



Nr C 614
September 2021

Metaller och kväve i mossa, 2020

Nationell undersökning i bakgrundsmiljö

Helena Danielsson, Michelle Nerentorp, Gunilla Pihl Karlsson



I samarbete med: Riksskogstaxeringen vid Sveriges
Lantbruksuniversitet samt Naturcentrum AB

Författare: Helena Danielsson (IVL), Michelle Nerentorp (IVL), Gunilla Pihl Karlsson (IVL).

Medel från: Naturvårdsverket

Fotograf: Gunilla Pihl Karlsson

Rapportnummer C 614

ISBN 978-91-7883-309-2

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2021**

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

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

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

Förord

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet AB utfört mätningar av metall- och kvävehalter i mossa insamlade över hela Sverige under 2020. Idén att storskaligt använda mossor som bioindikator för mätningar av metaller utvecklades i Sverige under 1970-talet. De nationella mossundersökningarna startade i Sverige 1975 och har genomförts vart 5:e år sedan dess. Sedan 1990 bedrivs motsvarande studier inom det europeiska samarbetet inom Luftvårdskonventionen (ICP Vegetation). Metoden med att använda mossor som bioindikator för metaller ger en god bild av nedfallet över Sverige och andra länder.

Inom 2020 års uppdrag har Riksskogstaxeringen vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, (provtagning) samt Naturcentrum AB (provberedning) medverkat som underkonsulter.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	7
Summary.....	9
1 Syfte.....	11
2 Bakgrund.....	11
3 Metaller i mossa - internationellt deltagande inom ICP Vegetation.....	15
4 Metodbeskrivning.....	17
4.1 Provtagning.....	17
4.2 Provhantering.....	18
4.3 Metallanalyser.....	18
4.4 Kväveanalyser.....	19
4.5 Statistisk datahantering.....	19
4.5.1 Kruskal-Wallis Test.....	19
4.5.2 Mann-Whitney U-test.....	20
4.5.3 Regressionsanalys.....	20
4.5.4 Mann-Kendall.....	20
4.5.5 Signifikansnivåer.....	20
4.6 Provpunkter och regionindelning.....	20
5 Resultat.....	22
5.1 Arsenik (As).....	23
5.1.1 2020.....	24
5.1.2 Jämförelse mot tidigare år.....	26
5.2 Bly (Pb).....	30
5.2.1 2020.....	31
5.2.2 Jämförelse mot tidigare år.....	33
5.3 Järn (Fe).....	37
5.3.1 2020.....	37
5.3.2 Jämförelse mot tidigare år.....	39
5.4 Kadmium (Cd).....	43
5.4.1 2020.....	44
5.4.2 Jämförelse mot tidigare år.....	46
5.5 Koppar (Cu).....	50
5.5.1 2020.....	50
5.5.2 Jämförelse mot tidigare år.....	52
5.6 Krom (Cr).....	56
5.6.1 2020.....	57
5.6.2 Jämförelse mot tidigare år.....	59
5.7 Kvicksilver (Hg).....	63

5.7.1	2020	64
5.7.2	Jämförelse mot tidigare år	66
5.8	Nickel (Ni)	70
5.8.1	2020	71
5.8.2	Jämförelse mot tidigare år	72
5.9	Vanadin (V)	76
5.9.1	2020	77
5.9.2	Jämförelse mot tidigare år	78
5.10	Zink (Zn)	82
5.10.1	2020	83
5.10.2	Jämförelse mot tidigare år	84
5.11	Aluminium (Al)	88
5.11.1	2020	88
5.11.2	Jämförelse mot tidigare år	90
5.12	Kobolt (Co)	92
5.12.1	2020	92
5.12.2	Jämförelse mot tidigare år	94
5.13	Molybden (Mo)	96
5.13.1	2020	97
5.13.2	Jämförelse mot tidigare år	98
5.14	Antimon (Sb)	100
5.14.1	2020	100
5.15	Mangan (Mn)	103
5.15.1	2020	103
5.15.2	Jämförelse mot tidigare år	106
5.16	Kväve (N)	108
5.16.1	2020	110
6	Slutsatser	114
7	Lokala och regionala förtätningsundersökningar	117
8	Referenser	118
	Bilaga I. Data- och statistikredovisning	126
	Bilaga II. Antal analyserade mossprover per region, år och parameter, 1975–2020	140
	Bilaga III. Emissioner av metaller i Sverige och i Europa	142

Sammanfattning

Inom ramen för den nationella miljöövervakningen, Programområde Luft, vid Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet AB utfört mätningar av halter av metaller och kväve i mossa insamlade över hela Sverige under 2020. Metallmätningar i mossa har genomförts i Sverige med fem års mellanrum sedan 1975 medan analys av kväve för första gången genomförts under 2020. I resultatanalysen av metall- och kväveinnehållet i mossproverna har Sverige delats in i sex olika regioner, som geografiskt förväntas representera olika depositionsbelastning.

Resultaten från 2020 års undersökning visar att metoden att använda mossor för att mäta belastning av olika metaller och kväve i Sverige, för merparten av metallerna och även för kväve, har fungerat mycket väl. Då mossor nästan uteslutande tar upp ämnen från luften ger metoden en god bild av atmosfäriskt nedfall. Lokala skillnader kan spåras och ge information om såväl lokala utläppskällor som långväga transporterade utsläpp. Av de mossprover som insamlats inom den nationella undersökningen 2020 har 500 prover analyserats med avseende på halter av arsenik (As), bly (Pb), järn (Fe), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), vanadin (V), zink (Zn), aluminium (Al), kobolt (Co), molybden (Mo), antimon (Sb), mangan (Mn) och kväve (N). Fyra av mossproverna visade sig efter analys vara kontaminerade och resultaten för dessa prover ingår därför inte i resultatredovisningen.

Resultat 2020

En generell syd-nordlig gradient kunde ses för de flesta av de analyserade metallerna, med de högsta halterna i södra och sydvästra Sverige och de lägsta i norra Sverige och fjälltrakterna. Lokalt förhöjda metallhalter, på grund av emissioner till luft från lokala utläppskällor, bryter dock ibland detta generella mönster. Exempel på detta är något förhöjda halter av arsenik, bly, kadmium, koppar, zink och antimon i Västerbottens läns kusttrakter, förhöjd halt av krom i Norrbottens läns kusttrakter nära gränsen mot Finland, förhöjd halt av nickel i Västmanlands län, förhöjda halter av järn, vanadin och kobolt i malmfälten i Norrbottens län samt även förhöjda halter av kobolt i Uppsala och Stockholms län. De lägsta medianhalterna av samtliga analyserade metaller, förutom mangan, mättes i mossprover från fjälltrakterna och norra Sveriges inland.

I Bergs kommun i Jämtlands län insamlades under 2020 ett mossprov med förhöjda halter av kadmium och zink och i Haparanda kommun i Norrbottens län fanns ett mossprov med höga halter av antimon. Några förklaringar till dessa förhöjda halter har ännu inte hittats.

Liksom för flertalet metaller fanns en syd-nordlig gradient även för halterna av kväve i mossa, med de generellt högsta halterna i söder och de lägsta i norra Sveriges inland och fjälltrakter. Ett starkt statistiskt samband hittades mellan halter av kväve i mossa och den beräknade totala depositionen av kväve till barrskog baserat på nedfallsmätningar. Detta gjorde att även den kvävedeposition som beräknats utifrån kvävehalt i mossa stämde relativt väl med den totala kvävedepositionen som uppskattats utifrån nedfallsmätningar vid olika platser i Sverige.

Jämförelser mot tidigare år

Jämförelse av medianhalter 2020 och 2015

För bly och koppar visade den statistiska analysen att medianhalterna i mossor för Sverige som helhet var lägre 2020 jämfört med 2015. För arsenik, järn, krom, kvicksilver, nickel, vanadin, zink, aluminium och kobolt visade analysen att medianhalterna i mossor för Sverige som helhet var högre 2020 jämfört med 2015. För kadmium, molybden och mangan fanns ingen signifikant förändring under samma period. Orsaken till att det fanns en ökning för de flesta metallhalterna mellan 2015 och 2020 är okänd. En eventuell framtida mossundersökning under 2025, får visa om denna ökning fortsätter.

Trendanalys

De metaller som ingick i trendanalyserna var arsenik, bly, järn, kadmium, koppar, krom, nickel, vanadin och zink. De tidsperioder som studerades var 1975 – 2020, 1990 – 2020 samt 2000 – 2020. För arsenik, järn och kvicksilver har under vissa provtagningsår inga analyser utförts, varför tidsperioderna kan vara något avvikande från ovan nämnda tidsperioder.

Under de senaste 45 åren, mellan 1975 och 2020, har metallhalterna i mossor, för Sverige som helhet, minskat signifikant för samtliga undersökta metaller. Mest minskade metallhalterna i mossor för bly, följt av krom, vanadin, nickel, kadmium, arsenik, koppar och zink. Det var även signifikant minskande halter av samtliga metaller i alla sex separata regionala områden under dessa 45 år.

Under de senaste 30 åren, mellan 1990 och 2020, har minskningen inte varit lika stor som från 1975. Signifikanta minskningar fanns för Sverige som helhet för bly, vanadin, krom, nickel och kadmium. Inga signifikanta förändringar fanns för järn, koppar eller zink i mossor under denna tidsperiod. För bly, vanadin, nickel och kadmium fanns även en statistiskt signifikant minskning i alla sex olika regionala områden under 1990 – 2020. För koppar fanns en signifikant minskning i sydöstra Sverige och för krom fanns det signifikanta minskningar under perioden för norra Sveriges kustland och sydöstra Sverige.

Under de senaste 20 åren, mellan 2000 och 2020, har endast halterna av bly och kadmium i mossor minskat statistiskt signifikant för Sverige som helhet. Det fanns även en signifikant minskning av nickelhalten i mossor i sydvästra Sverige under perioden.

Jämförelse med emissioner

Minskningen av halter i mossor har för arsenik, bly, koppar och krom varit i god samstämmighet med emissionsminskningarna som presenteras för Sverige och för EU27 + UK från 1990.

Halterna av kadmium, zink och kvicksilver i mossor, däremot, minskade procentuellt mindre jämfört med emissionsminskningarna.

Summary

On behalf of the Swedish Environmental Protection Agency and the framework of the national environmental monitoring, "Programområde Luft", IVL Swedish Environmental Research Institute has conducted measurements of levels of metals and nitrogen in moss collected all over Sweden in 2020. Metal measurements in moss have been carried out in Sweden every five years since 1975, while nitrogen analyses were carried out for the first time in 2020. In the results analysis of the metal and nitrogen content of the moss samples, Sweden has been divided into six different regions that are expected to geographically represent different deposition loads.

The results of the 2020 study show that the method of using mosses to measure the load of metals and nitrogen in Sweden has, for most of the metals and also for nitrogen, been successful. Since mosses almost exclusively absorb substances from the air, the method gives a good picture of the atmospheric deposition. Local differences can be detected and provide information on both local emission sources and long-range transported emissions. Of the moss samples collected in the national survey 2020, 500 samples have been analysed for levels of arsenic (As), lead (Pb), iron (Fe), cadmium (Cd), copper (Cu), chromium (Cr), mercury (Hg), nickel (Ni), vanadium (V), zinc (Zn), aluminum (Al), cobalt (Co), molybdenum (Mo), antimony (Sb), manganese (Mn) and nitrogen (N). After analysis, four of the moss samples were found to be contaminated and the results for these samples are therefore not reported.

Results 2020

A general south-north gradient could be observed for most of the analysed metals, with the highest levels in the south and southwest of Sweden and lowest in the north and at the mountain regions. However, locally elevated metal levels due to air emissions from local emission sources, sometimes break this general pattern. Examples of this are slightly elevated levels of arsenic, lead, cadmium, copper, zinc and antimony in Västerbotten county, increased levels of chromium in Norrbotten county near the border to Finland, increased nickel levels in Västmanland county, elevated levels of iron, vanadium and cobalt in the ore fields of Norrbotten county and elevated levels of cobalt in the counties of Uppsala and Stockholm. The lowest median levels of all analysed metals, except manganese, were found in moss samples from the mountain regions and from northern Sweden's inland.

In 2020, a moss sample with elevated levels of cadmium and zinc was collected in Bergs municipality in Jämtland county and in Haparanda municipality in Norrbotten county one moss sample was collected with elevated level of antimony. No explanation has yet been found for the elevated levels in these moss samples.

As for most metals, there was also a south-northern gradient for the levels of nitrogen in moss, with the generally highest levels in the south and the lowest in the inland of northern Sweden and mountain regions. A strong statistical correlation was found between levels of nitrogen in moss and the estimated total deposition of nitrogen to coniferous forest based on deposition

measurements. Also, the nitrogen deposition calculated based on the nitrogen content in moss matched relatively well with the total deposition of nitrogen, estimated based on deposition measurements at different locations in Sweden.

Comparisons with previous years

Comparison of median values in 2020 and 2015

For lead and cadmium, the statistical analysis showed that the median levels in moss for the whole of Sweden were lower in 2020 compared to 2015. For arsenic, iron, chromium, mercury, nickel, vanadium, zinc, aluminum and cobalt, the analysis showed that the median levels in moss for the whole of Sweden were higher in 2020 compared to 2015. For cadmium, molybdenum and manganese, there was no significant change during the same period. The reason for the level increase for most metals between 2015 and 2020 is unknown.

Trend analysis

The metals included in the trend analyses were arsenic, lead, iron, cadmium, copper, chromium, nickel, vanadium and zinc. The time periods studied were 1975 – 2020, 1990 – 2020 and 2000 – 2020. For some sampling years, arsenic, iron and mercury were not analysed. Hence, the time periods used for the trend analyses of these metals may therefore be slightly different.

Over the past 45 years, between 1975 and 2020, the metal levels in moss for Sweden as a whole, have decreased significantly for all examined metals. The metal levels in moss decreased the most for lead, followed by chromium, vanadium, nickel, cadmium, arsenic, copper and zinc. Also, in all six individual regional areas, there were significantly decreasing levels for all metals during these 45 years.

Over the last 30 years, between 1990 and 2020, the decrease was not as large as for the period from 1975. Significant reductions in levels of lead, vanadium, chromium, nickel and cadmium were detected for Sweden as a whole. There were no significant changes for iron, copper or zinc in moss during this time period. For lead, vanadium, nickel and cadmium, there was also a statistically significant decrease in all six separate regional areas of Sweden during 1990 – 2020. For copper there was a significant decrease in south-east of Sweden and for chromium there were significant decreases for the coast of northern Sweden and for south-east of Sweden.

In the last 20 years, between 2000 and 2020, only the levels of lead and cadmium in moss have decreased statistically significantly for Sweden as a whole. During the same period, there was also a significant decrease of the nickel content in moss in south-west of Sweden.

Comparison with emissions

The reduction in moss levels has been in good consistency with the emission reductions that are presented for Sweden and for the EU27+UK from 1990 for arsenic, lead, copper and chromium. On the other hand, the levels of cadmium, zinc and mercury in moss have decreased less in percentage terms compared to the emission reductions.

1 Syfte

Syftet med att mäta metaller och kväve i mossa är bland annat att:

- följa upp och utvärdera tillståndet i miljön med avseende på metaller och kväve över Sverige samt presentera resultaten på ett lättillgängligt sätt i form av illustrativa kartor;
- kvalitativt och kvantitativt karakterisera det regionala bakgrundsnedfallet av metaller och kväve;
- påvisa mer betydande föroreningskällor för metaller och kväve samt visa på den geografiska utsträckningen av påverkade områden;
- följa upp tidigare nedfallsmätningar av metaller och kväve samt följa förändringar över tiden genom trendberäkningar;
- översiktligt följa upp resultatet av emissionsbegränsande åtgärder;
- delta i och rapportera till det europeiska samarbetet inom Luftvårdskonventionen (ICP Vegetation).

Undersökningen 2020 har, liksom tidigare års undersökningar, finansierats av Naturvårdsverket.

2 Bakgrund

Mossor har den speciella egenskapen att få sin näring från atmosfären och de täta mattor som väggmossa (*Pleurozium schreberi*), husmossa (*Hylocomium splendens*) och andra mattbildande mossor formar är effektiva "fällor" för metaller och andra ämnen i luftburna partiklar och i nederbörd (Rühling & Tyler, 1968; Tyler, 1971). Metoden att använda mattbildande mossor som bioindikatorer för att studera belastningen av metaller i miljön utvecklades redan under slutet av 1960-talet i Sverige. Metoden är ett effektivt och billigt sätt att övervaka utvecklingen av metallbelastningen i miljön. Med hjälp av mattbildande mossor kan man få en god bild av trender för metallnedfallet, samt studera lokala skillnader och kort- och långväga spridning från utsläppskällor.

Mossor har även använts som bioindikatorer för att studera kvävebelastningen i miljön (Harmens m.fl., 2011). Vid 2015 års mossundersökning genomförde IVL på uppdrag av Naturvårdsverket en extra studie av möjligheten att hitta eventuella samband mellan halter och deposition av bland annat metaller och kväve i mossa. För kväve utreddes även om mossa skulle kunna fungera som indikator för atmosfäriskt nedfall av dessa ämnen i Sverige. Resultaten av studien var goda och mossundersökningen 2020 är därför den första svenska mossundersökningen där samtliga prover även analyseras för kväve.

Även om halten i mossor av metaller och kväve inte ger någon absolut kvantitativ mätning av metalldepositionen finns studier som med hjälp av regressionsmodeller försöker uppskatta deposition av metaller från metallhalter i mossprover samt kvävedepositionen från kvävehalterna i mossproverna (Berg & Steinnes, 1997; Berg m.fl., 2003, Pihl Karlsson m.fl., 2017).

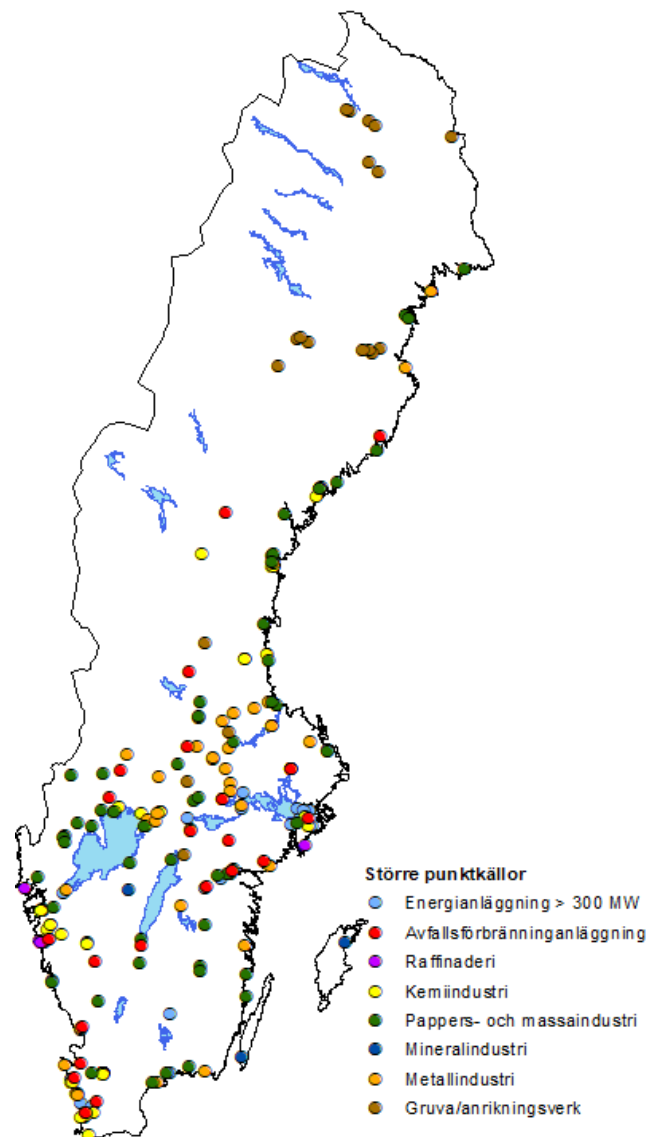
Flertalet av de mätta metallerna i mossa mäts även inom den nationella miljöövervakningen vid svenska bakgrundsstationer som halter i luft och deposition. De svenska bakgrundsstationer som ingår i mätnätverket för metaller är i norra Sverige: Jämtland och i södra Sverige: Skåne, Halland och Uppland. Mätningarna utförs av IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) på uppdrag av Naturvårdsverket inom Programområde Luft. I luft provtas metaller månadsvis på partiklar med PM10-provtagare och metaller i nederbörd provtas månadsvis med bulkprovtagare. Inom svenska Luft- och Depositionsnätverket (SveLoD) mäts, av IVL på uppdrag av Naturvårdsverket inom Programområde Luft, även nedfall av kväve månadsvis vid ett stort antal mätplatser i Sverige. Dessutom finns ytterligare nedfallsmätningar i Sverige inom Krondroppsnätet (www.krondroppsnatet.ivl.se) samt Integrerad Monitoring (IM).

Metaller i mossa

De metaller och ämnen som undersöks i mattbildande mossor i denna studie är arsenik (As), bly (Pb), järn (Fe), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), vanadin (V), zink (Zn), aluminium (Al), kobolt (Co), molybden (Mo), antimon (Sb), och mangan (Mn).

Flertalet av dessa metaller och ämnen återfinns i luft och i nederbörd och ingår i livsnödvändiga funktioner för växter och djur. Trots detta är många metaller skadliga om de uppträder i alltför höga halter. Flera metaller kan lagras i levande vävnad hos djur och människor och bli kvar där under mycket lång tid och göra skada. Metallerna emitteras ofta till luft på grund av mänskliga aktiviteter så som metallurgisk industri, sjöfart och vägtrafik samt förbränning av fossila bränslen och avfall. Globalt så är kolförbränning troligtvis den största källan till metaller i atmosfären (Bradl, 2005).

Figur 1 visar en karta över större svenska punktkällor för utsläpp av metaller till luft under 2020.



Figur 1. Karta över större svenska punktkällor för metallutsläpp till luft (källa "Svenska miljörapporteringsportalen" 2021).

Kväve i mossa

Förutom metaller som undersöks i mattbildande mossor, undersöks även halter av kväve i mossor i denna studie.

Kväve förekommer i mossor huvudsakligen i reducerad form, vilket ibland kallas för Kjeldahl-kväve (Kjeldahl-N). Kjeldahl-N har därför analyserats i mossproverna. Kjeldahl-N inkluderar alla former av reducerat kväve, till exempel ammonium (NH_4) och organiskt kväve. I denna studie har vi även jämfört kvävehalten i mossor med det totala nedfallet av kväve över Sverige.

Kväve omsätts ständigt i ett globalt kretslopp mellan atmosfären och biosfären. Ekosystemen tillförs kväve genom den naturliga kvävefixeringen som sker i marken med hjälp av kvävebindande bakterier. Kvävenedfallet till ekosystemen i Sverige har dock till överväldigande del ett antropogent ursprung. De antropogena kväveutsläppen till luft kommer främst från olika typer av förbränning från förbränningsmotorer och energiproduktion när det gäller kväveoxid, och från jordbruk när det gäller ammoniak. En mycket stor del av det kväve som faller ned över Sverige kommer som långväga transporterade luftföroreningar från andra länder. En för stor tillgång på kväve leder till att kväve lagras upp i ekosystemen, som i slutändan leder till övergödning och försurning (Tamm, 1991; Sutton m.fl., 2011). På många håll i världen är ett för stort kvävenedfall redan ett betydande problem (Sutton m.fl., 2011).

Flertalet mossarter har påvisats vara känsliga för tillgången på kväve, även vid låga nivåer (Mäkipää, 1995, 1998; Salemaa, 2019, 2020). Husmossa kan ta upp en del kväve från mark men det mesta tas upp från deponerat kväve (Rousk m.fl., 2013). Husmossa fixerar kväve något bättre än väggmossa och tillsammans uppskattades mossarterna fixera 1-2 kg kväve/ha/år i norra Sverige där den uppskattade depositionen av kväve är runt 2 kg kväve/ha/år (Gundale m.fl., 2011; Lagerström m.fl., 2007).

Vid ett lågt nedfall, på mellan 0 till 20 kg N/ha/år, fann en studie ett linjärt samband mellan kvävedepositionen och halten kväve i mossa (Pihl Karlsson, m.fl. 2017). Inget samband mellan nederbörds mängd och kvävehalt i mossa observerades samtidigt. Harmens, m.fl. (2011; 2014) undersökte också detta samband och fann att sambandet var asymptotisk och att det förelåg en mättnadshalt av kväve i mossa vid en kvävedeposition på cirka 15 kg/ha/år.

Riktvärden och Reglering

För att skydda människors hälsa och miljön finns miljö kvalitetsmål, gränsvärden, riktvärden och miljö kvalitetsnormer för många av de uppmätta metallerna, kväve och andra ämnen. Det finns till exempel gränsvärden i form av högsta rekommenderade halter i dricksvatten och livsmedel och hygieniska gränsvärden för metallhalter på inandningsbart damm, gas, rök, ånga och dimma som gäller för arbetsplatser. Dessa hygieniska gränsvärden är utformade av Arbetsmiljöverket och sätts för att begränsa exponering för luftföroreningar på arbetsplatser. De svenska gränsvärdena är bindande enligt lag och får inte överskridas. Olika gränsvärden anges för olika typer av inandningsbara partiklar. Till exempel så syftar inhalerbart damm till den del av partiklar som man andas in genom näsa och mun. Respirabelt damm syftar till den del av det inhalerbara dammet som når längst ner till lungornas alveoler. För skyddandet av miljön har Sverige inom miljöbalken en Luftkvalitetsförordning (2010:477) vilken bemyndigar Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet. Denna listar miljö kvalitetsnormer (MKN) för en rad olika ämnen i utomhusluft som gäller för hela Sverige. MKN-värdena är satta som medelvärden för olika tidsperioder (årsmedelvärde, dygnsmedelvärde och timmedelvärden) beroende på mätt ämne (Luftkvalitetsförordning 2010:477). Internationellt finns till exempel EU-föreskrifterna Luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EG), Grundvattendirektivet

(2006/118/EG), Dricksvattendirektivet (98/83/EG), Industriutsläppsdirektivet (2010/75/EU) och EU:s förordning REACH. Globalt finns till exempel FN:s Luftvårdskonvention (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP). CLRTAP är ett internationellt samarbete som bland annat syftar till ett minskande utsläpp av metaller och kväve.

Nationellt finns även Sveriges miljömål. Miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljökvalitetsmål samt ett antal etappmål inom områdena avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen, hållbar stadsutveckling, luftföroreningar och klimat. Sveriges miljökvalitetsmål är det nationella genomförandet av den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen. Inom ett av miljökvalitetsmålen, *Ingen övergödning*, som Havs- och vattenmyndigheten ansvarar för, så utgör totalt nedfall av kväve till barrskog en indikator (<https://www.sverigesmiljomal.se/>).

Nationella och internationella karteringar av metaller och kväve i mossa

Sedan 1975 har undersökningar av metallhalter i mossa genomförts i Sverige vart femte år (Rühling & Skärby, 1979). På 1980-talet startade ett nordiskt nätverk för att mäta metallbelastning med hjälp av mattbildande mossor. Sverige initierade även de första mätningarna på europeisk skala vilken utfördes 1990/91. Mätningarna har fortsatt med fem års intervall med ett ökande antal medlemsländer (Buse m.fl., 2003; Rühling, 1994; Rühling och Steinnes, 1998). Mätningarna ingår i många länders arbete med att följa upp nationella miljömål. Under 2001 övergick ansvaret att koordinera mossundersökningarna från Nordiska ministerrådet (NMR) till ICP Vegetation, som rapporterar till Working Group of Effects (WGE) inom Luftvårdskonventionen (CLTRAP). Mossdata används inom Luftvårdskonventionen till att beskriva situationen i Europa vad gäller belastningen i miljön av metaller (Frontasyeva m.fl., 2020). Föregående rapport, från 2015 års mossundersökning i Sverige, finns tillgänglig på IVL:s hemsida (Danielsson & Pihl Karlsson, 2016).

Liksom tidigare år är 2020 års svenska analys av metaller i mossa en viktig del av den övergripande europeiska undersökningen inom Luftvårdskonventionens ICP Vegetation och de svenska resultaten kommer att rapporteras, tillsammans med övriga europeiska deltagarländers resultat. Vid mossundersökningarna 2015/16 deltog 36 länder som analyserade metaller i mossa och 14 länder som analyserade kväve i mossa. På grund av Corona pandemin har den nu pågående undersökningsomgången utsträckt till att pågå mellan 2020 och 2022. Under 2020 deltog ungefär 15 länder i mossundersökningen. Övriga deltagande länder kommer att genomföra undersökningen under 2021 och 2022.

3 Metaller i mossa - internationellt deltagande inom ICP Vegetation

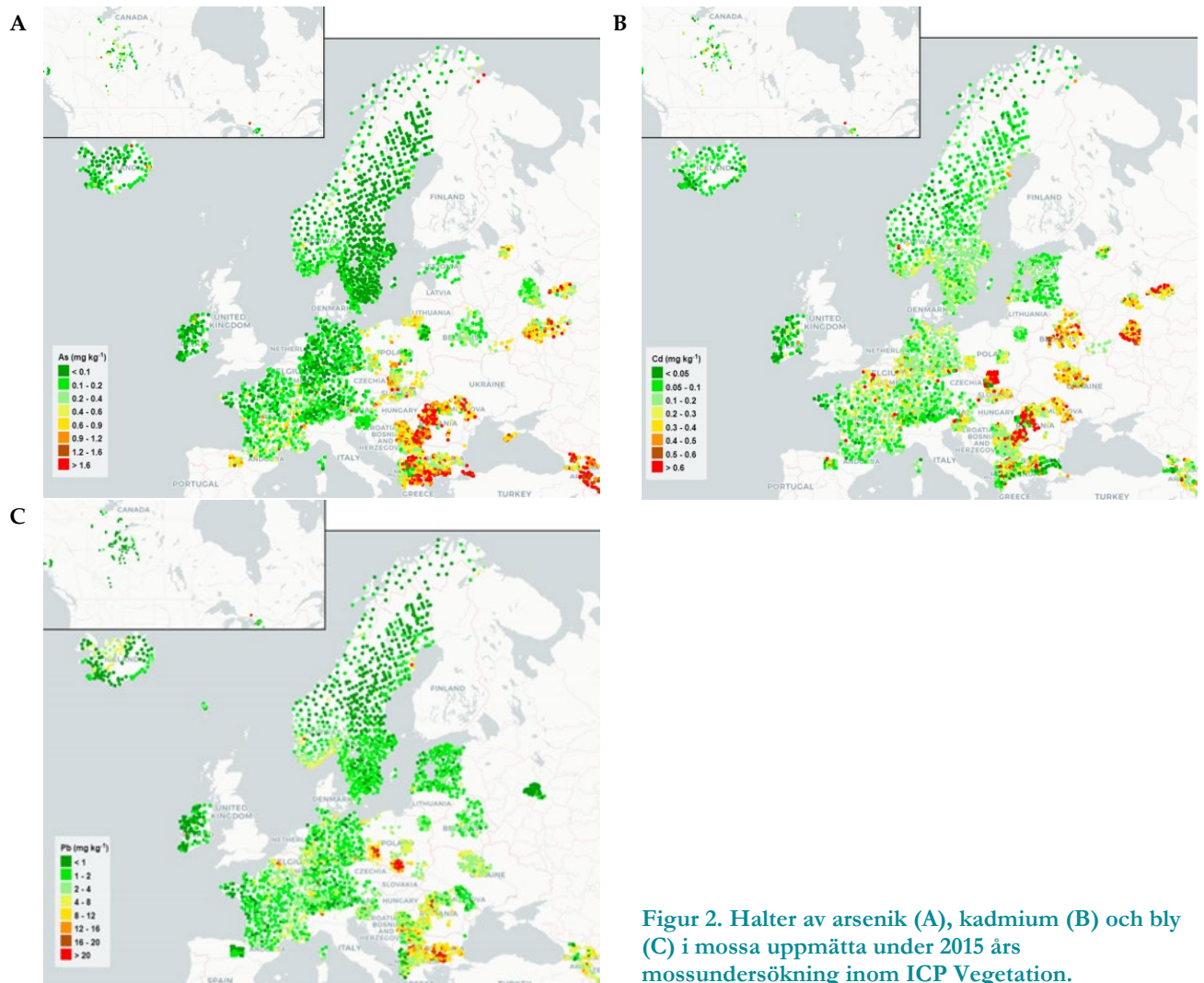
Resultaten från de europeiska undersökningarna av metallhalter i mossa används bland annat för att ge uppföljningsunderlag till 1998 års Århusprotokoll för metaller. De metaller som mäts internationellt är: aluminium, arsenik, kadmium, krom, koppar, järn, bly, kvicksilver, nickel, vanadin, antimon och zink. De huvudsakliga målen med mossundersökningarna inom ICP Vegetation är att identifiera förorenade områden, producera europakartor som visar variationen av metallbelastningen över Europa och att öka kunskapen om långväga transport av luftburna metallföroreningar, för att i förlängningen kunna vidta åtgärder för en minskad metallbelastning.

Trots framgången med redan genomförda åtgärder, till exempel bättre reningstekniker, för att minska luftföroreningar i stora delar av Europa, krävs ytterligare åtgärder i främst sydöstra och östra Europa för att minska de fortsatt höga metallutsläppen. För kväve behövs strängare strategier för att minska kvävebelastningen i hela Europa för att reducera antalet områden där risker finns för negativa effekter av en förhöjd atmosfärisk kvävedeposition, särskilt med avseende på reducerat kväve (Frontasyeva m.fl. 2020).

Metaller

Generellt uppmättes i 2015 års mossundersökning de lägsta halterna av metaller i mossa i norra och västra Europa medan de högsta uppmättes i sydöstra och östra Europa. Det gör att det i Europa finns en gradient med ökande halter från nordväst mot sydost. För flertalet metaller var halterna ofta tio gånger högre i delar av EECCA-regionen (Eastern Europe, Caucasus and Central Asia) samt i sydöstra Europa jämfört med andra delar av Europa.

Halterna av arsenik, bly och kadmium var generellt lägst i nordvästra Europa och högst i sydöstra Europa, speciellt tydligt var detta för arsenik (Figur 2 A) och kadmium (Figur 2 B) men även blyhalterna (Figur 2 C) följer detta mönster. De högsta medianhalterna av bly i mossa uppmättes generellt i östra Europa, speciellt i de länder där man fortsatt har blyad bensin. Utfasningen av blyad bensin i Europa har resulterat i en betydande minskning av blyhalterna i mossa sedan 1990.



Figur 2. Halter av arsenik (A), kadmium (B) och bly (C) i mossa uppmätta under 2015 års mossundersökning inom ICP Vegetation.

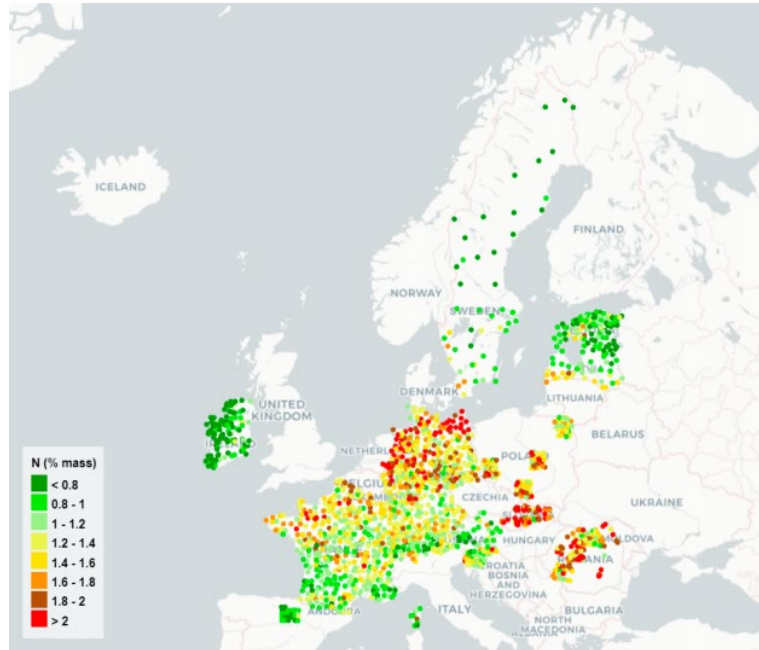
Emissionerna av metaller har sedan 1990 minskat och till följd av det har även nedfallet minskat. Den minskningen har, för vissa metaller, även fortsatt efter 2010. Utöver dessa allmänna europeiska trender, observerades land- och regionsspecifika tidsmässiga trender, inklusive ökning av vissa metallhalter.

Trendanalyser har genomförts för de olika metallerna genom analys av medelvärdet för de olika europeiska ländernas medianhalter. Mellan 1990 och 2015 har metallhalterna i mossa minskat mest för bly (82 %), kadmium (63 %) och vanadin (57 %) följt av koppar (30 %), nickel (25 %), krom (24 %), zink (23 %) och järn (22 %). För arsenik och kvicksilver har halten i mossa minskat med 13 % respektive 2 % sedan 1995. Det gör det tydligt att kvicksilver fortsatt är ett stort globalt problem (Frontasyeva m.fl. 2020).

Kväve

Det var, som nämnts tidigare, inte så många länder som analyserade kväve i mossproverna 2015 men de få mätningar som gjordes visade på att högst kvävebelastning främst fanns i centrala och östra Europa, Figur 3. Tidigare har det visat sig att kväveinnehållet i mossa och

uppmätt eller modellerad kvävedeposition visar på att en kvävemättnad i mossan börjar ske vid nedfallsmängder på 15–20 kg/ha och år (Harmens m.fl., 2014).



Figur 3. Kväveinnehåll i mossa (%) uppmätta under 2015 års mossundersökning inom ICP Vegetation.

4 Metodbeskrivning

För att möjliggöra jämförelser mellan olika länders mossundersökningar inom Luftvårdskonventionen (CLRTAP) följs den internationella manualen för provtagning, provhantering och analys (ICP Vegetation, 2020).

4.1 Provtagning

Insamling av mossprover 2020 har till övervägande del skötts av Riksskogstaxeringen inom Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). 43 kompletterande prover i Sydsverige har insamlats av IVL arvoderad övrig personal. För provtagning har följande riktlinjer varit styrande:

- provtagningsytan skall ligga minst 300 m från riks- eller länsväg och samlad bebyggelse (tre eller flera hus för permanent boende med tomterna gränsande mot varandra);
- provtagningsytan skall ligga minst 100 m från annan regelbundet trafikerad väg eller hus för permanent boende;
- i första hand insamlas väggmossa (*Pleurozium schreberi*), i andra hand husmossa (*Hylocomium splendens*). Provet skall bestå av antingen enbart väggmossa eller enbart husmossa;

- vid provtagning tas delprov från fem till tio punkter. Punkterna skall ha ett inbördes avstånd av fem till tio meter. Finns inte fem provpunkter inom ytan får provet tas från färre punkter, dock minst tre;
- proverna tas i normalt slutet skog (undvik under eller i kanten av täta grankronor)
- mängden mossa skall totalt vara cirka två liter;
- plasthandskar skall användas vid provtagning;
- rökning är inte tillåten under provinsamlingen eller vid annan hantering av mossproverna;
- provet märks med mossart, antal delprover, provtagningsdatum, provtagare, koordinater samt topografi (sluttning eller plan mark);

Provtagningen påbörjades i slutet av april och avslutades i oktober 2020. Totalt samlades 647 mossprover in i 2020 års mossundersökning varav 500 prover analyserades.

4.2 Provhantering

Inkomna prover till IVL Svenska Miljöinstitutet AB har bokförts och lagts i frys inför sändning till Naturcentrum AB för rensning.

I första hand valdes prover av väggmossa (*Pleurozium schreberi*) för rensning och analys. Avgörande för vilka 500 mossprover som har valts ut för analys har varit att i möjligaste mån välja prover som tagits på samma platser som under närmast föregående provtagningar (2010 och 2015) samt att få en så heltäckande bild som möjligt av bakgrundsbelastningen av aktuella metaller i hela landet.

Naturcentrum AB rensade och torkade proverna inför analys. Mossproverna rensades så att de två till tre senaste årens tillväxt tillvaratogs. Detta motsvarar tillväxt för åren 2017–2019. Eftersom kvicksilver är en flyktig metall torkades mossproverna i rumstemperatur för att inte riskera förlust av kvicksilver innan analys.

De utvalda och rensade mossproverna skickades till IVL:s laboratorium för analyser av metaller och kväve. Återstående mossmaterial preparerades och skickades till Naturhistoriska Riksmuseet för att bevaras i deras provbank.

Samtliga analysresultat har innan kvalitetsgranskning och dataanalys korrigerats till att motsvara resultat efter torkning vid 40 grader i enlighet med instruktioner i manualen från ICP Vegetation (2020).

4.3 Metallanalyser

Mossmaterialet som insamlats inom den nationella undersökningen 2020, har analyserats med avseende på halter av arsenik (As), bly (Pb), järn (Fe), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr),

kvicksilver (Hg), nickel (Ni), vanadin (V), zink (Zn), aluminium (Al), kobolt (Co), molybden (Mo), antimon (Sb) och mangan (Mn).

Samtliga metallanalyser har gjorts med ICP-MS (induced coupled plasma mass spectrometry), i enlighet med referensmetod SS-EN ISO 17294-2:2016, efter uppslutning med salpetersyra och väteperoxid ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) i slutna teflonkärl i mikrovågsugn, enligt standard SS-EN 14902:2005. Vid varje uppslutningsomgång (12 prover) och analys har ett av två tillgängliga referensmaterial uppslutits och analyserats. Referensmaterialen M2 och M3 (Steinnes, m.fl., 1997) används av samtliga deltagare inom ICP Vegetation.

Analyserna av 2020, liksom av 2015 års mossprover, har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet i Göteborg. Vid 2010 års undersökning analyserades proverna av ALS Scandinavia AB i Luleå. Innan 2010 analyserades mossproverna vid Ekologiska institutionen, Lunds universitet.

4.4 Kväveanalyser

Mossmaterialet som insamlats inom den nationella undersökningen 2020 har även analyserats med avseende på halter av Kjeldahlkväve (Kj-N) i enlighet med referensmetod EPA 351.2. Vid en Kjeldahl-uppslutning omvandlas kväveföreningar av biologiskt ursprung till ammoniak.

Mossprovet uppslöt i svavelsyra och koppar tillsattes som katalysator. Uppslutningen gjordes i två steg, först i 260 grader i 15 minuter och därefter i 360 grader i 120 minuter. Det uppslutna provet analyserades därefter fotometriskt för bestämning av ammoniak. Vid varje uppslutningsomgång och analys uppslöt och analyserades även ett av två tillgängliga referensmaterial (M2 eller M3).

Även kväveanalyserna för 2020 års mossprover har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet i Göteborg.

4.5 Statistisk datahantering

Ett antal statistiska analyser har genomförts vid resultatbearbetningen av data från årets och tidigare års mossundersökningar.

4.5.1 Kruskal-Wallis Test

För analyser av eventuella skillnader av medianhalter av analyserade metaller och kväve, mellan de definierade regionerna, användes Kruskal-Wallis test. Detta test är en icke-parametrisk test som används för att undersöka skillnader i medianvärde mellan två eller flera grupper. Den statistiska analysen har gjorts med statistikprogrammet STATGRAPHICS Plus for Windows.

4.5.2 Mann-Whitney U-test

För analyser av eventuella skillnader av medianhalter av analyserade metaller mellan åren 2015 och 2020, användes Mann-Whitney U-test. Den statistiska analysen har gjorts med statistikprogrammet STATGRAPHICS Plus for Windows.

Mann-Whitney U-test användes också för att undersöka vilka regioners medianhalter av metaller och kväve som sinsemellan skilde sig åt i de fall Kruskal-Wallis test visade att signifikanta skillnader fanns mellan de olika regionerna.

Mann-Whitney U-test kan användas på samma sätt som ANOVA men används antingen när data inte är normalfördelade, när fördelningen är okänd eller om datamängderna är små. I detta fall har denna statistiska analysmetod valts då data inte var normalfördelad.

4.5.3 Regressionsanalys

För att undersöka om det fanns samband mellan halt av kväve i mossa och totalt kvävenedfall har regressionsanalys använts. Sambanden har testats med statistikprogrammet STATGRAPHICS Plus for Windows. Den regressionslinje som gav den högsta förklaringsgraden har använts. Vid förklaringsgrader (p) mindre än 0,01 anses en statistiskt signifikant korrelation finnas mellan halt i mossa och i nedfall.

4.5.4 Mann-Kendall

Trendanalysen har genomförts med Mann-Kendall-metodik. Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta linjära trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än linjär regression, vilket innebär att det kan vara svårare att få statistisk signifikans för en trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fem värden.

4.5.5 Signifikansnivåer

Signifikans för samtliga statistiska analyser anges i tre olika nivåer; $p < 0,05$ = * signifikans; $p < 0,01$ = ** signifikans; $p < 0,001$ = *** signifikans.

4.6 Provpunkter och regionindelning

Deposition i Sverige av lufttransporterade ämnen påverkas till stor del av intransport från andra länder. För den statistiska analysen av metallinnehållet i mossproverna har därför

Sverige delats in i sex olika regioner som geografiskt förväntas representera olika depositionsbelastning. Indelningen baseras på Kindbom m.fl. (2001).

Antalet prover som helhet samt per region har varierat genom åren (Tabell 1). Även vilka metaller som analyserats för de olika årens prover har varierat för åren innan 2010. Detaljerade data över antal prov per region, år och metall, finns i Bilaga II.

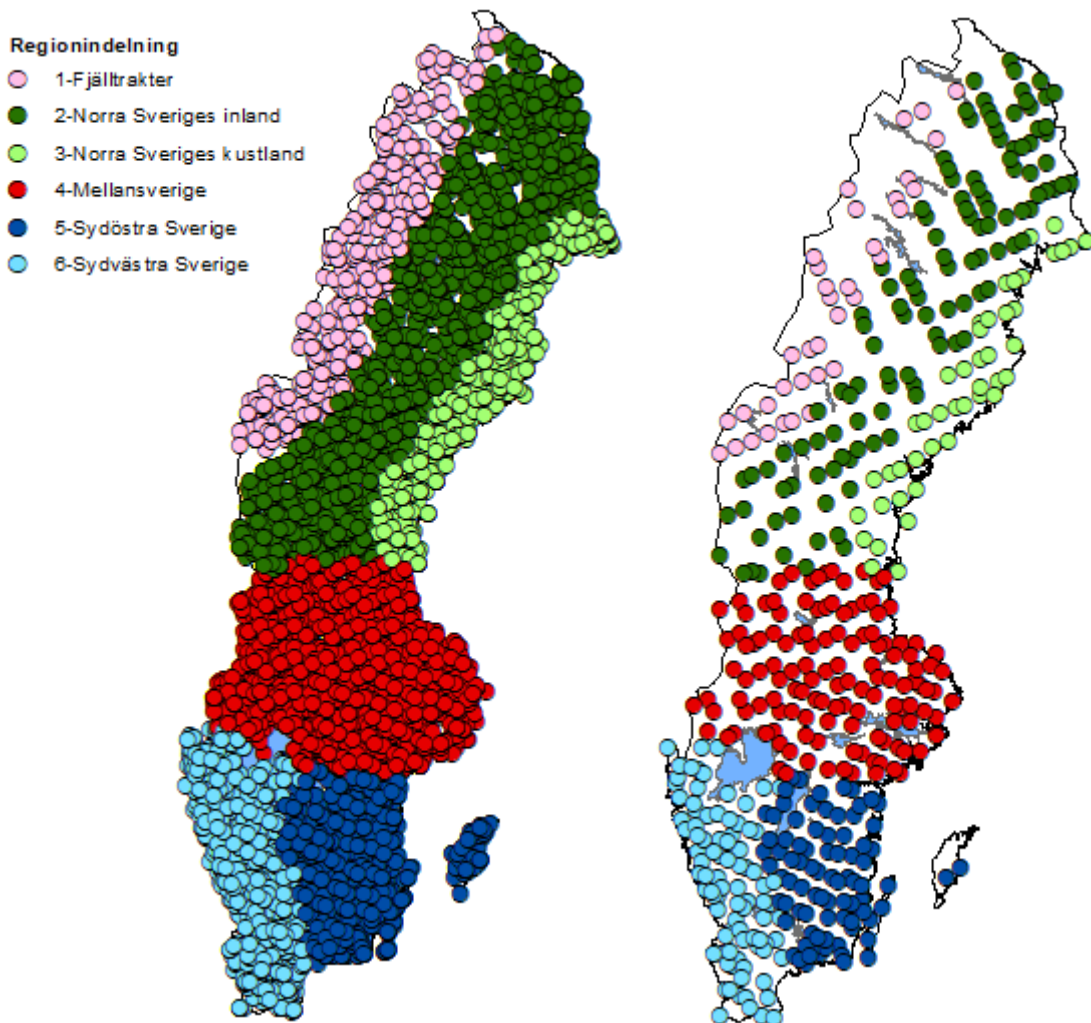
Tabell 1. Tabell över antal analyserade mossprover per region och år. OBS, antalet årliga analyser kan variera mellan de olika metallerna för åren innan 2010. Se Bilaga II för detaljerade uppgifter.

Region	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Sverige som helhet	659	816	837	713	707	396	530	602	611	500
1 Fjälltrakter	41	84	90	76	31	22	25	41	31	36
2 Norra Sveriges inland	179	215	194	172	175	103	122	136	162	119
3 Norra Sveriges kustland	77	72	86	70	61	33	50	59	54	44
4 Mellansverige	180	223	213	186	187	98	136	155	154	128
5 Sydöstra Sverige	93	105	119	104	114	61	81	103	99	84
6 Sydvästra Sverige	89	117	135	105	139	79	116	108	111	89

Provpunkternas lägen under 2020 års mossundersökning presenteras i kartan till höger i Figur 4. I samma figur, i kartan till vänster, ses även den regionindelning som använts för samtliga år. Samtliga kartor som presenteras i resultatdelen är gjorda med hjälp av dataprogrammet ArcMap 10.3.1.

Interpolerade kartor som beskriver belastningen i Sverige gjordes med IDW-teknik (IDW = Inverse Distance Weighted). Invers distansvägd (IDW) interpolation antar att värden som ligger nära varandra är mer lika än de som ligger längre ifrån varandra. De uppmätta värdena närmast har därför mer inflytande. För att förutsäga ett värde (i detta fall halt i mossor) för en plats där inget värde finns, använder IDW de närmast uppmätta värdena.

Av analyserade prover 2020 har fyra prover strukits då dessa varit kontaminerade. Två av dessa mossprover var insamlade i regionen Fjälltrakter och två i regionen sydöstra Sverige. Totalt ingår alltså 496 mossprover i resultatpresentationerna.



Figur 4. Regionindelning (vänster, baserad på samtliga insamlade mossprover någon gång under perioden 1975–2020) samt provplatsernas lägen under 2020 års mossprovtagning (höger).

5 Resultat

I resultatredovisningen presenteras först allmän information om respektive metall samt för kväve (källor, användningsområden, eventuell toxicitet, förekomst i luft- och nederbörd). Därefter redovisas resultat av jämförelser mellan medianhalter i de olika regionerna samt jämförelse mot tidigare års halter. För de metaller samt för kväve där emissionsuppgifter finns tillgängliga från CLRTAP jämförs trender för metall- respektive kvävehalter i mossa med emissionsuppgifter för Sverige och EU27+UK. Slutligen redovisas resultaten från trendanalyser av metallhalterna för olika tidsintervall.

Då halterna i analyserade mossprover var lägre än respektive års rapporteringsgräns för de olika metallerna, ansattes halva rapporteringsgränsen för de statistiska analyserna och för underlag till kartor. Detta kan medföra både över- och underskattning av enskilda resultat.

Data för de undersökta parametrarna samt resultat av de statistiska analyserna visas sammanställt i Bilaga I.

Under mossundersökningen 2015 insamlades i Ragunda kommun i Jämtlands län ett prov med förhöjda halter av flertalet metaller. Anledningen till dessa förhöjda halter var vid skrivandet av 2015 års nationella rapport inte klarlagd. I efterhand har det framkommit att de förhöjda halterna i mossprovet förmodligen berodde på att en brand i kreosotverket på en stolpfabrik hade utbrutit några veckor innan provtagningen av mossan. Anläggningen ligger ungefär 1 mil söder om provtagningspunkten för mossprovet.

Under 2020 har ett prov med förhöjda halter av kadmium och zink samlats in i Bergs kommun i Jämtlands län. Någon förklaring till de förhöjda halterna i detta mossprov har ännu inte hittats.

5.1 Arsenik (As)

Förekomst

Arsenik (As) är ett halvmetalliskt grundämne som finns naturligt i berggrunden i olika mineral, till exempel malmen arsenikkis (FeAsS). Arsenik finns naturligt både i organisk och oorganisk form och kan emitteras naturligt till atmosfären via vulkanutbrott och vinderosion av berg och jord. I vissa områden kan arsenik förekomma naturligt i höga halter i berggrund och i grundvatten. Till exempel förekommer arsenik i förhöjda halter i grundvatten i närheten av Bergslagens och Skellefteåfältets malmområden (Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Arsenik bryts från malm och har en mängd olika användningsområden, till exempel avfärgningsämne för glas och emalj, tillverkning av specialglas och blykristall, som pesticid och inom bomullsindustrin. Idag används arsenik som cytostatika mot vissa typer av leukemi. Tidigare har arsenik också använts i träskyddsmedel (Kemikalieinspektionen, 2013).

Utsläpp och spridning

Antropogena källor av arsenik till luft är till exempel från gruvdrift, smältverk, förbränning av kol, olja och avfall och användning av arsenikinnehållande bekämpningsmedel inom jordbruket (Cullen & Reimer, 1989). Arsenik i luft sprids via långväga lufttransport och deponeras i miljön (Sternbeck och Carlsson, 2004). I närheten av metallsmältverk, träimpregneringsanläggningar och gruvavfall är många markområden förorenade av arsenik (Naturvårdsverket, 2020).

Miljö- och hälsoeffekter

De vanligaste exponeringarna för arsenik i oorganisk form är via dricksvatten eller förtäring av ris och i organisk form via skaldjur och fisk (Vahter, 2013).

I kroppen tas arsenik upp i magtarmkanalen, lungorna och huden och det är i njurarna, levern och gallblåsan som arsenik anrikas i kroppen (Lindberg, 2007). Arsenikförgiftning kan vara både kronisk och akut och ge negativa hälsoeffekter så som kronisk hosta, leverskador, diabetes och hjärt- och kärlsjukdomar. Arsenik kan också ha fosterskadande effekter, ge upphov till reproduktionsstörningar och kan vid långvarig exponering även leda till hud- och lungcancer (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Riktvärden och reglering

Gränsvärdet för intag av arsenik via dricksvatten är enligt WHO 10 µg/L och de områden i världen som har störst problem med arsenik i dricksvatten är Asien och Sydamerika (Selinus, 2010). Gränsvärdet för intag via föda är 0,3 - 8 µg arsenik/kg kroppsvikt och dygn (Förordning om gränsvärden för livsmedel, EG 1881/2006).

Nivågränsvärdet för arsenik via inhaled damm är 10 µg/m³ (AFS 2018:1).

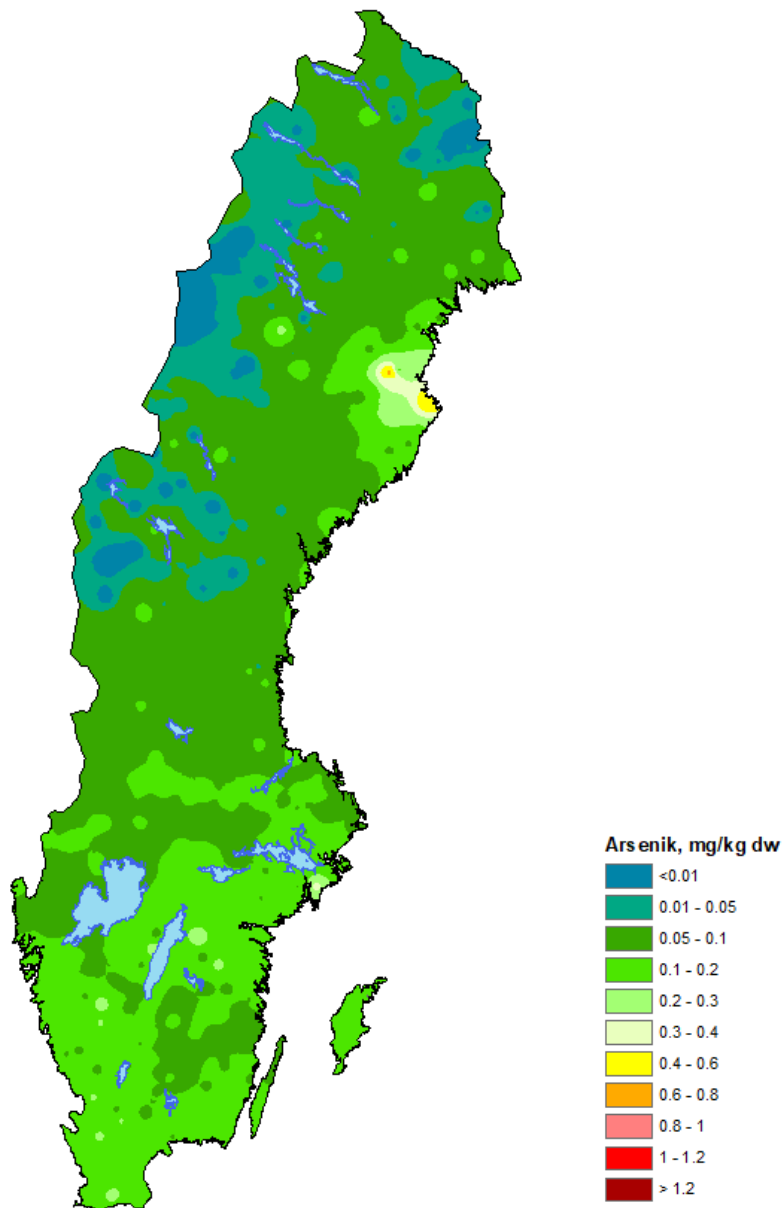
Miljökvalitetsnormen (MKN) för årsmedelvärdet av arsenik i luft är 6 ng/m³ (Luftkvalitetsförordning 2010:477). Arsenik regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), EU:s Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG), Grundvattendirektiv (2006/118/EG), Dricksvattendirektiv (98/83/EG), Industriutsläppsdirektiv (2010/75/EU) och Förordningen gällande gränsvärden av oorganisk arsenik i livsmedel (EU 2015/1006). Användandet av arsenik i produkter regleras inom EU:s förordning REACH. EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av arsenik.

Bakgrundshalter

Arsenik mäts vid svenska bakgrundsstationer och årsmedelhalter i norra Sverige varierar mellan 15 till 70 µg/m² i deposition och 0,04 – 0,1 ng/m³ i luft, och i södra Sverige mellan 50 och 120 µg/m² i deposition och 0,07 – 0,4 ng/m³ i luft (under perioden 2015 – 2020). (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl. 2021). Lufthalterna har legat relativt stabilt under perioden 2009 – 2020 över hela Sverige. Under samma tidsperiod observerades en markant nedgång i arsenikdeposition, men endast i södra Sverige. Ett starkt signifikant samband mellan arsenikhalten i nederbörd och halten av arsenik i mossa har observerats i en tidigare studie ($r^2 = 74\%$, Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.1.1 2020

I Figur 5 visas arsenikhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. I större delen av landet var belastningen av arsenik låg (<0,1 mg/kg torrsvikt) med generellt högst halter i sydvästra Sverige och lägst halter i fjälltrakterna i norr (Figur 5). Två mossprover med högre halter samlades in i Västerbottens kustland (0,67 respektive 0,57 mg/kg torrsvikt), där en viss påverkan från lokala källor fanns. Ytterligare tre prover med förhöjda halter, 0,30–0,33 mg/kg torrsvikt, samlades in i Stockholms, Västerbottens och Östergötlands län.

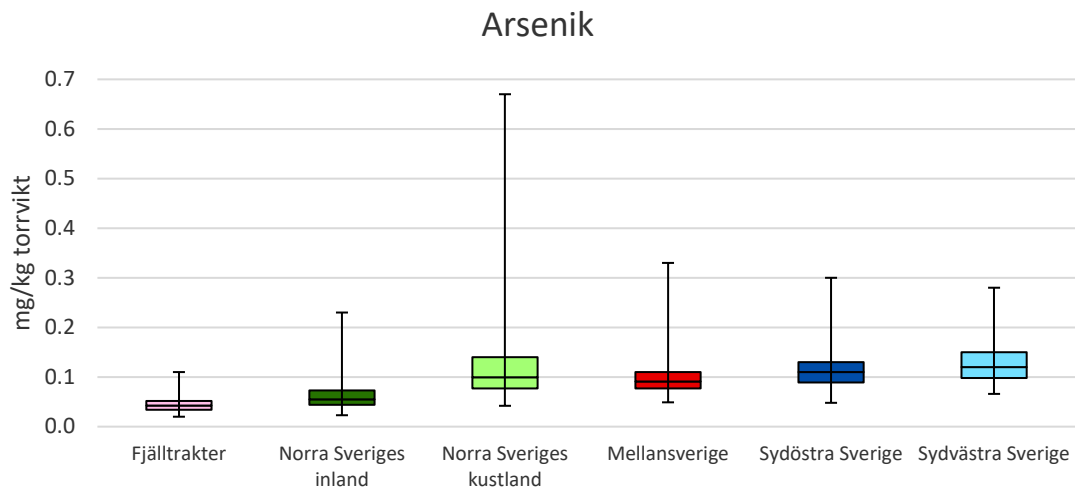


Figur 5. Arsenikhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 6 visas halter av arsenik i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av arsenik med 0,12 mg/kg torrsvikt tätt följt av sydöstra Sverige med 0,11 mg/kg torrsvikt och norra Sveriges kustland med 0,10 mg/kg. Den allra lägsta medianhalten av arsenik i mossa fanns i fjälltrakterna och norra Sveriges inland, 0,04 respektive 0,06 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av arsenik för Sverige som helhet och i Mellansverige var på samma nivå, 0,09 mg arsenik/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av arsenik i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

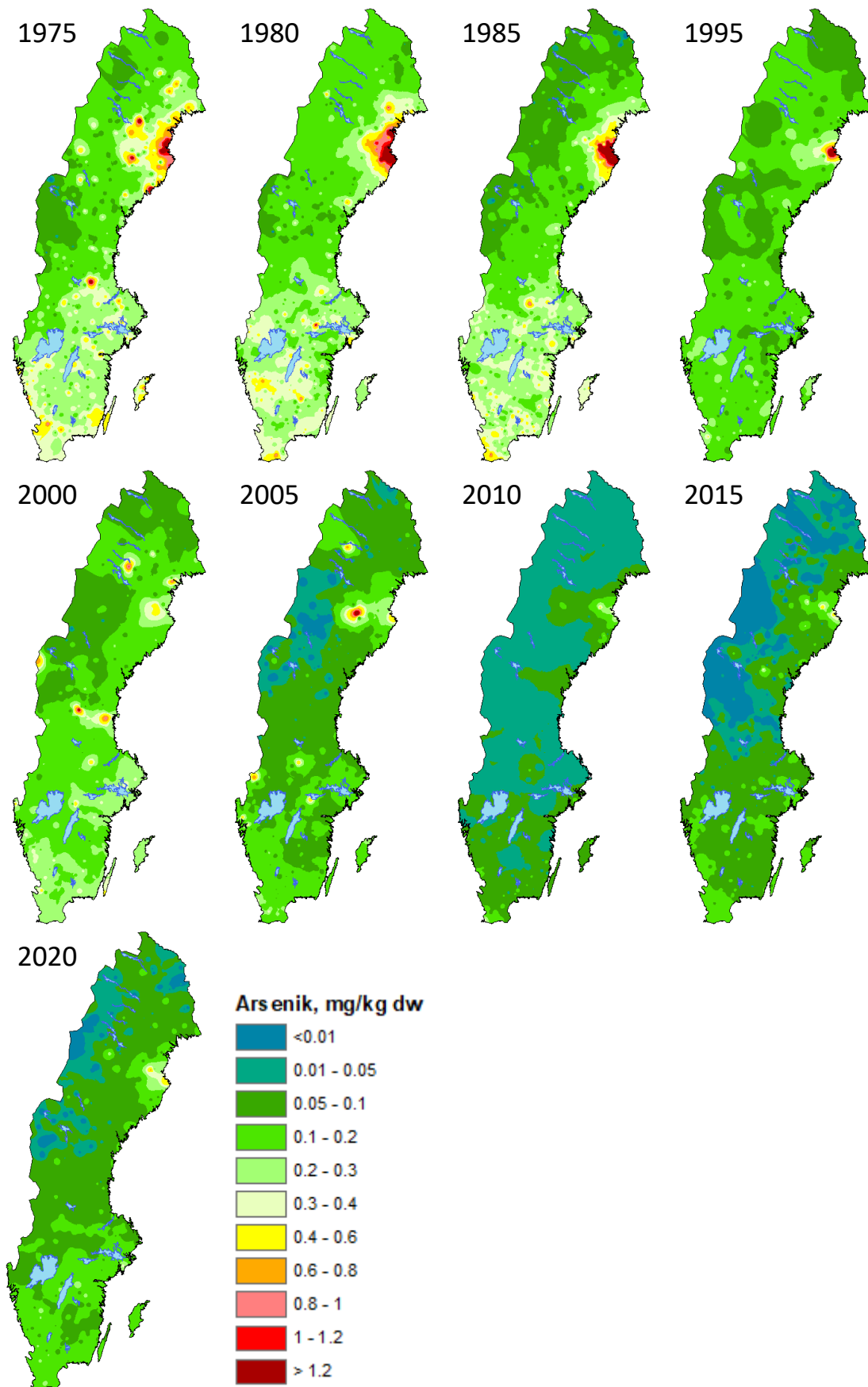
Medianhalten av arsenik i mossa i norra Sveriges kustland skiljde sig inte från medianhalterna i Mellansverige, sydöstra eller sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av arsenik i mossa skilde sig åt med högst medianhalt i sydvästra Sverige och lägst i fjälltrakterna. (Mann-Whitney U-test).



Figur 6. Uppmätta halter av arsenik i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

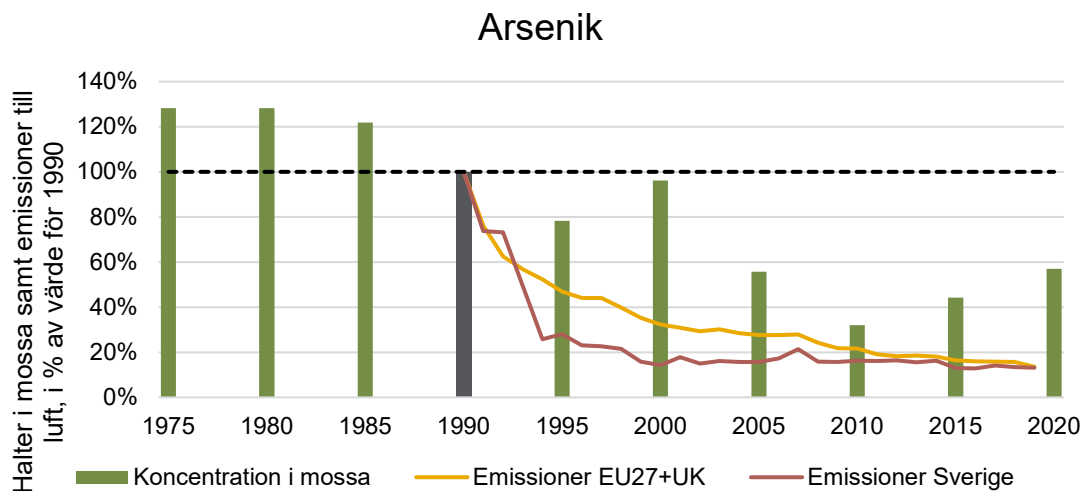
5.1.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 7 visar halt av arsenik i mossa mellan 1975 och 2020. Under 1990 års mossundersökning analyserades inte arsenik i mossa. I figuren syns tydligt den minskning som kontinuerligt skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. I figuren verkar arsenikhalterna ha ökat mellan 2010 och 2015 i vissa regioner. Detta kan förklaras med att rapporteringsgränsen för arsenik var betydligt högre 2010 jämfört med 2015, (Danielsson & Pihl Karlsson, 2016). I figuren syns även att halten av arsenik i mossa ökat under 2020 jämfört med 2015 års mossprovtagning. Medianhalten av arsenik i mossa för Sverige som helhet var 1975 0,20 mg/kg torrsvikt, för 2000 0,15 mg/kg torrsvikt, för 2005 0,09 mg/kg torrsvikt, för 2015 0,07 mg/kg torrsvikt och för 2020 0,09 mg/kg torrsvikt.



Figur 7. Halter (mg/kg torrsvikt) av arsenik i mossa, 1975–2020.

Arsenikhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 8. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att arsenikhalten i mossa minskat i samstämmighet med den europeiska emissionsminskningen fram till 2010. Efter 2010 har arsenikhalten i mossa stigit men som nämnts tidigare var rapporteringsgränsen för arsenik 2010 betydligt högre jämfört med 2015 och 2020. Arsenikhalterna i mossa för 2015 och 2020 låg på samma nivå som 2005 men högre än 2010. I figuren syns även att emissionsminskningen av arsenik i Sverige varit kraftigare jämfört med för hela EU27+UK. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).



Figur 8. Medianhalt av arsenik i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av arsenik till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa och emissioner till luft visas som procent av 1990 års värde.

5.1.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 2 redovisas medianhalter för arsenik i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och för samtliga olika regioner samt för Sverige som helhet var arsenikhalten i mossa signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 2. Medianhalter i mg/kg torrvtikt i mossa för arsenik för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

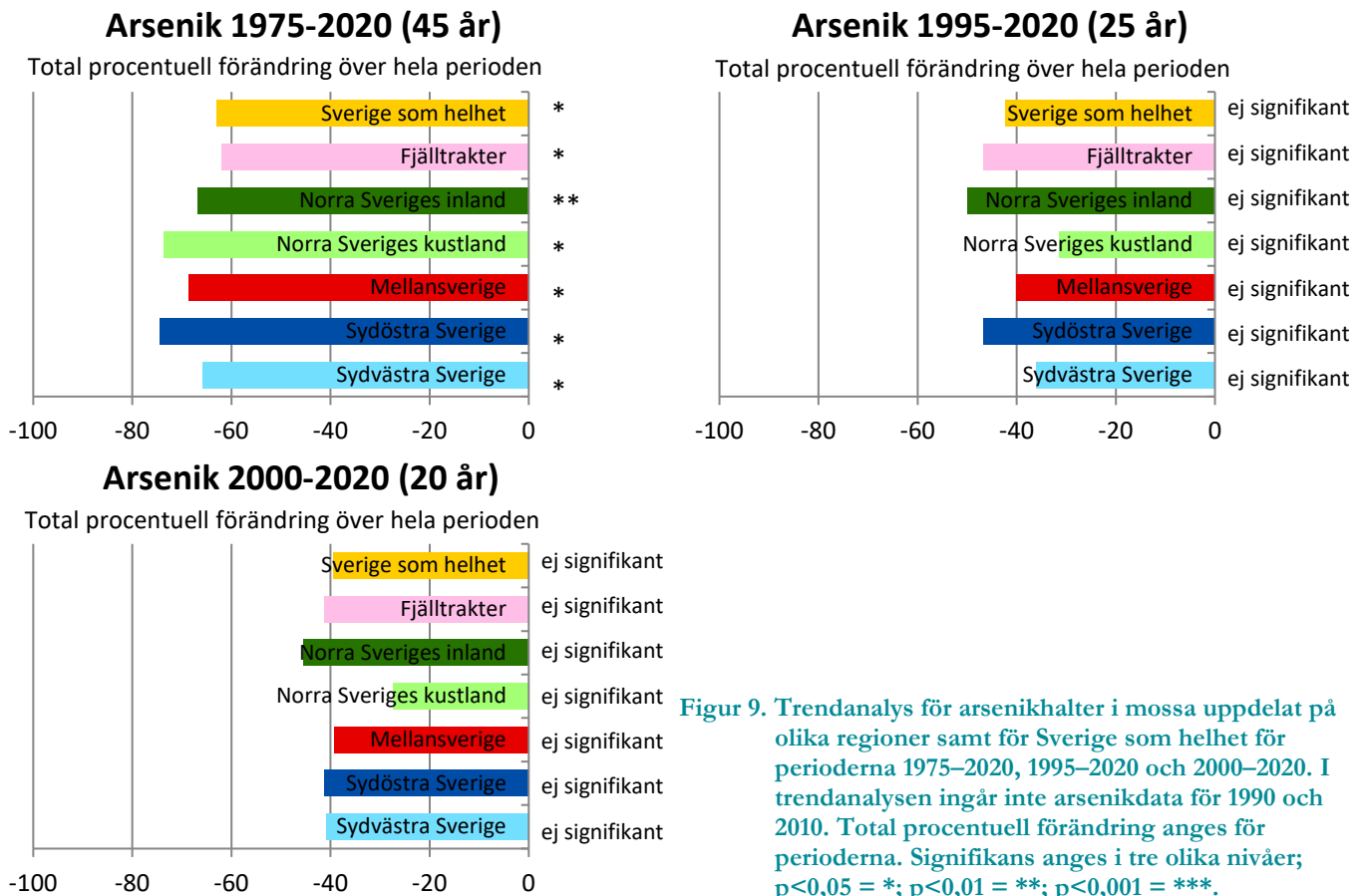
Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,069	0,089	***	Ökning
Fjälltrakter	0,031	0,043	***	Ökning
Norra Sveriges inland	0,042	0,055	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,068	0,100	***	Ökning
Mellansverige	0,069	0,091	***	Ökning
Sydöstra Sverige	0,080	0,110	***	Ökning
Sydvästra Sverige	0,098	0,120	***	Ökning

5.1.2.2 Trendanalys

I trendanalysen ingår inga data för 1990, då arsenik inte analyserades. Inte heller resultaten från 2010 ingår då rapporteringsgränsen för arsenik då var betydligt högre jämfört med övriga år.

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har arsenikhalten i mossa minskat signifikant för Sverige som helhet samt för samtliga regioner (Figur 9). Motsvarande analys för perioden 1995–2020 (mossprover från 1990 analyserades inte med avseende på arsenik) visade inte på några statistiskt signifikanta förändringar i någon region eller för Sverige som helhet. Inte heller för den senaste 20-årsperioden, 2000–2020, fanns någon statistiskt signifikant förändring i någon region (Figur 9).

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 9. Trendanalys för arsenikhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1995–2020 och 2000–2020. I trendanalysen ingår inte arsenikdata för 1990 och 2010. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.2 Bly (Pb)

Förekomst

Bly är en giftig metall som har använts i över tusen år och som är giftig i de flesta av sina kemiska former (Eisler, 1988). I små mängder finns bly väl utspritt i miljön, med högre naturliga halter i sulfidrika malmer (Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Innan viss användning av bly förbjöds under mitten av 1990-talet så användes det bland annat som tillsats i bensin, i färgpigment, vattenledningssystem och i mynt. Användningsförbudet har medfört att belastning av bly har minskat i naturen. Idag används bly främst i bilbatterier och andra ackumulatörer, i fiskesänken, ammunition och i viss elektronik, så som lödmaterial, blybatterier och kablar. Många av dessa användningsområden har dock minskat i Sverige (Naturvårdsverket, 2020).

Utsläpp och spridning

Emissionskällor av bly till atmosfären är bland annat eldning av olja, kol, ved, avfall och flygbränsle. Andra blykällor är till exempel anrikning och smältning av blymineral. Spridningen av bly kan ske via långväga atmosfärisk transport men kan också spridas lokalt från närliggande emissionskällor. Bly i atmosfären binds till partiklar och deponeras till ekosystem via våt- och torrdeposition. Vål i marken kan bly ha en lång uppehållstid vilket leder till att effekter i miljön kan ses i decennier efter att emissionerna och depositionen av bly har minskat (Berglund m.fl., 2008; 2010). Andra källor för spridning av bly till miljön är ammunition och blybatterier för fiske (Naturvårdsverket, 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

Upptaget av bly till kroppen sker främst via födan men även via inandningsluften (WHO, 2007). Det är främst hos yrkesgrupper som arbetar med blyframställning och smältning av bly samt vid svetsning och annan bearbetning av blybeklädda och blymönjemålade metallföremål som en kraftig blyexponering kan förekomma. Blyintag via föda kan ske genom födoämnen som innehåller bly som till exempel svamp, vin och viltkött. Bly kan lagras i skelettet och kan överföras från moder till foster via moderkakan. Unga individer är känsligare för blyexponering än vuxna. Bly kan också lagras i hemoglobin men endast kortvarigt (uppehållstid ungefär en månad) jämfört med i skelettet (uppehållstid i decennier). Akut blyförgiftning kan ge symptom så som magbesvär, anemi och domningar. Bly kan också ge neurologiska skador, skador på skelettet och vid långvarig exponering kan det ge förhöjt blodtryck och kronisk njurskada (Arbets- och miljömedicin, 2021; WHO, 2007; Mattisson m.fl., 2018).

Riktvärden och reglering

Gränsvärdet för bly i dricksvatten är 10 µg/l. Det toxikologiska referensvärdet (BMDL01) för bly är 0,5 µg/kg kroppsvikt och dygn (Livsmedelsverket, 2021). Det hygieniska gränsvärdet för bly på inhalerbar fraktion är 0,1 mg/m³ och för respirabel (upptag i lungorna) fraktion 0,05 mg/m³ (AFS 2018:1).

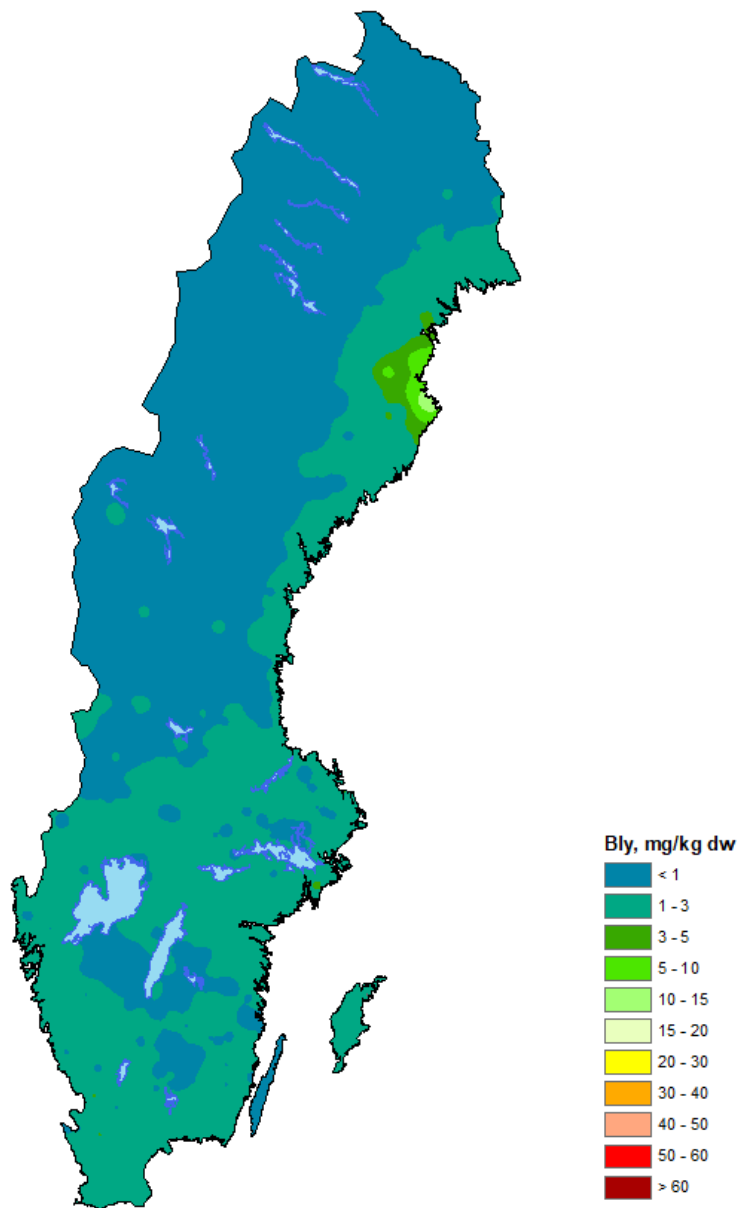
Den miljö kvalitetsnorm som gäller för skydd av människors hälsa presenteras i luftkvalitetsförordningen. Miljö kvalitetsnormen (MKN) för årsmedelvärde av Pb i luft är 500 ng/m³ (Luftkvalitetsförordning 2010:477). Bly regleras av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), samt av EU:s Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG), Vattendirektiv (2000/60/EG), Grundvattendirektiv (2006/118/EG), Dricksvattendirektiv (98/83/EG), Slamdirektiv (86/278/EEG) och Förordning om gränsvärden för livsmedel (EG 1881/2006). Blys användning i produkter regleras av EU:s förordning REACH. EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av bly.

Bakgrundshalter

Bly uppmäts i nederbördsprover och luftprover vid svenska bakgrundsstationer. Årsmedel-depositionen av bly har under perioden 2015 – 2020 varierat mellan 30 och 310 µg/m² i norr och mellan 200 och 390 µg/m² i söder, med en långsamt stadig minskande trend i hela Sverige. Lufthalterna har under samma period legat på i medelhalt från 0,2 till 0,4 ng/m³ i norr och mellan 0,6 och 2 ng/m³ i söder, med en något långsamt minskande trend i södra Sverige (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl. 2021). Ett starkt signifikant samband mellan blyhalten i nederbörd och halten av bly i mossa har observerats i en tidigare studie ($r^2 = 80\%$, Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.2.1 2020

I Figur 10 visas blyhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren var belastningen av bly låg i större delen av Sverige. Halterna av bly var lägst i fjälltrakterna och i norra Sveriges inland. De högsta halterna fanns i Västerbottens och Norrbottens kustland där påverkan från lokala källor tycks ha funnits. Den högsta halten (15 mg/kg torrsvikt) uppmättes i ett mossprov som samlades in i kusttrakterna i Västerbottens län. Ytterligare tre prover med förhöjda halter, 6–7 mg/kg torrsvikt, samlades in i Västerbottens kusttrakter.

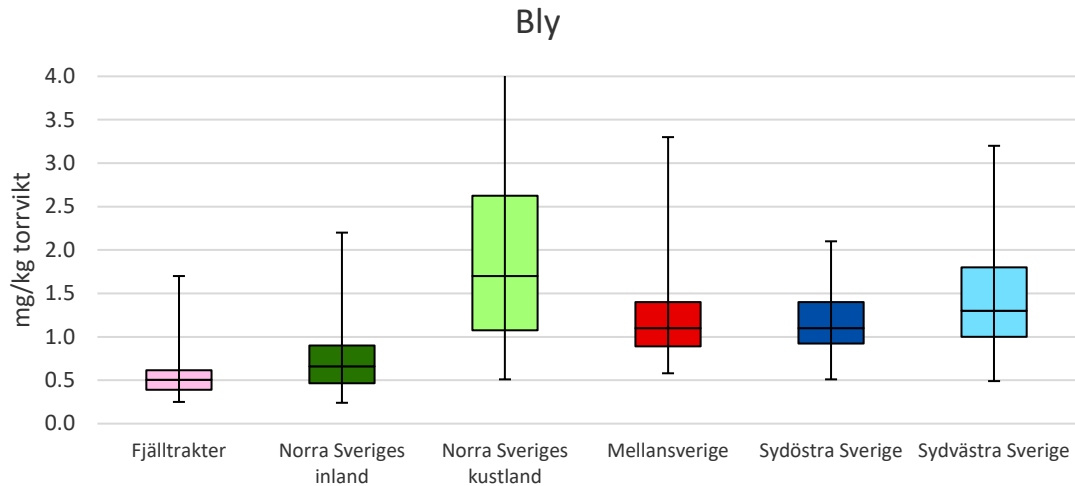


Figur 10. Blyhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 11 visas halter av bly i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Norra Sveriges kustland hade den högsta medianhalten av bly med 1,7 mg/kg torrsvikt följt av sydvästra Sverige med 1,3 mg/kg torrsvikt. De allra lägsta medianhalterna av bly fanns i fjälltrakterna med 0,5 mg/kg torrsvikt följt av norra Sveriges inland med 0,7 mg/kg. Medianhalten av bly i Mellansverige och sydöstra Sverige, 1,1 mg/kg, var nästan på samma nivå som medianhalten av bly för Sverige som helhet, 1,0 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av bly i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

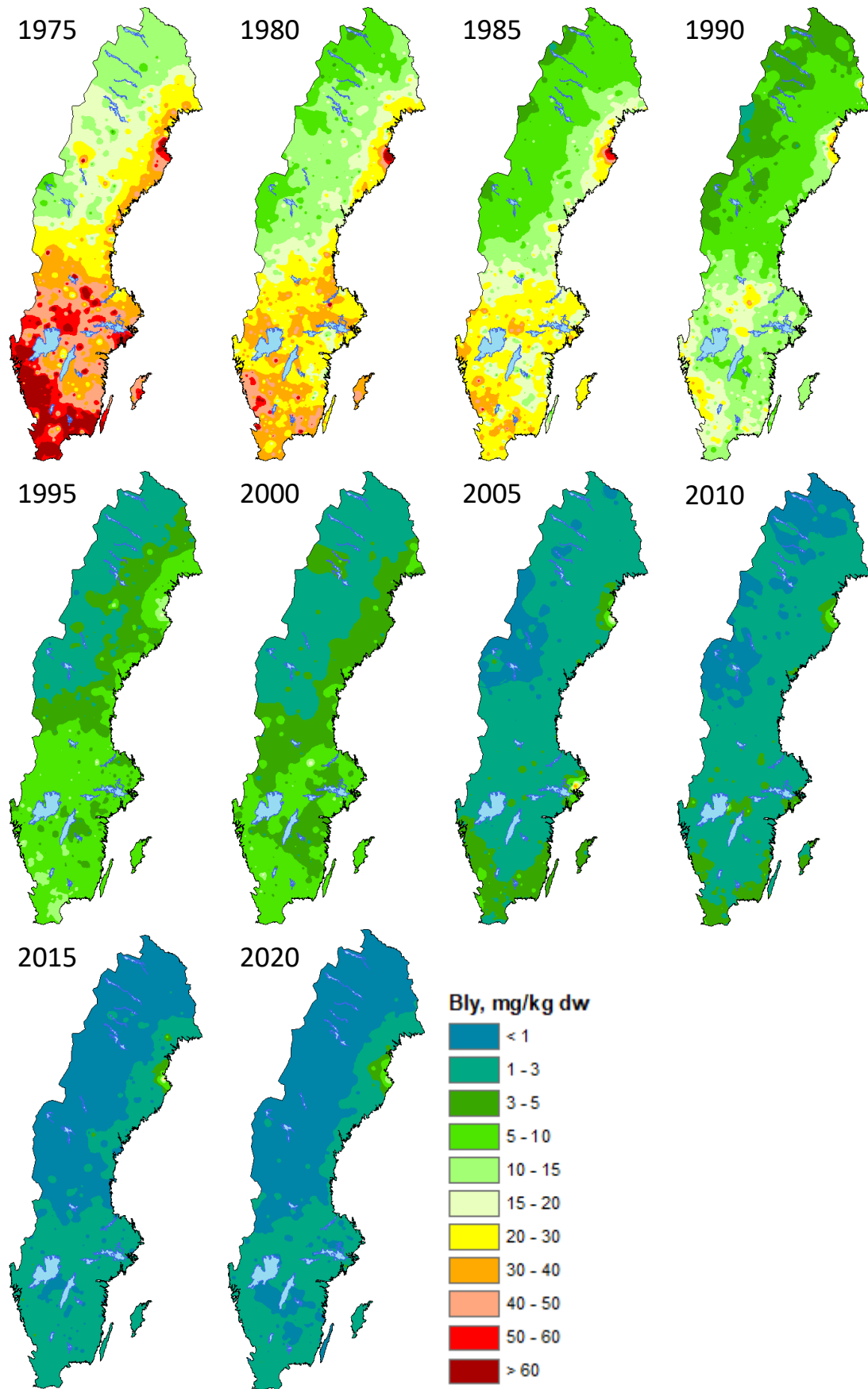
Medianhalten av bly i mossa i Mellansverige kunde inte skiljas från medianhalten i sydöstra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av bly i mossa skilde sig signifikant åt. Medianhalten i norra Sveriges kustland var högst medan medianhalten var lägst i fjälltrakterna. (Mann-Whitney U-test).



Figur 11. Uppmätta halter av bly i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges kustland var det högsta värdet 15 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

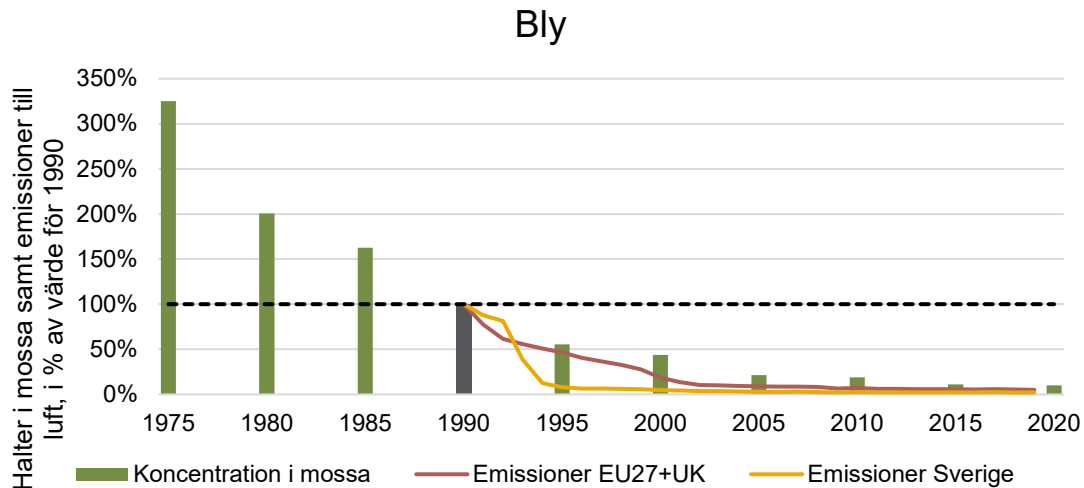
5.2.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 12 visar halt av bly i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den kraftiga minskning som kontinuerligt skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. Blytillsats i bensin förbjöds i mitten av 1990-talet, vilket är en förklaring till att minskningen varit så stor. Medianhalten av bly i mossa för Sverige som helhet var 1975: 32 mg/kg torrsvikt, för 1990: 10 mg/kg torrsvikt, för 2000: 4,4 mg/kg torrsvikt, för 2005: 2,1 mg/kg torrsvikt, för 2010: 1,9 mg/kg torrsvikt, för 2015: 1,1 mg/kg torrsvikt och för 2020: 1,0 mg/kg torrsvikt.



Figur 12. Halter (mg/kg torrvtikt) av bly i mossa, 1975–2020.

Blyhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 13. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att blyhalt i mossa minskat i samstämmighet med den europeiska emissionsminskningen. I figuren syns även att emissionsminskningen av bly i Sverige varit kraftigare jämfört med EU27+UK främst under perioden från början av 1990-talet till början av 2000-talet. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (Ceip, 2021).



Figur 13 Medianhalt av bly i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av bly till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa och emissioner till luft visas som procent av 1990 års värde.

5.2.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 3 redovisas medianhalter för bly i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och i norra Sveriges kustland ökade blyhalten signifikant mellan 2015 och 2020. I fjälltrakterna, norra Sveriges inland och i Mellansverige fanns ingen statistiskt signifikant förändring mellan åren. I sydöstra och sydvästra Sverige samt för Sverige som helhet var blyhalterna i mossa lägre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 3. Medianhalter i mg/kg torrvtikt i mossa för bly för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

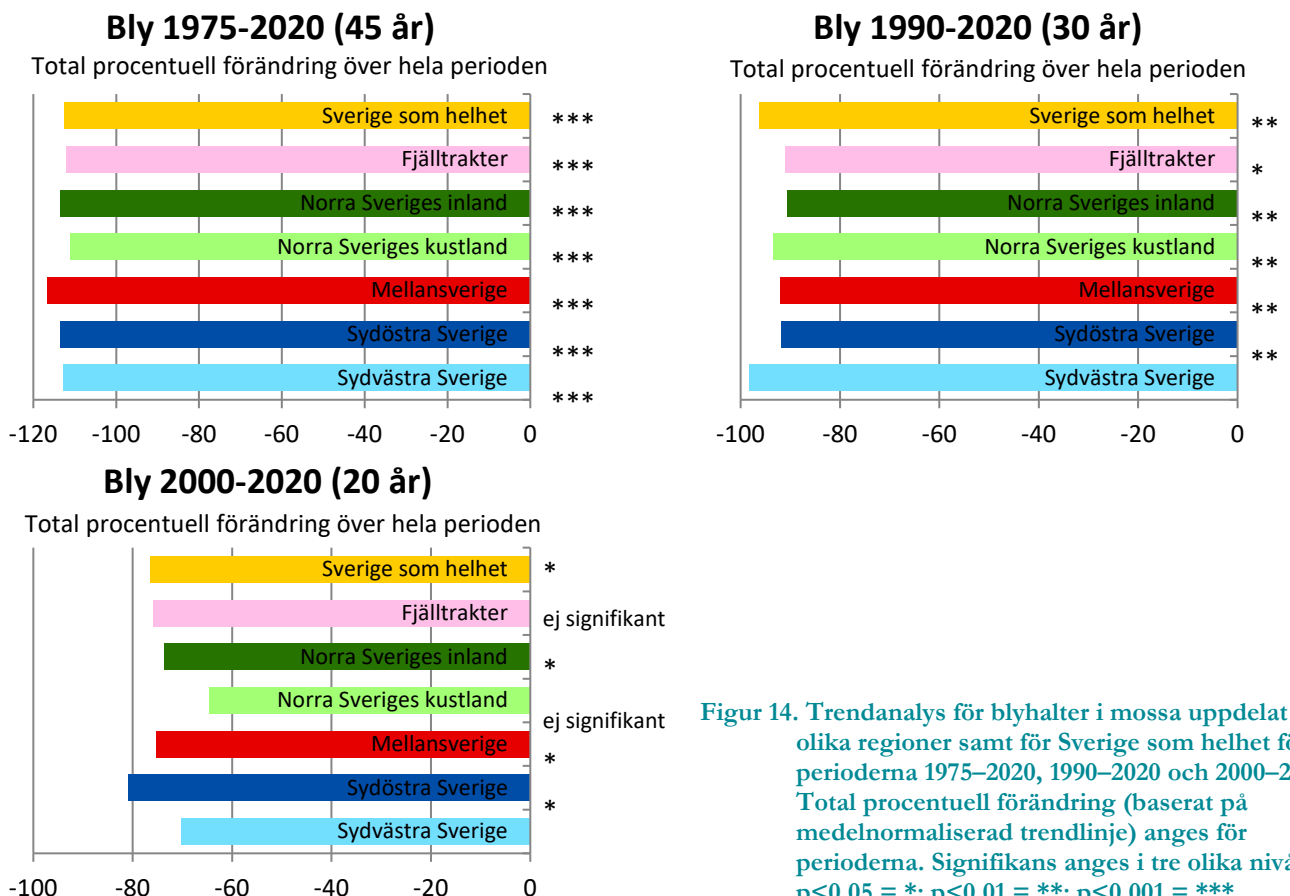
Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	1,10	1,00	**	Minskning
Fjälltrakter	0,47	0,50	Ej signifikant	-
Norra Sveriges inland	0,68	0,66	Ej signifikant	-
Norra Sveriges kustland	1,35	1,70	*	Ökning
Mellansverige	1,20	1,10	Ej signifikant	-
Sydöstra Sverige	1,30	1,10	**	Minskning
Sydvästra Sverige	1,70	1,30	***	Minskning

5.2.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har blyhalterna i mossor minskat signifikant för Sverige som helhet samt för samtliga regioner (Figur 14). I den statistiska analysen baseras den totala procentuella förändringen över perioden på en medelnormaliserad trendlinje vilket gör att minskningen kan bli mer än 100 procent. Den medelnormaliserade trendlinjen har samma lutning som originallinjen, men är förflyttad i höjdlid så att mitten på linjen ligger i nivå med medelvärdet för alla ingående y-värden. Det går därför att få värden < -100 % i de fall slutet på trendlinjen hamnar under X-axeln.

Även resultaten för trendanalys som omfattar de senaste 30 åren, 1990–2020, visar på signifikant minskande blyhalter i mossor i samtliga regioner och i Sverige som helhet. Som tidigare nämnts förbjöds tillsatsen av bly till bensin i mitten av 1990-talet, vilket är en förklaring till att minskningen varit så stor även under perioden 1990–2020 (Figur 14). Trendanalysen för de senaste 20 åren (2000–2020) visar även den att blyhalten i mossor minskat signifikant för Sverige som helhet och i samtliga regioner förutom i fjälltrakterna och norra Sveriges kustland.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 14. Trendanalys för blyhalter i mossor uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring (baserat på medelnormaliserad trendlinje) anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.3 Järn (Fe)

Förekomst

Järn är en metall som började användas på järnåldern och utgör ungefär en tredjedel av jordens massa. Det är också ett grundämne som är viktigt för växter och djur. De viktigaste järnmalmerna är svartmalm (magnetit) och blodstensmalm (hematit) och är sett till volym den metall som bryts mest (Nationalencyklopedin, 2021).

Användning

Järn har magnetiska egenskaper och används i en rad olika användningsområden som stål, byggnadskonstruktioner, fordon av olika slag och i diverse vardagliga produkter (Nationalencyklopedin, 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

Järn är en essentiell metall som behövs för att transportera syre via blodet i vår kropp. Låga halter av järn kan orsaka trötthet och orkeslöshet. För höga halter av järn i blodet (20 – 30 mg/kg) kan ge förgiftningssymptom som magsmärter, kräkningar, m.m. (Suchara m.fl., 2007).

Riktvärden och reglering

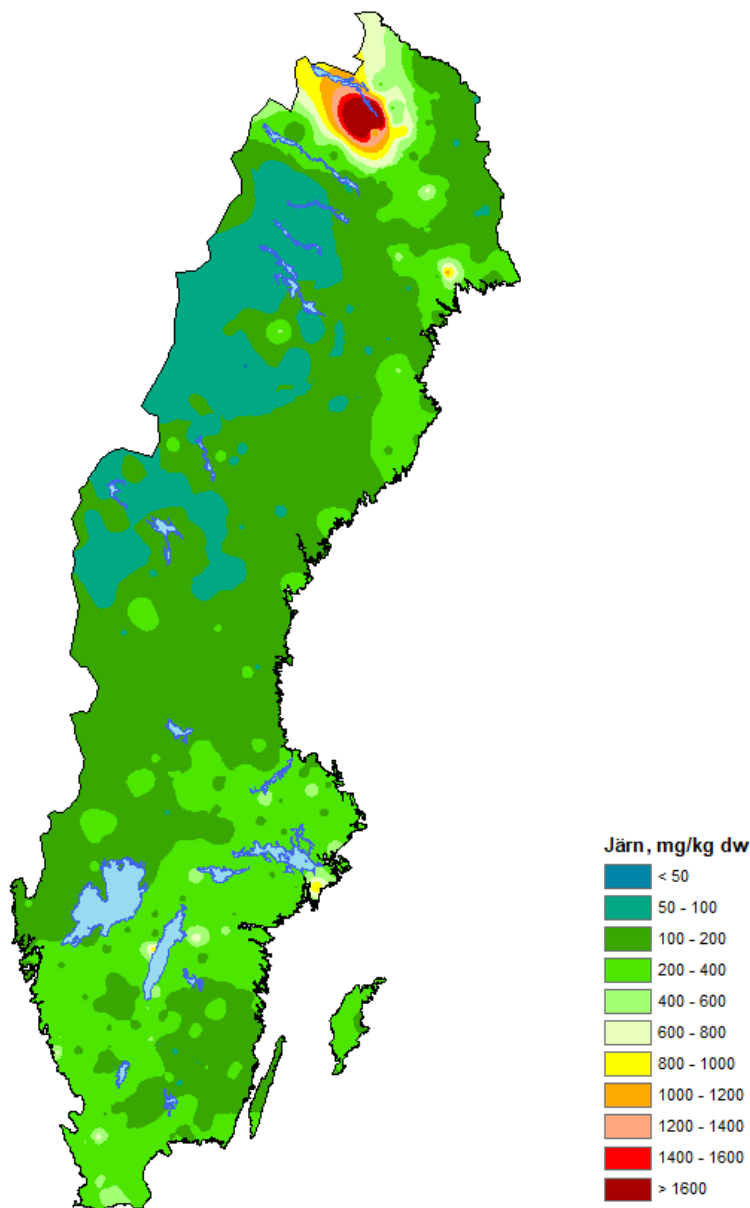
Hygieniskt gränsvärde för järnoxid i inandningsbar fraktion är 3,5 mg/m³ (AFS 2018:1).

Bakgrundshalter

Järn mäts inte inom den nationella miljöövervakningen i luft eller nederbörd. I en studie som undersökte sambandet mellan nederbördshalt och mosshalt hittades inget statistiskt signifikant samband för järn (Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.3.1 2020

I Figur 15 visas järnhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Analyserna av järnhalter i insamlade mossprover visar, inte överraskande, att den högsta belastningen fanns i närhet till malmfälten i Norrbottens län där den högsta uppmätta halten i mossa var 5 400 mg/kg torrsvikt. Ytterligare tre prover med halter på 1 000 (två prover) och 1 100 (ett prov) har samlats in i Norrbottens län. Dessutom samlades ett antal prover med relativt höga halter, 500–950 mg/kg torrsvikt, in i Norrbottens, Stockholms, Skåne, Uppsala län, Hallands, Västra Götalands, Jönköpings, Örebro och i Östergötlands län.

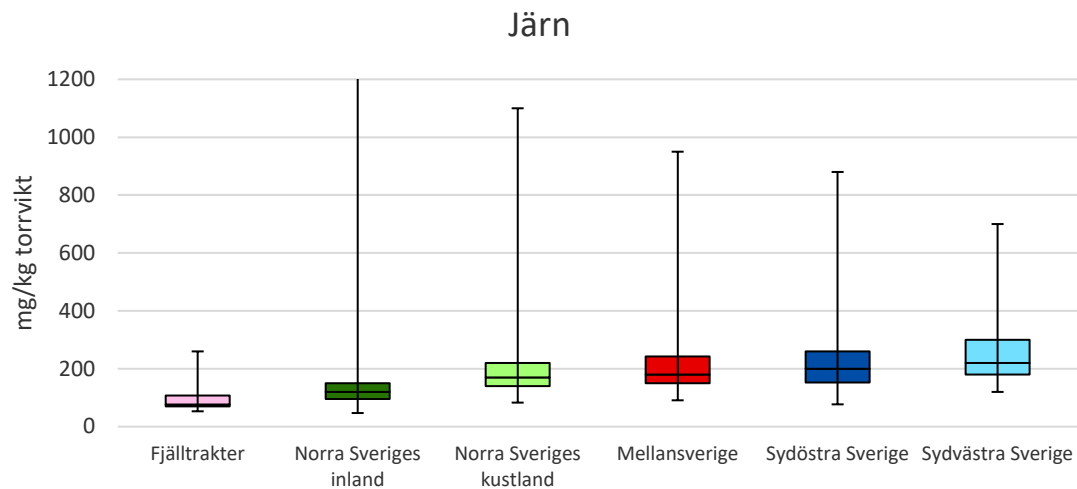


Figur 15. Järnhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 16 visas halter av järn i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Den allra lägsta medianhalten (77 mg/kg torrsvikt) av järn i mossprover från 2020 fanns i fjälltrakterna följt av norra Sveriges inland med 120 mg/kg torrsvikt. Sydvästra Sveriges hade den högsta medianhalten av järn med 220 mg/kg torrsvikt följt av sydöstra Sverige med 200 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av järn i Mellansverige var något högre, 180 mg/kg torrsvikt, jämfört med i norra Sveriges kustland och för Sverige som helhet där medianhalten var 170 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av järn i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

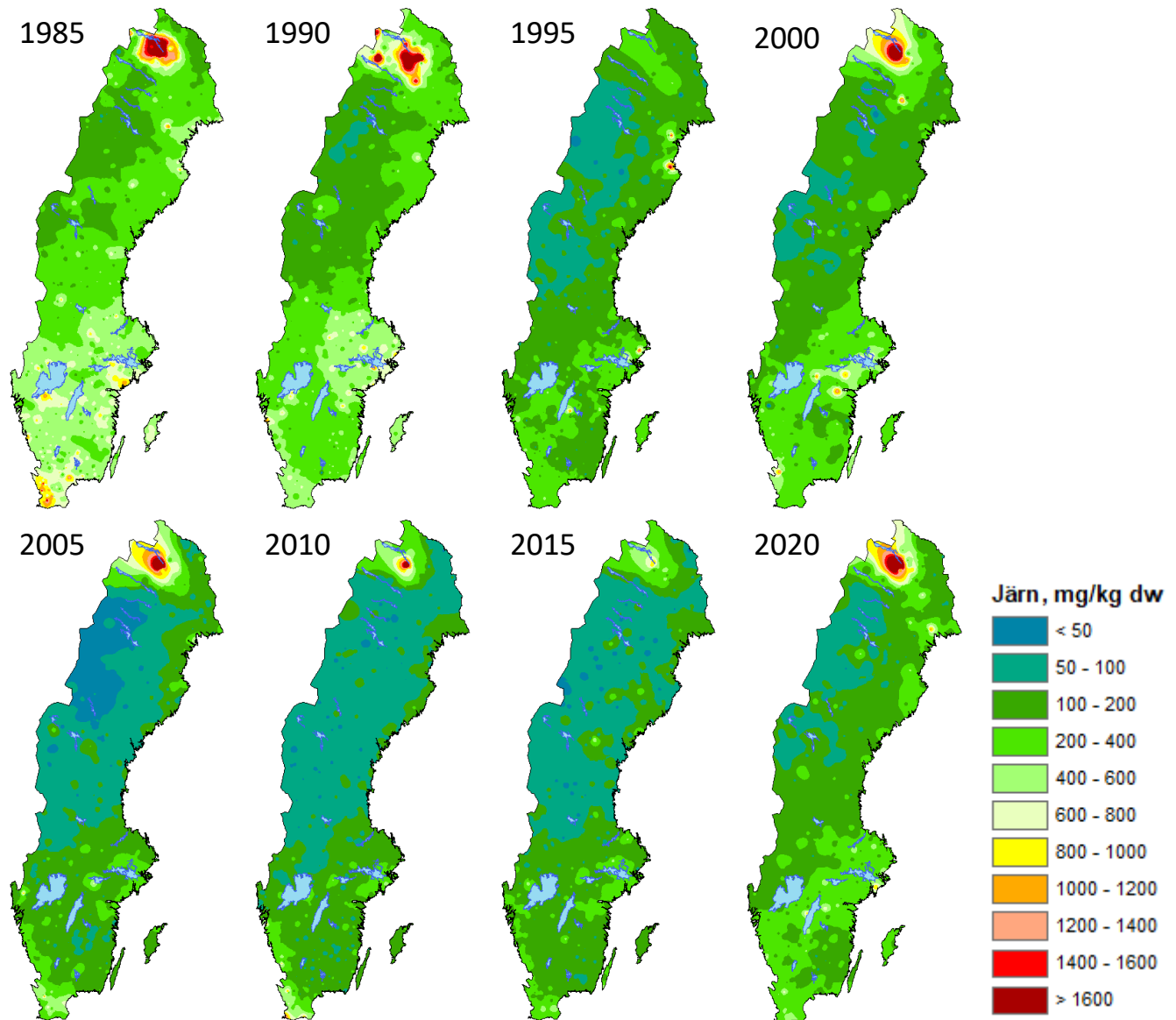
Medianhalten av järn i mossa i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från medianhalterna i norra Sveriges kustland eller i Mellansverige. Inte heller kunde medianhalten i Mellansverige skiljas från medianhalten i norra Sveriges kustland. Alla andra regioners medianhalter av järn i mossa skilde sig åt. (Mann-Whitney U-test).



Figur 16. Uppmätta halter av järn i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges inland var det högsta värdet 5 400 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.3.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 17 visar halten av järn i mossa mellan 1985 och 2020. I figuren syns tydligt den minskning som skett sedan 1985 då de nationella mätningarna av järn i mossa startade. För 1995 och 2015 ses inte, så tydligt som för övriga år, den påverkan som järnmalmshytningen i malmfälten har haft på omkringliggande miljö. För samtliga regioner förutom i norra Sveriges kusttrakter var medianhalterna av järn lägre i mossprover från 1995 än i prover från 2000. Detta kan indikera att utbytet av järn i 1995 års analyser varit något lågt. Under 2020 syns återigen den kraftiga påverkan som järnmalmshytningen i Norrbotten har. Medianhalten av järn i mossa för Sverige som helhet var 1980: 362 mg/kg torrsvikt, för 2000: 190 mg/kg torrsvikt, för 2005: 117 mg/kg torrsvikt, för 2010: 101 mg/kg torrsvikt, för 2015: 110 mg/kg torrsvikt och för 2020: 170 mg/kg torrsvikt.



Figur 17. Halter (mg/kg torrsvikt) av järn i mossa, 1985–2020.

5.3.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 4 redovisas medianhalter för järn i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test. I samtliga regioner samt för Sverige som helhet var järnhalten 2020 signifikant högre jämfört med 2015.

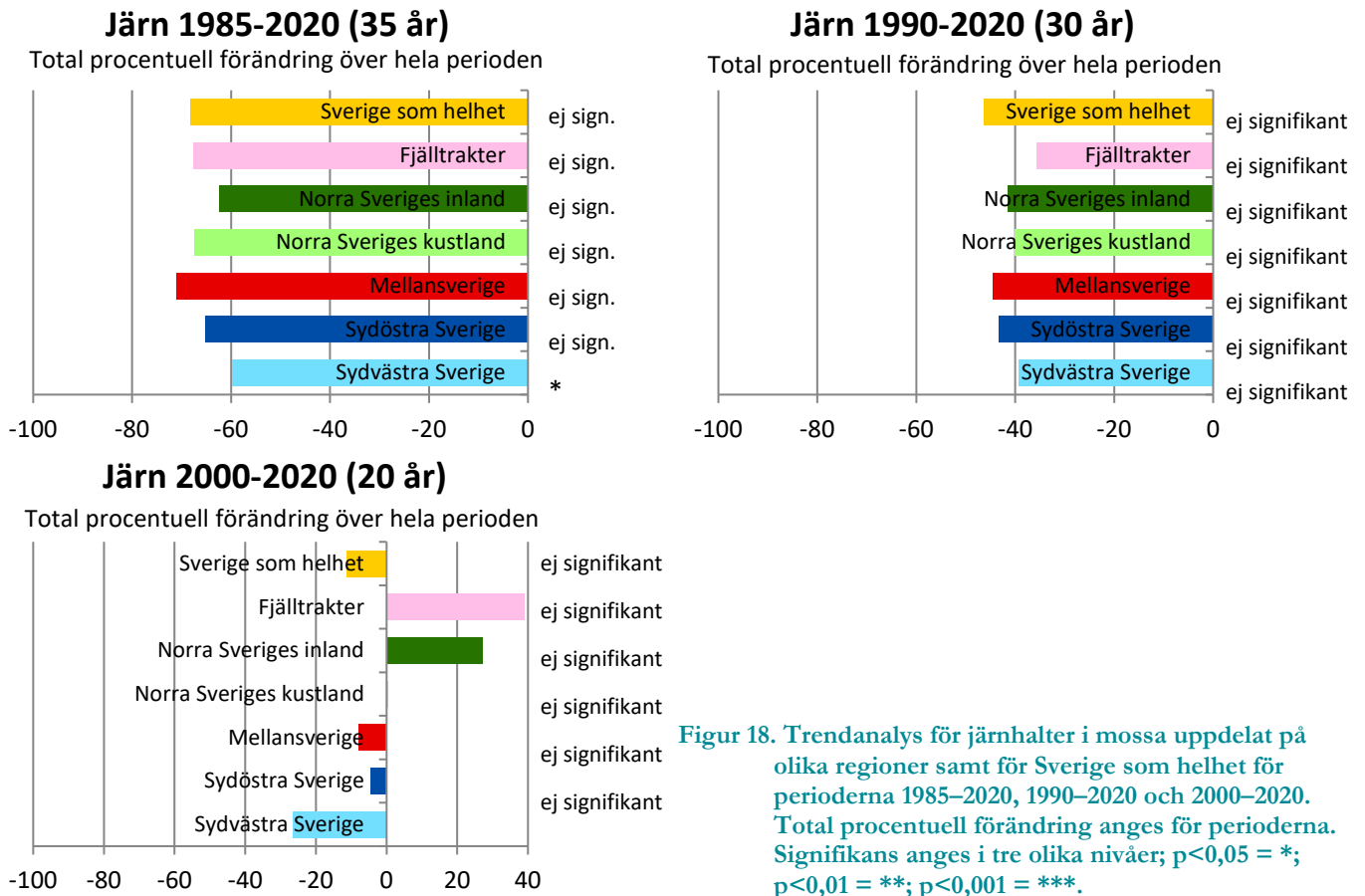
Tabell 4. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för järn för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	110	170	***	Ökning
Fjälltrakter	64	76	**	Ökning
Norra Sveriges inland	81	120	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	95	170	***	Ökning
Mellansverige	125	180	***	Ökning
Sydöstra Sverige	130	200	***	Ökning
Sydvästra Sverige	160	220	***	Ökning

5.3.2.2 Trendanalys

Under de senaste 35 åren (järn mättes första gången 1985) har järnhalterna inte förändrats statistiskt signifikant för Sverige som helhet eller för någon enskild region förutom i sydvästra Sverige där halterna minskat (Figur 18). Trendanalysen för de senaste 30 åren (1990–2020) eller för de senaste 20 åren (2000–2020) visade inte på några signifikanta förändringar av järnhalt i mossa (Figur 18).

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 18. Trendanalys för järnhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1985–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.4 Kadmium (Cd)

Förekomst

Kadmium är ett giftigt metalliskt grundämne som främst finns naturligt i zinkmalmer. Det naturligt förekommande kadmiumet tas lätt upp av växter från mark och förekommer därför i flertalet olika grödor och växter (Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Kadmium har historiskt använts mycket vid galvanisering av stål, som ytbeläggning och som legeringsmetall (fram till 1970-talet) men är idag hårt reglerad. Det används idag fortfarande i nickel- och kadmiumbatterier, som färgpigment i röda och gula färger samt förekommer i viss elektronik och i konstgödsel (Naturvårdsverket, 2020). Enligt Kemikalieinspektionen så kan mineralgödsel innehålla kadmium som förorening. Men det är förbjudet att saluföra eller överlåta vissa gödselmedel som innehåller mer än 100 gram kadmium per ton fosfor. Syftet med begränsningen är att minska kadmiumhalten i åkermark och därigenom minska halten i grödor (SFS 1998:944).

Utsläpp och spridning

Via konstgödsel sprids kadmium över mark men det sprids även som partiklar via luft och deponeras till naturen med våt- och torrdeposition. Emissionskällor av kadmium till luft är naturliga källor så som vulkanutbrott, erosion och bränder och antropogena källor som till exempel metallproduktion, förbränning av fossila bränslen samt vid avfallsförbränning (Suchara m.fl., 2007; Nriagu, 1989).

Miljö- och hälsoeffekter

Kadmium tas upp i kroppen via mat, dryck och rökning i mag- och tarmkanalen och ackumuleras i njurarna. Mat som sägs innehålla höga mängder kadmium är till exempel spannmålsprodukter, lever, njure, ostron, musslor och vissa vildväxande champinjonarter.

Långvarig exponering av kadmium kan leda till njurskada, benskörhet, ökad risk för stroke, skador på luftvägar, påverkan på manlig fertilitet och negativ påverkan på fostertillväxt. Kadmium är också klassat som cancerframkallande (Peralta-Videa m.fl., 2009; Suchara m.fl., 2007; WHO, 2007; Järup, 1998). Kadmium visar starka likheter med mikronäringsämnet zink och kan ersätta zink i många biologiska system. Omfattningen av kadmiumupptaget beror på järndepåer i kroppen och har setts öka om järnstatus är låg. Halveringstiden för kadmium i kroppen kan vara flera decennier (Mattisson m.fl., 2018).

Riktvärden och reglering

Tolererbara dagliga intaget (TDI-värdet) för kadmium är 0,00036 mg/kg kroppsvikt och dag och dricksvattennormen är 5 µg/l (Kemakta, 2016). Nivågränsvärdet för kadmium i inhalerbar fraktion är 0,001 mg/m³ (AFS 2018:1)

Miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärdet av kadmium i luft är 5 ng/m³ (Luftkvalitetsförordning 2010:477). Kadmium regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), samt av EU:s Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG), Vattendirektiv (2000/60/EG), Grundvattendirektiv

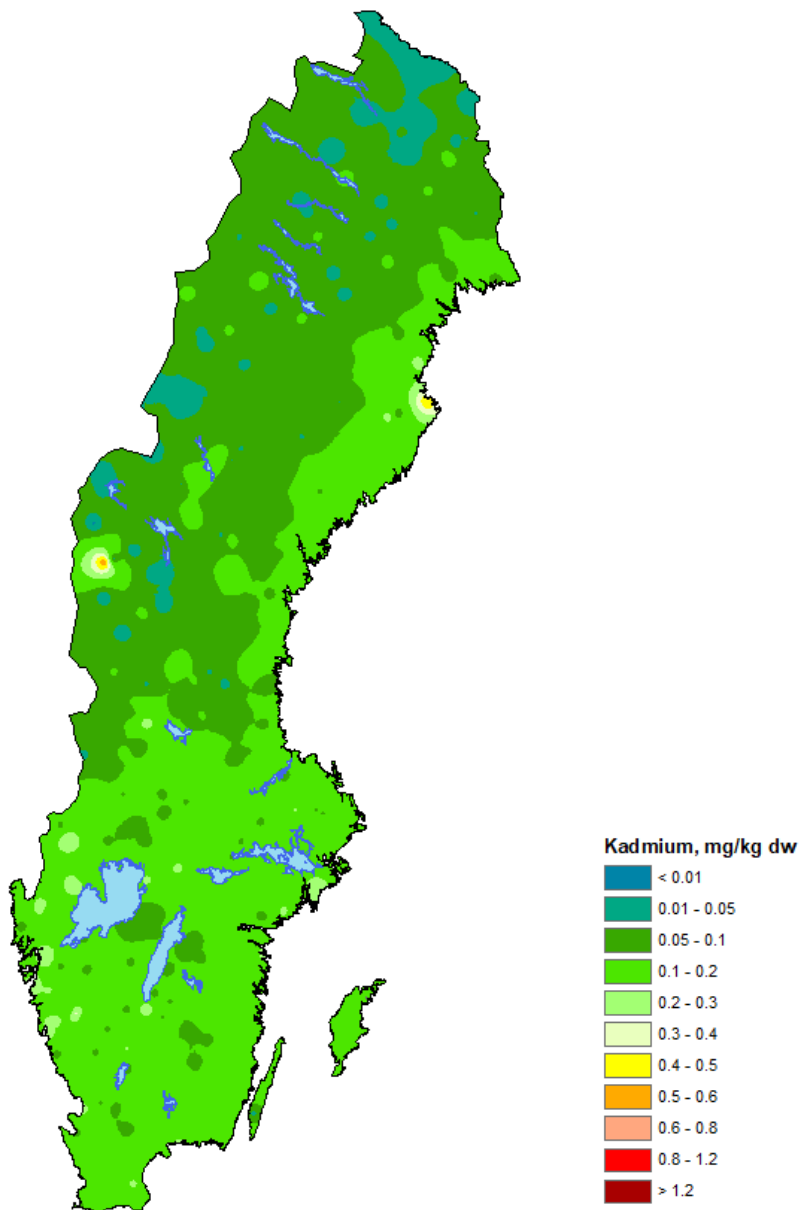
(2006/118/EG), Dricksvattendirektiv (98/83/EG), Slamdirektiv (86/278/EEG) och Förordning om gränsvärden för livsmedel (EG 1881/2006). Kadmiums användning i produkter regleras av EU-förordningen REACH. EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av kadmium.

Bakgrundshalter

I Sverige mäts kadmium i nederbörds- och luftprover vid svenska bakgrundsstationer med depositionshalter under perioden 2015–2020 på mellan 10 och 45 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i söder och mellan 5 och 10 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i norr. Lufthalter under samma period varierade mellan 0,02 och 0,06 ng/m^3 i söder och mellan 0,01 och 0,02 ng/m^3 i norr. En minskning i både lufthalter och deposition har observerats under perioden med störst nedgång i södra och mellersta Sverige (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl., 2021). Ett signifikant samband mellan kadmium i nederbörd och halten kadmium i mossa har observerats i en tidigare studie ($r^2 = 65\%$, Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.4.1 2020

I Figur 19 visas kadmiumhalterna i mossprover insamlade 2020 från hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av kadmium lägst i fjälltrakterna och i norra Sveriges inland, oftast med halter under 0,05 mg/kg torrsvikt. Provet med den högsta halten samlades dock in i Bergs kommun i Jämtlands län (0,56 mg/kg torrsvikt). Någon förklaring till den förhöjda halten i detta mossprov har ännu inte hittats. Totalt har sju ytterligare prover insamlats med relativt höga halter, 0,3–0,5 mg/kg torrsvikt. Dessa prover samlades in i kustnära områden i Västerbottens, Västra Götalands och Östergötlands län.



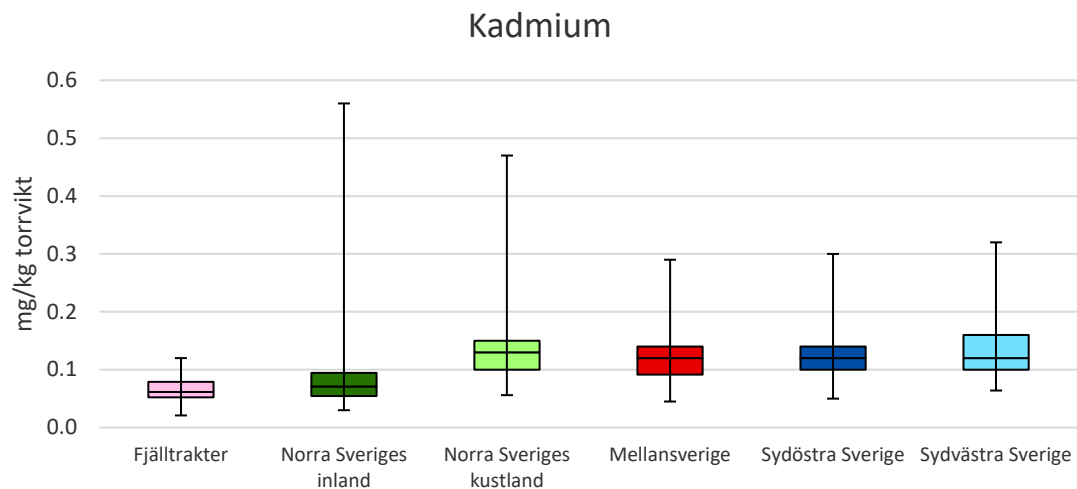
Figur 19. Kadmiumhalter i mossprover insamlade 2020.

Uppmätta halter av kadmium i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner visas i Figur 20. Resultaten visar att norra Sveriges kustland hade den högsta medianhalten av kadmium med 0,13 mg/kg torrsvikt tätt följd av Mellansverige, sydöstra och sydvästra Sverige med vardera 0,12 mg/kg torrsvikt. De allra lägsta medianhalterna av kadmium uppmättes i fjälltrakterna och i norra Sveriges inland, 0,06 respektive 0,07 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av kadmium i mossa för Sverige som helhet var 0,11 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av kadmium i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av kadmium i mossa i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från motsvarande halter i norra Sveriges kustland eller i Mellansverige. Inte heller kunde medianhalten av kadmium i sydvästra Sverige skiljas från medianhalterna i norra Sveriges kustland eller i sydöstra Sverige. Dessutom var medianhalten av kadmium i mossa i fjälltrakterna inte skild från halterna i norra Sveriges inland. Alla övriga jämförelser mellan regioner skilde sig signifikant åt. (Mann-Whitney U-test).

Medianhalt av kadmium i mossa i norra Sveriges kustland var signifikant högre jämfört med alla andra regioner förutom sydöstra och sydvästra Sverige. Medianhalten av kadmium i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från medianhalten i Mellansverige och sydvästra Sverige.

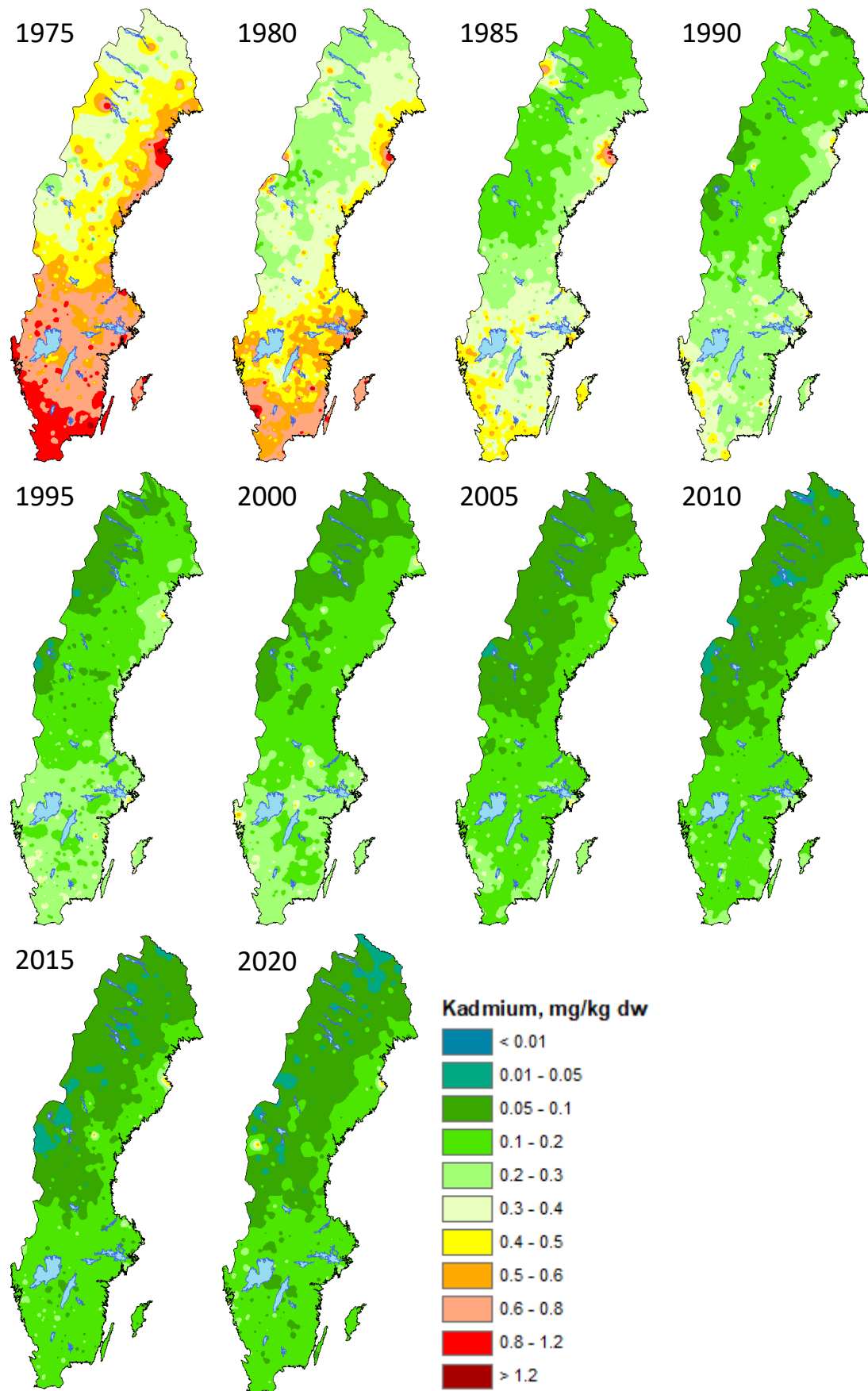


Figur 20. Uppmätta halter av kadmium i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.4.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 21 visar halt av kadmium i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den kraftiga minskning som kontinuerligt skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade.

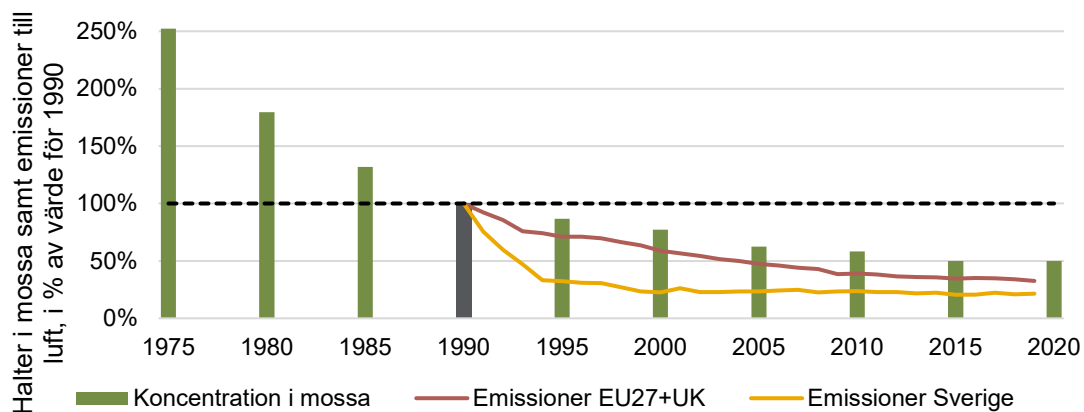
Minskningen som kan ses beror främst på bättre reningsutrustning vid metallsmältverk och stålverk men också på att det i Sverige i mitten av 1990-talet infördes en skatt på kadmium i konstgödsel. Denna skatt avskaffades dock 1 januari 2010. Som tidigare nämnts är det numera även förbjudet att saluföra eller överlåta vissa gödselmedel som innehåller mer än 100 gram kadmium per ton fosfor, något som också kan ha bidragit till minskningen. Medianhalten av kadmium i mossa för Sverige som helhet var 1975: 0,56 mg/kg torrsvikt, för 1990: 0,22 mg/kg torrsvikt, för 2000: 0,17 mg/kg torrsvikt, för 2005: 0,14 mg/kg torrsvikt, för 2010: 0,13 mg/kg torrsvikt, för 2015 och 2020: 0,11 mg/kg torrsvikt.



Figur 21. Halter (mg/kg torrsvikt) av kadmium i mossa, 1975–2020.

Kadmiumhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 22. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att kadmiumhalten i mossa minskat något mindre jämfört med den europeiska emissionsminskningen. I figuren syns även att emissionsminskningen av kadmium i Sverige varit kraftigare jämfört med EU27+UK. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).

Kadmium



Figur 22 Medianhalt av kadmium i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av kadmium till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa och emissioner till luft visas som procent av 1990 års värde.

5.4.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 5 redovisas medianhalter för kadmium i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och inte i någon region eller för Sverige som helhet fanns en statistiskt signifikant förändring av kadmiumhalterna i mossa mellan 2015 och 2020.

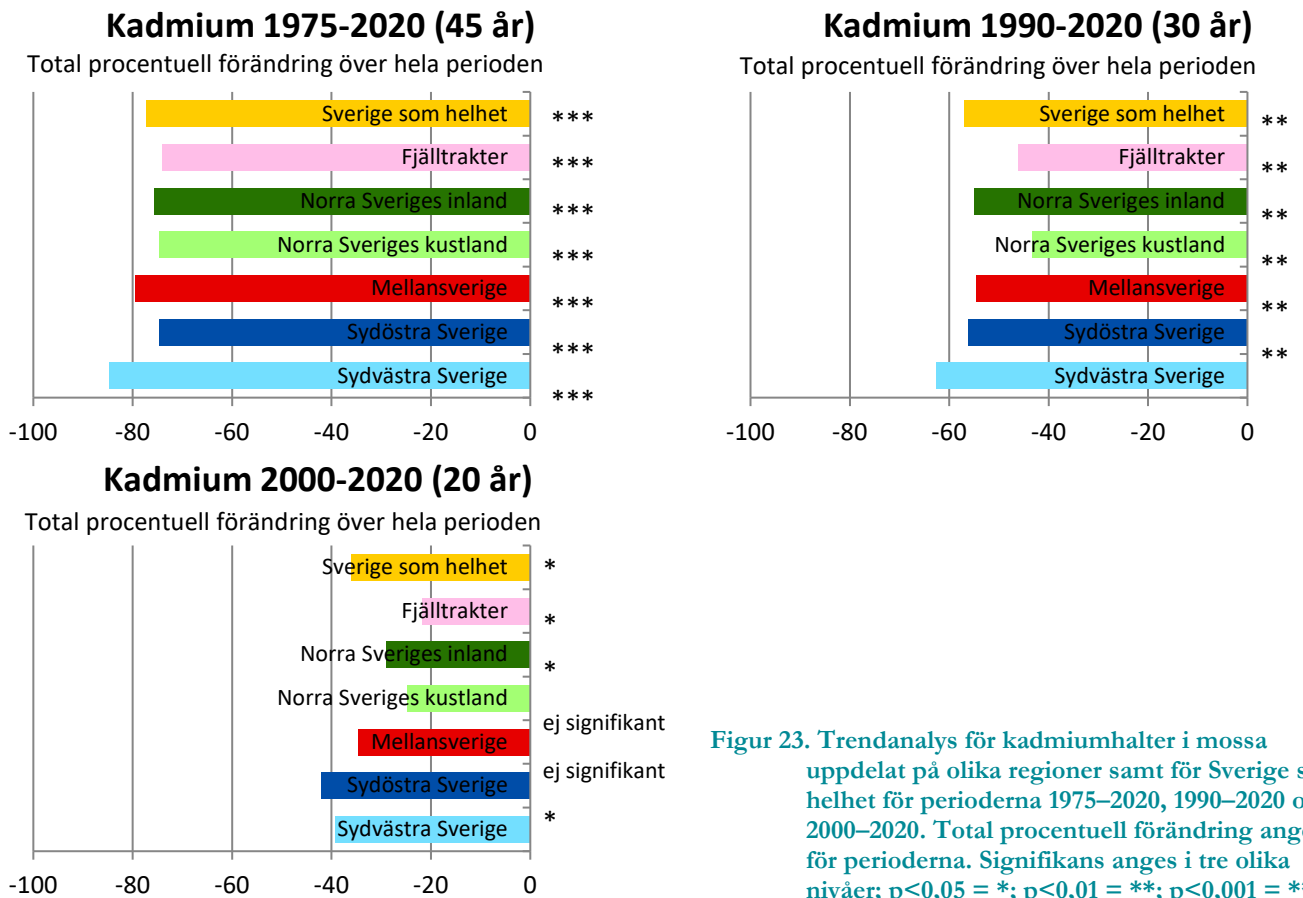
Tabell 5. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för kadmium för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05$ = * signifikans; $p < 0,01$ = ** signifikans; $p < 0,001$ = *** signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,110	0,110	Ej signifikant	-
Fjälltrakter	0,062	0,062	Ej signifikant	-
Norra Sveriges inland	0,072	0,071	Ej signifikant	-
Norra Sveriges kustland	0,120	0,130	Ej signifikant	-
Mellansverige	0,120	0,120	Ej signifikant	-
Sydöstra Sverige	0,130	0,120	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	0,110	0,110	Ej signifikant	-

5.4.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har kadmiumhalterna minskat signifikant i mossa, såväl för Sverige som helhet som i samtliga regioner (Figur 23). Även under de senaste 30 åren, 1990–2020, minskade kadmiumhalten i mossa signifikant i samtliga regioner samt för Sverige som helhet (Figur 23). För perioden 2000–2020 fanns ingen statistiskt signifikant förändring av medianhalterna av kadmium i mossa i norra Sveriges kustland eller i Mellansverige. För alla övriga regioner har medianhalterna av kadmium i mossa minskat statistiskt signifikant under de senaste 20 åren.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 23. Trendanalys för kadmiumhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.5 Koppar (Cu)

Förekomst

Koppar är en naturligt förekommande rödaktig metall som i miljön finns bundet i olika mineraler, i mark och sediment, och löst i vatten (Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Koppar är en metall som används mycket i elledningar tack vare dess goda elektriska och termiska ledningsförmåga. Det används också i dricksvattenledningar, i legeringsmedel mot algpåväxt, i träskyddsmedel och bekämpningsmedel (Naturvårdsverket, 2020).

Utsläpp och spridning

Koppar emitteras till luft från bromsar och bromsbelägg från vägtrafikfordon och även från metallsmältverk, gruvdrift och förbränning av fossila bränslen. I närheten av utsläppskällor kan kopparhalterna vara högre. Andra utsläppskällor till koppar är avloppsreningsverk, pappers- och massaindustrin samt från träskyddsmedelsanläggningar (Hulskotte m.fl., 2006; Johansson m.fl., 2009; Naturvårdsverket, 2020).

Miljö- och hälsoeffekter

Koppar är ett livsviktigt grundämne som styr viktiga funktioner i kroppen. Det rekommenderade dagliga intaget av koppar via föda är 1 mg och en vuxen människa har cirka 80 mg koppar lagrat i kroppen. I för låga och för höga doser kan koppar vara skadligt. Akut kopparförgiftning (>4 mg/l) kan ge kräkningar och diarré då det irriterar magslemhinnan (Livsmedelsverket, 2021).

Riktvärden och reglering

Gränsvärdet för koppar i dricksvatten i Sverige är 0,2 mg/l (Livsmedelsverket, 2021).

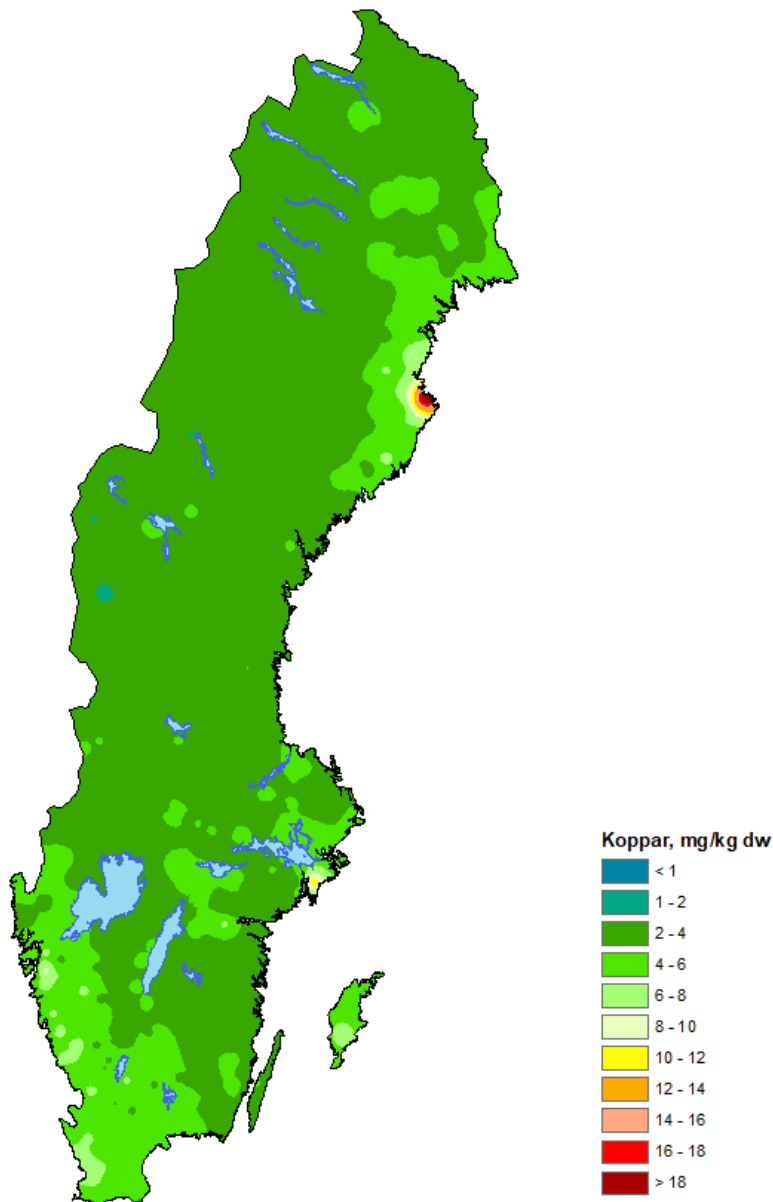
Koppar regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP) och EU:s Dricksvattendirektiv (98/83/EG) och Slamdirektiv (86/278/EEG) (Naturvårdsverket, 2020).

Bakgrundshalter

Koppar detekteras i nederbördsprover vid svenska bakgrundsstationer med en årsmedeldeposition från 95 till 1950 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i norra Sverige och från 350 till 2800 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i södra Sverige, under perioden 2015 – 2020. Under samma period varierade årsmedelhalten i luft från 0,1 till 0,3 ng/m^3 i norr och från 0,4 till 1,3 ng/m^3 i söder. Sedan 2011 har en tydlig nedgång i koppardeposition observerats vid alla svenska stationer inom den nationella miljöövervakningen. Lufthalterna visar däremot en stabil eller något ökande halt, främst i söder. (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl., 2021). Ett starkt signifikant samband mellan våtdepositionen av koppar och kopparhalten i mossa har observerats i en tidigare studie ($r^2 = 71\%$, Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.5.1 2020

I Figur 24 visas kopparhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige.



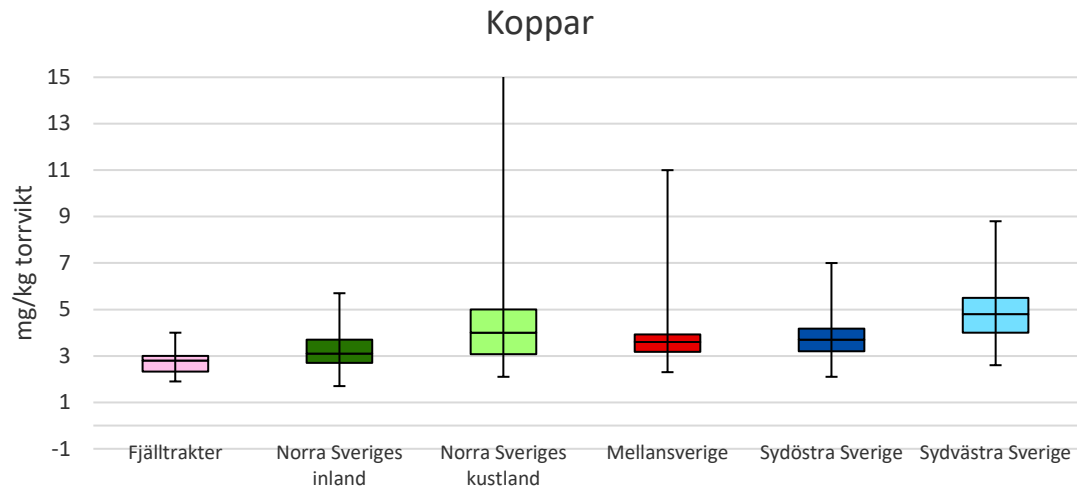
Figur 24. Kopparhalter i mossprover insamlade 2020.

Som framgår av figuren var halterna av koppar allra högst i prover insamlade vid Västerbottens kustland och ett prov med en halt på 20 mg/kg torrsvikt samlades in där. Halterna i mossprover från denna del av landet var troligen påverkade av lokala källor. Ytterligare tre prover med relativt höga halter, 8–11 mg/kg torrsvikt, insamlades under 2020 i Stockholms, Västerbottens och Västra Götalands län.

I Figur 25 visas halter av koppar i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av koppar med 4,8 mg/kg torrsvikt följt av norra Sveriges kustland med 4,0 mg/kg torrsvikt. De allra lägsta medianhalterna av koppar fanns i fjälltrakterna med 2,8 mg/kg torrsvikt följt av norra Sveriges inland med 3,1 mg/kg. Medianhalten av koppar i sydöstra Sverige, 3,7 mg/kg, var nästan på samma nivå som medianhalten av koppar för Mellansverige och Sverige som helhet som var 3,6 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av koppar i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av koppar i mossa i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från motsvarande halter i norra Sveriges kustland eller Mellansverige. Alla andra regioners medianhalter av koppar i mossa skilde sig signifikant åt. (Figur 25). (Mann-Whitney U-test).

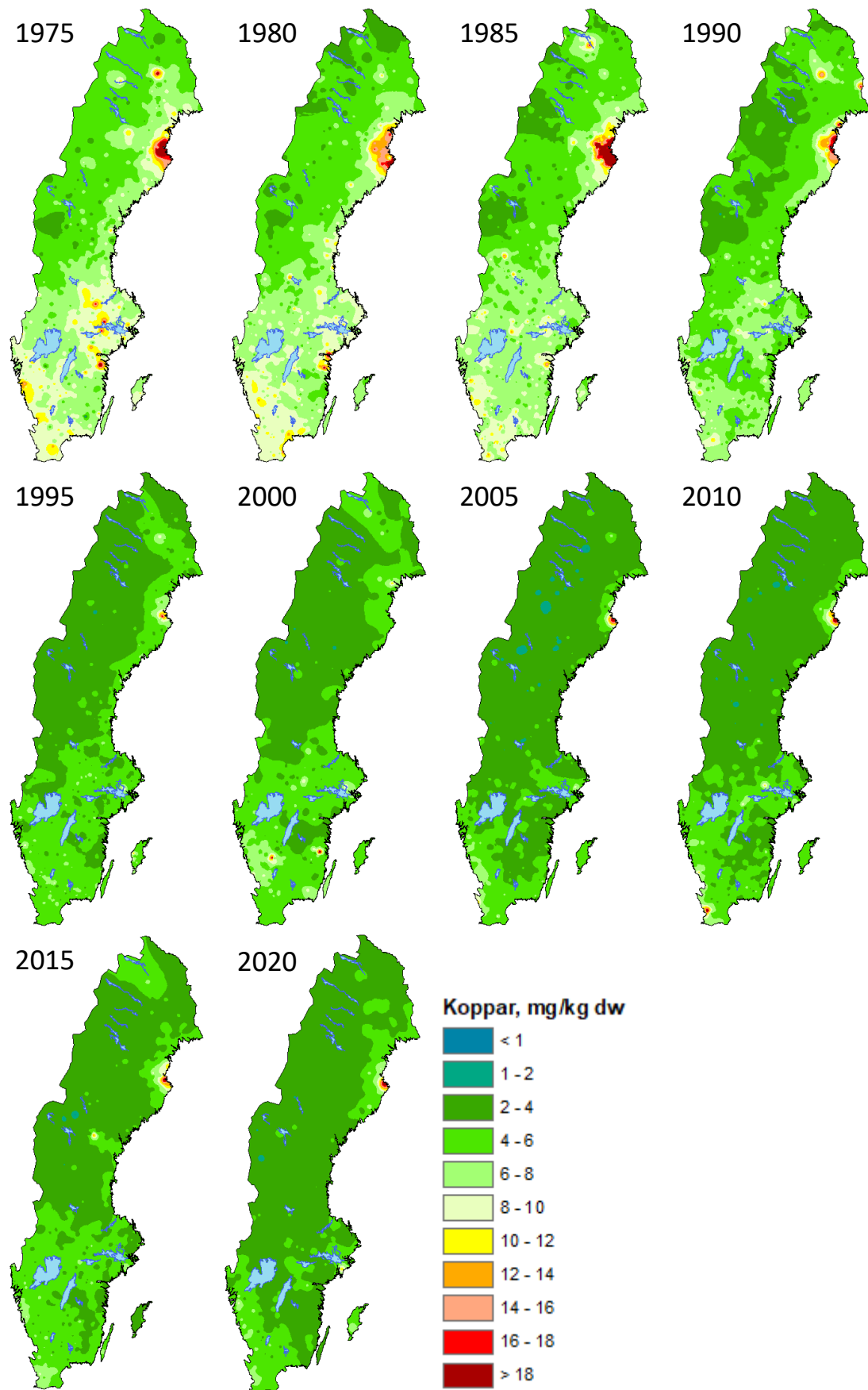


Figur 25. Uppmätta halter av koppar i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges kustland var det högsta värdet 20 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.5.2 Jämförelse mot tidigare år

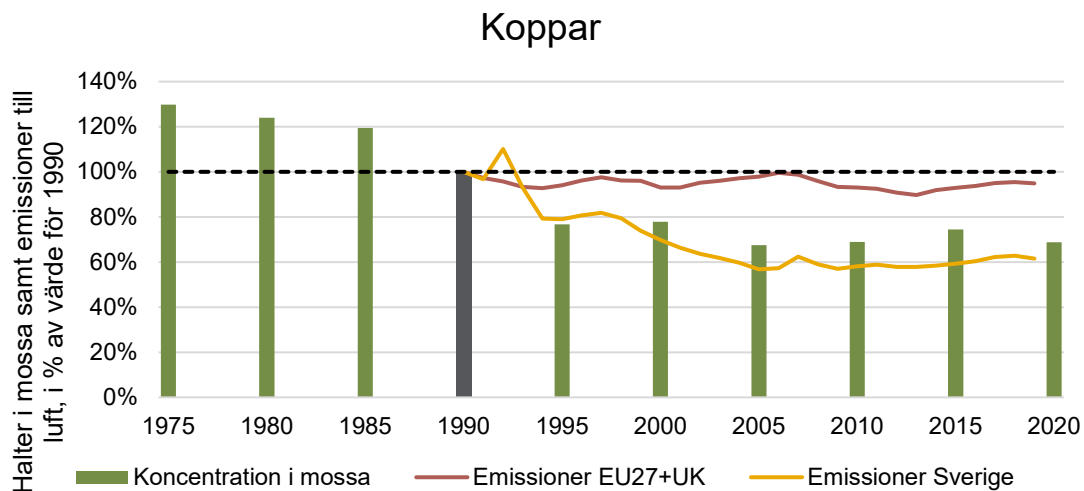
Figur 26 visar halter av koppar i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den minskning som skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. I figuren nedan syns även tydligt fortsatt förhöjda halter av koppar i mossprover insamlade i Västerbottens kustland. Bortsett från dessa förhöjda kopparhalter var halterna generellt låga.

Medianhalten av koppar i mossa för Sverige som helhet var 1975: 6,8 mg/kg torrsvikt, för 1990: 5,2 mg/kg torrsvikt, för 2000: 4,1 mg/kg torrsvikt, för 2005: 3,5 mg/kg torrsvikt, för 2010: 3,6 mg/kg torrsvikt, för 2015: 3,9 mg/kg torrsvikt och för 2020: 3,6 mg/kg torrsvikt.



Figur 26. Halter (mg/kg torrsvikt) av koppar i mossa, 1975–2020

Kopparhalterna i mossor för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 27. Halten i mossor och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att kopparhalterna i mossor minskat i samstämmighet med den svenska emissionsminskningen. Mellan 2005 och 2020 låg halterna av koppar i mossor ungefär på en oförändrad nivå. I figuren syns även att emissionerna av koppar i Europa (EU27+UK) låg på ungefär en oförändrad nivå mellan 1990 och 2019. Den allra största andelen av de kopparemissioner som rapporterats till CLRTAP för 2019 motsvarar emissioner från slitage av bromsbelägg. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).



Figur 27. Medianhalt av koppar i mossor sedan 1975 för Sverige samt emissioner av koppar till luft för Sverige och Europa (EU28) sedan 1990. Halt i mossor visas som procent av 1990 års värde.

5.5.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 6 redovisas medianhalter för koppar i mossor uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och den visade att i fjälltrakterna samt i norra Sveriges kustland fanns ingen statistiskt signifikant förändring av kopparhalterna i mossor mellan 2015 och 2020. Däremot var kopparhalterna 2020 signifikant lägre jämfört med 2015 i norra Sveriges inland, Mellansverige, sydöstra och sydvästra Sverige samt för Sverige som helhet.

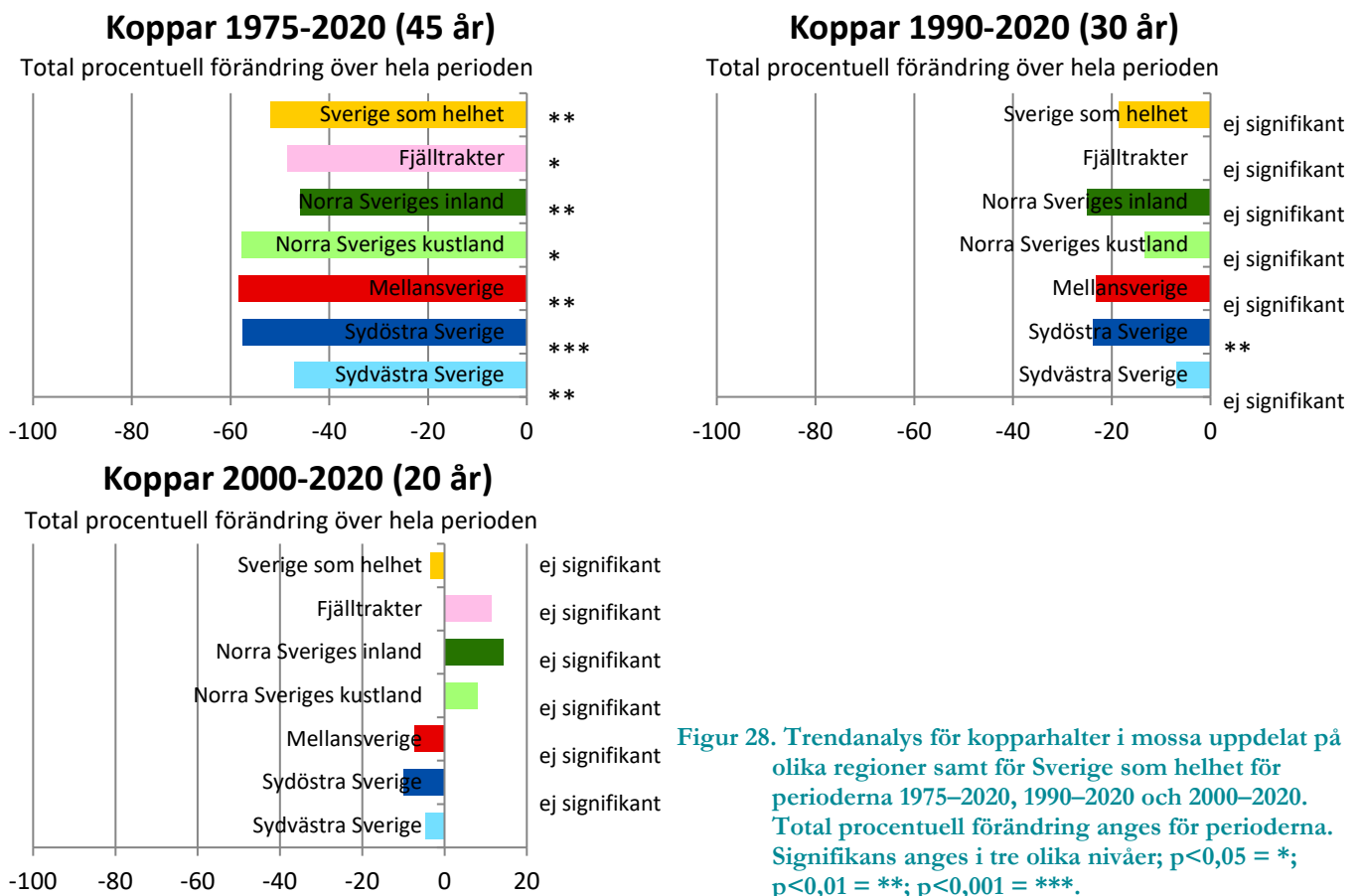
Tabell 6. Medianhalter i mg/kg torrvtikt i mossor för koppar för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	3,9	3,6	***	Minskning
Fjälltrakter	2,8	2,8	Ej signifikant	-
Norra Sveriges inland	3,3	3,1	*	Minskning
Norra Sveriges kustland	4,1	4,0	Ej signifikant	-
Mellansverige	4,0	3,6	***	Minskning
Sydöstra Sverige	4,0	3,7	***	Minskning
Sydvästra Sverige	5,2	4,8	*	Minskning

5.5.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har kopparhalten i mossa minskat signifikant för Sverige som helhet samt för samtliga regioner (Figur 28). Motsvarande analys för perioden 1990–2020 visade endast på en signifikant minskning av medianhalterna av koppar i mossa i sydöstra Sverige. Inga andra statistiskt signifikanta förändringar i någon region eller för Sverige som helhet fanns för de senaste 30 åren. För den senaste 20-årsperioden, 2000–2020, fanns inte någon statistiskt signifikant förändring i någon region eller för Sverige som helhet (Figur 28).

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 28. Trendanalys för kopparhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.6 Krom (Cr)

Förekomst

Krom är en övergångsmetall som finns i jordskorpan som mineralet kromit och finns naturligt i mark och vatten (Arbets- och miljömedicin, 2021; Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Krom används idag som legeringsmetall i rostfritt stål, vid förkromring (korrosionsskydd), för tillverkning av rostskyddsfärger, vid garvning av läder och också för träimpregnering (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Utsläpp och spridning

Krom förekommer som förorening i cement och kan emitteras vid svetsning av rostfritt stål (Arbets- och miljömedicin, 2021; International Chromium Development Association, 2007). Andra antropogena källor är förbränning av fossila bränslen och gruvavfall. Naturliga källor är vittring från mark och till luft via vulkanutbrott. Krom deponeras från atmosfären bundet till partiklar via våt- och torrdeposition (International Chromium Development Association, 2007).

Miljö- och hälsoeffekter

Det finns flera oxidationstal av krom; två-, tre- och sexvärt krom som alla förekommer naturligt i mat och dricksvatten (International Chromium Development Association, 2007). Trevärt krom är en essentiell metall som i låga doser behövs för kroppens glukosmetabolism. För höga doser av trevärt krom kan däremot orsaka skador på lever, njurar och lungor (Zayed och Terry, 2003; Arbets- och miljömedicin, 2021). Sexvärt krom är mycket giftigare då det effektivare tas upp i mag- och tarmkanalen jämfört med trevärt krom. Sexvärt krom tas dessutom upp även genom hud och slemhinnor. De sexvärda kromföreningarna är irriterande/etsande på hud och slemhinnor och är också allergent. Det finns även en risk att utveckla lungcancer om man exponeras för sexvärt krom (Arbets- och miljömedicin, 2021; Peralta-Videa m.fl. 2009).

Riktvärden och reglering

Nivågränsvärdet för inhalerbar fraktion för sexvärt krom är 0,005 mg/m³ och korttidsgränsvärdet är 0,015 mg/m³. För totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) för alla oorganiska kromföreningar är nivågränsvärdet 0,5 mg/m³. (AFS 2018:1).

Krom regleras av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP) och av EU:s Dricksvattendirektiv (98/83/EG) och Slamdirektiv (86/278/EEG). EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av krom.

Bakgrundshalter

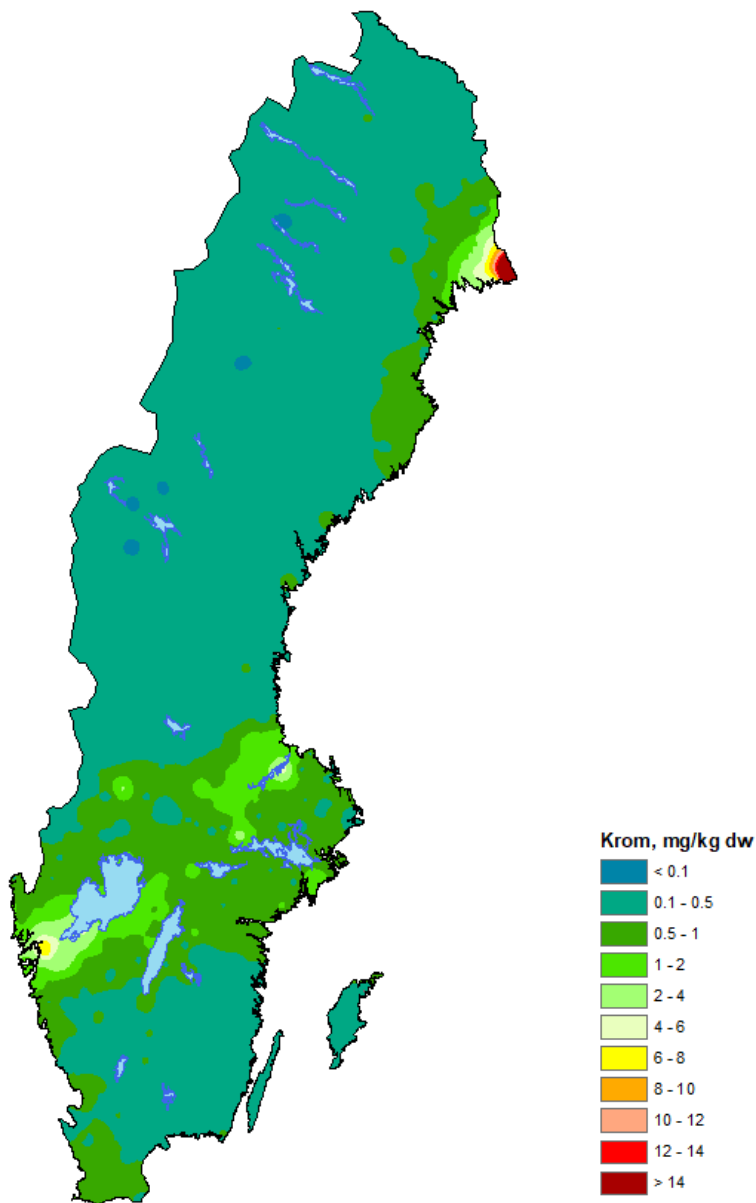
Krom mäts i luftprover och deposition med årsmedelhalter i luft från 0,1 till 0,4 ng/m³ i norr och från 0,3 till 0,6 ng/m³ i söder (under perioden 2015–2020). Årsmedeldepositionen varierade mellan 16 och 30 µg/m² i norr och från 30 till 47 µg/m² i söder under samma period. Depositionen av krom minskade kraftigt mellan 2009 och 2012 på samtliga mätstationer och har sedan dess fram till 2019 minskat med en lägre takt. Lufthalterna har generellt varken ökat eller

minskat (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl., 2021). Ett svagt, men signifikant, samband mellan nederbördshalt och mosshalt av krom observerades i en tidigare studie ($r^2 = 42\%$). Förutom att sambandet var lågt var dessutom sambandet asymptotiskt vilket betyder att höga halter av krom i deposition inte nödvändigtvis leder till höga kromhalter i mossa (Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.6.1 2020

I Figur 29 visas kromhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av krom allra högst i Norrbottens kustland. Halterna tycks också något förhöjda i ett band tvärs över landet från Västra Götalands län, Värmlands län och mot Uppsala, Södermanlands och Stockholms län.

Mossprovet med den allra högsta halten (45 mg/kg torrsvikt) kom från Norrbottens kusttrakter vid gränsen mot Finland. Halten i detta mossprov var troligen påverkat av lokala källor. Ytterligare tio mossprover med relativt höga halter, 2–8 mg/kg torrsvikt, insamlades under 2020. Dessa var insamlade i Norrbottens, Västra Götalands län, Uppsala, Västmanlands samt i Värmlands län.

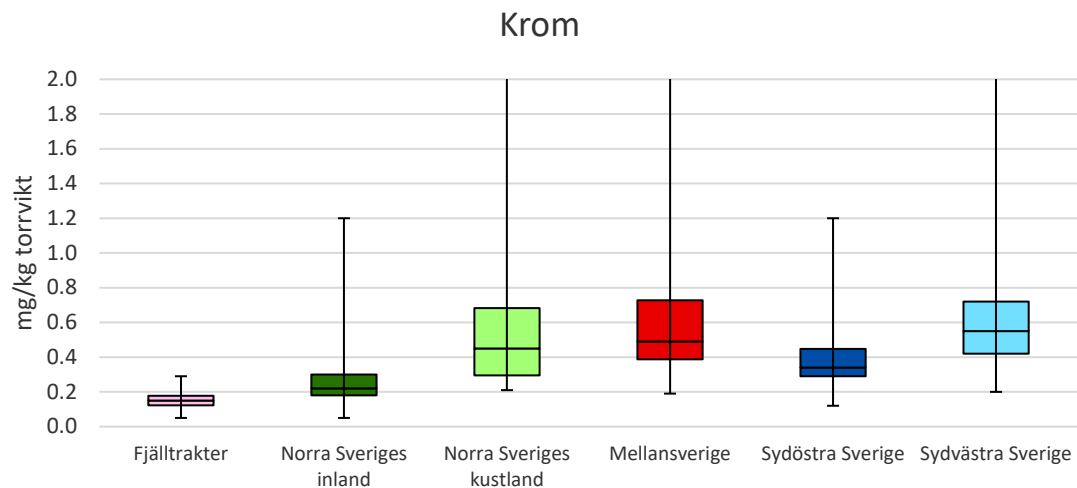


Figur 29. Kromhalter i mossprover insamlade 2020.

Uppmätta halter av krom i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner visas i Figur 30. Resultaten visar att sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av krom med 0,55 mg/kg torrsvikt följt av Mellansverige och norra Sveriges kustland med vardera 0,49 och 0,45 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta mediankromhalten fanns i fjälltrakterna och norra Sveriges inland, 0,15 respektive 0,22 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av krom i mossa i sydöstra Sverige med 0,34 mg/kg var något lägre än medianhalten för Sverige som helhet som var 0,37 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av krom i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

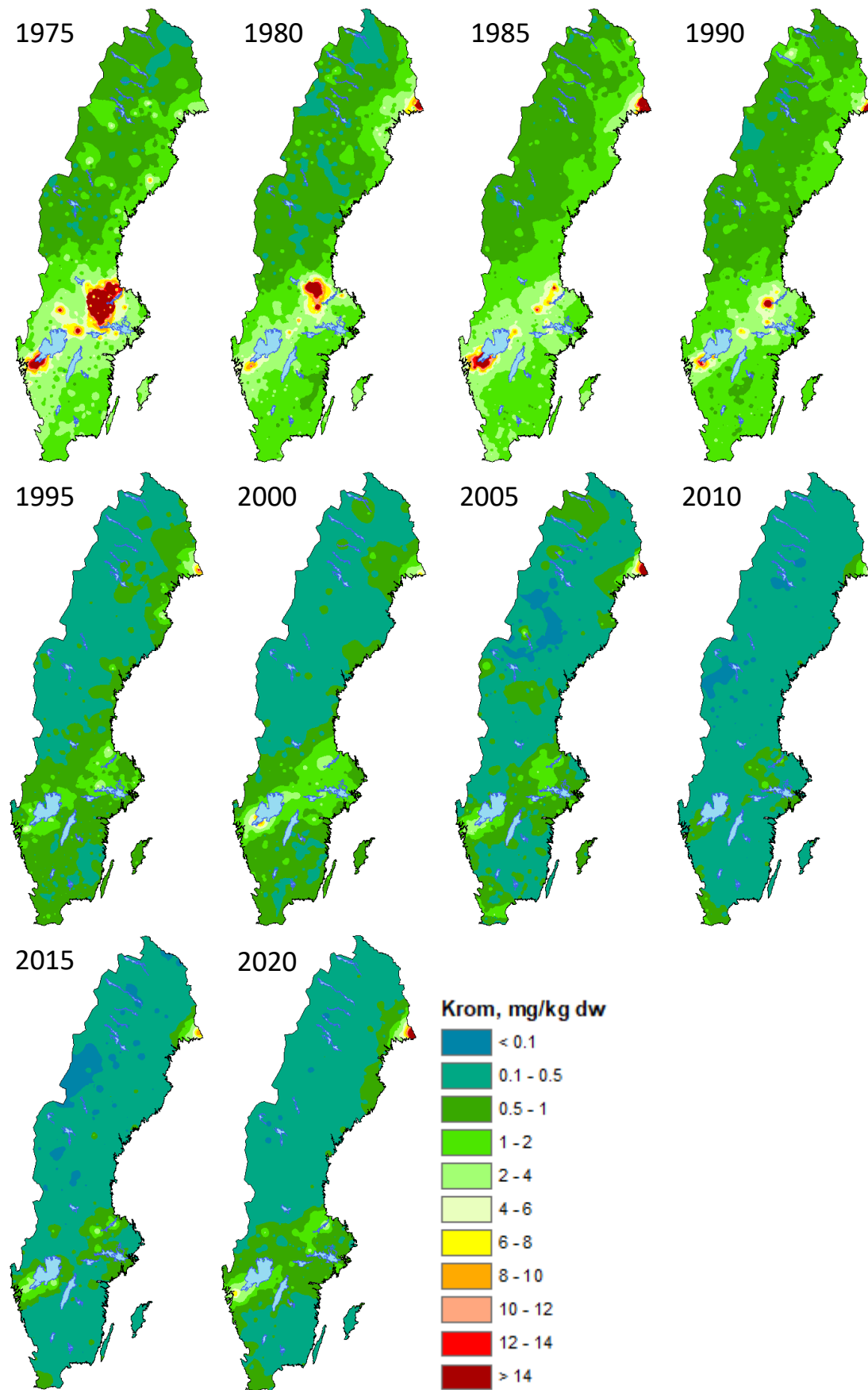
Medianhalten av krom i mossa i sydvästra Sverige kunde inte skiljas från motsvarande halter i norra Sveriges kustland eller i Mellansverige. Medianhalten av krom i mossa i Mellansverige kunde inte skiljas från medianhalterna i norra Sveriges kustland. Alla andra regioners medianhalter av krom i mossa skilde sig signifikant åt. Mediankromhalt i mossa i sydvästra Sverige var signifikant högst jämfört med alla andra regioner förutom i norra Sveriges kustland och i Mellansverige. Mediankromhalterna i fjälltrakterna var lägst. (Mann-Whitney U-test).



Figur 30. Uppmätta halter av krom i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges kustland var det högsta värdet 45, för Mellansverige var det högsta värdet 5,1 och för sydvästra Sverige var det högsta värdet 7,8 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.6.2 Jämförelse mot tidigare år

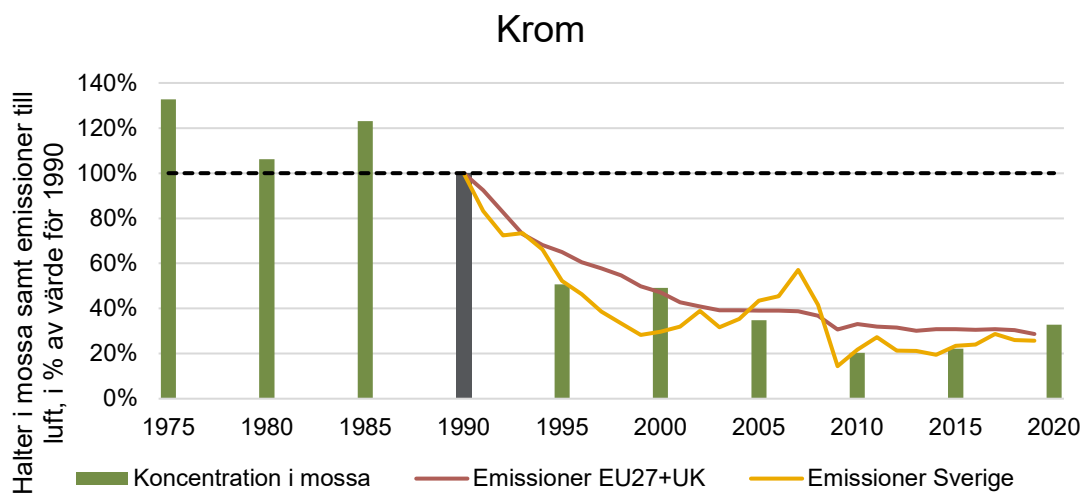
Figur 31 visar halt av krom i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den minskning som skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. I figuren syns även att den högsta halten av krom 2020 uppmättes i Norrbottens kustland följt av höga halter i Västra Götalands län, Värmlands län, Västmanlands län samt Uppsala län. Även övriga år uppvisade liknande mönster, förutom för 2010 då halterna var väsentligt lägre jämfört med övriga år. Det finns en risk att utbytet vid 2010 års analys varit alltför lågt och att kromhalterna för detta år generellt är något underskattade. För 2020 ser halterna ut att ha ökat jämfört med 2015 års undersökning.



Figur 31. Halter (mg/kg torrsvikt) av krom i mossa, 1975–2020.

Medianhalten av krom i mossa för Sverige som helhet var 1975: 1,5 mg/kg torrsvikt, för 1990: 1,1 mg/kg torrsvikt, för 2000: 0,6 mg/kg torrsvikt, för 2005: 0,4 mg/kg torrsvikt, för 2015: 0,3 mg/kg torrsvikt och för 2020: 0,4 mg/kg torrsvikt.

Kromhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 32. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att kromhalten i mossa minskat i god samstämmighet med den svenska och den europeiska (EU27+UK) emissionsminskningen. Den ganska kraftiga ökningen av svenska kromemissioner för 2007 beror framför allt på ökande emissioner från metallindustrin. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).



Figur 32. Medianhalt av krom i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av krom till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa visas som procent av 1990 års värde.

5.6.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 7 redovisas medianhalter för krom i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och i samtliga regioner samt för Sverige som helhet var kromhalterna i mossa signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 7. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för krom för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

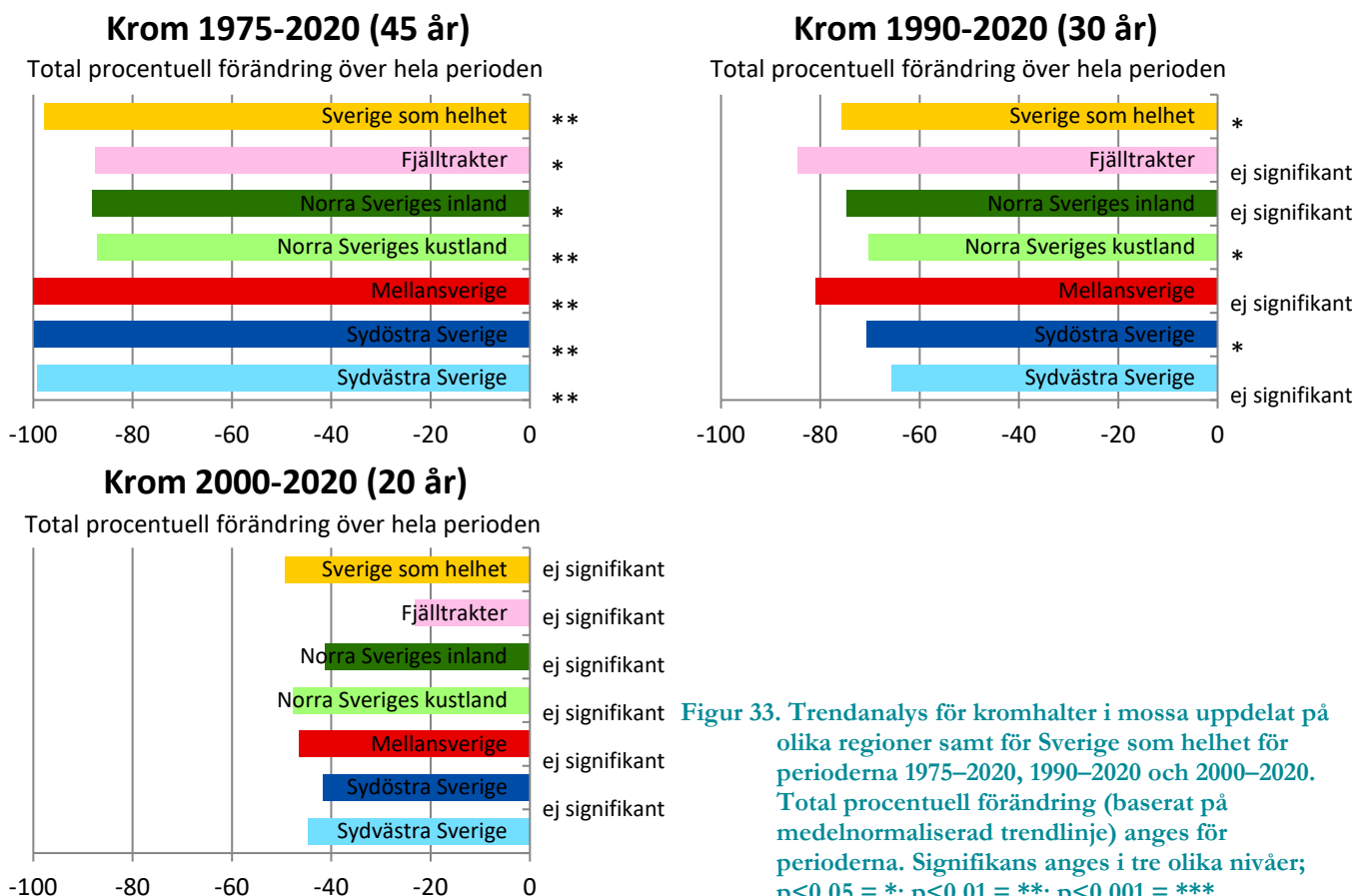
Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,25	0,37	***	Ökning
Fjälltrakter	0,11	0,15	**	Ökning
Norra Sveriges inland	0,15	0,22	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,22	0,45	***	Ökning
Mellansverige	0,36	0,49	***	Ökning
Sydöstra Sverige	0,26	0,34	***	Ökning
Sydvästra Sverige	0,38	0,55	***	Ökning

5.6.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har kromhalterna minskat signifikant i mossa, såväl för Sverige som helhet som för samtliga regioner (Figur 33). I den statistiska analysen baseras den totala procentuella förändringen över perioden på en medelnormaliserad trendlinje vilket gör att minskningen kan bli mer än 100 procent. Den medelnormaliserade trendlinjen har samma lutning som originallinjen, men är förflyttad i höjdlid så att mitten på linjen ligger i nivå med medelvärdet för alla ingående y-värden. Det går därför att få värden < -100 % i de fall slutet på trendlinjen hamnar under x-axeln.

Även under de senaste 30 åren, 1990–2020, minskade kromhalten i mossa signifikant för Sverige som helhet och även för norra Sveriges kustland och sydöstra Sverige. Inga andra statistiskt signifikanta förändringar fanns i någon region för de senaste 30 åren (Figur 33). För perioden 2000–2020 fanns ingen statistiskt signifikant förändring av medianhalterna av kadmium i mossa varken för Sverige som helhet eller för någon enskild region.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 33. Trendanalys för kromhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring (baserat på medelnormaliserad trendlinje) anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.7 Kvikksilver (Hg)

Förekomst

Kvikksilver är den enda metall som är flytande vid rumstemperatur. Det finns naturligt i jordskorpan som det röda mineralet cinnober (HgS) som ofta hittas i närheten av vulkaner (Lew, 2009).

Användning

Cinnober och kvikksilver har historiskt sett använts som färgpigment, i medeltida speglar, som läkemedel mot syfilis och som tygförstärkning inom hattmakeri. Moderna användningsområden är/har varit i smink, termometrar, barometrar, elektroniska komponenter, lågenergilampor och tandamalgam. Kvikksilver används även vid guldutvinning och vid framställning av klorgas inom kloralkaliindustrin. I Sverige lades den sista kloralkaliprocessen med kvikksilver ned år 2018 (Lew, 2009; Jönsson, 2018).

Utsläpp och spridning

Kvikksilver emitteras till luft från naturliga källor (vulkanutbrott, erosion, skogsbränder) men också från antropogena källor såsom diffusa utsläpp vid småskalig guldutvinning (den största källan globalt), förbränning av fossila bränslen, metallproduktion, cementproduktion och kremering. En annan källa är återemissioner av kvikksilver från världens havsytor av tidigare deponerat kvikksilver som går över till gasfas och gasar av från havsytan. Kvikksilver emitteras till luft både i partikelform och som stabil gas. I Sverige har emissionerna av kvikksilver till luft minskat med två tredjedelar sedan början på 1990-talet. Kvikksilver har en lång uppehållstid i luft (1–2 år) och kan spridas långa distanser från emissionskällan. Detta gör att nedfallet av kvikksilver över Sverige fortsatt är stor på grund av långväga lufttransport (UNEP, 2013; AMAP, 2011; Naturvårdsverket, 2020).

Miljö- och hälsoeffekter

Kvikksilver räknas till ett av de farligaste miljögifterna. Det är toxiskt i alla former men den organiska formen, metylkvikksilver, räknas till den mest toxiska på grund av dess förmåga att bioackumuleras. Organiskt kvikksilver kan bildas i mark och vatten av mikroorganismer, bioackumuleras i näringskedjan och intas av människan via föda. Organiskt kvikksilver tas upp via mag- och tarmkanalen och kan orsaka skador på centrala nervsystemet och immunsystemet. Gasformigt oorganiskt kvikksilver i luft kan tas upp via lungorna och orsaka skador både vid akut och kronisk exponering. Exponering av oorganiskt kvikksilver kan ge upphov till neurologiska symptom, andningsproblem och njurskador (UNEP, 2013; AMAP, 2011).

Riktvärden och reglering

Nivågränsvärdet för kvikksilver i organisk form är 0,01 mg/m³ och 0,02 mg/m³ i oorganisk form (AFS 2018:1). Gränsvärdet för kvikksilver i dricksvatten är 1 µg/l (Livsmedelsverket, 2021).

Kvikksilver har varit förbjudet att använda på den svenska marknaden sedan 2009 men det finns några undantagsprodukter som till exempel elektroniska komponenter. Kvikksilver regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), Minamatakonventionen samt EU:s Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG), Vattendirektiv (2000/60/EG), Grundvattendirektiv

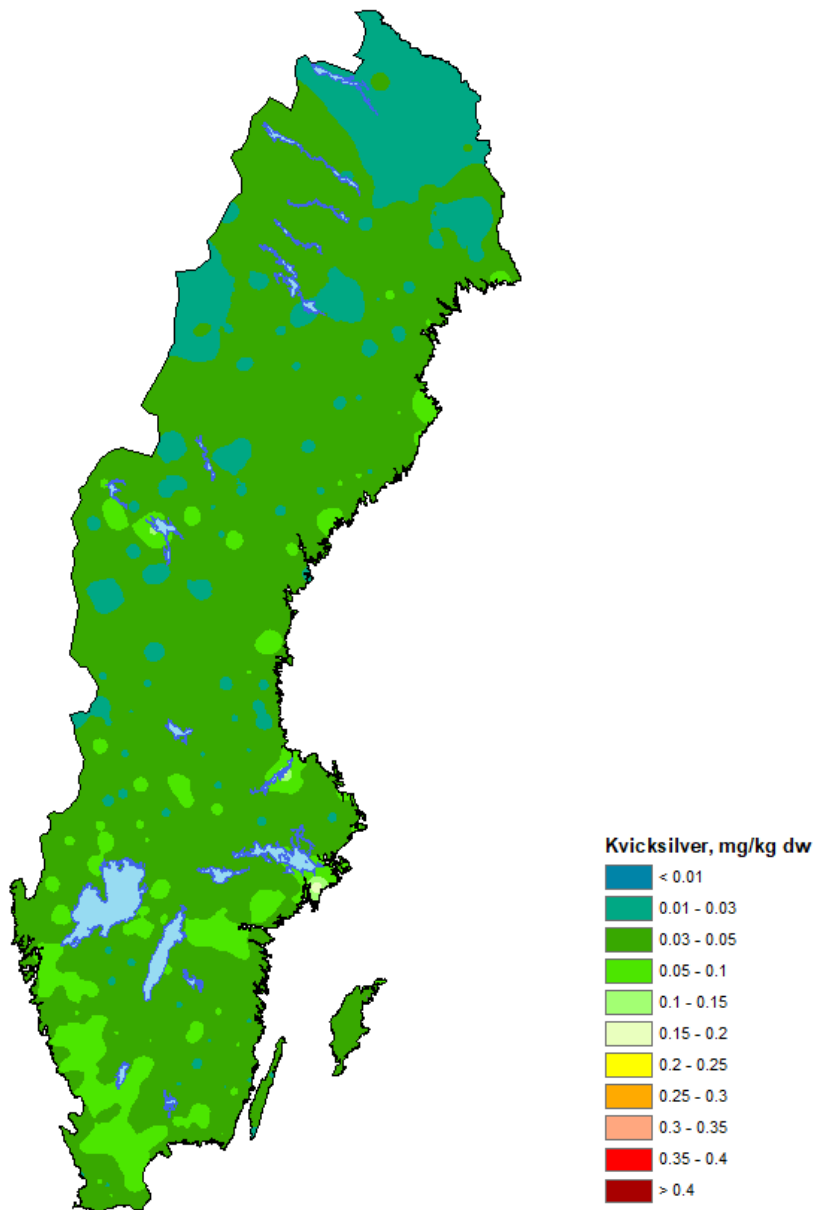
(2006/118/EG), Dricksvattendirektiv (98/83/EG), Slamdirektiv (86/278/EEG) och Förordning om gränsvärden för livsmedel (EG 1881/2006). Kvicksilvers användning i produkter regleras i EU:s förordning REACH. EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av kvicksilver.

Bakgrundshalter

Vid svenska bakgrundsstationer inom den nationella miljöövervakningen mäts kvicksilver. Under perioden 2015 – 2020 varierade halterna i luft i norra Sverige mellan 1,2 och 1,4 ng/m³ och i södra Sverige mellan 1,2 och 1,5 ng/m³. I depositionsprover varierade nedfallet i norra Sverige mellan 1,5 och 5,0 µg/m² och i söder mellan 4,5 och 7,2 µg/m². En nedgång av kvicksilverhalter i luft har observerats från 2002 och framåt över hela Sverige. Depositionen av kvicksilver är som högst i södra Sverige och visar inte på någon nedåtgående trend utan har, över hela Sverige, varit på en relativt stabil nivå sedan 1995 (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl., 2021).

5.7.1 2020

I Figur 34 visas kvicksilverhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av kvicksilver något högre i södra Sverige och i östra delarna av norra Sverige och något lägre i de nordligaste delarna av norra Sverige samt i de västra fjälltrakterna. Generellt var kvicksilverhalterna i mossa i Sverige relativt låga. Endast tre mossprover med relativt hög halt, 0,1–0,2 mg/kg torrsvikt samlades in under 2020. Dessa kom från Stockholms, Uppsala och Jämtlands län.

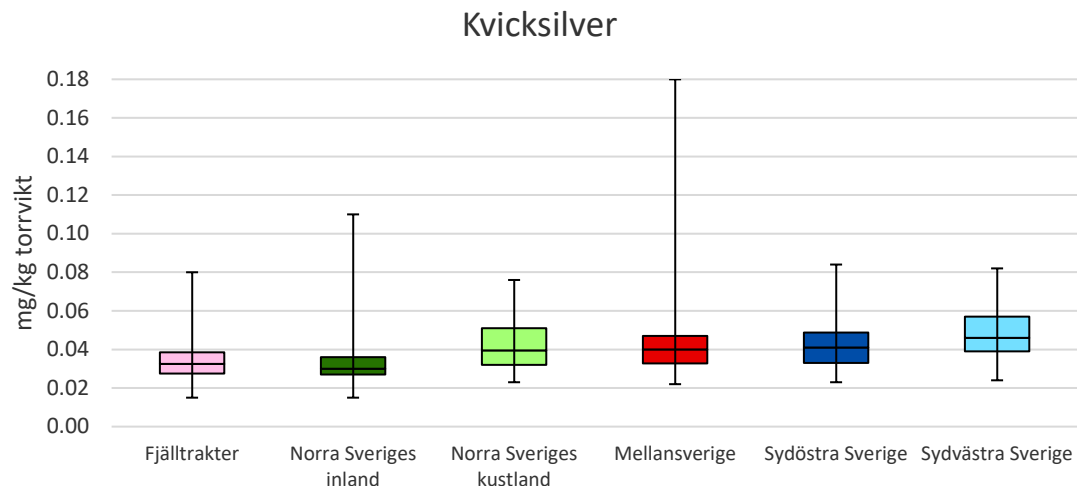


Figur 34. Kvicksilverhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 35 visas halter av kvicksilver i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att medianhalten av kvicksilver var relativt jämn i de olika regionerna men att sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av kvicksilver med 0,05 mg/kg torrsvikt följt av Mellansverige, norra Sveriges kustland och sydöstra Sverige med vardera 0,04 mg/kg torrsvikt. Även Sverige som helhet hade en medianhalt av kvicksilver i mossa på 0,04 mg/kg torrsvikt. Något lägre medianhalter hade resterande regioner; fjälltrakterna och norra Sveriges inland med 0,03 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av kvicksilver i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av kvicksilver i mossa i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från motsvarande halter i norra Sveriges kustland eller i Mellansverige. Inte heller kunde medianhalten av kvicksilver i mossa i Mellansverige skiljas från medianhalterna i norra Sveriges kustland. Medianhalten i norra Sveriges inland kunde inte skiljas från medianhalterna av kvicksilver i mossa i fjälltrakterna. Alla andra regioners medianhalter skilde sig signifikant åt. (Mann-Whitney U-test).

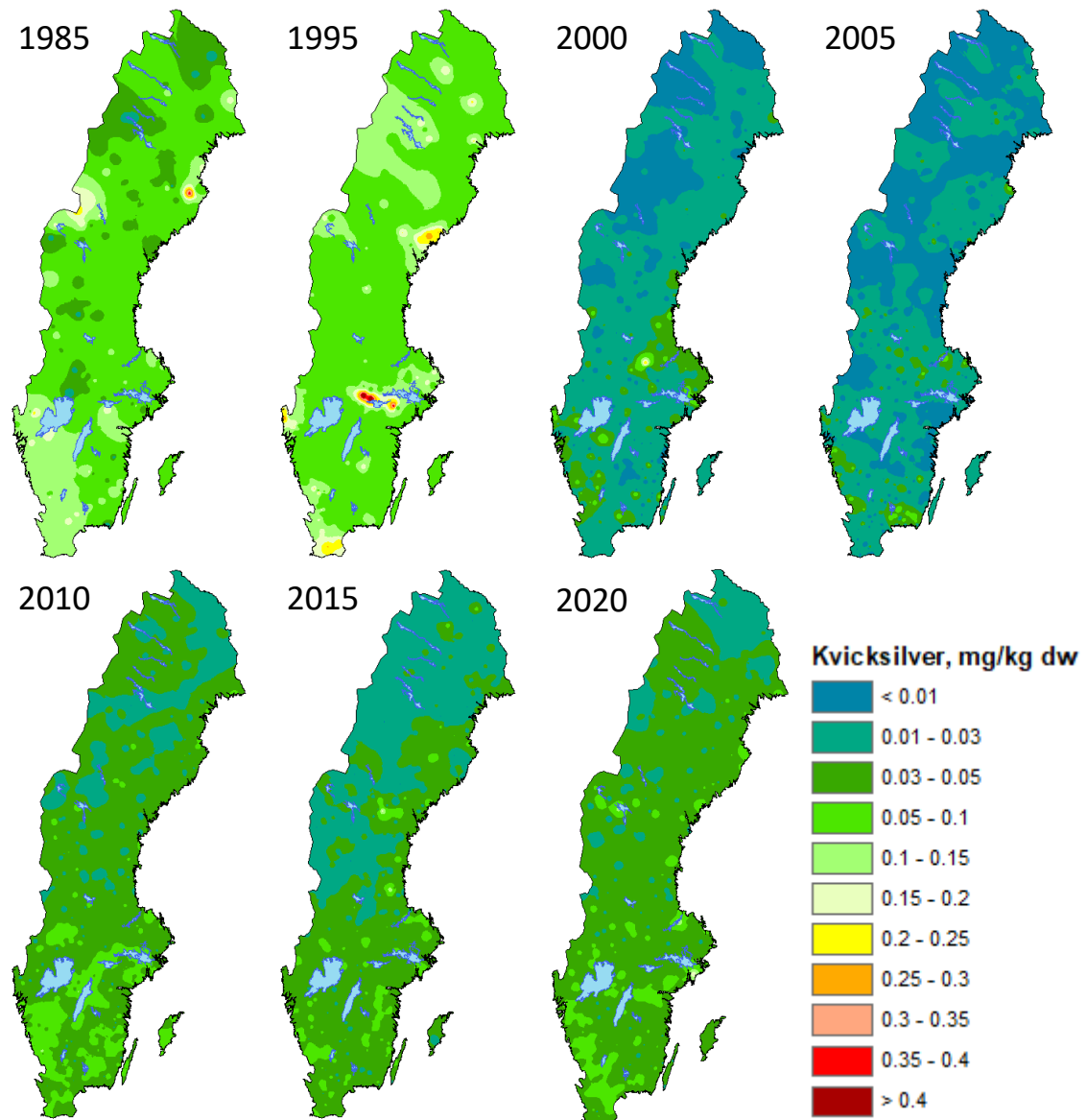


Figur 35. Uppmätta halter av kvicksilver i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.7.2 Jämförelse mot tidigare år

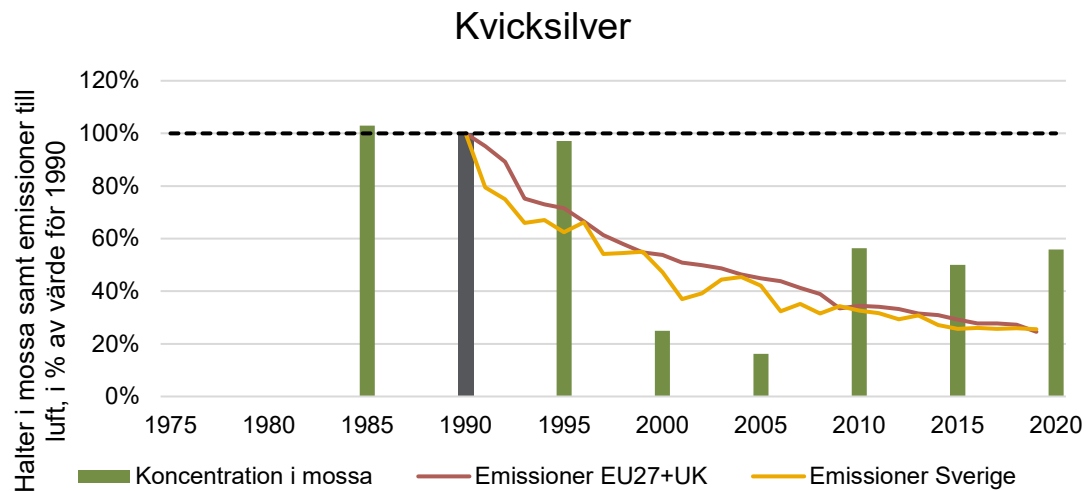
Figur 36 visar halt av kvicksilver i mossa mellan 1985 och 2020. I figuren syns tydligt den förändring som skett sedan 1985 då de nationella mätningarna av kvicksilver startade. Kartorna antyder att det fanns en ökning av halten av kvicksilver i mossproverna från 2010 och 2015 jämfört med 2000 och 2005. Eftersom kvicksilver är en flyktig metall är det viktigt att mossproverna inte torkas i för hög temperatur. Kartorna indikerar att det finns en risk för att alltför hög temperatur använts under torkningen av mossproverna 2000 och 2005. För 2020 syns dock en tydlig ökning jämfört med 2015 trots att torkning skett i rumstemperatur.

Medianhalten av kvicksilver i mossa för Sverige som helhet var 1985: 0,070 mg/kg torrsvikt, för 1995: 0,066 mg/kg torrsvikt, för 2010: 0,038 mg/kg torrsvikt, för 2015: 0,034 mg/kg torrsvikt och för 2020: 0,038 mg/kg torrsvikt.



Figur 36. Halter (mg/kg torrsvikt) av kvicksilver i mossa, 1985–2020.

Kvicksilverhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 37. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att kvicksilverhalten i mossa inte riktigt minskat i samstämmighet med den svenska eller den europeiska (EU27+UK) emissionsminskningen av kvicksilver. Att samstämmigheten mellan halten i mossa samt emissioner av kvicksilver inte stämmer så bra för 2000 och 2005 beror sannolikt på, som tidigare nämnts, att mossan torkats vid för hög temperatur under dessa år. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).



Figur 37. Medianhalt av kvicksilver i mossor sedan 1985 för Sverige samt emissioner av kvicksilver till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossor visas som procent av 1990 års värde. Kvicksilver analyserades inte 1990 utan värdet som visas är interpolerat.

5.7.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 8 redovisas medianhalter för kvicksilver i mossor uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och för Sverige som helhet samt för samtliga regioner förutom i sydöstra Sverige var kvicksilverhalterna signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 8. Medianhalter i mg/kg torrvtikt i mossor för kvicksilver för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,034	0,038	***	Ökning
Fjälltrakter	0,028	0,032	*	Ökning
Norra Sveriges inland	0,027	0,030	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,033	0,040	**	Ökning
Mellansverige	0,036	0,040	*	Ökning
Sydöstra Sverige	0,041	0,041	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	0,043	0,046	*	Ökning

5.7.2.2 Trendanalys

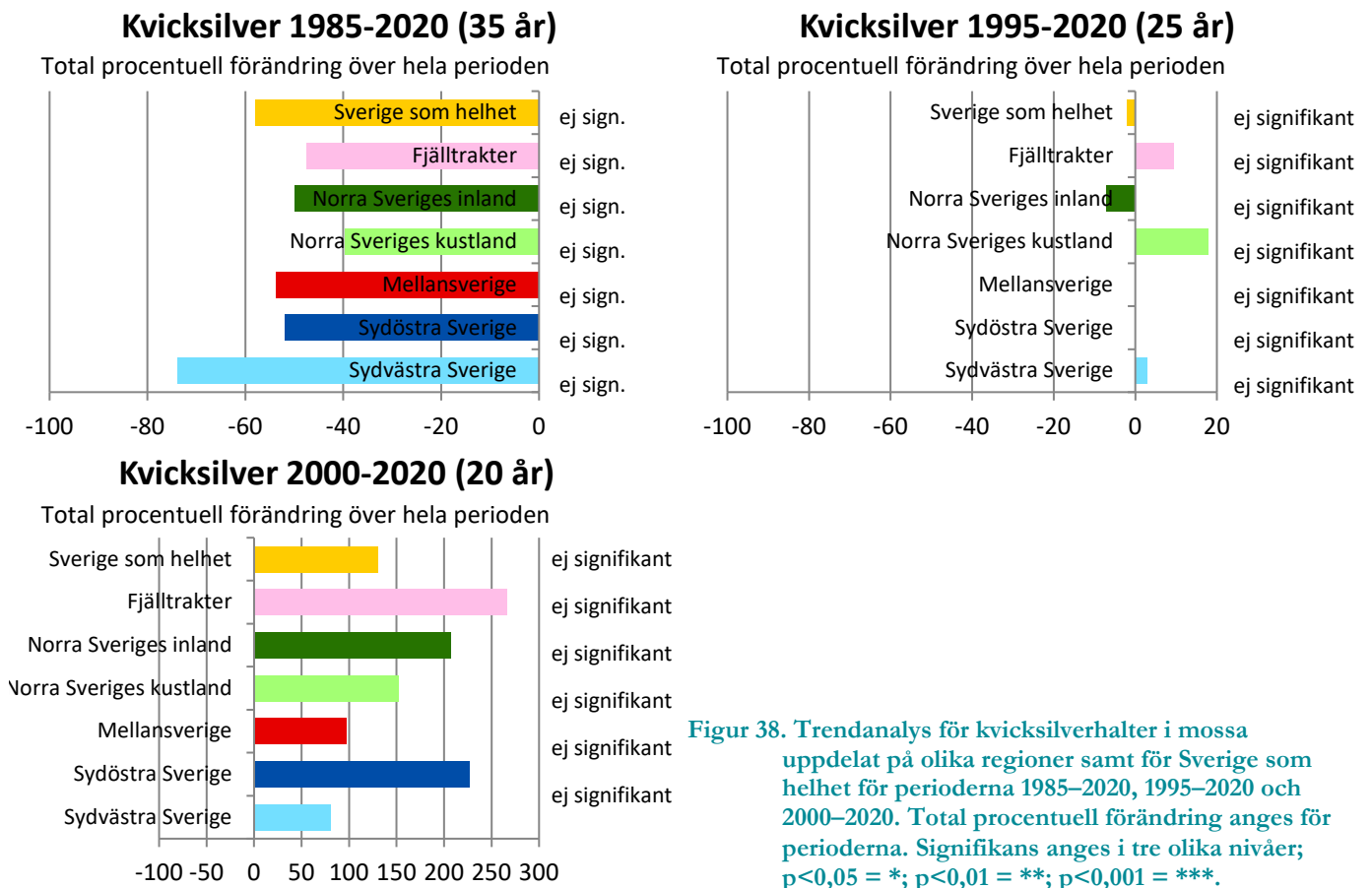
En trendanalys har genomförts för de senaste 35, 25 och 20 åren vad gäller kvicksilverhalter i mossor. Resultaten bör dock tolkas med försiktighet då det är möjligt att proverna inte har torkats i rumstemperatur under 2000 och 2005 års undersökningar, utan i en för hög temperatur.

Under de senaste 35 åren (1985–2020) har kvicksilverhalterna i mossor inte förändrats statistiskt signifikant, varken för Sverige som helhet eller i någon enskild region (Figur 38).

Inte heller under de senaste 25 eller 20 åren fanns några statistiskt signifikanta förändringar i någon region eller för Sverige som helhet (Figur 38).

Om man utesluter 2000 och 2005 års data ur den statistiska analysen hade kvicksilverhalten i mossa i sydöstra Sverige minskat med 48 procent sedan 1985. Det var den enda statistiska signifikanta förändringen som då erhöles.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



5.8 Nickel (Ni)

Förekomst

Nickel är en övergångsmetall som är magnetisk i rumstemperatur. Det finns naturligt i miljön bundet till organiskt material i mark, vatten och berggrund och finns som mest koncentrerat i jordens kärna. Nickel utvinns främst från lateriter och magmatiska svavelfyndigheter men återvinns även ur skrot (Wikipedia, 2021; Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Nickel används främst som metallytbehandlingsmedel och legeringsmedel på grund av dess motståndskraft mot korrosion. Det används därför vid produktion av rostfritt stål men också i batterier (nickel-kadmium batterier), smycken, katalysatorer och i mynt (Naturvårdsverket, 2020).

Utsläpp och spridning

Nickel emitteras främst till vatten från avloppsreningsverk, pappersmassfabriker, petroleumindustrin men också till luft från förbränning av fossila bränslen och vid framställning av pappersmassa och metallbearbetning. Nickel är i luft bundet till partiklar och deponeras till naturen via våt- och torrdeposition (Naturvårdsverket, 2020).

Miljö- och hälsoeffekter

Nickel är ett viktigt spårämne som främjar tillväxt för växter och djur men bör i mark inte överstiga skadliga halter vilka kan påverka viktiga mikrobiologiska processer. Nickel tas upp via andningsorganen hos människa och vid direktkontakt med nickelinnehållande produkter. Nickel kan orsaka kontaktallergi och långvarig exponering via luftvägarna kan orsaka astma, snuva eller cancer (Naturvårdsverket, 2020).

Riktvärden och reglering

Nivågränsvärdet för nickel är 0,5 mg/m³ i totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) (AFS 2018:1).

Miljö kvalitetsnormen (MKN) för skydd av människors hälsa presenteras i luftkvalitetsförordningen (Luftkvalitetsförordning 2010:477) och är för nickel är 20 ng/m³ som årsmedelvärde. Nickel regleras av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), EU:s Nickeldirektiv (2004/96/EG), Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG), Vattendirektiv (2000/60/EG), Dricksvattendirektiv (98/83/EG), Slamdirektiv (86/278/EEG) och Förordning om gränsvärden för livsmedel (EG 1881/2006). Användning av nickel i produkter regleras inom EU:s förordning REACH (Naturvårdsverket, 2020).

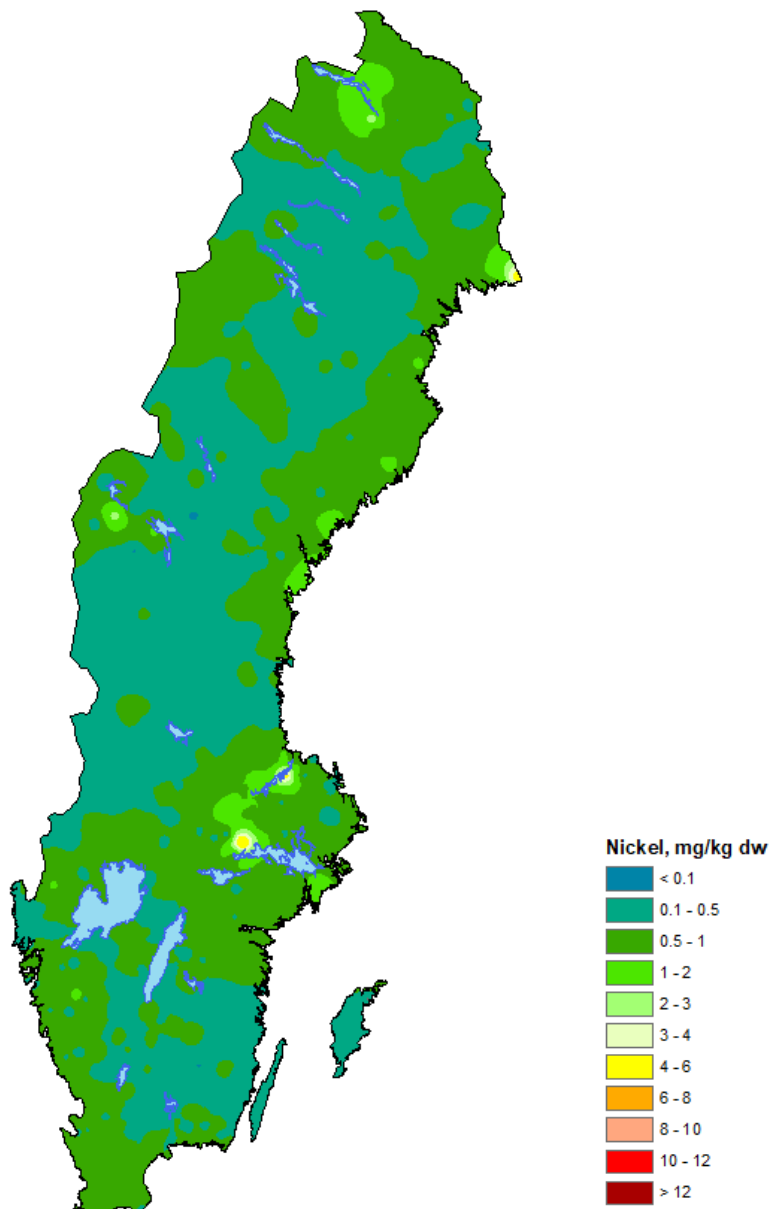
Bakgrundshalter

Nickel har detekterats i ytvatten med högre halter i södra Sverige jämfört med norra (SWECO VIAK, 2007). Årsmedeldepositionen av nickel, under perioden 2015 till 2020, varierade i norr mellan 20 och 100 µg/m² och i söder mellan 40 och 170 µg/m² vid svenska bakgrundsstationer. Årsmedelhalten av nickel i luft varierade under samma period mellan 0,08 och 0,12 ng/m³ i norr och mellan 0,2 och 0,5 ng/m³ i söder vilket visar att halterna av nickel i luft är något högre i

södra Sverige jämfört med norra Sverige. Både deposition och lufthalter av nickel har visat en nedåtgående trend i hela landet sedan 2009. De högsta depositionshalterna har uppmätts i norra Finland, vilket kan bero på närliggande källor (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson m.fl., 2021).

5.8.1 2020

I Figur 39 visas nickelhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige.



Figur 39. Nickelhalter i mossprover insamlade 2020.

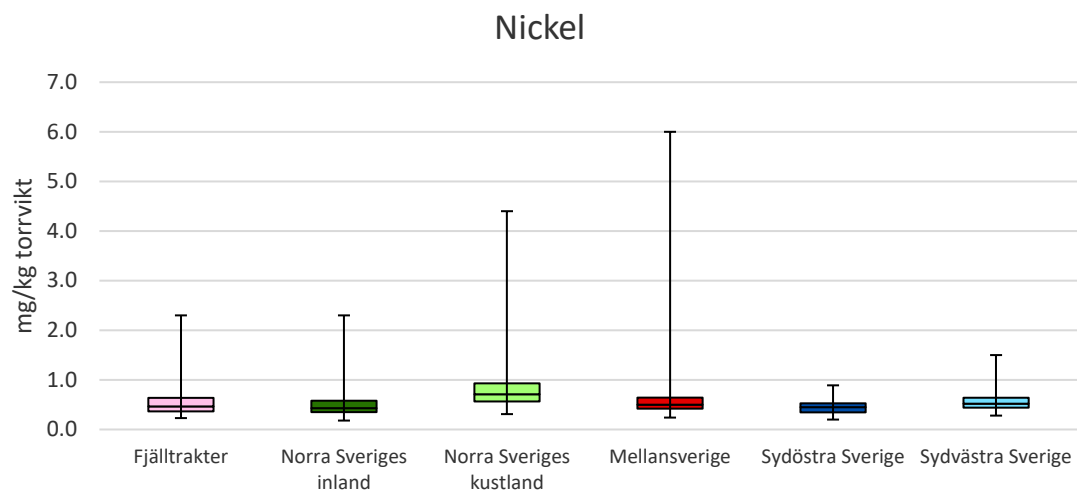
Som framgår av figuren varierade nickelhalterna ganska lite över landet men det fanns områden med något högre halter spridda över Sverige. Den högsta halten återfanns i ett

mossprov insamlat i Västmanlands län (6,0 mg/kg torrsvikt). Halten i detta prov var mest troligt påverkat av lokala källor. Ytterligare fem prover med något högre halter, 2–5 mg nickel/kg torrsvikt var insamlade i Uppsala, Norrbottens, Jämtlands och i Västernorrlands län.

Uppmätta halter av nickel i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner visas i Figur 40. Resultaten visar att norra Sveriges kustland hade den högsta medianhalten av nickel i mossa med 0,71 mg/kg torrsvikt följt av sydvästra Sverige, Mellansverige och fjälltrakterna med vardera 0,52, 0,50 respektive 0,47 mg/kg torrsvikt. De allra lägsta medianhalterna av nickel fanns i norra Sveriges inland följt av sydöstra Sverige, 0,43 respektive 0,45 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av nickel i mossa för Sverige som helhet var 0,49 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av nickel i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

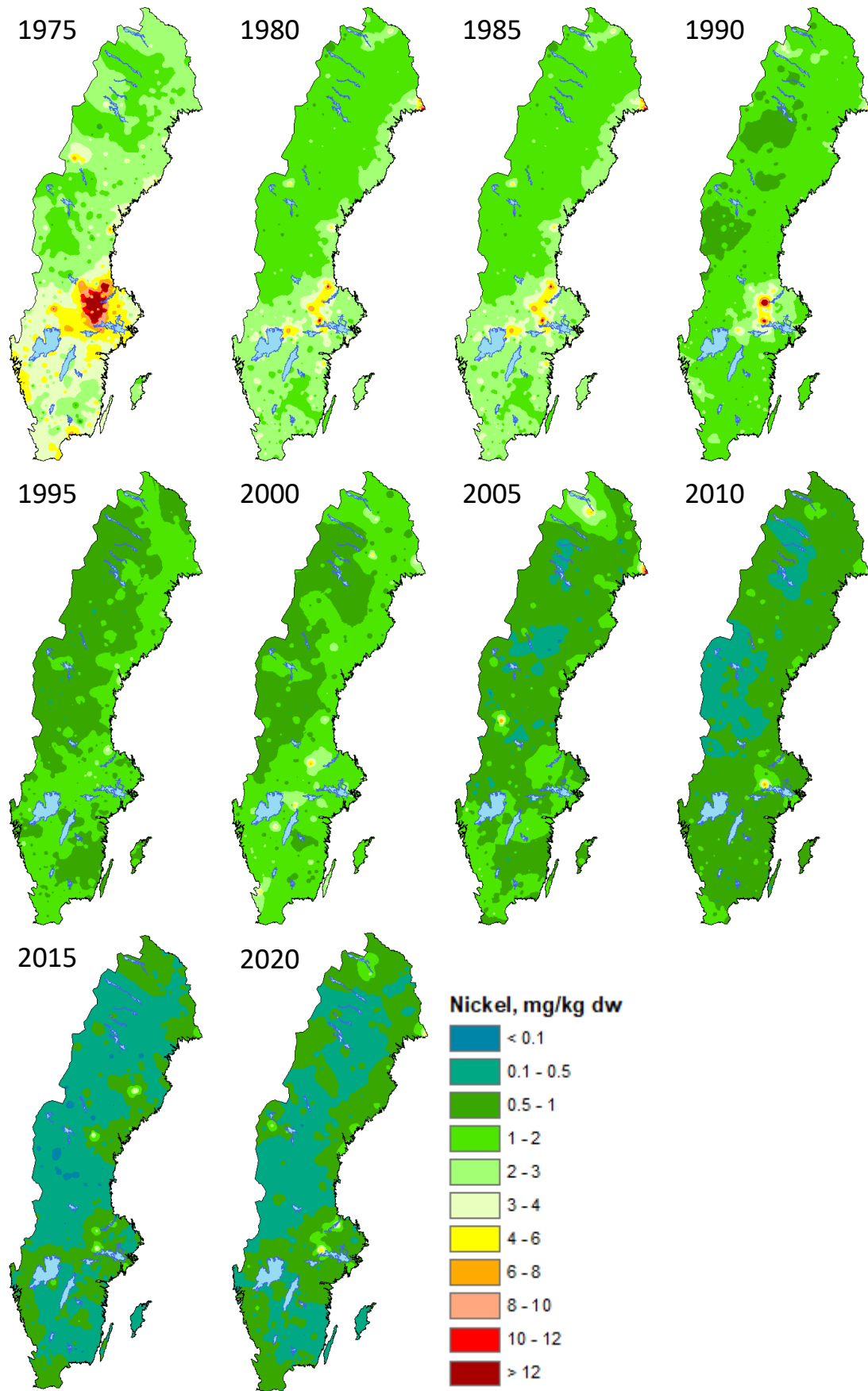
Medianhalten av nickel i mossa i fjälltrakterna kunde endast skiljas från motsvarande halter i norra Sveriges kustland. Medianhalten i norra Sveriges inland kunde inte skiljas från medianhalterna i fjälltrakterna eller i sydöstra Sverige. Inte heller kunde medianhalten i Mellansverige skiljas från medianhalterna i sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av nickel i mossa skilde sig signifikant åt. (Mann-Whitney U-test).



Figur 40. Uppmätta halter av nickel i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.8.2 Jämförelse mot tidigare år

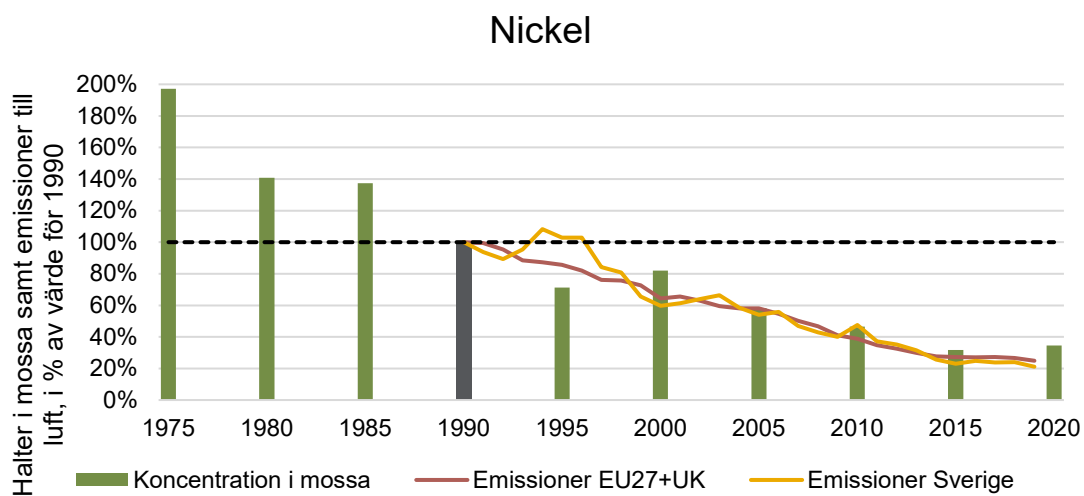
Figur 41 visar halten av nickel i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den kontinuerliga minskning som skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. Norra Sveriges inland har generellt haft den lägsta belastningen under samtliga år. Under 2020 ökade belastningen något i vissa områden jämfört med 2015 års undersökning.



Figur 41. Halter (mg/kg torrsvikt) av nickel i mossa, 1975–2020.

Medianhalten av nickel i mossa för Sverige som helhet var 1975: 2,80 mg/kg torrsvikt, för 1990: 1,42 mg/kg torrsvikt, för 2000: 1,17 mg/kg torrsvikt, för 2005: 0,83 mg/kg torrsvikt för 2010: 0,66 mg/kg torrsvikt, för 2015: 0,45 mg/kg torrsvikt och för 2020: 0,49 mg/kg torrsvikt.

Nickelhalterna i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 42. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att nickelhalt i mossa minskat i samstämmighet med den svenska och den europeiska (EU27+UK) emissionsminskningen. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (CEIP, 2021).



Figur 42. Medianhalt av nickel i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av nickel till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa visas som procent av 1990 års värde.

5.8.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 9 redovisas medianhalter för nickel i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och för Sverige som helhet samt för samtliga regioner förutom i sydöstra och sydvästra Sverige var nickelhalterna signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

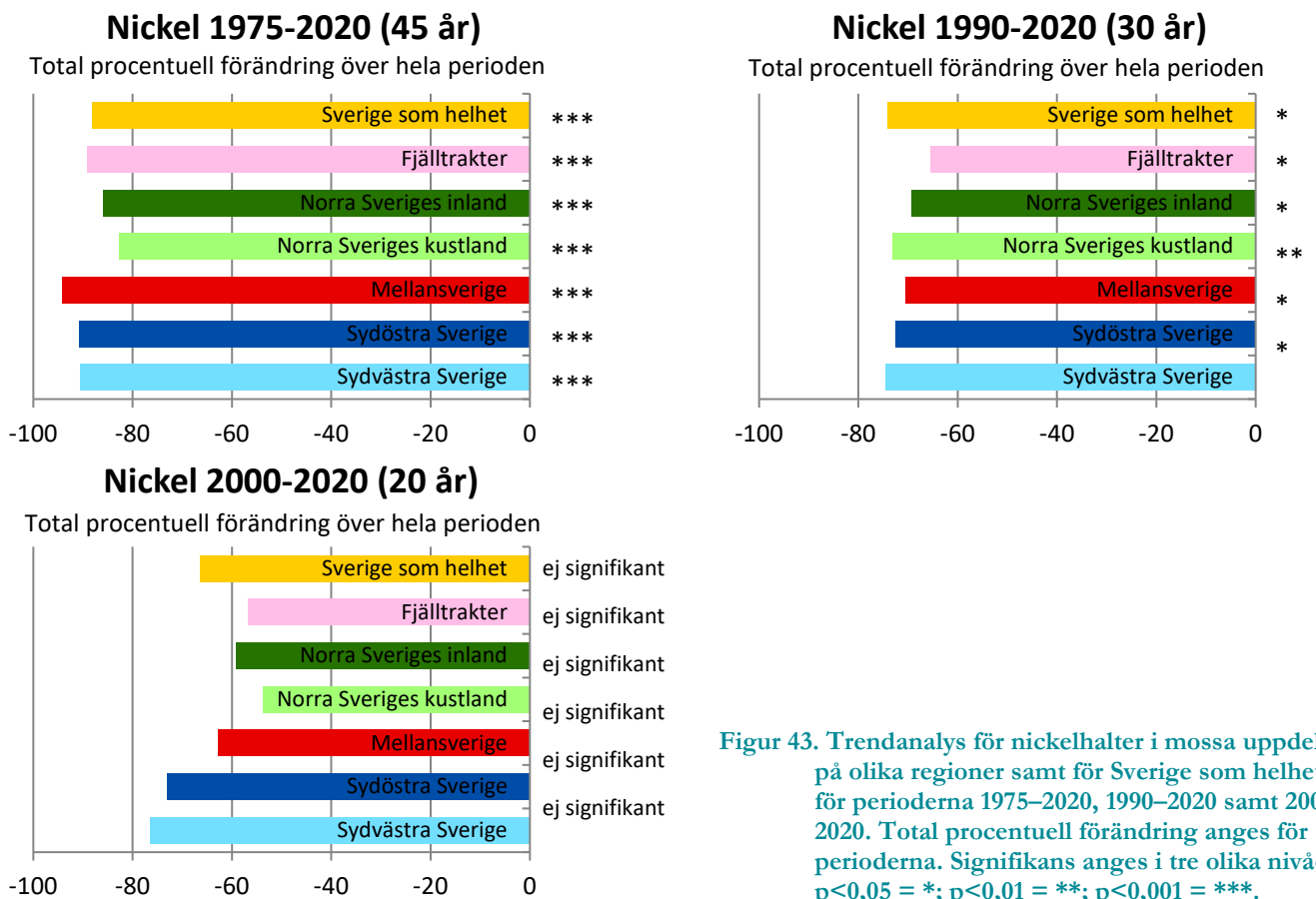
Tabell 9. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för nickel för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,45	0,49	***	Ökning
Fjälltrakter	0,34	0,46	**	Ökning
Norra Sveriges inland	0,38	0,43	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,53	0,71	***	Ökning
Mellansverige	0,46	0,50	**	Ökning
Sydöstra Sverige	0,43	0,45	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	0,52	0,52	Ej signifikant	-

5.8.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har nickelhalterna i mossa minskat signifikant för Sverige som helhet samt för samtliga regioner (Figur 43). Även resultaten för trendanalys, som omfattar de senaste 30 åren, 1990–2020, visar på signifikant minskande nickelhalter i mossa i samtliga regioner och i Sverige som helhet. Trendanalysen för de senaste 20 åren (2000–2020) visar på att nickelhalten i mossa endast minskat signifikant för sydvästra Sverige. För alla övriga regioner har medianhalterna av nickel i mossa inte förändrats statistiskt signifikant under de senaste 20 åren.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 43. Trendanalys för nickelhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 samt 2000–2020. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.9 Vanadin (V)

Förekomst

Vanadin är ett sällsynt metalliskt grundämne som existerar i en mängd olika mineral och som finns naturligt i tre olika oxidationstillstånd (Suchara m.fl., 2007). Vanadin är sällsynt i naturen men kan hittas i föreningar i 65 olika mineral. I Sverige har man hittat fyndigheter av vanadin i Skåne, Hälsingland och Jämtland (SLU, 2019; SGU, 2020; Wikipedia; 2021).

Användning

Vanadin används främst som legeringsmetall och inom stålindustrin för att göra stålet mer värmeresistent och hållfast. Vanadin används också i batterier, som katalysator vid framställning av svavelsyra och i kärnreaktorer. Som batterimetall kan vanadin vara viktig för sol- och vindenergi (Suchara m.fl., 2007; Wikipedia, 2021; SLU, 2019).

Utsläpp och spridning

Vanadin emitteras främst från förbränning av olja och kol samt från oljeraffinaderier. Diffusa emissioner kan härstamma från vägbaneslitage då bitumen kan innehålla betydande mängder vanadin (Johansson m.fl., 2009; Chauhan & de Klerk, 2020).

Miljö- och hälsoeffekter

Alla vanadinföreningar är giftiga i olika grader. Höga halter av vanadin kan vara skadligt, speciellt för känsliga arter av alger och bakterier i mark. Det binds dock hårt till jordpartiklar och tas inte lätt upp av växter. Giftigheten och upptaget av vanadin i växter och mikroorganismer har funnits ha en negativ korrelation med fosfor. Fosfor tros konkurrera med vanadin om upptag och därför är vanadin ett större problem i miljöer med låg fosforhalt. Hur mekanismen exakt fungerar vet man ännu inte (Gustafsson, 2019). Vanadin är ett viktigt näringsämne för vissa lavar som använder cyanobakterier, speciellt enzymet nitrogenas, för att ta upp kväve ur luften. Vanadin är också viktigt för andra enzymer, haloperoxidaser, som finns i brunalger i havet. Speciellt sjötungor och röd flugsvamp är bra på att ta upp vanadin. Orsaken till detta är dock okänd (SLU, 2019; Harmens m.fl., 2008; Wikipedia, 2021; Gustafsson, 2019).

Yrkesmässig exponering för vanadin kan verka irriterande på luftvägarna och kan orsaka effekter på de nedre luftvägarna och leda till hosta, lungblödning och lunginflammation (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Riktvärden och reglering

Vanadin, som vanadinpentoxid, har som nivågränsvärde 0,2 mg/m³ i totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) och som korttidsgränsvärde 0,05 mg/m³ (AFS 2018:1).

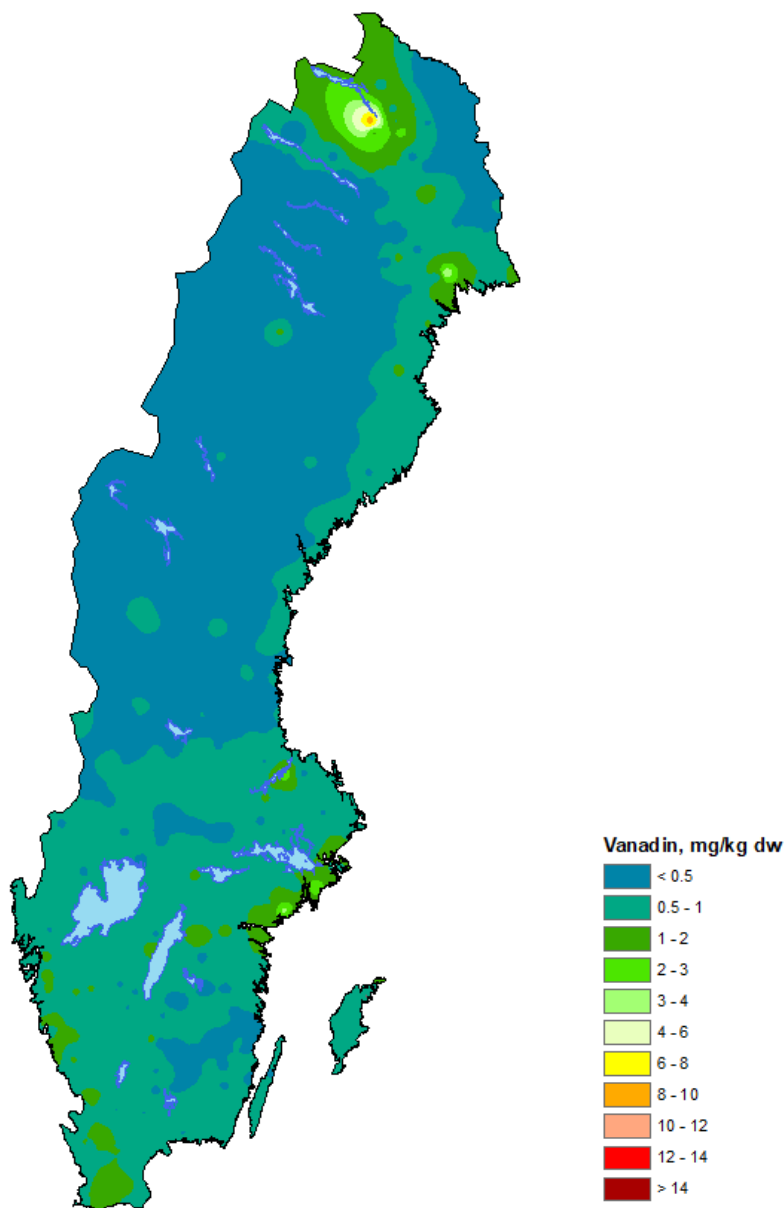
Bakgrundshalter

Vanadin detekteras i luft och nederbördsprover vid svenska bakgrundsstationer. Årsmedelhalten i luft varierade mellan 0,07 och 0,14 ng/m³ i norr och mellan 0,25 och 0,9 ng/m³ i söder (period: 2015 - 2020). Årsmedeldepositionen av vanadin varierade under samma period mellan 15 och 210 µg/m² i norr och mellan 75 och 320 µg/m² i söder. (Naturvårdsverkets luftdatabas;

Fredricsson, m.fl., 2021). Ett starkt signifikant samband mellan våtdepositionen av vanadin och halten vanadin i mossa har observerats i en tidigare studie ($r^2=72\%$, Pihl Karlsson, m.fl., 2017).

5.9.1 2020

I Figur 44 visas vanadinhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av vanadin under 2020 låga om man undantar ett område i närhet till malmfälten i Norrbottens län där ett mossprov på 9,1 mg vanadin/kg torrsvikt insamlades. Ytterligare fem mossprover hade något högre halter, 2–4 mg/kg torrsvikt. Dessa samlades in i Norrbottens, Södermanlands, Uppsala och Stockholms län.

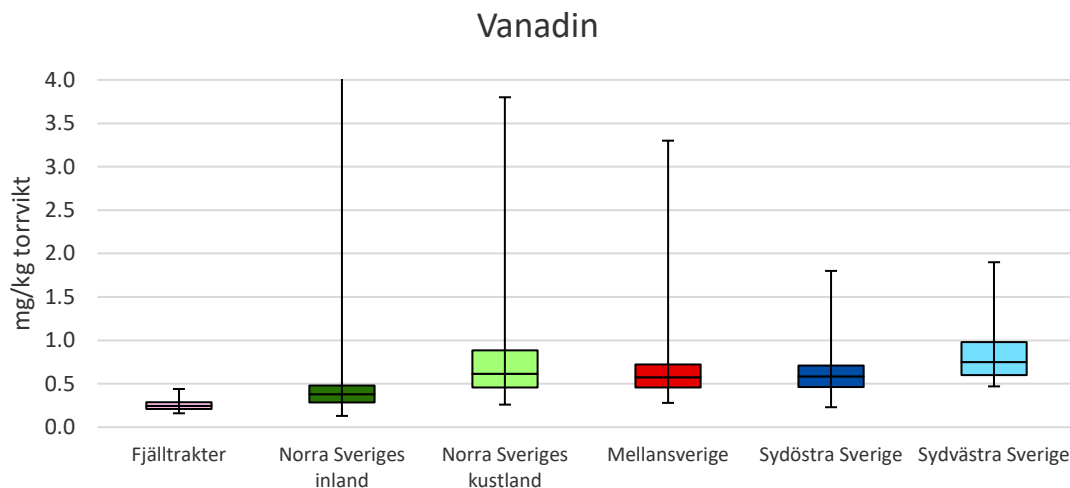


Figur 44. Vanadinhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 45 visas halter av vanadin i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att mossan i sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av vanadin med 0,75 mg/kg torrsvikt följt av norra Sveriges kustland med 0,62 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av vanadin i mossa fanns i fjälltrakterna följt av norra Sveriges inland, med 0,25 respektive 0,38 mg/kg torrsvikt. Medianhalten i sydöstra Sverige och Mellansverige var på en liknande nivå med 0,59 respektive 0,58 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av vanadin i mossa för Sverige som helhet var 0,54 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av vanadin i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av vanadin i mossa i norra Sveriges kustland kunde inte skiljas från motsvarande halter i Mellansverige eller i sydöstra Sverige. Inte heller kunde medianhalten i Mellansverige skiljas från medianhalterna av vanadin i mossa i sydöstra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av vanadin i mossa skilde sig åt. (Mann-Whitney U-test).

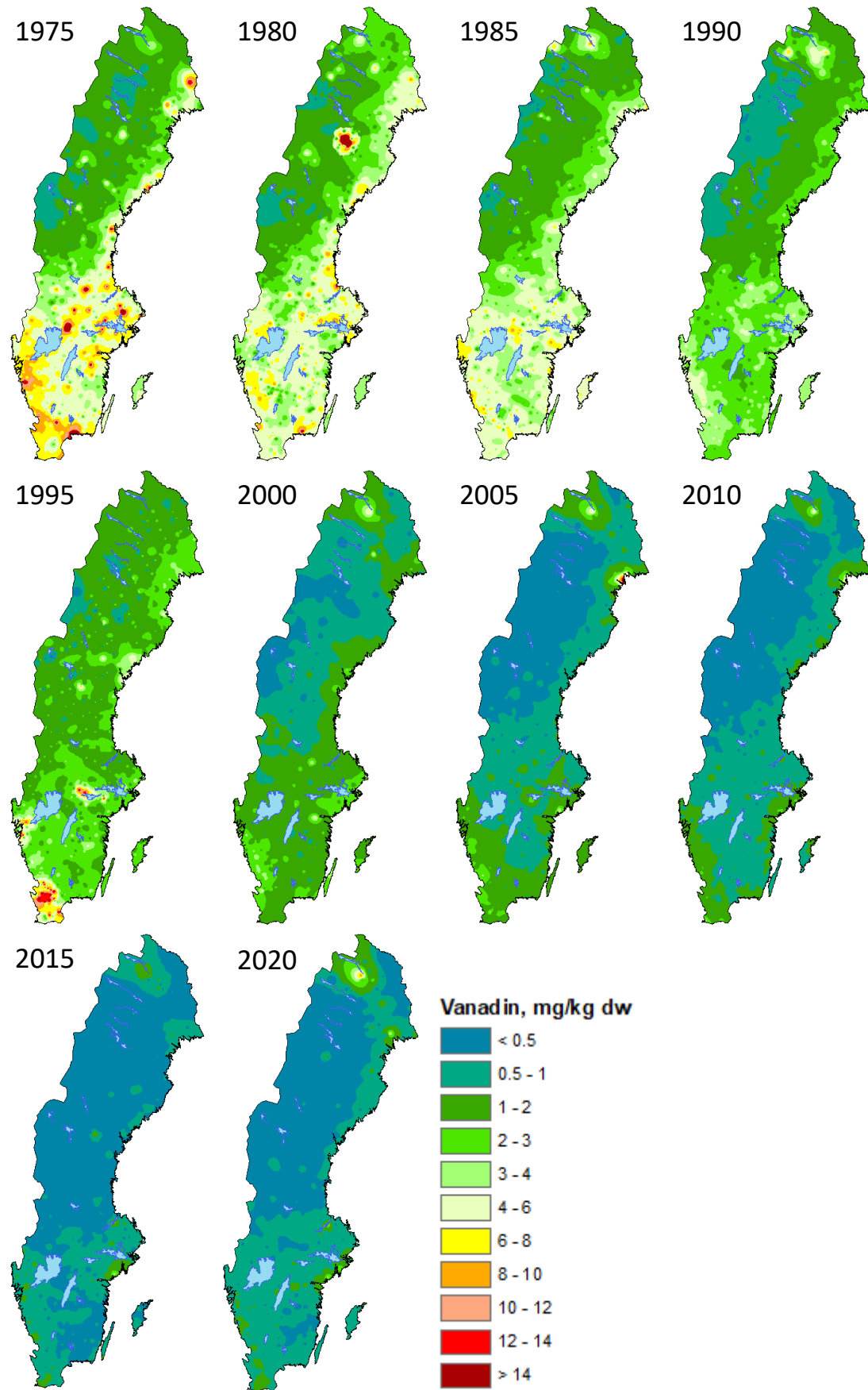


Figur 45. Uppmätta halter av vanadin i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges inland var det högsta värdet 9,1 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.9.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 46 visar halt av vanadin i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den kraftiga minskning som kontinuerligt skett sedan 1975 då de nationella mätningarna startade. Halterna har varit högst i landets södra delar vilket främst kan ses för de tidiga åren. Runt malmfälten i Norrbottens inland syns något förhöjda halter, något som även syns tydligt under 2020.

Medianhalten av vanadin i mossa för Sverige som helhet var 1975: 3,3 mg/kg torrsvikt, för 1990: 2,1 mg/kg torrsvikt, för 2000: 1,2 mg/kg torrsvikt, för 2005: 0,9 mg/kg torrsvikt, för 2010: 0,7 mg/kg torrsvikt, för 2015: 0,4 mg/kg torrsvikt och för 2020: 0,5 mg/kg torrsvikt.



Figur 46. Halter (mg/kg torrsvikt) av vanadin i mossor, 1975–2020.

5.9.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 10 redovisas medianhalter för vanadin i mossor uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test. För Sverige som helhet samt för alla övriga regioner var vanadinhalten i mossor signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 10. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossor för vanadin för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = *$ signifikans.**

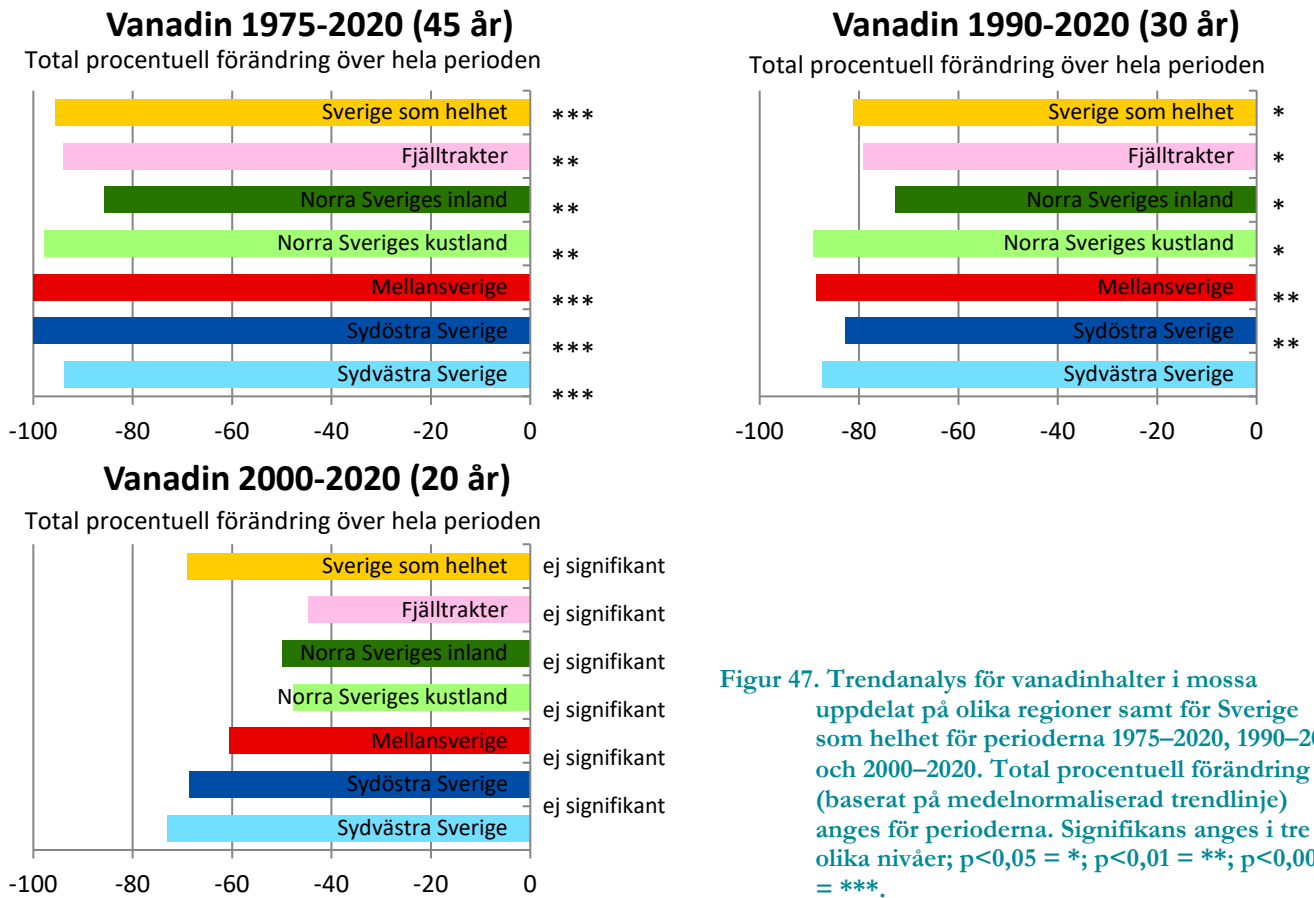
Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,44	0,54	***	Ökning
Fjälltrakter	0,21	0,24	*	Ökning
Norra Sveriges inland	0,28	0,38	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,41	0,62	***	Ökning
Mellansverige	0,50	0,58	***	Ökning
Sydöstra Sverige	0,48	0,58	***	Ökning
Sydvästra Sverige	0,71	0,75	*	Ökning

5.9.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har vanadinhalten i mossor minskat signifikant för Sverige som helhet samt för samtliga regioner (Figur 47). I den statistiska analysen baseras den totala procentuella förändringen över perioden på en medelnormaliserad trendlinje vilket gör att minskningen kan bli mer än 100 procent. Den medelnormaliserade trendlinjen har samma lutning som originallinjen, men är förflyttad i höjdlid så att mitten på linjen ligger i nivå med medelvärdet för alla ingående y-värden. Det går därför att få värden $< -100\%$ i de fall slutet på trendlinjen hamnar under X-axeln.

Även resultaten för trendanalys, som omfattar de senaste 30 åren, 1990–2020, visar på signifikant minskande vanadinhalter i mossor i samtliga regioner och i Sverige som helhet. Trendanalysen för de senaste 20 åren (2000–2020) visar dock inte på några signifikanta förändringar alls för vanadinhalten i mossor, vare sig för några enskilda regioner eller för Sverige som helhet.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.



Figur 47. Trendanalys för vanadinhalter i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring (baserat på medelnormaliserad trendlinje) anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

5.10 Zink (Zn)

Förekomst

Zink är en vanligt förekommande metall som har goda korrosionshämmande egenskaper och har använts sedan förhistorisk tid i bronslegeringar. Zink finns naturligt i miljön i olika mineral, till exempel i mineralet zinkblände (ZnS) (Arbets- och miljömedicin, 2021; Naturvårdsverket, 2020).

Användning

Zink används bland annat som korrosionsskydd (förzinkning och galvanisering), vid produktion av mässing och brons, i andra legeringar samt även vid produktion av gummi, däck, kosmetika, pigment och bekämpningsmedel (Johansson m.fl., 2009; Suchara m.fl., 2007).

Utsläpp och spridning

Zink emitteras till luft vid förbränning av biomassa och från zinksmältverk, kemiska industrier, kol- samt avfallsförbränningsanläggningar och diffust från däckslitage på vägar. Zink i luft är bundet till partiklar och sprids via långväga lufttransport och deponeras i naturen via våt- och torrdeposition (Johansson m.fl., 2009; Suchara m.fl., 2007).

Miljö- och hälsoeffekter

Zink är ett näringsämne som behövs i små mängder för växter och djur. Zink ingår i flera enzymer och är viktig för människans ämnesomsättning, reproduktion och sårhäkning. Zink är också en viktig beståndsdel i proteiner och signalsubstans och har betydelse för RNA-syntesen (genetisk information i cellernas DNA översätts till information i RNA). I för höga halter kan zink dock vara giftigt för vattenlevande organismer där det kan påverka beteende och reproduktionen negativt. Zink har också rapporterats vara måttligt giftig för växter. Hos människor kan höga zinkintag framkalla brister av andra metaller som koppar, järn och magnesium. Inandning av höga halter zink kan orsaka skador på lungorna (Naturvårdsverket, 2020; Sternbeck och Carlsson, 2004; Harmens m.fl., 2008; Arbets- och miljömedicin, 2021).

Riktvärden och reglering

Det hygieniska gränsvärdet för zinkklorid i respirabel fraktion (de dammpartiklar som kan andas in och når längst ner i luftvägarna) är 1 mg/m³ och för zinkoxid i totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) 5 mg/m³ (AFS 2018:1).

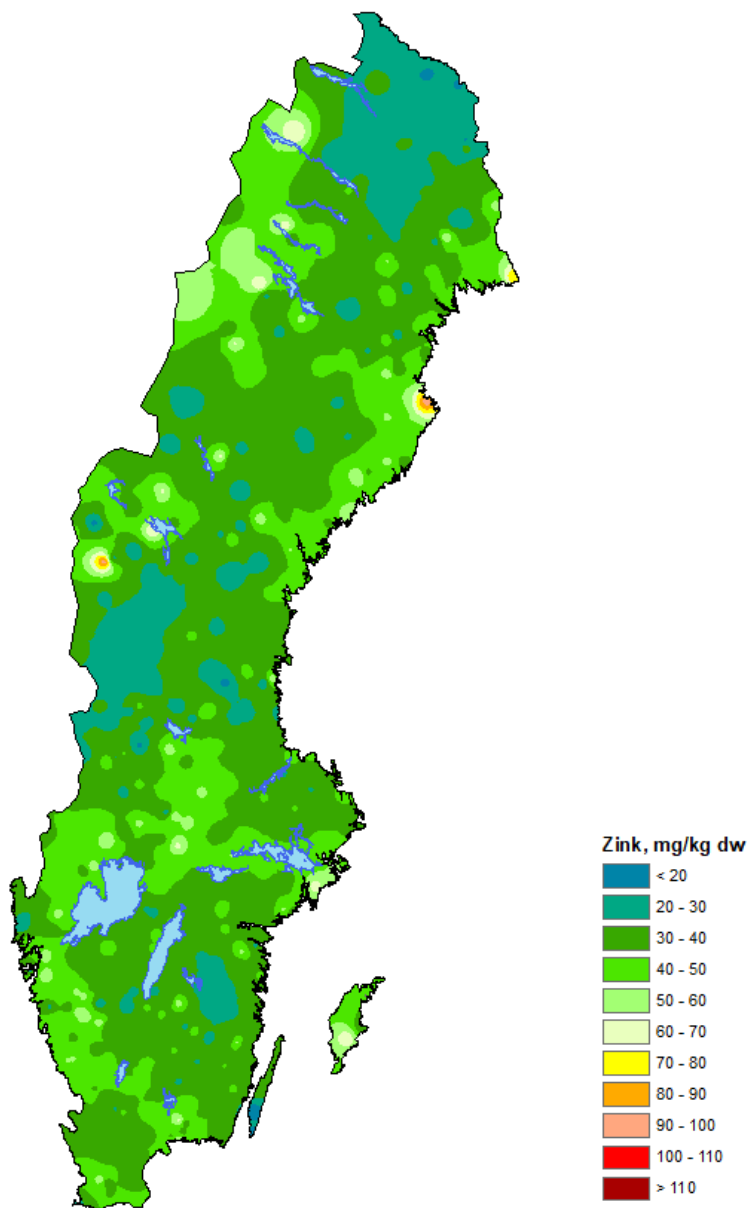
Zink regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), EU:s Slamdirektiv (86/278/EEG). EU:s E-PRTR-förordning reglerar tillgängliggörande av information avseende utsläpp av zink.

Bakgrundshalter

Zink detekteras i luft- och nederbördsprover vid svenska bakgrundsstationer. Årsmedelhalten i luft varierade under perioden 2015–2020 mellan 0,9 och 1,6 ng/m³ i norr och mellan 3,1 och 6,9 ng/m³ i söder. Årsmedeldepositionen varierade under samma period mellan 700 och 2000 µg/m² i norr och mellan 1700 och 6700 µg/m² i söder. Sedan 2009 har zinkhalterna i luft och deposition stadigt minskat något på alla svenska stationer (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson, m.fl., 2021), samt i urban luft (Sternbeck och Carlsson, 2004).

5.10.1 2020

I Figur 48 visas zinkhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av zink ganska låga i hela landet men det fanns ett antal prover med något förhöjda halter. Den högsta halten (94 mg/kg torrsvikt) uppmättes i två mossprov varav ett samlades in i Jämtlands län och ett i Västerbottens kusttrakter. Förklaring till den förhöjda halten i provet från Jämtland har inte ännu hittats. I Västerbottens kusttrakter fanns troligen en påverkan från lokala källor. Ytterligare 15 prover med relativt höga halter, 60–79 mg zink/kg insamlades i Jämtlands, Västerbottens, Norrbottens, Stockholms, Gotlands, Örebro, Kronobergs och i Blekinge län.

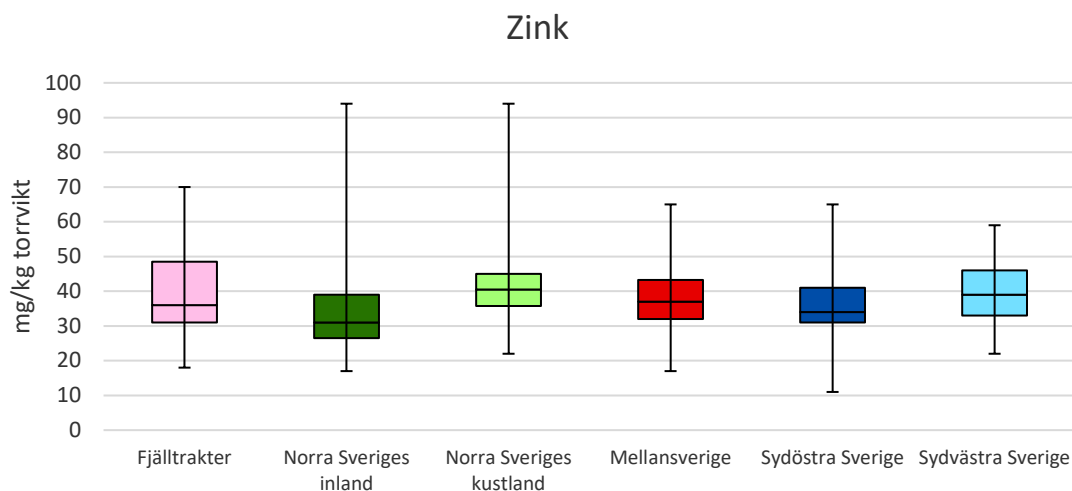


Figur 48. Zinkhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 49 visas halter av zink i mossprov från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att mossan i norra Sveriges kustland hade den högsta medianhalten av zink med 41 mg/kg torrsvikt följt av sydvästra Sverige med 39 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianzinkhalten fanns i norra Sveriges inland följt av sydöstra Sverige, med 31 respektive 34 mg/kg torrsvikt. Medianhalten i mossa av zink i fjälltrakterna och Mellansverige var på en liknande nivå med 36 respektive 37 mg/kg torrsvikt medan motsvarande medianhalt för Sverige som helhet var 36 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av zink i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av zink i mossa i fjälltrakterna kunde endast skiljas från medianhalterna i norra Sveriges inland. Medianzinkhalten i Mellansverige kunde inte skiljas från medianhalterna i sydöstra eller sydvästra Sverige. Inte heller kunde medianhalten av zink i mossa i norra Sveriges inland skiljas från medianhalterna i sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av zink i mossa skilde sig signifikant åt. Medianzinkhalt i mossa i norra Sveriges kustland var signifikant högre jämfört med norra Sveriges inland, Mellansverige och sydöstra Sverige medan motsvarande halter i norra Sveriges inland var lägst. (Mann-Whitney U-test).

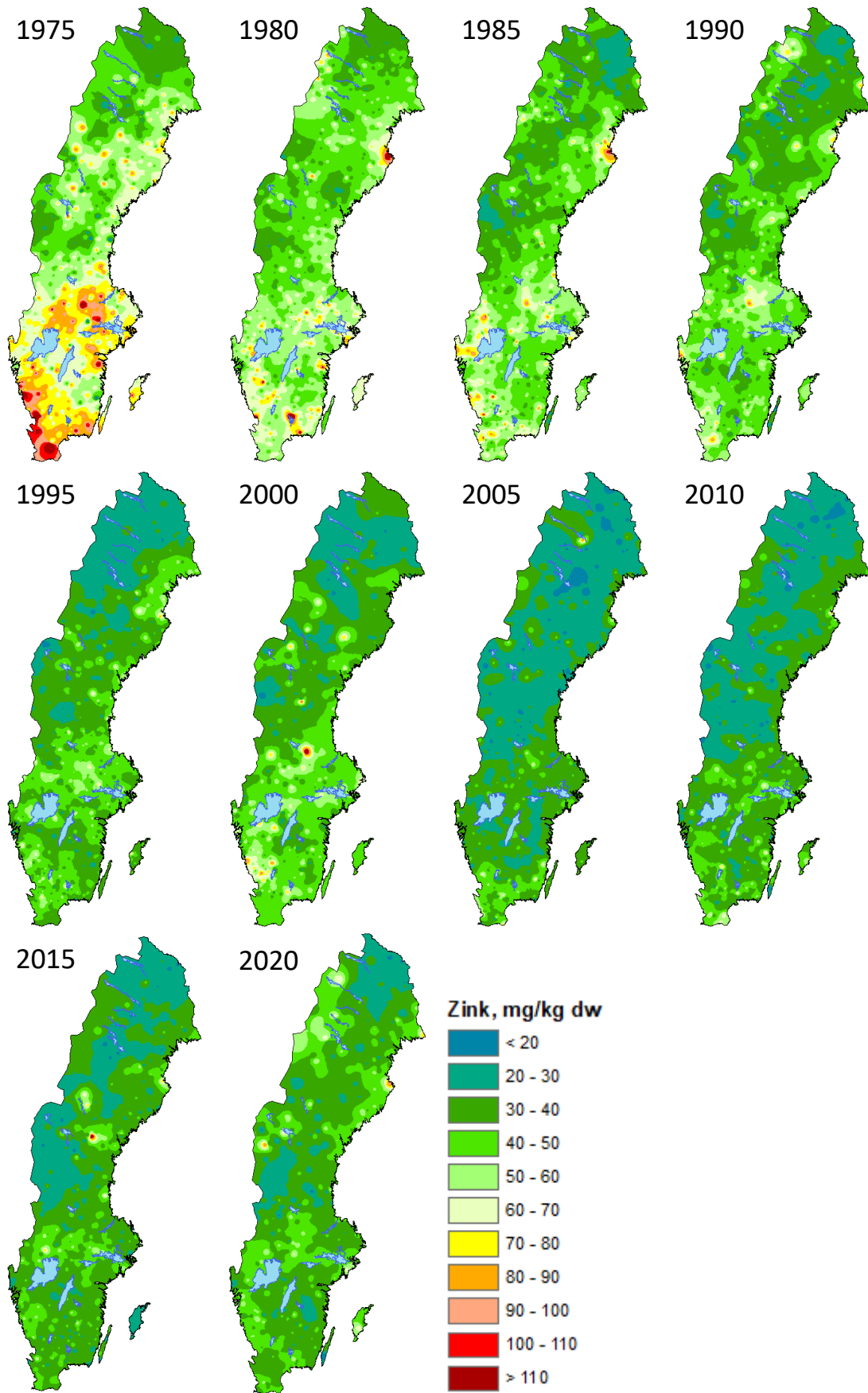


Figur 49. Uppmätta halter av zink i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.10.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 50 visar halten av zink i mossa mellan 1975 och 2020. I figuren syns tydligt den minskning som kontinuerligt skett från 1975 då de nationella mätningarna startade fram till år 2005.

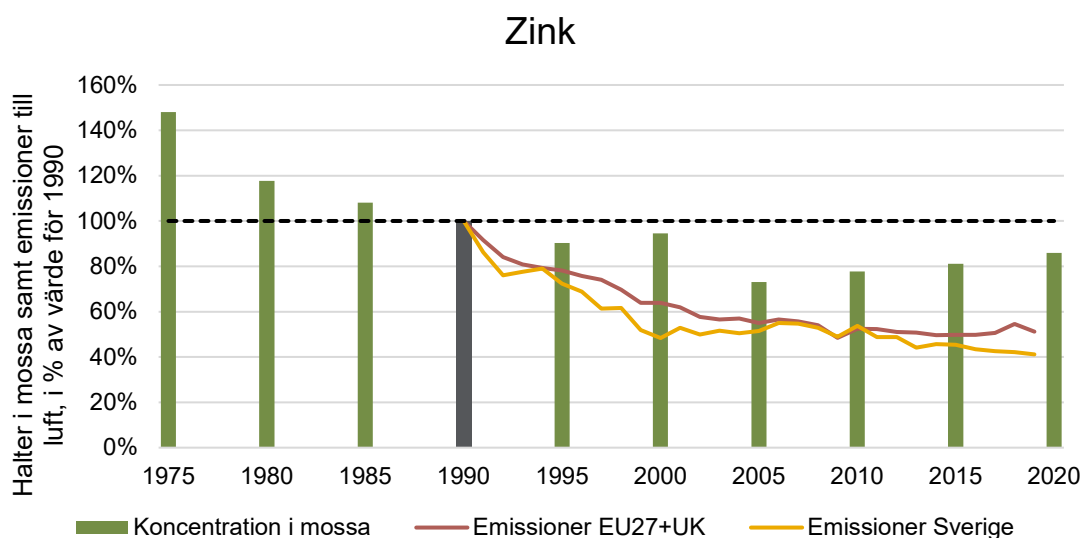
Därefter har minskningen inte varit lika tydlig och 2020 verkar zinkhalterna över landet ha ökat något.



Figur 50. Halter (mg/kg torrsvikt) av zink i mossa, 1975–2020.

Medianhalten av zink i mossa för Sverige som helhet var 1975: 62 mg/kg torrsvikt, för 1990: 42 mg/kg torrsvikt, för 2000: 40 mg/kg torrsvikt, för 2005: 31 mg/kg torrsvikt, för 2010: 33 mg/kg torrsvikt, för 2015: 34 mg/kg torrsvikt och för 2020: 36 mg/kg torrsvikt.

Zinkhalten i mossa för hela Sverige sedan mätstart visas tillsammans med emissionsdata från Sverige och EU27+UK sedan 1990 i Figur 51. Halten i mossa och emissioner till luft visas i procent av motsvarande halter och emissioner för 1990. Ur figuren kan utläsas att zinkhalten i mossa inte minskat i samma takt som den europeiska och svenska emissionsminskningen. Samtliga emissionsuppgifterna bygger på rapporterade data till CLRTAP vilka redovisas i Bilaga III (Ceip, 2021).



Figur 51. Medianhalt av zink i mossa sedan 1975 för Sverige samt emissioner av zink till luft för Sverige och Europa (EU27+UK) sedan 1990. Halt i mossa visas som procent av 1990 års värde.

5.10.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 11 redovisas medianhalter för zink i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 eller 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och för Sverige som helhet samt i fjälltrakterna, norra Sveriges inland och norra Sveriges kustland var zinkhalterna signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

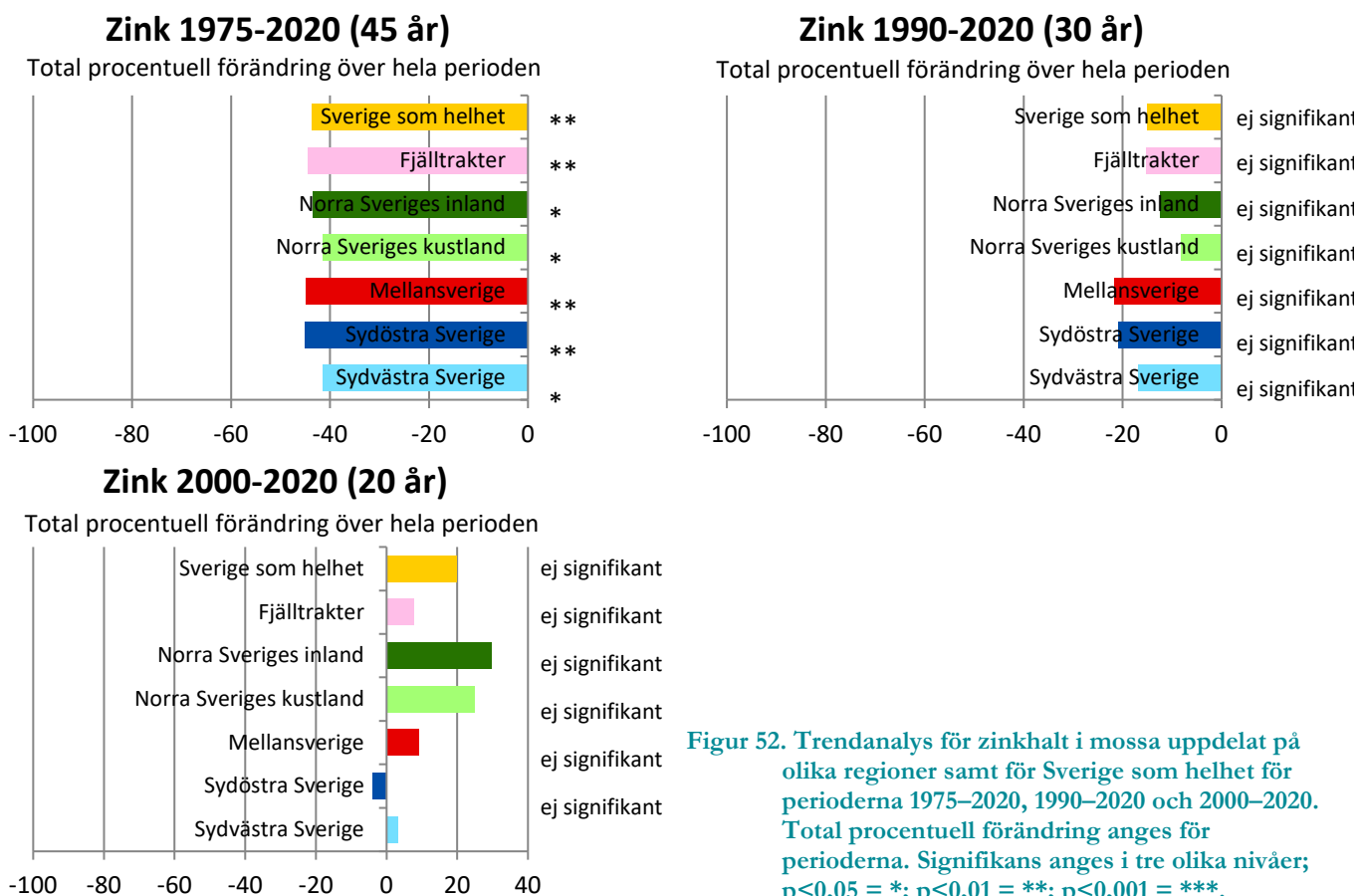
Tabell 11. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för zink för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	34	36	***	Ökning
Fjälltrakter	29	36	***	Ökning
Norra Sveriges inland	28	31	**	Ökning
Norra Sveriges kustland	36	40	**	Ökning
Mellansverige	36	37	Ej signifikant	-
Sydöstra Sverige	34	34	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	38	39	Ej signifikant	-

För regionerna, Mellansverige, sydöstra och sydvästra Sverige fanns inga statistiskt signifikanta förändringar av zinkhalten i mossa mellan 2020 och 2015.

5.10.2.2 Trendanalys

Under de senaste 45 åren (1975–2020) har zinkhalten i mossa minskat signifikant för samtliga regioner och för Sverige som helhet (Figur 52). Däremot visar varken resultaten från trendanalys som omfattar de senaste 30 åren, 1990–2020, eller den för de senaste 20 åren, 2000–2020, på någon statistiskt signifikant förändring av zinkhalten i mossan i någon region eller för Sverige som helhet.



Figur 52. Trendanalys för zinkhalt i mossa uppdelat på olika regioner samt för Sverige som helhet för perioderna 1975–2020, 1990–2020 och 2000–2020. Total procentuell förändring anges för perioderna. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$; $p < 0,01 = **$; $p < 0,001 = ***$.

Detaljerade data över resultaten från trendanalyserna presenteras i Bilaga I.

5.11 Aluminium (Al)

Förekomst

Aluminium är den vanligast förekommande metallen i jordskorpan men har inte utvunnits innan industrialiseringens start på grund av dess komplicerade elektrolytiska framställning. I naturen finns aluminium endast kemiskt bundet till andra grundämnen men i dricksvatten och mat är halterna av aluminium låga trots dess vanliga förekomst (Arbets- och miljömedicin, 2021). Höga lufthalter kan uppstå vid aluminiumsvetsning och vid framställning av aluminiumpulver.

Användning

Aluminium används bland annat i legeringar, som ren metall, i förpackningar, i transportmedel, färgämne, möbler, fyrverkerier, leksaker och som matfolie (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

Det tolererbara veckointaget av aluminium är 1 mg/kg kroppsvikt hos människor. Aluminiums skadliga effekter hos vattenlevande djur har visats vara beroende av pH. Då pH är lågt (under 5,5) ökar halterna av aluminium i sjöar och grundvatten vilket kan försämra syreupptagningen hos till exempel fiskar då aluminiumjoner fälls ut på fiskens gälar, då dessa har ett högre pH än kringliggande vatten. Aluminium har också setts leda till äggskalsdefekter hos häckande fåglar (Nyholm, N.E.I., 1981). Hos människor med kraftigt nedsatt njurfunktion har höga halter aluminium setts öka risken för demens, skelettskador och anemi (Arbets- och miljömedicin, 2021; Livsmedelsverket, 2021).

Riktvärden och reglering

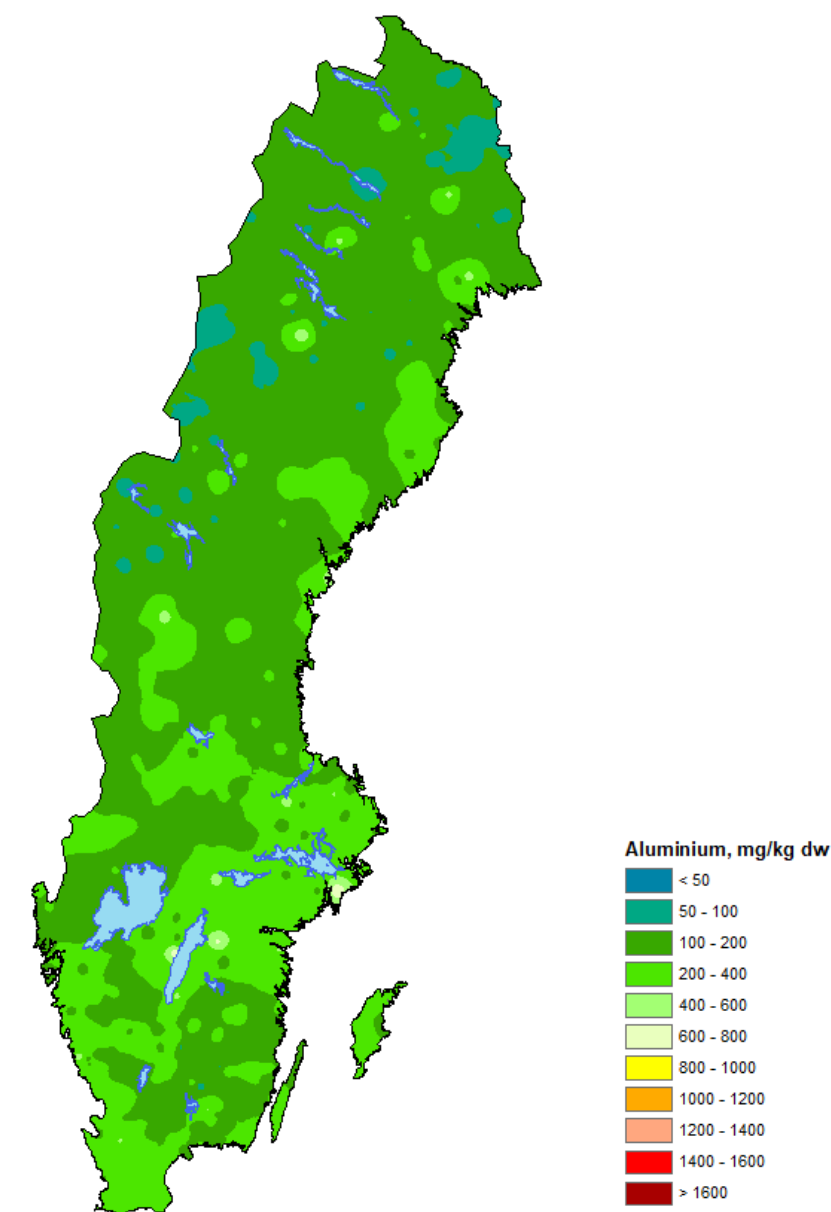
Aluminiummetall och oxid har som hygieniskt gränsvärde 5 mg/m³ i totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) och 1 mg/m³ i respirabel fraktion (de dammpartiklar som kan andas in och når längst ner i luftvägarna). Som lösliga föreningar av aluminium är nivågränsvärdet i totaldamm 1 mg/m³ (AFS 2018:1).

Bakgrundshalter

Aluminium mäts inte inom den nationella miljöövervakningen i luft eller nederbörd.

5.11.1 2020

I Figur 53 visas aluminiumhalterna i mossprover insamlade 2020 från hela Sverige. Som framgår av figuren var halterna av aluminium något högre i de södra delarna av Sverige och avtog mot norr. Men inga stora skillnader för aluminiumhalterna i mossproverna över landet syntes dock. Provet med den högsta halten insamlades i Stockholms län (740 mg/kg torrsvikt). Ytterligare sex prover med något förhöjda aluminiumhalter, 500–700 mg/kg samlades in i Västerbottens, Västra Götalands, Östergötlands, Uppsala samt i Västernorrlands län.

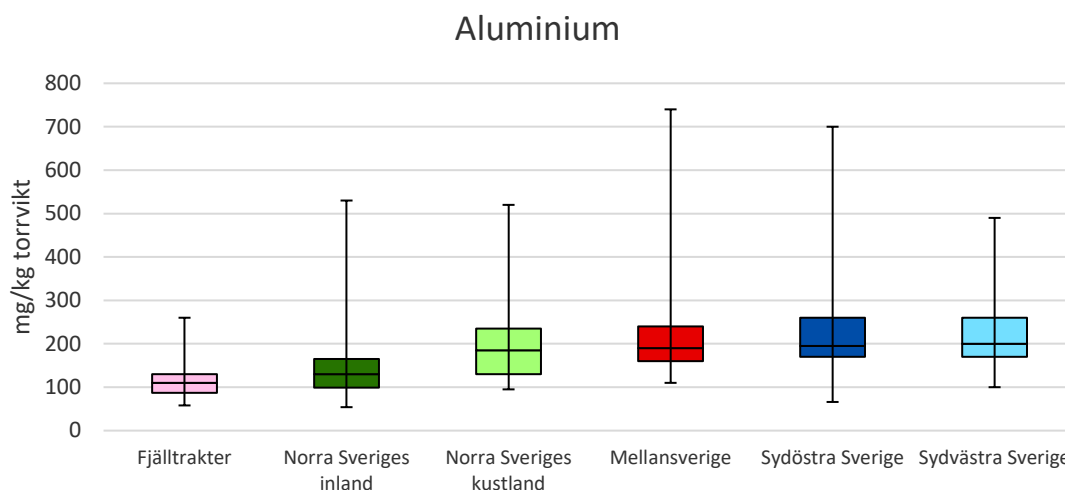


Figur 53. Aluminiumhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 54 visas halter av aluminium i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att mossan i sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten med 200 mg aluminium/kg torrsvikt, följt av sydöstra Sverige med 195 mg/kg torrsvikt, Mellansverige med 190 mg/kg torrsvikt och norra Sveriges kustland med 185 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av aluminium i mossa fanns i fjälltrakterna följt av norra Sveriges inland, med 110 respektive 130 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av aluminium i mossa för Sverige som helhet var 170 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av aluminium i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

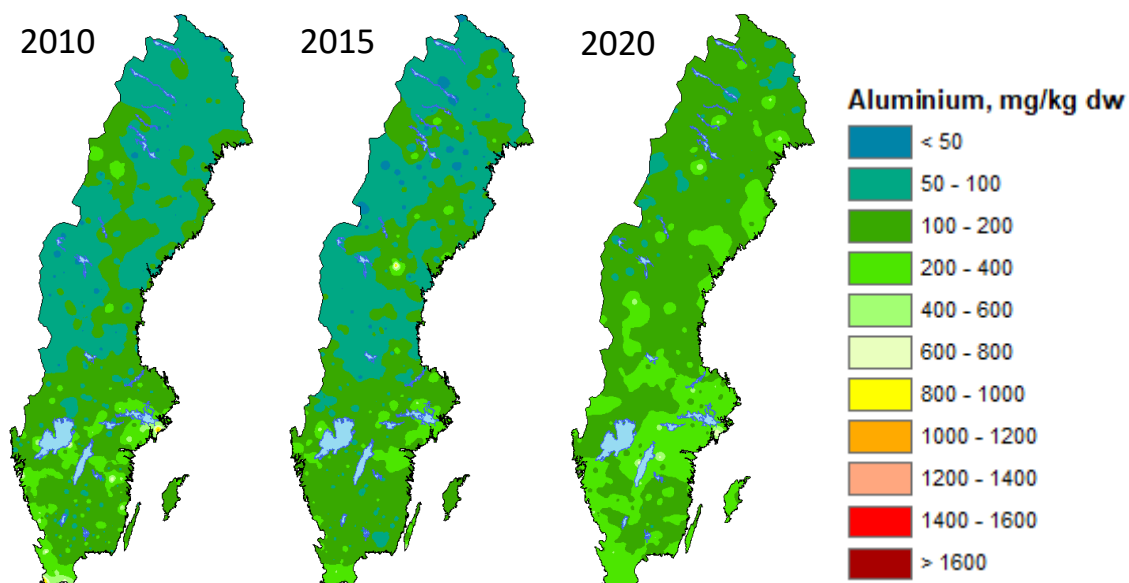
Medianhalten av aluminium i mossa i fjälltrakterna liksom i norra Sveriges inland skilde sig signifikant från andra regioners medianhalter. Likaså skilde sig medianhalten av aluminium i mossa från norra Sveriges kustland från medianhalterna i sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av aluminium i mossa skilde sig inte åt. Medianhalten av aluminium i mossa i sydvästra Sverige var signifikant högre än motsvarande medianhalter i fjälltrakterna, norra Sveriges inland eller i norra Sveriges kustland. (Mann-Whitney U-test)



Figur 54. Uppmätta halter av aluminium i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.11.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 55 visar halter av aluminium i mossa för 2010, 2015 och 2020, det vill säga de år då analys av aluminium gjorts i mossprover. Medianhalten av aluminium i mossa för Sverige som helhet var för 2010: 110 mg/kg torrsvikt, för 2015: 110 mg/kg torrsvikt och för 2020: 170 mg/kg torrsvikt.



Figur 55. Halt (mg/kg torrsvikt) av aluminium i mossa, 2010–2020.

5.11.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 12 redovisas medianhalter för aluminium i mossa uppdelat per region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test. I samtliga regioner samt för Sverige som helhet var medianhalterna av aluminium i mossa signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 12. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för aluminium för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	110	170	***	Ökning
Fjälltrakter	70	110	***	Ökning
Norra Sveriges inland	83	130	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	90	185	***	Ökning
Mellansverige	130	190	***	Ökning
Sydöstra Sverige	130	195	***	Ökning
Sydvästra Sverige	150	200	***	Ökning

5.12 Kobolt (Co)

Förekomst

Kobolt har en ganska låg medelhalt i jordskorpan, cirka 29 g/ton, och förekommer oftast som två- eller trevärda joner i ett stort antal sulfid- och arsenidmineral, och hittas ofta tillsammans med järn, nickel och koppar (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Användning

Kobolt används som legeringsmetall i hårdmetall och som torkmedel i svart tryckfärg (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Utsläpp och spridning

Spridning av kobolt i miljön kommer från förbränning av fossila bränslen, emissioner från koboltproducerande industrier, emissioner i samband med produktion av syntetiska diamanter och från pappersindustrin där det används som torkmedel i svart tryckfärg (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

Kobolt är en essentiell spårmetall som krävs för vitamin B12-syntesen för gräsätande djur och brist på vitamin B12 kan bland annat orsaka fosterskador. Exponering för kobolt kan ge kontakteksem och inandning av kobolt i samband med framställning och bearbetning av hårdmetall kan ge svåra lungbesvär. Akuta besvär visar sig i form av illamående och kräkningar och det finns misstanke om att koboltdamm kan orsaka lungcancer (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Riktvärden och reglering

Hygieniskt gränsvärde för kobolt i inhalerbar fraktion är 0,02 mg/m³ (AFS 2018:1).

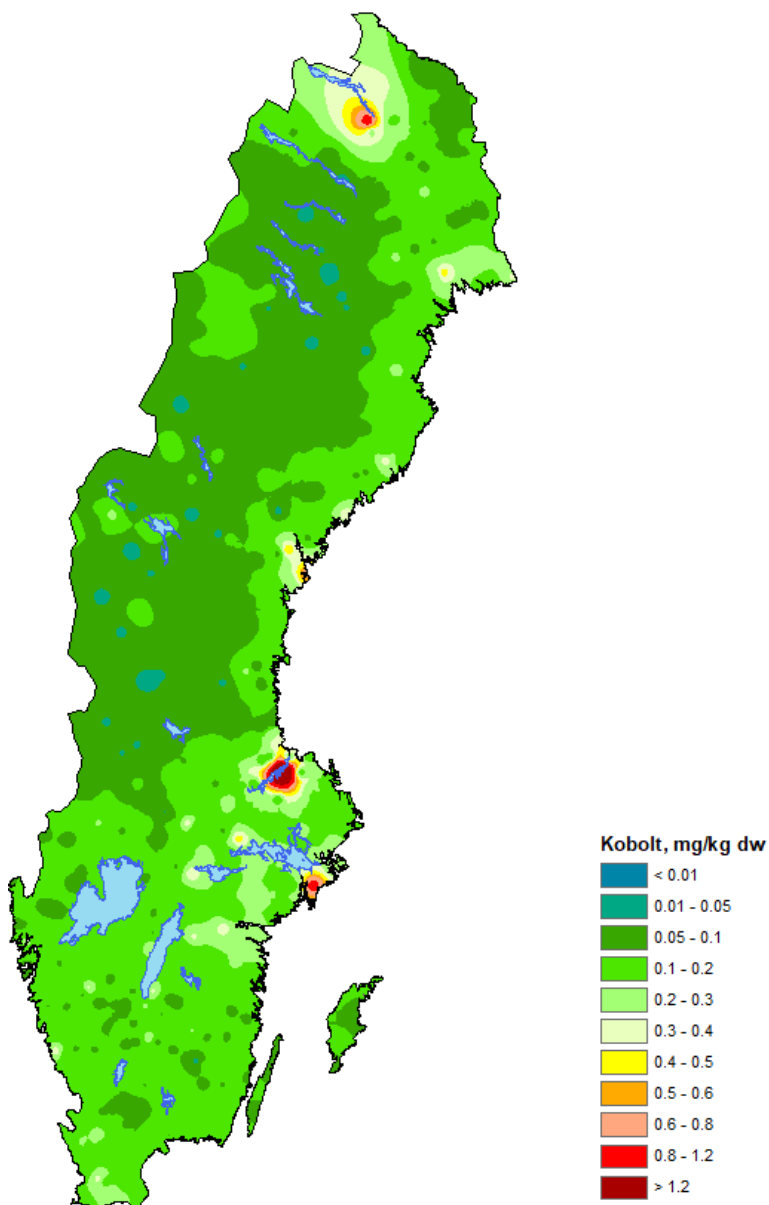
Bakgrundshalter

Kobolt mäts i luft och deposition vid svenska bakgrundsstationer. Årsmedelhalten i luft varierade under perioden 2015 till 2020 mellan 0,007 och 0,013 ng/m³ i norra Sverige och mellan 0,013 och 0,041 ng/m³ i södra Sverige. Årsmedeldepositionen varierade under samma period mellan 4 och 5 ng/m³ i norr och mellan 8 och 27 ng/m³ i söder. Halterna i både luft och deposition är generellt högre i södra jämfört med norra Sverige och har under perioden visat tendens till en nedåtgående trend i både luft och nederbörd (Naturvårdsverkets luftdatabas, Fredricsson, m.fl., 2021).

5.12.1 2020

I Figur 56 visas kobolthalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som framgår av figuren tycks halterna av kobolt generellt vara ganska låga i Sverige förutom i tre olika områden i Norrbottens län, Uppsala län och Stockholms län där halterna var betydligt högre, och troligen påverkade av lokala källor. Mossprovet med den högsta kobolthalten insamlades i Uppsala län

(4,1 mg/kg torrsvikt). År 2020 hade fem mossprover relativt förhöjda halter på över 0,4 mg/kg torrsvikt. Dessa prover samlades in i Stockholms, Norrbottens och i Västernorrlands län.

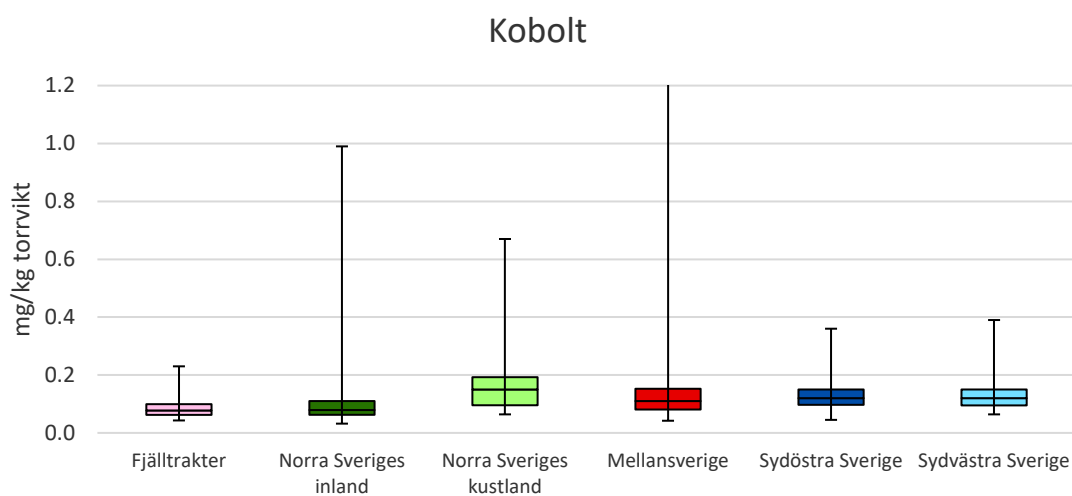


Figur 56. Kobolthalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 57 visas den statistiska analysen av kobolthalter i mossprover från 2020. Resultaten visade att norra Sveriges kustland hade den högsta medianhalten av kobolt med 0,15 mg/kg torrsvikt följt av sydöstra och sydvästra Sverige med vardera 0,12 mg/kg torrsvikt och Mellansverige med 0,11 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av kobolt fanns i fjälltrakterna och norra Sveriges inland, med vardera 0,08 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av kobolt i mossa för Sverige som helhet var 0,11 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av kobolt i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

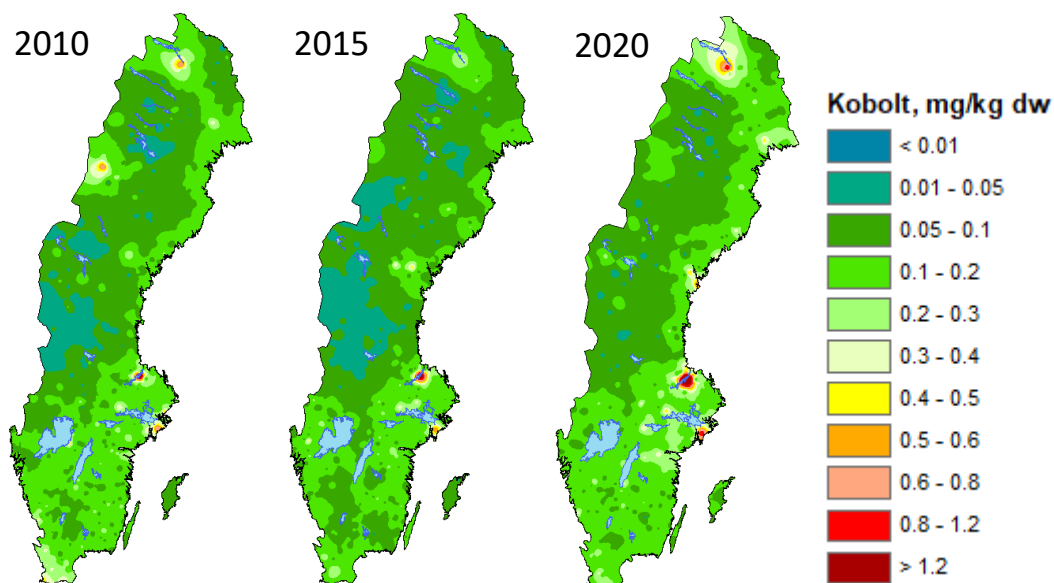
Medianhalten av kobolt i mossa i norra Sveriges kustland kunde inte skiljas från motsvarande halter i sydöstra eller sydvästra Sverige. Inte heller kunde mediankobolthalten i Mellansverige skiljas från medianhalterna i sydöstra eller sydvästra Sverige. Därtill kunde inte heller medianhalten av kobolt i mossa i sydöstra Sverige skiljas från medianhalterna i sydvästra Sverige. Alla andra regioners mediankobolthalter i mossa skilde sig åt. Medianhalt av kobolt i mossa i norra Sveriges kustland var signifikant högre än i fjälltrakterna, norra Sveriges inland och i Mellansverige. Medianhalterna av kobolt i mossa i fjälltrakterna och i norra Sveriges inland var lägst. (Mann-Whitney U-test).



Figur 57. Uppmätta halter av kobolt i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För Mellansverige var det högsta värdet 4,1 mg/kg torrvikt (visas inte i figuren). De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.12.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 58 visar halten av kobolt i mossa för 2010, 2015 och 2020, vilka är de år som kobolt analyserats i mossproverna. Medianhalten av kobolt i mossa var för Sverige som helhet under 2010: 0,09 mg/kg torrvikt, för 2015: 0,09 mg/kg torrvikt och för 2020: 0,11 mg/kg torrvikt.



Figur 58. Halter (mg/kg torrsvikt) av kobolt i mossa, 2010–2020.

5.12.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 13 redovisas medianhalter för kobolt i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test. I samtliga regioner samt för Sverige som helhet var mediankobolthalterna i mossa signifikant högre 2020 jämfört med 2015.

Tabell 13. Medianhalter i mg/kg torrsvikt för kobolt i mossa för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,086	0,110	***	Ökning
Fjälltrakter	0,061	0,078	**	Ökning
Norra Sveriges inland	0,065	0,079	***	Ökning
Norra Sveriges kustland	0,086	0,150	***	Ökning
Mellansverige	0,090	0,110	***	Ökning
Sydöstra Sverige	0,100	0,120	***	Ökning
Sydvästra Sverige	0,110	0,120	**	Ökning

5.13 Molybden (Mo)

Förekomst

Molybden är ett sällsynt metalliskt grundämne som förekommer i mineral som till exempel molybdenglans, molybdensulfid, wulfenit och powellit (Suchara m.fl., 2007; Stjernström, 2008; Smedley & Kinniburgh, 2017).

Användning

Molybden är en svårsmält metall och används som legeringsmetall då dess goda styrka, styvhet, elektriska ledningsförmåga och oxidationsbeständighet gör den speciellt lämplig att använda i krävande industriella tillämpningar, till exempel i jetmotorer. Metallen används också i kärnenergisammanhang, i flygplan, som trådmaterial i elektroniska instrument och som smörjmedel. Molybden förekommer också i fossila bränslen (Suchara m.fl., 2007; Stjernström, 2008; Smedley & Kinniburgh, 2017).

Utsläpp och spridning

Molybden sprids i miljön vid förbränning av fossila bränslen, vittring och från industrier, där det främst släpps ut till omgivande vatten (Suchara m.fl., 2007; Stjernström, 2008; Smedley & Kinniburgh, 2017).

Miljö- och hälsoeffekter

Molybden är en metall som ingår i många enzymer och är därför essentiell för både växter och djur. Molybdenbrist kan hämma tillväxten, ge minskad aptit, påverka reproduktionen och även orsaka cancer. Molybden finns i många livsmedel som till exempel spannmål, nötter, mjölkprodukter, ägg och baljväxter. Det rekommenderade dagliga intaget av molybden varierar med åldersgrupp och ligger på 65 µg/dag för vuxna över 18 år. Däremot kan för högt intag av molybden vara skadligt (Livsmedelsverket, 2021). De viktigaste tecknen på molybdenförgiftning är dålig tillväxt, anemi, anorexi, diarré, pigmentförändringar och led- och bendeformering. Ett för högt intag av molybden kan också påverka det centrala nervsystemet (Suchara m.fl., 2007; Stjernström, 2008).

Riktvärden och reglering

Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (EFSA) har satt en övre gräns på dagligt intag via föda till 0,01 mg/kg kroppsvikt (Livsmedelsverket, 2021).

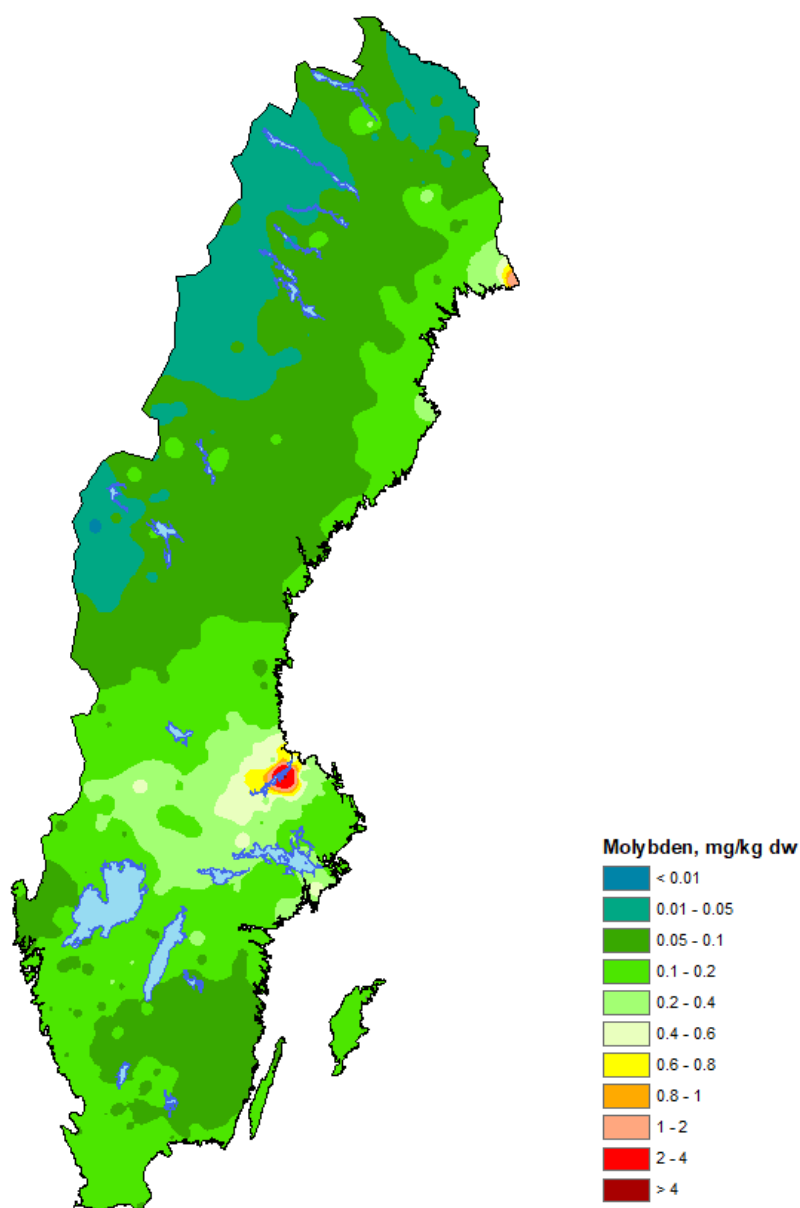
Nivågränsvärdet för molybden i totaldamm (mängd damm som samlas in med en speciell typ av provtagningsutrustning) är 10 mg/m³ och i respirabel fraktion (de dammpartiklar som kan andas in och når längst ner i luftvägarna) 5 mg/m³ (AFS, 2018:1).

Bakgrundshalter

Molybden mäts inte inom den nationella miljöövervakningen i luft eller nederbörd.

5.13.1 2020

I Figur 59 visas molybdenhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som för många andra av de analyserade metallerna fanns de lägsta halterna i fjällregionerna i nordväst. Annars fanns de generellt högre halterna i södra halvan av Sverige. Ett undantag var ett område i Mellansverige som hade de högsta halterna av molybden i mossa. Mossprovet med den allra högsta halten (4,7 mg/kg torrsvikt) insamlades i Uppsala län. Detta mossprovs halt av molybden var sannolikt påverkat av lokala källor. Mossprover med relativt höga halter, 0,5–1,3 mg/kg torrsvikt samlades in på ytterligare 7 platser under 2020. Dessa samlades in i Västmanlands, Gävleborgs, Norrbottens, Dalarnas och i Stockholms län.

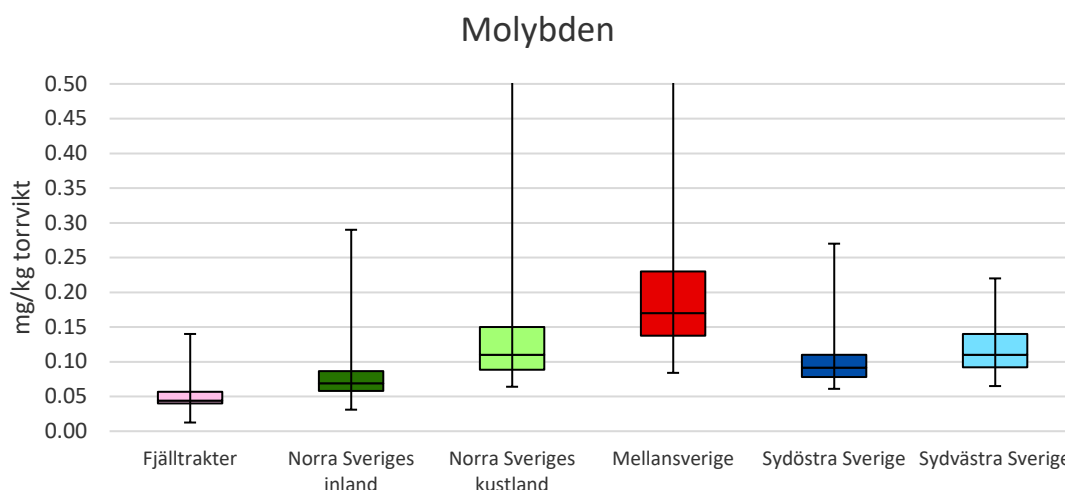


Figur 59. Molybdenhalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 60 visas halter av molybden i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visade att Mellansverige hade den högsta medianhalten av molybden med 0,17 mg/kg torrsvikt följt av norra Sveriges kustland och sydvästra Sverige med vardera 0,11 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av molybden fanns i fjälltrakterna och norra Sveriges inland, med 0,04 respektive 0,07 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av molybden i mossan från sydöstra Sverige var 0,09 mg/kg torrsvikt och för Sverige som helhet var medianhalten 0,1 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av molybden i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

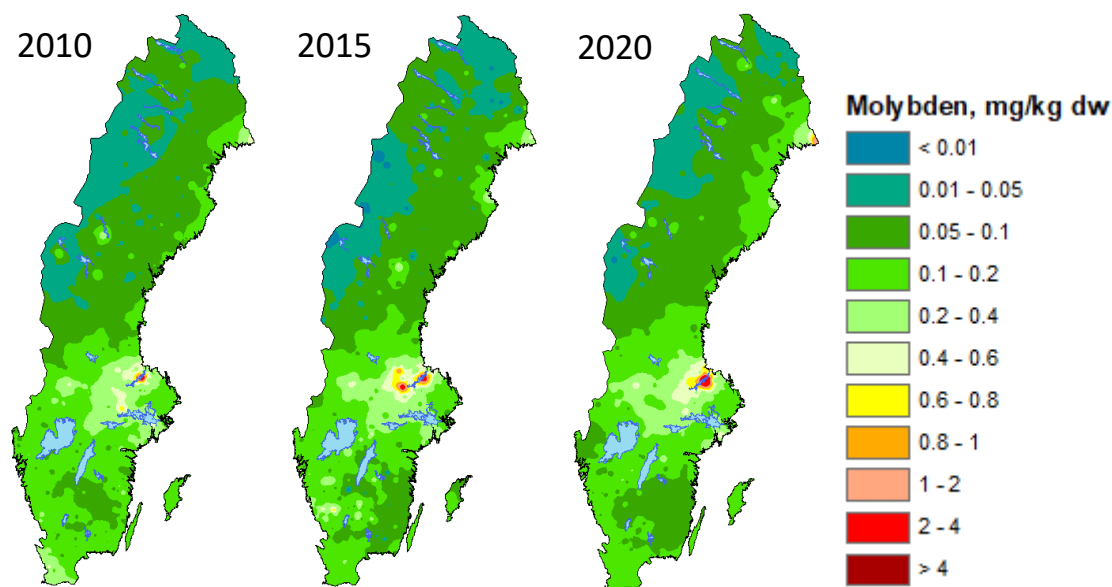
Medianhalten av molybden i mossa i norra Sveriges kustland kunde inte skiljas från motsvarande halter i sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av molybden i mossa skilde sig signifikant åt. (Mann-Whitney U-test).



Figur 60. Uppmätta halter av molybden i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. ”Boxen” visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges kustland var det högsta värdet 1,3 och för Mellansverige var det högsta värdet 4,7 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.13.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 61 visar halten av molybden i mossa för 2010, 2015 och 2020, de år som molybden i mossprover har analyserats. Molybdenhalterna i mossa i Mellansverige har ökat något mellan de tre mätomgångarna. Precis som för 2010 och 2015 insamlades under 2020 mossproverna med de högsta halterna i Mellansverige. Medianhalterna av molybden för Sverige som helhet var för alla tre mätomgångarna, 2010, 2015 och 2020: 0,1 mg/kg torrsvikt.



Figur 61. Halter (mg/kg torrsvikt) av molybden i mossa, 2010–2020.

5.13.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 14 redovisas medianhalter för molybden i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test. I norra Sveriges kustland var molybdenhalten i mossa signifikant högre 2020 jämfört med 2015 medan molybdenhalten i mossa i sydvästra Sverige var signifikant lägre 2020 jämfört med 2015. I övriga regioner och för Sverige som helhet fanns ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan molybdenhalten i mossa 2020 jämfört med 2015.

Tabell 14. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för molybden för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	0,097	0,100	Ej signifikant	-
Fjälltrakter	0,044	0,044	Ej signifikant	-
Norra Sveriges inland	0,064	0,069	Ej signifikant	-
Norra Sveriges kustland	0,088	0,110	***	Ökning
Mellansverige	0,160	0,170	Ej signifikant	-
Sydöstra Sverige	0,089	0,092	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	0,120	0,110	*	Minskning

5.14 Antimon (Sb)

Förekomst

Antimon är en halvmetall som existerar i naturen i två oxidationstillstånd; fem och tre, där femvärt antimon är den mest stabila formen i en syrerik miljö. Trots att det är en relativt sällsynt metall har den använts av människan sedan urminnes tider och då i smink, keramik och i medicinska applikationer. Sedan industrialiseringen har användningen och brytningen av antimon ökat explosionsartat vilket har medfört en större belastning på miljön (Sternbeck, m.fl., 2002).

Användning

Antimon används bland annat i flamskyddsmedel, färgpigment och som legeringsmetall till bly och det återfinns även i produkter som glas, byggplast, katalysatorer, textilier, förpackningar och metall. Antimon kan återvinnas från legerat bly i blybatterier (Sternbeck, m.fl., 2002).

Utsläpp och spridning

Antimon sprids till naturen från förbränning av fossila bränslen och avfall, från smältverk och metallbearbetning, glas- och textilindustrin samt från bilbromsar och det kan spridas långt via luften.

Miljö- och hälsoeffekter

Metallen har lång livslängd i akvatisk miljö och har därför stor spridningspotential. Den återfinns därför i hav, sjöar, sediment, jordbruksmark, luft och i fisk. Antimon kan liksom kvicksilver metyleras av mikroorganismer men har inte lika stark bioackumulation som kvicksilver. Giftigheten av antimon är inte väl studerat men antas ha ett litet upptag i människor och djur och ha ett långsamt upptag i celler. Det antas att antimon har liknande toxiska effekter som för arsenik och att ett högt intag kan orsaka cancer. Därför är antimon klassificerat som farligt att inandas och att förtära (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2021; Sternbeck, m.fl., 2002).

Riktvärden och reglering

Antimon har som hygieniskt gränsvärde i inhalerbar fraktion 0,25 mg/m³ (Sternbeck, m.fl., 2002; AFS 2018:1).

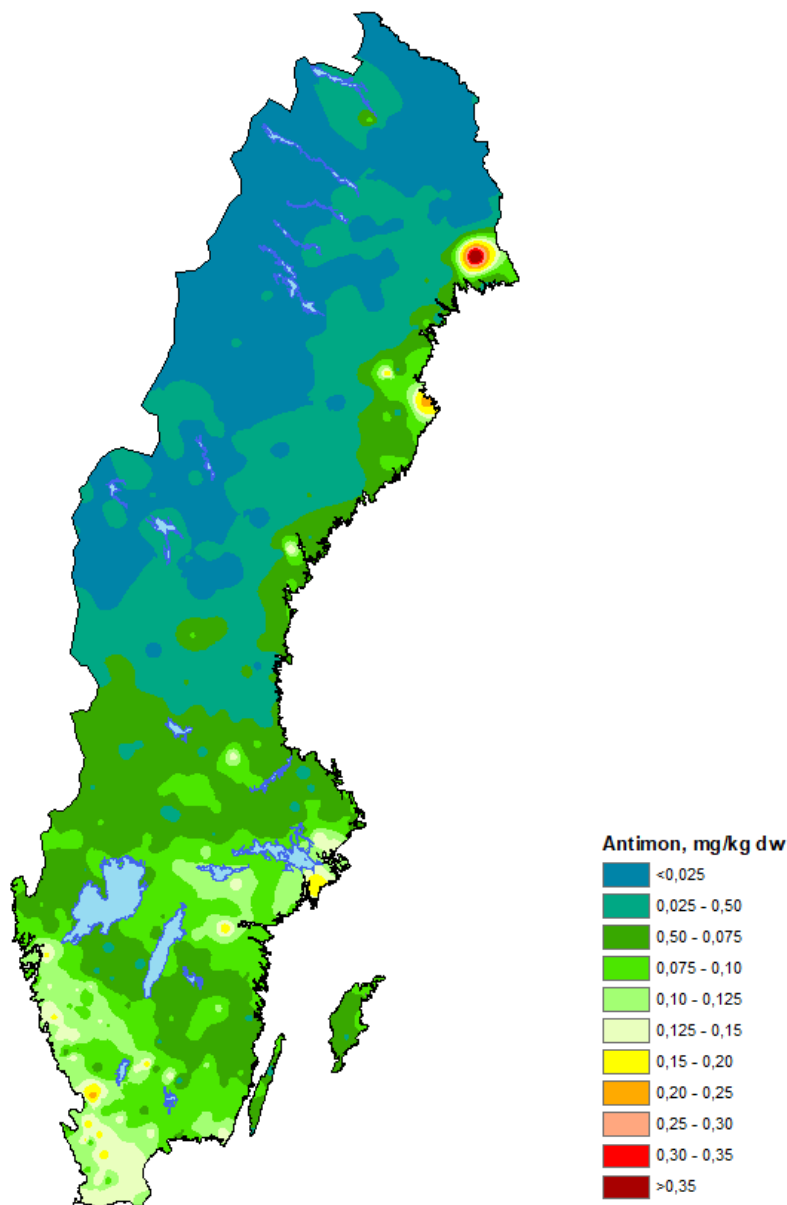
Bakgrundshalter

Lufthalten av antimon mätt i Helsingfors 2001 var cirka 0.4 - 1.5 ng/m³ (Pakkanen m.fl., 2001). Antimon mäts inte inom den svenska nationella miljöövervakningen.

5.14.1 2020

2020 var första gången som antimon analyserades i mossproverna och Figur 59 visar antimonhalterna i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Som för de flesta av de analyserade metallerna fanns en syd- nordlig gradient med generellt högre halter av antimon i söder. Men de allra högsta halterna av antimon i mossa fanns i kustområdena i Norrbotten län men även i

Västerbottens läns kusttrakter fanns förhöjda halter. Någon förklaring till den förhöjda halten i mossprovet insamlat i Haparanda kommun (Norrbottens län) har inte hittats.



Figur 62. Antimonhalter i mossprover insamlade 2020.

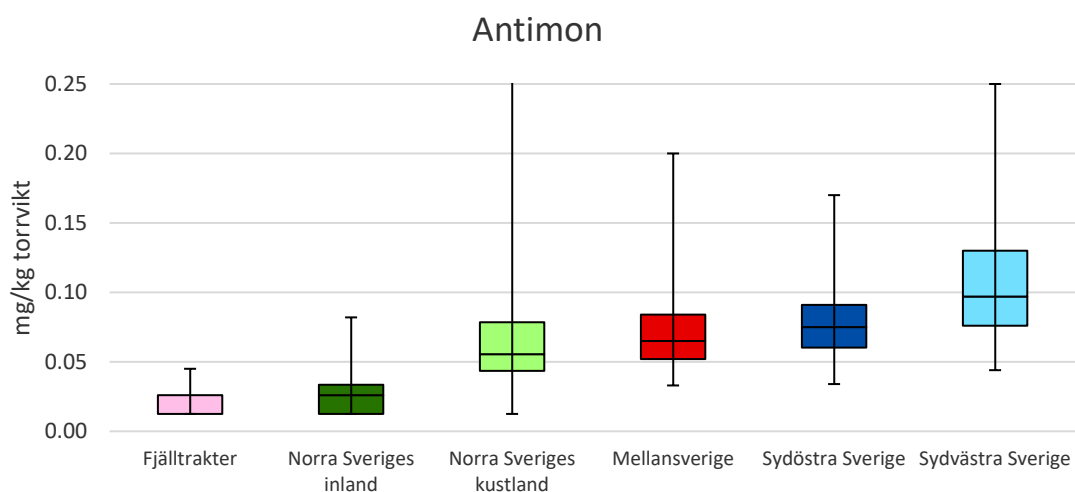
Mossprovet med den allra högsta antimonhalten (0,45 mg/kg torrsvikt) insamlades i Norrbottens län, strax norr om Kalix. Ytterligare tre mossprover med relativt höga antimonhalter, 0,2–0,3 mg/kg torrsvikt samlades in under 2020 i Hallands, Västerbottens och i Stockholms län.

I Figur 63 visas halter av antimon i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av antimon med 0,10 mg/kg torrsvikt följt av sydöstra och Mellansverige med 0,08 respektive 0,07 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av antimon fanns i fjälltrakterna följt av norra Sveriges inland,

med 0,02 respektive 0,03 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av antimon i mossa för Sverige som helhet var liksom för norra Sveriges kustland, 0,06 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av antimon i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av antimon i mossa i de olika regionerna i landet skilde sig alla åt (Mann-Whitney U-test).



Figur 63. Uppmätta halter av antimon i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. För norra Sveriges kustland var det högsta värdet 0,45 mg/kg torrsvikt (visas inte i figuren). Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.15 Mangan (Mn)

Förekomst

Mangan är en övergångsmetall som är det tolfte vanligaste grundämnet i jordskorpan med en medelhalt på cirka 1 060 g/ton. Det finns cirka 250 olika manganmineral. De viktigaste är oxider, hydroxider och karbonater i sedimentära bildningar (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Användning

Mangan används som legeringsmetall till stål och har också använts vid tillverkning av tegel, torrbatterier och finns även i vissa glasyrer (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Utsläpp och spridning

Mangan sprids mest via grundvattnet (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

Mangan är en essentiell metall som ingår i många enzymer för både växter och djur. Vi får i oss mangan via föda främst i ris, bladgrönsaker och havre. Manganbrist har inga dokumenterade hälsoeffekter för människan men råttor och möss som utfodrats med mat med lågt manganinnehåll har visats sig få foster med skador på skelettet samt på det centrala nervsystemet. För höga manganhalter i människor kan ge neurologiska besvär med liknande symptom som för Parkinson (Livsmedelsverket, 2021; Arbets- och miljömedicin, 2021).

Riktvärden och reglering

Det av EFSA rekommenderade dagliga intaget varierar med ålder och är satt till 3 mg/dag för personer över 18 år (Arbets- och miljömedicin, 2021).

Mangan har hygieniska gränsvärdena 0,2 mg/m³ i inhalerbar fraktion och 0,05 mg/m³ i respirabel fraktion (de dammpartiklar som kan andas in och når längst ner i luftvägarna) (AFS 2018:1). Gränsvärdet för mangan i dricksvatten är 0,05 mg/l (Livsmedelsverket, 2021).

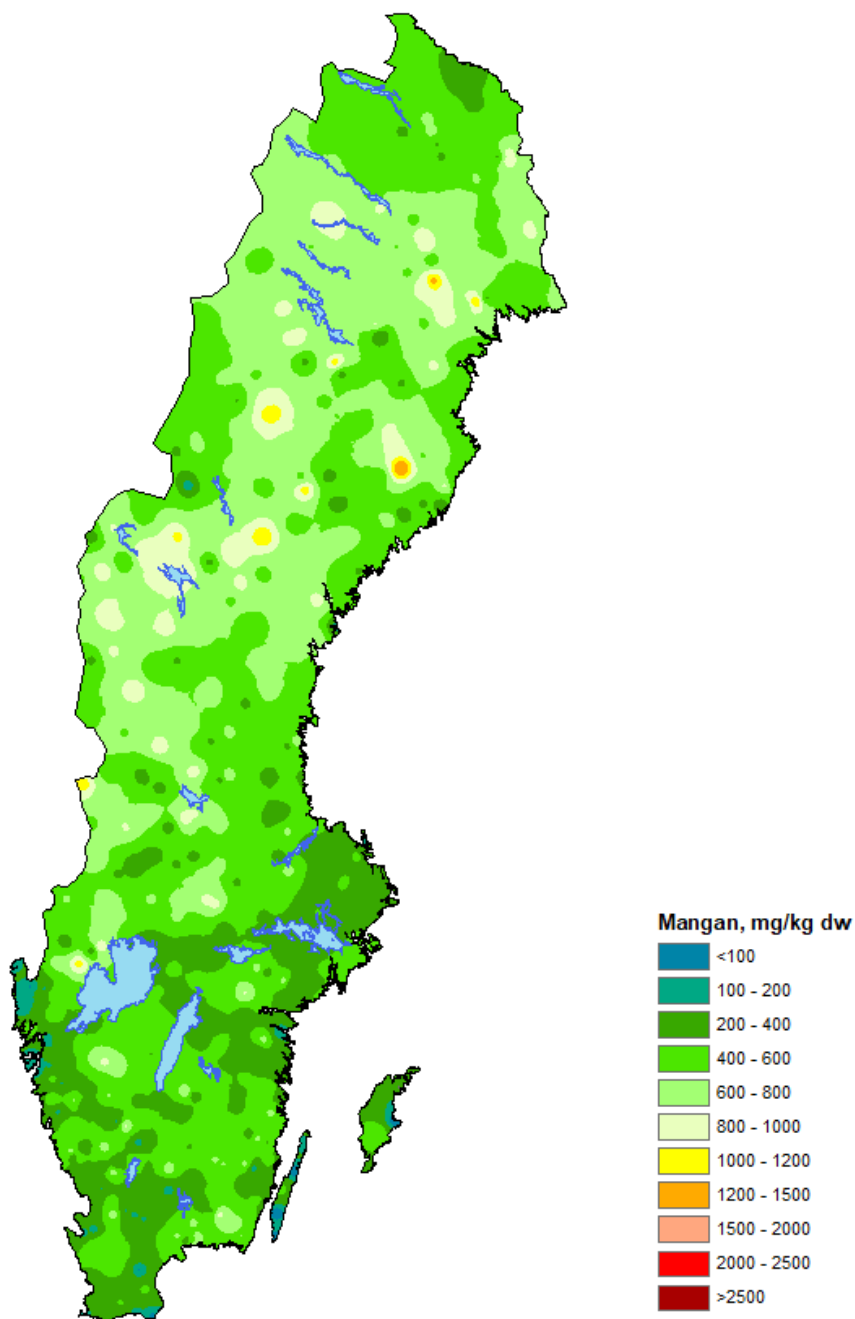
Bakgrundshalter

Mangan mäts inom den nationella miljöövervakningen och årsmedelhalten i luft varierade mellan 0,4 och 0,7 ng/m³ i norr och mellan 0,9 och 3 ng/m³ i söder under perioden 2015–2020. Årsmedeldepositionen av mangan var mellan 900 och 4500 µg/m² i norr och mellan 1350 och 7500 µg/m² i söder under motsvarande period. En något nedgående trend har under perioden 2009 till 2020 observerats i deposition men inte i luft (Naturvårdsverkets luftdatabas; Fredricsson, m.fl., 2021).

5.15.1 2020

I Figur 64 visas manganhalter i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. För flertalet andra analyserade metaller var den generella bilden att de högsta halterna uppmättes i landets södra delar och att halterna var lägre mot norr. För mangan var bilden den omvända med högre halter i norr jämfört med söder. Den högsta halten uppmättes i ett prov från Västerbottens län

(1500 mg/kg torrsvikt). Totalt analyserades 12 ytterligare mossprover under 2020 med relativt höga halter, 1000–1300 mg mangan/kg torrsvikt i Norrbottens, Jämtlands, Västernorrlands, Västerbottens, Värmlands och Västra Götalands län. En stor mängd av dessa prover samlades in i norra Sveriges inland och fjälltrakter.



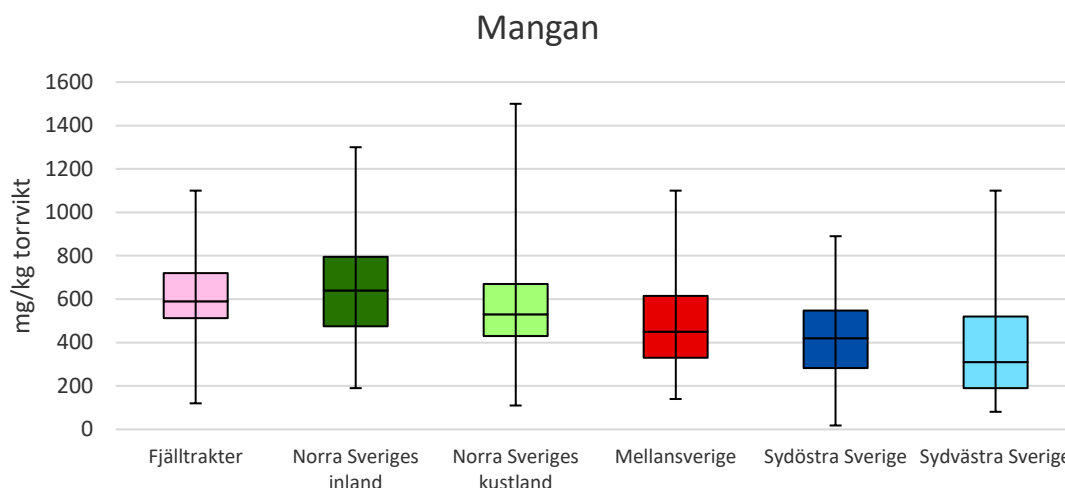
Figur 64. Manganhalter i mossprover insamlade 2020.

Som beskrivits i publicerad litteratur förfaller förhållandet mellan halter av mangan i mossprover och i nederbörd ofta sakna korrelation (Boquete, M.T., 2011; Steinnes, E., 1995; Berg & Steinnes, 1997; Ross, B., 1990). Anledningen till detta skulle kunna vara att det för mangan finns andra viktigare källor än atmosfärisk deposition som förklarar halterna i mossan (Boquete, M.T., 2011; Steinnes, E., 1995). Förklaringarna som ges av Steinnes (1995) var att halten i mossa kan beror på att mangan transporteras från jorden genom rotupptag i högre växter och överförs till mossan genom läckage från levande eller dött material. Lägre halter i kustområden förklaras förmodligen av katjonbyte på mossytan med havssaltjoner (Steinnes, E., 1995).

I Figur 65 visas den statistiska analysen av manganhalter i mossprover från 2020. Resultaten visade att norra Sveriges inland hade den högsta medianhalten av mangan med 640 mg/kg torrsvikt följt av fjälltrakterna med 590 mg/kg torrsvikt och norra Sveriges kustland med 530 mg/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianmanganhalten fanns i mossa i sydvästra Sverige med 310 mg/kg torrsvikt följt av sydöstra Sverige med 420 mg/kg torrsvikt. Medianhalten av mangan i mossa i Mellansverige var 450 mg/kg torrsvikt och för Sverige som helhet 490 mg/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av mangan i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

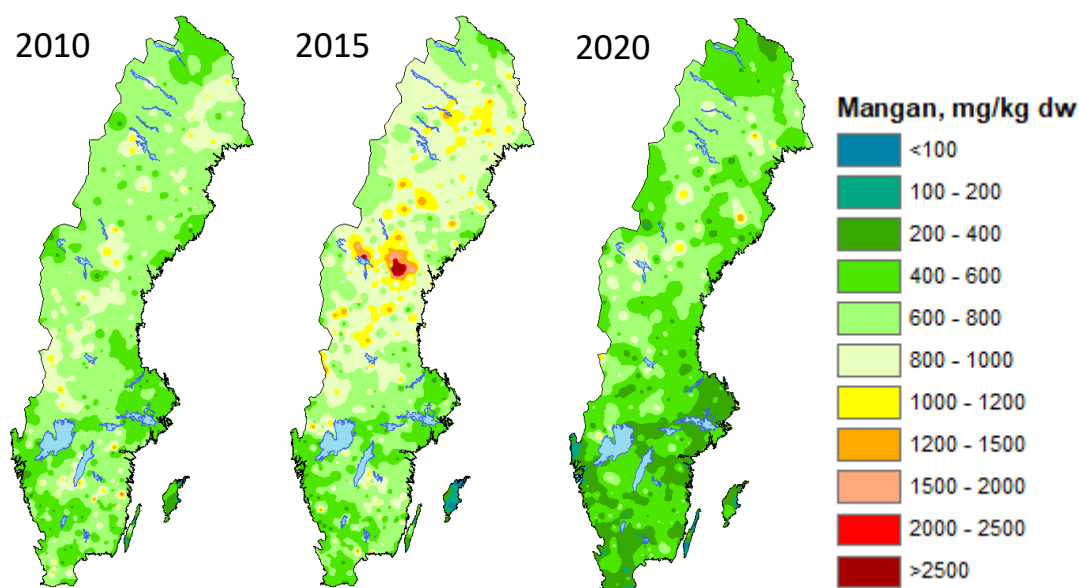
Medianhalten av mangan i mossa i fjälltrakterna kunde inte skiljas signifikant från motsvarande halter i norra Sveriges inland eller norra Sveriges kustland. Inte heller kunde medianhalten i Mellansverige skiljas signifikant från medianhalterna av mangan i mossa i sydöstra Sverige. Medianmanganhalten i mossa i sydöstra Sverige kunde inte skiljas från medianhalterna i sydvästra Sverige. Alla andra regioners medianhalter av mangan i mossa skilde sig åt. (Mann-Whitney U-test).



Figur 65. Uppmätta halter av mangan i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. Halter av mangan. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

5.15.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 66 visar manganhalten i mossa för 2010, 2015 och 2020, det vill säga de år mangan i mossprover har analyserats. I figuren syns att manganhalterna i mossa har ökat mellan de båda första mätåren för att sedan minska igen till 2020. Den troliga förklaringen till ökningen från 2010 till 2015 var att utbytet för mangan vid analysen var lågt 2010. För de båda referensmaterialen som analyserats var utbytet för mangan 2010 ungefär 73 procent medan motsvarande värde för 2015 var 98 procent. Medianhalterna av mangan i mossa för Sverige som helhet var för de tre mätomgångarna, 2010, 2015 och 2020: 446, 510 respektive 490 mg/kg torrsvikt.



Figur 66. Halter (mg/kg torrsvikt) av mangan i mossa, 2010–2020.

5.15.2.1 2020 vs. 2015

I Tabell 15 redovisas medianhalter för mangan i mossa uppdelat på region och provtagningsår (2015 och 2020). En statistisk analys har gjorts med Mann-Whitney U-test och inte i någon region eller för Sverige som helhet fanns en statistiskt signifikant förändring av manganhalterna i mossa mellan 2015 och 2020. I Figur 66 ser manganhalterna i mossan 2020 ut att vara lägre jämfört med 2015. Den statistiska analysen visar dock inte på någon statistiskt signifikant minskning eftersom spridningen var stor i alla regioner under båda dessa år.

Tabell 15. Medianhalter i mg/kg torrsvikt i mossa för mangan för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05$ = * signifikans; $p < 0,01$ = ** signifikans; $p < 0,001$ = *** signifikans.

Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Sverige som helhet	510	490	Ej signifikant	-
Fjälltrakter	590	590	Ej signifikant	-
Norra Sveriges inland	680	640	Ej signifikant	-
Norra Sveriges kustland	545	530	Ej signifikant	-
Mellansverige	495	450	Ej signifikant	-
Sydöstra Sverige	420	420	Ej signifikant	-
Sydvästra Sverige	320	310	Ej signifikant	-

5.16 Kväve (N)

Förekomst

Kväve utgör den största beståndsdel i luft och är ett viktigt näringsämne för växter. Den kvävgas som förekommer i luften i form av N_2 har dock en liten biologisk betydelse. Alla andra former av kväve än kvävgas betecknas under samlingsnamnet ”reaktivt kväve” och dessa former har en mer eller mindre stor biologisk betydelse. Kväve omsätts ständigt i ett globalt kretslopp mellan atmosfären och biosfären. Ekosystemen tillförs kväve genom den naturliga kvävefixeringen som sker i marken med hjälp av kvävebindande bakterier och som i de flesta fall ligger på i storleksordningen 1–2 kg N/ha, år. Den totala årliga tillförseln av kväve till barrskog i Sverige är dock långt högre och varierar från cirka 1 kg N/ha, år längst i norr till i storleksordningen 20–25 kg N/ha, år längst i sydväst (Fredricsson m.fl., 2021; Pihl Karlsson, m.fl., 2021). Kvävenedfallet till ekosystemen i Sverige har således till överväldigande del ett antropogent ursprung. En för stor tillgång på kväve kan leda till att kväve lagras upp i ekosystemen och kan i slutändan leda till övergödning och försurning (Tamm, 1991; Sutton m.fl., 2011).

Som nämnts i bakgrunden förekommer kväve i mossor huvudsakligen i reducerad form, vilket ibland kallas för Kjeldahl-kväve (Kjeldahl-N). Kjeldahl-N inkluderar alla former av reducerat kväve, till exempel ammonium (NH_4) och organiskt kväve.

Utsläpp och spridning

De kväveutsläpp till luft som orsakar nedfall kommer främst från olika typer av förbränning inom vägtrafik, arbetsmaskiner och energiproduktion när det gäller kväveoxid, och från jordbruk främst när det gäller ammoniak. En mycket stor del av det kväve som faller ned över Sverige kommer som långväga transporterade luftföroreningar från andra länder.

Det totala nedfallet av kväve till ekosystemen i Sverige varierar avsevärt mellan olika år. Detta beror på den storskaliga meteorologin som bestämmer hur förorenade luftmassorna rör sig, från de viktigaste utsläppskällorna till olika delar av Sverige. De viktigaste utsläppskällorna som påverkar kvävenedfallet över Sverige utgörs av utsläpp av kväveoxider från fartyg på Östersjön och Nordsjön och från Storbritannien, Tyskland och Polen, samt vad gäller reducerat kväve av utsläpp från Sverige självt, samt från Danmark, Tyskland och Polen (EMEP, 2020).

Under de fem senaste åren har det årliga totala kvävenedfallet av oorganiskt kväve till barrskog varierat från cirka 1 kilo N per hektar i norra Sverige till nästan 25 kg per hektar i de sydvästligaste delarna av landet (Fredricsson m.fl., 2021; Pihl Karlsson, m.fl., 2021).

Miljö- och hälsoeffekter

På många håll i världen, i Europa samt i Sverige är ett för stort kvävenedfall ett betydande problem (Sutton m.fl., 2011). Övergödning av marken i form av ett överskott av kväve kan leda till en förändrad markvegetation. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen, och som uppmäts som förhöjda halter av främst nitratkväve i markvattnet, kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrade dricksvattenkvalitet, och kan leda till övergödning av ytvatten samt även till försurning. I Sveriges skogar tas vanligtvis

nästan allt oorganiskt kväve upp av träd, övrig vegetation och mikroorganismer, med mycket låg utlakning från rotzonen som följd (Tamm, 1991). Dock överskrids de kritiska belastningsgränserna som finns för kväve årligen i stora delar av Sverige, främst i södra men även i mellersta delarna (Pihl Karlsson, m.fl., 2021). I sydvästligaste Sverige, framför allt i Skåne och Halland, har även kraftigt förhöjda halter av nitratkväve uppmätts i markvattnet på ett flertal mätplatser genom åren (Akselsson m.fl., 2010). Även i andra delar av landet finns exempel på förhöjda halter inom Krondroppsnetet, men då oftast efter störningar som avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018).

Flera studier, framför allt i Finland, har visat att mossor påverkas vid en ökad tillgång på kväve. I ett experiment visades att en tillförsel på 25 kg N/ha, år under fyra år medförde att arterna *Pleurozium schreberi* and *Dicranum polysetum* minskade med respektive 59 och 47 procent, medan de kvävegynnade arterna *Brachytecium* and *Plagiothecium* ökade (Mäkipää 1995, 1998). Den biologiska kvävefixeringen hos *Hylocomium splendens* påverkades av ett ökat kvävenedfall, även i nivåer mindre än 5 kg N/ha, år (Salemaa m.fl., 2019, 2020). Sammanfattningsvis är mossornas växtsamhällen känsliga för påverkan från kvävenedfall, även vid låga nivåer.

Husmossa kan ta upp en del kväve från mark men det mesta tas upp från deponerat kväve (Rousk m.fl., 2013). En studie som tittade på sambandet mellan deposition av kväve och kvävehalter i mossa fann ett starkt linjärt samband, med relativt låg spridning, då nedfallet av kväve låg mellan 0 – 20 kg N/ha, år (Pihl Karlsson, m.fl. 2017). Inget samband mellan nederbördsmängd och kvävehalt i mossa observerades. Harmens, m.fl. (2011; 2014) undersökte också detta samband och fann att sambandet var asymptotisk och att det förelåg en mättnadshalt av kväve i mossa vid en kvävedeposition på cirka 15 kg/ha, år. Husmossa fixerar kväve något bättre än väggmossa och tillsammans uppskattades mossarterna fixera 1-2 kg kväve/ha, år i norra Sverige där den uppskattade depositionen av kväve är runt 2 kg kväve/ha, år (Gundale m.fl., 2011; Lagerström m.fl., 2007).

Riktvärden och reglering

Totalt nedfall av kväve till barrskog utgör en indikator som används inom miljö kvalitetsmålet *Ingen Övergödning* som Havs- och vattenmyndigheten ansvarar för (<https://www.sverigesmiljomal.se/>).

Den kritiska belastningen för nedfall av kväve till svenska ekosystem som tillämpas i Sverige är för närvarande:

- lövskog – 10 kg N/ha, år.
- barrskog och myrmark – 5 kg N/ha, år.
- fjällvegetation – 3 kg N/ha, år.

Bakgrundshalter

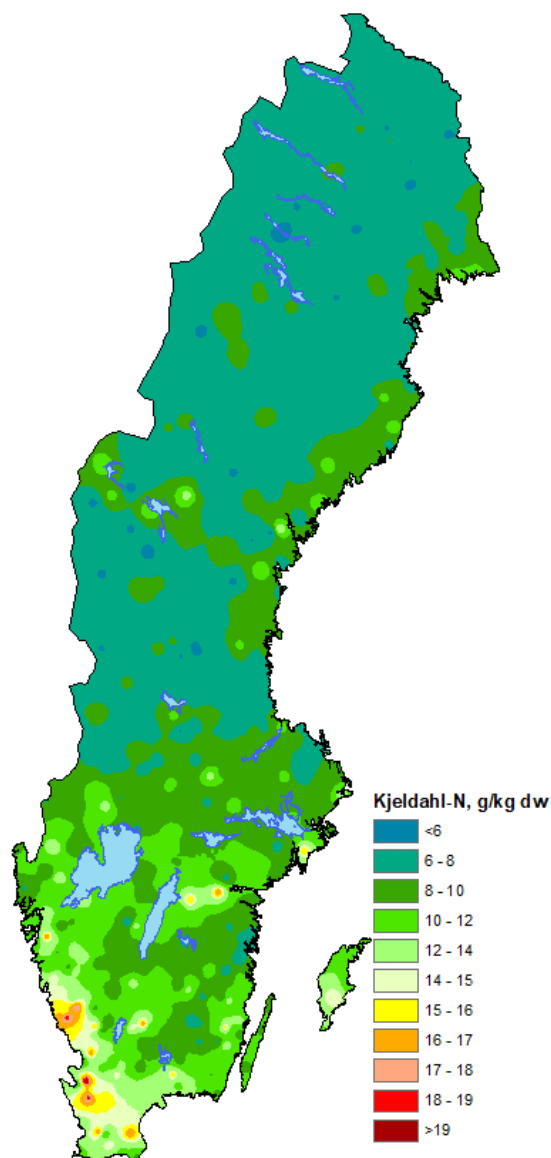
Oxiderat kväve kan till viss del transporteras mycket långt i atmosfären, runt hela norra halvklotet. Reducerat kväve i form av ammoniak, NH_3 , som förekommer i gasform, har dock en mycket hög depositionshastighet och transporteras därför inte långt. Om ammoniak omvandlas till ammonium (NH_4) går det över till formen av aerosoler som kan transporteras långt. Andelen av kvävenedfallet över Sverige som beror av utsläppskällor utanför Europa, det vill säga den hemisfäriska bakgrundnivån, är osäker men den är sannolikt relativt liten.

Som nämnts ovan, tillförs ekosystemen kväve genom den naturliga kvävefixeringen som i de flesta fall ligger på i storleksordningen 1–2 kg N/ha, år.

5.16.1 2020

Halter av kväve i mossa

I Figur 67 visas halterna av Kjeldahl-N i mossprover insamlade 2020 i hela Sverige. Liksom för flertalet metaller fanns en syd- nordliga gradienten med de generellt högsta halterna i söder och de lägsta i norra Sveriges inland och fjälltrakter. Mossprovet med den allra högsta halten (20 g/kg torrsvikt) samlades in i Skåne län. Ytterligare 29 mossprover med relativt höga halter, 15–19 g/kg torrsvikt samlades in i Skåne, Hallands, Östergötlands, Kronobergs, Västra Götalands, Jönköpings, Kalmar, Gotlands och i Stockholms län.

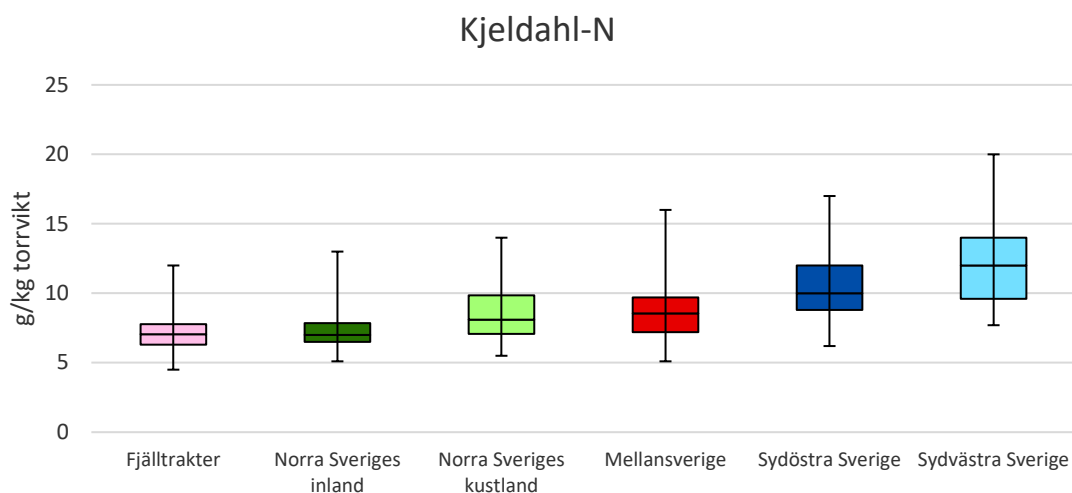


Figur 67. Kjeldahl-kvävehalter i mossprover insamlade 2020.

I Figur 68 visas halter av Kjeldahl-kväve i mossproverna från 2020 uppdelat i sex olika svenska regioner. Resultaten visar att sydvästra Sverige hade den högsta medianhalten av kväve med 12 g/kg torrsvikt följt av sydöstra Sverige med 10 g/kg torrsvikt. Den allra lägsta medianhalten av kväve fanns i norra Sveriges inland med 7 g/kg torrsvikt följt av fjälltrakterna med 7,05 g/kg torrsvikt och norra Sveriges kustland med 8,1 g/kg torrsvikt. Medianhalten av kväve i mossa i Mellansverige var 8,55 g/kg torrsvikt vilket är nästan på samma nivå som för Sverige som helhet där medianhalten för kväve i mossa var 8,45 g/kg torrsvikt.

Kruskal-Wallis test visade att det fanns signifikanta skillnader mellan medianhalterna av kväve i mossproverna för de olika regionerna ($p < 0,001$).

Medianhalten av kväve i mossa i fjälltrakterna kunde inte skiljas från motsvarande medianhalter i norra Sveriges inland. Inte heller kunde mediankvävehalten i norra Sveriges kustland skiljas från medianhalterna i Mellansverige. Alla andra regioners medianhalter av kväve skilde sig åt. Mediankvävehalt i sydvästra Sverige var högst medan medianhalterna i norra Sveriges inland och fjälltrakterna var lägst (Mann-Whitney U-test).



Figur 68. Uppmätta halter av Kjeldahl-kväve i mossprover från 2020 i sex olika svenska regioner. "Boxen" visar halten mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen, visar det lägsta och högsta värdet. Det statistiska resultatet visas sammanställt i Bilaga I.

Olika former av deposition

Deposition av olika ämnen sker med två olika processer; våtdeposition med ämnen löst i nederbörden och torrdeposition genom att ämnen i gas- och partikelform adsorberas till olika ytor. Våtdepositionen mäts vanligen i nederbörden till öppet fält, men denna typ av mätning inkluderar även en liten fraktion av torrdeposition till mätutrustningen ("bulkdeposition"). Torrdeposition mäts normalt som skillnaden mellan nedfall som krondropp (nederbörd som passerat genom trädskronorna) och våtdeposition, vilket fungerar tillfredsställande för exempelvis svavel, men inte för kväve, eftersom en del kväve tas upp direkt i trädskronorna. Därför måste kompletterande mätningar användas för att beräkna torrdepositionen av kväve (Karlsson m.fl., 2018).

Totaldepositionen är beräknad genom att våtdepositionen av kväve från öppet fältmätningar vid 47 mätplatser inom SveLoD, IM och Krondroppsnätet (mätplatserna visas i Figur 70 A) är summerade med torrdepositionen för kväve. Våtdepositionen har korrigerats för den torrdeposition som fastnat på själva mätutrustningen enligt en metod beskriven i Karlsson m.fl. 2018. Torrdepositionen av kväve är beräknad utifrån samma metod som finns beskriven för miljömålet *Ingen övergödning* på www.Sverigesmiljomal.se (2021-07-22) samt i Karlsson m.fl. 2018. Medeldepositionen för 2017 – 2019 har använts för kväveberäkning av totalkväve som jämförelse med kvävehalt i mossa.

Använda provpunkter

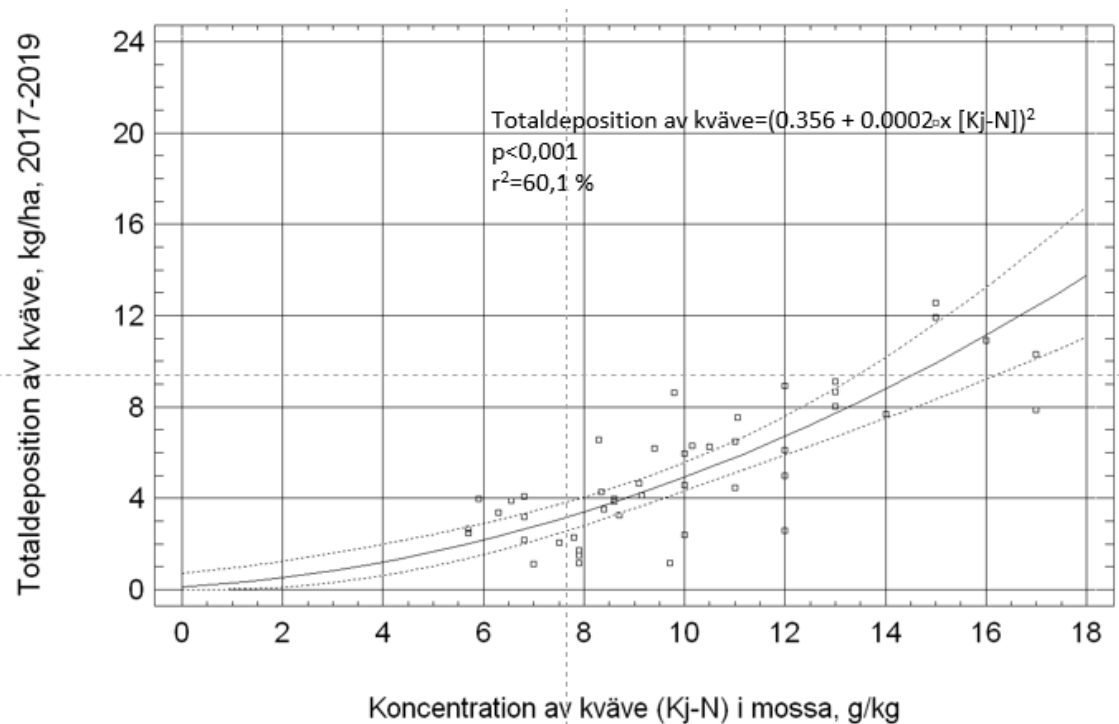
I regressionsanalysen för att se om det fanns ett samband mellan halt i mossa samt kvävenedfall har endast prover av hus- eller väggmossa använts. De mossprover som användes har valts utifrån följande kriterier;

- Om avståndet till mätplatsen var under 10 kilometer användes det enskilt närmaste provet.
- Om avståndet till mätplatsen var mellan 10–20 km har ett medelvärde för de två prover som var närmast använts.

Samband mellan deposition och halter i mossa

Kvävehalten i mossorna är analyserat som Kjeldahl-N, som inkluderar alla former av reducerat kväve. Som redan nämnts ovan innehåller mossorna i huvudsak endast reducerat kväve (reducerat kväve består av ammoniumkväve och organiskt kväve) och därför kan man jämföra halt i mossa med totaldepositionen.

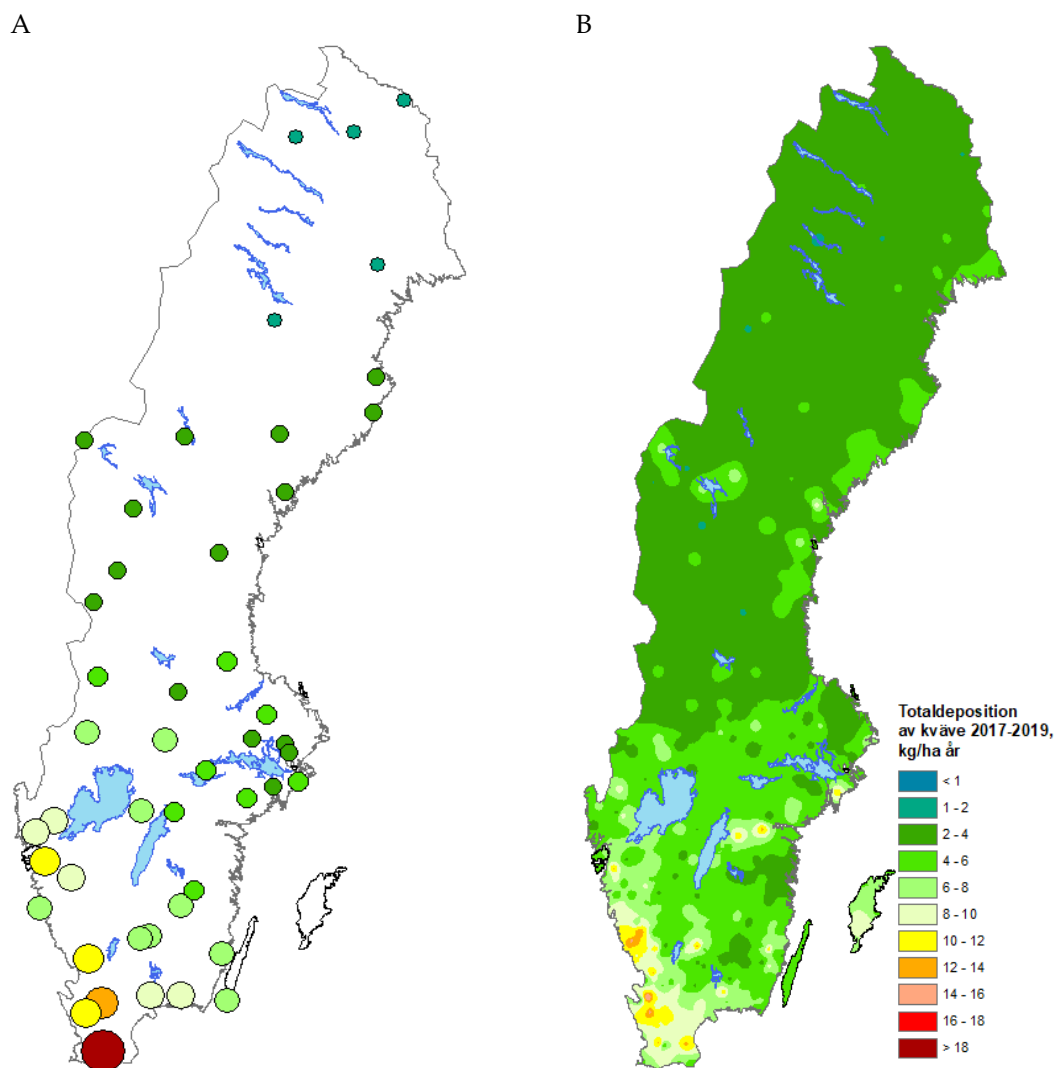
Figur 69 visar sambandet mellan totalkväve och kvävehalt i mossa som togs fram med regressionsanalys. P-värdet var mindre än 0,001 och korrelationskoefficienten (r^2) var 60,1 procent. Sambandet mellan kvävehalt i mossa och kvävedeposition var tillräckligt starkt och robust för att mossa skall fungera tillfredsställande för att kartlägga det totala kvävenedfallet över Sverige baserat på kvävehalt i mossa.



Figur 69. Kvävehalt (Kj-N) i mossa i g/kg torrsvikt och totaldepositionen av kväve i kg/ha som ett medelvärde för perioden 2017–2019. Totaldepositionen är beräknad med hjälp av en metod som finns beskriven i Karlsson m. fl. 2018. Streckade linjer visar 95 % konfidensintervall.

I Figur 70 A visas medelvärde för 2017 – 2019 för den årliga totaldepositionen av kväve som beräknats baserat på mätningar vid svenska stationer som mäter nederbörds kemi inom det nya delprogrammet SveLoD samt Krondroppsnetet. I Figur 70 B visas årlig beräknad totaldeposition av oorganiskt kväve över Sverige som ett medelvärde för perioden 2017 – 2019, utifrån sambandet mellan totalkväve och kvävehalt i mossa som visas i Figur 69.

Övergripande stämmer den totala depositionen som uppskattats utifrån nedfallsmätningar vid olika platser i Sverige (Figur 70 A) relativt väl med den deposition som kan beräknas utifrån halter av kväve i mossa (Figur 70 B). Den höga depositionen som beräknades för södra Skåne baserat på mätningarna av deposition har dock inte fullt ut sin motsvarighet i den deposition som beräknas utifrån kvävehalter i mossa. Den mätplats som den höga kvävedepositionen (Figur 70 A) i södra Skåne baserar sig på, Stenshult, ligger uppe på Romeleåsen och är kraftigt exponerad för luftföroreningar från fartygstrafiken på Östersjön. Det är möjligt att det inte fanns någon provtagningsplats för mossa som motsvarade detta kraftigt exponerade läge.



Figur 70. Årlig totaldeposition av kväve vid svenska mätstationer för kvävedeposition med nederbörden som ett medelvärde för perioden 2017–2019 (A). Geografiskt interpolerad årligt medelvärde för perioden 2017–2019 av totaldeposition av kväve i Sverige, beräknad baserat på kvävehalt i mossa (B).

6 Slutsatser

Generellt

- Resultaten visar att metoden att använda mossor för att mäta belastning för flertalet metaller över Sverige har fungerat mycket väl och speglar i hög grad både depositionsgradient och påverkan av lokala utsläppskällor för de flesta av de analyserade metallerna.

Resultat för 2020 års mossundersökning

- En generell syd-nordlig gradient kan ses för arsenik, bly, järn, kadmium, koppar, kvicksilver, vanadin, aluminium, kobolt, molybden och antimon i mossproverna från 2020.
- För krom, nickel, zink och mangan fanns inte någon lika tydlig syd-nordlig gradient. För zink fanns något förhöjda halter i Mellansverige och i Norrbottens gränstrakter mot Finland. För nickel, zink och mangan var något förhöjda halter spridda över landet.
- De lägsta medianhalterna för samtliga analyserade metaller förutom mangan fanns i mossprover från fjälltrakterna eller norra Sveriges inland.
- Lokalt förhöjda metallhalter, på grund av metallemissioner från lokala utsläppskällor, bryter dock ibland det generella mönstret. Exempel på detta är något förhöjda halter av arsenik, bly, kadmium, koppar, zink och antimon i Västerbottens läns kusttrakter, förhöjd halt av krom i Norrbottens läns kusttrakter nära gränsen mot Finland, förhöjd halt av nickel i Västmanlands län, förhöjda halter av järn, vanadin och kobolt i malmfälten i Norrbottens län samt förhöjda halter av kobolt även i Uppsala och Stockholms län.
- I Bergs kommun i Jämtlands län insamlades under 2020 ett mossprov med förhöjda halter av kadmium och zink. Någon förklaring till de förhöjda halterna i detta mossprov har ännu inte hittats.
- Liksom för flertalet metaller fanns en syd-nordliga gradient vad gäller halterna av kväve i mossa, med de generellt högsta halterna i söder och de lägsta i norra Sveriges inland och fjälltrakter.

Det fanns ett starkt statistiskt samband mellan halter av kväve i mossa och den beräknade totala depositionen av kväve till barrskog baserat på mätningar.

Den totala kvävedepositionen som uppskattats utifrån mätningar vid olika platser i Sverige stämmer relativt väl med den deposition som kan beräknas utifrån halter av kväve i mossa.

Den höga kvävedepositionen som beräknades för södra Skåne baserat på mätningar har dock inte sin motsvarighet i den deposition som beräknas utifrån kvävehalter i mossa.

Jämförelser mot 2015 års mossundersökning

- Statistisk analys visade att medianhalten i mossa för Sverige som helhet för bly och koppar var lägre för mossor insamlade 2020 jämfört med mossor insamlade 2015.
För arsenik, järn, krom, kvicksilver, nickel, vanadin, zink, aluminium och kobolt visade analysen med Mann-Whitney U-test att medianhalten i mossa för Sverige som helhet var högre i mossor insamlade under 2020 jämfört med mossor insamlade 2015.
För kadmium, molybden och mangan fanns ingen signifikant förändring för medianhalten i mossa för Sverige som helhet för mossprover insamlade under 2020 jämfört med de som samlades in 2015.
- Orsaken till att det fanns en ökning för de flesta metallhalter mellan 2015 och 2020 är okänd. En eventuell mossundersökning 2025, får visa om denna ökning fortsätter.

Resultat från trendanalys

- Under de senaste 45 åren (1975–2020) visade trendanalysen med Mann-Kendal att metallhalten i mossa för Sverige som helhet har minskat signifikant för samtliga undersökta metaller. Mest minskade metallhalterna i mossa för Sverige som helhet för bly (-112 %) följt av krom (-98 %), vanadin (-96 %), nickel (-88 %), kadmium (-77 %), arsenik (-63 %), koppar (-52 %) och zink (-44 %).

Det fanns även signifikant minskande halter av samtliga metaller i samtliga regionala områden under de senaste 45 åren.

- Under de senaste 30 åren (1990–2020) har metallhalterna i mossa för Sverige som helhet inte minskat i samma utsträckning som för den lägre perioden 1975–2020. Trendanalysen visade att bly (-96 %), vanadin (-81 %), krom (-76 %), nickel (-74 %) och kadmium (-57 %) hade en statistiskt signifikant minskande halt i mossa för Sverige som helhet för perioden 1990–2020. Det fanns inga statistiskt signifikanta förändringar av halten av järn, koppar eller zink i mossa för de senaste 30 åren.

För bly, vanadin, nickel och kadmium fanns även en statistiskt signifikant minskning i alla olika regionala områden under 1990–2020. Trendanalysen visade även att det för krom och koppar fanns signifikanta minskningar för vissa regionala områden under de senaste 30 åren.

- Under de senaste 20 åren (2000–2020) visar trendanalyserna att metallhalten i mossa för Sverige som helhet endast minskat statistiskt signifikant för bly (-76 %) och kadmium (-36 %). Dock fanns även en signifikant minskning av nickelhalten i mossa i sydvästra Sverige under de senaste 20 åren.

Jämförelse av halt i mossa med emissioner

- Arsenikhalten i mossa har minskat i samstämmighet med den europeiska emissionsminskningen fram till 2010. Efter 2010 har arsenikhalten i mossa stigit men som nämnts tidigare var rapporteringsgränsen för arsenik 2010 betydligt högre jämfört med 2015 och 2020. Emissionsminskningen av arsenik i Sverige har varit kraftigare jämfört med för hela EU27+UK.
- Blyhalt i mossa har minskat i samstämmighet med den europeiska emissionsminskningen. Emissionsminskningen av bly i Sverige har varit kraftigare jämfört med EU27+UK främst under perioden från början av 1990-talet till början av 2000-talet.
- Kadmiumhalten i mossa har minskat något mindre jämfört med den europeiska emissionsminskningen. Emissionsminskningen av kadmium i Sverige har varit kraftigare jämfört med EU27+UK.
- Kopparhalt i mossa har minskat i samstämmighet med den svenska emissionsminskningen. Emissionerna av koppar i Europa (EU27+UK) ligger på ungefär oförändrad nivå mellan 1990 och 2019.
- Kromhalten i mossa har minskat i samstämmighet med främst den europeiska men även den svenska emissionsminskningen.
- Kvicksilverhalten i mossa har inte riktigt minskat i samstämmighet med den svenska eller den europeiska (EU27+UK) emissionsminskningen av kvicksilver. Att

samstämmigheten mellan halten i mossa samt emissioner av kvicksilver inte stämmer så bra för 2000 och 2005 beror sannolikt på, som tidigare nämnts, att mossa torkats vid för hög temperatur under dessa år.

- Nickelhalten i mossa har minskat i samstämmighet med den svenska och den europeiska (EU27+UK) emissionsminskningen.
- Zinkhalten i mossa har inte minskat i samma takt som den europeiska och svenska emissionsminskningen utan med en lägre takt jämfört med emissionerna.

7 Lokala och regionala förtätningsundersökningar

I samband med den nationella mossprovtagningen 2020 genomförde ett antal länsstyrelser, luftvårdsförbund, kommuner samt enskilda företag samtidigt en utökad provtagning. Omfattningen på den utökade provtagningen varierade kraftigt, från hela län till närområde till en industri. Under hösten 2021 kommer analys och rapportering av förtätningsundersökningarna att genomföras. Några av rapporterna kommer att finnas tillgängliga på IVL:s webbplats.

8 Referenser

- Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Pihl-Karlsson, G., Karlsson, P.E., Lundin, L., 2010. Assessing the risk of N leaching from Swedish forest soils across a steep N deposition gradient in Sweden. *Environmental Pollution* 158: 3588–3595.
- AMAP (2011). AMAP Assessment 2011: Mercury in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 193 pp.
- AFS (2018). Hygieniska gränsvärden - Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden. AFS 2018:1.
(<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2018-1.pdf>)
- Arbets- och miljömedicin, 2021. Akademiska sjukhuset, Uppsala, www.ammuppsala.se, 2021-04-15
- ArcMap 10.3.1 for Desktop.
- Berg, T., Steinnes, E. (1997). Use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) as biomonitors of heavy metal deposition: from relative to absolute deposition values. *Environmental Pollution*, 98(1), 61-71.
- Berg, T., Hjellbrekke, A., Rühling, Å., Steinnes, E., Kubin, E., Larsen, M. M., & Piispanen, J. (2003). Absolute deposition maps of heavy metals for the Nordic countries based on moss surveys. *Tema Nord* 2003:505, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Berglund, Å. M., Klaminder, J., & Nyholm, N. E. I. (2008). Effects of reduced lead deposition on pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) nestlings: tracing exposure routes using stable lead isotopes. *Environmental science & technology*, 43(1), 208-213.
- Berglund, Å. M., Ingvarsson, P. K., Danielsson, H., & Nyholm, N. E. I. (2010). Lead exposure and biological effects in pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) before and after the closure of a lead mine in northern Sweden. *Environmental Pollution*, 158(5), 1368-1375.
- Boquete, M. T., Fernández, J. A., Aboal, J. R., & Carballeira, A. (2011). Are terrestrial mosses good biomonitors of atmospheric deposition of Mn? *Atmospheric environment*, 45(16), 2704-2710.
- Bradl, H. (Ed.). (2005). *Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation* (Vol. 6). Academic Press.

- Buse, A., Norris, D., Harmens, H., Büker, P., Ashenden, T., & Mills, G. (2003). Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey. UNECE ICP Vegetation Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology, Bangor, UK.
- CEIP (2021) <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>, 2021-08-04.
- Chauhan, G., de Klerk, A. (2020). Extraction of Vanadium and Nickel from Diluted Bitumen and Partially Deasphalted Oil Using Ionic Liquids. *Energy Fuels* 2020, 34, 9, 10849–10857.
- Cullen, W. R., & Reimer, K. J. (1989). Arsenic speciation in the environment. *Chemical reviews*, 89(4), 713-764.
- Danielsson, H & Pihl Karlsson, G. (2016). Metaller i mossa 2015. IVL Rapport C 204.
- Eisler, R. (1988). Lead Hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Biological Report 85. Laurel, Maryland: US Fish and Wildlife Service.
- EMEP, 2020. Transboundary air pollution by sulphur, nitrogen, ozone and particulate matter in 2018. Sweden. MSC-W Data Note 1/2020. ISSN 1890-0003.
- EPA 351.2. Method 351.2, Revision 2.0: Determination of Total Kjeldahl Nitrogen by Semi-Automated Colorimetry. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_351-2_1993.pdf
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20141120&from=EN>
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2006/118/EG av den 12 december 2006 om skydd för grundvatten mot föroreningar och försämring. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0118&from=SL>
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2008/50/EG av den 21 maj 2008 om luftkvalitet och renare luft i Europa. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=SV>
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2010/75/EU av den 24 november 2010 om industriutsläpp (samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010L0075-20110106&from=SV>
- European Environment Agency. (2020). European Union emission inventory report 1990-2018 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA Report No 05/2020, ISSN 1977-8449.

- Fredricsson, M., Danielsson, H., Hansson, K., Pihl Karlsson, G., Nerentorp, M., Potter, A., Hanssen, H.C., Areskoug, H., Tunved, P., Mellqvist, J., Lindström, B., Nanos, T., Andersson, S., Carlund, T., Leung, W. (2021). Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. 2019. IVL Rapport C 584.
- Frontasyeva, M., Harmens, H., Uzhinskiy, A., Chaligava, O. and participants of the moss survey. ICP Vegetation. (2020). Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/REPORT-Frontasyeva.pdf>
- Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-1998944-om-forbud-mm-i-vissa-fall_sfs-1998-944
- Gundale, M., Deluca, T. & Nordin, A. 2011. Bryophytes attenuate anthropogenic nitrogen inputs in boreal forests. *Global Change Biology* 17, 2743–2753.
- Gustafsson, J.P. (2019). Vanadium geochemistry in the biogeosphere –speciation, solid-solution interactions, and ecotoxicity. *Applied Geochemistry* 102; 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.12.027>
- Harmens, H., & Norris, D., the participants of the moss survey (2008) Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in mosses in Europe (1990–2005). Survey data is from the centre for Ecology & Hydrology, United Kingdom, 41.
- Harmens, H., Norris, D.A., Cooper, D.M., Mills, G., Steinnes, E., Kubin, E., Thöni, L., Aboal, J.R., Alber, R., Carballeira, A., Cos, M., De Temmerman, L., Frolova, M., González-Miqueo, L., Jeran, Z., Leblond, S., Liivm, S., Mankovská, B., Pesch, R., Poikolainen, J., Rühling, Å. & Santamaria, J.M., Simonè, P., Schröder, W., Suchara, I., Yurukova, L. & Zechmeister, H.G. (2011). Nitrogen concentrations in mosses indicate the spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition in Europe. *Environmental Pollution* 159, 2852-2860.
- Harmens, H., Schnyder, E., Thöni, L., Cooper, D.M., Mills, G., Leblond, S., Mohr, K., Poikolainen, J. & Santamaria, J.M., Skudnik, M., Zechmeister, H.G., Lindroos, A.-J. & Hanus-Illnar, A. (2014). Relationship between site-specific nitrogen concentrations in mosses and measured wet bulk atmospheric nitrogen deposition across Europe. *Environmental Pollution* 194, 50-59.
- Hellsten, S., Stadmark, J., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Akselsson, C., 2015. Increased concentrations of nitrate in forest soil water after windthrow in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*. 356, 234-242.
- Hulskotte, J. H. J., van der Gon, H. D., Visschedijk, A. J. H., & Schaap, M. (2007). Brake wear from vehicles as an important source of diffuse copper pollution. *Water science and technology*, 56(1), 223-231.

- ICP Vegetation. (2020).
<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/ICP%20Vegetation%20moss%20monitoring%20manual%202020.pdf>
- International Chromium Development Association, (2007). Health Safety and Environment Guidelines for Chromium. Revision 4 - January 2007.
- Johansson, C., Norman, M., & Burman, L. (2009). Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmospheric Environment*, 43(31), 4681-4688.
- Järup, L., Berglund, M., Elinder, C. G., Nordberg, G., & Vanter, M. (1998). Health effects of cadmium exposure—a review of the literature and a risk estimate. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 1-51.
- Jönsson, B. (2018). Kvicksilveranläggningen stängd.
(https://www.processnet.se/article/view/602142/kvicksilveranlaggningen_stangd)
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S. & Akselsson, C. (2018). Utveckling av en indikator för totalt nedfall av kväve till barrskog inom miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning. IVL Rapport C286.
- Kemakta Konsult AB (2016). Datablad för kadmium. Naturvårdsverket. Kemakta Konsult AB – Institutionen för Miljömedicin (<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/kadmium.pdf>)
- Kemikalieinspektionen. (2013). Kunnig och behörig användning av biocider – systemet och dess utvecklingsbehov. www.kemikalieinspektionen.se. ISSN: 0284 -1185.
- Kemikalieinspektionen. (2021).
- Kindbom, K., Svensson, A., Sjöberg, K., Pihl Karlsson, G. (2001). Trends in monitoring air concentration and deposition at background monitoring sites i Sweden – major inorganic compounds, heavy metals and ozone. IVL Rapport B 1429.
- Kommissionens direktiv 2004/96/EG (Nickeldirektivet). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0096&from=HR>
- Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=ES>
- Kommissionens förordning (EU) 2015/1006 av den 25 juni 2015 om ändring av förordning (EG) nr 1881/2006 vad gäller gränsvärden för oorganisk arsenik i livsmedel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1006&from=LT>

- Lagerström, A., Nilsson, M.-C., Zackrisson, O. & Wardle, D.A. 2007. Ecosystem input of nitrogen through biological fixation in feather mosses during ecosystem retrogression. *Functional Ecology* 21, 1027–1033
- Lew, K (2009). *Understanding the elements of the periodic table – Mercury*. The Rosen publishing group, Inc)
- Lindberg, A-L. (2007). Factors influencing the metabolism of inorganic arsenic in human. Karolinska Institutet. Institute of environmental medicine. Tillgänglig på internet: http://publications.ki.se/jspui/bitstream/10616/3914_1/1/thesis.pdf (2012-03-28).
- Livsmedelsverket (2021), www.livsmedelsverket.se (2021-04-15).
- Luftkvalitetsförordning (2010:477). SFS 2010:477. Miljödepartementet. Sveriges Riksdag. (https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/luftkvalitetsforordning-2010477_sfs-2010-477)
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Mattisson, K., Tekavec, E., Lundh, T., Olsson, A., Stroh, E. (2018) Miljömedicinsk hälsoövervakning av barn i områden med förorenad mark från glasbruk- Lessebo kommun. Rapport nr 19/2018. Avdelningen för Arbets- och miljömedicin Syd – Lunds Universitet. Nationell miljöövervakning på uppdrag av Naturvårdsverket.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2021. <https://rib.msb.se/>
- Mäkipää, R. (1995). Effect of nitrogen input on carbon accumulation of boreal forest soils and ground vegetation. *Forest Ecology and Management*, pp. 217–226.
- Mäkipää, R. (1998). Sensitivity of understorey vegetation to nitrogen and sulphur deposition in a spruce stand. *Ecological Engineering*, pp. 87–95.
- Naturvårdsverkets luftdatabas, www.smhi.se
- Naturvårdsverket (2020). (<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/>)
- Nationalencyklopedin. (2021). (<https://www.ne.se>)
- Nriagu, J. O. (1989). A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338(6210), 47-49.
- Nyholm, N.E.I. (1981). Evidence of involvement of aluminum in causation of defective formation of eggshells and of impaired breeding in wild passerine birds. *Environmental Research*. Volume 26, Issue 2, December 1981, Pages 363-371.
- Pakkanen, T.A., Loukkola, K., Korhonen C.H., Aurela, M., Mäkelä, T., Hillamo, R.E., Aarnio, P., Koskentalo, T., Kousa, A., Maenhut, W. (2001). Sources and chemical

- composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area. *Atmospheric Environment* 35, 5381-5391.
- Peralta-Videa, J. R., Lopez, M. L., Narayan, M., Saupe, G., & Gardea-Torresdey, J. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: implications for the food chain. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 41(8), 1665-1677.
- Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P-E., Wängberg, I. (2017). Samband mellan halter i mossa och deposition av metaller, kväve och svavel. På uppdrag av Naturvårdsverket. IVL Rapport Nr C 231. ISBN 978-91-88319-47-0.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P-E. (2021). Försurning och övergödning i det svenska skogslandskapet. IVL Rapport Nr C 607.
- Ross, H. B. (1990). On the use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) for estimating atmospheric trace metal deposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, 50(1-2), 63-76.
- Rousk, K., Rousk, J., Jones, D.L., Zackrisson, O. & DeLuca, T.H. (2013). Feather moss nitrogen acquisition across natural fertility gradients in boreal forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 61, 86–95.
- Rühling, Å., Skärby, L. (1979). Landsomfattande kartering av regionala tungmetallkoncentrationer i mossa. National survey of regional heavy metal concentrations in moss. *Statens Naturvårdsverk PM 1191: 1-28*.
- Rühling, A., & Tyler, G. (1968). An ecological approach to lead problem. *Botaniska Notiser*, 121(3), 21.
- Rühling, Å. (Ed.). (1994). *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe:—estimation based on moss analysis*. *NORD 1994:9*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Rühling, Å., & Steinnes, E. (Eds.). (1998). *Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996*. *NORD 1998:15*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen
- Rådets direktiv 86/278/EE av den 12 juni 1986 om skyddet för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. (Slamdirektivet). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:31986L0278&from=SV>
- Rådets direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten. (Dricksvallendirektivet). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=BG>

- Salemaa, M., Kieloaho, A.-J., Lindroos, A.-J., Merilä, P., Poikolainen, J., & Manninen, S. (2020). Forest mosses sensitively indicate nitrogen deposition in boreal background areas. *Environmental Pollution*, 261, 114054.
- Salemaa, M., Lindroos, A.-J., Merilä, P., Mäkipää, R., & Smolander, A. (2019). N₂ fixation associated with the bryophyte layer is suppressed by low levels of nitrogen deposition in boreal forests. *Science of The Total Environment*, 653, 995–1004.
- Selinus, O. (2010). *Medicinsk geologi*. (1. uppl.) Lund: Studentlitteratur.
- SFS 1998:944. Svensk författningssamling. Förordning om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter. <http://rkrattsdokument.se/SFSdoc/98/980944.PDF>
- SS-EN 14902:2005. Utomhusluft - Standardmetod för mätning av Pb, Cd, As och Ni i PM₁₀-fraktionen av svävande partiklar. <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/luftkvalitet/omgivningsluft/ssen149022005/>
- SS-EN ISO 17294-2:2016. Vattenundersökningar - Bestämning med induktivt kopplad plasma och masspektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestämning av ett antal utvalda grundelement och isotoper av uran (ISO 17294-2:2016) <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/vattenkvalitet/undersokning-av-vatten-efter-kemiska-substanser/sseniso1729422016/>
- SGU (2020). Vanadin. Sveriges Geologiska Undersökning. (<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/vanadin/>)
- SLU (2019). Vanadin – metallen med flera ansikten. Sveriges Lantbruksuniversitet. (<https://www.slu.se/forskning/kunskapsbank/mark-miljo/vanadin--metallen-med-flera-ansikten/>)
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G. (2017). Molybdenum in natural waters: A review of occurrence, distributions and controls. *Applied Geochemistry*, 84: 387-432.
- Steinnes, E. (1995). A critical evaluation of the use of naturally growing moss to monitor the deposition of atmospheric metals. *Science of the Total Environment*, 160, 243-249.
- Steinnes, E., Rühling, Å., Lippo, H., & Mäkinen, A. (1997). Reference materials for large-scale metal deposition surveys. *Accreditation and Quality Assurance*, 2(5), 243-249.
- Sternbeck, J., & Carlsson, A. (2004). Långsiktig plan för programområdet utsläpp av Farliga ämnen. SMED rapport.
- Sternbeck, J., Palm, A., Kaj, L. (2002). Antimon i Sverige - användning, spridning och miljöpåverkan. IVL Rapport B1473.

- Stjernström, A. (2008). Miljöriskbedömning av molybden. Utsläpp av molybden från Sandvik AB- effekter på Storsjön. Projektrapport från utbildningen i EKOTOXIKOLOGI Ekotoxikologiska avdelningen, Nr 119. Uppsala Universitet.
- Suchara, I., Maňkovská, B., Sucharová, J., Florek, M., Godzik, B., Rabnecz, G., Tuba, Z. & Kapusta, P. (2007). Mapping of main sources of pollutants and their transport in the Visegrad space. Part II: Fifty-three elements. *Silva Tarouca Res. Inst. for Landscape and Ornam. Gardening, Průhonice*, 214.
- Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H. & Grizzetti, B. (Editors.) 2011. *The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge University Press. Online ISBN:9 780 511 976 988. DOI:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511976988>
- Sveriges miljömål. <https://www.sverigesmiljomal.se/>
- SWECO VIAK (2007) Nationwide screening of WFD priority substances. SWECO VIAK Screening Report 2007:1.
- Tamm, C.O., 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Tyler, G. (1971). Moss analysis-a method for surveying heavy metal deposition. In *International Clean Air Congress. Proceedings*.
- UNEP (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Releases and Environmental Transport*.
- Vahter, M. (2013). Arsenik. (Elektronisk). Stockholm: Karolinska institutet. Tillgänglig på internet: <http://ki.se/ki/jsp/polopoly.jsp?a=5728&d=39033&l=sv> (2013-11-15).
- Wikipedia (2021). www.wikipedia.org. 2021-04-15.
- World Health Organization (WHO). (2007). *Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution*. WHO: Copenhagen, Denmark. ISBN: 978-92-890-7179-6.
- Zayed, A. M., & Terry, N. (2003). Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. *Plant and soil*, 249(1), 139-156.

Bilaga I. Data- och statistikredovisning

Tabell I 1. Median- min- och maxvärden (mg/kg torrsvikt) 2020 för arsenik, bly, järn och kadmium presenterade per region.

Region	Arsenik (As)			Bly (Pb)			Järn (Fe)			Kadmium (Cd)		
	median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max
Fjälltrakter	0,042	0,020	0,11	0,50	0,25	1,7	76	53	260	0,062	0,021	0,12
Norra Sveriges inland	0,055	0,023	0,23	0,66	0,24	2,2	120	47	5400	0,071	0,030	0,56
Norra Sveriges kustland	0,10	0,042	0,67	1,7	0,51	15	170	83	1100	0,13	0,056	0,47
Mellansverige	0,091	0,049	0,33	1,1	0,58	3,3	180	91	950	0,12	0,045	0,29
Sydöstra Sverige	0,11	0,048	0,30	1,1	0,51	2,1	200	77	880	0,12	0,050	0,30
Sydvästra Sverige	0,12	0,066	0,28	1,3	0,49	3,2	220	120	700	0,12	0,064	0,32

Tabell I 2. Median- min- och maxvärden (mg/kg torrsvikt) 2020 för koppar, krom, kvicksilver och nickel presenterade per region.

Region	Koppar (Cu)			Krom (Cr)			Kvicksilver (Hg)			Nickel (Ni)		
	median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max
Fjälltrakter	2,8	1,9	4,0	0,15	0,05	0,29	0,032	0,015	0,080	0,46	0,23	2,3
Norra Sveriges inland	3,1	1,7	5,7	0,22	0,05	1,2	0,030	0,015	0,11	0,43	0,18	2,3
Norra Sveriges kustland	4,0	2,1	20	0,45	0,21	45	0,040	0,023	0,076	0,71	0,31	4,4
Mellansverige	3,6	2,3	11	0,49	0,19	5,1	0,040	0,022	0,18	0,50	0,24	6,0
Sydöstra Sverige	3,7	2,1	7,0	0,34	0,12	1,2	0,041	0,023	0,084	0,45	0,20	0,89
Sydvästra Sverige	4,8	2,6	8,8	0,55	0,20	7,8	0,046	0,024	0,082	0,52	0,28	1,5

Tabell I 3. Median- min- och maxvärden (mg/kg torrsvikt) 2020 för vanadin, zink, aluminium och kobolt presenterade per region.

Region	Vanadin (V)			Zink (Zn)			Aluminium (Al)			Kobolt (Co)		
	median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max
Fjälltrakter	0,24	0,16	0,44	36	18	70	110	58	260	0,078	0,043	0,23
Norra Sveriges inland	0,38	0,13	9,1	31	17	94	130	54	530	0,079	0,032	0,99
Norra Sveriges kustland	0,62	0,26	3,8	40	22	94	185	95	520	0,15	0,064	0,67
Mellansverige	0,58	0,28	3,3	37	17	65	190	110	740	0,11	0,042	4,1
Sydöstra Sverige	0,58	0,23	1,8	34	11	65	195	66	700	0,12	0,045	0,36
Sydvästra Sverige	0,75	0,47	1,9	39	22	59	200	100	490	0,12	0,064	0,39

Tabell I 4. Median-, min- och maxvärden (mg/kg torrsvikt) 2020 för molybden, antimon och mangan presenterade per region.

Region	Molybden (Mo)			Antimon (Sb)			Mangan (Mn)		
	median	min	max	median	min	max	median	min	max
Fjälltrakter	0,044	0,012	0,14	0,012	0,012	0,045	590	120	1100
Norra Sveriges inland	0,069	0,031	0,29	0,026	0,012	0,082	640	190	1300
Norra Sveriges kustland	0,11	0,064	1,3	0,056	0,012	0,45	530	110	1500
Mellansverige	0,17	0,084	4,7	0,065	0,033	0,20	450	140	1100
Sydöstra Sverige	0,092	0,061	0,27	0,075	0,034	0,17	420	18	890
Sydvästra Sverige	0,11	0,065	0,22	0,097	0,044	0,25	310	81	1100

Tabell I 5. Median-, min och maxvärden (g/kg torrsvikt) 2020 för Kjeldahl-kväve presenterat per region.

Region	Kjeldahl-kväve (Kj-N)		
	median	min	max
Fjälltrakter	7,0	4,5	12
Norra Sveriges inland	7,0	5,1	13
Norra Sveriges kustland	8,1	5,5	14
Mellansverige	8,6	5,1	16
Sydöstra Sverige	10	6,2	17
Sydvästra Sverige	12	7,7	20

Tabell I 6. Sammanfattande resultat av Kruskal-Wallis test.

Parameter	Fjäll-trakter	Norra Sveriges inland	Norra Sveriges kustland	Mellansverige	Sydöstra Sverige	Sydvästra Sverige	Kruskal-Wallis test
Arsenik (As)	0,043	0,055	0,10	0,091	0,11	0,12	p<0,001
Bly (Pb)	0,51	0,66	1,7	1,1	1,1	1,3	p<0,001
Järn (Fe)	76,5	120	170	180	200	220	p<0,001
Kadmium (Cd)	0,062	0,071	0,13	0,12	0,12	0,12	p<0,001
Koppar (Cu)	2,8	3,1	4	3,6	3,7	4,8	p<0,001
Krom (Cr)	0,15	0,22	0,45	0,49	0,34	0,55	p<0,001
Kvicksilver (Hg)	0,032	0,03	0,040	0,04	0,041	0,046	p<0,001
Nickel (Ni)	0,465	0,43	0,71	0,5	0,45	0,52	p<0,001
Vanadin (V)	0,24	0,38	0,62	0,58	0,58	0,75	p<0,001
Zink (Zn)	36	31	40	37	34	39	p<0,001
Aluminium (Al)	110	130	185	190	195	200	p<0,001
Kobolt (Co)	0,078	0,079	0,15	0,11	0,12	0,12	p<0,001
Molybden (Mo)	0,044	0,069	0,11	0,17	0,092	0,11	p<0,001
Antimon (Sb)	0,012	0,026	0,056	0,065	0,075	0,097	p<0,001
Mangan (Mn)	590	640	530	450	420	310	p<0,001
Kjeldahl-kväve (Kj-N)	7,0	7,0	8,1	8,6	10	12	p<0,001

Tabell I 7. Resultat av Mann-Whitney U-test syftande till att se hur medianhalterna skiljer sig åt mellan regionerna.

Parameter	Region	Fjälltrakter	Norra Sveriges inland	Norra Sveriges kustland	Mellansverige	Sydöstra Sverige	Sydvästra Sverige
Arsenik (As)	Fjälltrakter						
Arsenik (As)	Norra Sveriges inland	***					
Arsenik (As)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Arsenik (As)	Mellansverige	***	***	ns			
Arsenik (As)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	**		
Arsenik (As)	Sydvästra Sverige	***	***	ns	***	*	
Bly (Pb)	Fjälltrakter						
Bly (Pb)	Norra Sveriges inland	**					
Bly (Pb)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Bly (Pb)	Mellansverige	***	***	***			
Bly (Pb)	Sydöstra Sverige	***	***	***	ns		
Bly (Pb)	Sydvästra Sverige	***	***	**	***	***	
Järn (Fe)	Fjälltrakter						
Järn (Fe)	Norra Sveriges inland	***					
Järn (Fe)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Järn (Fe)	Mellansverige	***	***	ns			
Järn (Fe)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Järn (Fe)	Sydvästra Sverige	***	***	***	***	*	
Kadmium (Cd)	Fjälltrakter						
Kadmium (Cd)	Norra Sveriges inland	ns					
Kadmium (Cd)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Kadmium (Cd)	Mellansverige	***	***	*			
Kadmium (Cd)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Kadmium (Cd)	Sydvästra Sverige	***	***	ns	*	ns	
Koppar (Cu)	Fjälltrakter						
Koppar (Cu)	Norra Sveriges inland	***					
Koppar (Cu)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Koppar (Cu)	Mellansverige	***	***	*			
Koppar (Cu)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Koppar (Cu)	Sydvästra Sverige	***	***	**	***	***	
Krom(Cr)	Fjälltrakter						
Krom(Cr)	Norra Sveriges inland	***					
Krom(Cr)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Krom(Cr)	Mellansverige	***	***	ns			
Krom(Cr)	Sydöstra Sverige	***	***	*	***		
Krom(Cr)	Sydvästra Sverige	***	***	ns	ns	***	

Forts. Tabell I 7	Region	Fjälltrakter	Norra Sveriges inland	Norra Sveriges kustland	Mellansverige	Sydöstra Sverige	Sydvästra Sverige
Kvicksilver (Hg)	Fjälltrakter						
Kvicksilver (Hg)	Norra Sveriges inland	ns					
Kvicksilver (Hg)	Norra Sveriges kustland	**	***				
Kvicksilver (Hg)	Mellansverige	***	***	ns			
Kvicksilver (Hg)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Kvicksilver (Hg)	Sydvästra Sverige	***	***	**	***	**	
Nickel (Ni)	Fjälltrakter						
Nickel (Ni)	Norra Sveriges inland	ns					
Nickel (Ni)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Nickel (Ni)	Mellansverige	ns	**	***			
Nickel (Ni)	Sydöstra Sverige	ns	ns	***	**		
Nickel (Ni)	Sydvästra Sverige	ns	***	***	ns	***	
Vanadin (V)	Fjälltrakter						
Vanadin (V)	Norra Sveriges inland	***					
Vanadin (V)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Vanadin (V)	Mellansverige	***	***	ns			
Vanadin (V)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Vanadin (V)	Sydvästra Sverige	***	***	**	***	***	
Zink (Zn)	Fjälltrakter						
Zink (Zn)	Norra Sveriges inland	**					
Zink (Zn)	Norra Sveriges kustland	ns	***				
Zink (Zn)	Mellansverige	ns	***	*			
Zink (Zn)	Sydöstra Sverige	ns	**	***	ns		
Zink (Zn)	Sydvästra Sverige	ns	***	ns	ns	**	
Aluminium (Al)	Fjälltrakter						
Aluminium (Al)	Norra Sveriges inland	*					
Aluminium (Al)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Aluminium (Al)	Mellansverige	***	***	ns			
Aluminium (Al)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Aluminium (Al)	Sydvästra Sverige	***	***	*	ns	ns	
Kobolt (Co)	Fjälltrakter						
Kobolt (Co)	Norra Sveriges inland	ns					
Kobolt (Co)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Kobolt (Co)	Mellansverige	***	***	*			
Kobolt (Co)	Sydöstra Sverige	***	***	ns	ns		
Kobolt (Co)	Sydvästra Sverige	***	***	ns	ns	ns	

Forts Tabell I 7	Region	Fjälltrakter	Norra Sveriges inland	Norra Sveriges kustland	Mellansverige	Sydöstra Sverige	Sydvästra Sverige
Molybden (Mo)	Fjälltrakter						
Molybden (Mo)	Norra Sveriges inland	***					
Molybden (Mo)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Molybden (Mo)	Mellansverige	***	***	***			
Molybden (Mo)	Sydöstra Sverige	***	***	***	***		
Molybden (Mo)	Sydvästra Sverige	***	***	ns	***	***	
Antimon (Sb)	Fjälltrakter						
Antimon (Sb)	Norra Sveriges inland	*					
Antimon (Sb)	Norra Sveriges kustland	***	***				
Antimon (Sb)	Mellansverige	***	***	*			
Antimon (Sb)	Sydöstra Sverige	***	***	***	*		
Antimon (Sb)	Sydvästra Sverige	***	***	***	***	***	
Mangan(Mn)	Fjälltrakter						
Mangan(Mn)	Norra Sveriges inland	ns					
Mangan(Mn)	Norra Sveriges kustland	ns	*				
Mangan(Mn)	Mellansverige	***	***	**			
Mangan(Mn)	Sydöstra Sverige	***	***	***	ns		
Mangan(Mn)	Sydvästra Sverige	***	***	***	***	ns	
Kväve (Kj-N)	Fjälltrakter						
Kväve (Kj-N)	Norra Sveriges inland	ns					
Kväve (Kj-N)	Norra Sveriges kustland	**	***				
Kväve (Kj-N)	Mellansverige	***	***	ns			
Kväve (Kj-N)	Sydöstra Sverige	***	***	***	***		
Kväve (Kj-N)	Sydvästra Sverige	***	***	***	***	***	

Tabell I 8. Trendanalys för årliga medianvärden för perioden 1975–2020 (från 1985 för järn och kvicksilver) med Mann-Kendall för samtliga metaller samt regioner. Startår, slutår, antal år (n), p-värde, signifikans, max-värde, min-värde, medianvärde samt total procentuell förändring över hela perioden (baserat på medelnormaliserad trendlinje).

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*, **, ***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Arsenik	1975	2020	8	0,0126	*	0,20	0,07	0,14	-63
Fjälltrakter	Arsenik	1975	2020	8	0,0248	*	0,14	0,03	0,07	-62
Norra Sveriges inland	Arsenik	1975	2020	8	0,0044	**	0,14	0,04	0,09	-67
Norra Sveriges kustland	Arsenik	1975	2020	8	0,0354	*	0,28	0,07	0,13	-74
Mellansverige	Arsenik	1975	2020	8	0,0461	*	0,22	0,07	0,14	-69
Sydöstra Sverige	Arsenik	1975	2020	8	0,0248	*	0,29	0,08	0,17	-74
Sydvästra Sverige	Arsenik	1975	2020	8	0,0187	*	0,29	0,10	0,17	-66
Sverige som helhet	Bly	1975	2020	10	0,0001	***	32,40	1,00	4,95	-112
Fjälltrakter	Bly	1975	2020	10	0,0003	***	13,30	0,47	2,00	-112
Norra Sveriges inland	Bly	1975	2020	10	0,0001	***	17,60	0,66	2,60	-114
Norra Sveriges kustland	Bly	1975	2020	10	0,0002	***	28,50	1,35	5,17	-111
Mellansverige	Bly	1975	2020	10	0,0001	***	39,40	1,10	5,56	-117
Sydöstra Sverige	Bly	1975	2020	10	0,0001	***	42,80	1,10	5,59	-113
Sydvästra Sverige	Bly	1975	2020	10	0,0001	***	59,30	1,30	7,13	-113
Sverige som helhet	Järn	1985	2020	8	0,0635		362	101	160	-68
Fjälltrakter	Järn	1985	2020	8	0,1078		160	49	77	-68
Norra Sveriges inland	Järn	1985	2020	8	0,2655		217	67	106	-62
Norra Sveriges kustland	Järn	1985	2020	8	0,1078		354	94	147	-67
Mellansverige	Järn	1985	2020	8	0,1078		409	106	169	-71
Sydöstra Sverige	Järn	1985	2020	8	0,0635		516	119	185	-65
Sydvästra Sverige	Järn	1985	2020	8	0,0187	*	553	160	222	-60
Sverige som helhet	Kadmium	1975	2020	10	0,0001	***	0,56	0,11	0,18	-77
Fjälltrakter	Kadmium	1975	2020	10	0,0001	***	0,34	0,06	0,08	-74
Norra Sveriges inland	Kadmium	1975	2020	10	0,0001	***	0,40	0,07	0,11	-76
Norra Sveriges kustland	Kadmium	1975	2020	10	0,0002	***	0,55	0,12	0,18	-75
Mellansverige	Kadmium	1975	2020	10	0,0002	***	0,60	0,12	0,20	-80
Sydöstra Sverige	Kadmium	1975	2020	10	0,0001	***	0,74	0,12	0,22	-75
Sydvästra Sverige	Kadmium	1975	2020	10	0,0001	***	0,82	0,12	0,24	-85
Sverige som helhet	Koppar	1975	2020	10	0,0024	**	6,80	3,54	4,05	-52
Fjälltrakter	Koppar	1975	2020	10	0,0389	*	4,65	2,35	2,80	-48
Norra Sveriges inland	Koppar	1975	2020	10	0,0073	**	5,20	2,58	3,28	-46
Norra Sveriges kustland	Koppar	1975	2020	10	0,0123	*	7,90	3,69	4,25	-58
Mellansverige	Koppar	1975	2020	10	0,0042	**	7,25	3,42	4,16	-58
Sydöstra Sverige	Koppar	1975	2020	10	0,0002	***	7,70	3,70	4,42	-58
Sydvästra Sverige	Koppar	1975	2020	10	0,003	**	8,30	4,80	5,30	-47
Sverige som helhet	Krom	1975	2020	10	0,0013	**	1,50	0,23	0,56	-98
Fjälltrakter	Krom	1975	2020	10	0,0248	*	0,65	0,09	0,30	-88
Norra Sveriges inland	Krom	1975	2020	10	0,0153	*	0,85	0,14	0,37	-88
Norra Sveriges kustland	Krom	1975	2020	10	0,0092	**	1,54	0,23	0,53	-87
Mellansverige	Krom	1975	2020	10	0,0042	**	2,40	0,25	0,82	-101
Sydöstra Sverige	Krom	1975	2020	10	0,0013	**	1,90	0,26	0,56	-100
Sydvästra Sverige	Krom	1975	2020	10	0,0024	**	2,50	0,35	0,69	-99

Forts. Tabell I 8

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*, **, ***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Kvicksilver	1985	2020	7	0,3675		0,07	0,01	0,04	-58
Fjälltrakter	Kvicksilver	1985	2020	7	0,7639		0,08	0,01	0,03	-48
Norra Sveriges inland	Kvicksilver	1985	2020	7	0,548		0,07	0,01	0,03	-50
Norra Sveriges kustland	Kvicksilver	1985	2020	7	0,7639		0,07	0,01	0,04	-40
Mellansverige	Kvicksilver	1985	2020	7	0,3675		0,07	0,01	0,04	-54
Sydöstra Sverige	Kvicksilver	1985	2020	7	0,3564		0,07	0,01	0,04	-52
Sydvästra Sverige	Kvicksilver	1985	2020	7	0,548		0,13	0,02	0,05	-74
Sverige som helhet	Nickel	1975	2020	10	0,0003	***	2,80	0,45	1,09	-88
Fjälltrakter	Nickel	1975	2020	10	0,0003	***	1,80	0,34	0,77	-89
Norra Sveriges inland	Nickel	1975	2020	10	0,0003	***	2,00	0,38	0,87	-86
Norra Sveriges kustland	Nickel	1975	2020	10	0,0003	***	2,70	0,53	1,31	-83
Mellansverige	Nickel	1975	2020	10	0,0003	***	3,70	0,46	1,21	-94
Sydöstra Sverige	Nickel	1975	2020	10	0,0007	***	3,20	0,43	1,05	-91
Sydvästra Sverige	Nickel	1975	2020	10	0,0005	***	3,40	0,52	1,26	-91
Sverige som helhet	Vanadin	1975	2020	10	0,0007	***	3,30	0,44	1,66	-96
Fjälltrakter	Vanadin	1975	2020	10	0,0013	**	1,30	0,21	0,62	-94
Norra Sveriges inland	Vanadin	1975	2020	10	0,0073	**	2,15	0,28	0,96	-86
Norra Sveriges kustland	Vanadin	1975	2020	10	0,0013	**	3,75	0,41	1,62	-98
Mellansverige	Vanadin	1975	2020	10	0,0002	***	4,20	0,50	1,70	-101
Sydöstra Sverige	Vanadin	1975	2020	10	0,0003	***	4,60	0,48	1,76	-102
Sydvästra Sverige	Vanadin	1975	2020	10	0,0003	***	7,00	0,71	2,25	-94
Sverige som helhet	Zink	1975	2020	10	0,0073	**	62	31	39	-44
Fjälltrakter	Zink	1975	2020	10	0,0073	**	47	27	34	-44
Norra Sveriges inland	Zink	1975	2020	10	0,0123	*	44	24	31	-44
Norra Sveriges kustland	Zink	1975	2020	10	0,02	*	60	29	40	-41
Mellansverige	Zink	1975	2020	10	0,0073	**	67	32	43	-45
Sydöstra Sverige	Zink	1975	2020	10	0,0017	**	68	33	41	-45
Sydvästra Sverige	Zink	1975	2020	10	0,0123	*	75	37	45	-41

Tabell I 9. Trendanalys för årliga medianvärden för perioden 1990–2020 (från 1995 för arsenik) med Mann-Kendall för samtliga metaller samt regioner. Startår, slutår, antal år (n), p-värde, signifikans, max-värde, min-värde, medianvärde samt total procentuell förändring över hela perioden (baserat på medelnormaliserad trendlinje).

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*,**,***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Arsenik	1995	2020	5	0,4624		0,15	0,07	0,09	-42
Fjälltrakter	Arsenik	1995	2020	5	0,4624		0,07	0,03	0,04	-47
Norra Sveriges inland	Arsenik	1995	2020	5	0,0864		0,09	0,04	0,06	-50
Norra Sveriges kustland	Arsenik	1995	2020	5	0,4624		0,13	0,07	0,10	-31
Mellansverige	Arsenik	1995	2020	5	0,4624		0,16	0,07	0,09	-40
Sydöstra Sverige	Arsenik	1995	2020	5	0,4624		0,18	0,08	0,11	-47
Sydvästra Sverige	Arsenik	1995	2020	5	0,2207		0,20	0,10	0,13	-36
Sverige som helhet	Bly	1990	2020	7	0,0027	**	9,97	1,00	2,15	-96
Fjälltrakter	Bly	1990	2020	7	0,0163	*	4,20	0,47	0,99	-91
Norra Sveriges inland	Bly	1990	2020	7	0,0027	**	5,76	0,66	1,27	-91
Norra Sveriges kustland	Bly	1990	2020	7	0,0069	**	9,30	1,35	2,26	-93
Mellansverige	Bly	1990	2020	7	0,0027	**	13,04	1,10	2,10	-92
Sydöstra Sverige	Bly	1990	2020	7	0,0027	**	12,06	1,10	2,83	-92
Sydvästra Sverige	Bly	1990	2020	7	0,0027	**	16,35	1,30	2,88	-98
Sverige som helhet	Järn	1990	2020	7	0,2296		265	101	149	-46
Fjälltrakter	Järn	1990	2020	7	0,3675		137	49	77	-36
Norra Sveriges inland	Järn	1990	2020	7	0,7639		174	67	100	-42
Norra Sveriges kustland	Järn	1990	2020	7	0,3675		233	94	142	-40
Mellansverige	Järn	1990	2020	7	0,3675		331	106	157	-45
Sydöstra Sverige	Järn	1990	2020	7	0,2296		312	119	170	-43
Sydvästra Sverige	Järn	1990	2020	7	0,0715		332	160	220	-39
Sverige som helhet	Kadmium	1990	2020	7	0,0039	**	0,22	0,11	0,14	-57
Fjälltrakter	Kadmium	1990	2020	7	0,0027	**	0,11	0,06	0,07	-46
Norra Sveriges inland	Kadmium	1990	2020	7	0,0027	**	0,14	0,07	0,08	-55
Norra Sveriges kustland	Kadmium	1990	2020	7	0,0069	**	0,20	0,12	0,14	-43
Mellansverige	Kadmium	1990	2020	7	0,0098	**	0,24	0,12	0,14	-55
Sydöstra Sverige	Kadmium	1990	2020	7	0,0027	**	0,28	0,12	0,18	-56
Sydvästra Sverige	Kadmium	1990	2020	7	0,0027	**	0,31	0,12	0,18	-63
Sverige som helhet	Koppar	1990	2020	7	0,1331		5,24	3,54	3,90	-19
Fjälltrakter	Koppar	1990	2020	7	1		3,80	2,35	2,73	0
Norra Sveriges inland	Koppar	1990	2020	7	0,3675		4,31	2,58	3,16	-25
Norra Sveriges kustland	Koppar	1990	2020	7	0,3675		5,35	3,69	4,00	-13
Mellansverige	Koppar	1990	2020	7	0,2296		5,56	3,42	3,98	-23
Sydöstra Sverige	Koppar	1990	2020	7	0,0098	**	5,88	3,70	4,00	-24
Sydvästra Sverige	Koppar	1990	2020	7	0,1331		6,47	4,80	4,95	-7
Sverige som helhet	Krom	1990	2020	7	0,0355	*	1,13	0,23	0,39	-76
Fjälltrakter	Krom	1990	2020	7	0,1331		0,63	0,09	0,15	-85
Norra Sveriges inland	Krom	1990	2020	7	0,0715		0,79	0,14	0,22	-75
Norra Sveriges kustland	Krom	1990	2020	7	0,0483	*	1,29	0,23	0,45	-70
Mellansverige	Krom	1990	2020	7	0,1331		1,52	0,25	0,49	-81
Sydöstra Sverige	Krom	1990	2020	7	0,0355	*	1,20	0,26	0,35	-71
Sydvästra Sverige	Krom	1990	2020	7	0,0715		1,42	0,35	0,60	-66

Forts. Tabell I 9

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*, **, ***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,07	0,01	0,04	-2
Fjälltrakter	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,08	0,01	0,03	9
Norra Sveriges inland	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,07	0,01	0,03	-7
Norra Sveriges kustland	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,07	0,01	0,04	18
Mellansverige	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,07	0,01	0,04	0
Sydöstra Sverige	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,07	0,01	0,04	0
Sydvästra Sverige	Kvicksilver	1995	2020	6	1		0,08	0,02	0,04	3
Sverige som helhet	Nickel	1990	2020	7	0,0163	*	1,42	0,45	0,83	-74
Fjälltrakter	Nickel	1990	2020	7	0,0163	*	1,10	0,34	0,59	-66
Norra Sveriges inland	Nickel	1990	2020	7	0,0163	*	1,17	0,38	0,63	-69
Norra Sveriges kustland	Nickel	1990	2020	7	0,0069	**	1,70	0,53	0,87	-73
Mellansverige	Nickel	1990	2020	7	0,0163	*	1,63	0,46	0,74	-70
Sydöstra Sverige	Nickel	1990	2020	7	0,0163	*	1,43	0,43	0,94	-73
Sydvästra Sverige	Nickel	1990	2020	7	0,0098	**	1,68	0,52	1,08	-74
Sverige som helhet	Vanadin	1990	2020	7	0,0163	*	2,18	0,44	0,87	-81
Fjälltrakter	Vanadin	1990	2020	7	0,0163	*	0,82	0,21	0,31	-79
Norra Sveriges inland	Vanadin	1990	2020	7	0,0163	*	2,15	0,28	0,44	-73
Norra Sveriges kustland	Vanadin	1990	2020	7	0,0163	*	2,36	0,41	0,85	-89
Mellansverige	Vanadin	1990	2020	7	0,0069	**	2,51	0,50	0,84	-89
Sydöstra Sverige	Vanadin	1990	2020	7	0,0069	**	2,37	0,48	1,06	-83
Sydvästra Sverige	Vanadin	1990	2020	7	0,0069	**	3,10	0,71	1,56	-87
Sverige som helhet	Zink	1990	2020	7	0,3675		42	31	36	-15
Fjälltrakter	Zink	1990	2020	7	0,3675		37	27	32	-15
Norra Sveriges inland	Zink	1990	2020	7	0,548		35	24	30	-12
Norra Sveriges kustland	Zink	1990	2020	7	0,7639		41	29	37	-8
Mellansverige	Zink	1990	2020	7	0,3675		47	32	37	-22
Sydöstra Sverige	Zink	1990	2020	7	0,0947		43	33	34	-21
Sydvästra Sverige	Zink	1990	2020	7	0,548		49	37	39	-17

Tabell I 10. Trendanalys för årliga medianvärden för perioden 2000–2020 (2010 för arsenik är inte med i trendanalysen) med Mann-Kendall för samtliga metaller samt regioner. Startår, slutår, antal år (n), p-värde, signifikans, max-värde, min-värde, medianvärde samt total procentuell förändring över hela perioden (baserat på medelnormaliserad trendlinje).

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*,**,***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Arsenik	2000	2020	4	0,7341		0,15	0,07	0,09	-39
Fjälltrakter	Arsenik	2000	2020	4	0,7341		0,07	0,03	0,04	-41
Norra Sveriges inland	Arsenik	2000	2020	4	0,3082		0,09	0,04	0,06	-46
Norra Sveriges kustland	Arsenik	2000	2020	4	0,7341		0,13	0,07	0,09	-27
Mellansverige	Arsenik	2000	2020	4	0,7341		0,16	0,07	0,09	-39
Sydöstra Sverige	Arsenik	2000	2020	4	0,7341		0,18	0,08	0,11	-41
Sydvästra Sverige	Arsenik	2000	2020	4	0,3082		0,20	0,10	0,13	-41
Sverige som helhet	Bly	2000	2020	5	0,0275	*	4,37	1,00	1,87	-76
Fjälltrakter	Bly	2000	2020	5	0,2207		1,77	0,47	0,83	-76
Norra Sveriges inland	Bly	2000	2020	5	0,0275	*	2,22	0,66	1,06	-74
Norra Sveriges kustland	Bly	2000	2020	5	0,0864		4,45	1,35	2,21	-65
Mellansverige	Bly	2000	2020	5	0,0275	*	4,94	1,10	2,09	-75
Sydöstra Sverige	Bly	2000	2020	5	0,0275	*	4,87	1,10	2,48	-81
Sydvästra Sverige	Bly	2000	2020	5	0,0275	*	6,23	1,30	2,63	-70
Sverige som helhet	Järn	2000	2020	5	0,8065		190	101	117	-11
Fjälltrakter	Järn	2000	2020	5	0,8065		90	49	64	39
Norra Sveriges inland	Järn	2000	2020	5	0,4624		120	67	81	27
Norra Sveriges kustland	Järn	2000	2020	5	1		170	94	97	0
Mellansverige	Järn	2000	2020	5	1		221	106	125	-8
Sydöstra Sverige	Järn	2000	2020	5	0,8065		206	119	134	-5
Sydvästra Sverige	Järn	2000	2020	5	0,4624		271	160	197	-26
Sverige som helhet	Kadmium	2000	2020	5	0,0433	*	0,17	0,11	0,13	-36
Fjälltrakter	Kadmium	2000	2020	5	0,0275	*	0,08	0,06	0,07	-22
Norra Sveriges inland	Kadmium	2000	2020	5	0,0275	*	0,10	0,07	0,07	-29
Norra Sveriges kustland	Kadmium	2000	2020	5	0,0864		0,16	0,12	0,14	-25
Mellansverige	Kadmium	2000	2020	5	0,1296		0,19	0,12	0,14	-35
Sydöstra Sverige	Kadmium	2000	2020	5	0,0275	*	0,20	0,12	0,17	-42
Sydvästra Sverige	Kadmium	2000	2020	5	0,0275	*	0,23	0,12	0,15	-39
Sverige som helhet	Koppar	2000	2020	5	0,8065		4,08	3,54	3,61	-3
Fjälltrakter	Koppar	2000	2020	5	0,3122		2,80	2,35	2,73	11
Norra Sveriges inland	Koppar	2000	2020	5	0,8065		3,30	2,58	3,10	14
Norra Sveriges kustland	Koppar	2000	2020	5	0,4624		4,10	3,69	3,96	8
Mellansverige	Koppar	2000	2020	5	0,8065		4,32	3,42	3,68	-7
Sydöstra Sverige	Koppar	2000	2020	5	0,1296		4,15	3,70	4,00	-10
Sydvästra Sverige	Koppar	2000	2020	5	0,4624		5,39	4,80	4,92	-5
Sverige som helhet	Krom	2000	2020	5	0,4624		0,56	0,23	0,37	-49
Fjälltrakter	Krom	2000	2020	5	1		0,26	0,09	0,14	-23
Norra Sveriges inland	Krom	2000	2020	5	0,8065		0,34	0,14	0,20	-41
Norra Sveriges kustland	Krom	2000	2020	5	0,6134		0,45	0,23	0,36	-48
Mellansverige	Krom	2000	2020	5	0,8065		0,94	0,25	0,44	-47
Sydöstra Sverige	Krom	2000	2020	5	0,4624		0,53	0,26	0,34	-42
Sydvästra Sverige	Krom	2000	2020	5	0,4624		0,71	0,35	0,55	-45

Forts. Tabell I 10

Grupp	Parameter	Start	Slut	n	p	*, **, ***	Max	Min	Median	Procentuell förändring
Sverige som helhet	Kvicksilver	2000	2020	5	0,4624		0,04	0,01	0,03	130
Fjälltrakter	Kvicksilver	2000	2020	5	0,2207		0,03	0,01	0,03	266
Norra Sveriges inland	Kvicksilver	2000	2020	5	0,4624		0,03	0,01	0,03	207
Norra Sveriges kustland	Kvicksilver	2000	2020	5	0,2207		0,04	0,01	0,03	152
Mellansverige	Kvicksilver	2000	2020	5	0,4624		0,04	0,01	0,04	97
Sydöstra Sverige	Kvicksilver	2000	2020	5	0,4334		0,05	0,01	0,04	227
Sydvästra Sverige	Kvicksilver	2000	2020	5	0,2207		0,05	0,02	0,04	80
Sverige som helhet	Nickel	2000	2020	5	0,0864		1,17	0,45	0,66	-66
Fjälltrakter	Nickel	2000	2020	5	0,0864		0,83	0,34	0,53	-57
Norra Sveriges inland	Nickel	2000	2020	5	0,0864		0,89	0,38	0,53	-59
Norra Sveriges kustland	Nickel	2000	2020	5	0,0864		1,29	0,53	0,85	-54
Mellansverige	Nickel	2000	2020	5	0,0864		1,35	0,46	0,66	-63
Sydöstra Sverige	Nickel	2000	2020	5	0,0864		1,14	0,43	0,69	-73
Sydvästra Sverige	Nickel	2000	2020	5	0,0433	*	1,44	0,52	0,78	-77
Sverige som helhet	Vanadin	2000	2020	5	0,0864		1,20	0,44	0,69	-69
Fjälltrakter	Vanadin	2000	2020	5	0,2207		0,43	0,21	0,29	-45
Norra Sveriges inland	Vanadin	2000	2020	5	0,0864		0,63	0,28	0,41	-50
Norra Sveriges kustland	Vanadin	2000	2020	5	0,2207		1,05	0,41	0,70	-48
Mellansverige	Vanadin	2000	2020	5	0,0864		1,24	0,50	0,70	-61
Sydöstra Sverige	Vanadin	2000	2020	5	0,0864		1,32	0,48	0,85	-69
Sydvästra Sverige	Vanadin	2000	2020	5	0,0864		1,91	0,71	1,05	-73
Sverige som helhet	Zink	2000	2020	5	0,8065		40	31	34	20
Fjälltrakter	Zink	2000	2020	5	0,8065		36	27	29	8
Norra Sveriges inland	Zink	2000	2020	5	0,4624		31	24	28	30
Norra Sveriges kustland	Zink	2000	2020	5	0,4624		41	29	36	25
Mellansverige	Zink	2000	2020	5	0,8065		44	32	37	9
Sydöstra Sverige	Zink	2000	2020	5	0,6134		43	33	34	-4
Sydvästra Sverige	Zink	2000	2020	5	0,8065		49	37	38	3

Tabell I 11. Medianhalter i mg/kg torrvekt i mossa för analyserade metaller för alla regioner samt för Sverige som helhet, 2015 och 2020. Statistisk analys med Mann-Whitney U-test. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

Parameter	Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Arsenik (As)	Sverige som helhet	0,069	0,089	***	Ökning
Arsenik (As)	Fjälltrakter	0,031	0,043	***	Ökning
Arsenik (As)	Norra Sveriges inland	0,042	0,055	***	Ökning
Arsenik (As)	Norra Sveriges kustland	0,068	0,100	***	Ökning
Arsenik (As)	Mellansverige	0,069	0,091	***	Ökning
Arsenik (As)	Sydöstra Sverige	0,080	0,110	***	Ökning
Arsenik (As)	Sydvästra Sverige	0,098	0,120	***	Ökning
Bly (Pb)	Sverige som helhet	1,10	1,00	**	Minskning
Bly (Pb)	Fjälltrakter	0,47	0,50	Ej signifikant	-
Bly (Pb)	Norra Sveriges inland	0,68	0,66	Ej signifikant	-
Bly (Pb)	Norra Sveriges kustland	1,35	1,70	*	Ökning
Bly (Pb)	Mellansverige	1,20	1,10	Ej signifikant	-
Bly (Pb)	Sydöstra Sverige	1,30	1,10	**	Minskning
Bly (Pb)	Sydvästra Sverige	1,70	1,30	***	Minskning
Järn (Fe)	Sverige som helhet	110	170	***	Ökning
Järn (Fe)	Fjälltrakter	64	76	**	Ökning
Järn (Fe)	Norra Sveriges inland	81	120	***	Ökning
Järn (Fe)	Norra Sveriges kustland	95	170	***	Ökning
Järn (Fe)	Mellansverige	125	180	***	Ökning
Järn (Fe)	Sydöstra Sverige	130	200	***	Ökning
Järn (Fe)	Sydvästra Sverige	160	220	***	Ökning
Kadmium (Cd)	Sverige som helhet	0,110	0,110	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Fjälltrakter	0,062	0,062	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Norra Sveriges inland	0,072	0,071	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Norra Sveriges kustland	0,120	0,130	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Mellansverige	0,120	0,120	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Sydöstra Sverige	0,130	0,120	Ej signifikant	-
Kadmium (Cd)	Sydvästra Sverige	0,110	0,110	Ej signifikant	-
Koppar (Cu)	Sverige som helhet	3,9	3,6	***	Minskning
Koppar (Cu)	Fjälltrakter	2,8	2,8	Ej signifikant	-
Koppar (Cu)	Norra Sveriges inland	3,3	3,1	*	Minskning
Koppar (Cu)	Norra Sveriges kustland	4,1	4,0	Ej signifikant	-
Koppar (Cu)	Mellansverige	4,0	3,6	***	Minskning
Koppar (Cu)	Sydöstra Sverige	4,0	3,7	***	Minskning
Koppar (Cu)	Sydvästra Sverige	5,2	4,8	*	Minskning
Krom (Cr)	Sverige som helhet	0,25	0,37	***	Ökning
Krom (Cr)	Fjälltrakter	0,11	0,15	**	Ökning
Krom (Cr)	Norra Sveriges inland	0,15	0,22	***	Ökning
Krom (Cr)	Norra Sveriges kustland	0,22	0,45	***	Ökning
Krom (Cr)	Mellansverige	0,36	0,49	***	Ökning
Krom (Cr)	Sydöstra Sverige	0,26	0,34	***	Ökning
Krom (Cr)	Sydvästra Sverige	0,38	0,55	***	Ökning

Forts. Tabell I 11

Parameter	Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Kvicksilver (Hg)	Sverige som helhet	0,034	0,038	***	Ökning
Kvicksilver (Hg)	Fjälltrakter	0,028	0,032	*	Ökning
Kvicksilver (Hg)	Norra Sveriges inland	0,027	0,030	***	Ökning
Kvicksilver (Hg)	Norra Sveriges kustland	0,033	0,040	**	Ökning
Kvicksilver (Hg)	Mellansverige	0,036	0,040	*	Ökning
Kvicksilver (Hg)	Sydöstra Sverige	0,041	0,041	Ej signifikant	-
Kvicksilver (Hg)	Sydvästra Sverige	0,043	0,046	*	Ökning
Nickel (Ni)	Sverige som helhet	0,45	0,49	***	Ökning
Nickel (Ni)	Fjälltrakter	0,34	0,46	**	Ökning
Nickel (Ni)	Norra Sveriges inland	0,38	0,43	***	Ökning
Nickel (Ni)	Norra Sveriges kustland	0,53	0,71	***	Ökning
Nickel (Ni)	Mellansverige	0,46	0,50	**	Ökning
Nickel (Ni)	Sydöstra Sverige	0,43	0,45	Ej signifikant	-
Nickel (Ni)	Sydvästra Sverige	0,52	0,52	Ej signifikant	-
Vanadin (V)	Sverige som helhet	0,44	0,54	***	Ökning
Vanadin (V)	Fjälltrakter	0,21	0,24	*	Ökning
Vanadin (V)	Norra Sveriges inland	0,28	0,38	***	Ökning
Vanadin (V)	Norra Sveriges kustland	0,41	0,62	***	Ökning
Vanadin (V)	Mellansverige	0,50	0,58	***	Ökning
Vanadin (V)	Sydöstra Sverige	0,48	0,58	***	Ökning
Vanadin (V)	Sydvästra Sverige	0,71	0,75	*	Ökning
Zink (Zn)	Sverige som helhet	34	36	***	Ökning
Zink (Zn)	Fjälltrakter	29	36	***	Ökning
Zink (Zn)	Norra Sveriges inland	28	31	**	Ökning
Zink (Zn)	Norra Sveriges kustland	36	40	**	Ökning
Zink (Zn)	Mellansverige	36	37	Ej signifikant	-
Zink (Zn)	Sydöstra Sverige	34	34	Ej signifikant	-
Zink (Zn)	Sydvästra Sverige	38	39	Ej signifikant	-
Aluminium (Al)	Sverige som helhet	110	170	***	Ökning
Aluminium (Al)	Fjälltrakter	70	110	***	Ökning
Aluminium (Al)	Norra Sveriges inland	83	130	***	Ökning
Aluminium (Al)	Norra Sveriges kustland	90	185	***	Ökning
Aluminium (Al)	Mellansverige	130	190	***	Ökning
Aluminium (Al)	Sydöstra Sverige	130	195	***	Ökning
Aluminium (Al)	Sydvästra Sverige	150	200	***	Ökning
Kobolt (Co)	Sverige som helhet	0,086	0,110	***	Ökning
Kobolt (Co)	Fjälltrakter	0,061	0,078	**	Ökning
Kobolt (Co)	Norra Sveriges inland	0,065	0,079	***	Ökning
Kobolt (Co)	Norra Sveriges kustland	0,086	0,150	***	Ökning
Kobolt (Co)	Mellansverige	0,090	0,110	***	Ökning
Kobolt (Co)	Sydöstra Sverige	0,100	0,120	***	Ökning
Kobolt (Co)	Sydvästra Sverige	0,110	0,120	**	Ökning

Forts. Tabell I 11

Parameter	Region	2015	2020	Mann-Whitney U-test	2015 till 2020
Molybden (Mo)	Sverige som helhet	0,097	0,100	Ej signifikant	-
Molybden (Mo)	Fjälltrakter	0,044	0,044	Ej signifikant	-
Molybden (Mo)	Norra Sveriges inland	0,064	0,069	Ej signifikant	-
Molybden (Mo)	Norra Sveriges kustland	0,088	0,110	***	Ökning
Molybden (Mo)	Mellansverige	0,160	0,170	Ej signifikant	-
Molybden (Mo)	Sydöstra Sverige	0,089	0,092	Ej signifikant	-
Molybden (Mo)	Sydvästra Sverige	0,120	0,110	*	Minskning
Mangan (Mn)	Sverige som helhet	510	490	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Fjälltrakter	590	590	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Norra Sveriges inland	680	640	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Norra Sveriges kustland	545	530	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Mellansverige	495	450	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Sydöstra Sverige	420	420	Ej signifikant	-
Mangan (Mn)	Sydvästra Sverige	320	310	Ej signifikant	-

Bilaga II. Antal analyserade mossprover per region, år och parameter, 1975–2020

Tabell II 1. Antal analyserade mossprover per region, år och metall.

Region	År	As	Pb	Fe	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	V	Zn	Al	Co	Mo	Sb	Mn	Kj-N	
Fjälltrakter	1975	42	41	-	42	42	42	-	42	42	42	-	-	-	-	-	-	
	1980	84	84	-	84	84	84	-	84	84	84	-	-	-	-	-	-	
	1985	90	90	90	90	90	90	19	90	90	90	-	-	-	-	-	-	
	1990	-	76	76	76	76	76	-	76	76	76	-	-	-	-	-	-	
	1995	13	31	31	31	31	31	13	31	31	31	-	-	-	-	-	-	
	2000	22	22	22	22	22	22	21	22	22	22	22	-	-	-	-	-	-
	2005	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	-	-	-	-	-	-
	2010	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41		41	
	2015	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		31	
	2020*	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Norra Sveriges inland	1975	180	180	-	180	180	180	-	180	179	180	-	-	-	-	-	-	
	1980	215	215	-	215	215	215	-	215	215	215	-	-	-	-	-	-	
	1985	194	194	194	194	194	194	60	194	194	194	-	-	-	-	-	-	
	1990	-	172	172	172	172	172	-	172	172	172	-	-	-	-	-	-	
	1995	86	175	175	175	175	175	86	175	175	175	-	-	-	-	-	-	
	2000	103	103	103	103	103	103	98	103	103	103	-	-	-	-	-	-	
	2005	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	-	-	-	-	-	-	
	2010	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136		136	
	2015	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162		162	
	2020	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Norra Sveriges kustland	1975	76	76	-	76	76	76	-	76	76	76	-	-	-	-	-	-	
	1980	72	72	-	72	72	72	-	72	72	72	-	-	-	-	-	-	
	1985	86	86	86	86	86	86	14	86	86	86	-	-	-	-	-	-	
	1990	-	70	70	70	70	70	-	70	70	70	-	-	-	-	-	-	
	1995	28	61	61	61	61	61	28	61	61	61	-	-	-	-	-	-	
	2000	33	33	33	33	33	33	32	33	33	33	-	-	-	-	-	-	
	2005	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	-	-	-	-	-	-	
	2010	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		60	
	2015	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		55	
	2020	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

Forts Tabell II 1

Region	År	As	Pb	Fe	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	V	Zn	Al	Co	Mo	Sb	Mn	Kj-N
Mellansverige	1975	180	180	-	180	180	180	-	180	179	180	-	-	-	-	-	-
	1980	219	223	1	223	223	223	-	223	223	223	-	-	-	-	-	-
	1985	212	213	213	213	213	213	75	213	213	213	-	-	-	-	-	-
	1990	-	186	186	186	186	186	-	186	186	186	-	-	-	-	-	-
	1995	82	187	187	187	187	187	82	187	187	187	-	-	-	-	-	-
	2000	98	98	98	98	98	98	97	98	98	98	-	-	-	-	-	-
	2005	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	-	-	-	-	-	-
	2010	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
	2015	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
	2020	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
Sydöstra Sverige	1975	93	93	-	93	93	93	-	93	93	93	-	-	-	-	-	-
	1980	102	105	93	105	105	105	-	105	105	105	-	-	-	-	-	-
	1985	119	119	119	119	119	119	30	119	119	119	-	-	-	-	-	-
	1990	-	104	104	104	104	104	-	104	104	104	-	-	-	-	-	-
	1995	50	114	114	114	114	114	50	114	114	114	-	-	-	-	-	-
	2000	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	-	-	-	-	-	-
	2005	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	-	-	-	-	-	-
	2010	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	2015	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
	2020*	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Sydvästra Sverige	1975	89	89	-	89	89	89	-	89	89	89	-	-	-	-	-	-
	1980	115	117	90	117	117	117	-	117	117	117	-	-	-	-	-	-
	1985	135	135	135	135	135	135	28	135	135	135	-	-	-	-	-	-
	1990	-	105	105	105	105	105	-	105	105	105	-	-	-	-	-	-
	1995	60	139	139	139	139	139	60	139	139	139	-	-	-	-	-	-
	2000	79	79	79	79	79	79	78	79	79	79	-	-	-	-	-	-
	2005	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	-	-	-	-	-	-
	2010	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
	2015	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	2020	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89

*Inklusive två kontaminerade prover i Fjälltrakter och i Sydöstra Sverige som strukits från alla statistiska analyser

Bilaga III. Emissioner av metaller i Sverige och i Europa

I Tabell III 1 presenteras de totala emissionerna rapporterade till CLRTAP för Sverige och i Tabell III 2 visas motsvarande uppgifter summerat för EU27+UK (CEIP, 2021, <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>). Emissionerna av samtliga rapporterade metaller har i Sverige minskat avsevärt från 1990, som mest med 98 % för bly. Den metall som visar minsta minskningen i Sverige är koppar som minskat med 39 %. Även för EU27+UK är emissionsminskningen mellan 1990 och 2019 störst för bly, 95 %. Även för EU27+UK är det koppar som visar minsta minskningen, 5 %.

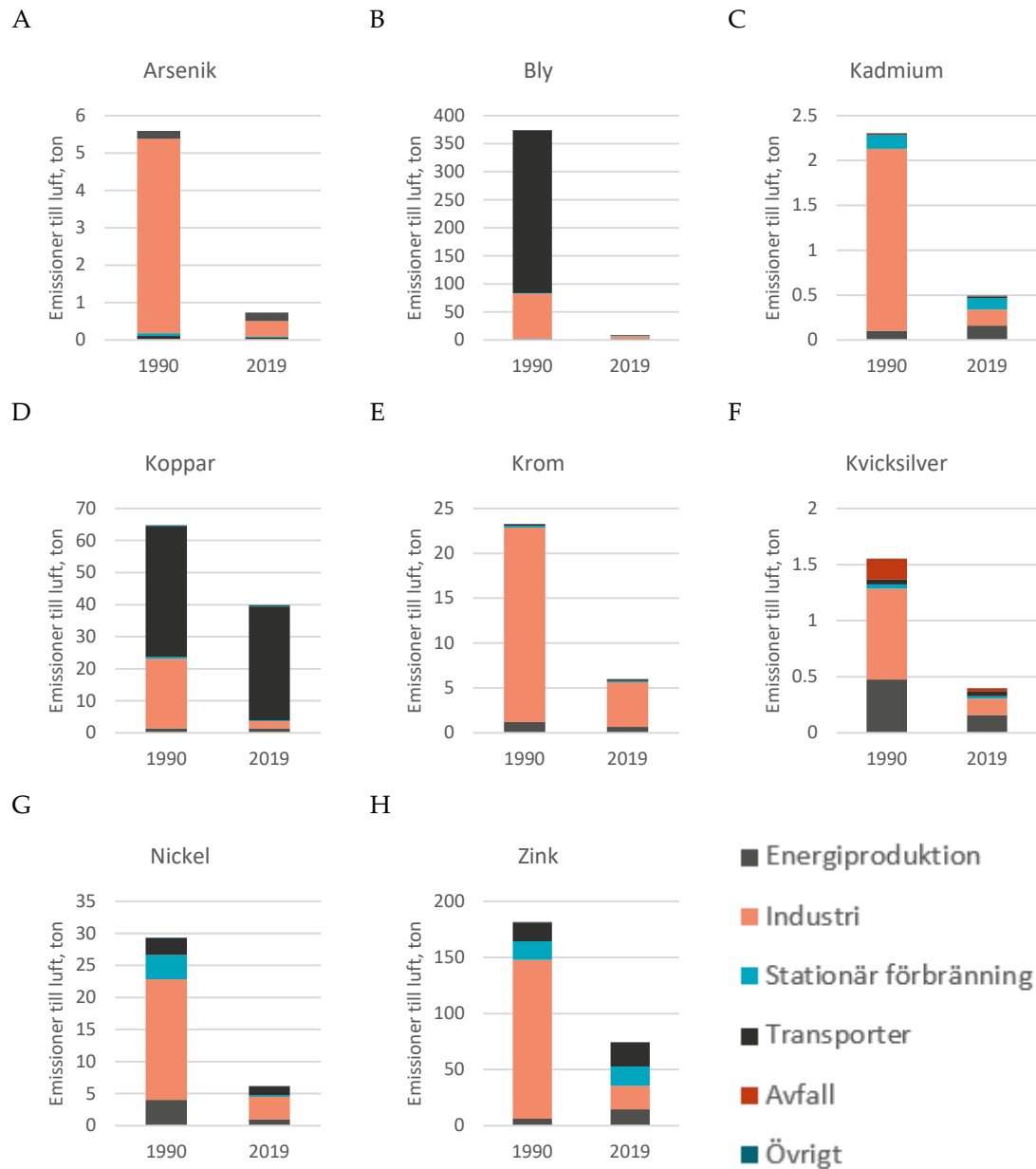
Tabell III 1. Rapporterade emissionsdata till CLRTAP (Konventionen om långväga gränsöverskridande luftföroreningar) för Sverige för åren 1990 till 2019, ton.

År	Arsenik	Kadmium	Krom	Koppar	Kvicksilver	Nickel	Bly	Zink
1990	5,6	2,3	23	65	1,6	29	374	182
1991	4,1	1,7	19	63	1,2	27	328	156
1992	4,1	1,4	17	71	1,2	26	304	138
1993	2,8	1,1	17	60	1,0	28	144	141
1994	1,4	0,77	15	51	1,0	32	47	144
1995	1,6	0,74	12	51	1,0	30	29	131
1996	1,3	0,71	11	52	1,0	30	24	125
1997	1,3	0,71	9,0	53	0,84	25	24	111
1998	1,2	0,62	7,8	52	0,85	24	23	112
1999	0,88	0,54	6,6	48	0,85	19	21	94
2000	0,80	0,52	6,9	45	0,73	18	18	88
2001	1,0	0,60	7,4	43	0,57	18	17	96
2002	0,84	0,52	9,1	41	0,61	19	14	91
2003	0,90	0,53	7,4	40	0,69	19	14	94
2004	0,87	0,54	8,2	39	0,70	17	13	92
2005	0,88	0,54	10	37	0,65	16	11	94
2006	1,0	0,56	11	37	0,50	16	10	100
2007	1,2	0,57	13	40	0,55	14	11	99
2008	0,88	0,52	10	38	0,49	13	9,4	96
2009	0,88	0,54	3,4	37	0,53	12	8,9	89
2010	0,91	0,55	5,1	38	0,51	14	10	97
2011	0,90	0,53	6,4	38	0,49	11	8,5	89
2012	0,92	0,53	5,0	38	0,46	10	8,5	89
2013	0,87	0,50	4,9	37	0,48	9,2	8,2	80
2014	0,91	0,51	4,5	38	0,42	7,5	8,8	83
2015	0,73	0,47	5,4	38	0,40	6,8	8,0	82
2016	0,72	0,48	5,6	39	0,40	7,3	8,9	79
2017	0,79	0,52	6,7	40	0,40	6,9	9,0	77
2018	0,75	0,49	6,0	41	0,40	7,0	7,8	76
2019	0,74	0,49	6,0	40	0,40	6,2	8,1	75
Förändring 1990–2019 (%)	-87 %	-79 %	-74 %	-39 %	-74 %	-79 %	-98 %	-59 %

Tabell III 2. Rapporterade emissionsdata till CLRTAP (Konventionen om långväga gränsöverskridande luftföroreningar) för EU27 + UK för åren 1990 till 2019, ton.

År	Arsenik	Kadmium	Krom	Koppar	Kvicksilver	Nickel	Bly	Zink
1990	627	188	1188	2508	185	2221	22804	8042
1991	477	173	1098	2439	176	2210	17654	7359
1992	392	160	981	2400	165	2118	14046	6765
1993	357	142	867	2339	139	1964	12724	6500
1994	328	139	810	2327	135	1937	11608	6372
1995	294	133	772	2357	133	1901	10625	6282
1996	277	133	718	2410	123	1823	9250	6091
1997	276	131	687	2447	114	1690	8371	5958
1998	249	124	649	2411	107	1681	7450	5609
1999	221	119	592	2407	101	1612	6343	5135
2000	202	110	561	2333	100	1427	4223	5134
2001	193	106	507	2335	94	1456	3094	4983
2002	184	102	485	2387	92	1398	2393	4638
2003	189	97	466	2409	90	1323	2299	4551
2004	178	94	466	2438	86	1288	2151	4583
2005	173	89	464	2453	83	1291	2019	4420
2006	173	86	465	2498	81	1213	1976	4544
2007	175	83	460	2477	77	1115	1941	4481
2008	152	81	437	2404	72	1037	1901	4347
2009	137	72	364	2340	62	909	1485	3896
2010	135	73	394	2335	64	862	1606	4216
2011	120	72	380	2320	63	770	1388	4208
2012	114	68	375	2277	62	724	1373	4102
2013	117	67	357	2250	58	666	1337	4085
2014	113	67	367	2304	57	615	1342	3988
2015	103	65	366	2331	54	605	1291	4007
2016	100	66	363	2352	51	600	1261	4000
2017	100	65	366	2384	51	605	1290	4075
2018	98	64	361	2396	51	591	1259	4387
2019	85	61	341	2379	46	553	1138	4117
Förändring 1990–2019 (%)	-86 %	-67 %	-71 %	-5 %	-75 %	-75 %	-95 %	-49 %

De olika källornas andelar av de totala metallutsläppen i Europa har förändrats under de senaste decennierna (European Environment Agency, 2020) och detsamma kan ses gälla för Sverige (Figur III 1). Generellt har industrisektorns andel av den totala metallemissionen till luft minskat över tiden både i Europa och i Sverige.



Figur III 1. Jämförelse mellan rapporterade svenska emissioner till luft 1990 och 2019 för sektorerna Energiproduktion, Industri, Stationär förbränning, Transporter, Avfall och Övrigt för arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink.



