



Nr C 215
Oktober 2016

Metaller i mossa i Forshaga kommun 2015

På uppdrag av Forshaga kommun

Helena Danielsson, Gunilla Pihl Karlsson



I samarbete med: Naturhistoriska Riksmuseet

Författare: Helena Danielsson & Gunilla Pihl Karlsson (IVL Svenska Miljöinstitutet AB)

Medel från: Forshaga kommun

Fotograf: Helena Danielsson

Rapportnummer C 215

ISBN 978-91-88319-17-3

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

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

Tel 010-788 65 00 // Fax 010-788 65 90 // www.ivl.se

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

Förord

På uppdrag av Forshaga kommun har IVL Svenska Miljöinstitutet AB utfört mätningar av koncentrationer av metaller i mossa insamlade i Forshaga kommun under 2015. Idén att storskaligt använda mossor som bioindikator för mätningar av metaller utvecklades i Sverige under 1970-talet. Metoden med att använda mossor som bioindikator för metaller ger en god bild av nedfallet. De nationella mossundersökningarna startade i Sverige 1975 och har genomförts vart 5:e år sedan dess. I Forshaga kommun har förtätande undersökningar av metallkoncentrationer i mossa genomförts vart 5:e år sedan 1985.

I 2015 års uppdrag åt Forshaga kommun har Naturhistoriska Riksmuseet (provberedning) medverkat som underkonsulter. Provtagningen av mossor har skötts av Forshaga kommun.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	6
Resultat 2015	6
Jämförelse mot tidigare år	6
1 Syfte	7
2 Bakgrund.....	7
3 Metodbeskrivning.....	7
3.1 Provtagning	8
3.2 Provhantering.....	8
3.3 Metallanalyser.....	8
3.4 Statistisk datahantering.....	9
3.5 Provpunkter och regionindelning.....	9
4 Resultat.....	10
4.1 Arsenik (As).....	10
4.1.1 2015	11
4.1.2 Jämförelse mot tidigare år	11
4.2 Bly (Pb)	11
4.2.1 2015	12
4.2.2 Jämförelse mot tidigare år	12
4.3 Järn (Fe).....	13
4.3.1 2015	13
4.3.2 Jämförelse mot tidigare år	14
4.4 Kadmium (Cd).....	15
4.4.1 2015	15
4.4.2 Jämförelse mot tidigare år	16
4.5 Koppar (Cu).....	17
4.5.1 2015	17
4.5.2 Jämförelse mot tidigare år	18
4.6 Krom (Cr)	19
4.6.1 2015	19
4.6.2 Jämförelse mot tidigare år	20
4.7 Kvicksilver (Hg)	21
4.7.1 2015	21
4.7.2 Jämförelse mot tidigare år	22
4.8 Nickel (Ni)	22
4.8.1 2015	22
4.8.2 Jämförelse mot tidigare år	23
4.9 Vanadin (V).....	24
4.9.1 2015	24
4.9.2 Jämförelse mot tidigare år	25

4.10	Zink (Zn)	26
4.10.1	2015	26
4.10.2	Jämförelse mot tidigare år	27
4.11	Aluminium	28
4.11.1	2015	28
4.11.2	Jämförelse mot tidigare år	29
4.12	Kobolt	29
4.12.1	2015	29
4.12.2	Jämförelse mot tidigare år	30
4.13	Molybden	30
4.13.1	2015	30
4.13.2	Jämförelse mot tidigare år	31
4.14	Mangan	31
4.14.1	2015	32
5	Referenser	33
Bilaga I. Grunddata av metallkoncentrationer i mossa från Forshaga kommun		
	1985-2015	35

Sammanfattning

På uppdrag åt Forshaga kommun har IVL Svenska Miljöinstitutet AB utfört en undersökning av koncentrationer av metaller i mossa insamlade vid tre platser i Forshaga under 2015.

Resultaten visar att metoden att använda mossor för att mäta belastning för olika metaller har fungerat mycket väl i Forshaga kommun. Däremot kan inte analys av mangan i mossproverna användas för att mäta belastningen då koncentrationerna i mossan inte avspeglar den atmosfäriska depositionen. Anledningen till detta skulle kunna vara att det för mangan finns andra viktigare källor än atmosfärisk deposition som förklarar koncentrationerna i mossan. Därför redovisas inte resultat från mangankoncentrationerna i mossorna i sammanfattningen.

De mossprover som insamlats har analyserats med avseende på koncentrationer 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) och mangan (Mn).

Resultat 2015

Metall	Signifikant skillnad mellan Forshaga, Värmland och Region 4	Forshagas nivå jämfört med för Värmland och för Region 4	Mätplats i Forshaga där högsta metallkoncentrationen uppmätts
Arsenik	ingen	samma	Genbäcken
Bly	ingen	lägre	Genbäcken
Järn	ingen	högre	Genbäcken
Kadmium	ingen	lägre	Genbäcken
Koppar	ja	högre	Sörtjärn
Krom	ingen	Samma som för Värmland men lägre än för Region 4	Genbäcken
Kvicksilver	ingen	Lägre än för Värmland men samma som för Region 4	Genbäcken och Sörtjärn
Nickel	ingen	högre	Genbäcken
Vanadin	ingen	Samma som för Värmland men lägre än för Region 4	Genbäcken
Zink	ingen	Lägre än för Värmland men högre än för Region 4	Genbäcken
Aluminium	ingen	Högre än för Värmland men samma som för Region 4	Genbäcken
Kobolt	ingen	högre	Björnåsen
Molybden	ingen	Högre än för Värmland men lägre än för Region 4	Sörtjärn

Jämförelse mot tidigare år

Arsenikkoncentrationen i mossa i Forshaga kommun 2015 har sedan 2010 ökat statistiskt signifikant, medan blykoncentrationen i mossa har minskat under motsvarande period. Däremot

har järn-, kadmium-, koppar-, krom-, kvicksilver-, nickel-, vanadin-, zink-, aluminium-, kobolt- och molybdenkoncentrationen i mossor i Forshaga kommun inte förändrats statistiskt signifikant mellan 2010 och 2015.

1 Syfte

I samband med de nationella undersökningarna har ett flertal aktörer, bland annat Forshaga kommun, passat på att göra förtättningsstudier av metaller i mossor. Detta för att ge en bättre regional eller lokal bild av variationen av metaller i mossor. I Forshaga har de förtätade undersökningarna genomförts med 5 års intervall sedan 1985.

Syftet med de förtätade metallmätningarna i mossor är bl.a. att:

- kvalitativt och kvantitativt karakterisera det regionala bakgrundsutfallet av metaller
- påvisa mer betydande föroreningskällor och utsträckningen av de påverkade områdena
- följa upp tidigare nedfallsmätningar och följa tidsutvecklingen
- presentera mätningarna på ett lättillgängligt sätt
- följa upp resultatet av emissionsbegränsande åtgärder

2 Bakgrund

Redan under slutet av 1960-talet utvecklades i Sverige en ny och enkel metod att mäta belastningen av tungmetaller i miljön. Metoden är baserad på användning av mattbildande mossor som indikatorer för tungmetaller beroende på denna växtgrupps speciella egenskap att nästan uteslutande få sin näring från atmosfären (Rühling & Tyler, 1968; Tyler, 1971). De täta mattor som väggmossa (*Pleurozium schreberi*), husmossa (*Hylocomium splendens*) och andra mattbildande mossor formar visade sig vara effektiva "fällor" för metaller i luftburna partiklar och i nederbörd.

Idén att storskaligt använda mossor som bioindikator för mätningar av metaller utvecklades i Sverige under 1970-talet (Rühling och Skärby, 1979). De nationella undersökningar baserade på metoden har i Sverige utförts vart femte år sedan 1975, och sedan 1990 har motsvarande studier genomförts i många andra europeiska länder, också med fem års intervall. Det europeiska arbetet bedrivs inom ICP vegetationen enligt konventionen om långväga gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP).

3 Metodbeskrivning

För att kunna jämföra mossproverna insamlade i förtättningsstudierna med de nationella mossproverna har samma metodik använts för alla prover. Provhantering, bearbetning och kemisk analys har följt den internationella manualen för mossundersökningar inom Luftkonventionen (CLRTAP).

3.1 Provtagning

Provtagningen av mossorna har genomförts av Forshaga kommun. Mossa från samma mätpunkter som användes 2010 har provtagits 2015. För provtagning har Forshaga kommun fått samma manual som används i den nationella och internationella mossundersökningen där följande bland annat varit styrande:

- 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;
- proverna tas i normalt slutet skog (undvik under eller i kanten av täta grankronor)
- mängden mossa skall totalt vara ca 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, topografi (sluttning eller plan mark);

Proverna skall från provtagningsstillfället till insändning ha förvarats svalt. Provtagningen skedde i september 2015. Totalt har 3 mossprover med husmossa insamlats i Forshaga kommun.

3.2 Provhantering

Inkomna prover till IVL Svenska Miljöinstitutet AB har bokförts och lagts i frys inför sändning till Naturhistoriska Riksmuseet. I Forshaga har endast husmossa (*Hylocomium splendens*) använts för rensning och analys. Miljögiftsgruppen vid Naturhistoriska Riksmuseet har rensat och torkat proverna för analys. Mossproverna har rensats så att de två till tre senaste årens tillväxt har tillvaratagits. Detta motsvarar tillväxt för åren 2012-2014. Eftersom kvicksilver är en flyktig metall har mossproverna torkats i rumstemperatur för att inte äventyra analysen av kvicksilver.

Av de utvalda och preparerade mossproverna har minst 1 g skickats till analys. Återstående mossmaterial bevaras i en provbank vid Naturhistoriska Riksmuseet.

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 (2015).

3.3 Metallanalyser

Mossmaterialet som insamlats i Forshaga kommun 2015, har analyserats med avseende på koncentrationer 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), mangan (Mn) och molybden (Mo).

Samtliga metallanalyser har gjorts med ICP-MS, efter uppslutning med salpetersyra och väteperoxid ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) i slutna teflonkärl i mikrovågsugn. Vid uppslutning och analys har ett av två tillgängliga referensmaterial, som beställts från Naturresursinstitutet Luke i Finland, uppslutits och analyserats.

Analyserna av 2015 års mossprover har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet.

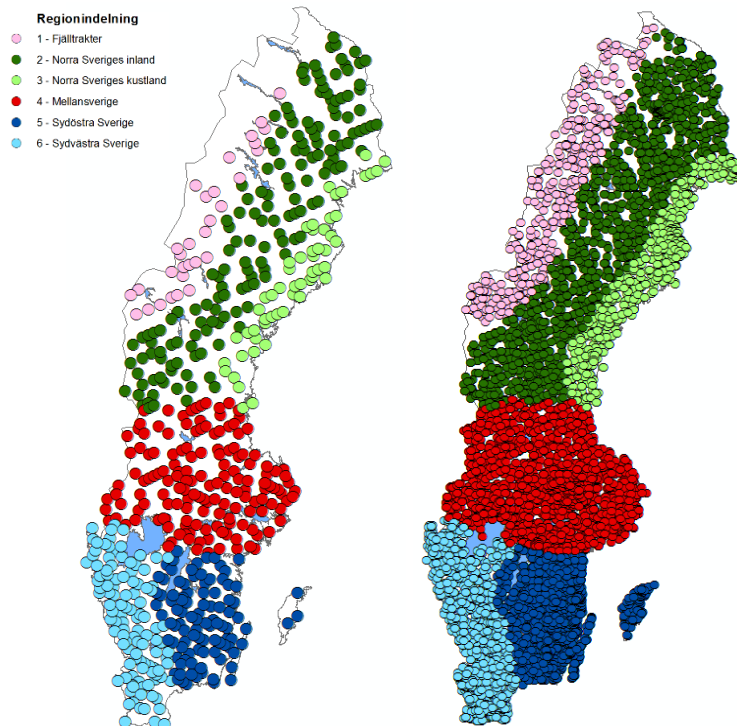
3.4 Statistisk datahantering

Då koncentrationerna i analyserade mossprover varit under respektive års och metalls rapporteringsgräns har halva rapporteringsgränsen ansatts för de statistiska analyserna. Detta kan medföra både över- och underskattning av enskilda resultat.

För analyser av eventuella skillnader av medelkoncentrationer av analyserade metaller, mellan år och mellan de definierade regionerna i Sverige, har variansanalys (ANOVA) använts. Detta är en statistisk metod som används för att undersöka skillnader i medelvärde mellan två eller fler grupper. Analysen har utförts med hjälp av statistikprogrammet STATGRAPHICS Plus for Windows 3.1. Signifikans anges i tre olika nivåer; $p < 0,05 = *$ signifikans; $p < 0,01 = **$ signifikans; $p < 0,001 = ***$ signifikans.

3.5 Provpunkter och regionindelning

I den nationella mossundersökningen har Sverige delats in i sex olika regioner som förväntas representera olika depositionsbelastning (Danielsson & Pihl Karlsson, 2016). Provpunkternas lägen, vilka ligger till grund för analysen av 2015 års resultat, presenteras i Figur 1. I samma figur ses även den regionindelning som använts för samtliga år. Forshaga kommun tillhör region 4.



Figur 1. Provpplatsernas lägen inom den nationella provtagningen 2015 (vänster) samt regionindelning (höger) (baserad på samtliga insamlade nationella mossprover 1975-2015).

4 Resultat

I resultatredovisningen presenteras för varje metall först en kort allmän information om metallen. Därefter redovisas resultat av jämförelser mellan medelkoncentrationer för Region 4, Värmlands län och förtätningsproverna i Forshaga för 2015. I Region 4 ingår resultat från 153 provpunkter varav resultat från 28 provpunkter är från Värmlands län. I Forshaga kommun ingår mätresultat från tre provpunkter. Vidare redovisas en jämförelse mellan 2015 och tidigare års koncentrationer i Forshaga kommun.

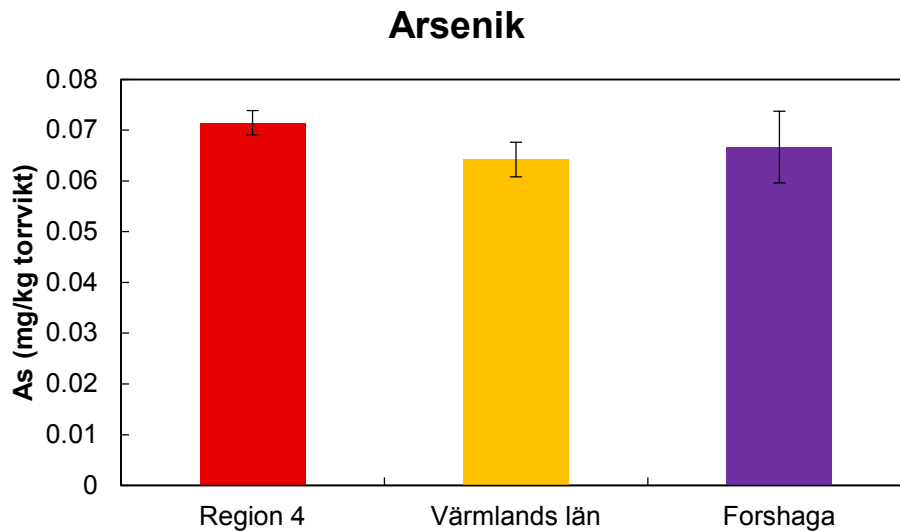
I Bilaga 1 redovisas grunddata av metallkoncentrationer i mossa från Forshaga kommun, 1985-2015.

4.1 Arsenik (As)

Arsenik (As) är en halvmetall som finns i oorganisk form i mineral. Antropogena källor till arsenikemissioner till luft är gruvdrift, smältverk och användning av arsenikinnehållande bekämpningsmedel inom jordbruket (Cullen & Reimer, 1989). Emissioner av arsenik erhålls även via förbränning av kol. Vid brytningen av vissa malmer, som innehåller arsenikkis (FeAsS), kan en lokal spridning av arsenik ske. Arsenik används som avfärgningsämne för glas och emalj och vid tillverkning av specialglas och blykristall samt vid metallurgistudier. Används även som cytostatika mot leukemi. Tidigare har arsenik också använts som träsnyddsmiddel (Kemikalieinspektionen, 2013). Arsenik kan även spridas till miljön via långväga atmosfärisk transport (Sternbeck och Carlsson, 2004). Bland naturliga källor till arsenik i atmosfären kan nämnas vulkanutbrott och vinderosion av bergarter och jordar.

4.1.1 2015

I Figur 2 visas medelkoncentrationen av arsenik i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av arsenik i Forshaga kommun (0,067 mg/kg torrsvikt) skiljde sig inte signifikant åt från övriga medelkoncentrationer och låg på samma nivå som medelkoncentrationerna för Värmlands län (0,064 mg/kg torrsvikt) och för Region 4 (0,071 mg/kg torrsvikt). Högsta arsenikkoncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (0,080 mg/kg torrsvikt). Arsenikkoncentrationen i provet från Björnåsen och Sörtjärn var 0,056 respektive 0,064 mg/kg torrsvikt.



Figur 2. Medelkoncentrationer av arsenik i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.1.2 Jämförelse mot tidigare år

I Tabell 1 redovisas medelkoncentrationer för arsenik i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. Samtliga områden hade signifikant högre medelkoncentrationer av arsenik 2015 jämfört med 2010. Att arsenikkoncentrationerna tycks ha ökat beror troligen på att rapporteringsgränsen för arsenik var betydligt högre 2010 (0,08 – 0,10 mg/kg) jämfört med 2015 (0,015 mg/kg). Vid analysresultat under rapporteringsgräns har i de statistiska analyserna ansatts halva rapporteringsgränsen vilket eventuellt lett till en underskattning av medelkoncentrationerna för år 2010.

Tabell 1. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för arsenik i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,051	0,071	***	ökning
Värmlands län	0,048	0,064	***	ökning
Forshaga kommun	0,050	0,067	*	ökning

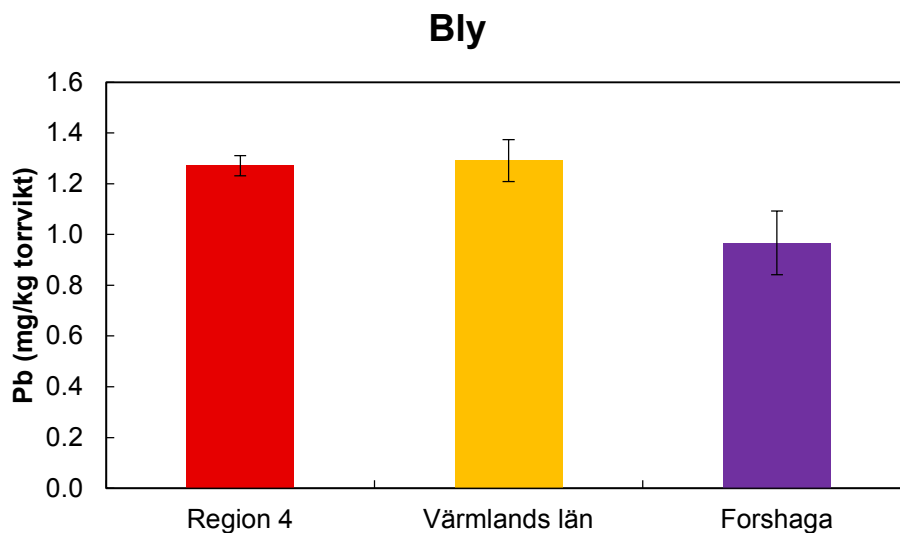
4.2 Bly (Pb)

Bly är en metall som har använts i över tusen år och som är giftig i de flesta av sina kemiska former (Eisler, 1988). Bly används bland annat i färgpigment, plast, kristall, blymantlad kabel, elektronik

och hagelammunition. Dessa användningsområden har dock minskat i Sverige. Bly har en lång uppehållstid i marken (Klaminder m.fl., 2006) och detta leder till att effekter i miljön kan ses i decennier efter att emissionerna och depositionen av bly har minskat (Berglund m.fl., 2008; 2010). Källor som gruvbrytning, anrikning och smältning av blymineral och användning av organiska blyföreningar i motorbränsle har gett en ökad mängd bly i vår miljö. Bly förekommer i atmosfären bundet till partiklar och tillförs ekosystemet med torr- och våtdeposition. Långväga atmosfärisk transport har en stor betydelse för metallens förekomst i miljön men spridning av bly till miljön sker även genom diffusa utsläpp från varor i samhället.

4.2.1 2015

I Figur 3 visas medelkoncentrationen av bly i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av bly i Forshaga kommun (0,97 mg/kg torrsvikt) skiljde sig inte signifikant åt från övriga områdets medelkoncentrationer, men låg något lägre än motsvarande medelkoncentration för Värmlands län (1,29 mg/kg torrsvikt) och för Region 4 (1,27 mg/kg torrsvikt). Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (1,2 mg/kg torrsvikt). Blykoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 0,77 respektive 0,93 mg/kg torrsvikt.



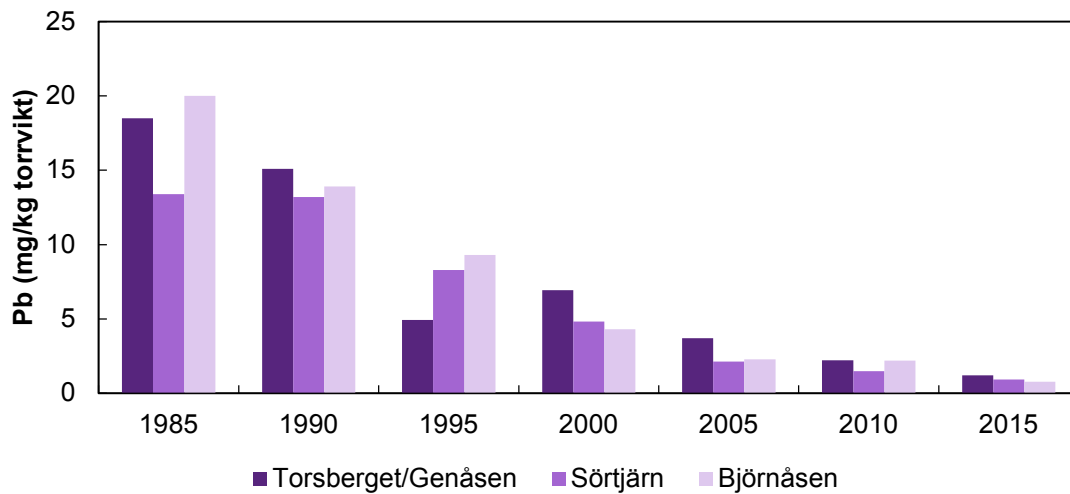
Figur 3. Medelkoncentrationer av bly i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.2.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 4 visar koncentration av bly i mossa i mossprover från Forshaga kommun mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015.

I figuren syns tydligt den kraftiga minskning som skett sedan 1985 då den första förtätningsundersökningen i Forshaga kommun genomfördes. Blytillsats i bensin förbjöds i mitten av 1990-talet, vilket är en förklaring till att minskningen varit så stor. 2015 var blykoncentrationen i mossa vid Björnåsen 96 % lägre jämfört med 1985. Motsvarande siffror för Torsberget/Genbäcken och för Sörtjärn var 94 % respektive 93 %.

Bly



Figur 4. Koncentration av bly i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 2 redovisas medelkoncentrationer för bly i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För samtliga tre områden kan ses en signifikant minskning av medelkoncentrationerna av bly i mossa.

Tabell 2. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för bly i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

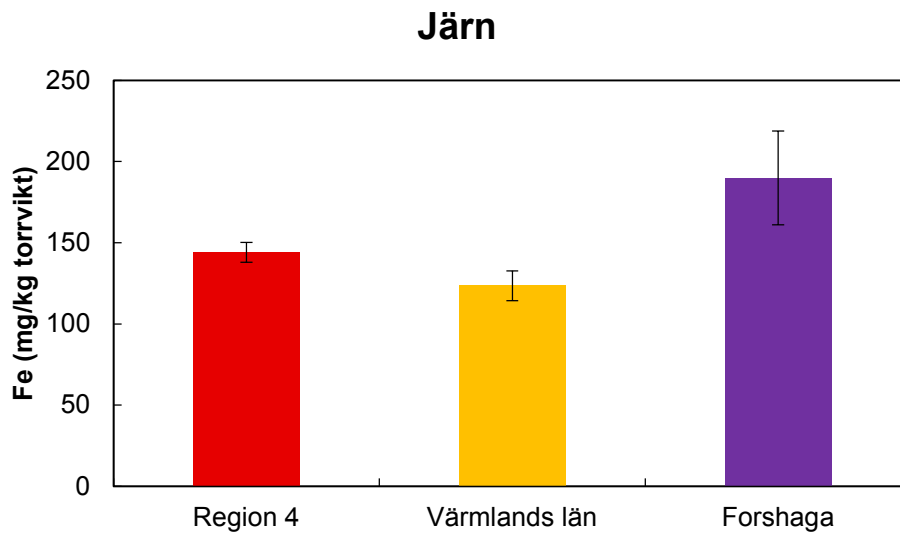
Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	2,3	1,3	***	minskning
Värmlands län	2,0	1,3	***	minskning
Forshaga kommun	2,0	0,97	**	minskning

4.3 Järn (Fe)

Järn har magnetiska egenskaper och är det fjärde vanligaste grundämnet i jordskorpan. Järn förekommer sällan i ren form utan ofta i föreningar med syre som mineralerna magnetit eller hematit. Järn är ett essentiellt ämne för både växter och djur.

4.3.1 2015

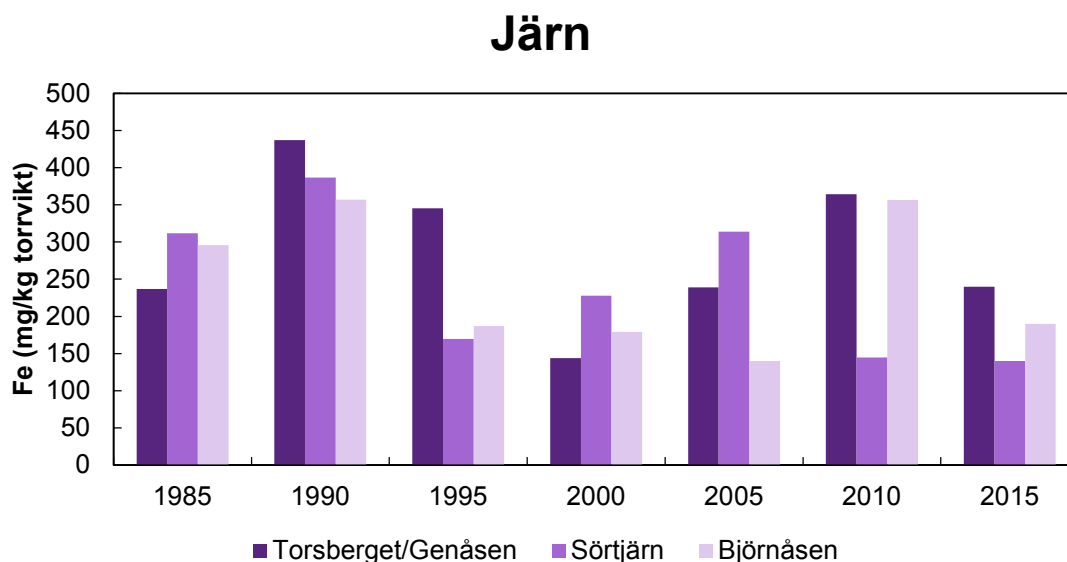
I Figur 5 visas medelkoncentrationen av järn i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av järn i Forshaga kommun (190 mg/kg torrsvikt) var högre än medelkoncentrationerna i Värmlands län (124 mg/kg torrsvikt) och i Region 4 (144 mg/kg torrsvikt), dock ej signifikant. Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (240 mg/kg torrsvikt). Järnkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 190 respektive 140 mg/kg torrsvikt.



Figur 5. Medelkoncentrationer av järn i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.3.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 6 visar koncentrationen av järn i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. Om man jämför koncentrationerna 1985 med 2015 kan man se att för Torsberget/Genbäcken var koncentrationen 2015 på samma nivå som 1985. 2015 var järnkoncentrationerna i mossa vid Sörtjärn ungefär 55 % lägre jämfört med 1985 och vid Björnåsen var motsvarande värde 36 %. För samtliga lokaler var dock mellanårsvariationen stor för järnkoncentration i mossprover.



Figur 6. Koncentration av järn i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 3 redovisas medelkoncentrationer för järn i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Region 4 och för Forshaga kommun fanns inga

signifikanta skillnader mellan medelkoncentrationerna av järn i mossprover mellan 2010 och 2015. För Värmlands län kan ses en signifikant ökning av järnkoncentrationerna.

Tabell 3. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för järn i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	128	144	ej signifikant	-
Värmlands län	96	123	*	ökning
Forshaga kommun	207	190	ej signifikant	-

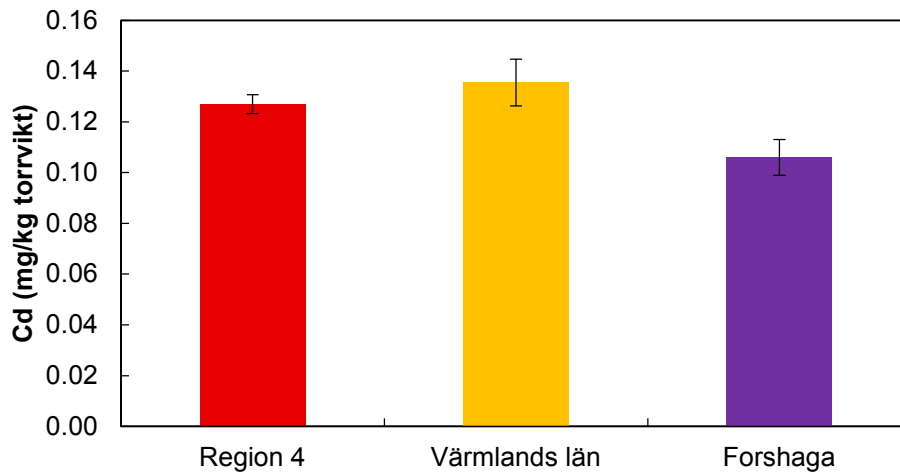
4.4 Kadmium (Cd)

Kadmium är en mycket giftig metall som i naturen främst finns i zinkmalmer. De antropogena kadmiumkällorna till atmosfären innefattar bland annat metallproduktion, förbränning av fossila bränslen samt avfallsförbränning (Suchara m.fl., 2007; Nriagu, 1989). Kadmium finns även som förorening i fosfatgödselmedel vilket har lett till att kadmium spridits till våra åkerjordar. Kadmium har använts som ytbeläggning på plåt (kadmiering, analogt med galvanisering med zink) och som legeringsmetall. Kadmiumföreningar har även använts som pigment i röda och gula målarfärger, plaster och keramiska glasyrer. Fortfarande används kadmium i batterier. Kadmium förekommer bunden till partiklar i luften och tillförs ekosystemet med torr- och våtdeposition. Långdistanstransport och deposition bidrar också till spridningen av kadmium i den svenska miljön (Sternbeck och Carlsson, 2004). Vulkaner, vinderosion och skogsbränder anses vara de viktigaste naturliga källorna (Suchara m.fl., 2007).

4.4.1 2015

I Figur 7 visas medelkoncentrationen av kadmium i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av kadmium i Forshaga kommun (0,11 mg/kg torrsvikt) var lägre, dock ej signifikant, än medelkoncentrationerna i Värmlands län (0,14 mg/kg torrsvikt) och i Region 4 (0,13 mg/kg torrsvikt). Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (0,12 mg/kg torrsvikt). Kadmiumkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 0,10 respektive 0,098 mg/kg torrsvikt.

Kadmium

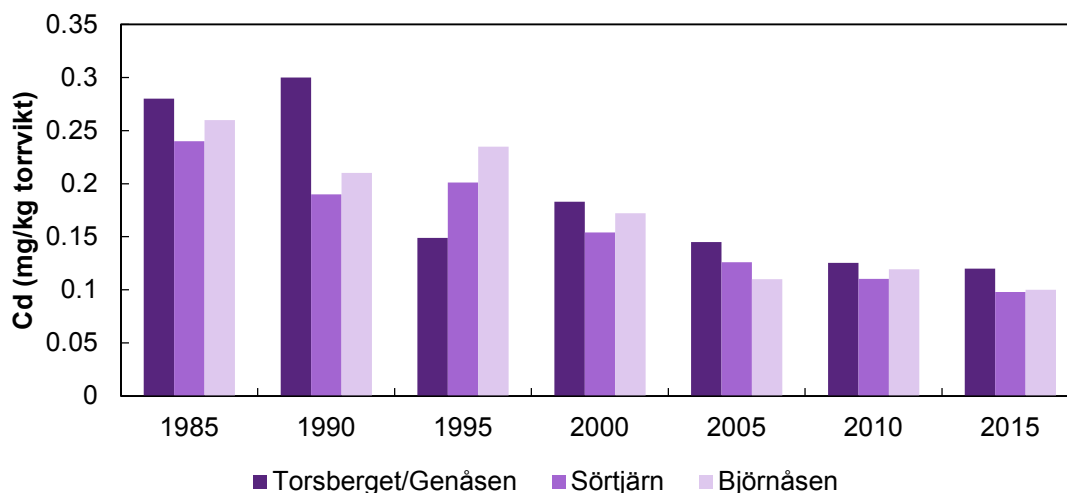


Figur 7. Medelkoncentrationer av kadmium i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.4.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 8 visar koncentrationen av kadmium i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. Om man jämför koncentrationerna 1985 med 2015 kan man se en tydlig minskning av koncentrationerna av kadmium i mossprov för alla tre stationerna. 2015 var kadmiumkoncentrationerna i mossa vid Björnåsen 62 % lägre jämfört med 1985. Motsvarande siffror för Torsberget/Genbäcken och för Sörtjärn var 57 % respektive 59 %.

Kadmium



Figur 8. Koncentration av kadmium i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 4 redovisas medelkoncentrationer för kadmium i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Värmlands län och för Forshaga kommun fanns

inga signifikanta skillnader mellan medelkoncentrationerna av kadmium i mossprover mellan 2010 och 2015. För Region 4 erhöles en signifikant minskning av kadmiumkoncentrationerna.

Tabell 4. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för kadmium i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

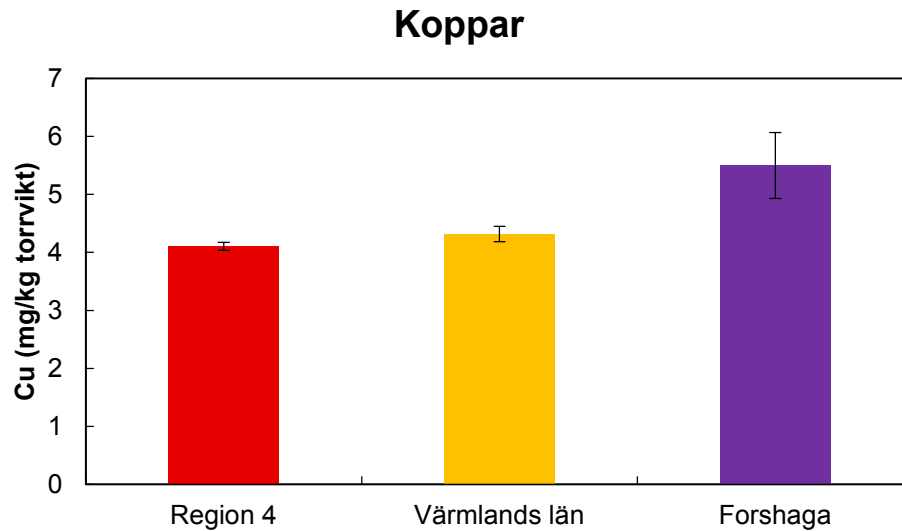
Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,15	0,13	***	minskning
Värmlands län	0,13	0,14	ej signifikant	-
Forshaga kommun	0,12	0,11	ej signifikant	-

4.5 Koppar (Cu)

Koppar har god elektrisk och termisk ledningsförmåga. Metallsmältverk och förbränning av fossila bränslen har traditionellt varit de största antropogena källorna till kopparemissioner till luft men under senare år har emissioner av koppar från vägtrafik blivit en allt viktigare källa. Hulscombe m.fl. (2006) menar att kopparemissioner från bromsarna på vägtrafikfordon är en viktig källa till diffusa kopparemissioner till luft. Även Johansson m.fl. (2009) kommer till slutsatsen att slitage av bromsar och bromsbelägg är en viktig källa till höga kopparemissioner i stadsmiljö. Gruvdrift och anrikning av koppar leder till damning av kopparhaltiga partiklar. I atmosfären binds koppar till partiklar och tillförs ekosystemen via våt- och torrdeposition.

4.5.1 2015

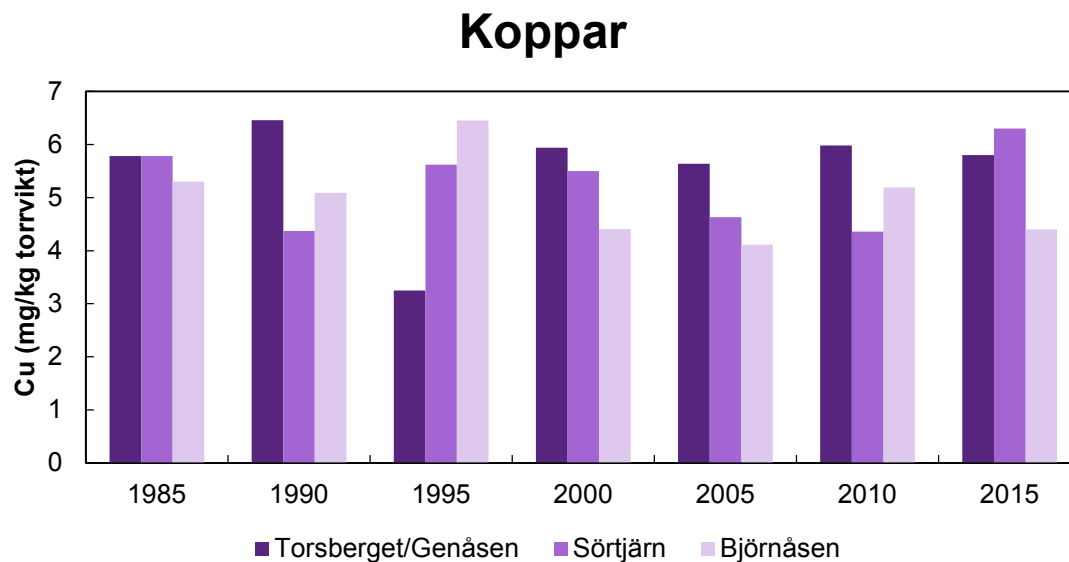
I Figur 9 visas medelkoncentrationen av koppar i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av koppar i Forshaga kommun (5,5 mg/kg torrsvikt) var signifikant högre ($p < 0,01$) än medelkoncentrationerna i Värmlands län (4,3 mg/kg torrsvikt) och i Region 4 (4,1 mg/kg torrsvikt). Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Sörtjärn (6,3 mg/kg torrsvikt). Kopparkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Genbäcken var 4,4 respektive 5,8 mg/kg torrsvikt.



Figur 9. Medelkoncentrationer av koppar i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.5.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 10 visar koncentrationen av koppar i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. Koncentrationerna har under perioden legat på en ganska stabil nivå men viss mellanårsvariation kan ses. Vid Björnåsen var kopparkoncentrationerna år 2015 ungefär 17 % lägre jämfört med 1985. Däremot var koncentrationerna vid Sörtjärn 2015 något högre jämfört med 1985 (9 %) medan de för Torsberget/Genbäcken var densamma som 1985.



Figur 10. Koncentration av koppar i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 5 redovisas medelkoncentrationer för koppar i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Värmlands län och för Forshaga kommun fanns inga

signifikanta skillnader mellan medelkoncentrationerna av koppar i mossprover mellan 2010 och 2015. För Region 4 erhöles en signifikant ökning av kopparkoncentrationerna.

Tabell 5. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för koppar i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

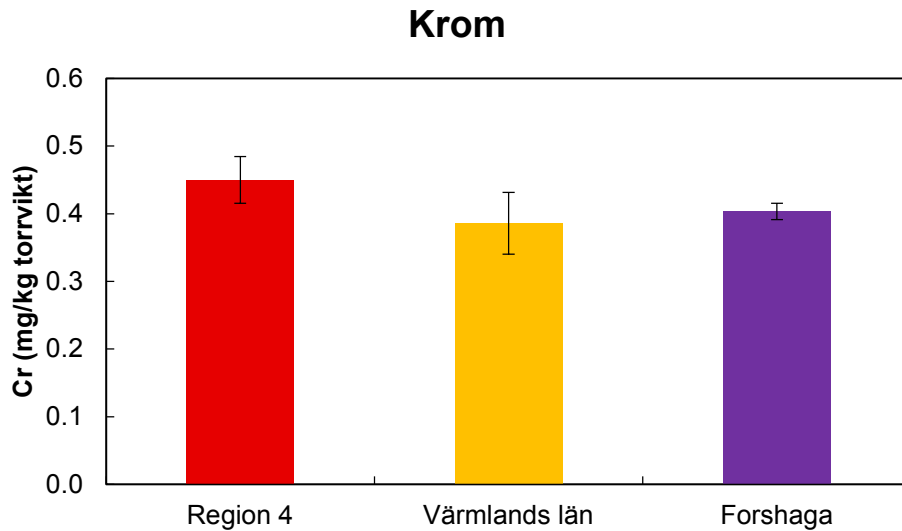
Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	4,0	4,1	ej signifikant	-
Värmlands län	3,7	4,3	**	ökning
Forshaga kommun	4,9	5,5	ej signifikant	-

4.6 Krom (Cr)

Krom finns i jordskorpan i ganska riklig mängd. Två-, tre- och sexvärt krom är de vanligaste formerna. Krom används t.ex. vid framställning av speciellt hållbara legeringar, till förkromning, för tillverkning av rostskyddsfärger och pigment samt för garvning av läder och för träimpregnering (International Chromium Development Association, 2007). Antropogena källor till emissioner av krom till luft är förbränning av fossila bränslen, brytning och bearbetning av kromrika malmer, metallurgisk och kemisk industri samt garveriverksamhet (Suchara m.fl., 2007; International Chromium Development Association, 2007). I atmosfären binds krom huvudsakligen till partiklar och tillförs ekosystemen med våt- och torrdeposition. Krom kan även tillföras atmosfären via vulkanutbrott.

4.6.1 2015

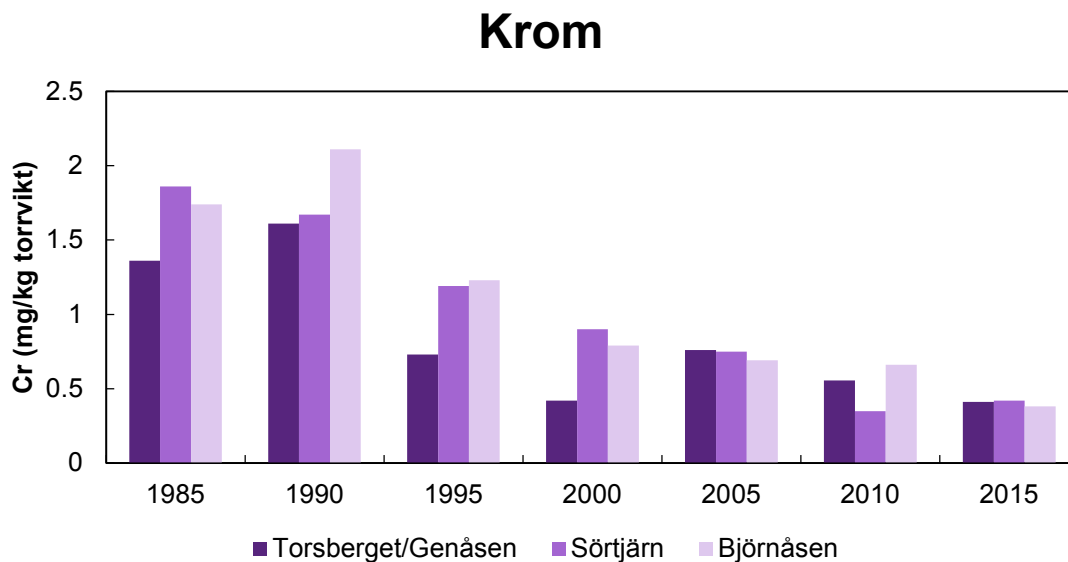
I Figur 11 visas medelkoncentrationen av krom i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av krom i Forshaga kommun (0,40 mg/kg torrsvikt) var på samma nivå som medelkoncentrationen i Värmlands län (0,39 mg/kg torrsvikt) medan Region 4 hade något högre medelkoncentration av krom (0,45 mg/kg torrsvikt). Det fanns dock inga statistiskt signifikanta skillnader mellan områdena. Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Sörtjärn (0,42 mg/kg torrsvikt). Kromkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Genbäcken var 0,38 respektive 0,41 mg/kg torrsvikt.



Figur 11. Medelkoncentrationer av krom i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.6.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 12 visar koncentrationen av krom i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. Om man jämför koncentrationerna 1985 med 2015 kan man se en tydlig minskning av koncentrationerna av krom i mossprov för alla tre stationerna. 2015 var kromkoncentrationerna i mossa vid Björnåsen 78 % lägre jämfört med 1985. Motsvarande siffror för Torsberget/Genbäcken och för Sörtjärn var 70 % respektive 77 %.



Figur 12. Koncentration av krom i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 6 redovisas medelkoncentrationer för krom i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Forshaga kommun fanns ingen signifikant skillnad

mellan medelkoncentrationen av krom i mossprover mellan 2010 och 2015. För Region 4 och Värmlands län fanns en signifikant ökning av kadmiumkoncentrationerna mellan 2010 och 2015.

Tabell 6. Medelkoncentrationer i mg/kg torrvtikt för krom i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,34	0,45	*	ökning
Värmlands län	0,23	0,39	**	ökning
Forshaga kommun	0,39	0,40	ej signifikant	-

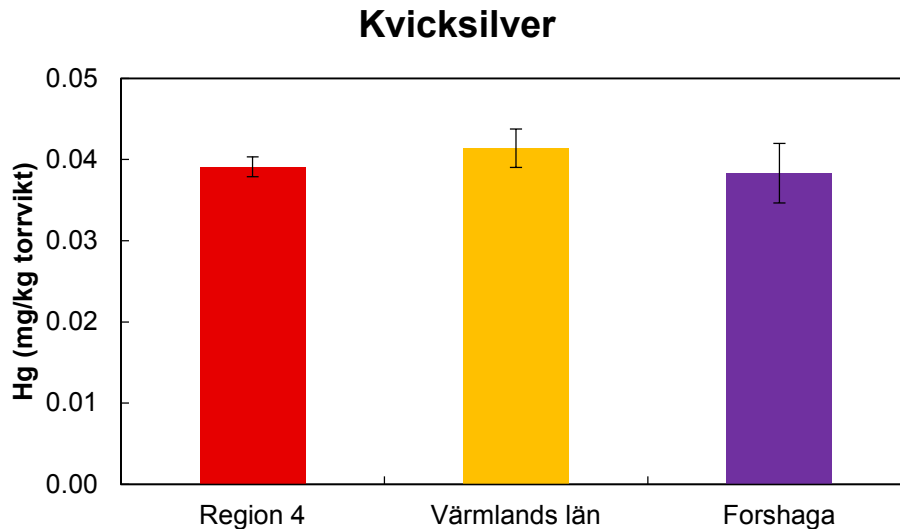
4.7 Kvicksilver (Hg)

Kvicksilver är en sällsynt metall i jordskorpan och det enda kvicksilverhaltiga mineral av betydelse är cinnober (HgS). Kvicksilver förekommer i flytande form vid rumstemperatur. Metalliskt kvicksilver används i medicinska och vetenskapliga instrument som termometrar, blodtrycksmätare och barometrar. Vid elektrokemisk framställning av klorgas inom kloralkaliindustrin används kvicksilver som elektrod. I denna industri kan exponeringen för kvicksilverånga vara hög. En annan källa till kvicksilveremissioner i Sverige är krematorier. Kvicksilveremissionerna från krematorier har minskat genom åren på grund av att antalet krematorier med rökgasrening har ökat (Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund, <http://www.skkf.se>). Även vid utvinning av guld används kvicksilver. I små mängder finns kvicksilver i lysrör, batterier och andra elektroniska komponenter. Den idag största yrkesmässigt kvicksilverexponerade gruppen är tandvårdspersonal (Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala, www.ammuppsala.se, 2016-08-16). Oorganiskt kvicksilver emitteras framför allt från användning inom klor-alkaliindustrin (Biester m.fl., 2002) och från förbränning av kol (Novoa-Munoz m.fl., 2008). I luft förekommer metallen till övervägande del som metalliskt kvicksilver, men finns även bunden till partiklar och som andra gasformiga föreningar. Den atmosfäriska uppehållstiden för metalliskt kvicksilver är ett till två år, vilket gör att långväga transport är en möjlig spridningsväg. Kvicksilver i mark och vatten utgörs mestadels av kvicksilverföreningar bundna till organiskt material (Palm m.fl., 2001). Den långa uppehållstiden i atmosfären gör att kvicksilver kan spridas globalt och belägg finns som visar på ökande koncentrationerna av kvicksilver i fisk och däggdjur i Arktis (WHO, 2007).

4.7.1 2015

I Figur 13 visas medelkoncentrationen av kvicksilver i mossprover från 2015.

Medelkoncentrationen av kvicksilver i Forshaga kommun (0,038 mg/kg torrvtikt) var på samma nivå som medelkoncentrationen för Region 4 (0,039 mg/kg torrvtikt). Värmlands län hade något högre medelkoncentration (0,041 mg/kg torrvtikt). Det fanns dock inga statistiskt signifikanta skillnader mellan områdena. Högsta koncentrationen i Forshaga hade proverna som insamlats i Genbäcken och Sörtjärn (0,042 mg/kg torrvtikt). Kvicksilverkoncentrationen i provet från Björnåsen var 0,031 mg/kg torrvtikt.



Figur 13. Medelkoncentrationer av kvicksilver i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.7.2 Jämförelse mot tidigare år

I Tabell 7 redovisas medelkoncentrationer för kvicksilver i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För inget av områdena fanns en signifikant skillnad mellan medelkoncentrationen av kvicksilver i mossprover mellan 2010 och 2015.

Tabell 7. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för kvicksilver i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,042	0,039	ej signifikant	-
Värmlands län	0,041	0,042	ej signifikant	-
Forshaga kommun	0,050	0,038	ej signifikant	-

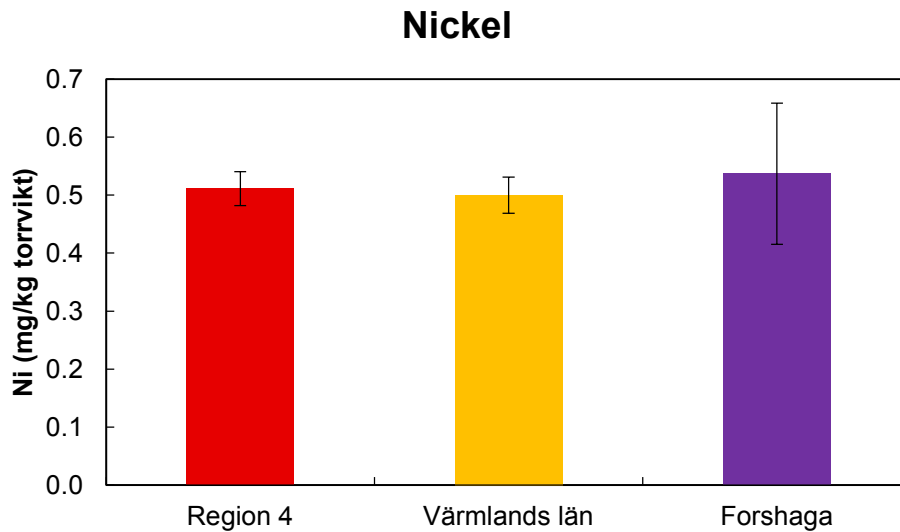
4.8 Nickel (Ni)

Nickel är en relativt vanlig metall i jordskorpan. Det huvudsakliga användningsområdet är som metallytbehandlingsmedel p.g.a. dess motståndskraft mot korrosion. Metallen används även i nickel-kadmiumbatterier (Palm m.fl., 2005). Nickel används även ofta i legeringar. Viktiga källor för emissioner av nickel till luft är petroleumindustrin, järn- och stålindustrin främst vid framställningen av rostfritt stål, förbränning av fossila bränslen (Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala, www.amm uppsala.se, 2016-08-16). De flesta nickelföreningar förekommer i atmosfären bundna till partiklar och tillförs ekosystemet med torr- och våtdeposition.

4.8.1 2015

I Figur 14 visas medelkoncentrationen av nickel i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av nickel i Forshaga kommun (0,54 mg/kg torrsvikt) var något högre än medelkoncentrationerna i Värmlands län (0,50 mg/kg torrsvikt) och i Region 4 (0,51 mg/kg torrsvikt), dock ej signifikant. Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (0,78 mg/kg torrsvikt).

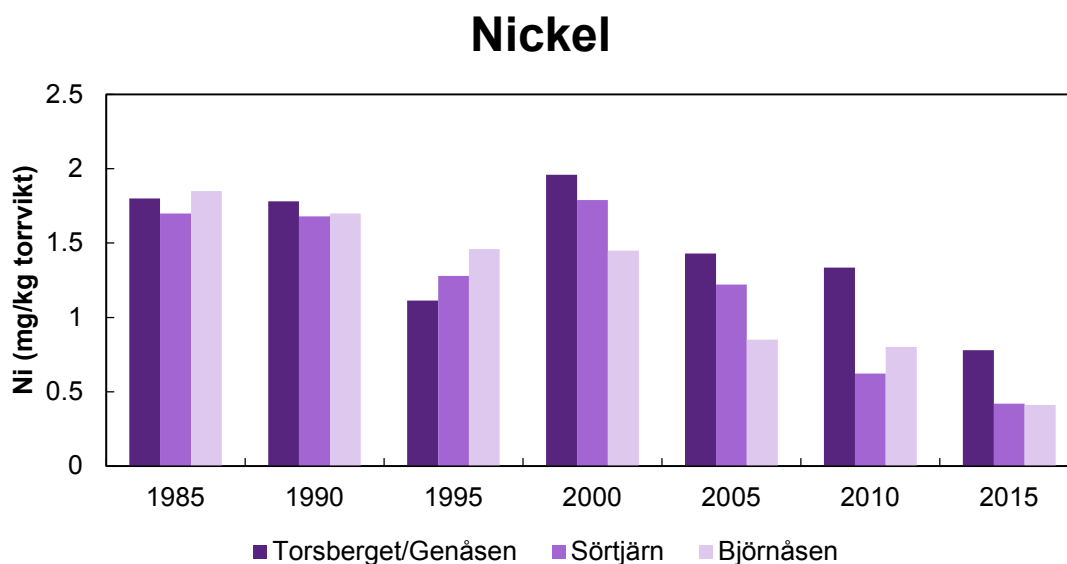
Nickelkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 0,41 respektive 0,42 mg/kg torrsvikt.



Figur 14. Medelkoncentrationer av nickel i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.8.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 15 visar koncentrationen av nickel i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. En minskning av nickelkoncentrationerna kunde ses för alla tre lokalerna, med den största minskningen under periodens senare del. 2015 var nickelkoncentrationerna i mossa vid Björnåsen 78 % lägre jämfört med 1985. Motsvarande siffror för Torsberget/Genbäcken och för Sörtjärn var 57 % respektive 75 %.



Figur 15. Koncentration av nickel i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 8 redovisas medelkoncentrationer för nickel i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Region 4 och för Värmlands län fanns en signifikant minskning av medelkoncentrationen av nickel i mossprover mellan 2010 och 2015, medan minskningen för Forshaga inte var signifikant.

Tabell 8. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för nickel i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,76	0,51	***	minskning
Värmlands län	0,64	0,50	**	minskning
Forshaga kommun	0,85	0,54	ej signifikant	-

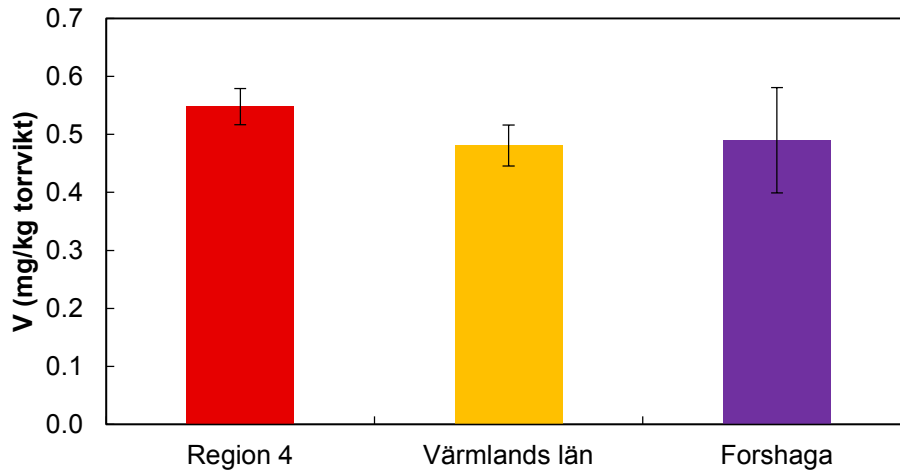
4.9 Vanadin (V)

Vanadin är ett sällsynt, mjukt metalliskt grundämne som inte förekommer i ren form i naturen (Suchara m.fl., 2007). Vanadin används främst i hårda legeringar till exempel tillsammans med krom. 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).

4.9.1 2015

I Figur 16 visas medelkoncentrationen av vanadin i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av vanadin i Forshaga kommun (0,49 mg/kg torrsvikt) var på samma nivå som medelkoncentrationerna i Värmlands län (0,48 mg/kg torrsvikt). I Region 4 var medelkoncentrationen något högre (0,55 mg/kg torrsvikt), dock ej signifikant. Högsta koncentrationen i Forshaga fanns i provet som insamlats i Genbäcken (0,66 mg/kg torrsvikt). Vanadinkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 0,46 respektive 0,35 mg/kg torrsvikt.

Vanadin

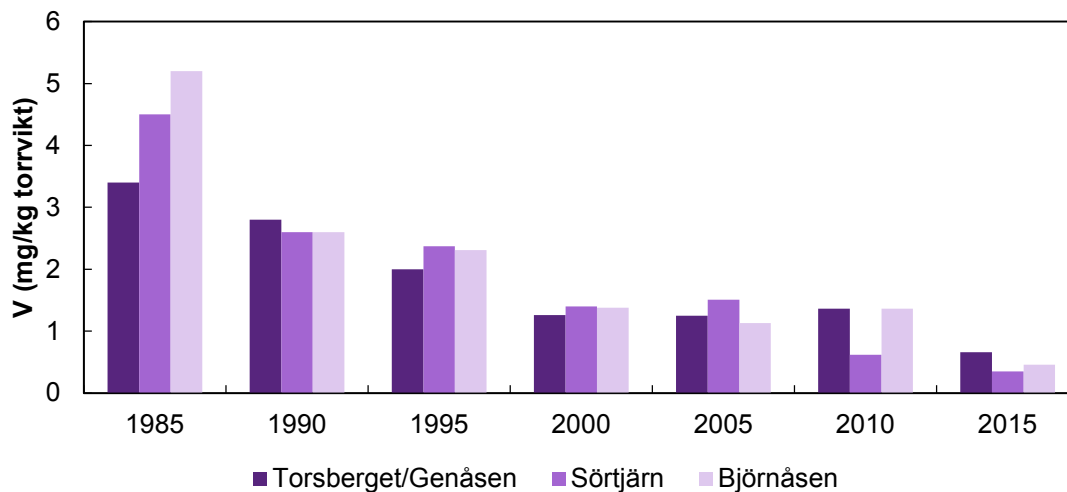


Figur 16. Medelkoncentrationer av vanadin i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.9.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 17 visar koncentrationen av vanadin i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. En klar och tydlig minskning av vanadinkoncentrationerna kan ses för alla tre lokalerna. 2015 var vanadinkoncentrationerna i mossa vid Björnåsen 91 % lägre jämfört med 1985. Motsvarande siffror för Torsberget/Genbäcken och för Sörtjärn var 81 % respektive 92 %.

Vanadin



Figur 17. Koncentration av vanadin i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 9 redovisas medelkoncentrationer för vanadin i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För Region 4 och för Värmlands län fanns en signifikant minskning av medelkoncentrationen av vanadin i mossprover mellan 2010 och 2015, medan minskningen för Forshaga inte var signifikant.

Tabell 9. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för vanadin i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

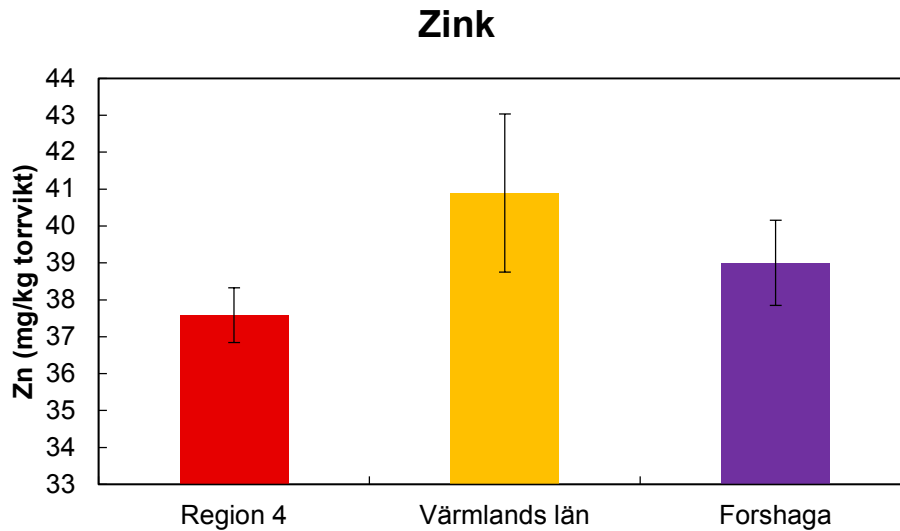
Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,80	0,55	***	minskning
Värmlands län	0,71	0,48	***	minskning
Forshaga kommun	0,98	0,49	ej signifikant	-

4.10 Zink (Zn)

Zink förekommer inte i ren form i naturen men finns bunden i många mineraler. 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. Antropogena källor till luft är zinksmältverk, kemiska industrier, kol- samt avfallsförbränningsanläggningar (Suchara m.fl., 2007). Zink emitteras även diffust från transportsektorn på grund av däckslitage (Johansson m.fl., 2009). I atmosfären förekommer zink bundet till partiklar och tillförs ekosystemen med torr- och våtdeposition. Både punktkällor och diffusa utsläpp samt långväga atmosfärisk transport utgör viktiga spridningsvägar (Sternbeck och Carlsson, 2004).

4.10.1 2015

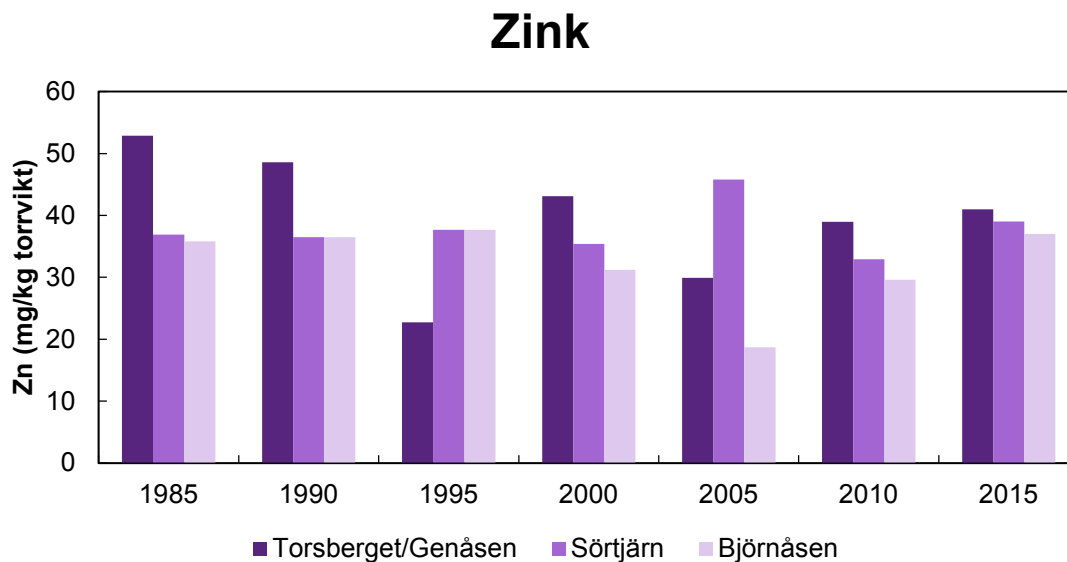
I Figur 18 visas medelkoncentrationen av zink i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av zink i Forshaga kommun (39 mg/kg torrsvikt) var lägre än medelkoncentrationerna för Värmlands län (41 mg/kg torrsvikt) och något högre än för Region 4 (38 mg/kg torrsvikt). Inga av medelkoncentrationerna var signifikant åtskilda. Högsta zinkkoncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (41 mg/kg torrsvikt). Motsvarande zinkkoncentrationer i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 37 respektive 39 mg/kg torrsvikt.



Figur 18. Medelkoncentrationer av zink i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.10.2 Jämförelse mot tidigare år

Figur 19 visar koncentrationen av zink i mossa mellan 1985 och 2015. Ingen statistisk trendanalys har genomförts på metallkoncentrationerna i mossa för perioden 1985-2015. Koncentrationerna låg under perioden på en ganska stabil nivå och koncentrationerna av zink i mossprover från Björnåsen och Sörtjärn låg 2015 på ungefär samma nivå som 1985. Däremot var zinkkoncentrationerna i mossan 2015 vid Torsberget/Genbäcken 22 % lägre jämfört med 1985.



Figur 19. Koncentration av zink i mossprover från Forshaga 1985-2015 (mg/kg torrsvikt).

I Tabell 10 redovisas medelkoncentrationer för zink i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För inget av områdena fanns en signifikant skillnad mellan medelkoncentrationen av zink i mossprover mellan 2010 och 2015.

Tabell 10. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för zink i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	36	38	ej signifikant	-
Värmlands län	36	41	ej signifikant	-
Forshaga kommun	35	39	ej signifikant	-

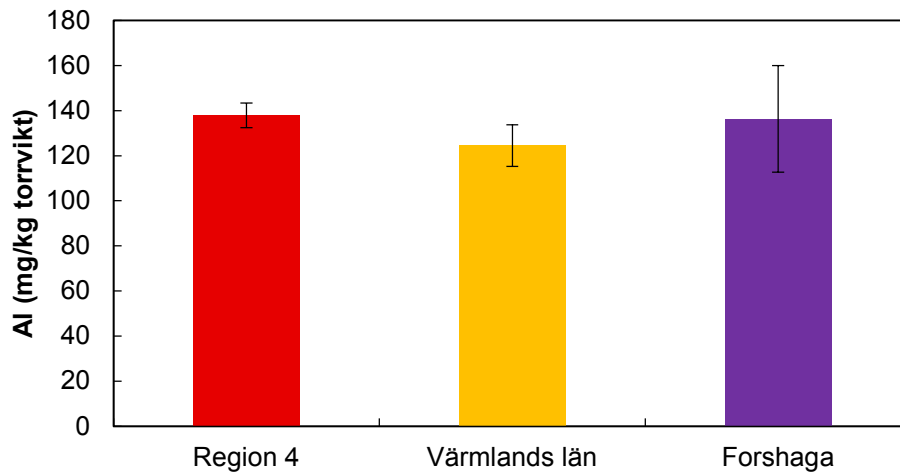
4.11 Aluminium

Ungefär 8,3 % av jordskorpans massa består av aluminium i form av kemiska föreningar. Aluminium är näst syre och kisel det vanligaste grundämnet i jordskorpan och därmed det vanligaste metalliska grundämnet där. I naturen finns aluminium endast kemiskt bundet till andra grundämnen. Aluminium har ett brett användningsområde, både som ren metall och i legeringar. Höga luftkoncentrationer kan uppstå vid aluminiumsvetsning och vid framställning av aluminiumpulver.

4.11.1 2015

I Figur 20 visas medelkoncentrationen av aluminium i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av aluminium i Forshaga kommun (136 mg/kg torrsvikt) var på samma nivå som medelkoncentrationen i Region 4 (138 mg/kg torrsvikt). I Värmlands län låg medelkoncentrationen något lägre (125 mg/kg torrsvikt). Det fanns inga statistiskt signifikanta skillnader mellan områdena. Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Genbäcken (180 mg/kg torrsvikt). Aluminiumkoncentrationen i proverna från Björnåsen och Sörtjärn var 130 respektive 99 mg/kg torrsvikt.

Aluminium



Figur 20. Medelkoncentrationer av aluminium i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.11.2 Jämförelse mot tidigare år

I Tabell 11 redovisas medelkoncentrationer för aluminium i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För inget av områdena fanns en signifikant skillnad mellan medelkoncentrationen av aluminium i mossprover mellan 2010 och 2015.

Tabell 11. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för aluminium i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	153	138	ej signifikant	-
Värmlands län	118	125	ej signifikant	-
Forshaga kommun	196	136	ej signifikant	-

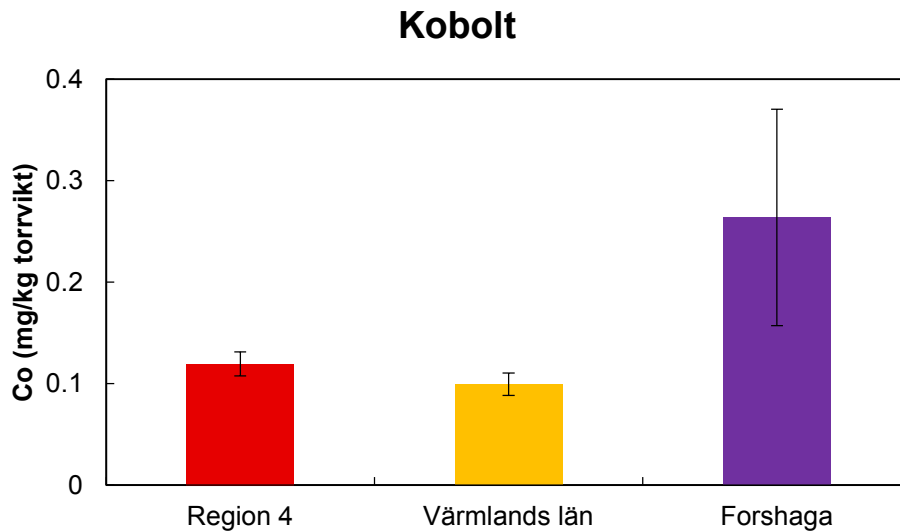
4.12 Kobolt

Kobolt sammanförs ibland med nickel och järn under benämningen järnmetallerna. Kobolt har en ganska låg medelkoncentration i jordskorpan, ca 29 g/ton. Den förekommer oftast som två- eller trevärda joner i ett stort antal sulfid- och arsenidmineral, ofta tillsammans med järn, nickel och koppar. Kobolt används framför allt i legeringar men även vid tillverkning av färgpigment och keramiska material. Spridning av kobolt i miljön sker framför allt runt de industrier som framställer och/eller använder kobolt. Viss spridning sker också vid förbränning av fossila bränslen eftersom dessa innehåller kobolt.

4.12.1 2015

I Figur 21 visas medelkoncentrationen av kobolt i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av kobolt i Forshaga kommun (0,26 mg/kg torrsvikt) var klart högre, dock ej signifikant, än medelkoncentrationen för Värmlands län (0,099 mg/kg torrsvikt) och för Region 4 (0,12 mg/kg torrsvikt). Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Björnåsen (0,45 mg/kg

torrvikt). Koboltkoncentrationen i proverna från Genbäcken och Sörtjärn var 0,26 respektive 0,081 mg/kg torrvikt.



Figur 21. Medelkoncentrationer av kobolt i mossprover från 2015 (mg/kg torrvikt).

4.12.2 Jämförelse mot tidigare år

I Tabell 12 redovisas medelkoncentrationer för kobolt i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För inget av områdena fanns en signifikant skillnad mellan medelkoncentrationen av kobolt i mossprover mellan 2010 och 2015.

Tabell 12. Medelkoncentrationer i mg/kg torrvikt för kobolt i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,13	0,12	ej signifikant	-
Värmlands län	0,087	0,099	ej signifikant	-
Forshaga kommun	0,20	0,26	ej signifikant	-

4.13 Molybden

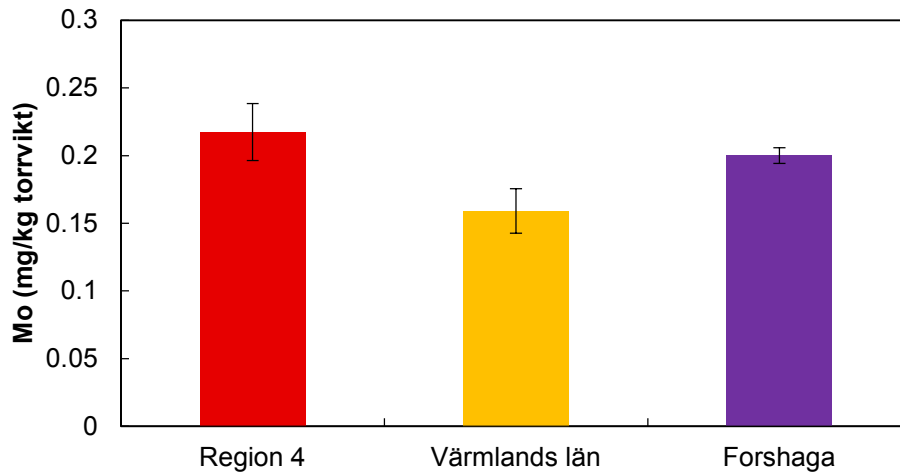
Molybden är ca 100 gånger mer sällsynt än det lättaste elementet i samma grupp i periodiska systemet, krom. Molybden förekommer i mineral som t.ex. molybdenit. Den är en legeringsmetall som bl.a. förbättrar styrkan hos stål. Metallen används också i kärnenergi-sammanhang, i flygplan och som trådmaterial i elektriska och elektroniska instrument. Molybden förekommer också i fossila bränslen (Suchara m.fl., 2007).

4.13.1 2015

I Figur 22 visas medelkoncentrationen av molybden i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av molybden i Forshaga kommun (0,20 mg/kg torrvikt) var något högre än medelkoncentrationen för Värmlands län (0,16 mg/kg torrvikt) och lägre än för Region 4 (0,22 mg/kg torrvikt). Det fanns

dock inga statistiskt signifikanta skillnader mellan områdena. Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Sörtjärn (0,21 mg/kg torrsvikt). Molybdenkoncentrationen i proverna från Genbäcken och Björnåsen var 0,20 respektive 0,19 mg/kg torrsvikt.

Molybden



Figur 22. Medelkoncentrationer av molybden i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

4.13.2 Jämförelse mot tidigare år

I Tabell 13 redovisas medelkoncentrationer för molybden i mossa för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun för 2010 och 2015. För inget av områdena fanns en signifikant skillnad mellan medelkoncentrationen av molybden i mossprover mellan 2010 och 2015.

Tabell 13. Medelkoncentrationer i mg/kg torrsvikt för molybden i mossprover för Region 4, för Värmlands län samt för Forshaga kommun, 2010 och 2015. Statistisk analys med envägs ANOVA.

Område	2010	2015	ANOVA	2010 till 2015
Region 4	0,20	0,22	ej signifikant	-
Värmlands län	0,15	0,16	ej signifikant	-
Forshaga kommun	0,23	0,20	ej signifikant	-

4.14 Mangan

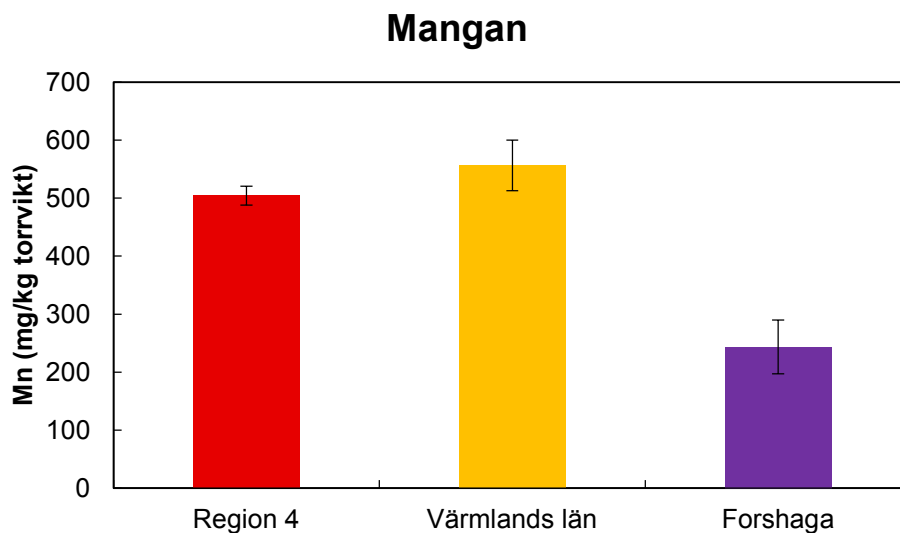
Då koncentrationerna i mossan av mangan i mossproverna inte avspeglar den atmosfäriska depositionen kan resultaten inte användas för att mäta belastningen varför resultat från mangankoncentrationerna nedan redovisas översiktligt. Vidare redovisas manganresultaten ej i sammanfattningen.

Mangan är det tolfte vanligaste grundämnet i jordskorpan. Medelkoncentrationen är ca 1 060 g/ton, vilket gör mangan till den efter järn och titan vanligaste övergångsmetallen. Det finns ca 250 olika manganmineral. De viktigaste är oxider, hydroxider och karbonater i sedimentära bildningar. Mangan används mest som legeringsmetall till stål.

4.14.1 2015

Som beskrivs i publicerad litteratur förfaller förhållandet mellan koncentrationer av mangan i mossprover och i nederbörd ofta sakna korrelation (Boquete, M.T., 2011; Steinnes, E., 1995; Berg m.fl., 1997; Ross, B., 1990). Anledningen till detta skulle kunna vara att det för mangan finns andra viktigare källor än atmosfärisk deposition som förklarar koncentrationerna i mossan (Boquete, M.T., 2011; Steinnes, E., 1995). Förklaringarna som ges av Steinnes (1995) är att koncentrationen i mossan 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 koncentrationer i kustområden förklaras förmodligen av katjonbyte på mossytan med havssaltjoner (Steinnes, E., 1995).

I Figur 23 visas medelkoncentrationen av mangan i mossprover från 2015. Medelkoncentrationen av mangan i Forshaga kommun (243 mg/kg torrsvikt) var signifikant lägre ($p < 0,05$) än medelkoncentrationen för Värmlands län (556 mg/kg torrsvikt) och för Region 4 (504 mg/kg torrsvikt). Högsta koncentrationen i Forshaga hade provet som insamlats i Sörtjärn (320 mg/kg torrsvikt). Mangankoncentrationen i proverna från Genbäcken och Björnåsen var 160 respektive 250 mg/kg torrsvikt.



Figur 23. Medelkoncentrationer av mangan i mossprover från 2015 (mg/kg torrsvikt).

5 Referenser

- Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala, www.ammuppsala.se, 2016-08-16
- 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.
- 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.
- Biester, H., Müller, G., & Schöler, H. F. (2002). Binding and mobility of mercury in soils contaminated by emissions from chlor-alkali plants. *Science of the Total Environment*, 284(1), 191-203.
- 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.
- 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 mossor 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.
- 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. (2015). <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/MossmonitoringMANUAL-2015-17.07.14.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.
- Kemikalieinspektionen. (2013). Kunnig och behörig användning av biocider – systemet och dess utvecklingsbehov. www.kemikalieinspektionen.se. ISSN: 0284 -1185.
- Klaminder, J., Bindler, R., Emteryd, O., Appleby, P., & Grip, H. (2006). Estimating the mean residence time of lead in the organic horizon of boreal forest soils using 210-lead, stable lead and a soil chronosequence. *Biogeochemistry*, 78(1), 31-49.
- Nóvoa-Muñoz, J. C., Pontevedra-Pombal, X., Martínez-Cortizas, A., & Gayoso, E. G. R. (2008). Mercury accumulation in upland acid forest ecosystems nearby a coal-fired power-plant in Southwest Europe (Galicia, NW Spain). *Science of the Total Environment*, 394(2), 303-312.
- Nriagu, J. O. (1989). A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338(6210), 47-49.
- Palm, A., Wängberg, I., & Brorström-Lundén, E. (2001). Kvicksilver och organiska miljögifter i Örsersumsviken: Utvärdering av mätresultat. IVL. IVL Rapport B 1433.
- Palm A., Andersson J. & Brorström-Lundén E., (2005). Översiktlig kartläggning av farliga ämnens huvudsakliga spridningsvägar i Sverige. 1. Diffusa källor. SMED rapport.
- 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.

- 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.
- 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.
- Sternbeck, J., & Carlsson, A. (2004). Långsiktig plan för programområdet utsläpp av Farliga ämnen. SMED rapport.
- Suchara, I., Maňková, 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.
- Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund, <http://www.skkf.se>
- Tyler, G. (1971). Moss analysis-a method for surveying heavy metal deposition. In *International Clean Air Congress. Proceedings*.
- 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.

Bilaga I. Grunddata av metallkoncentrationer i mossa från Forshaga kommun 1985-2015

Tabell I- 1. Metallkoncentrationer (mg/kg torrsvikt) i mossa från Forshaga kommun, 1985-2015.

Provpunkt	År	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	V	Zn	Hg	Al	Co
Torsberget/Genbäcken	1985		0.28	1.36	5.78	237	1.8	18.5	3.4	52.9			
	1990		0.3	1.61	6.46	437	1.78	15.1	2.8	48.6			
	1995		0.149	0.73	3.25	345.5	1.113	4.93	2	22.72			
	2000		0.183	0.42	5.94	144	1.96	6.93	1.26	43.1			
	2005		0.145	0.76	5.64	239	1.43	3.71	1.25	29.9	0.001		
	2010	0.05	0.13	0.56	6	364	1.3	2.2	1.4	39	0.07	365	0.49
	2015	0.08	0.12	0.41	5.8	240	0.78	1.2	0.66	41	0.042	180	0.26
Sörtjärn	1985		0.24	1.86	5.78	312	1.7	13.4	4.5	36.9			
	1990		0.19	1.67	4.37	386.8	1.68	13.2	2.6	36.5			
	1995		0.201	1.19	5.62	169.7	1.28	8.28	2.37	37.67			
	2000		0.154	0.9	5.5	228	1.79	4.83	1.4	35.4			
	2005		0.126	0.75	4.63	314	1.22	2.12	1.51	45.8	0.0016		
	2010	0.05	0.11	0.35	4.4	144	0.62	1.5	0.62	33	0.031	151	0.088
	2015	0.064	0.098	0.42	6.3	140	0.42	0.93	0.35	39	0.042	99	0.081
Björnåsen	1985		0.26	1.74	5.3	296	1.85	20	5.2	35.8			
	1990		0.21	2.11	5.09	357	1.7	13.9	2.6	36.5			
	1995		0.235	1.23	6.45	186.8	1.46	9.3	2.31	37.68			
	2000		0.172	0.79	4.41	179	1.45	4.3	1.38	31.2			
	2005		0.11	0.69	4.11	140	0.85	2.28	1.13	18.7	0.0008		
	2010	0.05	0.12	0.66	5.2	356	0.8	2.2	1.4	30	0.047	301	0.22
	2015	0.056	0.1	0.38	4.4	190	0.41	0.77	0.46	37	0.031	130	0.45

[Infoga bild/logga]