

Programområde:

Hälsa och urban miljö

Undersökningstyp:

**Metaller i humana organ
och kroppsvätskor**

Mål och syfte med undersökningstypen

- att kartlägga exponeringsnivåer för hälsofarliga metaller hos människa
- att studera trender i exponeringsnivåer över tid
- att identifiera utsatta och/eller känsliga grupper av befolkningen (geografiskt och demografiskt)
- att studera effekter av exponeringssänkande åtgärder
- att ge underlag (kvantitativa exponeringsdata) för exponeringsmodeller
- att ge underlag för doseffekt och dosrespons samband (kvantitativa dosdata)
- att ge underlag för riskbedömningar och t ex hälsobaserade gränsvärden

Att tänka på

Det är viktigt att skilja på omgivningshalt (t ex kadmiumhalt i grundvatten), exponeringshalt (kadmiumhalt i konsumerat dricksvatten), absorberad (intern) dos (den mängd kadmium som tas upp i magtarmkanalen), dos i kritiskt organ (den mängd kadmium som ackumuleras i njuren) och biologiskt aktiv dos (den mängd kadmium som orsakar njurskador). En hög omgivningshalt behöver i sig inte innebära att människor exponeras. Exponering sker endast vid fysisk kontakt mellan ett omgivningsmedium (inandningsluft, dricksvatten, livsmedel, jord, damm, etc.) och ett biologiskt membran i huden, luftvägarna eller magtarmkanalen.

Den absorberade dosen är beroende av biotillgängligheten, som i sin tur är beroende av t ex exponeringsväg och kemisk-fysikalisk form av metallen. Absorptionen kan även påverkas av faktorer som t ex ålder, nutritionsstatus och olika kostfaktorer. Den biologiskt effektiva dosen är beroende av metaboliska och toxikokinetiska processer.

Metaller är multimedia-element, dvs de förekommer mer eller mindre i alla omgivningsmedier samt i produkter och avfall. För att på ett kostnadseffektivt sätt kunna minska exponeringen i den allmänna befolkningen måste de exponeringskällor och -vägar som har störst betydelse för den totala exponeringen, samt de faktorer som påverkar exponering och dos, identifieras. Mätningar av metaller i humana organ och kroppsvätskor ger ett mått på den integrerade absorberade dosen från alla exponeringskällor samtidigt samt tar hänsyn till individuella skillnader i intag, upptag och utsöndring, men ger ingen

information om vilka exponeringskällor och -vägar, eller aktiviteter, som är av störst betydelse för den totala exponeringen.

I Sverige exponeras människor för metaller framför allt via kost och dricksvatten. Lufthalter är i allmänhet låga och metaller i olika produkter håller på att fasas ut. Läckage från depåer av upplagrade metaller som finns i t ex avfall och kontaminerad mark samt förbränning av hushållsavfall kan dock på sikt bidra till människors exponering. De metaller som framför allt utgör en hälsorisk i den allmänna befolkningen är bly (Pb), kadmium (Cd), kvicksilver (Hg) och arsenik (As). Vid de omgivningshalter av metaller som förekommer i Sverige idag är det generellt ingen risk för akuta förgiftningar, utan framför allt för effekter som uppstår efter relativt låg exponering under lång tid, till följd av att metaller ansamlas i kroppens olika organ (olika för olika metaller).

I studier som inbegriper insamling av humanbiologiska prover bör om möjligt viss andel av proverna sparas i en humanbiologisk provbank för framtida analyser. Det kan vara mycket värdefullt om t ex nya frågeställningar eller nya hot dyker upp, eller om ny metodik utvecklas som möjliggör analys av sådant som inte tidigare var möjligt (se vidare Strategi).

Vid insamling, upparbetning och analys av prover är kontamineringsrisken mycket stor eftersom metaller är multimedielement. Små provmängder och små metallmängder som ska detekteras medför att felet i analysresultatet blir mycket stort om provet är kontaminerat (t ex innehåller 10 ml blod i storleksordningen 0,0005 mg bly och 0,00001 mg kadmium). Det är därför mycket viktigt med en strikt kvalitetskontroll vid mätningar av metaller i humanbiologiskt material (se vidare Kvalitetssäkring).

Strategi

Det finns indirekta och direkta metoder för att uppskatta och mäta exponering. De indirekta metoderna inkluderar modeller för spridningsberäkningar av utsläpp, omgivningsmätningar, frågeformulär och tid-aktivitetsdagböcker. De direkta metoderna inkluderar mätningar på individnivå, t ex med personburna mätare samt mätningar av t ex metallhalt i humanbiologiskt material.

Innan en exponeringsmätning genomförs ska exponering och hälsorisker identifieras och karakteriseras så långt möjlig, samt en hypotes formuleras. Mål och syfte med undersökningen får sedan avgöra uppläggningsen av själva exponeringsmätningen.

Identifiera problemet

- vad är orsaken till problemet (t ex industriutsläpp eller annan aktivitet)
- i vilken form (kemisk förening) föreligger metallen
- sker någon form av transformering i omgivningsmedia
- var bor och arbetar människor i förhållande till exponeringskällan
- hur exponeras människor (vilka är exponeringsvägarna)
- vilka potentiella hälsorisker föreligger

Inventera känd kunskap

Mycket kunskap finns att hämta i skriftserier som Environmental Health Criteria dokument (International Programme on Chemical Safety, WHO) eller Arbete & Hälsa gränsvärdesdokumentation (Arbetsmiljöinstitutet), eller via Internet. Samla in all tillgänglig

*Handbok för miljöövervakning
Undersökningstyp*

Arbetsmaterial : 1997-06-16

information avseende exponering och omgivningsdata. Finns lokala data används de i första hand. Som exempel kan nämnas att luftmätningar av metaller utförs i mindre omfattning vid fasta mätstationer, metallanalyser i livsmedel utförs rutinmässigt och i projektform vid Livsmedelsverket. Bly, kadmium, arsenik och kvicksilver har rutinmässigt analyserats i lever och njure från slaktdjur. Kadmiumhalten i spannmålsprodukter, främst mjöl, har analyserats under en lång följd av år. Halter av bly, kadmium och kvicksilver i humanmjölk samt kvicksilverhalten i fisk, framför allt i gädda, har studerats i olika projekt.

- finns nationella eller lokala data
- vilka exponeringsvägar är av störst betydelse
- finns andra tänkbara exponeringskällor än de som identifierats
- finns det speciella riskgrupper eller känsliga grupper
- vilka hälsoeffekter är förknippade med metallen
- är doseffekt och dosrespons samband kända
- vilka kompletterande mätningar behöver göras
- vilka mätmetoder finns att tillgå
- finns tillgång till analysteknik med tillräckligt hög känslighet och specificitet
- hur pass säkra och reproducerbara är de metoder som ska användas

Välj studiepopulation

Studiepopulationen kan utgöras av riskgrupper, riskutsatta grupper eller känsliga grupper av populationen t ex grupper med speciella kostvanor såsom fiskare och deras familjer som äter mycket fisk och skaldjur, bönder och jägare i kontaminerade områden som äter mycket lokalt producerad föda, människor med speciella matvanor som äter mycket av några speciella livsmedel, t ex vegetarianer, laktoveganer, etc. Riskgrupper kan även utgöras av gravida kvinnor, barn, äldre och personer med vissa sjukdomstillstånd.

Mät exponeringen

Fatta beslut om vilket eller vilka medier som ska samlas in för analys samt vilka analysmetoder som ska användas. Glöm inte att planera för kvalitetssäkring av resultaten (se vidare Kvalitetssäkring). Det kan vara lämpligt att mäta exponeringen i en mindre grupp av befolkningen, som kan förväntas vara relativt högt exponerad, och jämföra med en icke-exponerad jämförbar kontrollgrupp. Om förhöjd exponering föreligger bör en mer detaljerad undersökning genomföras för att fastställa exponeringen i den allmänna befolkningen, identifiera signifikanta exponeringskällor- och vägar, identifiera riskgrupper, samt identifiera olika faktorer som påverkar exponering, dos och effekter. Om risk för hälsoeffekter föreligger bör exponeringsreducerande åtgärder sättas in. Dessa bör följas upp för att kontrollera att exponeringen verkligen minskat.

Statistiska aspekter

För att kunna påvisa en statistiskt signifikant skillnad i exponering mellan grupper eller över tid krävs att tillräckligt många personer ingår i de grupper som ska jämföras. Vad som är tillräckligt beror på hur små skillnader i exponeringsnivåer vi vill kunna identifiera och hur

*Handbok för miljöövervakning
Undersökningstyp*

stor spridningen är i populationen. Generellt gäller att ju större grupper desto mindre skillnader kan detekteras och desto säkrare blir exponeringsuppskattningen. Ur kostnadssynpunkt är det naturligtvis bättre med så små grupper som möjligt. Idag finns datorbaserade statistikprogram som kan beräkna gruppstorlek och statistisk power, men det kan vara klokt att rådfråga en statistiker inför en planerad undersökning.

Mätprogram

Variabler

Determinand	Företeelse	Fraktion	Enhet	Referens till analysmetod
Pb	helblod	totalt	Tg/l, Tmol/l	3, 12
Cd		totalt		11
Hg		IHg ¹⁾ , MeHg, THg ²⁾		7, 9
As	urin	IAs ¹⁾ , MMA, DMA	Tg/l, Tg/g kreatinin,	10
Cd		totalt	Tmol/mol kreatinin	5
Hg		totalt (IHg) ¹⁾		2, 4
Pb	ben	totalt	Tg/g våtvikt	1, 6
Hg	hår	totalt	Tg/g	4, 8

¹⁾ I: oorganisk

²⁾ T: total

Metallhalter i humanbiologiska indikatormedia ger ett mått på exponering och dos. Om dos-responssamband är kända speglar halterna även risk för effekter. Indikatormedia kan vara helblod, urin, etc. Metallhalter i olika indikatormedia och organ kan spegla antingen pågående, tidigare eller ackumulerad exponering/dos beroende på skillnader i kinetik. Med

Arbetsmaterial : 1997-06-16

bly avses här enbart oorganiska blyföreningar. Exponering för organiska blyföreningar sker så gott som enbart yrkesmässigt.

Arsenik (As) utsöndras i urin och totalhalten arsenik i urin speglar pågående exponering. Det är framför allt exponeringen för oorganiska arsenikföreningar som är intressant ur hälsosynpunkt, medan exponering för organiskt arsenik (framför allt arsenobetain i fisk) är av ringa betydelse. Det är därför intressant att separera exponering för fiskarsenik och oorganisk arsenik genom att speciera oorganisk arsenik och dess metaboliter MMA och DMA i urin. Halten oorganisk arsenik och dess metaboliter i urin speglar risken för hälsoeffekter.

Bly (Pb) - och kadmium (Cd) - halt i blod speglar pågående exponering, men till viss del även kroppsbelastningen, eftersom upplagrade metaller till viss del redistribueras i kroppen och därmed ger upphov till endogen exponering. Kadmiumhalten i urin speglar framför allt kroppsbelastning och halt i njuren. Halterna i blod och urin kan relateras till risken för olika effekter. Kadmiumhalten i njuren kan även mätas *in vivo* (utan invasiv provtagning) med röntgenfluorescens (XRF) och neutronaktiveringsanalys. Dessa metoder är emellertid inte tillräckligt känsliga ännu för att detektera låga koncentrationer, men metodutveckling pågår.

Blyhalten i ben ger ett mått på total kroppsbelastning eftersom bly ackumuleras i skelettet. Blyhalten i ben kan mätas med *in vivo*-teknik. Metodiken baseras på röntgenfluorescens (XRF) teknik. Blyhalt kan även mätas i ben och tänder *in vitro*. Blyhalt i mjölkttänder kan användas som mått på total exponering under barndomsåren, från det att tänderna anläggs i fosterlivet till dess att de lossnar.

Kvicksilver (Hg) i urin är framför allt relaterat till exponeringen för oorganiskt kvicksilver och kvicksilverånga medan kvicksilver i blod (helblod eller röda blodkroppar) är relaterat till intag av metylkvicksilver (MeHg). Blodhalten speglar kroppsbelastning och halt i hjärnan. Kvicksilver i blod ska helst specieras i oorganiskt och organiskt kvicksilver (metylkvicksilver). Kvicksilverhalten i hår speglar den genomsnittliga exponeringen för metylkvicksilver (blodhalter) under den period som håret bildades. I genomsnitt växer hårstrån ca 1 cm/månad. Håranalys kan därför användas för att uppskatta exponeringen retrospektivt.

Metodik

Provtagningsmetodik

Venöst blod samlas i metallfria blodrör med antikoagulantia, kyles eller fryses i avvaktan på analys. Om provet ska sparas flera dagar innan analys ska det frysas. Urinprov samlas i metallfri behållare. Det kan vara spot-prov (lättast), morgonurin eller dygnsurininsamling (svårast). Generellt gäller att ju större urinvolymer ju säkrare resultat. Observera att urinen ska justeras för utspädningen (se Databehandling). Hårprover tas som en liten tofs tjock som en tändsticka i nacken vid skalpen. Vid all provtagning gäller att minimera risken för kontaminering. Det är t ex olämpligt att en rökare provtar blod som ska analyseras för kadmium eftersom risk för kontaminering föreligger (se vidare Kvalitetssäkring).

Analysmetodik

Metaller kan analyseras med olika metoder, t ex atomabsorptionspektrometri med flamma eller grafitugnsteknik, eller med ICP-MS (induktivt kopplad plasma - masspektrometri). Det

är viktigt att metoden är tillräckligt känslig och reproducerbar i det koncentrationsområde som proverna ligger i. Referenser till analyser ges i tabellen ovan.

Databehandling

Koncentrationen av en metall i urin måste relateras till någon utspädningsfaktor såsom kreatinin (metallhalt/g kreatinin) eller densitet/specifik vikt (metallhalt/liter urin efter justering). Metallhalten i hår måste bestämmas för olika segment för att exponeringen ska kunna relateras till olika tidpunkter.

Bakgrundsinformation

Det finns en rad bakgrundsvariabler som har betydelse för både exponering och dos vilket måste beaktas vid utvärderingen:

- ålder och kön
- livsstilsfaktorer, t ex rökning, alkoholkonsumtion, matvanor, kosttillskott och mineralintag samt fysisk aktivitet
- hälsotillstånd, t ex mag-tarmsjukdomar, nutritionell status och tandstatus-antal amalgamfyllningar
- yrkesexponering
- absorptionsfaktorer och biotillgänglighet

Bly- och kadmiumhalt i blod och urin ökar med ökande ålder till följd av lång biologisk halveringstid. Kvinnor uppvisar generellt högre kadmiumbelastning än män, medan män uppvisar högre blybelastning. Rökning medför högre kadmiumhalter i blod och urin, varför det är viktigt att känna till rökvanorna hos de som ingår i en exponeringsundersökning. Det är också viktigt att känna till vilka individer som tidigare varit högexponerade, t ex yrkesexponerade, eftersom de lagrat upp betydligt mer av metallerna än de som enbart varit omgivningsexponerade. Detta visar sig i förhöjda halter som inte speglar pågående exogen exponering utan endogen exponering. Dessutom, om exponeringen för kadmium varit så hög under lång tid att en njurskada utvecklats utsöndras initialt mer kadmium i urinen för att sedan minska igen eftersom mindre kadmium finns kvar i njuren. Kadmiumhalten i urin indikerar då en falskt låg exponering medan i själva verket njuren är skadad. Det är t ex viktigt att känna till järnstatus hos studiepopulationen vid utvärdering av exponering för kadmium.

Kvicksilver förekommer som metalliskt kvicksilver, oorganiska och organiska kvicksilverföreningar. Metalliskt kvicksilver ingår i tandamalgam och frisättning av kvicksilverånga i munnen bidrar till exponeringen. Den viktigaste organiska kvicksilverföreningen som människor exponeras för i den allmänna miljön är metylkvicksilver (MeHg), och nästan uteslutande via fisk. Exponering för oorganiska kvicksilverföreningar förekommer så gott som enbart yrkesmässigt. Det är därför viktigt att känna till fiskintaget och amalgamstatus hos studiepopulationen.

Utvärdering

Det finns en rad olika parametrar, klinisk-kemiska och andra, som är viktiga att ha med vid utvärdering av metallexponering och dos. Kadmiumabsorptionen är t ex högre vid låga

Arbetsmaterial : 1997-06-16

kroppspåverkan av järn som är vanligt hos framför allt kvinnor som menstruerar eller är gravida. Det är därför bra att mäta någon indikator för detta, t ex serum-ferritin.

Studiepopulationen måste delas upp i rökare och icke-rökare (och f.d. rökare), speciellt vid undersökning av exponering för kadmium, eftersom exponeringen skiljer sig avsevärt mellan dessa grupper. Skilj på män och kvinnor eftersom de skiljer sig i metabolism och andra faktorer som påverkar framför allt dosen. Det är också viktigt att notera vilka som är eller har varit yrkesexponerade.

Exponeringsdata beskrivs med deskriptiv statistik (medelvärde, spridning, percentiler, etc.). Är data normalfördelade eller snedfördelade (vilket är vanligt)? Detta måste tas hänsyn till vid bedömning av eventuella skillnader mellan grupper och vid val statistisk metod. Om skillnader i exponering föreligger mellan olika grupper ska orsakerna till dessa identifieras så långt möjligt så att signifikanta exponeringskällor kan identifieras.

Exponeringsmätningar på individnivå ger säkrare bedömningsunderlag än vad t ex approximationer baserade på omgivningsdata kan ge, och i förlängningen effektivare åtgärder både ur kostnads- och hälsosynpunkt. Fördelen med att mäta metaller i humanbiologiskt material är att hänsyn tas till alla enskilda exponeringskällor och att ett mått på den totala exponeringen och absorberad dos erhålls. Nackdelen är att enskilda exponeringskällor och deras relativa betydelse för den totala exponeringen inte går att identifiera. För detta krävs mätningar i olika omgivningsmedia, t ex metallkoncentrationer i omgivningsluft (mätstationer), i inandningsluft (bärbara mätinstrument), i dricksvatten, livsmedel, dubbelporioner, dammprover och jordprover samt information om olika livsstilsfaktorer eller vanor som kan tänkas påverka exponering och dos. Sådan information kan samlas in via frågeformulär och aktivitetsdagböcker. Det kan vara lämpligt att kombinera två eller flera metoder för att erhålla så mycket information som möjligt.

Halter i omgivningsmedia

Metallhalter i *luft* i den allmänna miljön är generellt väldigt låga i Sverige, både utomhus och inomhus. Detta har visats för bly, kadmium och kvicksilver varför luftmätningar oftast inte är nödvändigt att göra utom om speciella utsläpp/källor finns, t ex inomhus eller i närheten av industrier, etc.

När det gäller exponering via *dricksvatten* är det viktigt att veta huruvida intag av vatten verkligen sker. Intag av vatten varierar kraftigt mellan och inom individer. Vissa dricker bara vatten på flaska, de som svettas mycket dricker mer vatten än andra, osv. Metaller kan tillföras vattnet på vägen från källan till kranen. Blyexponering via dricksvatten till följd av att vattenledningsrör av bly har kontaminerat vattnet, speciellt försurat vatten, har uppmärksammats i t ex Skottland. I Sverige är blyade rör mycket ovanligt, men kan förekomma i äldre fastigheter (anslutning mellan kommunala ledningar och tappkran i bostaden eller i enskilda fastigheter med egen brunn). Mätningar av dricksvatten görs därför lämpligen vid tappkranen i de olika omgivningarna som individen vistas i (hem, arbete, annan). Det vatten som stått länge i ledningarna, t ex över natten, innehåller högre metallhalter om metaller finns i ledningarna som kan lakas ur. Detta gäller speciellt om vattnet är surt och mjukt. Det är därför viktigt att bestämma en strategi för hur dricksvattnet ska tas och att dokumentera den.

Intag och val av *livsmedel* varierar ännu mer än vad intag av dricksvatten gör beroende på matvanor och livsstilsfaktorer. Mätningar av metaller i enskilda födoämnen som är

Handbok för miljöövervakning
Undersökningstyp

tillgängliga på marknaden ger ganska dålig information om vad människor verkligen får i sig. Metallhalter i olika typer av livsmedel varierar men också i samma typ av livsmedel beroende på t ex ursprung, hantering, produktion, förpackning, tillagning och eventuella tillsatser. Metallhalterna har säkert också både ökat och minskat över tiden beroende på ökade och minskade utsläpp, försurning, åtgärder och regleringar, byte av förpackningsmaterial, etc. Bly och kadmium förekommer i de flesta livsmedel medan t ex kvicksilver och arsenik förekommer framför allt i fisk och skaldjur. Indirekta metoder för att uppskatta intaget i den allmänna befolkningen på nationell eller lokal nivå inkluderar insamling av enskilda livsmedel som analyseras med avseende på t ex metaller, eller kompositprover av de vanligaste livsmedlen som konsumeras på nationell nivå, t ex market basket, som analyseras före eller efter tillagning.

För att uppskatta eller beräkna intag av olika födoämnen på individnivå görs *kostmätningar*. Indirekta metoder inkluderar olika typer av kostenkäter (intervjuer med eller utan olika visuella hjälpmedel, 24-h recall, kostregistrering under flera dagar som kan kombineras med vägning och mätning av födoämnen, food frequency questionnaires som ger information om matvanor). Det direkta sättet och bästa sättet att mäta intaget av metaller i kosten är genom dubbelpotionsstudier. Försökspersonerna samlar kopior av all mat och dryck som intas under en viss tid. Eftersom metallhalterna kan variera så mycket mellan och inom olika livsmedel behövs ganska många dagars insamling och/eller upprepade insamlingar för att få ett representativt mått på exponeringen. Dubbelpotionsstudier är dock arbetskrävande och kostsamma.

Exponering för *jord och damm* kan ske via inhalation eller intag av partiklar direkt eller via födan (ytdeponerat eller inkorporerat). Vissa barn har en förkärlek för att äta icke-födoämnen och kan därför konsumera stora mängder jord. Detta utgör en risk om barnet vistas i en miljö som är kontaminerad.

Uppmätta metallhalter i olika omgivningsmedia måste utvärderas i förhållande till vad människor verkligen utsätts (exponeras) för. Som exempel kan nämnas att människor tillbringar ca 90% av dygnet inomhus varför utomhushalten i en punkt ger ett mycket approximativt värde på exponeringen.

Kvalitetssäkring

Ett kvalitetssäkringsprogram ska integreras i alla exponeringsstudier för att det totala felet i exponeringsdata ska bli så litet som möjligt. Kvalitetssäkringen inkluderar alla steg i en studie såsom planering, utbildning av personal, information och instruktioner till försökspersoner, kontroll av material och instrument, insamling, transport och förvaring av prover, analys av prover, registrering, utvärdering och rapportering av data.

Resultaten av kvalitetskontrolldata ska rapporteras tillsammans med exponeringsdata. Annars är det omöjligt att göra jämförelser över tid och/eller mellan olika studier.

Den analytiska kvalitetskontrollen innefattar test av allt material med avseende på de metaller som ska analyseras. Endast extremt låga rester av metaller kan accepteras i det material som används vid insamling, provbehandling och analys av insamlade prover. Dessutom skall interna och externa kvalitetskontrollprover analyseras fortlöpande. Kvalitetskontrollproverna ska vara så lika de insamlade proverna som möjligt, dvs. de ska ha samma matrix som de insamlade proverna och halterna ska ligga inom samma koncentrationsområde.

Arbetsmaterial : 1997-06-16

Den interna analytiska kvalitetskontrollen utgörs av analys av prover med kända halter av metallen ifråga i syfte att kalibrera instrumenten och analysmetoderna samt att identifiera eventuell drift i analysen över tiden. Certifierade referensprover finns tillgängligt kommersiellt för en rad olika matris och metaller. Dessa bör användas för kalibrering av metoden. Någon form av extern utvärdering av analyskvaliteten (mätnoggrannhet, precision, reproducerbarhet, specificitet och känslighet) ska också inkluderas. Det bästa sättet att kontrollera för systematiska fel i analysen är att analysera kvalitetskontrollprover blint, dvs. halterna är okända för den som utför analysen. Kommersiellt tillgängliga externa kvalitetskontrollprogram finns som man kan ansluta sig till, t ex för bly i blod. Det laboratorium som håller i programmet skickar prover som analyseras av det deltagande laboratoriet. Analysresultaten skickas tillbaka för utvärdering av analyskvaliteten. Helst bör 4-6 prover med olika koncentrationer analyseras. Resultaten kan då utvärderas med linjär regressionsanalys av erhållna resultat mot referensvärdena. Resultaten ska alltid utvärderas av någon annan än den som utfört analyserna. Ofta finns det tyvärr inte tillgång till kvalitetskontrollprover med mer än kanske två olika koncentrationer inom det område som de insamlade proverna befinner sig i. Ett annat sätt att utvärdera analyskvaliteten är att analysera samma prover med en annan metod än rutinmetoden, och/eller vid ett annat laboratorium. Om inte det går bör analys av certifierade referensprover läggas in kontinuerligt i mätserierna av de insamlade proverna. Det kan vara lämpligt att i förväg bestämma hur stort fel som kan accepteras.

Rapportering, presentation

Rapportering sker i vetenskapliga rapporter och vid konferenser och utbildningar.

Datalagring

Datavärd för humandata saknas. I avvaktan på detta lagras data hos uppdragsgivare eller utförare av undersökningen.

Kostnadsuppskattning

Kostnaderna är avhängiga av vilka metaller som ska analyseras, vilka medier, antal prover, etc. Som tumregel kan sägas att 10% av projektkostnaderna bör avsättas till kvalitetssäkring av data.

Referenser

1. Chettle DR, Scott MC, Somervaille LJ (1991) Lead in bone: Sampling and quantitation using K x-rays excited by ^{109}Cd . *Environ Health Perspec* 91:49-55.
2. Corns WT, Stockwell PB, Jameel M (1994) Rapid method for the determination of total mercury in urine samples using cold vapour atomic fluorescence spectrometry. *Analyst* 119(11):2481-2484.
3. Elinder, C-G., Friberg, L., Lind, B., and Jawaid, M. (1983) Lead and cadmium levels in blood samples from the general population of Sweden. *Environ. Res.* 30:233-253.

*Handbok för miljöövervakning
Undersökningstyp*

4. Farant JP, Brissette D, Monicon L, Bigras L, Chartrand A (1981) Improved cold-vapor atomic absorption technique for the microdetermination of total and inorganic mercury in biological samples. *J Anal Toxicol* 5:47-51.
5. Herber RFM, Stoeppler M, Tonks DB (1990) Cooperative interlaboratory surveys of cadmium analysis in urine. *Fresenius J Anal Chem* 338:279-286.
6. Hu H, Milder FL, Burger DE (1989) X-ray fluorescence: Issues surrounding the application of a new tool for measuring burden of lead. *Environ Res* 49:295-317.
7. Lind B, Body R, Friberg L (1993) Mercury speciation in blood and brain tissue from monkeys. Interlaboratory comparison of Magos' method with other spectroscopic methods, using alkylation and gas chromatography separation as well as RNAA in combination with Westöö's extraction methods. *Fresenius J Anal Chem* 345:314-317.
8. Lind B, Bigras L, Cernichiari E, Clarkson TW, Friberg L, Hellman M, m fl (1988) Quality control of analyses of mercury in hair. *Fresenius Z Anal Chem* 332:620-622.
9. Magos L, Clarkson TW (1972) Atomic absorption determination of total inorganic, and organic mercury in blood. *J Assoc Off Anal Chem* 5(5):966-971.
10. Norin H, Vahter M (1981) A rapid method for the selective analysis of total urinary metabolites of inorganic arsenic. *Scand J Work Environ Health* 7:38-44
11. Stoeppler M, Brandt K (1980) Contributions to automated trace analysis: part V. determination of cadmium in whole blood and urine by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry. *Fresenius Z Anal Chem* 300:372-380.
12. Stoeppler M, Brandt K, Reins TC (1978) Contributions to automated trace analysis: part II. rapid method for the automated determination of lead in whole blood by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry. *Analyst* 103:714-22.