

Programområde: **Luft**  
**Skog**

Undersökningstyp: **Deposition till skog**

**Författare:** Se avsnittet ”Författare och övriga kontaktpersoner”.

## Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Målet med denna undersökningstyp är att kvantifiera depositionen av olika ämnen till skogs- mark för regional, nationell och internationell jämförelse samt att följa utvecklingen över tiden. Undersökningstypen kan även beskriva variationen i deposition mellan olika naturtyper och höjdlägen inom en region, samt ge underlag för kalibrering och validering av beräkningsmodeller. Den kan användas både för att beräkna deposition i specifika provytor (t.ex. permanenta skogsytor) och för hela avrinningsområden. Undersökningstypen utgör en del av den miljöövervakning som syftar till att beskriva effekter av luftföroreningar på skogsmarkens syra/bas-status, näringstillstånd, produktionsförmåga samt biologiska mångfald (Krondroppsnätet och IM).

Deposition av svavel och kväve är den viktigaste orsaken till att delar av Sveriges skogar, fjällområden och sjöar är försurade. Enligt miljömålet *Bara naturlig försurning* ska miljö- effekterna av nedfall inte få överskrida gränsen för vad mark och vatten tål av försurande ämnen. Resultat från undersökningstypen kan därför användas som ett mått på om nationella och internationella utsläppsstrategier har effekt i form av minskade mängder nedfall av svavel- och kväveföreningar.

Övergödning av mark och vatten orsakas av höga halter av kväve- och fosforföreningar. I Sverige kommer cirka 80 procent av det luftburna kvävet från utländska källor, varifrån föroreningarna har transporterats med vindar till Sverige. Resultat från undersökningstypen kan även användas för att utvärdera om miljömålet *Ingen övergödning* uppnås, alltså om utsläppen av bland andra olika kväveföreningar minskar.

## Samordning

Regionalt finansierade krondroppsmätningar (främst genom luftvårdsförbund och läns- styrelser) är samordnade över landet så att ett enhetligt program har skapats. I dag utgör Krondroppsnätet ett s.k. Gemensamt delprogram. Detta är samordnat med det nationella delprogrammet om Krondroppsmätningar (programområde Luft). Mätningarna är för de flesta lokaler även samordnade med Skogsstyrelsens skogliga observationsytor. Mätprogrammet inom Krondroppsnätet har även kompletterats med modellberäkningar.

## Strategi

Denna undersökningstyp beskriver främst krondroppsmätningar som metod att kvantifiera depositionen till skog i en provyta eller på beståndsnivå. Krondroppsmätningar bör kompletteras med mätningar av nederbördskemi på öppet fält (se undersökningstyp "Nederbördskemi, månadsmedelvärden") samt i vissa fall med mätningar av halter i luft (se undersökningstyp "Föroreningar i luft, månadsmedelvärden med diffusionsprovtagare" resp. "Föroreningar i luft, dygnsmedelvärden").

Strategin bygger på relativt många lokaler med extensiva mätningar för att, till en rimlig kostnad, visa nivåer avseende belastning av svavel och kväve till skog i bakgrundsmiljö i olika regionala delar av Sverige. Med ökad ambitionsnivå kan man studera hur mycket större belastningen blir på mer utsatta lokaler. Som exempel kan nämnas tätortsnära bestånd, kustnära platser i områden med skogsdungar i jordbrukslandskap eller granskog i sydvästslutningar i södra Sverige, där belastningen kan förväntas vara större än i bakgrundsmiljö på plan mark. Erhållna data används bland annat i samband med uppföljning av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Strategin har också omfattat samordning både inom och utanför Sveriges gränser. Likartade mätningar, med årlig rapportering för hela Europa, görs inom ICP-Forest (bl.a. de Vries et. al., 2003).

Undersökningstypen bygger på uppskattning av deposition genom analyser av krondropp. Trädkronorna fungerar som provtagare som filtrerar torra partiklar, gaser och dimma från luften. Föroreningarna sköljs sedan ner av nederbörden och samlas upp i insamlare på marken. Den totala depositionen till skog kan delas in i våtdeposition och torrdeposition. Med våtdeposition menas ämnen som deponeras med nederbörden. Våtdepositionen mäts genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält. Med torrdeposition menas direkt deposition av partiklar samt gaser till vegetation och andra ytor. Utöver våt- och torrdeposition deponeras även dimma. Summan av våt-, torr- och dimdeposition till skogsmarken kan mätas genom undersökning av nederbördens mängd och kemiska sammansättning, efter att den passerat trädkronorna (s.k. krondropp). Krondroppet är påverkat av trädens interna cirkulation av olika ämnen. För att kvantifiera den totala depositionen av ett ämne på ett bra sätt fordras antingen att upptag och läckage kan kvantifieras alternativt att ämnet ej påverkas av biologiska processer i trädkronan. Trots den nackdel som upptag och läckage av vissa ämnen ger vid mätning av totaldeposition är krondroppsmetoden det enda realistiska alternativet för rutinbruk i varierande skogstyper (Lövblad m.fl. 1993). Krondropp som mätmetod för att kvantifiera depositionen tillämpas i första hand i permanenta skogsytor på vanligtvis 30×30 m<sup>2</sup> eller i ett avrinningsområde.

För svavel och havssalter, som inte interncirkuleras i trädkronan, ger krondroppsmätningarna en god bild av den totala depositionen. Andelen torrdeposition för svavel, natrium och klorid ger även en indikation på storleken av den totala depositionen av andra ämnen. Det är möjligt att beräkna torrdepositionen av baskatjoner och kväve med hjälp av s.k. strängprovtagare i kombination med mätningar av nederbörd på öppet fält och krondropp (Ferm & Hultberg, 1999, Karlsson m. fl., 2010, se undersökningstypen "Torrdeposition med strängprovtagare, månadsmedelvärden"). Torrdepositionen av olika ämnen kan uppskattas genom användandet av surrogatytor, t ex strängprovtagare av teflon, placerade under tak. Natrium används som en biologiskt inert markör för depositionen till skogen. Torrdepositionen av ett specifikt ämne beräknas som kvoten av koncentrationen av ämnet i provet från strängprovtagaren, dividerat med koncentrationen av natrium i strängprovet och multiplicerat med nettokrondroppet för natrium till skogen vid provplatsen. Nettokrondroppet beräknas som nedfallet i krondropp subtraherat med nedfallet på öppet fält.

## Beräknad totaldeposition till skog

Alternativet till mätningar med strängprovtagare, krondroppsmätningar och mätningar på öppet fält för att kvantifiera den totala depositionen till skog på en bestämd plats är att kombinera beräkningsmodeller med avancerade s.k. mikrometeorologiska mätningar, där halter i luft i kombination med vindhastighet och riktning i tre dimensioner mäts med en mycket hög frekvens. Denna metodik kräver stora arbetsinsatser och är förknippad med stora investeringar. Hittills har den därför endast tillämpats inom vissa forskningsprojekt.

Miljöövervakningen kan i många fall ställas inför en valsituation mellan mer omfattande mätningar eller utveckling av modeller för beräkning av föroreningsnivå, transport och deposition. Resultatmässigt är den bästa lösningen ofta en kombination av mätningar och modellberäkningar. Beräkningarna bör i ett inledningsskede baseras på underlag från ett mer omfattande mätprogram, eftersom modellberäkningar behöver valideras med hjälp av mätresultat. Den lokala, s.k. orografiska variationen i deposition kan vara mycket stor på korta geografiska avstånd. En väl fungerande modell kan sedan generalisera mätresultaten och ge kunskap om föroreningssituationen över större områden än vad som är genomförbart med enbart mätningar.

## Statistiska aspekter

Krondroppsmätningarna innebär att provinsamlingen sker kontinuerligt under en månad. Månadsprover ger normalt tillräcklig information för att variationen under och mellan år ska kunna beskrivas. I speciella fall kan det vara motiverat med tätare provtagning än månadsvis, men detta ökar kostnaderna kraftigt. För att kunna utläsa trender eller säkerställa bestående förändringar i depositionen till skog måste mätningarna vara långsiktiga (> 10 år), eftersom den naturliga mellanårsvariationen kan vara stor. Vid trendberäkningar av depositionens tidsutveckling måste även hänsyn tas till att skogsbestånden växer till och förändras på annat sätt.

Långsiktiga mätningar av depositionsutvecklingen i skogsbestånd som ingår i ett nationellt eller regionalt nät, där likartade bestånd ska jämföras, kräver tillgång till lokaler som inte förändras, utöver naturlig tillväxt. Mycket långa mätserier i skog (> 20 år) kräver i många fall att det sker ett byte av mätplats. Om syftet med depositions-mätningen enbart är att ge platsspecifika data på tillförseln av olika ämnen till en skogsyta eller ett avrinningsområde kan större förändringar av mätplatsen tolereras. Om en depositions-mätning i ett bestånd ska vara representativ för bakgrundsbelastningen i ett större område (med likartad skog) är det viktigt att lokalen inte är lokalt påverkad eller exponerad på ett onormalt sätt. Depositions-mätningar till skog kan naturligtvis även användas för att spegla speciella förhållanden som inte är typiska för en hel region, såsom exempelvis hur stor belastningen är till ett bestånd i en exponerad sydvästsluttning eller i närheten av större föroreningskälla.

Om syftet är att få ett representativt mått på depositionen i en permanent skogsyta av normal storlek bör enligt IVL:s utförda tester minst 10 insamlare användas vid varje mätplats. Behovet av insamlare i ett avrinningsområde varierar starkt, beroende på områdets storlek och karaktär. I avrinningsområden kan det vara nödvändigt att under en kortare tid mäta på många platser för att beräkna vad som är minsta antalet insamlare för att uppnå en viss precision i mätningarna.

Den optimala utformningen och storleken (diameter på öppningen) på insamlarna är inte utredd i detalj. Det finns dock en omfattande praktisk erfarenhet från tidigare mätningar med relativt standardiserad utrustning (Westling m.fl., 1992, Lövblad m.fl., 1994). Storleken på

uppsamlingsytan måste vara tillräckligt stor för att ge analyserbara vätskemängder under de flesta perioder. Vid månadsprovtagning är detta oftast inget problem. Den utrustning och de metoder som används inom den nationella och regionala miljöövervakningen har gett goda resultat i en internationell interkalibrering där utrustning från 20 olika länder har jämförts (Draaijers et. al., 2001).

För att välja lämplig statistisk bearbetning, se Naturvårdsverkets handledning i ”Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare”. Handledningen finns som pdf på Naturvårdsverkets webbplats. Se även webbplatsen [www.miljostatistik.se](http://www.miljostatistik.se) för att läsa mer om statistiska analyser.

### **Plats/stationsval**

När syftet är att belysa bakgrundsbelastningen i ett område ska lokalen bestå av ett homogent bestånd (exempelvis mogen granskog) med en marktyp som inte avviker från det normala i området. Den ska ligga på tillräckligt avstånd för att undvika lokal påverkan från industrier, tätorter, stora vägar eller andra föroreningskällor. Beståndet ska i allmänhet vara representativt för normalt brukad skogsmark. För de kompletterande nederbördskemiska mätningarna på öppet fält gäller att de företrädevis bör göras inom 1 km radie från krondroppsmätningarna. I övrigt gäller samma strategi som för undersökningstyp ”Nederbörds kemi, månadsmedelvärden”.

## Mätprogram

### Variabler

Provtagning av nederbörd och krondropp görs kontinuerligt under månaden med byte i anslutning till månadsskifte och med parameterlista enligt nedanstående tabell.

<i>Område</i>	<i>Företeelse</i>	<i>Deter- minand (Mät- variabel)</i>	<i>Metod- moment</i>	<i>Enhet</i>	<i>Prioritet</i>	<i>Frekvens och tid- punkter</i>	<i>Referens till prov- tagnings- metodik</i>	<i>Referens till analys- metod</i>
Lokal i skog resp. lokal på öppet fält	Provtagningstillfälle	Datum (Startdatum, Slutdatum)						
	Krondropp, Nederbörd	Krondroppsmängd Nederbörds- mängd	Ofiltrerat	mm	1	Månad	1	-
	Krondropp, Nederbörd	SO <sub>4</sub> -S-halt Sulfat som svavel, halt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	8
	Krondropp, Nederbörd	NO <sub>3</sub> -N-halt Nitrat som kväve, halt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	8
	Krondropp, Nederbörd	NH <sub>4</sub> -N-halt Ammonium som kväve, halt	Filtrerat, konserverat	kg/ha	1	Månad	1	3
	Krondropp, Nederbörd	Kvävehalt, Kjeldahl	Filtrerat, konserverat	kg/ha	1	Månad	1	7
	Krondropp, Nederbörd	DOC-halt Löst organiskt kol	Filtrerat, konserverat	kg/ha	2	Månad	1	9
	Krondropp, Nederbörd	Cl-halt Kloridhalt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	8
	Krondropp, Nederbörd	Na-halt Natriumhalt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	6
	Krondropp, Nederbörd	K-halt Kaliumhalt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	6
	Krondropp, Nederbörd	Ca-halt Kalciumhalt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	6
	Krondropp, Nederbörd	Mg-halt Magnesiumhalt	Filtrerat	kg/ha	1	Månad	1	6
	Krondropp, Nederbörd	Mn-halt Manganhalt	Filtrerat	kg/ha	2	Månad	1	6
	Krondropp, Nederbörd	pH	Ofiltrerat		1	Månad	1	2
	Krondropp, Nederbörd	Alkalinitet	Ofiltrerat	mekv/l	1, (pH>5,4)	Månad	1	4
Krondropp, Nederbörd	Konduktivitet	Ofiltrerat	mS/m	1	Månad	1	5	

Nedfallet av svavel och kväve används som rena indikatorer inom miljömålsuppföljningen och nedfallet av baskatjoner ger viktig information bland annat i samband med bedömning av kritisk belastning.

I vissa skogstyper, speciellt bokskog och tallskog leder grenverket ner en viss del av nederbörden till stammen, stamavrinning. Om totaldepositionen ska mätas med hög precision i denna typ av bestånd bör krondroppsmätningen kombineras med mätning av stamavrinning. Metoder för detta beskrivs i manualen för de positionsmätningar på skogsytan (Level 2) inom ICP Forest-programmet (1998), Draaijers et al., 2001 samt i Lövblad & Westling (1989). Speciella undersökningar för att mäta depositionen av baskatjoner till skog kan ske med hjälp av inerta substrat, som består av tunna trådar som ska efterlikna barrträd, placerade i trädkronan (Ferm m.fl., 2003).

### **Frekvens och tidpunkter**

Prover samlas in kontinuerligt för månatlig provtagning i anslutning till månadsskifte (samordnat så samtliga prover i en region tas samma dag).

### **Observations/provtagningsmetodik**

#### **Permanent skogsyta**

Normalt används tio trattförsedda (trattdiameter 140-160 mm) dunkar (2-5 l, beroende på nederbördsmängd) per skogsyta. Mellan tratt och dunk finns ett nät eller filter som hindrar fallförna och insekter att ramla ned i provet. De tio delproven från ytan slås normalt samman till ett samlingsprov. Misstänkt förorenade prov (av fåglar etc.) blandas inte in i samlingsprovet. Under vinterperioden ersätts dunkar och trattar av koniska hinkar (diameter 200-210 mm, volym 5-15 l, beroende på nederbördsmängd). Vid provtagning under vinterförhållanden måste all insamlad snö och is tinas före vidare provhantering. Provinsamlarna placeras på förutbestämda avstånd längs 2 av ytans sidor. Det innebär även att insamlarna blir placerade slumpmässigt på olika avstånd från trädstammarna. Att kvantifiera depositionen under ett enskilt träd kräver att insamlarna placeras på ett för trädkronan representativt sätt. Denna specialmätning har ett begränsat användningsområde, men kan vara intressant vid studier av till exempel skador på enskilda träd.

För att minska inverkan av fältskikt och snödjup är krondroppsinsamlarna placerade på stolpar, 0,5 m ovan mark. I områden med stora snödjup kan det vara nödvändigt att använda högre stolpar. För att minimera ljusstrålningen till provet är samtliga dunkar försedda med aluminiumfolie som dessutom reflekterar solstrålarna och håller temperaturen i proverna nere. Lämpligt material i trattar, dunkar och hinkar är polyeten. För att undvika diskning av insamlarna invändigt efter provuttag är det lämpligt att sätta i en lagom stor plastpåse (hög renhet, påsar avsedda för livsmedel) i dunkar och hinkar. Påsarna byts vid varje provtagning. Generellt är det viktigt att undvika kontaminering så långt möjligt, framför allt genom att undvika att beröra de delar av insamlarna som kommer i kontakt med krondroppet. Om utrustningen blir kontaminerad måste den rengöras med avjoniserat vatten.

Nedfallsinsamlarna på öppet fält och i skogsytan töms normalt en gång i månaden. Om kortare provtagningsintervall än en månad tillämpas påverkar inte det rutinerna för insamlingen. Exponeringstid, antal trattar, trattadie och volym noteras. Även eventuella störningar i provtagningen noteras.

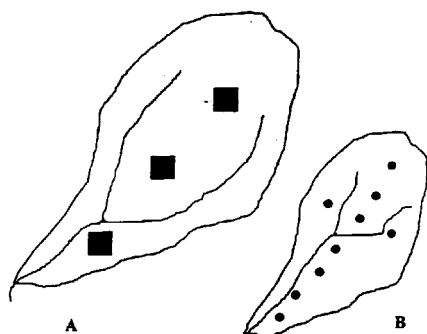
Proverna transporteras snabbast möjligt till laboratorium för att minimera effekten av eventuella förändringar som kan äga rum i flaskan. Förvaring av prover ska ske mörkt och

kallt. Månatlig provtagning ska ske i månadsskiften och på samma datum i hela eller delar av landet. Provtagning i ett län bör helst ej sträckas ut mer än två dagar.

### Avrinningsområden

För depositions-mätningar i avrinningsområden används samma typ av utrustning och provtagningsförfarande som i permanenta skogsytor. I stora avrinningsområden (>500 hektar) med varierande skogstyper bör depositions-mätningarna ske i utvalda typytor som representerar områdets olika skogsbestånd och topografi (typ A i figur 1 nedan). Mätningarna i typytor sker på samma sätt som i permanenta skogsytor. Sammanhållning av prov från insamlarna sker endast inom typytan, aldrig mellan ytorna. I små avrinningsområden (<500 hektar) där skogen är relativt homogen kan insamlarna placeras ut i hela området så att de representerar olika förhållanden (typ B i figur 1 nedan). Mest praktiskt är att placera insamlarna regelbundet på en eller flera linjer genom hela området. Linjerna måste dras så att insamlarna efter utplacering ytmässigt representerar de dominerande skogstyperna inom området. I vilken utsträckning prover från insamlarna på linjer i ett avrinningsområde kan hållas ihop till samlingsprov kan inte anges generellt, utan det beror på behovet av detaljerad information samt områdets karaktär.

Sammanhållning av många prov från ett stort område innebär alltid en risk för bortfall av data efter den kemiska analysen, då kontaminerade prover kan bli inblandade. Bortfall från en typyta bland flera andra är mindre allvarligt än bortfall från ett helt avrinningsområde med endast ett samlingsprov från linjer genom området.



Figur 1. Principskiss på depositions-mätningar i ett stort (A), respektive litet (B) avrinningsområde.

### Märkning av prover

Provflaskor bör märkas med länsbokstav, nummer på lokalen, kod för typ av prov samt datum. Den exakta utformningen av märkningen bör ske i samråd med en datavärd för att undvika förväxlingar och försvårad bearbetning av data.

### Utrustningslista

Se ovan under avsnitt ”Permanent skogsyta”.

### **Tillvaratagande av prov, analysmetodik**

Använd analysmetodik framgår av tabell 1. För mer utförlig beskrivning av analysmetoderna hänvisas till 1-9 i Metodreferenslistan.

### **Fältprotokoll**

Utformningen av fältprotokoll kan variera men bör omfatta stationsnamn, stationens koordinater enligt gällande koordinatsystem, provbeteckning, provtagningsperiod, provtagningsutrustning (inklusive insamlarnas diameter), antal delprov och insamlad provvolym, vem som utfört provtagningen, rapportering av avvikelser, behov av ny utrustning m.m.

### **Kvalitetssäkring**

Depositionsdata ska vara av god kvalitet, avseende hela kedjan från planering av program till rapportering och utvärdering. Detta innebär att de ska vara framtagna med väl utprovade och dokumenterade metoder för provtagning och analys.

Kvalitetssäkringen ska omfatta:

- urval av mätstationer
- val och installation av mätutrustning
- utarbetning av manualer och provtagningsschema samt utbildning av provtagare
- märkning av prover
- analyser, analys av referenssubstanser
- interkalibreringar
- datavalidering (se Databehandling)

Om flera laboratorier används för samma analys inom ett nationellt eller regionalt nät måste interkalibreringar utföras för att säkerställa jämförbarheten mellan laboratorierna. Alla analyser ska utföras av ackrediterade laboratorier.

Metoder som anges i undersökningstypen alternativt likvärdig metod ska användas. Ansvar för kvalitetskontrollen med avseende på analyser ligger på utförande laboratorium. Analyser bör med jämna mellanrum bli föremål för interkalibreringar. Såväl analyser som provtagningsmetoder bör helst vara ackrediterade (SWEDAC).

Kvalitetskontrollen avseende provtagningen formaliseras genom överenskommelser mellan uppdragsgivaren och aktuella utförare.

### **Databehandling, datavärd**

Valideringsrutiner ska ingå i datahanteringen. Via uppställda kriterier som kan visa på orimligheter i data, och som automatiskt ställs mot rådata, kan mätfel eller inmatningsfel upptäckas. Vid tveksamheter kan sparade prov behöva analyseras om för kontroll (endast vissa parametrar). Det krävs även en manuell genomgång av mätdata då jämförelser med andra mätstationer och andra variabler genomförs. Kriterier för felaktigt värde kan till exempel vara:

- stor avvikelse från långtidsmedelvärdet
- tidigare observerad samvariation med andra mätvariabler, alternativt mätstationer, upphör plötsligt
- anmärkningar i fältprotokollet
- obalans mellan uppmätta positiva och negativa joner
- obalans mellan uppmätta joner och jonstyrka

Om ett mätvärde är uppenbart felaktigt ska det strykas. För vidare utvärdering är det i allmänhet nödvändigt att uppskatta strukna eller saknade värden. Att data är uppskattade ska



markeras i databasen. Kan vid kontroll av avvikande data inga felaktigheter konstateras, ska mätvärdet kvarstå, eventuellt med en kommentar i datalagringen och resultatredovisningen. Mindre-än-värden (<) kan avse detektionsgräns eller kvantifieringsgräns. Vid beräkningar där analysvärden med tillägget ”mindre än” förekommer, ersätts vanligen värdet med halva gränsen, förutsatt att antalet ”mindre än”-värden är litet. Att ersätta ”mindre än”-värden med 0 rekommenderas inte.

Månadsvisa resultat för ingående variabler, tillsammans med beskrivning av stationen samt information om vilka provtagnings- och analysmetoder som använts, lämnas årligen till datavärd (i de fall en överenskommelse har träffats om lagring hos datavärd).

Datavärden lagrar grunddata och bearbetade data för enkel distribution till användare. Kontroll av datamaterialets kvalitet ska göras innan man lämnar in data till datavärden, men en enklare rimlighetskontroll bör göras hos datavärden genom jämförelse med tidigare data.

*Datavärd (2013):*

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 53021

400 14 Göteborg

Tfn: 031- 725 62 00

Förfrågningar kan göras till e-post: [datamanager@ivl.se](mailto:datamanager@ivl.se)

## Rapportering, utvärdering

Data redovisas i kg/ha och år och visar variation i tid och rum samt skillnader mellan olika trädslag. Data kan användas för uppföljning av miljökvalitetsmål och jämförelser med kritisk belastning. För jämförelser med kritisk belastning av svavel ska antropogent svavel, det vill säga icke havssaltsrelaterat sulfatsvavel, användas. Med vissa intervall bör data jämföras med andra mätningar och modellberäkningar för att bedöma osäkerheter som kan vara viktiga.

Data presenteras bland annat på Krondroppsnetets webbplats, <http://www.krondroppsnetet.ivl.se> eller på IM:s webbplats, <http://www.slu.se/sv/fakulteter/nl-fakulteten/om-fakulteten/institutioner/institutionen-for-vatten-och-miljo/miljoanalys/integrerad-monitoring-im-data/>.

## Kostnadsuppskattning

Kostnaden för mätningarna beror i viss utsträckning på hur rationellt man kan genomföra provtagning och analys och om några samordningsvinster kan göras med andra provtagningar eller analyser.

Beräknade kostnader 2013:

Provtagningsutrustningen för krondroppsmätningar i en skogsyta (10 insamlare), samt insamlare på öppet fält kostar ca 11 500 kr och en årlig servicekostnad på ca 3 000 kr. Till detta kommer kostnader för installation.

Årliga kostnader per station (en station omfattar nederbörd på öppet fält samt krondropp i en skogsyta, månatlig provtagning):

Provtagningskostnad	12 000-25 000 kr
Kemisk analys (12 prov)	22 000-28 000 kr
Kvalitetssäkring, bearbetning och redovisning av grunddata.	13 000-17 000 kr

(Databaslagring, utvärdering och presentation av resultat i rapporter och på webbplatser och jämförelse med andra data ingår inte i denna kostnadsberäkning.)

## **Övrigt**

Långsiktiga mätningar av depositionsutvecklingen i skogsbestånd som ingår i ett nationellt eller regionalt nät, där likartade bestånd ska jämföras, kräver någon form av avtal med markägaren.

Jämförelser mellan olika perioder och olika delar av landet underlättas av att mätningarna utförs på samma sätt.

Jämförelser mellan uppmätta och modellberäknade värden kan på sikt motivera en revidering av undersökningstypen.

## **Författare och övriga kontaktpersoner**

*Programsansvarig, Naturvårdsverket:*

Anna Forsgren  
Naturvårdsverket  
106 48 Stockholm  
Tfn: 010 - 698 11 18  
E-post: [anna.forsgren@naturvardsverket.se](mailto:anna.forsgren@naturvardsverket.se)

Ola Inghe  
Enheten för natur och biologisk mångfald  
Naturvårdsverket  
106 48 Stockholm  
Tel: 010-698 15 71  
E-post: [ola.inghe@naturvardsverket.se](mailto:ola.inghe@naturvardsverket.se)

*Författare samt Experter, IVL Svenska Miljöinstitutet:*

Gunilla Pihl Karlsson  
Tfn: 031-725 62 00  
E-post: [gunilla.pihl.karlsson@ivl.se](mailto:gunilla.pihl.karlsson@ivl.se)

Sofie Hellsten  
Tfn: 031-725 62 00  
E-post: [sofie.hellsten@ivl.se](mailto:sofie.hellsten@ivl.se)

Per Erik Karlsson  
Tfn: 031-725 62 00  
E-post: [pererik.karlsson@ivl.se](mailto:pererik.karlsson@ivl.se)

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 53021  
400 14 Göteborg

För generella frågor angående undersökningstyper: susanna.schroder@naturvardsverket.se

## Referenser

### Metodreferenslista

1. ICP-Forest 1998. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, - UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests
2. SS 028122. Vattenundersökningar – Bestämning av pH-värde hos vatten. – Stockholm : SIS, 1979 (Svensk standard)
3. FOSS Tecator AN 5221 2002-10-24. Baseras på SS-EN ISO 11732,1998 Vattenundersökningar - Bestämning av ammoniumkväve genom flödesanalys (CFA och FIA) och spektrometrisk detektion (ISO 11732:1997).
4. SS-EN ISO 9963-2. Vattenundersökningar – Bestämning av alkalinitet – Del 2: Bestämning av karbonatalkalinitet (ISO 9963-2:1994). – Stockholm : SIS, 1996 (Svensk standard)
5. SS-EN 27888. Vattenundersökningar – Bestämning av konduktivitet (ISO 7888:1985). – Stockholm : SIS, 1994 (Svensk standard)
6. SS-EN ISO 14911. Vattenundersökningar – Bestämning av lösta katjoner  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  och  $\text{Ba}^{2+}$  med jonkromatografi (ISO 14911:1998) . – Stockholm : SIS, 2000 (Svensk standard)
7. FOSS Tecator AN 5221 2002-10-24. Bestämning av Kjeldahlkvävekoncentrationer hos vatten. Analysmetoden baseras på SS EN ISO 11732:1997 och uppslutningen på SS-EN 25663 Vattenundersökningar – Bestämning av Kjeldahl-nitrogen – Uppslutning med selen (ISO 5663:1984) – Stockholm: SIS, 1994 (Svensk standard)
8. EPA method 300.0, Rev. 2.1. Inorganic anions by ion chromatography. *In: Methods for the Determination of Inorganic Substances in Environmental Samples (EPA/600/R-93/100)*, (PB94-120821)
9. SS 028199-1, 1990. Vattenundersökningar – Riktlinjer för bestämning av totalt organiskt kol (TOC) i vatten. (*Upphävd 1997*)

### Rekommenderad litteratur

10. Bleeker, A., Draaijers, G., Van Der Veen, D., Erisman, J. W., Mols, H., Fonteijn, P. and Geusebroek, M. (2003). Field Intercomparison of Throughfall Measurements Performed Within the Framework of the Pan European Intensive Monitoring Program of EU/ICP Forest. *Environmental Pollution* 125:123-138.
11. Draaijers, G.P.J., Bleeker, A., van der Veen, D., Erisman, J.W., Möls, H., Fonteijn, P. och Geusenbroek, M. 2001. Field inter-comparison of throughfall, stemflow and precipitation measurements performed within the framework of the Pan European Intensive Monitoring Program of EU/ICP forests. TNO report R 2001/140.
12. Erisman, J.W., Möls, H., Fonteijn, P., Geusenbroek, M., Draaijers, G., Bleeker, A. och van der Veen, D. 2003. Field intercomparison of precipitation measurements performed within the framework of the Pan European Intensive Monitoring Program of EU/ICP Forest. *Environmental Pollution* 125, 139-155.

13. Ferm, M., Hultberg, H. 1999. Dry deposition and internal circulation of nitrogen, sulphur and base cations to a coniferous forest. *Atmospheric Environment* 33, 4421-4430.
14. Ferm, M., Westling, O., Hultberg, H. 2003. Atmospheric deposition of base cations, nitrogen and sulphur in coniferous forests in Sweden - a test of a new surrogate surface. *Boreal Environment Research* 5: 197-207.
15. Hallgren Larsson, E., Svensson, A., Westling, O. 2003. Luftföroreningar i skogliga provytor – Resultat till och med september 2002. IVL rapport. B 1521.
16. ICP Forest 1998. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, - UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests
17. ICP-IM, 1998. Manual for integrated monitoring. - UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Compiled by IM Programme Centre, Finnish Environment Institute, Helsinki. Finland.
18. Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
19. Krondroppsnetets hemsida: <http://www.krondroppsnetet.ivl.se>
20. Lövblad G & Westling O. 1989. Methods for determination of atmospheric deposition. In: Methods for integrated monitoring in the Nordic countries, Nordiska Ministerrådets Miljörapport / Nordisk Ministerråd 1989:11; Nord 1989:68, s. 19-62.
21. Lövblad G., Hovmand M., Reissel A., Westling O., Aamlid D., Hyvärinen A. & Schaug J. 1994. Throughfall Monitoring in the Nordic Countries. IVL rapport. B 1132.
22. Lövblad G., Erisman J.W. & Fowler D.(eds.) 1993. Models and Methods for the Quantification of Atmospheric Input to Ecosystems : an international workshop on the deposition of acidifying in Göteborg 3-6 November 1992. Nordiske Seminar og Arbejdsrapporter 1993:573. Nordiska Ministerrådet i Köpenhamn.
23. Ugglå, E., Hallgren Larsson, E., Knulst, J. och Westling, O. 2003. Jämförelse mellan uppmätt och modellberäknad deposition av svavel och kväve i Sverige. IVL rapport. B 1530.
24. Vries, W. de, Reinds, G.J., Posch, M., Sanz, M.J., Krause, G.H.M., Calatayud, V., Renaud, J.P., Dupouey, J.L., Sterba, H., Vel, E.M., Dobbertin, M., Gundersen, P. och Voogd, J.C.H. 2003. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical report 2003. EC - UN/ECE, Brussels, Geneva, 2003.
25. Westling O., Hallgren Larsson E., Sjögren K. & Lövblad G. 1992. Deposition och effekter av luftföroreningar i södra och mellersta Sverige. IVL rapport. B 1079
26. Westling O., Hultberg H. & Malm G. 1995. Total deposition and tree canopy internal circulation of nutrients in a strong acid deposition gradient in Sweden, as reflected by throughfall fluxes. In: Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems: proceedings from an CEC/IUFRO symposium, Halmstad, Sweden, June 1993. pp 639-647. Kluwer Academic Publishers.

## Uppdateringar, versionshantering

Version 1:1, 2005-01-27. Ändringar enligt ny mall från Naturvårdsverket samt uppdatering.

Version 1:2, 2010-03-30. Uppdatering.

Version 1:3, 2013-05-29. IVL (Gunilla Pihl Karlsson) har uppdaterat undersökningstypen. Naturvårdsverket har godkänd undersökningstypen för publicering.

### **Fältprotokoll**

Utformningen av fältprotokoll kan variera eftersom det är olika fältprotokoll för olika projekt men bör omfatta stationsnamn, stationens koordinater enligt gällande koordinatsystem, provbeteckning, provtagningsperiod, provtagningsutrustning (inklusive insamlarnas diameter), antal delprov och insamlad provvolym, vem som utfört provtagningen, rapportering av avvikelser, behov av ny utrustning m.m.