

Nr C 281
Februari 2018

Kartläggning av lantanoider i mossa i Sverige

Helena Danielsson, Marta Segura Roux & Gunilla Pihl Karlsson

Författare: Helena Danielsson, Marta Segura Roux & Gunilla Pihl Karlsson. IVL Svenska Miljöinstitutet

Medel från: Naturvårdsverket

Fotograf: Gunilla Pihl Karlsson

Rapportnummer C 281

ISBN 978-91-88787-17-0

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2018

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 genomfört en undersökning avseende förekomst av 14 lantanoider, ingående i gruppen sällsynta jordartsmetaller, i mossprover insamlade i hela Sverige 2015. Utöver mossprover insamlade i bakgrundsmiljön har även mossprover insamlade 2015 i närheten av industrier och stadsmiljö på uppdrag av Kalmar läns luftvårdsförbund analyserats med avseende på lantanoider.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Syfte	6
2 Inledande kunskapsöversikt	6
3 Metod	9
3.1 Analysmetod.....	9
4 Resultat	10
4.1 Lätta lantanoider (LREE)	10
4.2 Tunga lantanoider (HREE)	18
4.3 Koncentrationsordning och korrelation	28
4.4 Har koncentrationen av lantanoider i svensk mossor förändrats över tid?	29
4.5 Antropogent ursprung eller ej?	31
5 Slutsats/diskussion	32
6 Framtida studie – tidsserie från 1975?	33
7 Tack.....	34
8 Referenser.....	34
Bilaga I. Kvantifieringsgränser.....	36
Bilaga II. Samtliga koncentrationer i mossprover	37

Sammanfattning

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet genomfört en undersökning avseende förekomst av 14 lantanoider, ingående i gruppen sällsynta jordartsmetaller, i mossprover. Mossproverna samlades in 2015, på uppdrag av Naturvårdsverket, i bakgrundsmiljö i Sverige. Förutom att kartlägga om det fanns geografiska koncentrationsskillnader för lantanoiderna över Sverige var målet att om möjligt utröna om ursprunget för de olika lantanoiderna var antropogent. Resultaten visade på att det fanns skillnader vad gäller de olika lantanoidkoncentrationerna i mossa över landet. Utifrån erhållna resultat kunde också konstateras att medianvärdet för samtliga lantanoider (utom europium) var statistiskt signifikant lägre för Norrland jämfört med för Götaland och Svealand, men ingen tydlig gradient kunde ses. Däremot hittades förhöjda lantanoidkoncentrationer i vissa mossprover.

I denna studie användes även mossprover som insamlats 2015, på uppdrag av Kalmar läns luftvårdsförbund, i stads- och industrinära miljö i Kalmar län, för att undersöka eventuella skillnader av lantanoidkoncentrationer. Resultaten visade att koncentrationerna av samtliga lantanoider i mossproverna var signifikant högre i stads- och industrinära miljö jämfört med i bakgrundsmiljön. Däremot fanns ingen statistiskt signifikant skillnad i koncentrationer av lantanoider i mossa mellan prover som insamlats i stads- och industrinära miljö.

Data från litteraturen möjliggjorde även en jämförelse av lantanoidkoncentrationerna i mossprover över tid från bakgrundsmiljön i södra Sverige. I jämförelsen användes resultat från mossprover tagna 1975, 2000 samt 2015. Allra högst lantanoidkoncentrationer fanns i proverna från 1975. Mellan 1975 och 2000 minskade lantanoidkoncentrationerna i mossproverna med mer än hälften (i medeltal 62 %). Även mellan 2000 och 2015 minskade koncentrationerna i mossan för flertalet lantanoider med nästan hälften (i medeltal 44 %).

Sammantaget tyder resultaten på att uppmätta koncentrationer av lantanoider i bakgrundsmiljön i Sverige åtminstone till del har ett antropogent ursprung.

Resultaten visar även att det finns ett antropogent tillskott av lantanoider i stads- och industrinära miljö i Kalmar län.

1 Syfte

I denna studie har nedfallet av 14 lantanoider i bakgrundsmiljö över Sverige kartlagts med hjälp av mossprover. Dessutom har för Kalmar län även koncentrationer av lantanoider i mossa insamlad i bakgrunds-, stads- och industrinära miljö jämförts.

Under 2016 satte IVL upp en analysmetod för att bestämma koncentrationer av lantanoider (exklusive prometium) inom gruppen sällsynta jordartsmetaller i nederbördsprover från Visingsö. Nederbördsräkningar på Visingsö genomförs på uppdrag av Vätternvårdsförbundet. Analysmetoden har verifierats genom analyser av tillgängliga referensmaterial och visade på ett mycket gott analysresultat.

I samband med utvecklingen av analysmetoden för nederbörd provades metoden med goda resultat på ett mindre antal mossprover som insamlades under 2015 års undersökning inom projektet "Metaller i mossa" (Danielsson & Pihl Karlsson, 2016) och "Metaller i mossa i Kalmar län 2015" (Pihl Karlsson & Danielsson, 2016). Det var med anledning av detta som denna studie initierades.

Studien syftar till:

- att kartlägga om det finns geografiska koncentrationsskillnader för de olika lantanoiderna över Sverige
- att om möjligt utröna ursprunget för de olika lantanoiderna över Sverige, antingen antropogent eller naturligt förekommande
- att för Kalmar län jämföra om skillnader finns mellan mossprover insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- eller industrimiljö.

2 Inledande kunskapsöversikt

Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements, REEs) är enligt definitionen av IUPAC¹, en uppsättning av sjutton kemiska element i det periodiska systemet. Gruppen består av lantanoider samt av scandium och yttrium. Att scandium (Sc) och yttrium (Y) inkluderas bland de sällsynta jordartsmetallerna beror på att de ofta förekommer i samma malmer som lantanoiderna och också uppvisar liknande kemiska egenskaper. Lantanoiderna består av en grupp av femton metaller indelade i två grupper, lätta (LREE) och tunga (HREE). Till de lätta lantanoiderna hör lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm) och europium (Eu). Till de tunga lantanoiderna hör gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb) och lutetium (Lu). Prometium skiljer sig från övriga lätta lantanoider genom att inte förekomma naturligt i jordskorpan och att dess isotoper är radioaktiva (Ichihashi m.fl., 1992). Vissa av REE samvarierar, speciellt inom de två REE-grupperna, tunga respektive lätta.

Trots namnet är sällsynta jordartsmetaller, med undantag för det radioaktiva prometium, relativt vanligt förekommande i jordskorpan, oftast dock endast i låga koncentrationer. Undersökningar visar emellertid att de, på grund av deras låga rörlighet, kan ackumuleras i mark, växter, vatten

¹ International Union of Pure and Applied Chemistry

och i atmosfären (Anicic m.fl., 2009). Rörligheten hos lätta REE är något högre jämfört med de tunga, på grund av att de tunga REE bildar stabilare komplex.

En metod för att undersöka belastningen av tungmetaller via atmosfärisk deposition, utvecklades i Sverige redan under slutet av 1960-talet. Metoden baseras på användning av mattbildande mossor som indikatorer för tungmetaller, baserat på denna växtgrupps speciella egenskap att de nästan uteslutande får sin näring från atmosfären (Rühling & Tyler, 1968; Tyler, 1970). Den årliga tillväxten är lätt att identifiera och tillväxthastigheten är relativt konstant, förutom under extrema förhållanden såsom i alpin eller arktisk miljö där tillväxthastigheten är mycket lägre (Steinnes, 1989). Att mossor och lavar använts i stor utsträckning som indikator av metaller i atmosfären (Steinnes m.fl., 1993, 1994) (Berg m.fl., 1995) (Marinovat m.fl., 2010), (Dolegowska m.fl., 2013), beror på att de absorberar kemiska ämnen från atmosfären genom direkt avsättning av partiklar eller från utfällning. Även idén att storskaligt använda mossor som bioindikator för mätningar av metaller utvecklades i Sverige under 1970-talet (Rühling och Skärby, 1979). 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 Luftkonventionen (ICP Vegetation). Metoden med att använda mossor som bioindikator för metaller ger en god bild av nedfallet över Sverige och över andra länder.

Agnan m.fl., 2014 analyserade REE i olika mossarter och fann följande koncentrationsordning: Ce> La> Nd> Pr> Sm> Gd> Dy> Er> Yb> Eu> Tb> Ho> Tm, Lu. Denna ordning är även representativ för sammansättningen i övre jordskorpan (Chiarenzelli m.fl., 2001 & Aubert m.fl., 2006).

Inom litteraturen finns ett antal studier där koncentrationer av lantanoider i mossor har analyserats. I Tabell 1 och Tabell 2 visas genomsnittliga koncentrationer av lätta respektive tunga lantanoider i väggmossa (*Pleurozium schreberi*) samt även det år då mossan insamlades i respektive land.

Tabell 1. Genomsnittliga koncentrationer av lätta lantanoider i mossor (*Pleurozium schreberi*) från ett antal europeiska undersökningar. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

Region	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Insamlingsår	Referens
Kielce, Polen	0,789	1,540	0,183	0,624	0,141	0,038	2011	Dolegowska m.fl. (2013)
Södra Sverige	0,190	0,360	0,041	0,280	0,025	0,010	2000	Rühling & Tyler. (2004)
Norge	0,255	0,488	0,060	0,221	0,034	0,012	1993-1995	Berg & Steinnes. (1997)
Niepołomice, Polen	0,52	---	---	---	0,069	---	1998	Grodzinska m.fl. (2005)
Slovakien	2,5	3,9	---	---	0,4	---	2000	Florek m.fl. (2002)

Tabell 2. Genomsnittliga koncentrationer av tunga lantanoider i mossor (*Pleurozium schreberi*) från ett antal europeiska undersökningar. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

Region	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Insamlingsår	Referens
Kielce, Polen	0,152	0,020	0,095	0,020	0,053	0,008	0,044	0,007	2011	Dolegowska m.fl. (2013)
Södra Sverige	0,028	0,004	0,019	0,004	0,011	0,001	0,009	0,0014	2000	Rühling & Tyler. (2004)
Norge	0,044	0,006	0,035	0,006	0,018	0,001	0,014	0,002	1993-1995	Berg & Steinnes. (1997)
Niepołomice, Polen	---	0,008	---	---	---	---	---	---	1998	Grodzinska m.fl. (2005)
Slovakien	---	0,1	---	---	---	---	0,3	---	2000	Florek m.fl. (2002)

Behovet av lantanoiderna har ökat kraftigt de senaste tjugo åren, bland annat på grund av den ökade efterfrågan inom elektronikindustrin. Den ökande industriella användningen av lantanoider riskerar att åtföljas av ökande utsläpp som i huvudsak hamnar i atmosfären och utgör potentiella föroreningskällor för mark, vatten och biota.

Gruppen av lantanoider härrör både från naturliga och antropogena källor såsom olja, berggrund, jord, havsbotten etc., och från återvinning eller skrotning av bland annat material från användning

i alternativa energisystem, till exempel vindkraft, bränsleceller, vätelagring, uppladdningsbara batterier, elfordon och magneter. Lantanoider används även i mobiltelefoner, displayer, filmprojektorer och i belysningsystem samt i katalysatorer inom bland annat olje- och fordonsindustrin samt vid glaspolering och metallurgi. I Tabell 3 listas ett urval av olika användningsområden för de undersökta lantanoiderna (DOE, 2011, Goonan, 2011 & Pathan 2013).

Tabell 3. Urval av användningsområden för de i denna studie analyserade lantanoiderna.

Lantanoider	Användningsområde
Lantan (La)	Batterier (t.ex. i elbilar), katalysatorer (t.ex. för petroleumraffinering), supraledare, legering med olika jordartsmetaller (mishmetall), lasrar och olika typer av kameror.
Cerium (Ce)	Katalysatorer, mishmetall, polering (linser, glas, optiskt glas), batterier (t.ex. i elbilar).
Praseodym (Pr)	Magneter, legeringar med bl.a. magnesium samt mishmetall, pigment, signallinser för flygplatser, fotofilter, styrsystem och elmotorer.
Neodym (Nd)	Magneter, lasrar, katalysatorer, styrsystem, elmotorer, mishmetall.
Samarium (Sm)	Magneter, styrreaktorstavar, styrsystem, elmotorer, mishmetall.
Europium (Eu)	LCD-skärmar, fluorescerande belysning, glastillsats och styrreaktorstavar.
Gadolinium (Gd)	I kontrastmedel för magnetröntgen och glastillsats.
Terbium (Tb)	För belysning och display (grön fosfor), vapen och elmotorer.
Dysprosium (Dy)	Magneter, lasrar, styrsystem och elmotorer.
Holmium (Ho)	Magneter
Erbium (Er)	Lasrar och glastillsats
Tulium (Tm)	Magneter
Ytterbium (Yb)	Fiberoptik, solpaneler, legeringar, lasrar, strålningskälla för bärbara röntgenenheter.
Lutetium (Lu)	Supraledare, röntgenfosforer

Tidiga studier visade att den största enskilda källan för exponering av lantanoider för människor var användning av ljusbågslampor. Dessa lampor användes förr i stor skala inom filmvisning, tryckning, fotografering, litografi, strålkastare och inom viss svetsindustri (Palmer m.fl., 1987). I dagsläget är denna exponeringskälla troligen av mindre betydelse medan exponering vid till exempel brytning och bearbetning av lantanoider har ökat i betydelse (Pagano m.fl., 2015). Exponering för lantanoider kan påverka andningsapparaten och orsaka till exempel dammlunga och andra lungsjukdomar (Pagano m.fl., 2015). Lantanoider kan också påverka blodbildningen och en studie av Zhu m.fl., (2005) visade att personer boende i områden med brytning och bearbetning av lantanoider hade signifikant lägre protein- och globulinkoncentrationer jämfört med personer i kontrollgruppen. Ämnet gadolinium har sedan 1980-talet rutinemässigt använts som kontrastmedel inom magnetisk resonanstomografi (magnetkamera). Denna användning av Gd-baserade kontrastmedel har betraktats som säker i flera årtionden men under det senaste årtiondet har en allvarlig komplikation, nefrogen systemisk fibros (NFS), upptäckts hos patienter som behandlats med Gd-baserade kontrastmedel (Pagano m.fl., 2015). NFS är en sällsynt sjukdom som kan orsaka fibros i flera organ som lungor, lever, muskler och hjärta samt förtjockning av huden och även ledbesvär (Deo m.fl., 2007). En ytterligare föroreningsrisk utgör användningen av fosfater som gödningsmedel. Eftersom lantanoider har låg rörlighet i fosfater och oxider, vilka är stabila i miljön, kan metallerna anrikas i agrara sammanhang (Sadeghi & Andersson, 2015).

3 Metod

För detaljerad beskrivning av hur provtagning och annat har genomförts i den nationella mossundersökningen och i den förtätade mossundersökningen i Kalmar län hänvisas till Danielsson & Pihl Karlsson, (2016) respektive Pihl Karlsson & Danielsson, (2016).

För att undersöka hur förekomsten av lantanoider i mossa ser ut över Sverige har i denna studie mossprover insamlade under mossundersökningen 2015 analyserats, med avseende på sammanlagt 14 av lantanoiderna (Tabell 4). I tabellen redovisas också till vilken REE-grupp, lätta eller tunga, som grundämnet tillhör (Sadeghi & Andersson, 2015).

Tabell 4. Analyserade lantanoider samt information om vilken REE-grupp de tillhör.

Namn	Kemisk beteckning	REE-grupp
Lantan	La	Lätt
Cerium	Ce	Lätt
Praseodym	Pr	Lätt
Neodym	Nd	Lätt
Samarium	Sm	Lätt
Europium	Eu	Lätt
Gadolinium	Gd	Tung
Terbium	Tb	Tung
Dysprosium	Dy	Tung
Holmium	Ho	Tung
Erbium	Er	Tung
Tulium	Tm	Tung
Ytterbium	Yb	Tung
Lutetium	Lu	Tung

Totalt analyserades 86 mossprover insamlade i bakgrundsmiljö, med fördelning över hela Sverige. Dessutom har 20 stads- och industrinära mossprover insamlade i Kalmar län analyserats. Av dessa representerar sex stycken stadsmiljö. Övriga 14 analyserade mossprover var insamlade i industrinära miljö (fyra prover nära metallindustri, tre prover nära glasbruk, tre prover nära massaindustri, två prover nära mineralindustri, två prover nära en nedlagd gruva).

3.1 Analysmetod

Samtliga kemiska analyser har gjorts med ICP-MS (induktivt kopplad plasmamasspektrometri), efter uppslutning med salpetersyra och väteperoxid ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) i slutna teflonkärl i mikrovågsugn. Vid varje uppslutningsomgång och analys har ett av två tillgängliga referensmaterial, M2 och M3, uppslutits och analyserats, detta för att validera analysmetoden. Referensmaterialet kommer från den europeiska mossundersökningen inom CLRTAP, och härstammar ursprungligen från Syke, Finland (Steinnes m.fl., 1997). I Bilaga I visas kvantifieringsgränserna för analyserna.

För att lantanoider från jordpartiklar inte ska komma med i provet har uppslutningen av mossproverna gjorts med salpetersyra och väteperoxid, utan tillsats av vätefluorid (HF).

4 Resultat

4.1 Lätta lantanoider (LREE)

I figureerna nedan visas koncentrationer av lantan (Figur 1), cerium (Figur 2), praseodym (Figur 3), neodym (Figur 4), samarium (Figur 5) respektive europium (Figur 6) i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö över hela Sverige 2015 samt i bakgrund-, stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. I kartorna som gäller Kalmar län indikeras bakgrundsplatserna med gula symboler.

Generellt kan sägas att koncentrationer av lantanoider i bakgrundsproverna var betydligt lägre jämfört med proverna från stads- och industrinära miljö (Tabell 5, Tabell 6, Tabell 7). Som medelvärde var koncentrationerna i stadsmiljö ungefär fem gånger högre jämfört med proverna från bakgrundsmiljö. Motsvarande jämförelse för prover från industrinära miljö visar att koncentrationerna där var ungefär fyra gånger högre än i bakgrundsproverna. Bland bakgrundsproverna fanns dock några mossprover som visade högre koncentrationer (se kartorna, Figur 1-6). Bland bakgrundsproverna hade ett mossprov från Tomelilla, Skåne län, de högsta koncentrationerna av alla lätta lantanoider förutom europium, där ett prov från Mörbylånga, Kalmar län, hade något högre koncentration. Kartorna visar även att det fanns ytterligare några mossprover som hade något högre koncentrationer jämfört med de flesta andra prover insamlade i bakgrundsmiljö. Där kan nämnas mossprover från Åsele i Västerbottens län, Tierp i Uppsala län och Strömsund i Jämtlands län.

Bland prover insamlade i stadsmiljö hade ett prov från Oskarshamn de högsta koncentrationerna av lätta lantanoider (Tabell 6). Samtliga sex prover från stadsmiljö i Kalmar län hade högre koncentrationer jämfört med medelkoncentrationerna för prover från bakgrundsmiljö. Motsvarande jämförelse mellan prover från industrinära miljö och prover från bakgrundsmiljö ger en något annorlunda bild. Där hade fyra av de totalt 14 mossproverna lägre koncentrationer av nästan alla lätta lantanoider jämfört med prover insamlade i bakgrundsmiljö. För europium hade tre industrinära mossprover lägre koncentrationer jämfört med bakgrundsproverna. De högsta koncentrationerna av alla lätta lantanoider, förutom europium, hade insamlats i närhet av en massaindustri medan provet med den högsta koncentrationen av europium hade samlats in i närheten av en mineralindustri (Tabell 7).

Frekvensfigureerna (Figur 7, Figur 8, Figur 9) illustrerar hur fördelningen av uppmätta koncentrationer skiljer sig åt mellan bakgrund-, stads- och industrinära miljö. För mossprover insamlade i bakgrundsmiljö utgjorde andelen med koncentrationer inom de tre lägsta intervallen i kartlegenden ungefär 95 % av det totala antalet prover. För proverna från stadsmiljö och industrinära miljö var motsvarande andel ungefär 30 respektive 50 %.

Statistisk analys (Kruskal Wallis test) av de lätta lantanoidernas medianvärden visade att samtliga mossprover insamlade i bakgrundsmiljö hade signifikant lägre koncentrationer jämfört med mossor som insamlats i stads- och industrinära miljö ($p < 0,001$). Mediankoncentrationer för prover från stadsmiljö var för samtliga av de lätta lantanoiderna högre än mediankoncentrationerna för prover insamlade i industrinära miljö. Det fanns dock ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan dessa mediankoncentrationer. Skillnaderna mellan mediankoncentrationerna av lätta lantanoider illustreras i Figur 10, Figur 11 och i Figur 12. Skillnad mellan de lätta lantanoidernas mediankoncentrationer för de tre landsdelarna Götaland, Svealand och Norrland har undersökts med Kruskal Wallis test (Tabell 8). Analysen visade att mediankoncentrationerna i mossprover insamlade i Norrland för samtliga lätta lantanoider var signifikant lägre än motsvarande

mediankoncentrationer för Götaland. Jämförelse mot Svealand var mediankoncentrationerna signifikant lägre för alla lätta lantanoider förutom europium.

Tabell 5. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken kommun mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande lätta lantanoider i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>
Medelvärde	0,1736	0,3312	0,0380	0,1421	0,0255	0,0039
Medianvärde	0,1268	0,2260	0,0250	0,0966	0,0172	0,0029
Standardavvikelse	0,1735	0,3507	0,0421	0,1596	0,0286	0,0043
Minimum	0,0211	0,0399	0,0045	0,0176	0,0032	<0,0008
Maximum	1,1054	2,2527	0,2550	0,9875	0,1585	0,0265
Antal mossprover	86	86	86	86	86	86
Högsta koncentration	Tomelilla kommun	Tomelilla kommun	Tomelilla kommun	Tomelilla kommun	Tomelilla kommun	Mörbylånga kommun

Tabell 6. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken stad mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande lätta lantanoider i mossprover insamlade i stadsmiljö i Kalmar län 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

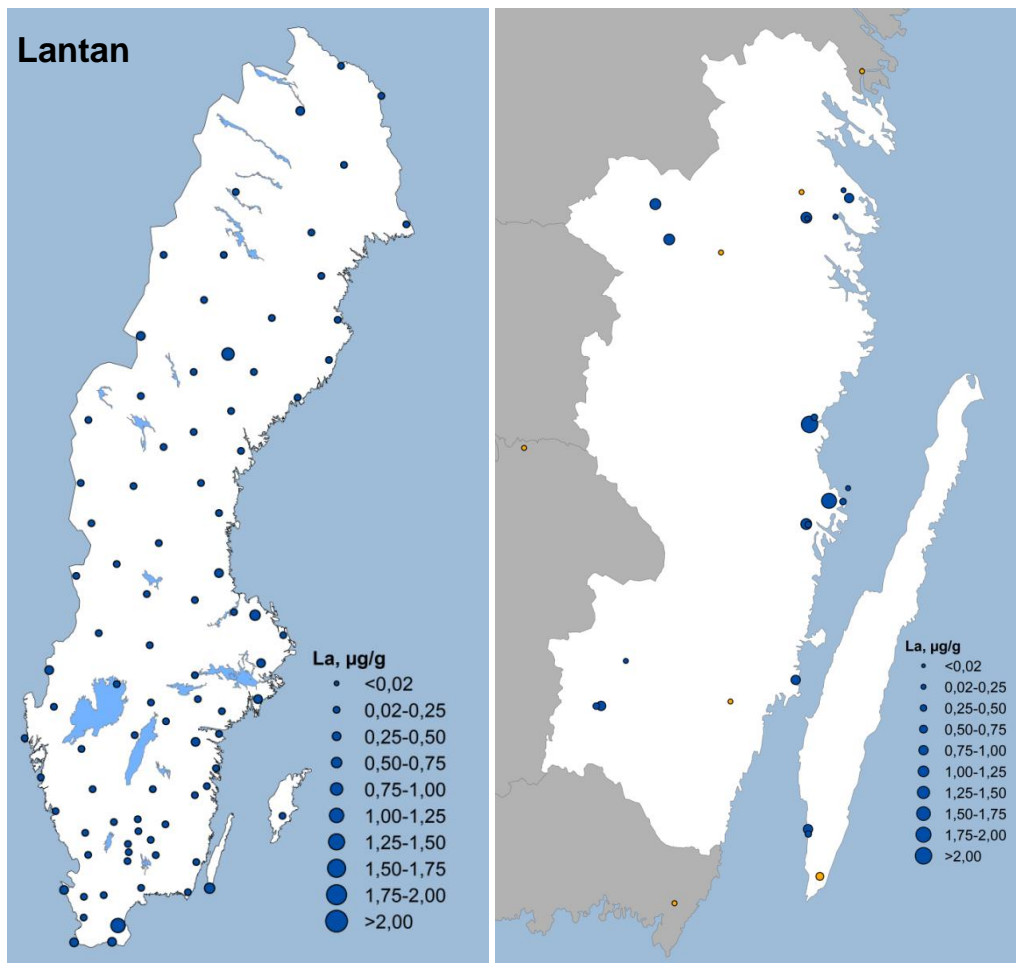
	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>
Medelvärde	0,9542	1,9022	0,2157	0,8039	0,1356	0,0211
Medianvärde	0,9160	1,8102	0,2021	0,7542	0,1268	0,0205
Standardavvikelse	0,7568	1,5202	0,1734	0,6488	0,1086	0,0148
Minimum	0,1993	0,3788	0,0437	0,1650	0,0296	0,0059
Maximum	2,2814	4,5573	0,5206	1,9472	0,3266	0,0450
Antal mossprover	6	6	6	6	6	6
Högsta koncentration	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn

Tabell 7. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken stad mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande lätta lantanoider i mossprover insamlade i industrinära i Kalmar län 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

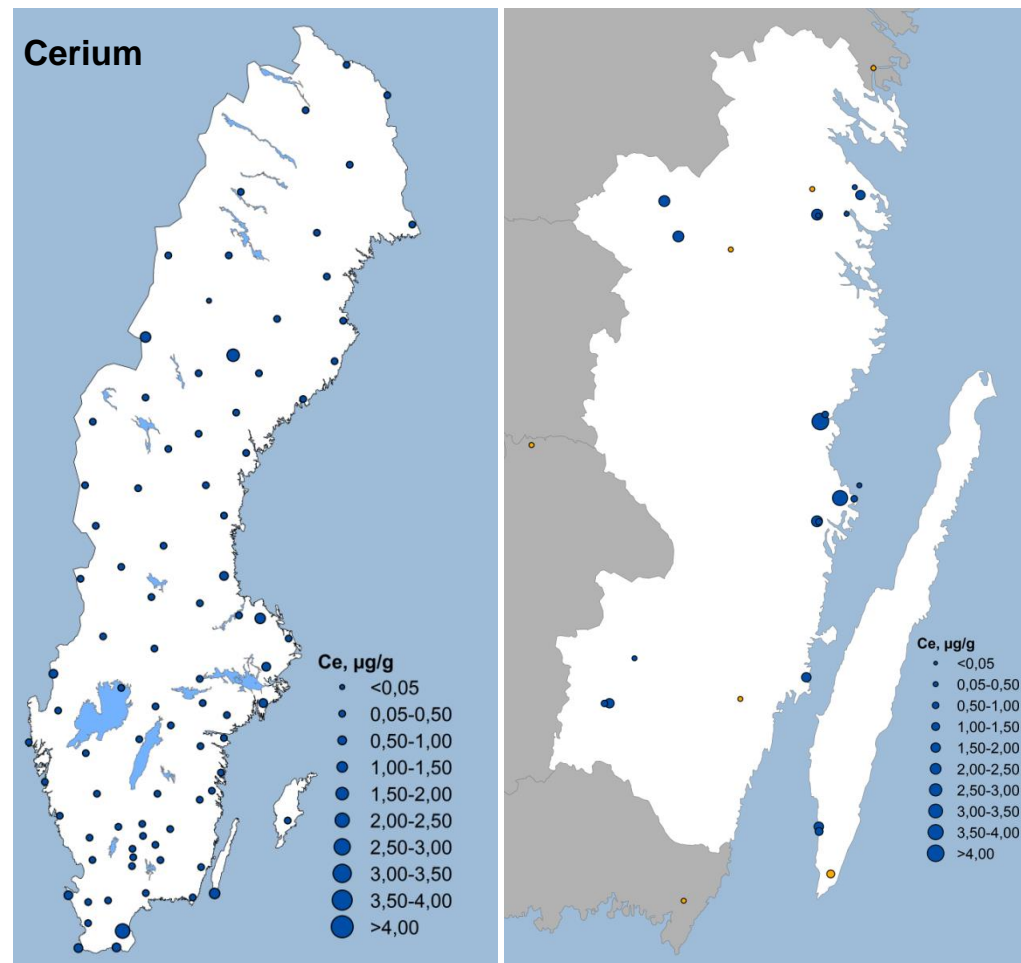
	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>
Medelvärde	0,6253	1,2899	0,1473	0,5561	0,1024	0,0156
Medianvärde	0,3945	0,8309	0,0995	0,3970	0,0747	0,0134
Standardavvikelse	0,5271	1,1234	0,1289	0,4807	0,0899	0,0124
Minimum	0,0837	0,1551	0,0179	0,0670	0,0123	0,0026
Maximum	1,8513	3,8172	0,4520	1,6711	0,3062	0,0407
Antal mossprover	14	14	14	14	14	14
Högsta koncentration	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Mineralindustri

Tabell 8. Resultat av statistisk analys med Kruskal Wallis test av skillnad mellan mediankoncentrationer av lätta lantanoider insamlade i Götaland, i Svealand respektive i Norrland

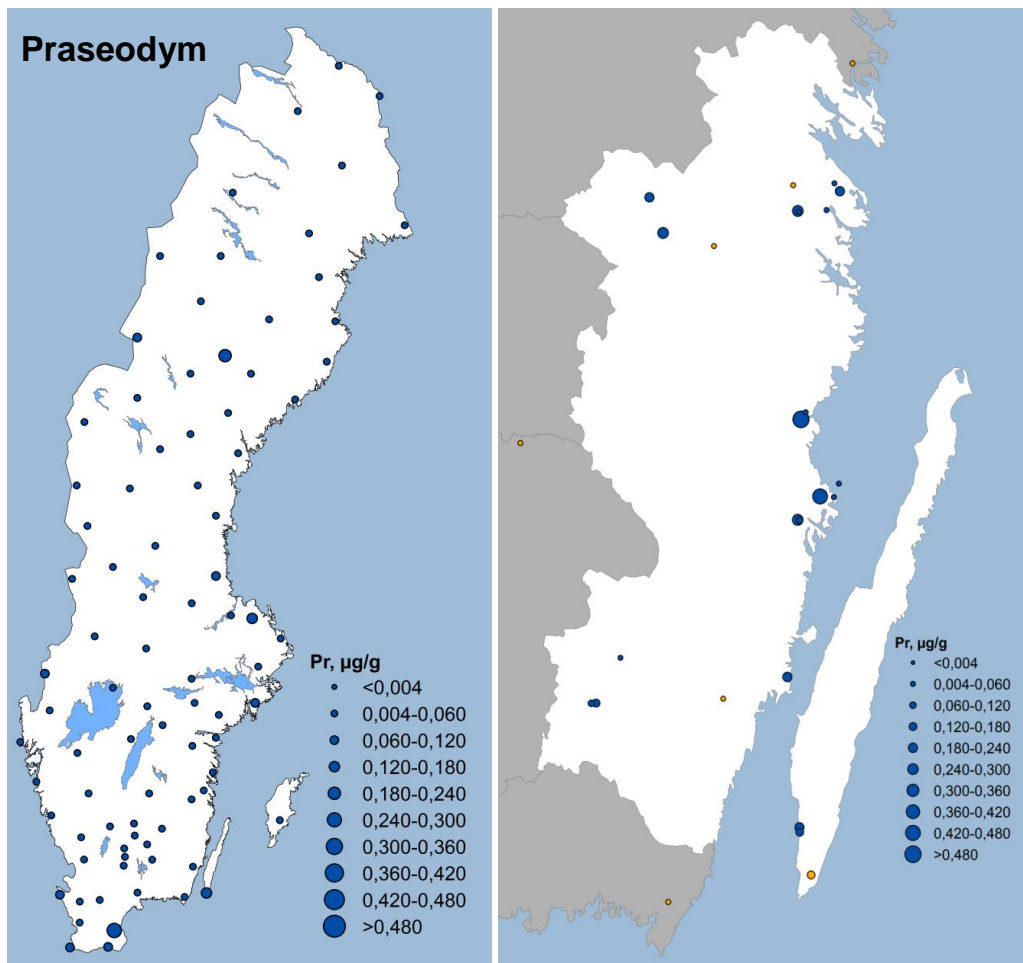
	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>
Götaland vs. Svealand	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.
Götaland vs. Norrland	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,01
Svealand vs. Norrland	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	ej sign.



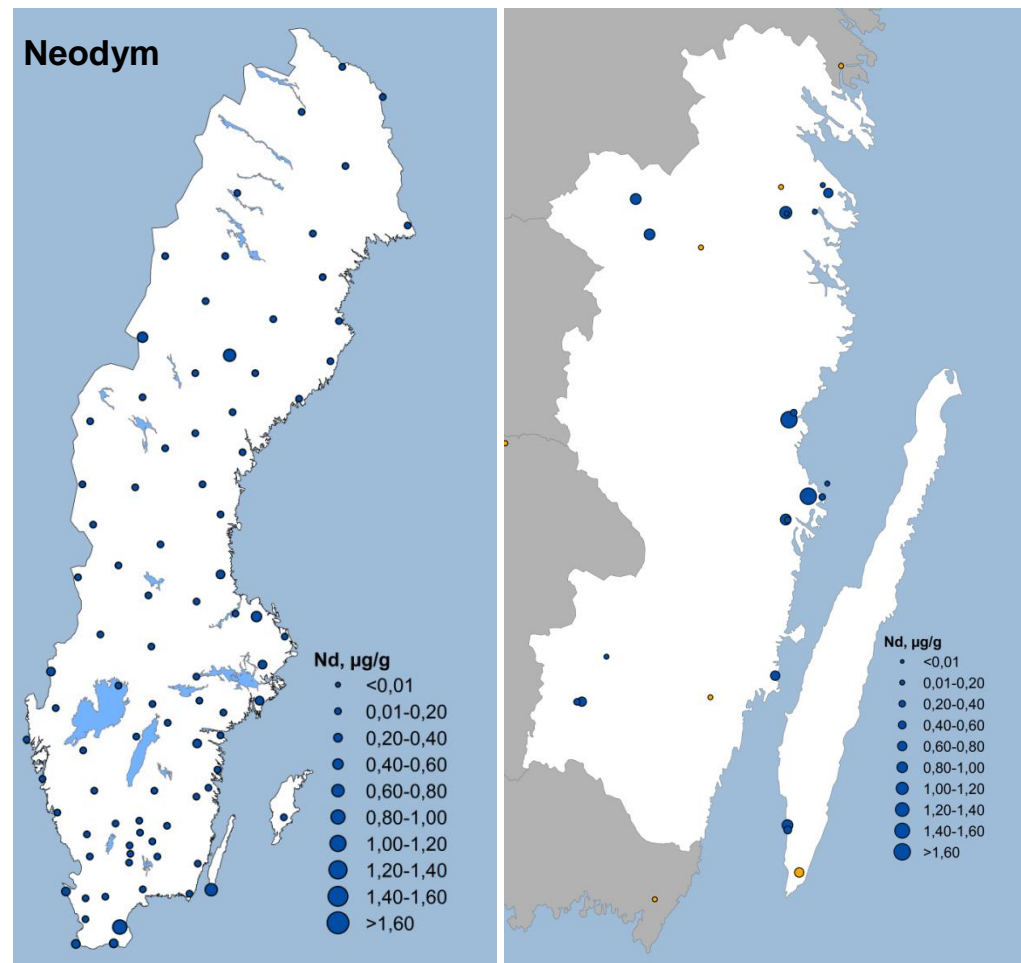
Figur 1. Koncentrationer av lantan i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



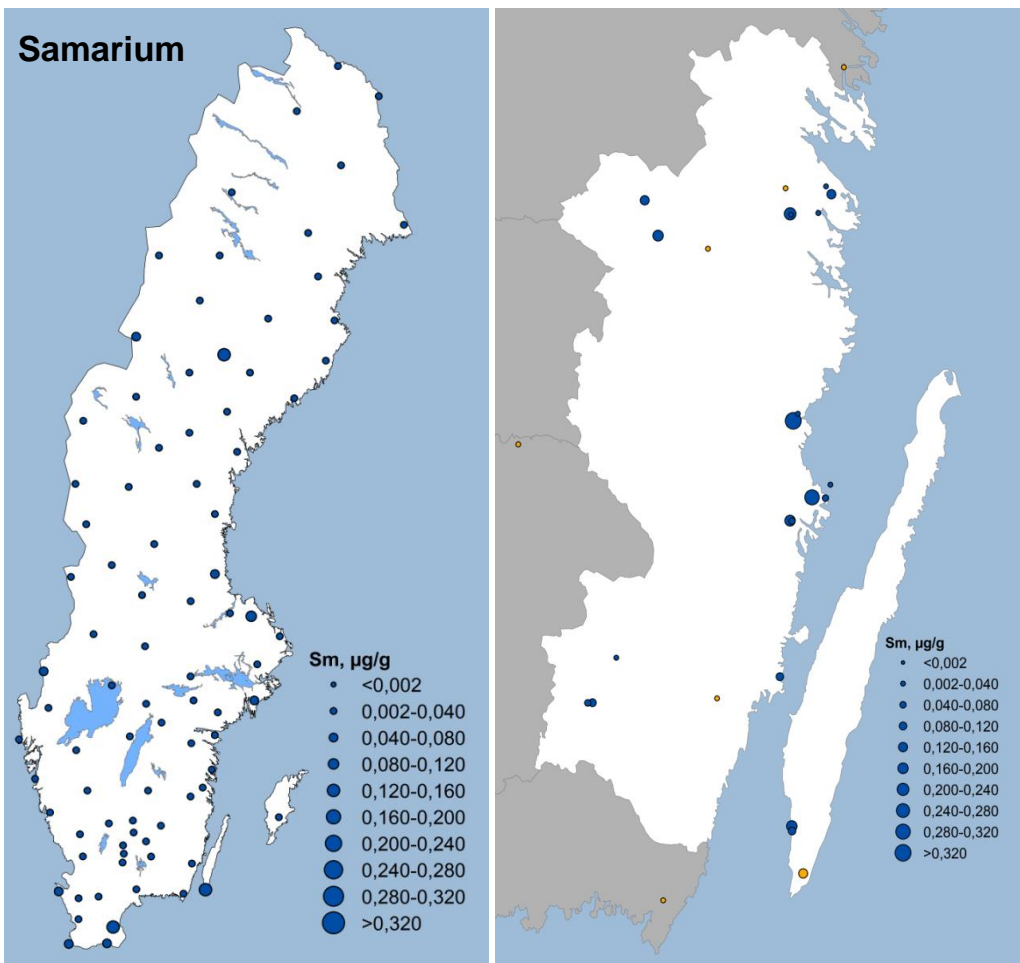
Figur 2. Koncentrationer av cerium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



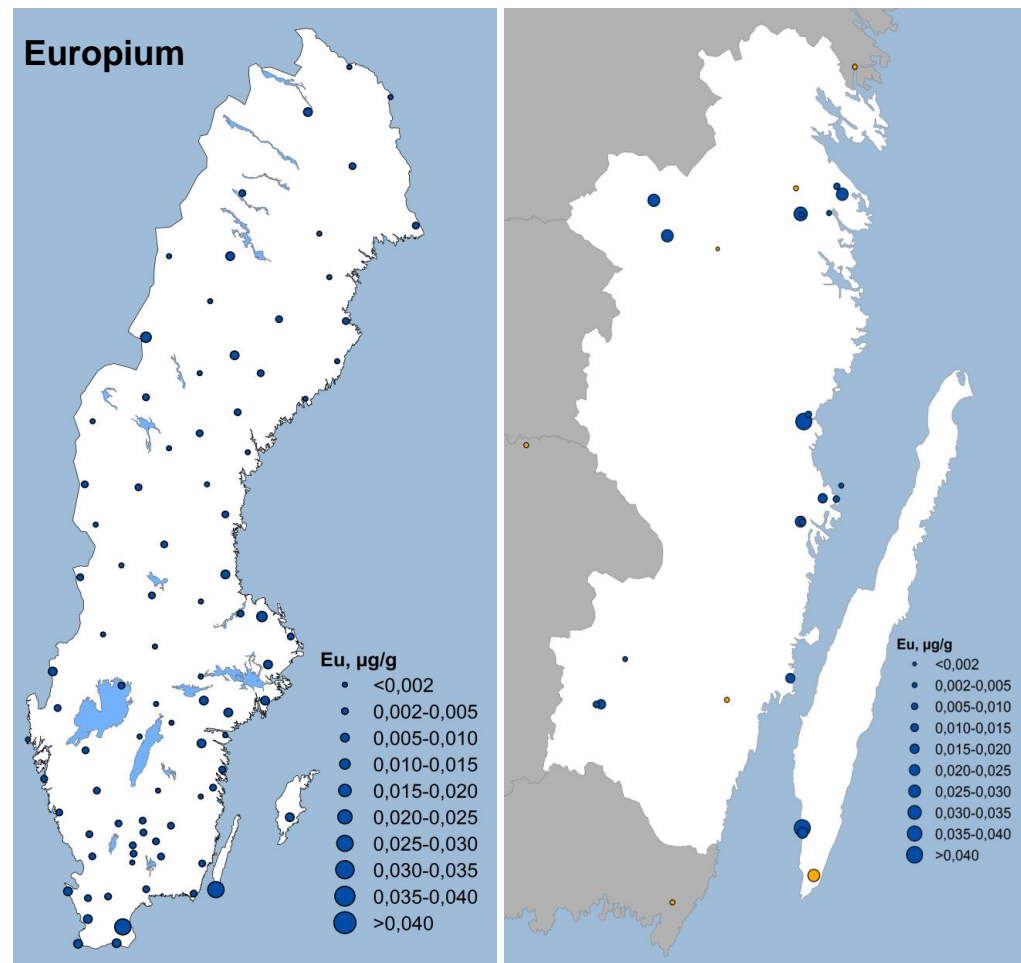
Figur 3. Koncentrationer av praseodym i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



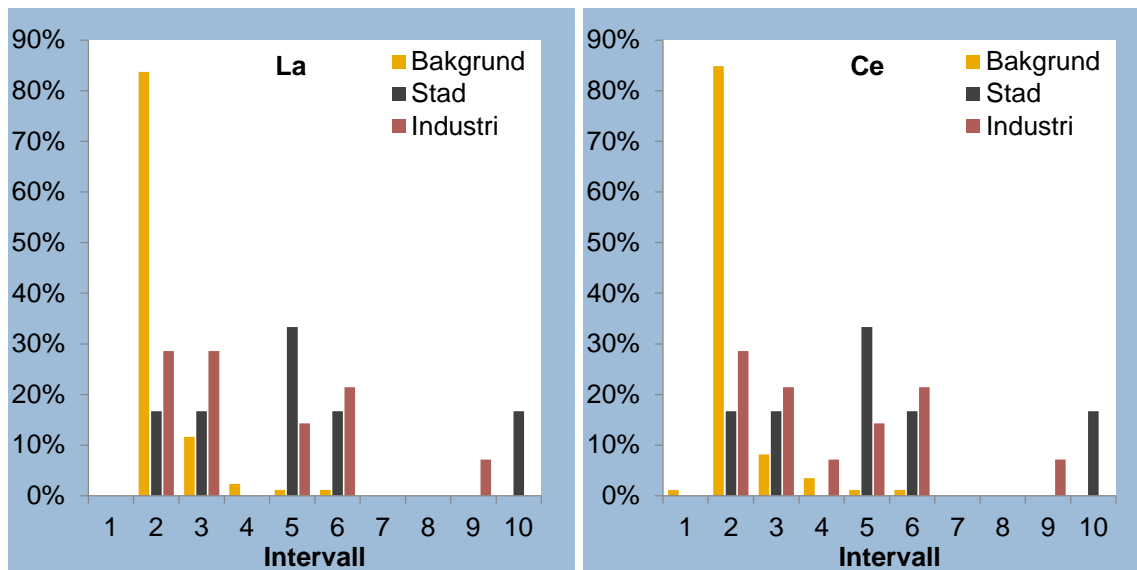
Figur 4. Koncentrationer av neodym i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



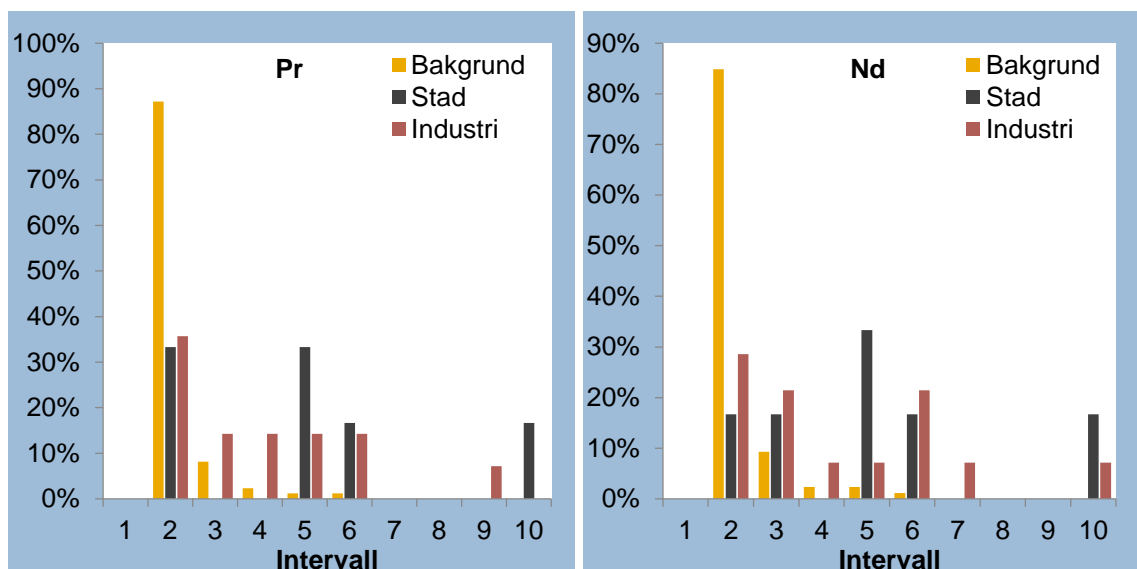
Figur 5. Koncentrationer av samarium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



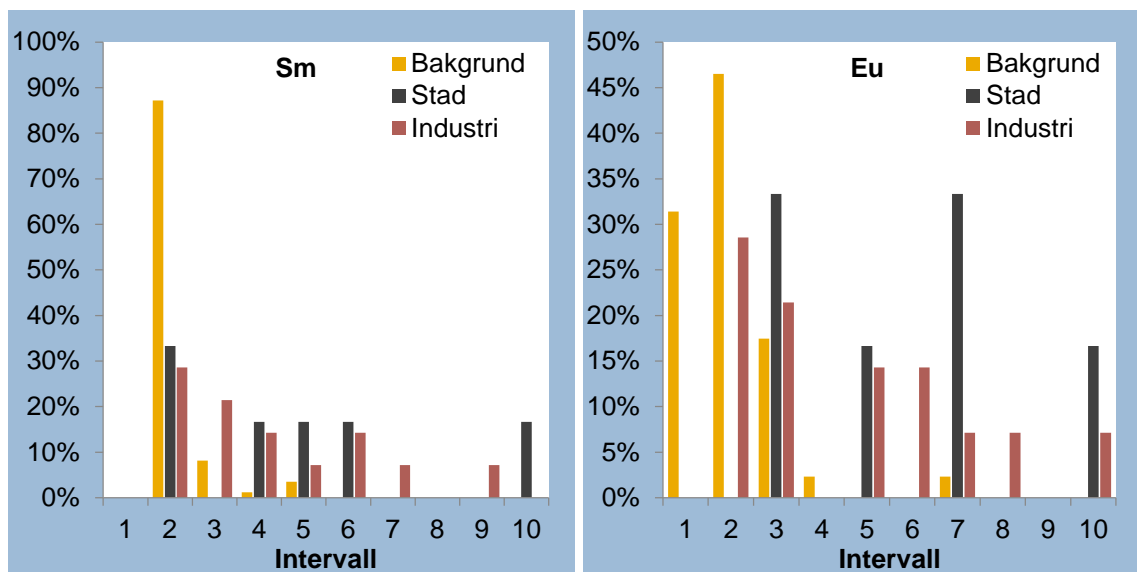
Figur 6. Koncentrationer av europium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



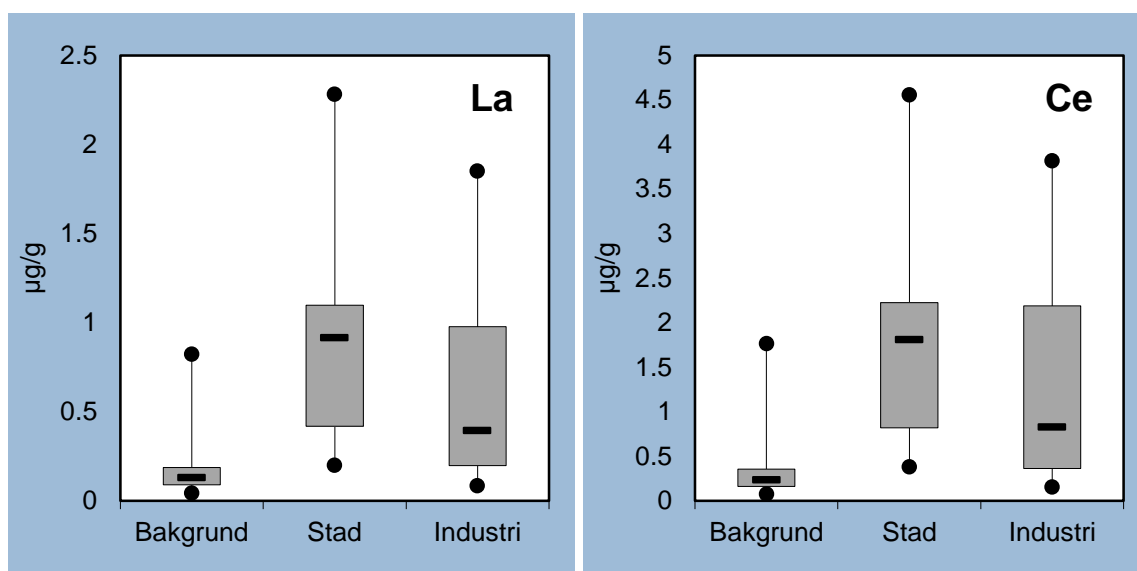
Figur 7. Frekvensfördelning av koncentrationer av lantan och cerium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



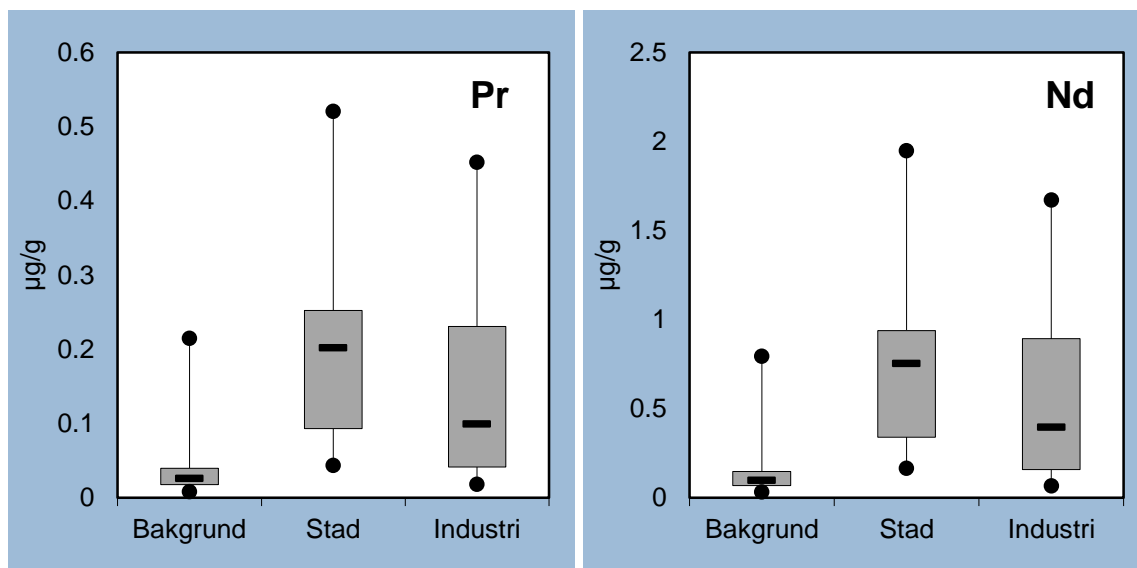
Figur 8. Frekvensfördelning av koncentrationer av praseodym och neodym insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



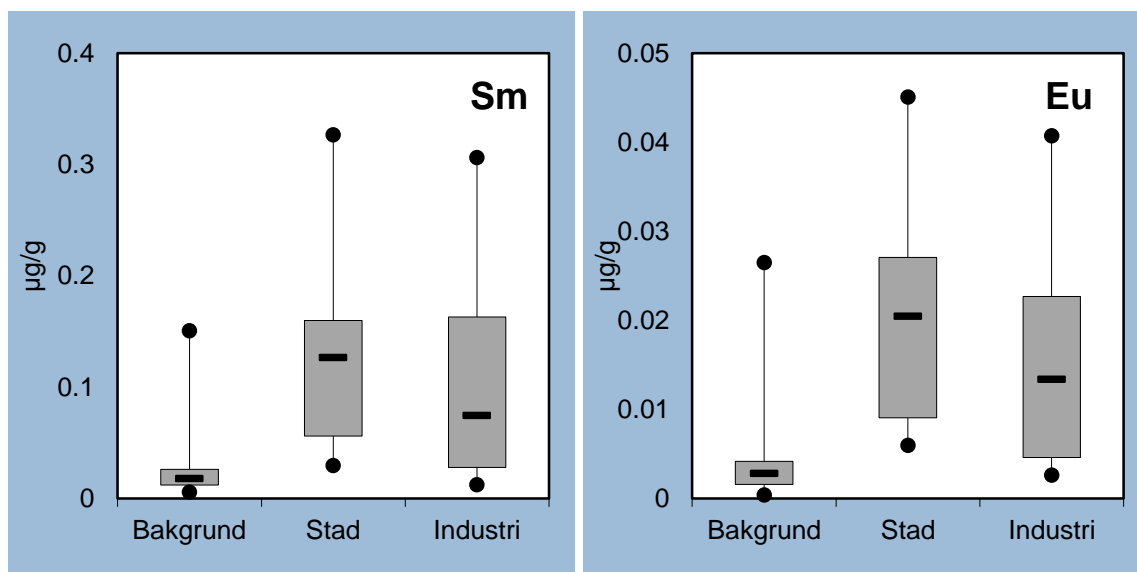
Figur 9. Frekvensfördelning av koncentrationer av samarium och europium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



Figur 10. Koncentrationer av lantan och cerium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.



Figur 11. Koncentrationer av praseodym och neodym insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.



Figur 12. Koncentrationer av samarium och europium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.

4.2 Tunga lantanoider (HREE)

I kartorna nedan visas koncentrationer av de tunga lantanoiderna gadolinium (Figur 13), terbium (Figur 14), dysprosium (Figur 15), holmium (Figur 16), erbium (Figur 17), tulium (Figur 18), ytterbium (Figur 19) och lutetium (Figur 20) i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö över hela Sverige 2015 samt i bakgrund-, stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. I kartorna som gäller Kalmar län indikeras bakgrundsplatserna med gula symboler.

På samma sätt som för de lätta lantanoiderna var koncentrationerna av de tunga lägre i mossproverna från bakgrundsmiljö jämfört med prover insamlade i stads- och industrinära miljö (Tabell 9, Tabell 10, Tabell 11). Även för de tunga lantanoiderna var medelvärdena i stadsmiljö ungefär fem gånger högre än medel för koncentrationerna i prover från bakgrundsmiljö. Koncentrationerna i prover insamlade i industrinära miljö var fyra till fem gånger högre jämfört med prover från bakgrund. På samma sätt som för de lätta lantanoiderna fanns för de tunga ett antal prover insamlade i bakgrundsmiljö med högre koncentrationer jämfört med de flesta av övriga bakgrundsprover (se kartorna, Figur 13-20). Dessa är från Mörbylånga i Kalmar län, Tomelilla och Vellinge i Skåne län, Tierp i Uppsala län, Strömsund i Jämtlands län och Åsele i Västerbottens län.

Bland prover insamlade i stadsmiljö hade ett prov insamlat i Oskarshamn de högsta koncentrationerna av tunga lantanoider (Tabell 10). Samtliga sex prover från stadsmiljö i Kalmar län hade högre koncentration av de tunga lantanoiderna jämfört med medelkoncentrationerna för prover från bakgrundsmiljö. Motsvarande jämförelse mellan prover från industrinära miljö och prover från bakgrundsmiljö gav en något annorlunda bild. Där har fyra av de totalt 14 mossproverna lägre eller samma koncentration av de tunga lantanoiderna jämfört med prover insamlade i bakgrundsmiljö. De högsta koncentrationerna av alla tunga lantanoider förutom europium hade insamlats i närhet av en massaindustri medan provet med den högsta koncentrationen av europium hade samlats in i närheten av en mineralindustri (Tabell 11).

Som Figur 21, Figur 22, Figur 23 och Figur 24 visar, gäller även för de tunga lantanoiderna att koncentrationerna i mossprover från bakgrundsmiljö till absolut övervägande andel fanns inom kartlegendernas tre lägsta intervall (94 till 98 % av proverna). För proverna från stadsmiljö och industrinära miljö var motsvarande andel ungefär 30 respektive 50 %.

Statistisk analys (Kruska Wallis test) av de tunga lantanoidernas medianvärden visade att samtliga av dem hade signifikant lägre koncentrationer i mossprover från bakgrundsmiljö jämfört med mossor som insamlats i stads- och industrinära miljö ($p < 0,001$). Som för de tunga lantanoiderna var mediankoncentrationer för samtliga av de tunga för prover från stadsmiljö högre än mediankoncentrationerna för prover insamlade i industrinära miljö. Det fanns dock ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan dessa mediankoncentrationer. Skillnaderna mellan mediankoncentrationerna av lätta lantanoider illustreras i Figur 25, Figur 26, Figur 27 och i Figur 28. Skillnad mellan de tunga lantanoidernas mediankoncentrationer för de tre landsdelarna Götaland, Svealand och Norrland har undersökts med Kruskal Wallis test (Tabell 12). Analysen visade att mediankoncentrationerna i mossprover insamlade i Norrland för samtliga tunga lantanoider var signifikant lägre än motsvarande mediankoncentrationer för Götaland och för Svealand.

Tabell 9. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken kommun mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande tunga lantanoider i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Ho</i>	<i>Er</i>	<i>Tm</i>	<i>Yb</i>	<i>Lu</i>
Medelvärde	0,0225	0,0031	0,0179	0,0033	0,0095	0,0013	0,0083	0,0012
Medianvärde	0,0150	0,0021	0,0118	0,0021	0,0063	0,0008	0,0054	0,0008
Standardavvikelse	0,0245	0,0034	0,0184	0,0034	0,0095	0,0013	0,0083	0,0012
Minimum	0,0029	<0,0003	0,0024	0,0004	<0,0013	<0,0002	<0,0016	<0,0003
Maximum	0,1349	0,0189	0,1065	0,0194	0,0536	0,0073	0,0446	0,0066
Antal mossprover	86	86	86	86	86	86	86	86
Högsta koncentration	Tomelilla kommun	Mörbylånga kommun	Mörbylånga kommun	Mörbylånga kommun	Mörbylånga kommun	Mörbylånga kommun	Mörbylånga kommun	Tomelilla kommun

Tabell 10. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken stad mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande tunga lantanoider i mossprover insamlade i stadsmiljö i Kalmar län 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

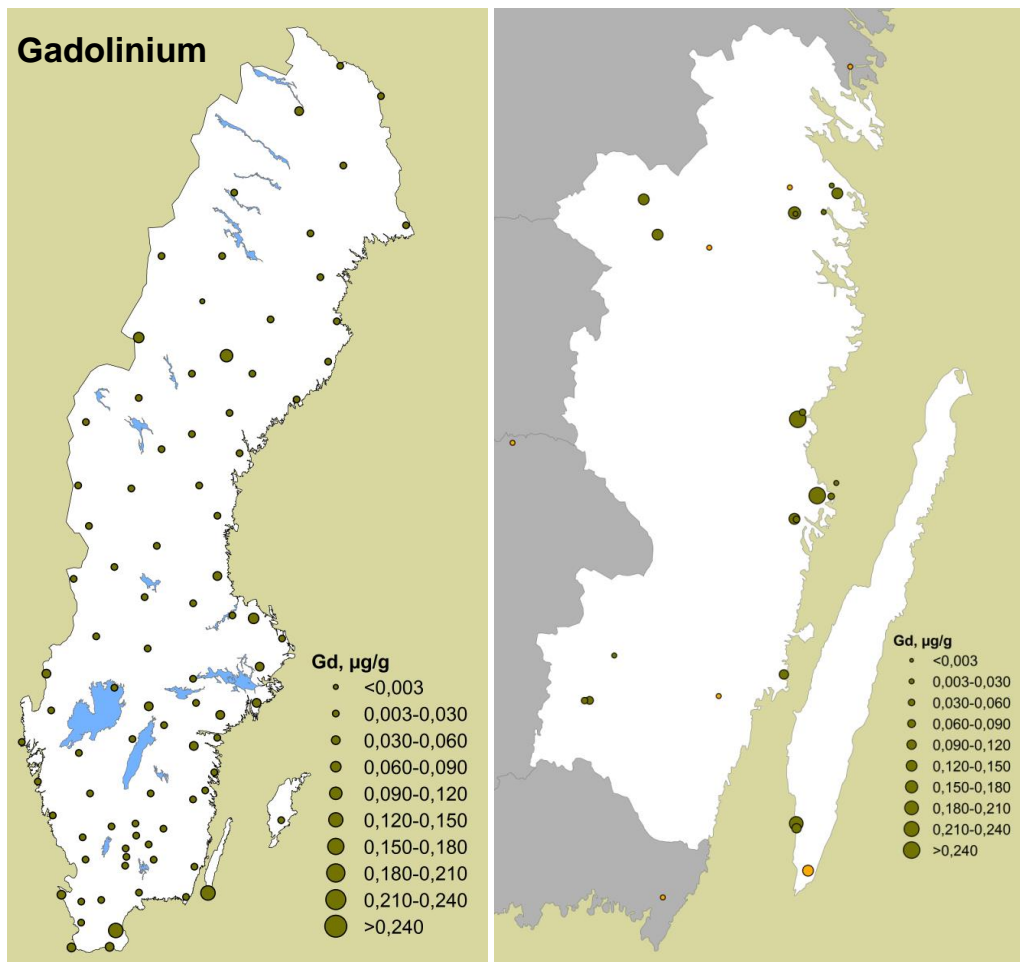
	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Ho</i>	<i>Er</i>	<i>Tm</i>	<i>Yb</i>	<i>Lu</i>
Medelvärde	0,1165	0,0151	0,0859	0,0154	0,0467	0,0062	0,0413	0,0060
Medianvärde	0,1110	0,0142	0,0795	0,0140	0,0425	0,0056	0,0372	0,0054
Standardavvikelse	0,0910	0,0118	0,0684	0,0123	0,0377	0,0051	0,0341	0,0050
Minimum	0,0283	0,0034	0,0195	0,0035	0,0107	0,0013	0,0088	0,0013
Maximum	0,2762	0,0357	0,2062	0,0371	0,1137	0,0152	0,1026	0,0148
Antal mossprover	6	6	6	6	6	6	6	6
Högsta koncentration	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn	Oskarshamn

Tabell 11. Medel- och mediankoncentration, standardavvikelse, minimum- och maximumkoncentration, antal analyserade mossprover och information om i vilken stad mossprovet med den högsta koncentrationen insamlats. Allt gällande tunga lantanoider i mossprover insamlade i industrinära i Kalmar län 2015. I tabellen anges koncentrationer i µg/g.

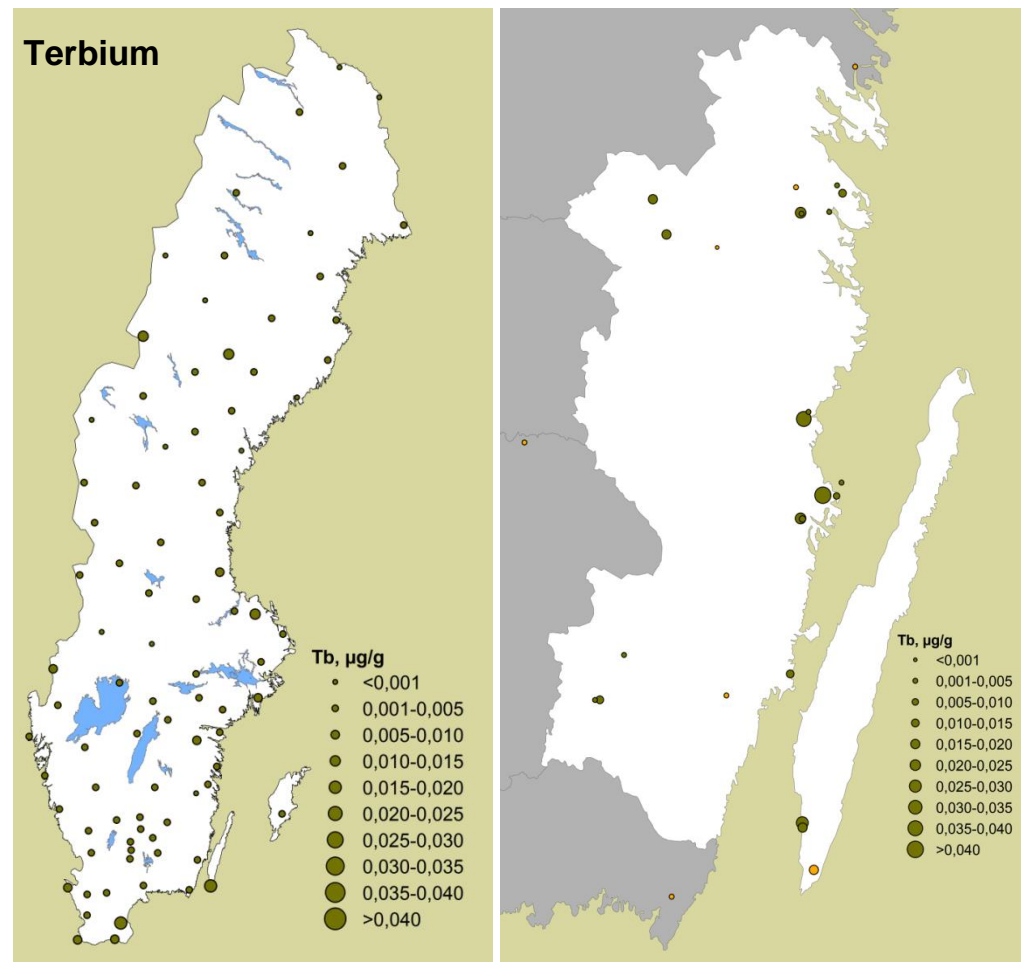
	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Ho</i>	<i>Er</i>	<i>Tm</i>	<i>Yb</i>	<i>Lu</i>
Medelvärde	0,0932	0,0130	0,0755	0,0141	0,0425	0,0058	0,0376	0,0055
Medianvärde	0,0650	0,0086	0,0495	0,0094	0,0274	0,0039	0,0251	0,0038
Standardavvikelse	0,0832	0,0120	0,0731	0,0138	0,0436	0,0061	0,0399	0,0058
Minimum	0,0110	0,0015	0,0093	0,0015	0,0050	0,0006	0,0042	0,0006
Maximum	0,2838	0,0419	0,2616	0,0498	0,1594	0,0223	0,1483	0,0215
Antal mossprover	14	14	14	14	14	14	14	14
Högsta koncentration	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri	Massaindustri

Tabell 12. Resultat av statistisk analys med Kruskal Wallis test av skillnad mellan mediankoncentrationer av tunga lantanoider insamlade i Götaland, i Svealand respektive i Norrland

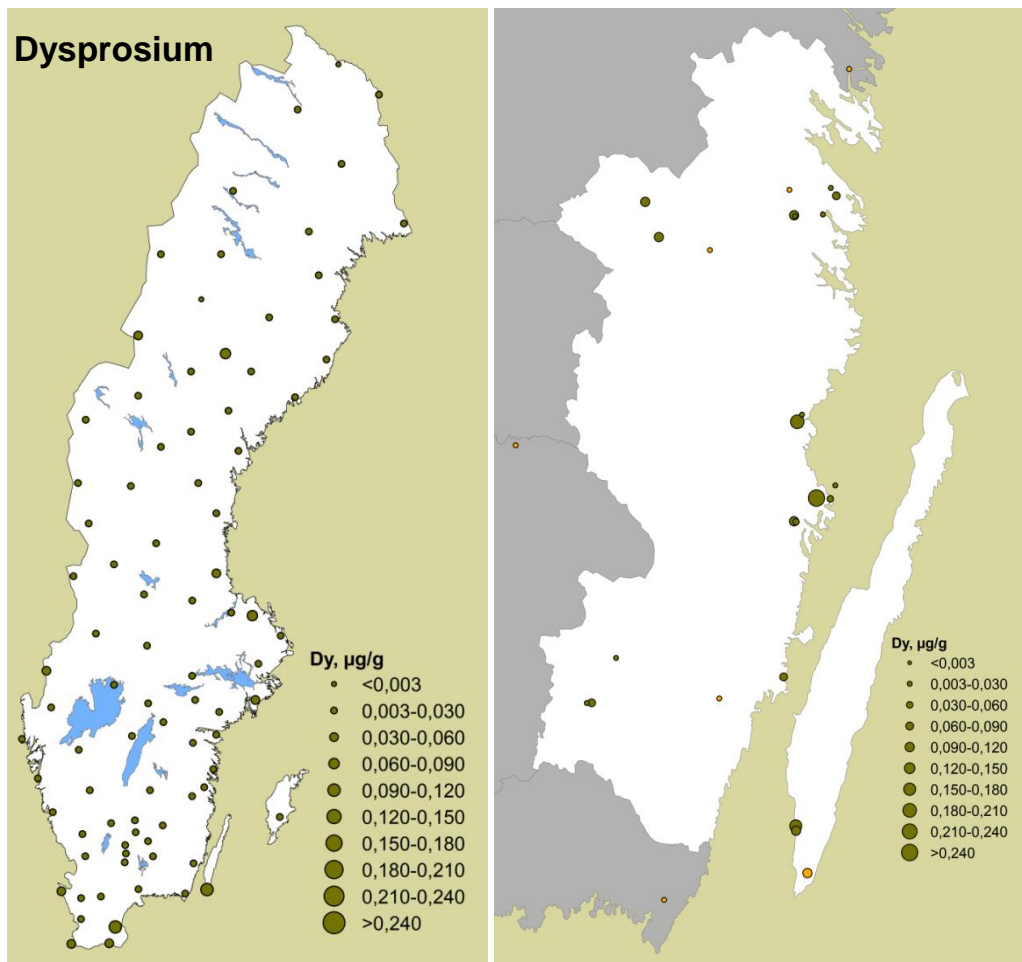
	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Ho</i>	<i>Er</i>	<i>Tm</i>	<i>Yb</i>	<i>Lu</i>
Götaland vs. Svealand	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.	ej sign.
Götaland vs. Norrland	p<0,001	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,001	p<0,001
Svealand vs. Norrland	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,01



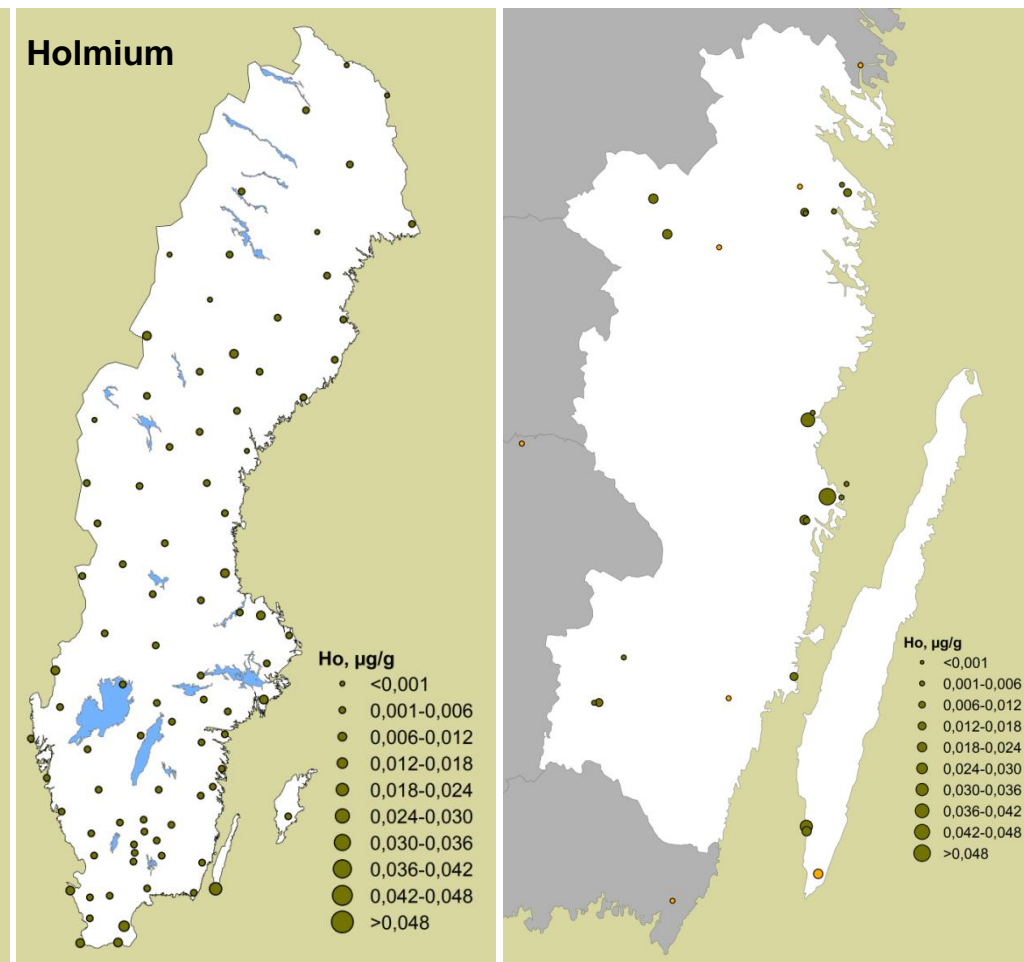
Figur 13. Koncentrationer av gadolinium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



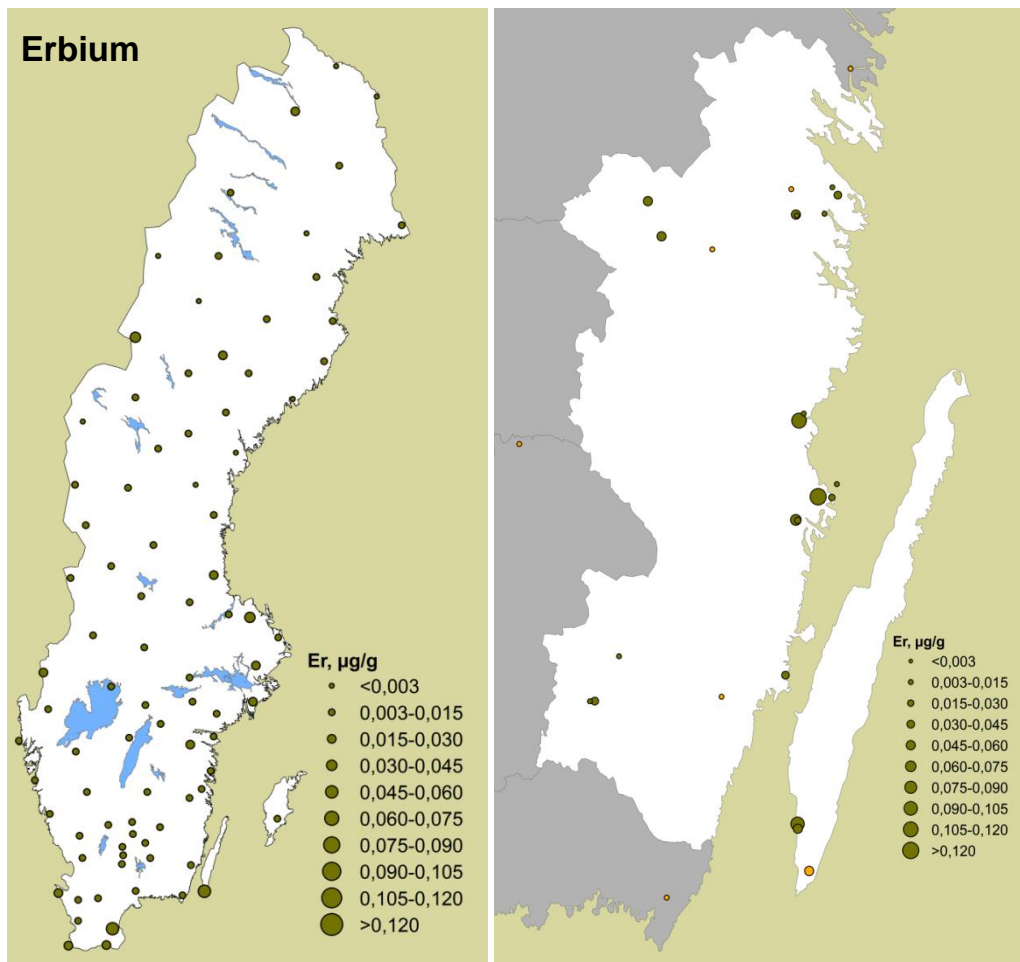
Figur 14. Koncentrationer av terbium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



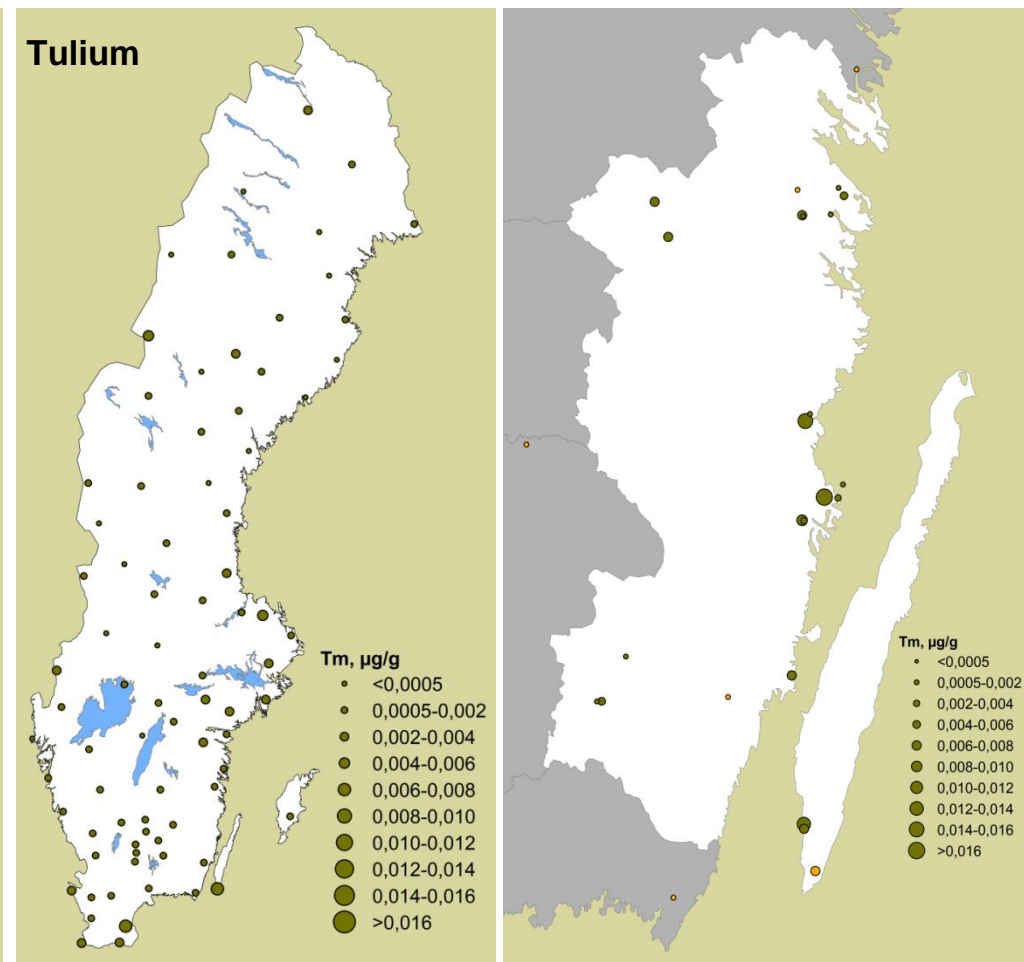
Figur 15. Koncentrationer av dysprosium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



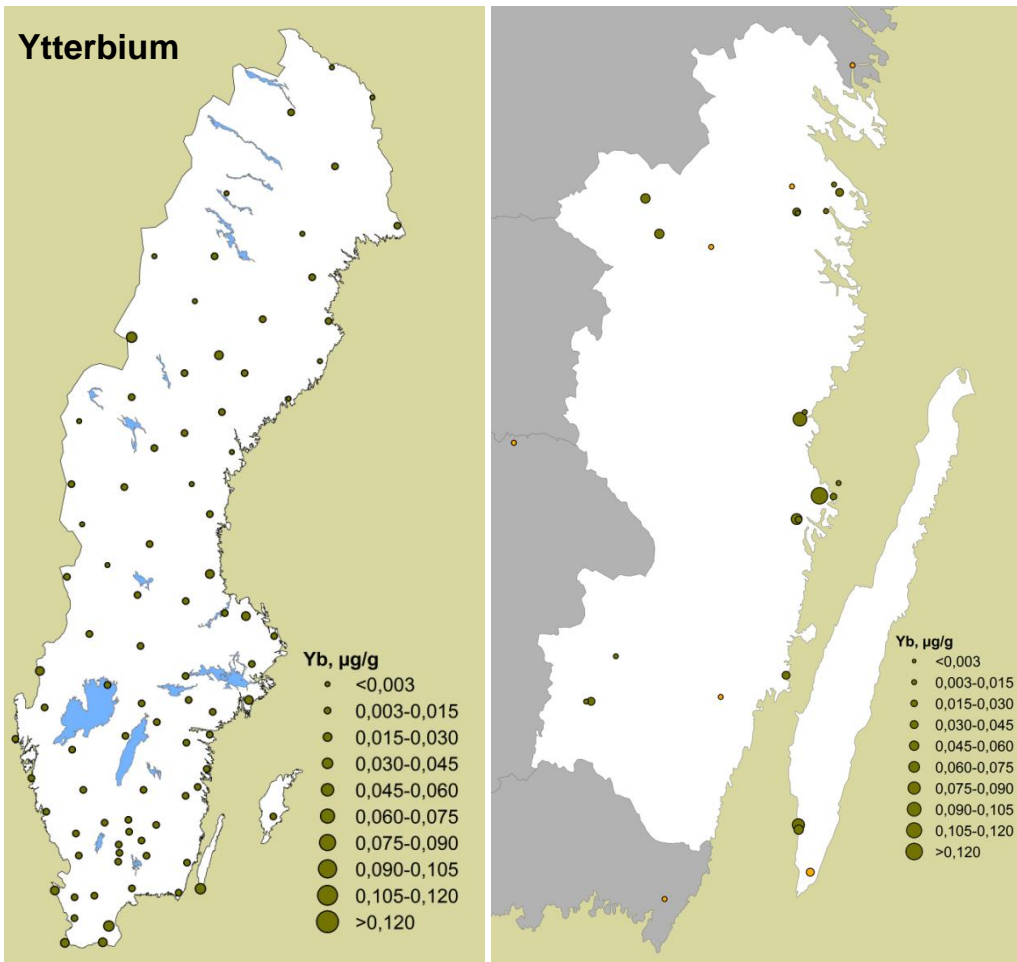
Figur 16. Koncentrationer av holmium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



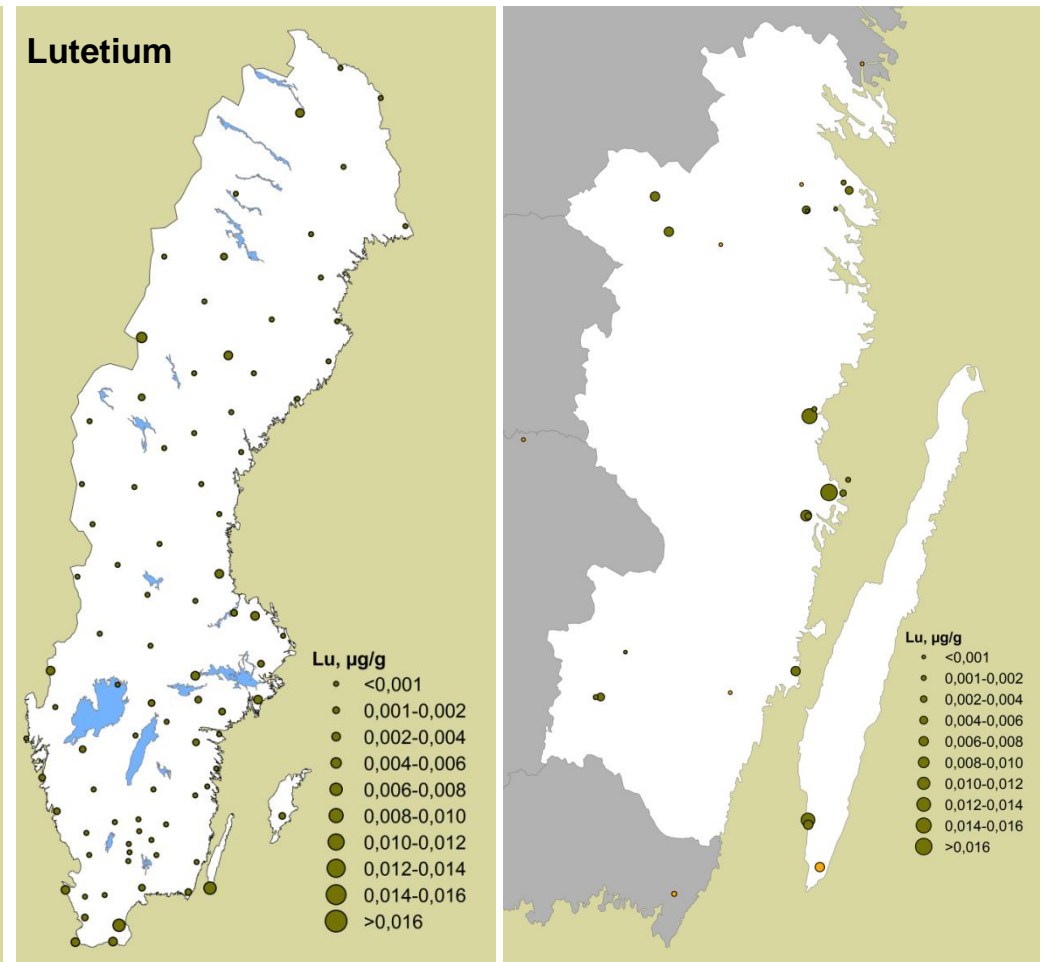
Figur 17. Koncentrationer av erbium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



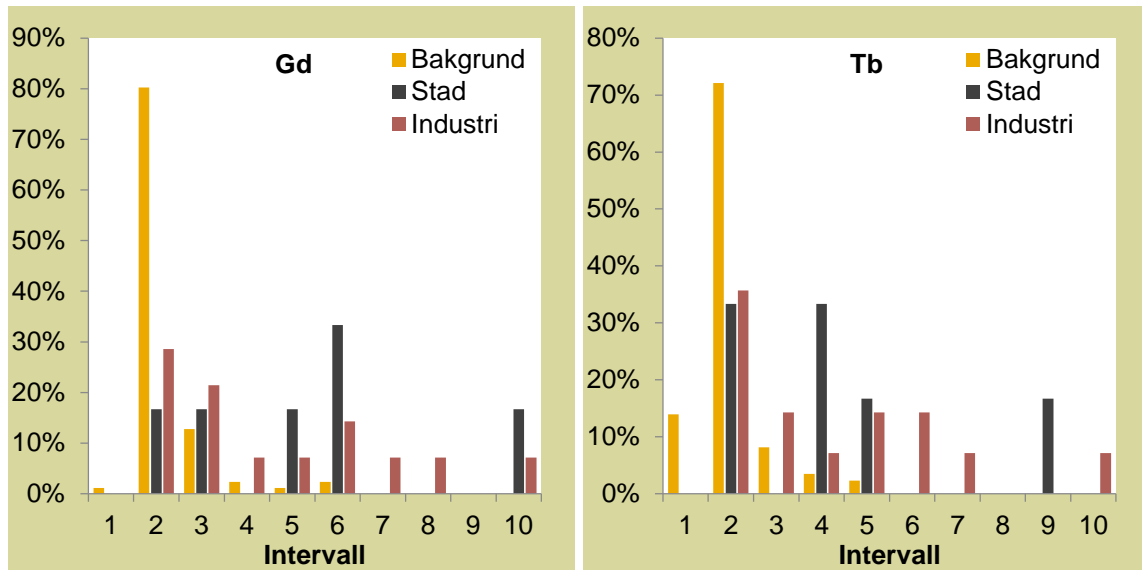
Figur 18. Koncentrationer av tulium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



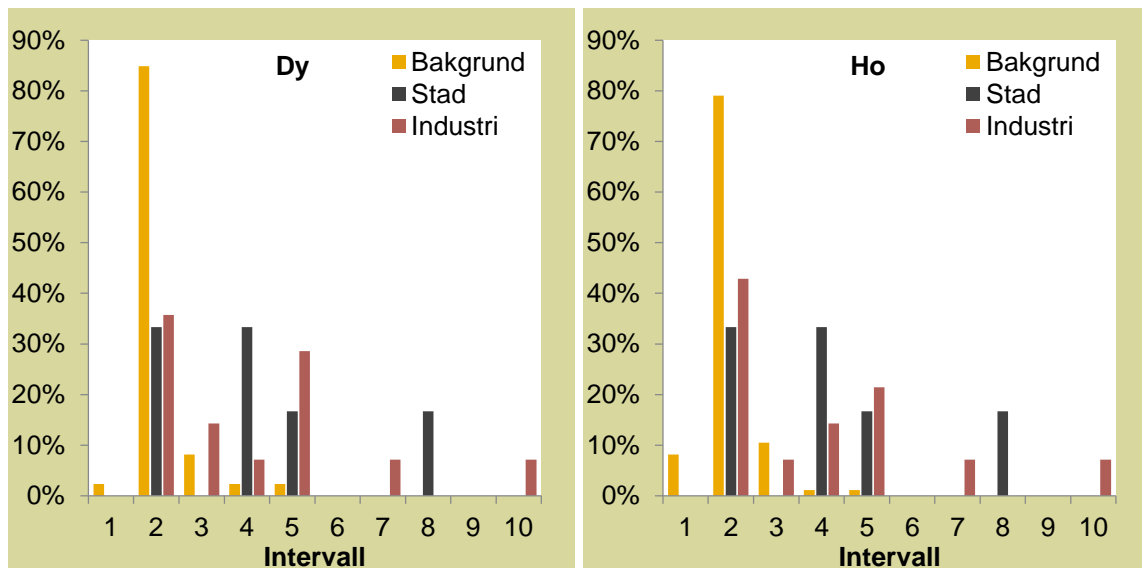
Figur 19. Koncentrationer av ytterbium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



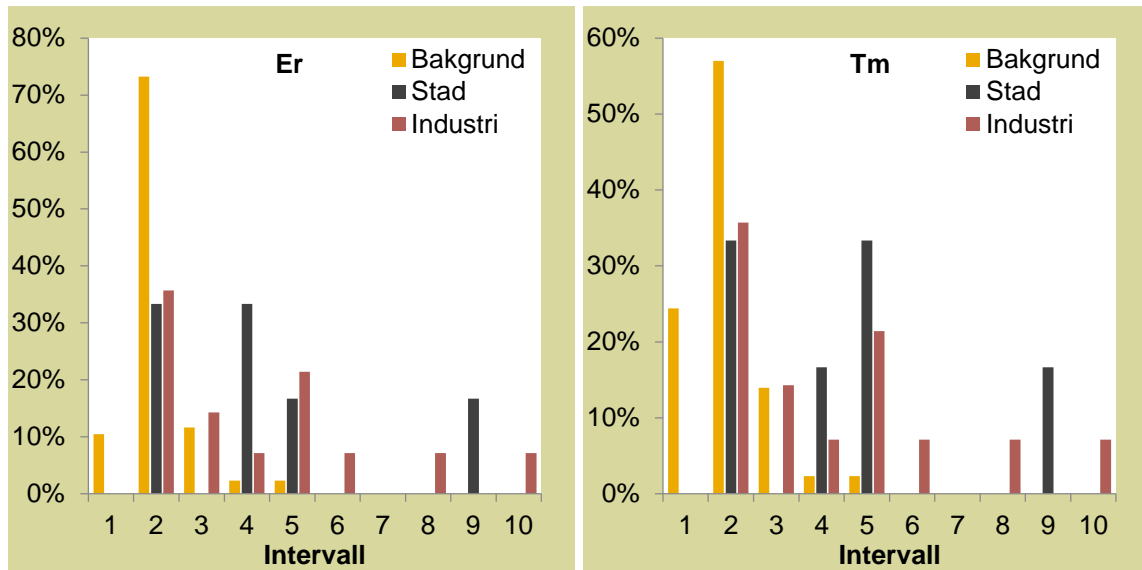
Figur 20. Koncentrationer av lutetium i mossprover insamlade i bakgrundsmiljö i Sverige och i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



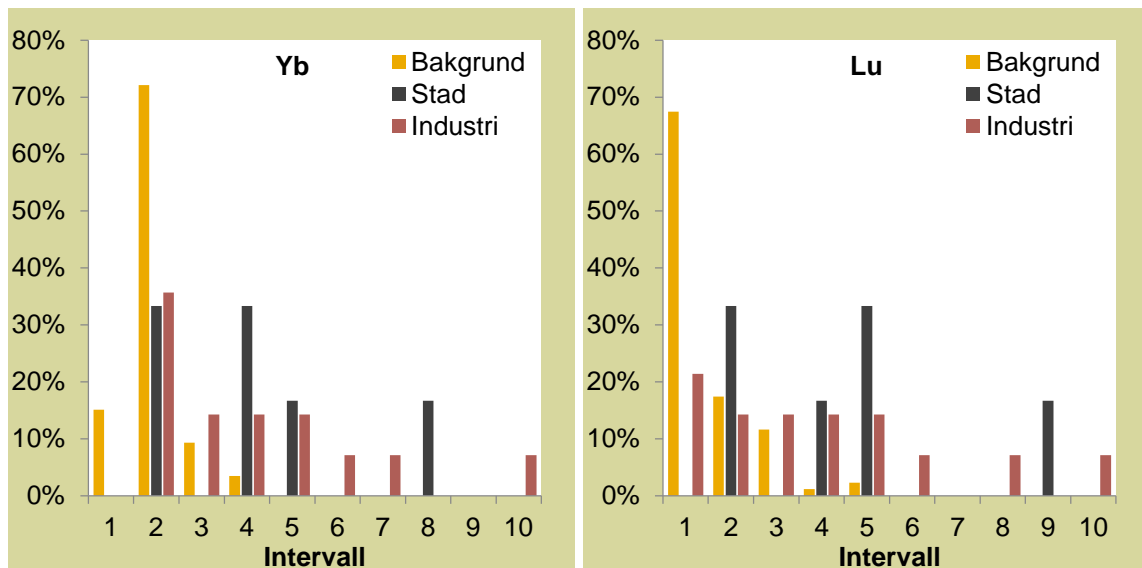
Figur 21. Frekvensfördelning av koncentrationer av gadolinium och terbium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



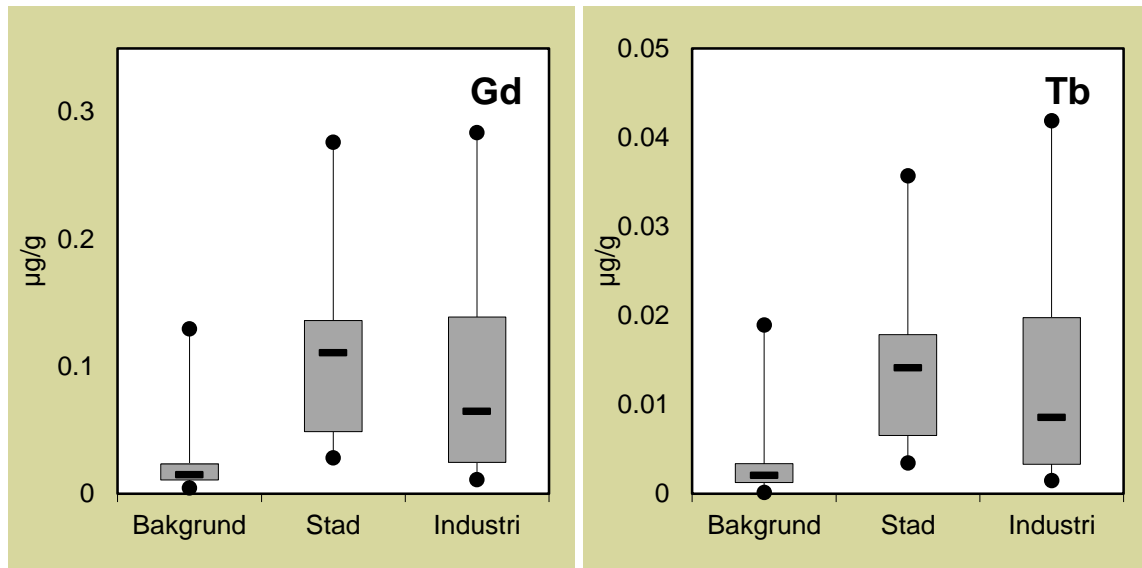
Figur 22. Frekvensfördelning av koncentrationer av dysprosium och holmium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



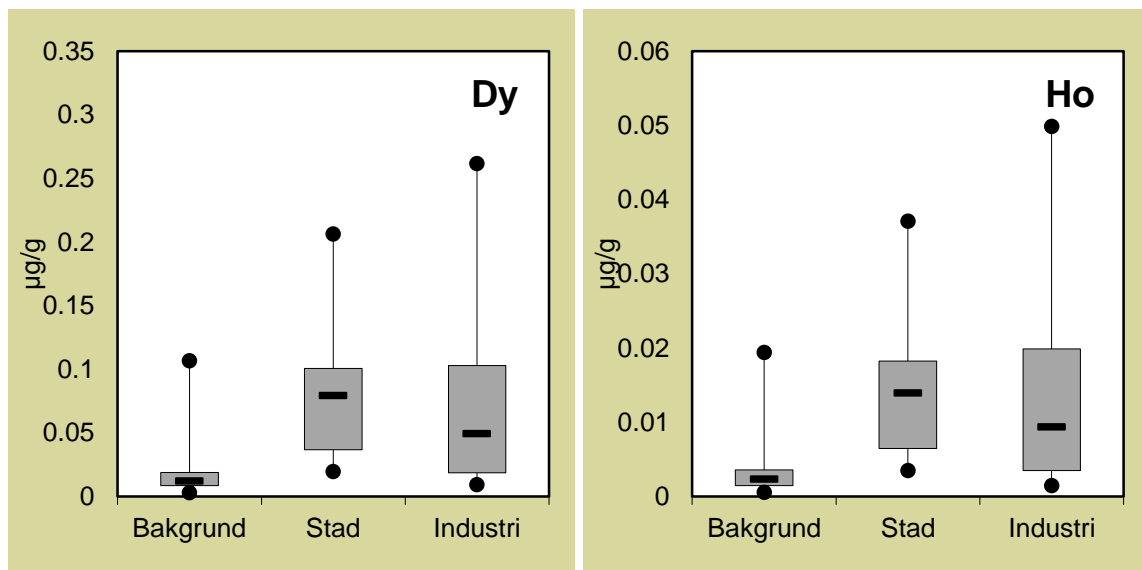
Figur 23. Frekvensfördelning av koncentrationer av erbium och tulium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



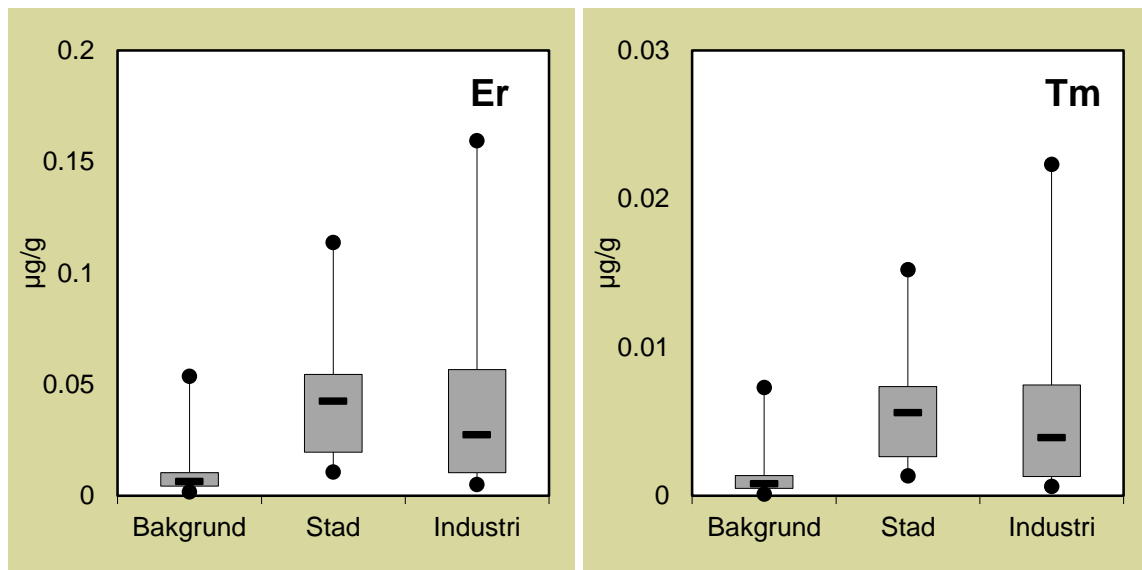
Figur 24. Frekvensfördelning av koncentrationer av ytterbium och lutetium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015.



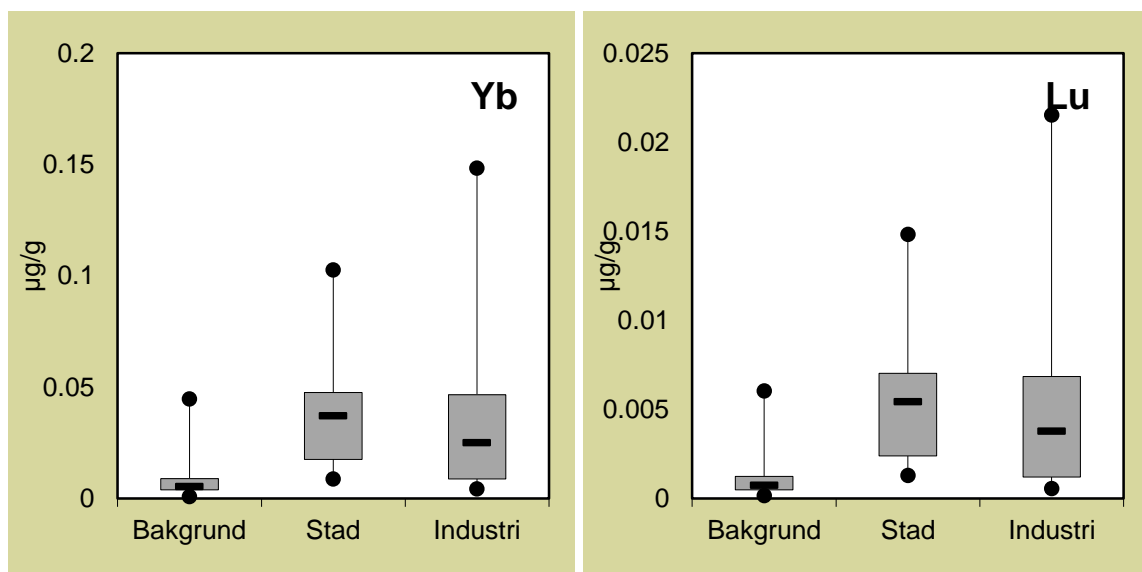
Figur 25. Koncentrationer av gadolinium och terbium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen mellan nedre och övre kvartilen, vilket motsvarar 50 % av värdena. Medianen visas med ett streck i boxen. De lodräta strecken som går ut från boxen visar det lägsta och högsta värdet.



Figur 26. Koncentrationer av dysprosium och holmium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.



Figur 27. Koncentrationer av erbium och tulium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.



Figur 28. Koncentrationer av ytterbium och lutetium insamlade i bakgrundsmiljö respektive i stads- och industrinära miljö i Kalmar län 2015. "Boxen" visar koncentrationen 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.

4.3 Koncentrationsordning och korrelation

Koncentrationsordningen för olika lantanoider i svenska mossprover från 2015 var densamma oavsett om proverna kom från bakgrunds-, stads- eller industrimiljö: Ce>La>Nd>Pr>Sm>Gd>Dy>Er>Yb>Eu>Ho>Tb>Tm>Lu.

De lätta lantanoiderna cerium och lantan är de två vanligast förekommande i REE-gruppen, och de har också högst halter i jordskorpan. Metallerna i den tunga gruppen har generellt betydligt lägre koncentrationer och är inte alltid detekterbara.

Generellt visar de lätta lantanoiderna god korrelation med varandra och detsamma gäller för de tunga, men grupperna korrelerar inte nödvändigtvis med varandra, (Figur 29 och Figur 30). Europium är ofta avvikande (Europiumanomali), möjligen kan detta förklaras genom att de har valenstal 2+ och 3+ jämfört med övriga lantanoider som oftast har 3+. Många lantanoider förekommer tillsammans, speciellt tydligt är detta för de båda grupperna lätta respektive tunga lantanoider, där deras inbördes korrelationer är mycket höga. Ett undantag för detta var europium som avvek från mönstret för andra lätta lantanoider.

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
La	1.00	0.99	0.99	0.99	0.97	0.82	0.96	0.92	0.91	0.91	0.89	0.87	0.88	0.87
Ce	0.99	1.00	0.99	0.99	0.97	0.80	0.95	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.87	0.86
Pr	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.82	0.97	0.94	0.92	0.91	0.89	0.88	0.88	0.87
Nd	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.84	0.98	0.95	0.93	0.92	0.90	0.88	0.89	0.87
Sm	0.97	0.97	0.99	0.99	1.00	0.83	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87
Eu	0.82	0.80	0.82	0.84	0.83	1.00	0.89	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92
Gd	0.96	0.95	0.97	0.98	0.99	0.89	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.94	0.92
Tb	0.92	0.92	0.94	0.95	0.97	0.92	0.99	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.96	0.94
Dy	0.91	0.90	0.92	0.93	0.95	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.96
Ho	0.91	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.97	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.97
Er	0.89	0.87	0.89	0.90	0.91	0.94	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	0.99	1.00	0.98
Tm	0.87	0.86	0.88	0.88	0.89	0.94	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99
Yb	0.88	0.87	0.88	0.89	0.89	0.93	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	0.99	1.00	0.99
Lu	0.87	0.86	0.87	0.87	0.87	0.92	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00

Figur 29. Korrelationsmatris baserade på determinationskoefficienter (r^2) för koncentrationer av lantanoider i mossor insamlade i bakgrundsmiljö i hela Sverige under 2015.

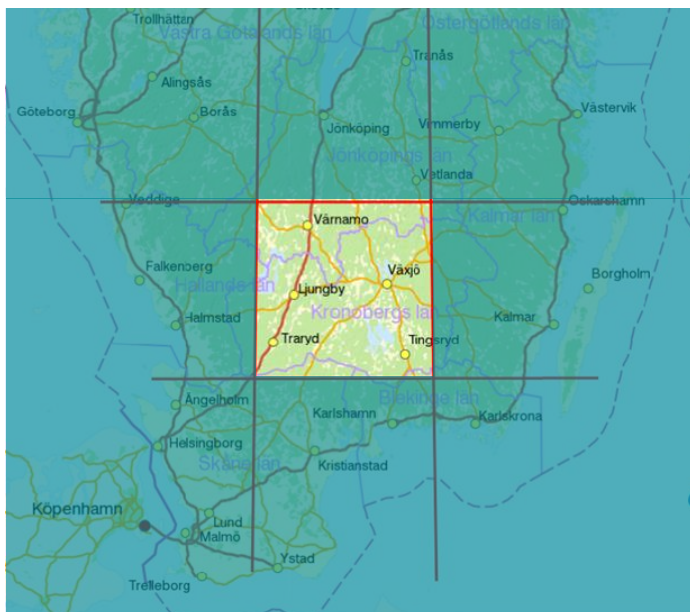
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
La	1.00	0.99	1.00	0.99	0.95	0.65	0.90	0.86	0.83	0.80	0.79	0.78	0.79	0.79
Ce	0.99	1.00	0.99	0.99	0.96	0.67	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.78	0.79	0.78
Pr	1.00	0.99	1.00	1.00	0.98	0.67	0.93	0.90	0.86	0.84	0.82	0.82	0.82	0.82
Nd	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.70	0.95	0.91	0.88	0.85	0.84	0.83	0.84	0.83
Sm	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00	0.74	0.98	0.96	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.87
Eu	0.65	0.67	0.67	0.70	0.74	1.00	0.74	0.68	0.62	0.50	0.54	0.51	0.50	0.50
Gd	0.90	0.90	0.93	0.95	0.98	0.74	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.92	0.91
Tb	0.86	0.86	0.90	0.91	0.96	0.68	0.99	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.96
Dy	0.83	0.83	0.86	0.88	0.92	0.62	0.97	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98
Ho	0.80	0.80	0.84	0.85	0.90	0.50	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99
Er	0.79	0.78	0.82	0.84	0.88	0.54	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tm	0.78	0.78	0.82	0.83	0.87	0.51	0.92	0.96	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
Yb	0.79	0.79	0.82	0.84	0.87	0.50	0.92	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99
Lu	0.79	0.78	0.82	0.83	0.87	0.50	0.91	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00

Figur 30. Korrelationsmatris baserade på determinationskoefficienter (r^2) för koncentrationer av lantanoider i mossor insamlade i stads- och industrimiljö i Kalmar län under 2015.

4.4 Har koncentrationen av lantanoider i svensk mossa förändrats över tid?

2004 publicerade Rühling och Tyler en artikel där man jämförde koncentrationer i mossa för ett stor antal ämnen, däribland olika lantanoider. De prover av väggmossa, *Pleurozium schreberi*, som användes var insamlade under 1975 samt under 2000 i ett område i södra Sverige (se Figur 31), inom den ordinarie mossprovtagningen. I det undersökta området användes 15 mossprover från respektive tillfälle. För att undersöka hur koncentrationerna av lantanoider har förändrats över tid har 9 mossprover insamlade inom samma område använts inom den nu pågående studien.

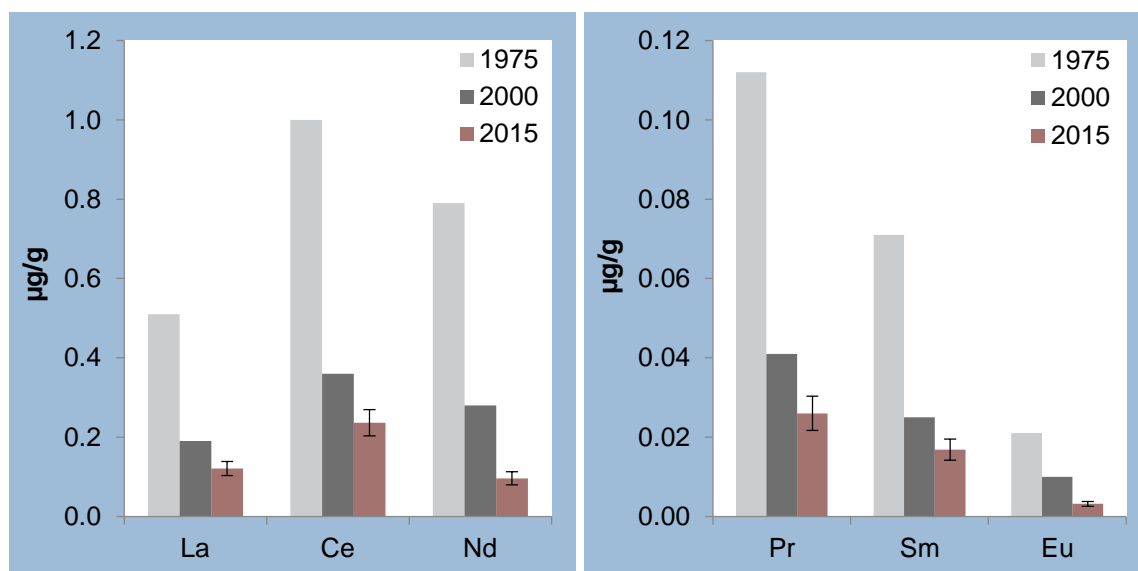
I artikeln kom Rühling och Tyler fram till att den främsta orsaken till att koncentrationerna minskat mellan 1975 och 2000 var en reduktion av antropogena emissioner under de senaste decennierna som lett till en minskning av nedfallet av de flesta elementen i det periodiska systemet. Minskningen antogs bero på förbättrad reningsteknologi vilket gav lägre emissioner från förbränning, från metallindustri och från avfallsförbränning samt även på grund av att gamla industrianläggningar lades ner.



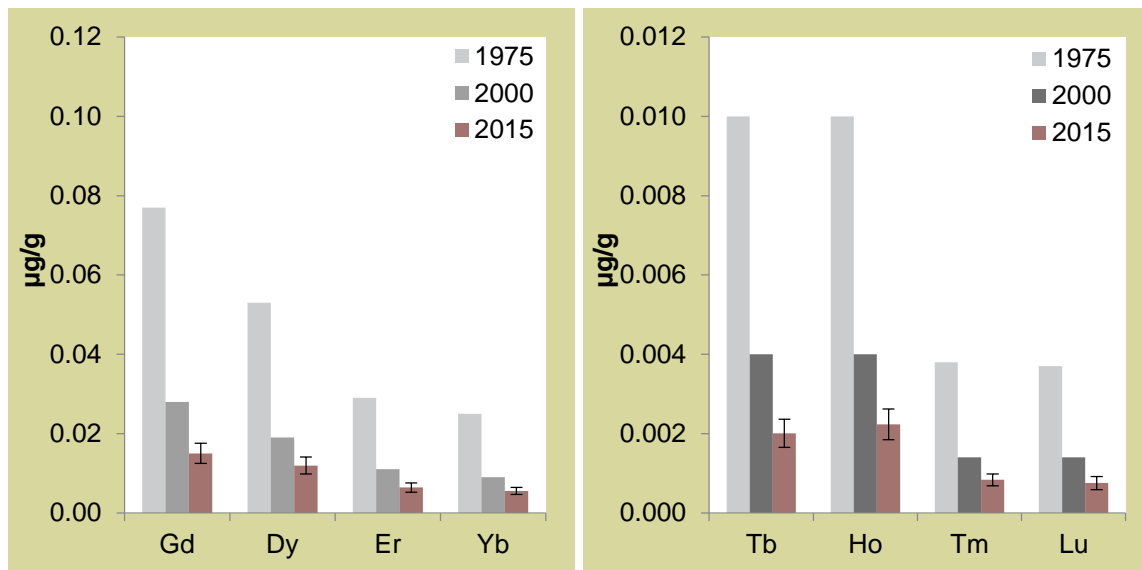
Figur 31. Karta över var mossproverna insamlats 1975, 2000 samt 2015 för studie över tidsutvecklingen vad gäller koncentration av lantanoider i mossa.

Jämförelser mellan koncentrationer av lätta lantanoider 1975, 2000 och 2015 visas i Figur 32. Motsvarande jämförelse för de tunga lantanoiderna visas i Figur 33. Figurerna visar tydligt att koncentrationerna av samtliga lantanoider var högst 1975 och lägst 2015.

Mellan 1975 och 2000 mer än halverades innehållet i mossan för lätta lantanoider. Även 2015 var lantanoidinnehållet för lätta REE betydligt lägre i mossa jämfört med 2000. Koncentrationen neodym och europium i mossan var 2015 mindre än hälften så mycket som koncentrationen år 2000. Även för de tunga lantanoiderna var den största minskningen mellan 1975 och 2000. Men innehållet av till exempel terbium i mossa var 2015 ungefär hälften av koncentrationen 2000.



Figur 32. Koncentrationer (µg/g) av de lätta lantanoiderna lantan (La), cerium (Ce), neodym (Nd), praseodym (Pr), samarium (Sm) samt europium (Eu) insamlade i södra Sverige under 1975, 2000 samt 2015. I figuren representeras standardavvikelsen 2015 av "Errorbars".



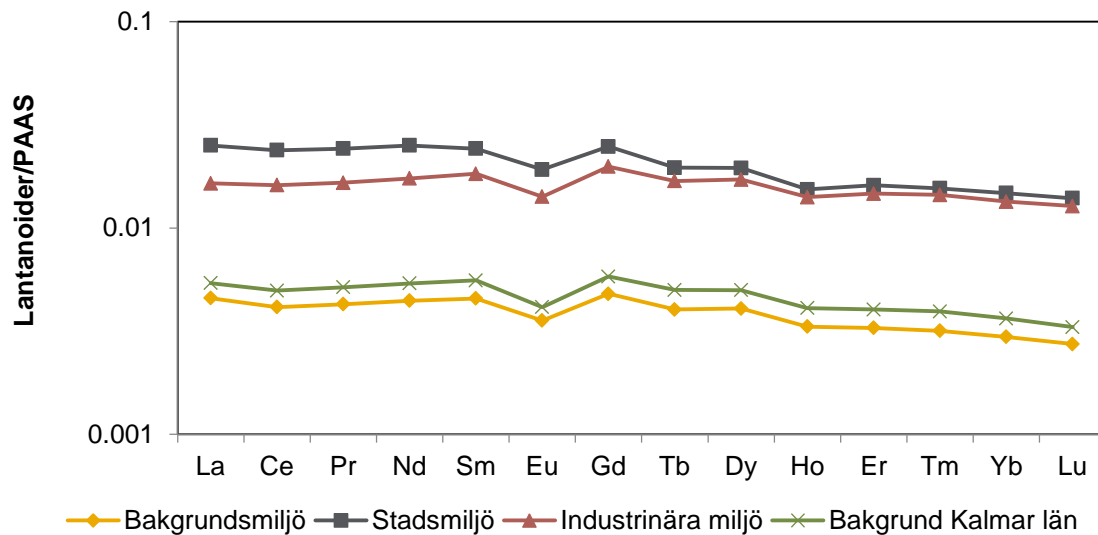
Figur 33. Koncentrationer (µg/g) av de tunga lantanoiderna gadolinium (Gd), dysprosium (Dy), erbium (Er), ytterbium (Yb), terbium (Tb), holmium (Ho), tulium (Tm) samt lutetium (Lu) insamlade i södra Sverige under 1975, 2000 samt 2015. I figuren representeras standardavvikelsen 2015 av "Errorbars".

4.5 Antropogent ursprung eller ej?

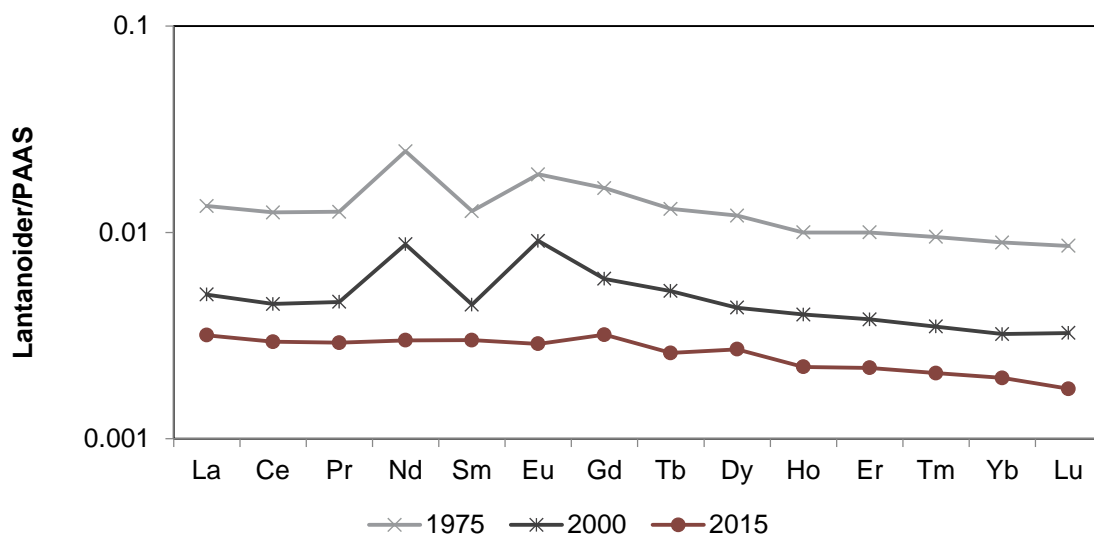
Vid granskning av resultat från analyser av lantanoider i mossor och i andra matriser normaliseras ofta koncentrationerna i dessa mot medelkoncentrationen av elementen i jordskorpan (PAAS, Post Archean Australian Shale) för att eliminera den så kallade Oddo-Harkins-effekten. Oddo-Harkins-effekten innebär att koncentrationerna av lantanoiderna pendlar eftersom elementen med jämna atomnummer ofta är stabilare än de med udda atomnummer (t.ex. Jones, m.fl., 1995). Ofta normaliseras mot PAAS för att underlätta tolkningen av resultaten. Om förhållandet som erhålls inte är jämnt utan innehåller många "toppar" kan det tyda på att ursprunget av dessa lantanoider är antropogent. När det gäller europium påverkas kurvans form av att den har fler valenstal så dess "hack" i kurvan kan ej utläsas som antropogent eller ej.

I Figur 34 har resultaten från denna studie relaterats till PAAS för mossprover som insamlats i bakgrunds-, stads- och industrinära miljö. I figuren visas även ett medelvärde för de tre mossprover som samlades in i bakgrundsmiljö i Kalmar län. Koncentrationer av lantanoider i mossa insamlad 2015 i bakgrundsmiljö i Kalmar län var något högre jämfört med hela Sveriges medelvärde. Samtidigt var lantanoidkoncentrationerna i mossa som insamlats i bakgrundsmiljö betydligt lägre jämfört med motsvarande koncentrationer insamlade i stads- respektive industrinära miljö. I figuren syns även att de allra högsta koncentrationerna av lantanoider fanns i mossa insamlad i stadsmiljö. Att koncentrationerna är så mycket högre i stads- och industrimiljön tyder med hög sannolikhet på ett antropogent tillskott.

I Figur 35 visas koncentrationer av lantanoider i mossa insamlad 1975, 2000 samt 2015 i bakgrundsmiljö i södra Sverige normaliserade mot PAAS. Figuren visar toppar för neodym och europium i mossa insamlad 1975 och 2000. Dessa toppar tyder på ett betydligt kraftigare antropogent tillskott av dessa lantanoider under 1975 och 2000 jämfört med 2015 då kurvan är betydligt jämnare. Att koncentrationerna generellt minskat under åren tyder med stor sannolikhet på ett minskat antropogent tillskott.



Figur 34. Koncentrationer av lantanoider i mossa insamlad 2015 i bakgrunds- stads- och industrinära miljö normaliserade mot PAAS. I figuren visas även ett medelvärde från de tre mossprover som samlades in i bakgrundsmiljön i Kalmar län.



Figur 35. Koncentrationer av lantanoider i mossa insamlad 1975, 2000 samt 2015 i bakgrundsmiljö i södra Sverige normaliserade mot PAAS. Lantanoidkoncentrationerna från 1975 samt 2000 är hämtade från Rühling och Tyler, 2004.

5 Slutsats/diskussion

Resultaten från denna studie visade på att metodiken har fungerat väl och att det fanns skillnader över landet vad gäller koncentrationer av olika lantanoider. Dock fanns ingen tydlig gradient utan högre koncentrationer hittades i prover lite spritt över landet. Statistisk analys av mediankoncentrationer för samtliga undersökta lantanoider visade dock på signifikant lägre koncentrationer i mossprover från Norrland jämför med prover från Götaland. Motsvarande jämförelse mot Svealand visade på signifikant lägre koncentrationer för alla lantanoider förutom

europium. Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan mediankoncentrationerna i prover från Götaland jämfört med prover från Svealand.

Analyser av koncentrationer av lantanoider i mossprover från förtätningsstudien i Kalmar län visade att koncentrationerna av samtliga lantanoider i mossor var signifikant högre i stads- och industrinära miljö jämfört med bakgrundsmiljö. Däremot fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan koncentrationer i mossor som insamlats i stads- eller industrinära miljö.

Många lantanoider förekommer tillsammans, speciellt tydligt är detta för de båda grupperna lätta respektive tunga lantanoider där deras inbördes korrelationer är mycket höga. Ett undantag för detta var europium som avvek från mönstret för andra lätta lantanoider.

Data från litteraturen (Rühling och Tyler, 2004) gjorde det möjligt att jämföra koncentrationerna av lantanoiderna över tid för södra Sverige. I studien konstaterade författarna att koncentrationerna i mossor 2000 var betydligt lägre (i medeltal 62 %) jämfört med mossproverna från 1975. Jämförelse med koncentrationer av olika lantanoider i mossor som samlades in 2015 visade att till 2015 hade koncentrationerna minskat ytterligare (i medeltal 44 %). Detta tyder på en fortsatt kraftig minskning av nedfallet av lantanoider i södra Sverige.

Vid en jämförelse med koncentrationer av lantanoider i mossor insamlade i bakgrundsmiljö i Polen 2011 visades att koncentrationerna av samtliga tunga lantanoider insamlade i Sverige 2015 var lägre oavsett om mossan plockats i bakgrunds-, stads- eller industrinära miljö. När det gäller de lätta lantanoiderna var koncentrationerna i den polska mossan högre jämfört med motsvarande svenska koncentrationer i mossor från bakgrunds- och industrinära miljö. Däremot var koncentrationerna av de lätta lantanoiderna (förutom samarium och europium) i den svenska mossan som plockats i stadsmiljö 2015 något högre jämfört med den polska mossan plockad 2011 i bakgrundsmiljö.

Lantanoidkoncentrationerna från 2015 som normaliserats mot PAAS var i bakgrundsmiljö betydligt lägre jämfört med motsvarande koncentrationer insamlade i stads- respektive industrinära miljö. Att koncentrationerna är så mycket högre i stads- och industrinära miljöer tyder med hög sannolikhet på ett antropogent tillskott. Resultaten från mossprover insamlade 1975, 2000 samt 2015 i södra Sverige, som normaliserats mot PAAS, tyder med stor sannolikhet på ett minskat antropogent tillskott. En orsak till detta kan vara fortsatt förbättrad reningsteknik som lett till minskade emissioner av de aktuella ämnena.

När det gäller koncentrationen av olika lantanoider i olika medier är ordningsföljden ofta densamma. I undersökningen med 2015 års mossprover var koncentrationsordningen densamma oavsett om mossan plockats i bakgrunds-, industri eller stadsmiljö: Ce>La>Nd>Pr>Sm>Gd>Dy>Er>Yb>Eu>Ho>Tb>Tm>Lu.

Sammantaget tyder resultaten på att uppmätta koncentrationer av lantanoider åtminstone till viss del har ett antropogent ursprung.

6 Framtida studie – tidsserie från 1975?

Det finns möjlighet att återskapa en tidsserie för lantanoidkoncentrationerna sedan 1975 genom att analysera sparade mossprover. Detta då prover insamlade vart 5:e år över hela Sverige sedan 1975 finns sparade på Naturhistoriska riksmuseet. Mossproverna kommer från den nationella

inventeringen som genomför mätningar av koncentrationer av metaller i mossa insamlade över hela Sverige.

7 Tack

Stort tack till Kalmar läns luftvårdsförbund för att vi i denna studie fått tillåtelse att använda de mossprover som samlades in i förtätningsstudien 2015.

8 Referenser

- Agnan, Y., Séjalon-Delmas N., Probst A (2014). Origin and distribution of rare earth elements in various lichen and moss species over the last century in France. *Science of the Total Environment*, 487, 1-12.
- Anicic, M., Tomasevic, M., Tasic, M., Rajsic, S., Popovic, A., Frontasyeva, M., Steinnes, E. (2009). Monitoring of trace element atmospheric deposition using dry and wet moss bags: Accumulation capacity versus exposure time. *Journal of Hazardous Materials*, 182-188.
- Aubert, D., Le Roux, G., Krachler, M., Cheburkin, A., Kober, B., Shotyky, W. & Stille, P. (2006). Origin and fluxes of atmospheric REE entering an ombrotrophic peat bog in Black Forest (SW Germany): Evidence from snow, lichens and mosses. DOI : 10.1016/j.gca.2006.02.020
- Berg T., Royset O., Steinnes E., (1995). Moss (*Hylocomium Splendens*) used as biomonitor of atmospheric Trace element deposition: Estimation of uptake efficiencies, *Atmospheric Environment* 29,3, 353-360.
- 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, 61-71.
- Chiarenzelli J., Aspler L., Dunn C., Cousens B., Ozarko D., Powis K. (2001). Multi-element and rare earth element composition of lichens, mosses, and vascular plants from the Central Barrenlands, Nunavut, Canada, *Applied Geochemistry*, 16(2), 245-270.
- Danielsson, H & Pihl Karlsson, G. 2016. Metaller i mossa 2015. IVL Rapport C204.
- Deo, A., Fogel, M., Cowper, SE. (2007). Nephrogenic system fibrosis: A population study examining the relationship of disease development to gadolinium exposure. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 2(2), 264-267.
- DOE, U. (2011). Critical Materials Strategy. Energy, U.S. Department of Energy.
- Dolegowska S., Migaszewski Z. M. (2013), Anomalous concentrations of rare earth elements in the mosses soil system from south-central Poland, *Environmental Pollution* 178, 33-40
- Florek M., Mankovska B., Frontasyeva V., Ermakova EV, Syrora I., Kantova ZH. (2002). Mosses as biomonitors to study the atmospheric deposition of heavy metals over the territory of Slovakia, *Banska Stiavnica* 3, 122-126.
- Goonan T.G. (2011). Rare Earth Elements—End Use and. Recyclability. *Scientific Investigations Report* 2011–5094.
- Grodzińska, K., Szarek-Lukaszewska, G., Frontasyeva, M., Pavlov, SS. & Gudorina, SF. (2005). Multielement Concentration in Mosses in the Forest Influenced by Industrial Emissions

- (Niepołomice Forest, S Poland) at the End of the 20th Century. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 14, No. 2, 165-172.
- Ichihashi H., Morita H, Tatsukawa R.(1992), Rare earth elements (REEs) in naturally grown plants in relation to their variation in soils, *Environmental Pollution*, vol. 76, 2, 157-162.
- Jones, AP., Wall, F., Williams, CT. (Eds). (1995). Rare Earth Minerals: Chemistry, Origin and Ore Deposits. Springer Science & Business Media.
- Marinovat S., Yurukova L., Frontasyeva M. V., Steinna E., Steinnes E., Streikova L. P., Marinov A., Karadzhinova A.G.n (2010), Air pollution studies in Bulgaria using the moss biomonitoring technique, *Ecological Chemistry and Engineering*, vol.17, 37-52
- Pagano, G., Aliberti, F., Guida, M., Oral, R., Siciliano, A., Trifuoggi, M. & Tommasi, F. (2015). Rare earth elements in human and animal health: State of art and research priorities. *Environmental Research* 142, 215–220
- Palmer., RJ., Butenhoff, JL. & Stevens, J.B. (1987). Cytotoxicity of the Rare Earth Metals Cerium, Lanthanum, and Neodymium in Vitro: Comparisons with Cadmium in a Pulmonary Macrophage Primary Culture System. *Environmental Research* 43, 142-156.
- Pathan A., Schilli A., Johansson J, Vehviläinen, LarssonA. and Hutter J.(2013).Tracking environmental impacts in global product chains– Rare Earth Metals and other critical metals used in the cleantech industry, *Norden* 2013:520.
- Pihl Karlsson, G & Danielsson, H. 2016. Metaller i mossor i Kalmar län 2015. IVL Rapport C219.
- Rühling, Å. & Tyler, G. (1968). An ecological approach to lead problem. *Botaniska Notiser*, 121(3), 21.
- Rühling, Å. & Skärby, L. (1979). Landsomfattande kartering av regionala tungmetallkoncentrationer i mossor. National survey of regional heavy metal concentrations in moss. Statens Naturvårdsverk PM 1191: 1-28.
- Rühling, Å. & Tyler, G. (2004). Changes in the atmospheric deposition of minor and rare elements between 1975 and 2000 in south Sweden, as measured by moss analysis. *Environmental Pollution* 131, 417-423.
- Sadeghi, M. & Andersson, M. (2015). Sällsynta jordartsmetaller i Sverige, förekomst och utbredning i berg och jord. SGU-rapport 2015:21.
- Steinnes, E. (1989). Biomonitoring of air pollution by heavy metals. In "Control and Fate of Atmospheric Trace Metals". NATO ASI Series 268 (Pacyna JM. och Ottar, B, ed.) Pp. 321-335. Kluwer, Dordrecht.
- Steinnes, E., Johansen, O., Royset, O., Odegård M. (1993). Comparison of different multielement techniques for analysis of mosses used as biomonitors. *Environmental Monitoring and Assessment* 25, 87-97.
- Steinnes, E., Hanssen, J., Rambaek, J., & Vogt, N. (1994). Atmospheric deposition of trace elements in Norway; Temporal and spatial trend studied by moss analysis. *Water, Air and soil Pollution*, 121-140.
- Steinnes, E., Rühling, Å., Lippo, H., Mäkinen, A., (1997). Reference materials for large-scale metal deposition surveys. *Accreditation and Quality Assurance* 2, 243e249.
- Tyler, G. (1970). Moss analysis-a method for surveying heavy metal deposition. In International Clean Air Congress. Proceedings.
- Zhu, W., Xu, S., Shao, P., Zhang, H., Wu, D., Yang, W., Feng, J., Feng, L. (2005). Investigation on liver function among population in high background of rare earth area in South China. *Biological Trace Element Research* 104, 1-7.

Bilaga I. Kvantifieringsgränser

Namn	LOQ, µg/g
Lantan	0,0089
Cerium	0,0272
Praseodym	0,0018
Neodym	0,0071
Samarium	0,0010
Europium	0,0008
Gadolinium	0,0016
Terbium	0,0003
Dysprosium	0,0016
Holmium	0,0004
Erbium	0,0013
Thulium	0,0002
Ytterbium	0,0016
Lutetium	0,0003

Bilaga II. Samtliga koncentrationer i mossprover

X-koord.	Y-koord.	Provpunkt, typ	Län	Kommun	La, µg/g	Ce, µg/g	Pr, µg/g	Nd, µg/g	Sm, µg/g	Eu, µg/g	Gd, µg/g	Tb, µg/g	Dy, µg/g	Ho, µg/g	Er, µg/g	Tm, µg/g	Yb, µg/g	Lu, µg/g
6538000	1282000	Bakgrund	Västra Götaland	Dals-Ed	0,1450	0,2374	0,0265	0,0984	0,0206	0,0035	0,0161	0,0023	0,0125	0,0024	0,0064	0,0009	0,0054	0,0009
6716000	1516000	Bakgrund	Dalarna	Hedemora	0,1006	0,1882	0,0193	0,0777	0,0142	<0,0008	0,0122	0,0017	0,0101	0,0019	0,0059	0,0007	0,0049	0,0007
6591000	1516000	Bakgrund	Västmanland	Kungsör	0,1877	0,3718	0,0416	0,1612	0,0303	<0,0008	0,0273	0,0038	0,0225	0,0038	0,0119	0,0017	0,0106	0,0021
6545000	1443000	Bakgrund	Örebro	Hallsberg	0,2231	0,4177	0,0467	0,1807	0,0339	<0,0008	0,0312	0,0042	0,0264	0,0049	0,0133	0,0019	0,0126	0,0019
6401000	1446000	Bakgrund	Jönköping	Nässjö	0,1047	0,1970	0,0217	0,0849	0,0160	<0,0008	0,0136	0,0018	0,0106	0,0019	0,0053	0,0006	0,0040	0,0006
6493000	1556000	Bakgrund	Östergötland	Norrköping	0,1335	0,2530	0,0287	0,1135	0,0202	<0,0008	0,0172	0,0024	0,0141	0,0027	0,0074	0,0010	0,0060	0,0009
6576000	1386000	Bakgrund	Värmland	Kristinehamn	0,1122	0,2072	0,0240	0,0865	0,0173	0,0028	0,0149	0,0022	0,0130	0,0025	0,0068	0,0010	0,0059	0,0009
6406000	1536000	Bakgrund	Kalmar	Västervik	0,1285	0,2368	0,0270	0,1010	0,0185	0,0034	0,0155	0,0021	0,0123	0,0021	0,0065	0,0008	0,0054	0,0008
6696000	1581000	Bakgrund	Uppsala	Tierp	0,1801	0,3392	0,0382	0,1386	0,0251	0,0047	0,0215	0,0032	0,0187	0,0036	0,0096	0,0013	0,0088	0,0013
6296000	1406000	Bakgrund	Kronoberg	Ljungby	0,1066	0,2034	0,0224	0,0787	0,0140	0,0030	0,0120	0,0017	0,0098	0,0018	0,0050	0,0007	0,0045	0,0006
7126000	1571000	Bakgrund	Västerbotten	Åsele	0,8235	1,7625	0,2147	0,7939	0,1506	0,0092	0,1112	0,0140	0,0678	0,0116	0,0291	0,0039	0,0246	0,0034
7096000	1614000	Bakgrund	Västerbotten	Åsele	0,0918	0,1684	0,0189	0,0727	0,0135	0,0023	0,0118	0,0016	0,0094	0,0018	0,0050	0,0007	0,0039	0,0004
7056000	1426000	Bakgrund	Jämtland	Krokom	0,1350	0,2861	0,0321	0,1160	0,0208	0,0041	0,0187	0,0026	0,0154	0,0028	0,0080	0,0011	0,0075	0,0011
6551000	1621000	Bakgrund	Stockholm	Nynäshamn	0,3914	0,7439	0,0857	0,3131	0,0605	0,0080	0,0518	0,0073	0,0388	0,0071	0,0190	0,0026	0,0155	0,0022
6346000	1381000	Bakgrund	Jönköping	Värnamo	0,1331	0,2570	0,0304	0,1130	0,0193	0,0037	0,0171	0,0026	0,0149	0,0030	0,0076	0,0011	0,0065	0,0008
6657000	1663000	Bakgrund	Stockholm	Norrtälje	0,1344	0,2375	0,0272	0,1037	0,0182	0,0038	0,0159	0,0024	0,0137	0,0026	0,0072	0,0010	0,0062	0,0007
6224000	1364000	Bakgrund	Skåne	Hässleholm	0,1302	0,2422	0,0270	0,0999	0,0191	0,0032	0,0150	0,0022	0,0134	0,0026	0,0071	0,0010	0,0062	0,0009
7556000	1826000	Bakgrund	Norrbottnen	Pajala	0,0431	0,0750	0,0084	0,0314	0,0059	0,0011	0,0044	0,0005	0,0031	0,0005	0,0017	<0,0002	<0,0016	<0,0003
6237000	1427000	Bakgrund	Blekinge	Olofström	0,1826	0,3581	0,0402	0,1487	0,0261	0,0042	0,0239	0,0035	0,0194	0,0036	0,0112	0,0016	0,0100	0,0015
6776000	1386000	Bakgrund	Dalarna	Älvdalen	0,0610	0,1132	0,0129	0,0516	0,0083	0,0019	0,0081	0,0011	0,0060	0,0011	0,0035	0,0004	0,0029	0,0004
6726000	1436000	Bakgrund	Dalarna	Leksand	0,0804	0,1479	0,0172	0,0635	0,0115	0,0021	0,0102	0,0013	0,0081	0,0014	0,0043	0,0006	0,0036	0,0005
6491000	1416000	Bakgrund	Västra Götaland	Karlsborg	0,0788	0,1460	0,0164	0,0611	0,0104	0,0019	0,0097	0,0015	0,0080	0,0014	0,0042	0,0005	0,0034	0,0005
7256000	1726000	Bakgrund	Norrbottnen	Piteå	0,0911	0,1441	0,0162	0,0602	0,0104	0,0019	0,0098	0,0012	0,0072	0,0013	0,0042	0,0005	0,0033	0,0005
7291000	1564000	Bakgrund	Västerbotten	Sorsele	0,1876	0,4243	0,0424	0,1570	0,0300	0,0055	0,0237	0,0035	0,0215	0,0040	0,0112	0,0014	0,0091	0,0012
7396000	1584000	Bakgrund	Norrbottnen	Arjeplog	0,0614	0,1145	0,0132	0,0482	0,0087	0,0020	0,0085	0,0012	0,0069	0,0011	0,0033	0,0004	0,0028	0,0003
7096000	1514000	Bakgrund	Jämtland	Strömsund	0,0741	0,1394	0,0159	0,0642	0,0121	0,0019	0,0099	0,0012	0,0074	0,0013	0,0039	0,0004	0,0034	0,0005
7186000	1644000	Bakgrund	Västerbotten	Lycksele	0,0895	0,1574	0,0182	0,0701	0,0129	0,0025	0,0109	0,0020	0,0093	0,0016	0,0049	0,0006	0,0042	0,0006
6342000	1467000	Bakgrund	Kronoberg	Uppvidinge	0,0965	0,2194	0,0197	0,0733	0,0132	0,0027	0,0116	0,0015	0,0090	0,0018	0,0048	0,0006	0,0043	0,0005
6316000	1442000	Bakgrund	Kronoberg	Växjö	0,1316	0,2491	0,0279	0,1019	0,0186	0,0036	0,0163	0,0024	0,0136	0,0025	0,0071	0,0009	0,0062	0,0009
6310000	1405000	Bakgrund	Jönköping	Värnamo	0,0973	0,1834	0,0213	0,0759	0,0136	0,0030	0,0124	0,0016	0,0092	0,0018	0,0051	0,0006	0,0046	0,0006
6756000	1319000	Bakgrund	Värmland	Torsby	0,0901	0,1702	0,0208	0,0697	0,0129	0,0029	0,0109	0,0015	0,0086	0,0015	0,0043	0,0006	0,0043	0,0006
6599000	1274000	Bakgrund	Värmland	Årjäng	0,2797	0,5431	0,0794	0,2384	0,0439	0,0079	0,0369	0,0056	0,0314	0,0061	0,0178	0,0024	0,0176	0,0026
6661000	1356000	Bakgrund	Värmland	Sunne	0,1303	0,2146	0,0246	0,0922	0,0143	0,0008	0,0129	0,0010	0,0103	0,0016	0,0050	0,0004	0,0050	0,0005

X-koord.	Y-koord.	Provpunkt, typ	Län	Kommun	La, µg/g	Ce, µg/g	Pr, µg/g	Nd, µg/g	Sm, µg/g	Eu, µg/g	Gd, µg/g	Tb, µg/g	Dy, µg/g	Ho, µg/g	Er, µg/g	Tm, µg/g	Yb, µg/g	Lu, µg/g
6281000	1404000	Bakgrund	Kronoberg	Älmhult	0,1426	0,2816	0,0323	0,1192	0,0198	0,0019	0,0184	0,0018	0,0146	0,0024	0,0082	0,0008	0,0070	0,0009
6641000	1441000	Bakgrund	Örebro	Hällefors	0,1066	0,1891	0,0210	0,0783	0,0122	<0,0008	0,0119	0,0009	0,0103	0,0014	0,0052	0,0004	0,0048	0,0005
6391000	1516000	Bakgrund	Kalmar	Vimmerby	0,0878	0,1645	0,0178	0,0680	0,0086	<0,0008	0,0094	0,0006	0,0080	0,0010	0,0041	<0,0002	0,0037	0,0004
7016000	1339000	Bakgrund	Jämtland	Åre	0,0547	0,1067	0,0119	0,0430	0,0058	<0,0008	0,0069	<0,0003	0,0054	0,0008	0,0030	<0,0002	0,0023	<0,0003
6971000	1464000	Bakgrund	Jämtland	Bräcke	0,0753	0,1494	0,0166	0,0612	0,0107	<0,0008	0,0091	0,0003	0,0076	0,0011	0,0041	<0,0002	0,0038	0,0003
6691000	1616000	Bakgrund	Uppsala	Tierp	0,6709	1,1737	0,1459	0,5353	0,0951	0,0115	0,0851	0,0108	0,0661	0,0119	0,0336	0,0042	0,0278	0,0038
6486000	1233000	Bakgrund	Västra Götaland	Sotenäs	0,1902	0,2813	0,0298	0,1088	0,0180	<0,0008	0,0144	0,0013	0,0111	0,0017	0,0063	0,0004	0,0048	0,0006
6761000	1556000	Bakgrund	Gävleborg	Ockelbo	0,3887	0,8240	0,0924	0,3464	0,0623	0,0086	0,0533	0,0076	0,0451	0,0086	0,0243	0,0034	0,0220	0,0031
6236000	1540000	Bakgrund	Kalmar	Mörbylånga	0,6752	1,2471	0,1709	0,6819	0,1346	0,0265	0,1295	0,0189	0,1065	0,0194	0,0536	0,0073	0,0446	0,0060
6436000	1551000	Bakgrund	Östergötland	Valdemarsvik	0,0827	0,1584	0,0179	0,0659	0,0113	0,0022	0,0111	0,0015	0,0090	0,0018	0,0045	0,0007	0,0044	0,0006
6222000	1331000	Bakgrund	Skåne	Åstorp	0,2047	0,2226	0,0244	0,0967	0,0157	0,0031	0,0163	0,0021	0,0120	0,0031	0,0063	0,0008	0,0054	0,0008
6233000	1299000	Bakgrund	Skåne	Höganäs	0,3872	0,8180	0,0925	0,3453	0,0625	0,0088	0,0530	0,0077	0,0428	0,0083	0,0243	0,0033	0,0215	0,0029
6291000	1338000	Bakgrund	Halland	Halmstad	0,1412	0,2885	0,0298	0,1096	0,0188	0,0030	0,0162	0,0023	0,0139	0,0026	0,0068	0,0011	0,0061	0,0009
7156000	1426000	Bakgrund	Jämtland	Strömsund	0,4942	1,0050	0,1172	0,4390	0,0776	0,0112	0,0699	0,0103	0,0593	0,0116	0,0336	0,0049	0,0316	0,0048
6911000	1526000	Bakgrund	Västernorrland	Ånge	0,0574	0,1045	0,0119	0,0440	0,0077	0,0014	0,0074	0,0011	0,0060	0,0011	0,0030	0,0004	0,0024	0,0004
6364000	1284000	Bakgrund	Halland	Kungsbacka	0,1860	0,3560	0,0394	0,1482	0,0267	0,0046	0,0232	0,0033	0,0175	0,0033	0,0094	0,0013	0,0079	0,0012
6844000	1344000	Bakgrund	Dalarna	Älvdalen	0,0637	0,1163	0,0134	0,0505	0,0099	0,0018	0,0085	0,0012	0,0070	0,0012	0,0034	0,0005	0,0028	0,0004
6531000	1561000	Bakgrund	Södermanland	Nyköping	0,2495	0,4708	0,0536	0,1971	0,0352	0,0056	0,0324	0,0048	0,0264	0,0051	0,0150	0,0020	0,0130	0,0018
7329000	1710000	Bakgrund	Norrbottnen	Älvsbyn	0,0363	0,0640	0,0073	0,0270	0,0051	0,0012	0,0042	0,0006	0,0034	0,0007	0,0020	0,0003	0,0019	<0,0003
6331000	1422000	Bakgrund	Kronoberg	Alvesta	0,1473	0,2848	0,0307	0,1133	0,0203	0,0041	0,0185	0,0024	0,0131	0,0025	0,0072	0,0010	0,0060	0,0010
6611000	1626000	Bakgrund	Stockholm	Vallentuna	0,2825	0,5243	0,0584	0,2139	0,0377	0,0061	0,0327	0,0045	0,0268	0,0052	0,0157	0,0022	0,0142	0,0020
7216000	1531000	Bakgrund	Västerbotten	Vilhelmina	0,0211	0,0399	0,0045	0,0176	0,0032	0,0008	0,0029	0,0005	0,0024	0,0004	0,0007	<0,0002	<0,0016	<0,0003
7291000	1464000	Bakgrund	Västerbotten	Storuman	0,0440	0,0902	0,0089	0,0330	0,0058	0,0014	0,0053	0,0008	0,0046	0,0009	0,0027	0,0004	0,0024	0,0003
7441000	1764000	Bakgrund	Norrbottnen	Gällivare	0,0770	0,1357	0,0154	0,0578	0,0092	0,0022	0,0093	0,0013	0,0068	0,0013	0,0039	0,0005	0,0035	0,0005
7531000	1691000	Bakgrund	Norrbottnen	Kiruna	0,2525	0,4627	0,0491	0,1813	0,0303	0,0057	0,0304	0,0043	0,0254	0,0051	0,0151	0,0021	0,0135	0,0021
7606000	1759000	Bakgrund	Norrbottnen	Kiruna	0,0368	0,0668	0,0074	0,0272	0,0044	0,0010	0,0039	0,0006	0,0030	0,0006	0,0015	<0,0002	<0,0016	<0,0003
7342000	1867000	Bakgrund	Norrbottnen	Haparanda	0,0910	0,1494	0,0160	0,0601	0,0105	0,0022	0,0093	0,0013	0,0078	0,0015	0,0042	0,0006	0,0036	0,0005
7183000	1753000	Bakgrund	Västerbotten	Skellefteå	0,1360	0,2496	0,0304	0,1237	0,0190	0,0035	0,0174	0,0026	0,0146	0,0027	0,0075	0,0010	0,0066	0,0010
7054000	1687000	Bakgrund	Västerbotten	Nordmaling	0,0598	0,1007	0,0113	0,0444	0,0072	0,0015	0,0066	0,0010	0,0054	0,0010	0,0029	0,0004	0,0024	0,0004
6965000	1593000	Bakgrund	Västernorrland	Härnösand	0,0420	0,0728	0,0082	0,0319	0,0053	0,0011	0,0055	0,0007	0,0039	0,0008	0,0022	0,0003	0,0019	<0,0003
6911000	1326000	Bakgrund	Jämtland	Härjedalen	0,0767	0,1404	0,0160	0,0575	0,0096	0,0025	0,0098	0,0014	0,0079	0,0015	0,0044	0,0006	0,0037	0,0005
6906000	1414000	Bakgrund	Jämtland	Härjedalen	0,0857	0,1546	0,0173	0,0641	0,0118	0,0023	0,0105	0,0015	0,0086	0,0016	0,0047	0,0006	0,0047	0,0006
6996000	1514000	Bakgrund	Jämtland	Ragunda	0,1150	0,2229	0,0246	0,0933	0,0158	0,0032	0,0145	0,0021	0,0118	0,0021	0,0062	0,0009	0,0053	0,0008
7031000	1576000	Bakgrund	Västernorrland	Sollefteå	0,0781	0,1365	0,0154	0,0588	0,0114	0,0023	0,0095	0,0014	0,0083	0,0016	0,0044	0,0006	0,0038	0,0005
7116000	1739000	Bakgrund	Västerbotten	Robertsfors	0,0753	0,1315	0,0147	0,0543	0,0098	0,0018	0,0086	0,0012	0,0061	0,0011	0,0031	0,0004	0,0026	0,0004
6811000	1456000	Bakgrund	Dalarna	Orsa	0,0902	0,1668	0,0183	0,0698	0,0128	0,0025	0,0113	0,0018	0,0097	0,0018	0,0052	0,0007	0,0049	0,0007
6861000	1556000	Bakgrund	Gävleborg	Hudiksvall	0,1251	0,2291	0,0255	0,0965	0,0185	0,0030	0,0169	0,0025	0,0145	0,0027	0,0079	0,0011	0,0070	0,0010

X-koord.	Y-koord.	Provpunkt, typ	Län	Kommun	La, µg/g	Ce, µg/g	Pr, µg/g	Nd, µg/g	Sm, µg/g	Eu, µg/g	Gd, µg/g	Tb, µg/g	Dy, µg/g	Ho, µg/g	Er, µg/g	Tm, µg/g	Yb, µg/g	Lu, µg/g
6514000	1468000	Bakgrund	Östergötland	Motala	0,0655	0,1188	0,0130	0,0481	0,0082	0,0017	0,0085	0,0013	0,0072	0,0013	0,0040	0,0005	0,0036	0,0005
6480000	1517000	Bakgrund	Östergötland	Söderköping	0,2633	0,4963	0,0568	0,2138	0,0385	0,0068	0,0371	0,0051	0,0284	0,0055	0,0158	0,0022	0,0135	0,0019
6468000	1327000	Bakgrund	Västra Götaland	Vara	0,1625	0,3076	0,0353	0,1275	0,0244	0,0043	0,0213	0,0031	0,0176	0,0034	0,0098	0,0014	0,0087	0,0012
6291000	1451000	Bakgrund	Kronoberg	Växjö	0,1222	0,2372	0,0264	0,0977	0,0170	0,0033	0,0150	0,0021	0,0119	0,0022	0,0064	0,0009	0,0055	0,0008
6279000	1518000	Bakgrund	Kalmar	Kalmar	0,1535	0,2794	0,0301	0,1104	0,0186	0,0033	0,0160	0,0021	0,0113	0,0021	0,0062	0,0009	0,0056	0,0008
6351000	1421000	Bakgrund	Jönköping	Sävsjö	0,1089	0,2099	0,0230	0,0912	0,0157	0,0032	0,0139	0,0020	0,0113	0,0021	0,0061	0,0008	0,0051	0,0007
6401000	1346000	Bakgrund	Västra Götaland	Borås	0,1023	0,1903	0,0211	0,0805	0,0149	0,0027	0,0136	0,0019	0,0105	0,0020	0,0056	0,0008	0,0048	0,0007
6551000	1521000	Bakgrund	Södermanland	Katrineholm	0,2054	0,4035	0,0458	0,1694	0,0311	0,0053	0,0296	0,0045	0,0257	0,0049	0,0142	0,0020	0,0134	0,0019
6421000	1260000	Bakgrund	Västra Götaland	Kungälv	0,1559	0,2936	0,0333	0,1242	0,0216	0,0035	0,0213	0,0031	0,0178	0,0034	0,0095	0,0013	0,0084	0,0012
6328000	1334000	Bakgrund	Halland	Hylte	0,0886	0,1621	0,0179	0,0670	0,0120	0,0024	0,0111	0,0016	0,0092	0,0018	0,0054	0,0008	0,0051	0,0007
6229000	1504000	Bakgrund	Blekinge	Karlskrona	0,1915	0,3578	0,0398	0,1445	0,0260	0,0047	0,0222	0,0032	0,0174	0,0032	0,0092	0,0013	0,0079	0,0011
6357000	1662000	Bakgrund	Gotland	Gotland	0,1642	0,3138	0,0368	0,1384	0,0280	0,0058	0,0283	0,0040	0,0226	0,0042	0,0121	0,0016	0,0100	0,0014
6187000	1331000	Bakgrund	Skåne	Kävlinge	0,2042	0,3886	0,0446	0,1709	0,0312	0,0059	0,0270	0,0040	0,0227	0,0043	0,0127	0,0018	0,0109	0,0016
6146000	1315000	Bakgrund	Skåne	Vellinge	0,3873	0,7755	0,0838	0,3137	0,0595	0,0099	0,0518	0,0073	0,0417	0,0079	0,0227	0,0032	0,0200	0,0028
6147000	1378000	Bakgrund	Skåne	Ystad	0,2832	0,5637	0,0634	0,2351	0,0435	0,0079	0,0408	0,0060	0,0353	0,0069	0,0201	0,0029	0,0186	0,0027
6174000	1388000	Bakgrund	Skåne	Tomelilla	1,1054	2,2527	0,2550	0,9875	0,1585	0,0260	0,1349	0,0179	0,0957	0,0180	0,0507	0,0070	0,0446	0,0066
6348222	1537870	Stad	Kalmar	Oskarshamn	2,2814	4,5573	0,5206	1,9472	0,3266	0,0450	0,2762	0,0357	0,2062	0,0371	0,1137	0,0152	0,1026	0,0148
6329243	1542686	Massaindustri	Kalmar	Mönsterås	1,8513	3,8172	0,4520	1,6711	0,3062	0,0196	0,2838	0,0419	0,2616	0,0498	0,1594	0,0223	0,1483	0,0215
6323474	1537036	Metallindustri	Kalmar	Mönsterås	1,1627	2,3514	0,2666	0,9582	0,1663	0,0205	0,1418	0,0204	0,1189	0,0225	0,0679	0,0095	0,0622	0,0094
6394146	1503045	Stad	Kalmar	Vimmerby	1,1569	2,3550	0,2677	0,9883	0,1672	0,0278	0,1409	0,0189	0,1074	0,0195	0,0578	0,0078	0,0500	0,0073
6399548	1537063	Gruva	Kalmar	Västervik	1,1465	2,4385	0,2837	1,0685	0,2052	0,0324	0,1684	0,0208	0,1021	0,0173	0,0488	0,0062	0,0407	0,0057
6402917	1499595	Metallindustri	Kalmar	Vimmerby	1,0132	2,4410	0,2369	0,8962	0,1539	0,0283	0,1301	0,0179	0,0987	0,0183	0,0530	0,0075	0,0472	0,0068
6284783	1534425	Stad	Kalmar	Kalmar	0,9237	1,7852	0,1985	0,7202	0,1159	0,0159	0,0998	0,0136	0,0807	0,0145	0,0449	0,0061	0,0405	0,0061
6404410	1547693	Stad	Kalmar	Västervik	0,9083	1,8353	0,2057	0,7882	0,1378	0,0251	0,1222	0,0147	0,0784	0,0134	0,0401	0,0051	0,0338	0,0048
6247736	1537483	Mineralindustri	Kalmar	Mörbylånga	0,8728	1,7082	0,2130	0,8829	0,1862	0,0407	0,1958	0,0280	0,1684	0,0310	0,0956	0,0127	0,0823	0,0120
6278344	1486123	Glasbruk	Kalmar	Emmaboda	0,7952	1,5662	0,1729	0,6290	0,1011	0,0194	0,0872	0,0112	0,0643	0,0123	0,0354	0,0051	0,0337	0,0051
6246545	1537556	Mineralindustri	Kalmar	Mörbylånga	0,4502	1,0276	0,1257	0,5219	0,1130	0,0234	0,1200	0,0176	0,1033	0,0204	0,0579	0,0074	0,0450	0,0069
6323347	1537546	Metallindustri	Kalmar	Mönsterås	0,3387	0,6342	0,0733	0,2721	0,0483	0,0074	0,0428	0,0060	0,0347	0,0065	0,0194	0,0027	0,0166	0,0024
6278292	1484919	Glasbruk	Kalmar	Emmaboda	0,3214	0,5925	0,0682	0,2425	0,0408	0,0064	0,0311	0,0043	0,0219	0,0045	0,0130	0,0017	0,0117	0,0017
6329064	1546155	Massaindustri	Kalmar	Mönsterås	0,2793	0,5179	0,0597	0,2271	0,0402	0,0065	0,0374	0,0053	0,0317	0,0055	0,0176	0,0024	0,0158	0,0023
6349980	1539059	Stad	Kalmar	Oskarshamn	0,2556	0,5014	0,0583	0,2141	0,0364	0,0059	0,0318	0,0042	0,0231	0,0041	0,0127	0,0018	0,0121	0,0016
6406352	1546311	Stad	Kalmar	Västervik	0,1993	0,3788	0,0437	0,1650	0,0296	0,0068	0,0283	0,0034	0,0195	0,0035	0,0107	0,0013	0,0088	0,0013
6332388	1547429	Massaindustri	Kalmar	Mönsterås	0,1705	0,3126	0,0357	0,1352	0,0241	0,0040	0,0227	0,0030	0,0177	0,0032	0,0095	0,0012	0,0080	0,0011
6399738	1544303	Metallindustri	Kalmar	Västervik	0,1482	0,2686	0,0304	0,1135	0,0178	0,0038	0,0172	0,0021	0,0124	0,0020	0,0062	0,0008	0,0047	0,0006
6399315	1537309	Gruva	Kalmar	Västervik	0,1201	0,2272	0,0263	0,0996	0,0186	0,0035	0,0162	0,0021	0,0117	0,0024	0,0065	0,0008	0,0055	0,0008
6289497	1492282	Glasbruk	Kalmar	Emmaboda	0,0837	0,1551	0,0179	0,0670	0,0123	0,0026	0,0110	0,0015	0,0093	0,0015	0,0050	0,0006	0,0042	0,0006



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