

Beskrivning av delprogrammet Metaller i mossa

1 Övergripande beskrivning av delprogrammet, förutsättningar m.m.

1.1 Kort beskrivning av delprogrammet

Analyser av halter av metaller i mossor har sedan slutet av 1960-talet används för att mäta belastningen av metaller i bakgrundsmiljön. Idén att storskaligt använda mossor som bioindikator för mätningar av metaller utvecklades i Sverige i slutet av 1970-talet (Rühling och Skärby, 1979). De nationella mossundersökningarna i Sverige startade 1975 och har genomförts vart 5:e år sedan dess.

Mossor tar nästan uteslutande upp metaller från luften. Endast ett litet upptag av metaller från underlaget finns (Tyler, 1970). Metoden med att använda mossor som bioindikatorer för metaller har visat sig ge en god bild av trender för belastningen över Sverige och andra länder. Lokala skillnader kan också spåras och ge information om såväl lokala utsläppskällor som långväga utsläpp.

Mossmetodikens styrka ligger i att man på ett enkelt sätt insamlar mossprover, för vidare beredning, så att analyserade prover representerar metallbelastningen under två till tre års tid. Inga speciella provtagningsanordningar behöver placeras ut. Detta gör metoden kostnadseffektiv. Proverna prepareras så att de senaste två till tre årens tillväxt på mossorna tillvaratas och analyseras, varigenom ett samlat mått på nedfallet av metaller under den perioden erhålls.

Även om metallkoncentrationen i mossor inte ger någon direkt kvantitativ mätning av deposition finns regressionsmetoder som nyttjar uppgifter om metallhalter i mossa tillsammans med nederbördsuppgifter för att uppskatta depositionen av metaller (Pihl Karlsson m.fl., 2016; Schröder m. fl., 2013; Berg m. fl., 2003; Berg och Steinnes, 1997).

Resultaten från delprogrammet ger kunskaper om den generella bakgrundsnivån av metaller inom landet. Dessa bakgrundsmätningar utgör ofta ett komplement till detaljerade kartläggningar som sker genom lokala förtätningar av mossprovtagningen.

De metaller som analyseras är arsenik, bly, järn, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin och zink. 2010 tillkom analyser av aluminium, molybden, kobolt och mangan och vid 2020 års undersökning kommer antimon att läggas till bland analyserade metaller.

Mätningar av metaller i mossor genomförs storskaligt i många länder i Europa och används för att följa upp nationella miljömål och Luftvårdskonventionens (CLRTAP) protokoll om minskade utsläpp av metaller. Dataanalysen av metallnehåll i provtagna mossor

koordineras av ICP Vegetation inom CLRTAP. Det svenska deltagandet är en viktig del av ICP Vegetation och de svenska resultaten rapporteras tillsammans med övriga deltagarländers resultat inom CLRTAP.

Mätningar av andra ämnen i mossor

Sedan 2005 har, inom ICP Vegetation, mossor även använts som bioindikator av atmosfärisk belastning av kväve. De data som hittills framkommit tycks spegla det atmosfäriska nedfallet av kväve över Europa och kan därför potentiellt vara ett verktyg för att identifiera riskområden med hög deposition av atmosfäriskt kväve (Harmens m. fl., 2011, 2013a; Schröder m. fl., 2010). I Sverige har en pilotundersökning gjorts av förhållandet mellan kvävedeposition och halt av kväve i mossa (Pihl Karlsson m. fl., 2016). Undersökningen visade på ett starkt samband och relativt låg spridning. Under 2020 års genomförande i Sverige av ”Metaller i mossa” kommer mossprovernas innehåll av kväve att analyseras. Dessa mätningar blir ett komplement till övervakning av kväveföreningar som genomförs årligen i delprogrammet ”Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd” och kommer att ge en bild av hur bakgrundsbelastningen av kväve varierar geografiskt, både kvalitativt och kvantitativt ur ett nationellt och regionalt perspektiv.

I en pilotstudie utförd i några europeiska länder undersöktes 2010 om mossor även skulle kunna användas som bioindikatorer för atmosfärisk deposition av långlivade organiska föreningar (POPs) (Foan m. fl., 2014, Harmens m. fl., 2013b). ICP Vegetation uppmanade inför 2015 års undersökning att pilotstudier utökas till fler europeiska länder. Under 2015 års genomförande i Sverige av ”Metaller i mossa” insamlades ett 80-tal mossprover jämnt spridda över landet. Av dessa analyserades 20 prover med avseende på innehåll av långlivade organiska föreningar (Danielsson m.fl., 2016).

1.2 Mål och syfte

Det förväntade resultatet av delprogrammet Metaller i mossa är att data ska bidra till en aktuell bild av metallbelastningen i bakgrundsmiljön. Undersökningen har förutom nationell, regional samt lokal täckning även en internationell täckning.

Miljöövervakningen enligt detta delprogram har flera olika användningsområden, däribland:

- att ge en bild av hur bakgrundsbelastningen av metaller varierar såväl geografiskt som tidsmässigt, både kvalitativt och kvantitativt ur ett nationellt och regionalt perspektiv
- att följa upp tidigare mätningar av tungmetaller i mossa och följa förändringar över tiden
- att följa upp resultatet av emissionsbegränsande åtgärder
- att påvisa mer betydande föroreningskällor och storleken av de påverkade områdena
- att utgöra ett komplement till övervakning av metaller i luft och nederbörd som genomförs årligen genom mätningar av halter i luft och nederbörd
- att delta i och rapportera till det europeiska samarbetet inom Luftvårdskonventionen, CLRTAP, och ICP Vegetation

- presentera resultaten på ett lättillgängligt sätt i form av kartor så resultaten lätt kan användas i olika typer av sammanhang.

Undersökningarna av metaller i mossor är av betydelse för övervakningen av hur det nationella miljö kvalitetsmålet *Gifrfri miljö* uppfylls. Enligt detta miljömål ska förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden och halterna av naturligt förekommande ämnen vara nära bakgrunds nivåerna. Undersökningarna i detta delprogram har även bäring på miljömålen *Frisk luft*, *Levande sjöar och vattendrag* samt *Levande skogar*.

1.3 Styrdokument

1.3.1 Undersökningar/undersökningstyper

Delprogrammet består av följande undersökningar:

- Mätningar av metaller i mossor

Delprogrammet består av följande undersökningstyper:

- Metaller i mossor, version 1:5, 2019-10-31

1.3.2 Kvalitetsdeklarationer för officiell statistik

1.3.3 Övriga styrdokument

Undersökningstyperna ingår i Naturvårdsverkets handbok för miljöövervakning. Metoderna har i princip behållits sedan början av mätningarna. För att möjliggöra jämförelser mellan olika länders mossundersökningar inom Luftvårdskonventionen följs den internationella manualen för provtagning, provhantering och analys, <http://icpvegetation.ceh.ac.uk>.

1.4 Beställare, ansvarig utförare samt styrning och förankringsprocesser

IVL Svenska Miljöinstitutet AB ansvarar, på uppdrag av Naturvårdsverket, för delprogrammets genomförande.

Delprogramansvarig på Naturvårdsverket är Petra Hagström:

Tel: 010 698 12 84

E-post: Petra.Hagstrom@naturvardsverket.se

1.5 Finansiering och kostnad

Naturvårdsverkets kostnad för genomförande av Metaller i mossor 2020 är totalt 1 754 000 kr för åren 2019-2021. Betydande samordningsvinster görs, nu liksom vid tidigare undersökningar, då samordning sker med Riksskogstaxeringens ordinarie provtagning för insamlandet av mossproverna.

1.6 Användare och användningsområden

Resultaten från undersökningarna av metaller i mossor kan vara lokal, regional och nationell miljömålsuppföljning samt uppföljning av specifika miljöproblem som rör metaller inom ett område. Resultaten från undersökningarna av metaller i mossor används även som en viktig beståndsdel inom internationell uppföljning inom Luftvårdskonventionen, CLRTAP. Sammanställning av resultaten från 2010 års undersökning inom ICP Vegetation har presenterats av Harmens m. fl. (2015). Sammanställning av 2015 års undersökning inom ICP Vegetation kommer att publiceras under våren 2020.

Generellt kan sägas att användare av resultat framtagna inom delprogrammet omfattar främst lokala, regionala och nationella myndigheter såsom kommuner, Luftvårdsförbund, Länsstyrelser, Naturvårdsverket eller Skogsvårdsorganisationerna. Det kan även vara specifika företag som använder resultaten i sin tillståndsbedömning. Vidare används resultaten även av studenter, nationella och internationella forskare och lärare.

I dagsläget ser vi en ökad efterfrågan på resultaten från mätningarna, främst nationellt men även internationellt då allt fler har upptäckt vilka stora datamängder som finns. Under 2020, liksom under 2015 och 2010, kommer ett antal förtätningar genomföras i samband med den nationella mossundersökningen. Dessa förtätningsundersökningar finansieras av olika luftvårdsförbund, länsstyrelser, kommuner och företag.

För mer information om hur data kan användas hänvisas till rapport (Danielsson & Pihl Karlsson, 2016). Resultaten från de europeiska metallundersökningarna i mossor används för att ge uppföljningsunderlag till Luftvårdskonventionens protokoll för metaller från 1998, uppdaterat 2012. De metaller som mäts internationellt är: aluminium, antimon, arsenik, bly, järn, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin och zink. Mossor kan användas effektivt och billigt för att övervaka utvecklingen av metallbelastningen med hög upplösning. De huvudsakliga målen inom ICP Vegetation med mossundersökningarna är att identifiera förorenade områden, producera Europakartor som visar variationen av metallmängder över Europa och vidareutveckla förståelsen av långväga transporterade luftföroreningar.

Framtida utmaningar för ICP Vegetations mossundersökningar är bland annat att närmare knyta mossdata till andra tillgängliga miljödata, till exempel klimat- och markdata. En viktig utmaning för framtiden blir att fastställa hur resultaten av mossundersökningarna kan användas i bedömningen av effekter av metaller, och på senare år även kväve och POPs, på ekosystem och senare identifiering av ekosystem som riskerar påverkas negativt av metallföroreningar. Detta kan ge värdefull information för det tillvägagångssätt som antagits av LRTAP-konventionen med kritisk belastning. Eftersom ekosystem och människors hälsa framgent antas utsättas för negativa effekter av metaller och andra föroreningar bör mossundersökningarna fortsätta att övervaka eventuella trender nationellt såväl som i Europa.

2 Information som erhålls inom delprogrammet

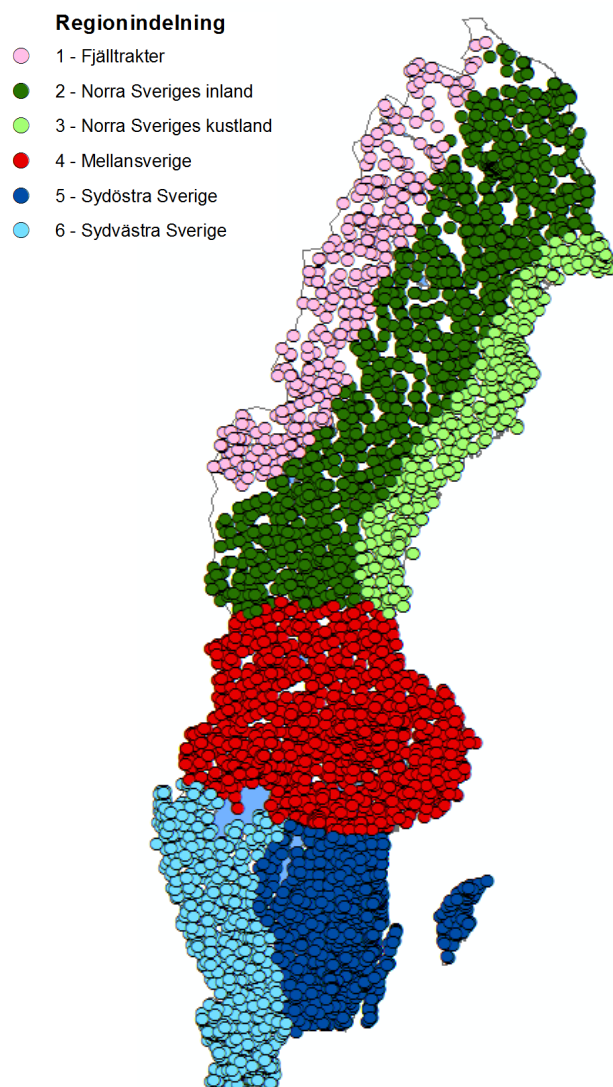
2.1 Design och Stationsnät

Mätningar inom Metaller i mossor påbörjades 1975. Under 2020 års undersökning kommer Sverige att delas in i 6 zoner på samma sätt som under 2010 och 2015 års undersökningar

(Figur 1). Genom åren har antalet prover som helhet samt per zon varierat (Tabell 1), 2020 års undersökning kommer att omfatta analys av cirka 500 mossprover.

Tabell 1. Tabell över antal mossprover per zon och år. OBS att antalet kan variera något beroende på analyserad metall.

Zon	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
1 Fjälltrakter	40	83	90	75	31	21	25	39	31
2 Norra Sveriges inland	172	208	187	167	174	105	120	134	162
3 Norra Sveriges kustland	90	85	96	82	66	33	55	66	55
4 Mellansverige	181	226	213	183	195	99	137	155	153
5 Sydöstra Sverige	93	103	120	104	107	59	78	105	99
6 Sydvästra Sverige	84	111	131	102	134	75	115	103	111
Hela Sverige	660	816	837	713	707	392	530	602	611



Figur 1 Karta över zonindelning baserad på samtliga insamlade mossprover inom de nationella metallundersökningarna som genomförts under 1975 - 2015.

För att möjliggöra jämförelser mellan olika länders mossundersökningar inom Luftvårdskonventionen har den internationella manualen för provtagning, provhantering och analys generellt följts.

Den huvudsakliga provtagningen utförs i samband med Riksskogstaxeringens ordinarie inventeringsarbete och deras system av provtytor, ”trakter”, används vid denna undersökning. Mossprover samlas in från Riksskogstaxeringens permanenta provtytor där väggmossa eller husmossa finns. I vissa områden krävs en viss förtätning jämfört med Riksskogstaxeringens provtytor vilket medför en viss utökad provtagning. Detta gäller speciellt vid kustnära platser i hela Sverige samt i södra Sveriges jordbruksområden.

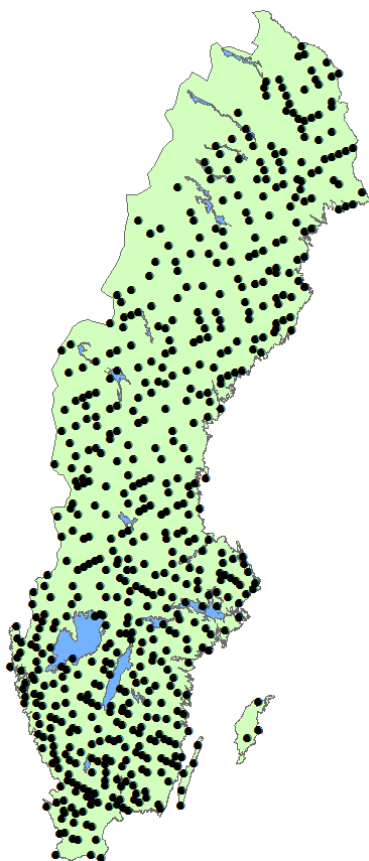
Variationen i fält är relativt stor varför man bör ta ett samlingsprov från varje provplats. Samlingsprovet bör bestå av mellan fem till tio delprov tagna inom en yta på ca 50 × 50 meter. Ett relativt stort provantal rekommenderas och möjliggörs av metodens enkelhet och relativt låga kostnad.

Den ordinarie provtagningen följer Riksskogstaxeringens årliga arbetsperiod maj-september. Om insamling av mossor sker på annat sätt rekommenderas en kortare period t.ex. augusti – september.

Under 2020 kommer följande vara styrande på samma sätt som under provtagningarna 2010 och 2015:

- provtagningsytan skall ligga minst 300 m från riks- eller länsväg och samlad bebyggelse (tre eller flera hus för permanent boende med tomterna gränsande mot varandra)
- provtagningsytan skall ligga minst 100 m från annan regelbundet trafikerad väg och hus för permanent boende
- i första hand insamlas väggmossa (*Pleurozium schreberi*), i andra hand husmossa (*Hylocomium splendens*). Provet skall bestå av antingen enbart väggmossa eller enbart husmossa.
- vid provtagning tas delprov från fem till tio (5-10) punkter. Punkterna skall ha ett inbördes avstånd av 5-10 m. Finns inte fem provpunkter inom ytan får provet tas från färre punkter, dock minst tre
- proverna tas i normalt slutet skog (undvik under eller i kanten av täta trädkronor)
- 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 ska förvaras svalt från provtagningstillfället till insändning och skickas in från provtagarna minst en gång per vecka. Under 2015 års mossundersökning påbörjades provtagningen i april och avslutades i början av oktober 2015. Totalt samlades 1048 mossprover in inom den nationella undersökningen 2015 varav 611 prover skickades för provberedning och analys (Figur 2). Under undersökningen 2020 kommer hanteringen av proverna vara densamma som under 2015 och cirka 500 mossprover kommer att analyseras.



Figur 2. Karta över provtagna punkter där metaller analyserats inom den nationella undersökningen 2015.

2.2 Variabler

Variabler och tidsperioder för Metaller i mossa presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Översiktstabell för variabler och tidsperioder.

<i>Företeelse</i>	<i>Determinand (Mätvariabel)</i>	<i>Metod-moment</i>	<i>Enhet</i>	<i>Frekvens och tidpunkter</i>
Väggmossa <i>Pleurozium schreberi</i> resp. Husmossa <i>Hylocomium splendens</i>	Kvävehalt (Kj-N)	Uppslutning med H ₂ SO ₄	g/kg	Vart femte år. April - oktober.
	Arsenikhalt (As-halt)	Uppslutning med HNO ₃ och H ₂ O ₂ (+Au för Hg)	mg/kg	
	Blyhalt (Pb-halt)		mg/kg	
	Järnhalt (Fe-halt)		mg/kg	
	Kadmiumhalt (Cd-halt)		mg/kg	
	Kopparhalt (Cu-halt)		mg/kg	
	Kromhalt (Cr-halt)		mg/kg	
	Kvicksilverhalt (Hg-halt)		mg/kg	
	Nickelhalt (Ni-halt)		mg/kg	
	Vanadinhalt (V-halt)		mg/kg	
	Zinkhalt (Zn-halt)		mg/kg	
	Aluminiumhalt (Al-halt)		mg/kg	

<i>Företeelse</i>	<i>Determinand (Mätvariabel)</i>	<i>Metod-moment</i>	<i>Enhet</i>	<i>Frekvens och tidpunkter</i>
	Molybdenhalt (Mo-halt)		mg/kg	
	Kobolthalt (Co-halt)		mg/kg	
	Manganhalt (Mn-halt)		mg/kg	
	Antimonhalt (Mn-halt)		mg/kg	

2.3 Kringinformation som samlas in i delprogrammet

All kringinformation som genereras inom Metaller i mossa lagras i en databas på IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Av all mossa som analyserats har ett delprov sparats i miljöprovbanken hos Naturhistoriska Riksmuseet.

2.4 Information som krävs från andra delprogram

Information från andra delprogram kommer främst från delprogram Metaller i luft och nederbörd.

3 Organisation och kvalitetsrutiner

3.1 Ansvar för delprogrammets utformning samt administration och genomförande

Det övergripande ansvaret för delprogrammets administration och genomförande ligger hos namngiven projektledare enligt Naturvårdsverkets kontrakt, för undersökningen 2020: Helena Danielsson, IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Projektet koordineras av en nationell utförare; IVL Svenska Miljöinstitutet AB och genomförs i samarbete med Riksskogstaxeringen som provtar i samband med annan inventering. Naturcentrum AB gör provberedning inför analys.

Projektet samordnas även internationellt genom att det ingår i aktiviteterna inom ICP Vegetation (International Cooperative Programme on the effects of air pollution on natural vegetation and crops) som ligger under Working Group on Effects inom Luftvårdskonventionen (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)). CLRTAP innefattar länder i Europa, Kaukasien, Centralasien och Nordamerika som ingår i UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). Genom ICP Vegetation under CLRTAP samrapporteras och jämförs de svenska resultaten med övriga deltagande länders resultat.

3.2 Kvalitetsrutiner

3.2.1 Provtagning och analys

Fältpersonalen består främst av anställda vid Riksskogstaxeringen, SLU. Personalen genomgår utbildning för att möjliggöra att all provtagning sker på ett korrekt sätt. Fältpersonalen arbetar med skriftliga manualer.

Inkomna prover till IVL Svenska Miljöinstitutet AB bokförs och läggs i frys inför sändning till Naturcentrum AB. I första hand väljs prover av väggmossa (*Pleurozium schreberi*) för rensning och analys. Avgörande för vilka prover som väljs ut för analys under 2020 kommer i möjligaste mån att vara prover som tagits på samma platser som under provtagningen 2005, 2010 och/eller 2015 för att få en så heltäckande bild som möjligt av bakgrundsbelastningen av aktuella metaller över hela landet.

Berörd laboratoriepersonal på använt ackrediterat laboratorium har genomgått utbildning för de kemiska analyser och den provhantering de utför och de har så kallade körkort för verksamheten.

I 2020 års inventering kommer Naturcentrum AB att rensa och torka proverna för analys. Mossproverna ska rensas så att de två till tre senaste årens tillväxt tillvaratas. Eftersom kvicksilver är en flyktig metall kommer mossproverna torkas i rumstemperatur för att inte äventyra analysen av kvicksilver. Av de utvalda och preparerade mossproverna ska minst 2 g skickas till analys.

Mossmaterialet som insamlas inom den nationella undersökningen 2020 kommer att analyseras med avseende på halter av kväve (Kj-N), arsenik (As), bly (Pb), järn (Fe), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), vanadin (V), zink (Zn), aluminium (Al), molybden (Mo), kobolt (Co), mangan (Mn) och antimon (Sb).

Metallanalyserna görs med ICP-OES (Al, Fe, Mg, Mn) eller ICP-MS (övriga metaller) efter uppslutning med HNO₃ och H₂O₂ (+ Au för Hg) i slutna teflonkärl i mikrovågsugn. Tidigare år, innan 2015, har inte H₂O₂ använts vid uppslutningen men jämförelsen mot befintligt referensmaterial visar på ett bättre utbyte då H₂O₂ finns med vid uppslutning. Kväveanalyserna (Kj-N) görs med ICP-OES efter uppslutning med H₂SO₄. Analyser av 2020 års mossprover kommer liksom under 2015 att utföras av IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Samtliga analysresultat korrigeras till att motsvara resultat efter torkning vid 40 grader innan kvalitetsgranskning och dataanalys.

För ytterligare kvalitetskontroll har standardmossprover, erhållna via ICP Vegetation, analyserats samtidigt som de insamlade mossproverna.

3.2.2 Utvärdering och resultatredovisning

Ansvarig för utvärdering och resultatredovisning, samt kvaliteten i dessa steg, är 2020 års projektansvarige: Helena Danielsson, IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Den nationella undersökningen, som utförs regelbundet vart femte år, presenteras i en rapport. Projektansvarig svarar bland annat för att kartor som visar metallhalternas fördelning inom landet tas fram samt möjliggör att data kan hämtas från IVL:s webbplats (www.ivl.se). Data kan också hämtas hos datavärd (www.smhi.se).

För 2020 års mossprover kommer den statistiska analysen av resultaten, liksom under 2010 och 2015 års undersökningar, genomföras med relevanta statistiska analyser, till exempel Mann-Kendall-analys och Kruskal Wallis test.

3.2.3 Datalagring

Lagring av primärdata sker i IVL:s databas enligt ackrediterade kvalitetsrutiner vid IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Projektansvarig ansvarar för att utvärderade och validerade resultat lagras i IVLs databas. Efter utvärdering och validering är lagrade resultat även tillgängliga inom datavärdskapet för LUFT, vilket för närvarande innehas av SMHI.

Resultaten för ingående variabler, tillsammans med beskrivning av provplatsen samt information om vilka provtagnings- och analysmetoder som använts, lämnas till datavärden. En genomgång och validering av data görs före inrapportering av data till datavärden.

Aktuella analysresultat ska åtföljas av uppgifter om laboratorium samt använda analysmetoder. Dessutom ska det tydligt framgå om eventuella mindre-än-värden (<) avser detektionsgräns eller kvantifieringsgräns.

Datavärden skall lagra och tillhandahålla data för enkel åtkomst av användare.

Datavärd: SMHI¹

3.2.4 Kvalitetskontroller

Alla delar av provtagnings- och analysförfarandet är väsentliga för undersökningens kvalitet och jämförbarhet. Det är därför viktigt att anvisningar i provtagnings- och analysmetoder följs. Anvisningarna bygger på de instruktioner som framtagits för den europeiska karteringen av metallnedfall.

Provtagningen skall göras enligt dokumenterade provtagningsrutiner och av personer med god kännedom om de problem och villkor som är förknippade med provtagning av material innehållande ämnen med låga haltnivåer (spårämnen).

Analyserna skall göras vid ett ackrediterat laboratorium, där kvalitetssystemet innebär att normal, rutinmässig kvalitetskontroll av provhantering, analysförfarande och analysdata ger god kvalitet på själva analysresultaten. Analyserna kontrolleras genom att referensmaterial analyseras tillsammans med de aktuella proverna.

Vid validering av data kan kontroll av till exempel samvariation mellan olika provplatser eller mellan olika parametrar användas för bedömningar. Jämförelser med resultat från tidigare års undersökningar görs också.

¹ <https://www.smhi.se/klimatdata/miljo/luftmiljodata/om-luftmiljodata/om-halter-i-luft-och-nederbord-1.107022>

4 Resultatredovisning

Rapportering av utvärderade och validerade data inom delprogrammet Metaller i mossa sker till datavärden för LUFT (SMHI) och till ICP Vegetation, CLRTAP.

Data och kartor finns tillgängliga på IVLs hemsida.

4.1 Åtkomst av grunddata

Data finns hos nationell datavärd, för närvarande: SMHI.

4.2 Rapporter/Produkter

Verksamheten redovisas till Naturvårdsverket i en rapport efter avslutat uppdrag. Data rapporteras även som beskrivits ovan i kartform på IVLs hemsida.

4.3 Annan användning av delprogrammets resultat

5 Ytterligare dokumentation av delprogrammet

6 Övrigt

7 Definitioner

8 Referenser

- Berg, T., Steinnes, E. (1997). Use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) as biomonitors of heavy metal deposition: from relative to absolute values. *Environmental Pollution* 98, 61-71.
- Berg, T., Hjellbrekke, A., Rühling, Å., Steinnes, E., Kubin, E., Larsen, M.M., Piispanen, J. (2003). Absolute deposition maps of heavy metals for the Nordic countries based on the moss survey. *TemaNord* 2003:505, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Danielsson, H., Hansson, K., Potter, A., Friedrichsen, J., Brorström-Lundén, E., (2016) Persistent organic pollutants in Swedish mosses. IVL Rapport C 188.
- Danielsson, H. & Pihl Karlsson G. (2016). Metaller i mossa 2015. IVL Rapport C 204.
- Foan, L., Leblond, S., Thöni, L., Raynaud, C., Santamaria, J.M, Sebiló, M., Simon, V. (2014). Spatial distribution of PAH concentrations and stable isotopic signatures ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) in mosses from three European areas - Characterization by multivariate analysis. *Environmental Pollution* 184: 113-122.

- Heavy metals, nitrogen and POPs in European mosses: 2020 Survey. Monitoring manual. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops.
<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/get-involved/manuals/moss-survey>.
- H. Harmens, D.A. Norris, K. Sharps, G. Mills, R. Alber, Y. Aleksiyenak, O. Blum, S.-M. Cucu-Man, M. Dam, L. De Temmerman, A. Ene, J.A. Fernández, J. Martínez-Abaigar, M. Frontasyeva, B. Godzik, Z. Jeran, P. Lazo, S. Leblond, S. Liiv, S.H. Magnússon, B. Maňková, G. Pihl Karlsson, J. Piispanen, J. Poikolainen, J.M. Santamaria, M. Skudnik, Z. Spiric, T. Stafilov, E. Steinnes, C. Stihl, I. Suchara, L. Thöni, R. Todoran, L. Yurukova, H.G. Zechmeister. (2015). Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some “hotspots” remain in 2010. *Environmental Pollution* 200: 93-104.
- Harmens, H., Norris, D., Mills, G., and the participants of the moss survey (2013a). Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and longterm temporal trends in Europe. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, CEH Bangor, UK. ISBN: 978-1-906698-38-6.
<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>
- Harmens, H., Mills, G., Hayes, F., Norris, D. and the participants of the ICP Vegetation. (2013b). Air pollution and vegetation. ICP Vegetation annual report 2012/2013. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, CEH Bangor, UK. ISBN: 978-1-906698-43-0.
<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>
- Harmens, H., Norris, D. A., Cooper, D.M., Mills, G., Steinnes E., Kubin, E., Thöni, L., Aboal, J.R., Alber, R., Carballeira, A., Coşkun, M., De Temmerman, L., Frolova, M., González-Miqueo, L., Jeran, Z., Leblond S., Liiv, S., Maňková, B., Pesch, R., Poikolainen, J., Rühling, Å., Santamaria, J. M., Simonè, P., Schröder, W., Suchara, I., Yurukova, L., Zechmeister, H. G. (2011). Nitrogen concentrations in mosses indicate the spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition in Europe. *Environmental Pollution* 159: 2852-2860.
- IVL Svenska Miljöinstitutet AB www.ivl.se
- Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E. och Wängberg, I. (2016). Samband mellan halter i mossa och deposition av metaller, kväve och svavel. IVL Rapport C 231.
- Rühling, Å., Skärby, L. (1979). Landsomfattande kartering av regionala tungmetallhalter i mossa. National survey of regional heavy metal concentrations in moss. *Statens naturvårdsverk PM 1191*: 1-28.
- Schröder, W., Pesch, R., Hertel, A., Schönrock, S., Harmens, H., Mills, G., Ilyin, I (2013). Landscape-specific correlation between atmospheric depositions of Cd, Hg and Pb and their concentrations in mosses across Europe. *Atmospheric Pollution Research* 4: 267-274.
- Schröder, W., Holy, M., Pesch, R., Harmens, H., Fagerli, H., Alber, R., Coşkun, M., De Temmerman, L., Frolova, M., González-Miqueo, L., Jeran, Z., Kubin, E., Leblond, S., Liiv, S., Maňková, B., Piispanen, J., Santamaría, J.M., Simonè, P., Suchara, I., Yurukova, L., Thöni, L., Zechmeister, H.G. (2010). First Europe-wide correlation analysis identifying factors best explaining the total nitrogen concentration in mosses. *Atmospheric Environment* 44: 3485-3491.
- Tyler, G. (1970). Moss analysis – a method for surveying heavy metal deposition. In: Englund, H.H. and Berry, W.T. (eds). *Proceedings of the Second International Clean Air Congress*. Academic Press, New York.

Bilaga 1.

Delprogrammets namn	Delprogrammets namn Metaller i mossa	
Mål	<p>Det förväntade resultatet av delprogrammet Metaller i mossa är att data ska bidra till en aktuell bild av metallbelastningen i bakgrundsmiljön. Undersökningen har förutom nationell, regional samt lokal täckning även en internationell täckning.</p> <p>De miljömål som främst berörs är:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Giftfri miljö</i> <p>men även</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Frisk luft</i> • <i>Levande sjöar och vattendrag</i> • <i>Levande skogar</i> 	
Preciserat syfte	<p>Syftet med delprogrammet Metaller i mossa är flera, däribland: att ge en bild av hur bakgrundsbelastningen av metaller varierar såväl geografiskt som tidsmässigt, både kvalitativt och kvantitativt ur ett nationellt och regionalt perspektiv, att följa upp tidigare mätningar av metaller i mossa och följa förändringar över tiden, att följa upp resultatet av emissionsbegränsande åtgärder, att påvisa mer betydande föroreningskällor och storleken av de påverkade områdena, att utgöra ett komplement till övervakning av metaller i luft och nederbörd som genomförs årligen genom mätningar av halter i luft och nederbörd samt att delta i och rapportera till det europeiska samarbetet inom Luftvårdskonventionen (CLRTAP), och ICP Vegetation.</p>	
Undersökningar	Mätningar av metaller i mossa	
Stationsnät	Under 2020 kommer antalet mätpunkter att vara ca 500 jämt fördelade över landet.	
Variabler	Arsenikhalt (As), blyhalt (Pb), järnhalt (Fe), kadmiumhalt (Cd), kopparhalt (Cu), kromhalt (Cr), kvicksilverhalt (Hg), nickelhalt (Ni), vanadinhalt (V), zinkhalt (Zn), aluminiumhalt (Al), molybdenhalt (Mo), kobolthalt (Co), manganhalt (Mn) och antimonhalt (Sb).	
Styrdokument	Undersökningstyper	<i>Metaller i mossa (2019-10-31)</i>
	Kvalitetsdeklaration	Versionsnr.: 1:5
	Övrigt	
Utvärderingsverktyg		
Underlag till nationella indikatorer		
Dataleveranser	Nationellt	Internationellt

	Rapportering av utvärderade och validerade data inom delprogrammet Metaller i mossa sker till datavärden för LUFT (för närvarande SMHI).	Data redovisas efter varje avslutad undersökning till ICP Vegetation inom CLRTAP.	
Rapporter/produkter	Verksamheten redovisas till Naturvårdsverket i en rapport efter avslutat uppdrag. Data samt kartor finns tillgängliga på IVLs hemsida: http://www.ivl.se		
Ansvarig utförare år 2020	Organisation	Projektledare	Kvalitetsansvarig
	IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Helena Danielsson	Karin Sjöberg