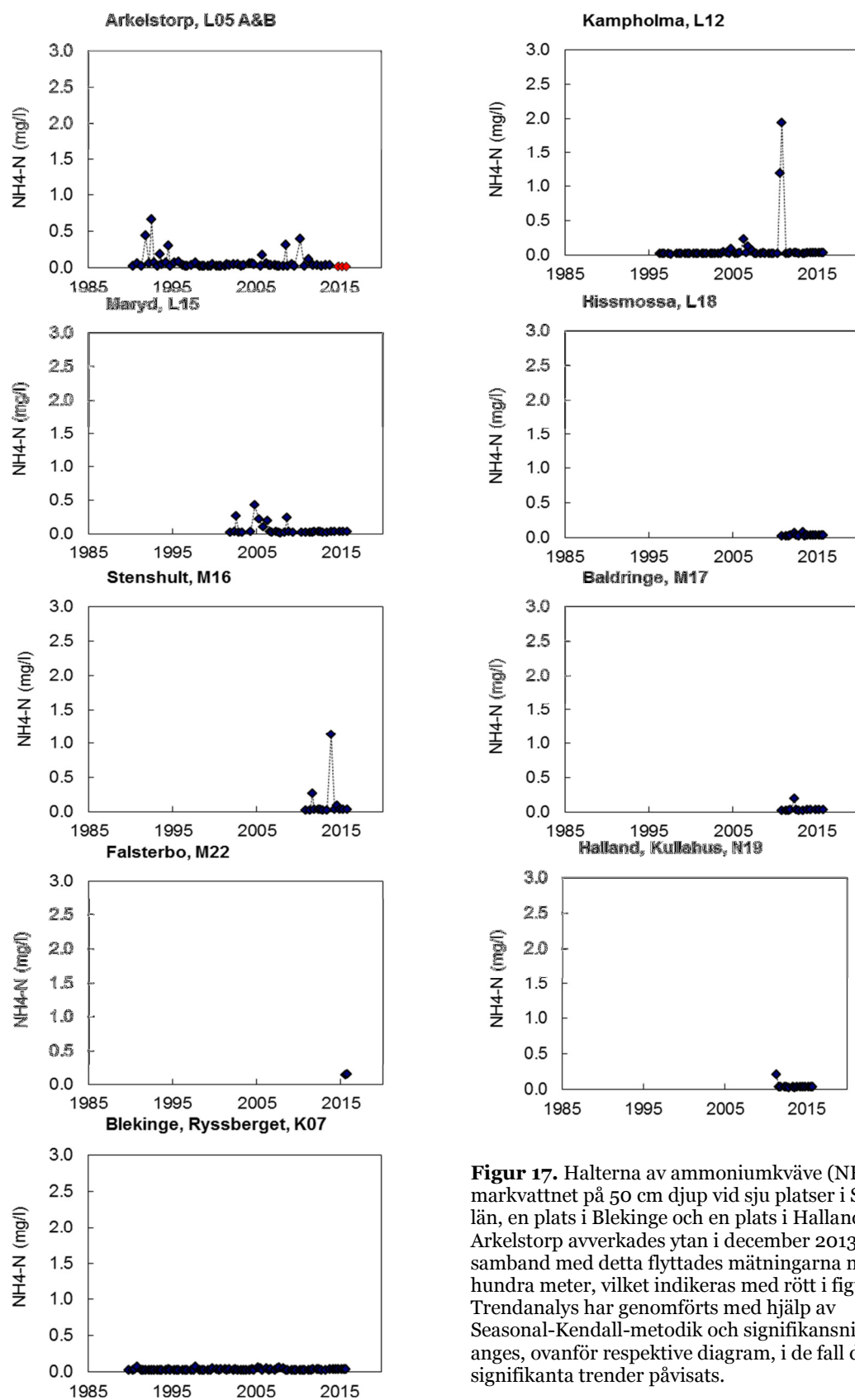


Figur 16. Koncentrationen av nitrat (NO₃-N) i markvattnet vid olika platser inom Krondroppsnetet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar.

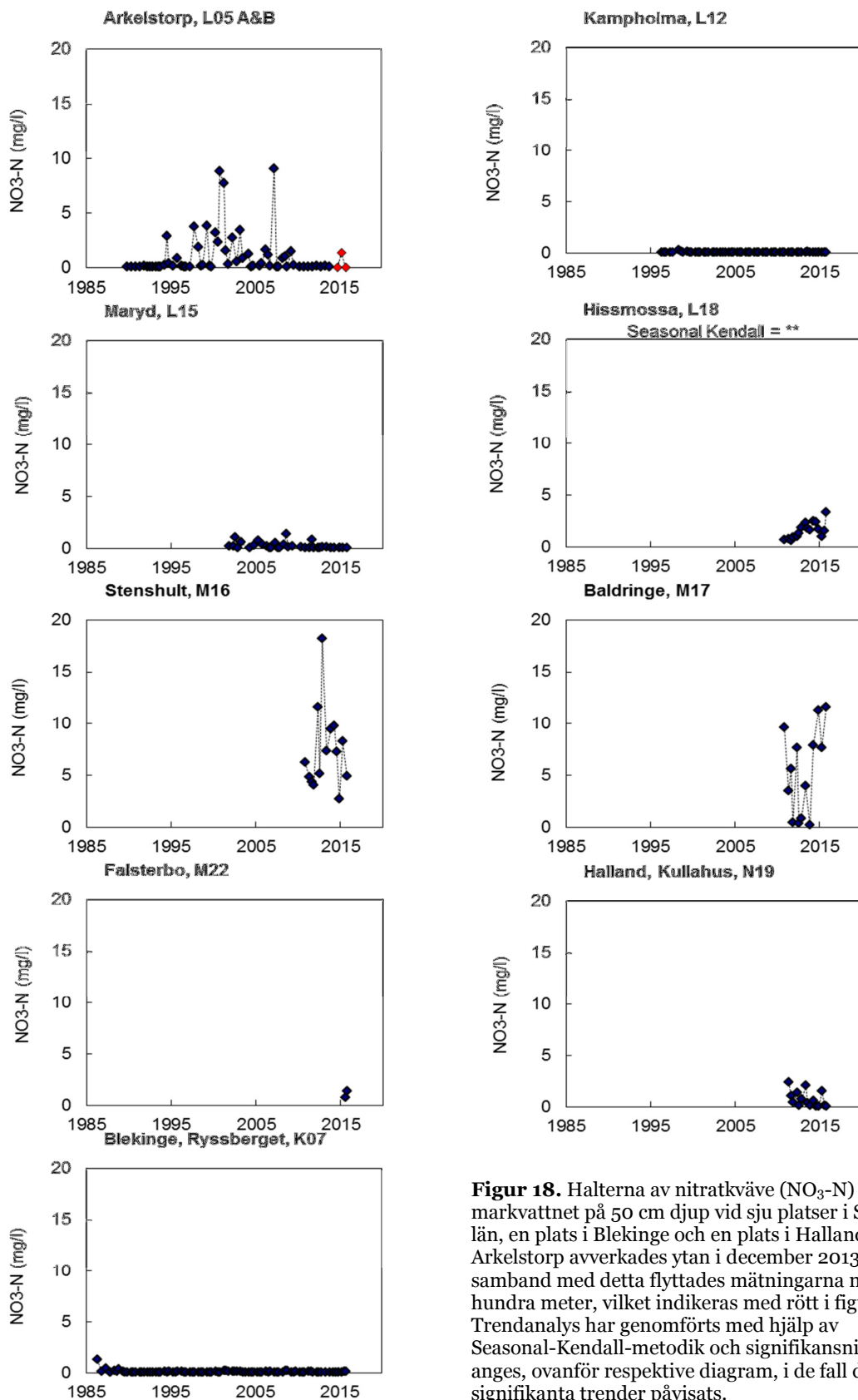
I Skåne har halten ammoniumkväve generellt varit låg, ofta nära noll, men med förhöjningar vissa tillfällen (Figur 17). Kraftigt förhöjda nitratkvävehalter har uppmätts vid alla platser genom åren utom vid bokytna i Kampholma (Figur 18). Även i Kullahus i Halland har halterna

av nitratkväve varit förhöjda, medan de varit konstant låga i Ryssberget (Blekinge). Stenshult, där kvävenedfallet varit mycket högt, är den yta med högst halter nitratkväve i markvattnet, mellan 2 och 18 mg/l, vilket är högre än på någon annan skogsyta i Sverige. Även i Baldringe har halterna oftast varit kraftigt förhöjda, särskilt under det senaste hydrologiska året, med nitrathalter på mer än 11 mg/l. Arkelstorp har uppvisat kraftigt förhöjda nitratkvävehalter under perioden 1994 och 2009, som högst 9 mg/l. Två gallringar utfördes, 1995 och 1998, vilket kan ha bidragit, men första förhöjda halten inträffade innan första gallringen så andra faktorer har också spelat in. Nitrathalterna vid den nya provytan i Arkelstorp är låga och förefaller således ligga på samma nivå som de senaste åren i den gamla provytan.

I Hissmossa där nitratkvävehalten varit förhöjd, oftast mellan 1 och 2 mg/l, uppmättes den senaste säsongen halter på över 3 mg/l. I Maryd har halterna varit under 0,1 mg/l under de senaste 5 åren. Tidigare har värdena ofta varit förhöjda, men i de flesta fall under 1,0 mg/l. Den högsta noteringen var 1,3 mg/l.



Figur 17. Halterna av ammoniumkväve (NH₄-N) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

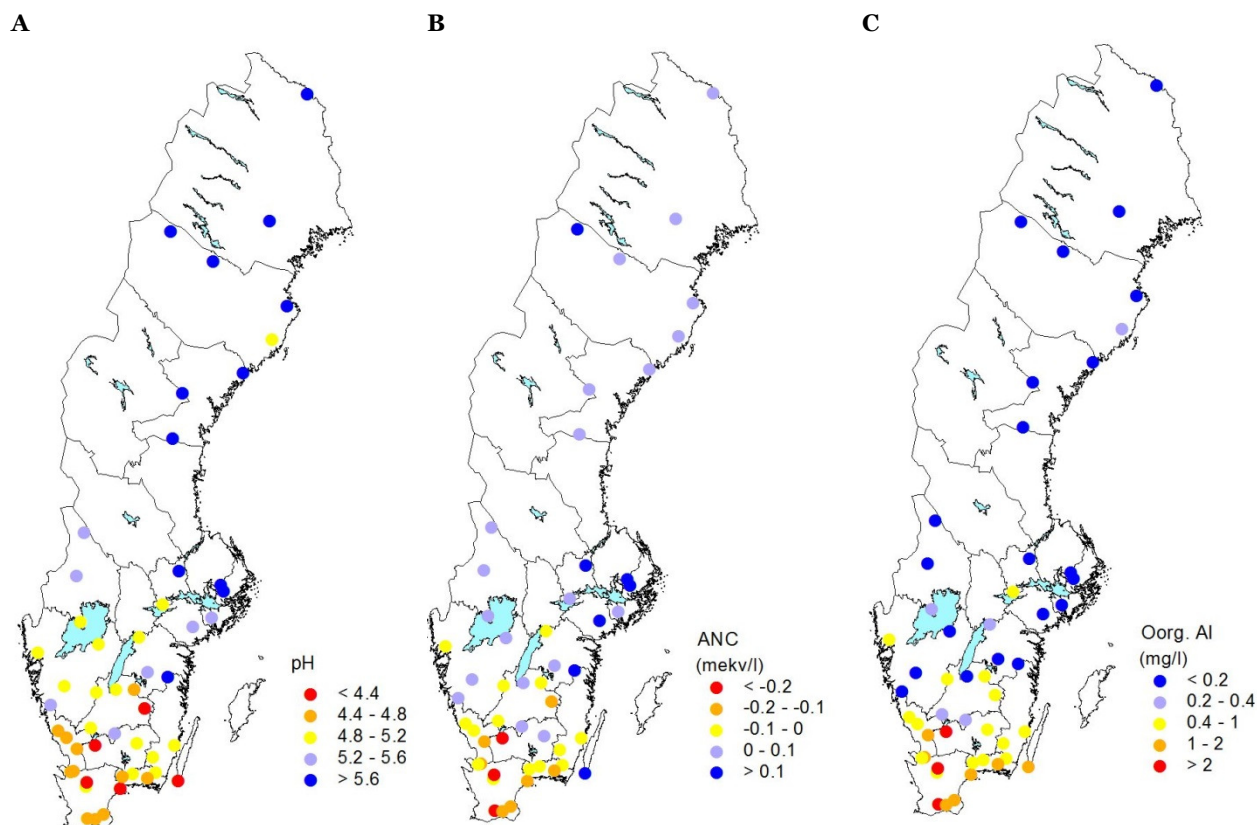


Figur 18. Halterna av nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

3.3.5 Försurningsrelaterade parametrar: pH, ANC och oorganiskt Al

Markvattnets pH och ANC (syraneutraliserande förmåga) är två mått på försurningen i markvattnet, som kan användas för att följa återhämtningsförloppet. Ett negativt ANC innebär att det inte finns någon syraneutraliserande förmåga i markvattnet. Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på jordens mineralinnehåll i området, halterna av organiska ämnen m.m. Ett pH < 4,5 anses dock i de flesta fall indikera kraftig försurning. Även halten oorganiskt aluminium, som är en form av aluminium som är giftig för växter och djur, och som ökar vid surare förhållanden, kan användas som en försurningsindikator.

Figur 19 visar pH, ANC och oorganiskt aluminium i markvattnet (medianvärde för de tre senaste åren) vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det finns en gradient vad gäller markförsurningen redovisat på detta sätt från sydväst mot nordost, med det framgår också att det inom denna gradient finns vissa lokala variationer. Orsakerna till dessa lokala variationer är föremål för forskning.



Figur 19. pH (A), ANC (B) och oorganiskt aluminium (C) hos markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren. Ett värde på ANC < 0 diskuteras som en indikator för försurning av skogsmarken.

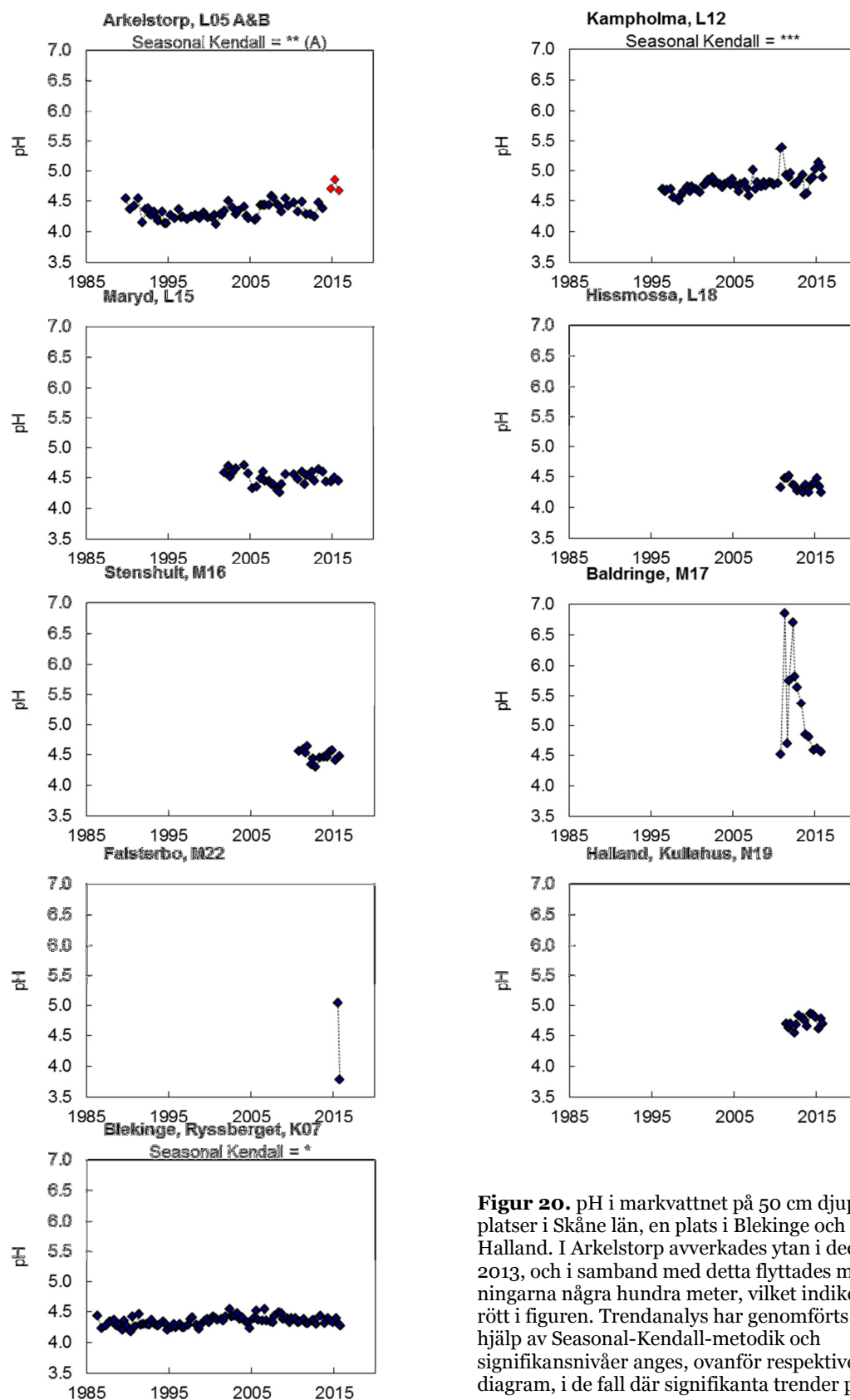
I Arkelstorp och Kampholma, som är de ytor i Skåne med längst tidsserier, visar alla försurningsparametrar (pH, ANC och oorganiskt Al) på en signifikant återhämtning (Figur 20, 21 och 22). Utvecklingen i Arkelstorp går dock inte enbart att förklara med minskningen i svavelnedfall. Nitrifieringen som ledde till förhöjda nitrathalter i mitten av perioden har bidragit till lägre pH mellan ca 1995 och 2005, och även variationerna i kloridhalter, som påverkat jonbytesprocesserna, har påverkat utvecklingen av de försurningsrelaterade parametrarna. Även i Ryssberget (Blekinge) kan signifikanta öknings av pH och ANC samt en signifikant minskning i halten oorganiskt aluminium påvisas sedan 1986, då mätningarna startades. Kraftiga havssaltsepisoder i början av 90-talet (Figur 14) påverkade dock tidsutvecklingen för framför allt ANC och halten oorganiskt aluminium mycket, med en temporär minskning i ANC och en förhöjning av halten oorganiskt aluminium under denna period. Detta gör att det är svårt att bedöma hur stor återhämtningen är. För Maryd finns inga signifikanta trender, och de tre ytorna Hissmossa, Stenshult och Baldringe har för korta tidsserier för att utvärdera försurnings-trender, liksom Kullahus i Halland.

I Maryd, Hissmossa, Stenshult och Ryssberget (Blekinge) var pH under 2015 lågt, mindre än 4,6. Vid Baldringe har pH-värdet varierat mycket tidigare (4,5-6,9), vilket kan ha att göra med initieringen av mätningarna och/eller problem med omrörning i marken orsakad av vildsvin innan ytan inhägnades. Under de tre senaste mätningarna har pH-värdet varit på en stabil nivå, 4,6. Mätningarna vid den nya ytan vid Arkelstorp visade ett högre pH (omkring 4,8) jämfört med den tidigare ytan (omkring 4,3).

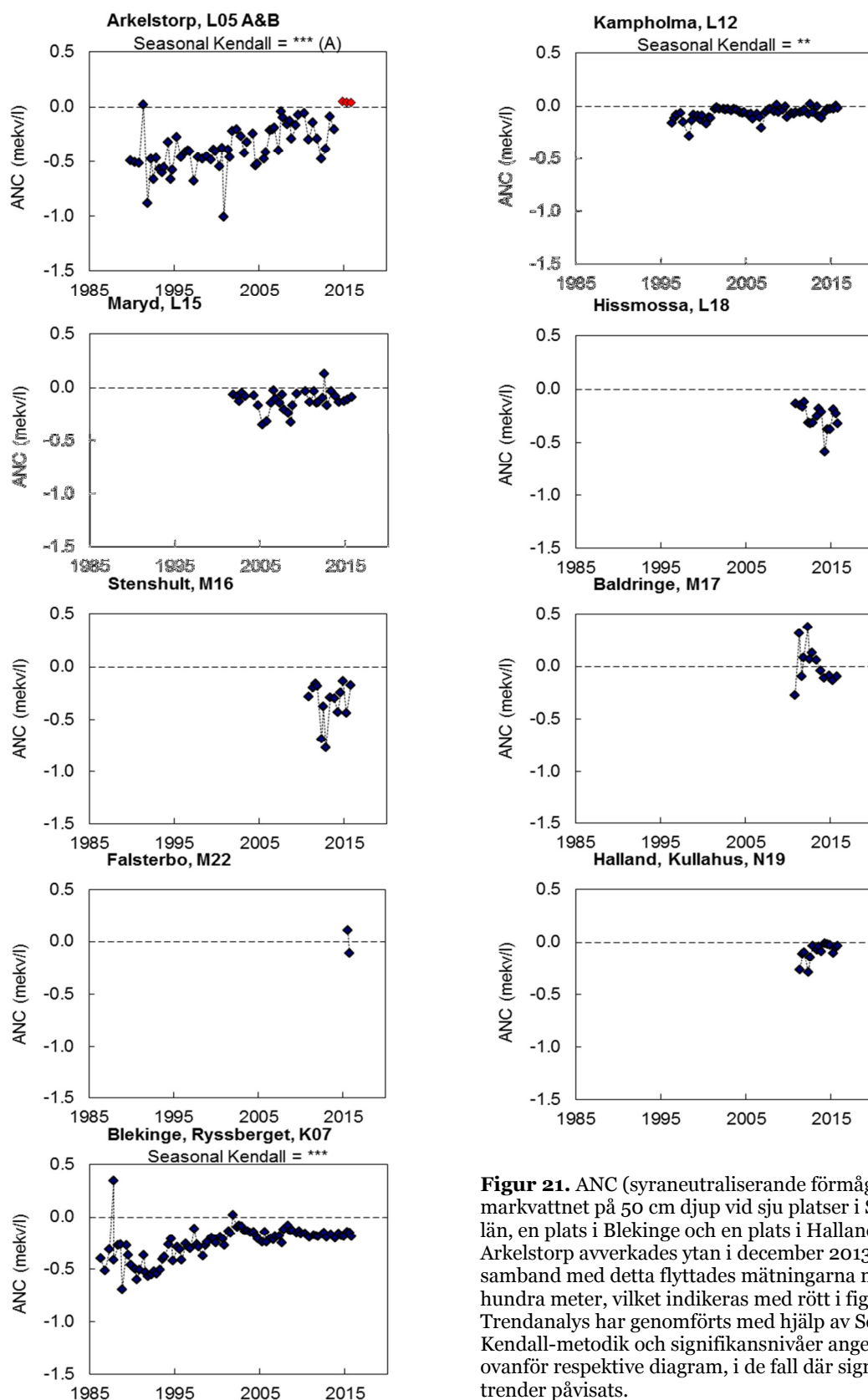
Kampholma och Kullahus i Halland uppvisade högst pH-värden, mellan 4,9 och 5,1 i Kampholma och 4,6 till 4,8 i Kullahus. Vid Falsterbo finns endast 2 mätvärden med stor variation (3,8 och 5,0). Framtida mätningar får visa var pH-nivån i Falsterbo ligger.

Den syraneutraliserande förmågan, ANC, har varit kraftigt negativ i Stenshult, Hissmossa och Ryssberget (Blekinge) de senaste åren, vilket innebär att det inte finns någon syraneutraliserande förmåga i markvattnet. I Maryd, Kampholma och Kullahus (Halland) har ANC generellt varit negativ, men i Kampholma mycket nära noll. Även Baldringe har under de senaste mätningarna uppvisat negativa värden på ANC. Tidigare har ANC vid Arkelstorp varit under noll, men den nya ytan uppvisade positiva värden. Vid Falsterbo finns endast två mätvärden, ett positivt och ett negativt.

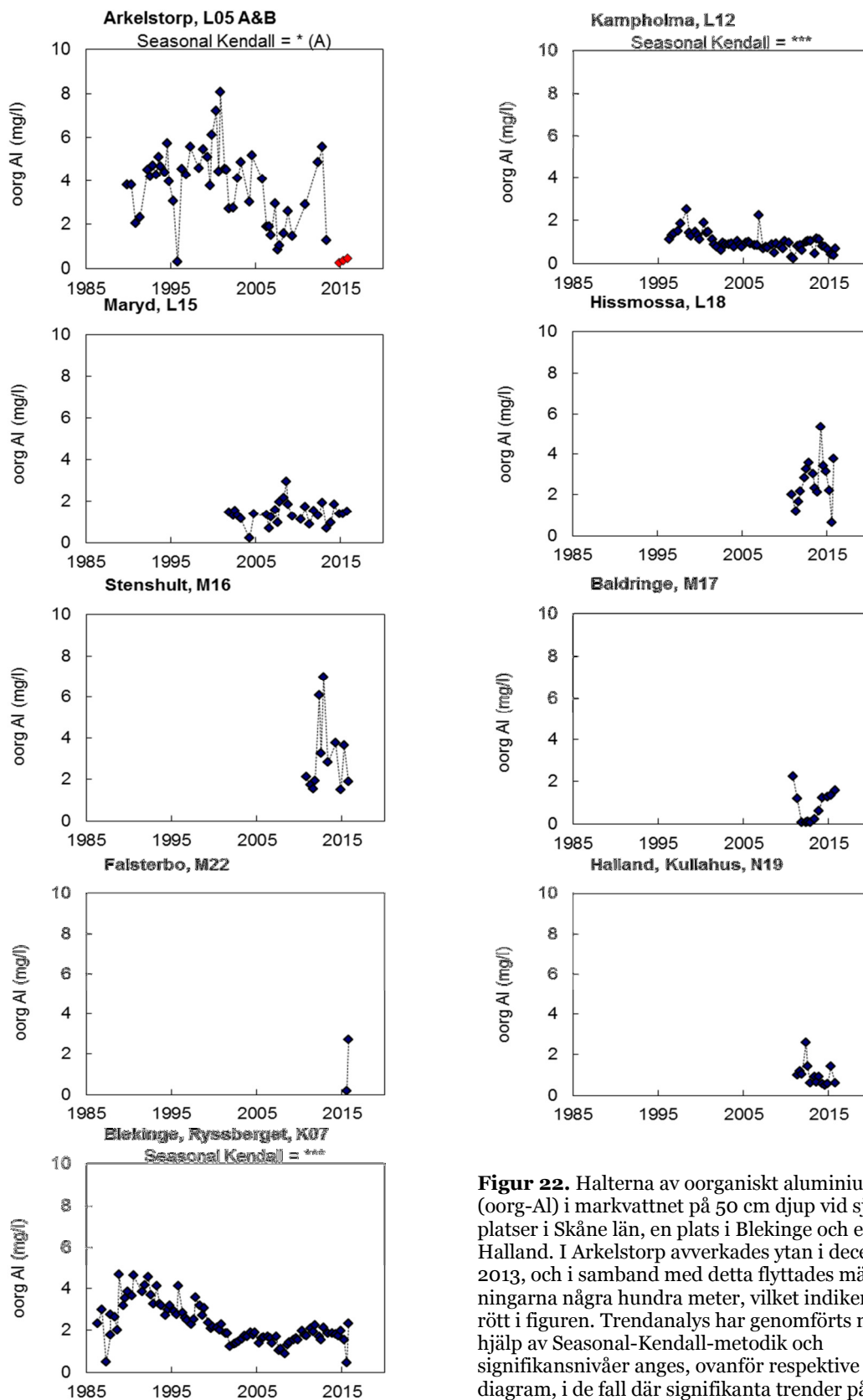
Halten oorganiskt aluminium har generellt varit hög, framför allt i Stenshult, Hissmoss, Ryssberget (Blekinge) samt vid den tidigare ytan vid Arkelstorp där maxnoteringarna uppgått till mellan 5 och 8 mg/l. Vid den nya ytan vid Arkelstorp låg halterna av oorganiskt aluminium dock på 0,2-0,5 mg/l.



Figur 20. pH i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur 21. ANC (syranutraliserande förmåga) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur 22. Halterna av oorganiskt aluminium (oorg-Al) i markvattnet på 50 cm djup vid sju platser i Skåne län, en plats i Blekinge och en plats i Halland. I Arkelstorp avverkades ytan i december 2013, och i samband med detta flyttades mätningarna några hundra meter, vilket indikeras med rött i figuren. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

3.3.6 Försurning av markvattnet i Skåne

Skåne är ett av de län i Sverige som har störst problem med försurning. Försurningen orsakas främst av försurande nedfall, framför allt svavel, men även av kvävenedfall samt skogsbruk. Svavelnedfall har en direkt försurande effekt medan kvävenedfall försurar först om skogs-ekosystemets förmåga att ta upp kväve överskrids och det börjar läcka nitratkväve.

Halterna av sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) i markvattnet har mer än halverats i de två längsta tidsserierna i länet. Även vid mätplatsen i Blekinge, nära gränsen till Skåne, har sulfatsvavelhalterna mer än halverats. Tidsutvecklingen återspeglar i stort utvecklingen av nedfall av svavel. Det finns dock skillnader i trenderna i nedfall och markvatten, vilket till stor del beror på en fördröjning på grund av svavelabsorption/desorption i marken, som innebär att först försurningen, och sedan återhämtningen fördröjs.

Normalt minskar även halterna av baskatjonen kalcium parallellt med svavel, som en följd av att laddningsneutraliteten i markvattnet upprätthålls. I länet visar två platser minskande kalciumhalter i markvattnet.

Vid den högt belägna granytan Arkelstorp i nordöstra Skåne har försurningsproblematiken varit värst, med ett svavelnedfall på 15-20 kg S per hektar och år i början på 90-talet, ett markvatten med pH som lägst ner mot 4,1, ett ANC på -1,0 mekv/l samt halter av oorganiskt aluminium upp mot 8 mg/l. Det har dock skett en dramatisk förbättring vad gäller indikatorerna för försurning sedan mätstarten 1989. När mätningarna vid Arkelstorp avslutades 2013 låg pH fortfarande under 4,5, ANC var under noll och det fanns en del oorganiskt aluminium kvar i markvattnet. Den nya ytan vid Arkelstorp visar i nuläget mindre försurning jämfört med den tidigare ytan, med ett pH omkring 4,7, positivt värde för ANC samt lägre halter oorganiskt aluminium i markvattnet (under 0,5 mg/l). I nuläget är den nya ytan vid Arkelstorp, samt bokyten vid Kampholma de skånska Krondroppsytorna som visar bäst värden på försurningsindikatorerna. Vid Kampholma är pH omkring 5, ANC omkring noll samt halterna av oorganiskt aluminium lägre än 1,0 mg/l.

4 Aktuellt 2015

4.1 Krondropps nätets 30-årsjubileum



Den 13-14 oktober 2015 firade Krondropps nätet 30 år. Detta gav oss en unik möjlighet att samla, inte bara de som för närvarande är engagerade i Krondropps nätet, utan även de som tidigare har varit drivande inom projektet.

Firandet inleddes med presentationer om hur Krondropps nätet startade samt om historiken och syftet med övervakningen. Därefter presenterades hur det framtida skogsbruket kan se ut samt vilket behov det finns av miljöövervakning i skogen. Vi hörde även föredrag om Krondropps nätets frågeställningar i ett internationellt perspektiv utifrån synvinklar från LRTAP³ och AirClim⁴ samt varför Havs- och vattenmyndigheten är intresserade av skogsbruk och kopplingen mark-vatten. Genom tre olika föredrag fick vi belyst Krondropps nätets roll inom tre myndigheters olika ansvarsområden. De tre myndigheterna var: Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten och Naturvårdsverket. Under de två dagarna presenterades även resultat från verksamheten inom Krondropps nätet av projektledningsteamet.

Under firandet genomfördes en uppskattad exkursion till Krondropps nätetsytan Timrilt utanför Halmstad. Under exkursionen presenterades försurnings- och övergödningsproblematiken i Halland samt Krondropps nätets koppling till Skogsstyrelsens observations (OBS)-ytor.

Jubileumsprogrammet avslutades med en panel-diskussion om Krondropps nätets roll i framtida skoglig miljöövervakning. Moderator var Håkan Pleijel (Göteborgs universitet) och i panelen ingick Hillevi Eriksson (Skogsstyrelsen), Maria Barton (Naturvårdsverket), Ulrika Stensdotter Blomberg (Havs- och vattenmyndigheten), Christer Ågren (AirClim) och Peringe Grennfelt (IVL).



³ Luftkonventionen om långväga transporterade luftföroreningar

⁴ Luftförorenings- och klimatsekretariatet

Vi tackar alla föredragshållare och paneldeltagare för mycket intressanta föredrag och diskussioner: Peringe Grennfelt, Hans Hultberg och John Munthe (IVL); Eva Hallgren-Larsson (Kronobergs läns Luftvårdsförbund); Ulf Lettevall (f.d. miljövårdsdirektör Blekinge), Göran Örlander (Södra); Lars Stibe och Jennie Thronée (Länsstyrelsen i Hallands län); Bengt Nihlgård (Prof. emeritus Lunds universitet); Stefan Anderson (Skogsstyrelsen); Christer Ågren (AirClim); Per Olsson och Ulrika Stensdotter Blomberg (Havs- och vattenmyndigheten); Hillevi Eriksson (Skogsstyrelsen); samt Maria Barton (Naturvårdsverket).

Vi tackar även alla i publiken som hade möjlighet att närvara, för ett stort engagemang och intressanta diskussioner. Det var ett mycket givande jubileumsfirande och vi i projektledningsteamet ser verkligen fram emot de kommande 30 årens arbete inom Krondroppsnetet.



I samband med att Krondroppsnetet fyllde 30 år presenterades en nyproducerad populärvetenskaplig temarapport "Krondroppsnetet 1985-2015 – tre decenniers övervakning av luftföroreningar och dess effekter på skogsmark" som sammanfattar 30 års arbete inom Krondroppsnetet.

I jubileumsskriften kan läsas om:

- Hur allt började...
- Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?
- Minskar halterna av luftföroreningar över Sverige?
- Minskningen av svavelnedfallet – en framgångssaga
- Markens försurningsminne avspeglas i markvattnet
- Hur stort är kvävenedfallet – egentligen?
- Skogsekosystemet tar upp allt kväve – eller?
- Extrema händelser i skogen – allt viktigare i miljömålsuppföljningen
- Vattnets väg från mark till bäck
- En resa in i framtiden med ekosystemmodellen ForSAFE
- Krondroppsnetet – 2015 och framåt

Jubileumsskriften kan hämtas hem från Krondroppsnetets webbplats: www.krondroppsnetet.ivl.se. Den går även bra att beställa från IVL i tryckt version.



Krondroppsnetet 1985-2015

- tre decennier med övervakning av luftföroreningar
och dess effekter i skogsmark

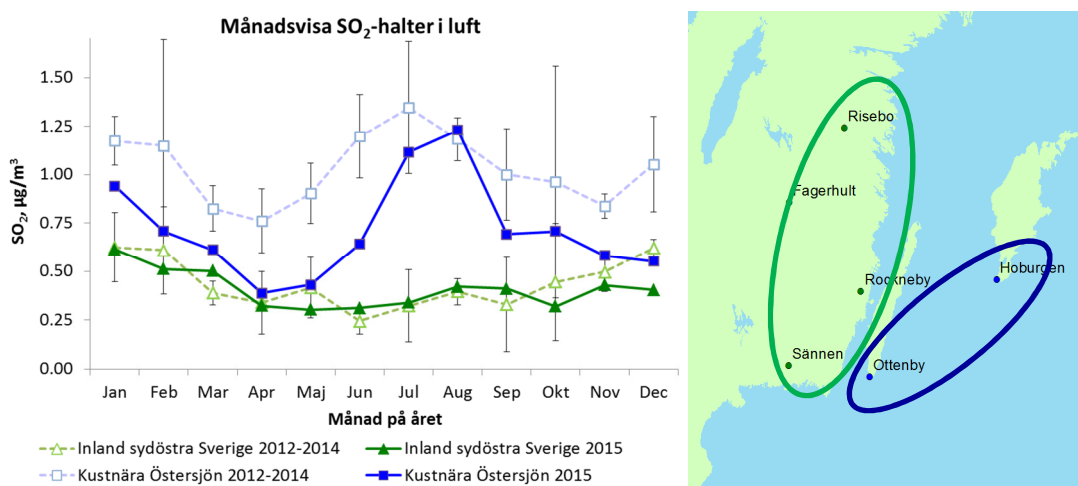
4.2 Minskad svavelhalt i fartygsbränsle ger lägre SO₂-halter i luft

Gränsvärdena för hur mycket svavel som fartygsbränsle får innehålla skärptes den 1 januari 2015, från tidigare 1 procent till 0,1 procent svavel. Beslutet att skärpa gränsvärdet för hur mycket svavel som fartygsbränsle får innehålla ser ut att ha gett resultat. Mätningar av lufthalter inom Krondroppsnetet och Luft- och Nederbördskemiska nätet (LNKN)⁵ visar att halterna av svaveldioxid vid två kustnära platser i Östersjön som medelvärde för 2015 (jan-dec) var cirka 30 % lägre jämfört med motsvarande medelvärde för de tre närmast föregående åren. För andra mätplatser inom Krondroppsnetet och LNKN i sydöstra Sverige, belägna längre inåt landet, syns inte motsvarande förändring.

Resultaten från mätningarna behöver dock bekräftas genom ytterligare analyser vad gäller till exempel väder och rådande vindriktningar, för att helt kunna fastslå fartygsutsläppens betydelse för de minskade lufthalterna av SO₂ vid kustnära platser samt eventuell fortsatt minskning. Fortsatta mätningar får visa om även lufthalterna av svaveldioxid i inlandet kommer att minska.

Halten av svavel i bränslet påverkar utsläppens inverkan på luftföroreningarna på flera olika sätt. De svenska resultaten stämmer överens med resultaten från danska mätningar vid Anholt, Tange och Risö, som visar på en minskning av svaveldioxidhalten i luften på mellan 50 och 60 % för perioden jan-maj 2015, jämfört med medelhalten för perioden jan-maj 2011-2014. Ref: Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Dato: 2 oktober 2015.

I Figur 23 visas månadsmedelhalter av svaveldioxid i luften vid två kategorier av platser (kustnära vid Östersjön samt inlandet i sydöstra Sverige) uppdelat på olika månader på året. I den kustnära kategorin ingår mätplatsen Ottenby som ligger på Ölands södra udde samt mätplatsen Hoburgen på Gotlands södra udde. I inlandskategorin ingår fyra mätplatser, Rockneby och Risebo i Kalmar län, Sannen i Blekinge län och Fagerhult i östra delen av Jönköpings län. Mätplatserna Ottenby, Rockneby, Risebo och Fagerhult ingår i Krondroppsnetet medan Hoburgen samt Sannen ingår i LNKN. Mätningarna har finansierats av Naturvårdsverket (Ottenby, Hoburgen samt Sannen), Kalmar läns luftvårdsförbund (Rockneby, Risebo) samt Jönköpings läns luftvårdsförbund (Fagerhult).



Figur 23. I diagrammet visas månadsvisa värden dels för 2015 (fyllda symboler), dels som medelvärde för respektive månad för 2012-2014 (ofyllda symboler). Blå symboler visar medelvärdet för de kustnära platserna och gröna symboler gäller platserna i inlandet. Standardavvikelsen visas med staplar.

⁵ Mätningarna inom Luft- och Nederbördskemiska nätet genomförs av IVL inom ramen för den nationella miljöövervakningen, finansierad av NV.

4.3 Nytt Program inom Krondroppsnetet, 2015-2020

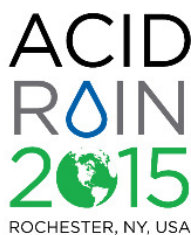
Under 2015 initierades ett nytt sexårigt samarbetsprojekt som finns att läsa om på Krondroppsnetets webbplats: www.krondroppsnetet.ivl.se.

Grundtanken med programmet är att, utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar, ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på växtlighet, mark och vatten.

Program 2015-2020 utgör en fortsättning på det tidigare programmet (2011-2014) med några förändringar.



4.4 Forskare inom Krondroppsnetet deltog i konferensen Acid Rain i Rochester, USA i oktober 2015



Konferensen Acid Rain hålls vart 5:e år och utgör ett forum för forskare och beslutsfattare att diskutera forskningsfrågor och policies relaterade till försurning- och återhämtning. Temat för årets konferens var: "Successes Achieved and the Challenges Ahead".

Vid konferensen presenterade Cecilia Akselsson en poster som beskrev återhämtning från försurning och kväveutlakning vid tre krondroppsytor som drabbats av klimatrelaterade händelser: havssaltepisoder, storm och insektsangrepp.

Postern: "Recovery from acidification and N leaching under the influence of climate related events: sea salt episodes, wind throws and insect attacks" mottogs med stort intresse, och finns att läsa på Krondroppsnetets webbplats: www.krondroppsnetet.ivl.se

4.5 Ny rapport om kritisk belastning för försurning och övergödning på regional nivå, på uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län

Under 2015 utförde IVL tillsammans med Lunds universitet kartläggningar av kritisk belastning för aciditet och kväve för olika ekosystemtyper i Norrbottens län, på uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län. Tre olika modeller användes: PROFILE, ForSAFE och MAGIC. Dessutom beräknades kritisk belastning för kväve baserat på empiriskt framtagna gränsvärden. Flera av kartläggningarna baserades på redan utförda nationella beräkningar, som skalades ner till Norrbottens län. I rapporten ingår även en analys av rådande kunskapsläge av kvävet inverkan på fjällnära vegetation.

Kartläggningarna av kritisk belastning och överskridande i Norrbottens län visade att problemen med försurning och övergödning är små i länet. Resultaten visade dock att det finns risk för överskridande av den kritiska belastningen för försurning och övergödning kväve i mindre områden i länets östligaste delar. Den kritiska belastningen av aciditet överskrids på 1 % av länets area med avseende på sjöar. När det gäller skogsmark visade den dynamiska modellen ForSAFE att det inte finns något överskridande alls, medan den statiska modellen PROFILE visade på ett överskridande på 0,5 % av de modellerade provytorna, det vill säga i samma storleksordning som för sjöarna. Det är längs kusten, där nedfallet är som störst, som risken för överskridanden finns.

Beräkningarna avseende övergödning kväve ger lite olika resultat med de olika metoderna. Modellberäkningarna där markvegetation samt kvävehalter i markvatten används som kriterier visade på överskridande i de östligaste delarna av länet. För de största arealerna visade beräkningarna dock inte på något överskridande. Enligt beräkningarna med de empiriskt satta gränserna fanns inget överskridande alls. Dock är det viktigt att påpeka att det finns begränsningar med empirisk beräkning av kritisk belastning för kväve. Det skulle till exempel kunna finnas vegetationstyper som är känsligare med avseende på kväve än de vegetationstyper som använts för att ta fram gränsvärdena, till exempel i fjällområdena. Kunskaperna om kväveeffekter på olika ekosystem behöver förbättras för att kunna kartlägga detta.

Läs mer i: Akselsson, C., Belyazid, S., Jutterström, S., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., 2015. Kritisk belastning för försurning och övergödning i Norrbottens län. IVL Rapport NR C 126. Rapporten kan hämtas hem från Krondroppsnetets webbplats: www.krondroppsnetet.ivl.se eller från IVLs hemsida: www.ivl.se.

4.6 Temarapport under 2016

Under hösten 2016 kommer en temarapport att ges ut som sannolikt kommer att behandla effekterna av vulkanutbrottet på Island vid Holuhraun som startade den 31 augusti 2014 och pågick till 27 februari 2015. Mycket stora mängder lava strömmade ut och utbrottet var det största på Island sedan 1783. I marknivå i vulkanens närhet uppmättes svaveldioxidhalter på över 80 000 µg/m³. Röken från vulkanen i Holuhraun har enligt beräkningar producerat mer svaveldioxid på ett halvår än hela Europas årliga samlade utsläpp, inklusive sjöfarten. Inom Krondroppsnetets mätningar kunde förhöjda svavelhalter i luften och en förhöjd svaveldeposition detekteras. Forsök pågår med att koppla modellberäkningar och trajektorier till mätningar inom bl.a Krondroppsnetet för att se om de förhöjda svavelhalterna och det förhöjda svavelnedfallet under det hydrologiska året 2014/15 kan förklaras av vulkanutbrottet.

Bilaga 1. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter och markvatten.

Tabell B1:1. Medelvärde under **hydrologiskt år samt kalenderår** från mätningar över **öppet fält** i Skåne län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha →										
Hissmossa	14/15	785	0,07	3,8	2,8	23,1	4,2	6,5	1,9	1,7	13,2	1,9	0,12
Stenshult	14/15	722	0,01	4,5	3,7	17,7	5,4	10,3	3,0	1,6	10,9	3,5	0,37
Hissmossa	2014	747	0,05	4,2	3,6	13,8	4,3	9,6	2,3	1,2	8,8	3,0	0,11
Stenshult	2014	766	0,01	5,1	4,6	11,1	5,1	15,4	2,8	1,2	6,6	4,1	0,11

Tabell B1:2. Öppet fältdata från Skåne län där organiskt kväve analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N och orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha →	
Hissmossa	14/15	785	10,6	1,9
Stenshult	14/15	722	15,7	3,3
Hissmossa	2014	747	13,8	4,4
Stenshult	2014	766	20,5	6,6

Tabell B1:3. Krondroppsdata från Skåne län, komplett **hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha →										
Arkelstorp	14/15	488	0,02	4,3	3,0	28,1	2,9	3,1	4,6	2,8	13,4	16,1	1,41
Kampholma	14/15	730	0,02	5,2	3,2	44,3	3,9	4,4	4,3	3,0	23,4	27,1	0,45
Maryd	14/15	448	0,02	5,5	4,0	34,5	6,3	8,9	4,2	2,5	17,2	17,5	0,83
Hissmossa	14/15	661	0,03	5,7	3,1	57,9	4,6	4,1	5,2	4,2	29,9	18,9	0,46
Stenshult	14/15	528	0,02	8,3	5,9	51,4	8,8	9,6	6,5	3,9	26,1	18,1	2,02
Baldringe	14/15	494	0,01	4,0	2,8	25,4	4,1	5,5	7,0	3,4	12,8	28,2	1,64
Arkelstorp	2014	495	0,03	6,7	5,4	27,0	3,4	3,7	5,2	3,3	15,6	19,9	1,55
Kampholma	2014	749	0,09	6,0	4,4	33,9	5,1	5,9	4,2	2,9	18,2	28,6	0,43
Maryd	2014	531	0,05	10,4	8,5	40,3	9,2	11,2	5,8	3,9	34,5	23,2	1,18
Hissmossa	2014	731	0,05	6,9	5,1	39,7	6,1	5,3	5,0	3,5	22,3	21,0	0,45
Stenshult	2014	604	0,04	11,6	9,8	39,7	10,7	12,4	7,2	4,3	22,3	20,7	2,33
Baldringe	2014	511	0,02	4,8	3,8	23,2	5,0	6,6	7,0	3,4	11,7	28,8	1,70

Tabell B1:4. Krondroppsdata från Skåne län för ytor där organiskt kväve analyserats, **hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N och orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb	oorg N		org N
		mm	kg/ha →		
Arkelstorp	14/15	488	6,0	2,7	
Kampholma	14/15	730	8,4	2,4	
Maryd	14/15	448	15,1	4,7	
Hissmossa	14/15	661	8,7	3,2	
Stenshult	14/15	528	18,4	5,9	
Baldringe	14/15	494	9,6	3,0	
Arkelstorp	2014	495	7,2	3,9	
Kampholma	2014	749	10,9	3,2	
Maryd	2014	531	20,4	6,9	
Hissmossa	2014	731	11,4	4,3	
Stenshult	2014	604	23,1	5,9	
Baldringe	2014	511	11,6	3,2	

Tabell B1:5. Lufthalter som årsmedelvärden samt som sommar- och vinterhalvårsmedelvärden i Skåne län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂	NO ₂	NH ₃	O ₃
		ug/m ³	ug/m ³	ug/m ³	ug/m ³
Hissmossa (L 18 A)					
Mv hydr. år	1410-1509	0,6	3,2	-	-
Mv kal. år	1401-1412	0,8	3,5	-	-
Mv vinter	1410-1503	0,8	4,4	0,6	-
Mv sommar	1504-1509	0,4	2,1	0,9	-
Stenshult (M 16 A)					
Mv hydr. år	1410-1509	-	-	-	-
Mv kal. år	1401-1412	-	-	-	-
Mv vinter	1410-1503	-	-	-	-
Mv sommar	1504-1509	0,6	3,6	3,4	68

Tabell B1:6. Markvattendata från Skåne län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2014 samt före, under och efter vegetationssäsongen 2015. Median beräknad för de senaste tre åren.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
				mekv/l →	mg/l →													
Arkelstorp (L 05 B)	2014-11-19	4,7	-	0,051	3,75	12,92	<0,005	<0,030	2,04	1,14	10,13	0,50	0,275	0,110	0,260	1,100	18,7	12
	2015-03-31	4,9	-	0,043	3,76	14,51	1,344	<0,030	3,18	1,66	11,05	0,26	0,276	0,082	0,360	0,880	12,3	12
	2015-08-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2015-12-01	4,7	-	0,041	3,08	21,95	<0,005	<0,030	2,47	1,41	13,96	0,21	0,194	0,085	0,460	1,100	13,0	7,3
	median	4,7		0,043	3,75	14,51	<0,005	<0,03	2,47	1,41	11,05	0,26	0,275	0,085	0,36	1,1	13	12
<i>n=</i>	<i>3</i>			<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
Kampholma (L 12 A)	2014-11-19	5,0	-	-0,032	2,03	9,10	<0,005	<0,030	0,54	0,54	6,31	0,23	0,254	0,550	0,620	0,750	3,1	1,8
	2015-03-31	5,1	-	-0,038	1,00	9,07	<0,005	<0,030	0,19	0,39	5,46	0,06	0,124	0,780	0,374	0,440	2,7	1,6
	2015-08-27	5,0	-	-0,007	1,35	7,88	<0,005	<0,030	0,40	0,41	5,55	0,18	0,089	0,110	0,350	0,520	4,6	2,4
	2015-12-02	4,9	-	-0,029	1,44	10,97	<0,005	<0,030	0,39	0,47	7,12	0,10	0,053	0,032	0,670	0,870	3,5	1,3
	median	4,9		-0,038	1,84	10,97	<0,005	<0,03	0,65	0,59	7,05	0,24	0,062	0,059	0,67	0,87	3,8	1,8
<i>n=</i>	<i>9</i>			<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>
Maryd (L 15 A)	2014-11-18	4,4	-	-0,138	1,93	16,36	<0,005	<0,030	0,13	0,24	9,52	0,10	0,047	0,062	1,340	2,200	10,9	0,3
	2015-03-31	4,5	-	-0,126	2,10	14,21	<0,005	<0,030	<0,05	0,22	8,86	0,06	<0,030	0,044	1,370	1,900	8,4	0,2
	2015-08-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2015-11-30	4,4	-	-0,099	2,14	16,04	<0,005	<0,030	0,13	0,27	10,47	0,12	0,033	0,051	1,480	2,200	11,2	0,3
	median	4,5		-0,112	2,19	14,36	<0,005	<0,03	0,13	0,24	8,73	0,1	0,041	0,048	1,355	2,05	10,9	0,3
<i>n=</i>	<i>6</i>			<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
Hissmossa (L 18 A)	2014-11-19	4,4	-	-0,389	3,20	34,55	1,611	<0,030	0,36	0,97	18,35	0,20	0,234	0,490	3,110	3,700	8,2	0,5
	2015-03-31	4,5	-	-0,196	4,13	18,29	0,918	<0,030	0,22	0,61	13,30	0,16	0,085	0,190	2,160	2,800	10,0	0,4
	2015-08-27	4,3	-	-0,236	3,55	25,55	1,474	<0,030	0,34	0,79	16,52	0,44	0,072	0,190	0,610	1,500	12,8	2,3
	2015-12-02	4,2	-	-0,334	3,43	31,84	3,291	<0,030	0,39	1,13	20,54	0,25	<0,030	0,190	3,740	4,600	14,0	0,5
	median	4,3		-0,261	3,2	30,93	1,699	<0,03	0,39	1	17,42	0,44	0,121	0,23	2,98	3,7	12,8	0,5
<i>n=</i>	<i>9</i>			<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>

Forts. Tabell B1:6. Markvattendata från Skåne län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2014 samt före, under och efter vegetationssäsongen 2015. Median beräknad för de senaste tre åren.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →	→	mg/l →	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Stenshult (M 16 A)	2014-11-18	4,6	-	-0,145	4,46	13,06	2,618	<0,030	1,74	1,64	10,36	0,65	0,708	0,032	1,460	1,800	9,0	2,4
	2015-03-30	4,4	-	-0,445	3,11	17,55	8,172	<0,030	2,97	3,07	9,41	0,68	1,215	0,034	3,630	4,100	6,9	1,6
	2015-08-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2015-12-01	4,5	-	-0,182	2,40	12,86	4,814	<0,030	2,61	2,16	8,07	0,57	0,873	0,046	1,850	2,300	9,7	2,5
	median	4,4		-0,302	3,29	13,06	7,272	<0,03	2,97	2,34	10,06	0,67	1,024	0,034	2,804	3	8,6	1,7
<i>n</i> =	7		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	5	5	
Baldringe (M 17 A)	2014-11-18	4,6	-	-0,100	1,10	6,10	11,230	<0,030	7,48	2,07	7,02	3,65	0,697	0,012	1,250	1,500	8,2	7,9
	2015-03-31	4,6	-	-0,143	1,50	11,77	7,545	<0,030	6,46	2,36	6,15	1,46	0,497	<0,010	1,300	1,500	5,4	6,1
	2015-08-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2015-11-30	4,6	-	-0,108	1,18	27,63	11,496	<0,030	13,36	3,97	12,15	1,68	0,615	<0,010	1,560	1,800	7,6	9,3
	median	4,7		-0,104	1,29	10,53	7,676	<0,03	6,4	2,02	5,9	1,81	0,469	0,007	1,22	1,45	6,6	8,6
<i>n</i> =	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90
www.ivl.se