

# Undersökningstyp – Metaller i sediment

Version 1:2, 2017-12-20

Programområde: Sötvatten, Kust och hav

Handledning för miljöövervakning

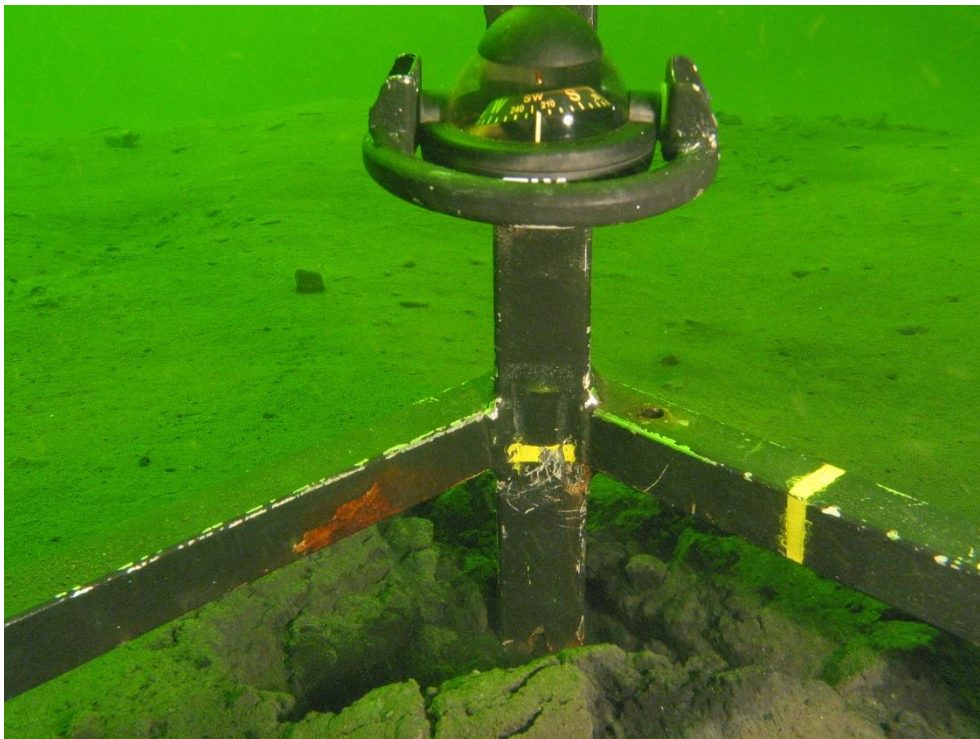


Foto: SGU

## Innehåll

Bakgrund och syfte med undersökningstypen .....	3
Samordning .....	3
Strategi .....	4
Ramdirektivet för vatten .....	4
Havsmiljödirektivet .....	4
Miljöövervakning i sediment .....	5
Statistiska aspekter .....	6
Plats/stationsval .....	7
Mätprogram .....	7
Variabler .....	7
Frekvens och tidpunkter .....	9
Observations/provtagningsteknik .....	9
Utrustningslista .....	10
Tillvaratagande av prov och analysmetodik .....	11
Analysförfarande .....	12
Fältprotokoll .....	12
Kvalitetssäkring .....	12
Databehandling, datavård .....	13
Rapportering, utvärdering .....	13
Tids- och kostnadsuppskattning .....	14
Fasta kostnader .....	14
Analyskostnader .....	14
Tidsåtgång .....	14
Författare och övriga kontaktpersoner .....	14
Referenser .....	14
Uppdateringar, versionshantering .....	17
Bilaga 1. Fältprotokoll sediment .....	18

## Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Bottnarna i världens hav, sjöar och vattendrag byggs upp av sediment som pålagras över tid. Sediment utgör en viktig, integrerad och dynamisk del i akvatiska system och det är därför viktigt att sediment integreras i vatten- och havsförvaltningen (1). Arbetsgruppen Working Group on Analysis and Monitoring of Priority Substances (AMPS) som etablerades under ramdirektivet för vatten 2000/60/EG (2) föreslog 2008 följande definition av sediment: partikulärt material såsom sand, silt, lera eller organiskt material som har deponerats på botten i en vattenförekomst och som kan transporteras av vatten (1).

Sediment utgör potentiella sänkor för organiska föreningar och metaller som släpps ut i naturen. De flesta metaller som tillförs ett akvatiskt system adsorberas till partiklar som i slutändan hamnar i sedimenten där de begravs på sikt. Metallerna kan dock fortfarande utgöra en källa till förorenings spridning när dessa sediment eroderas, resuspenderas och transporteras i systemet. Då metaller begravs i sediment på en ackumulationsbotten med kontinuerlig sedimentation och obefintlig erosion, kan trenden av koncentrationen av en specifik metall på ett effektivt sätt övervakas under förutsättning att de hydrologiska och kemiska förhållandena på övervakningsplatsen inte förändras avsevärt under övervakningsperioden. Sediment är ett stabilt material som ger förutsättningarna för att studera den historiska belastningen av ett ämne både i ett långt och kort perspektiv. Sediment är därför ett lämpligt material att använda för att övervaka trender av belastning av metaller och andra miljöbelastande ämnen över tid samt över geografiska spridningsmönster.

Syftet med miljöövervakning av metaller i sediment är bland annat att:

- få underlag för att dokumentera utbredningen av vatten- eller luftburna metaller (eller andra grundämnen)
- belysa olika källors påverkan, d.v.s. punktkällor eller diffusa källor
- finna långsiktiga förändringar och tillfälliga variationer, d.v.s. se koncentrationstrender över tid
- få underlag till validering av modeller
- få underlag för att kunna bedöma biologiska effekter
- följa upp och skapa underlag till miljömålen *Giftfri miljö, Hav i balans och Frisk luft*

## Samordning

Inför undersökningens start är det lämpligt att ladda hem datavärdens rapporteringsmall (se vidare under rubriken Databehandling, datavärd) för att säkerställa att samtliga parametrar som ska rapporteras undersöks eller noteras. Vid miljöövervakning i sjöar eller vid regional och lokal miljöövervakning i havet kan det också vara lämpligt att samordna provtagningen av sediment med provtagning av bottenlevande djur (undersökningstyper för mjukbottenfauna i havet och bottenfauna i sjöars profundal och sublittoral) eller med provtagning av vattenkemiska variabler (undersökningstyp vattenkemi i sjöar).

Vid denna samordning kan viktiga stödvariabler som pH-värde, organiskt kol och andra variabler i vatten erhållas. Vid miljöövervakning i utsjösediment är samordning av provtagning av bottenlevande djur generellt inte relevant för egentliga Östersjöns provtagningsplatser. Dessa botten ligger under språngskiktet där syrefria förhållanden råder. På dessa platser återfinns ingen bottenfauna. I Bottenviken, Bottenhavet och i Västerhavet är syrgasförhållandena på botten mer gynnsamma för bentiska organismer och en samordning med provtagning av biota på dessa platser kan vara lämplig. En annan stor fördel med samordning inom programmen är att fartygskostnaderna, som vanligtvis utgör den största posten i en budget för havsundersökningar, då kan delas. En samordning mellan myndigheter kan behöva göras.

## Strategi

I Sverige är miljöövervakning återkommande och systematiskt upplagda undersökningar som följer upp miljöns tillstånd. Vad som övervakas styrs av uppsatta miljömål, krav i lagstiftning och EU-direktiv, och Sveriges åtaganden inom internationella konventioner. Internationella marina övervakningsfrågor, som ställer krav på svensk miljöövervakning, hanteras framför allt i de regionala konventionerna för skyddet av Östersjöns (HELCOM) respektive Nordostatlantens (OSPAR) marina miljöer (3, 4). Förvaltningen av hav, sjöar och vattendrag styrs i huvudsak av två olika direktiv från ramdirektivet för vatten 2000/60/EG (2) samt havsmiljödirektivet 2008/56/EG (5).

### Ramdirektivet för vatten

Huvudmålet med ramdirektivet för vatten, är att samtliga vattenförekomster i inlands- och kustvatten ska ha god kemisk och ekologisk status eller, för kraftigt modifierade och konstgjorda vatten, god ekologisk potential. Direktivet är implementerat genom förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. Den kemiska statusen klassificeras utifrån miljökvalitetsnormerna för de prioriterade ämnen som finns listade i direktivet om miljökvalitetsnormer för prioriterade ämnen och vissa andra förorenande ämnen 2008/105/EG (6), uppdaterat genom 2013/39/EU (7), fortsättningsvis kallat direktivet om prioriterade ämnen. I Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) (8) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten, har nationella gränsvärden för sediment och biota för några prioriterade ämnen införts. Detta innebär att miljöövervakning av sediment idag även är relevant för inlands- och kustvatten.

### Havsmiljödirektivet

Syftet med havsmiljödirektivet 2008/56/EG (8) är att upprätthålla eller uppnå god miljöstatus (GES) i alla marina vatten och underliggande jordlager från kusten och hela vägen ut till den ekonomiska zonen senast 2020. Havsmiljödirektivet implementerades i svensk lagstiftning genom havsmiljöförordningen år 2010 (Ramdirektiv om en marin strategi). Direktivet bygger på 11 deskriptorer som beskriver vad som kännetecknar god miljöstatus. Deskriptor 8 (D8) behandlar miljögifter och lyder: *Koncentrationerna av främmande ämnen håller sig på nivåer som inte ger upphov till förorenings effekter*. I arbetet med att uppnå detta mål är

det värdefullt att sediment som matris användas för att övervaka trender av främmande ämnen i havsmiljön.

I och med genomförandet av ramdirektivet för vatten, direktivet om prioriterade ämnen och havsmiljödirektivet som handlar om en marin strategi, har de lagliga förutsättningarna skapats för att följa upp miljömålen (4).

### **Miljöövervakning i sediment**

Halter av ämnen i sediment speglar hur belastningen av ämnena, till exempel metaller, har varierat i tid och rum. Detta innebär att en beskrivning av belastningsstatusen samt detektion av förändringar i belastning och effekter av åtgärder kan göras. Ytsedimenten på en specifik plats avspeglar de senaste årens belastning, medan sedimenten i djupare sedimentskikt, vanligtvis runt mellan ca 30 och 50 cm beroende på ackumuleringshastighet, avspeglar föroreningsituationen under förindustriell tid. Då varje specifik plats har en unik sedimentdynamik är det alltså viktigt att ha kännedom om ackumulationshastigheten för att en rättvisande bild av platsen ska kunna ges. Det är också mycket viktigt att ha i åtanke att redoxförhållandena på platsen spelar en avgörande roll för metallernas rörlighet i botten. Om sedimentet är reducerat men med en oxiderad yta, är sannolikheten att vissa element såsom mangan (Mn), järn (Fe), arsenik (As) och fosfor (P) migrerar uppåt i sedimentet och anrikas i ytan där de adsorberas till järnoxider (9). Rörligheten av vissa metaller i sediment är viktigt att ta hänsyn till då jämförelser mellan koncentrationer i ytsediment och lager längre ner i botten ska göras. Tungmetaller som kvicksilver (Hg), bly (Pb), zink (Zn), koppar (Cu), nickel (Ni) och kadmium (Cd) är däremot mer stabila under reducerade förhållanden då de ofta fälls ut med sulfider och bildar svårslösliga föreningar (9, 10).

Vid utförande av miljöövervakning av metaller i sediment, bör tidigare gruvdrift tas i beaktande. I Sverige har gruvbrytning skett sedan början av 1000-talet och dessa verksamheter har gett upphov till lokala metallutsläpp på många håll. Gruvdrift påverkar omgivningen genom utsläpp av metaller främst genom gruvavfall i form av gråberg och anrikningssand. Utsläppen till naturen har de senaste decennierna dock minskat kraftigt tack vare insatser från gruvindustrin (11). Järnmalmgruvorna har generellt sett gett upphov till mindre utsläpp av metaller till miljön i jämförelse med övrig gruvdrift. Till exempel har de pyrit- och magnetkisinnehållande sulfidmalmgruvorna ofta orsakat metallutsläpp. När gruvavfall innehållande järnsulfider får ligga oskyddat och påverkas av väder och vind så vittras det genom oxidationsprocesser. Vittringen leder till att ett surt och ofta metallrikt lakvatten, så kallat Acid Mine Drainage (AMD), frigörs till den omgivande miljön. Om avfallet även innehåller buffrande karbonatmineral blir problemen mindre (11). Utsläppen har i regel gett störst påverkan i områden i närheten av gruvan. Gruvdriftens påverkan är alltså att beakta när provtagning i insjöar och vattendrag ska ske. Det är då av största vikt att ha kännedom om de lokala förhållandena och de historiska gruvorna. Den lokala historien avgör hur djupt ner i sedimentet man hittar de naturliga bakgrundshalterna.

Metaller kan också förekomma i förhöjda halter i sediment på grund av att stora områden, speciellt i norra Sverige, är täckta av gamla, av landhöjningen upplyfta havsbottnar som innehåller höga halter av sulfider. Då jordarna exponeras för syrgasen i luften, vilket ofta sker då grundvattenytan sänks artificiellt genom exempelvis dikning, oxideras sulfiderna och bildar svavelsyra vilket resulterar i kraftig pH-sänkning i marken och bildning av sura sulfatjordar. Försurningen kan orsaka urlakning av metaller såsom Cd, Cu, Zn, Ni och aluminium (Al) som kan spridas med strömmar och vattendrag och förorena akvatiska miljöer (12-14).

I Naturvårdsverkets utarbetade bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust- och havssediment finns en klassindelning för ett antal metaller i sediment (15). Klassindelningen är en statistiskt baserad tillståndsskala som täcker in spännvidden av de svenska data som tagits fram av bland annat SGU. I den femgradiga skalan utgör klass 1 ett jämförvärde. För metaller motsvarar detta den naturliga bakgrunden, dvs. förindustriella halter. Bedömningsgrunderna utgör ett verktyg vid tillståndsklassning av sedimenten i avsaknad av effektbaserade gränsvärden. De metaller som ingår i tillståndsklassningsskalan är arsenik (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), koppar (Cu), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), bly (Pb) och zink (Zn). Dessa grundämnen är väl studerade i miljösammanhang och är passande att inkludera i övervakningens analysprogram. Sedan 2013 finns även effektbaserade gränsvärden för sediment för metallerna bly och blyföreningar samt kadmium och kadmiumföreningar (HVMFS 2013:19)(7). Dessa gränsvärden har tagits fram av Havs- och vattenmyndigheten för att den kemiska och ekologiska klassificeringen av vattenförekomster enligt ramdirektivet för vatten ska underlättas. Dessa gränsvärden kan användas för övervakning av metaller i sjösediment. Det är därför av stort intresse att övervaka kadmium och bly i sediment.

## Statistiska aspekter

Hur provtagningen ska planeras beror på syftet med undersökningen, vilken/vilka frågeställningar som ska besvaras samt utbredningen av undersökningsområdet. Det är alltid önskvärt att få en bild av variabiliteten i ett sediment inom ett område. Denna information erhålls genom att ta replikat av prover inom övervakningsplatsen (16). Inom den nationella miljöövervakningen i utsjösediment tas sju stycken sedimentkärnor inom en radie av 50 m. Provpunkterna inom stationen väljs ut slumpmässigt. Genom att analysera ytsedimenten på alla sju provplatser kan en bild av den rumsliga variationen i metallkoncentrationer inom varje station beräknas.

Miljöövervakning i sediment bör ske med ett intervall av 5-10 år beroende på sedimentens ackumulationshastighet. Denna kan variera från plats till plats och mellan sjö och hav. För att få en rättvisande bild av miljöbelastningstrenden i sediment är det därför avgörande att ha god kunskap om sedimentationsförhållandena på platsen.

För att välja lämplig statistisk bearbetning rekommenderas Naturvårdsverkets handledning i "Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare" som finns på Naturvårdsverkets webbplats. Se även vägledning på webbplatsen Miljöstatistik:

www.miljostatistik.se. Arbetsgruppen Working Group on the Statistical Aspects of Environmental Monitoring in the marine environment inom ICES har utvecklat statistiska metoder för trendanalys där sediment är en integrerad del (17). Detta arbete kan utgöra bra verktyg för framtida statistiska utvärderingar under till exempel ramdirektivet för vatten.

### **Plats/stationsval**

Havs- och sjöbottnar kan indelas i erosionsbottnar, transportbottnar och ackumulationsbottnar. För att provtagningslokalen ska representera ett område där partiklar sedimenterar och stannar kvar är det viktigt att välja områden som utgörs av ackumulationsbotten. Detta är i regel, men inte alltid, de djupaste områdena i både sjöar och havsbassänger. Där sedimenterar finpartikulärt material med relativt hög halt av organiskt material, som binder till sig metaller. Sediment i områden där vågrörelser och strömmar inte påverkar botten utgör en sänka för förorenande ämnen från olika former av utsläpp. Vid val av passande provtagningsplatser ska följande tas i beaktande:

- Botten ska ha en kontinuerlig sedimentation av finmaterial. Med finmaterial menas fraktioner med en diameter på  $< 63 \mu\text{m}$ .
- Botten ska i så stor utsträckning som möjligt vara opåverkad av bottenlevande organismer som bioturberar och därmed påverkar sedimentets lagerföljd.
- Kunskap om i vilken hastighet sedimentet ackumuleras. Denna faktor påverkar valet av periodicitet med vilken provtagning ska ske.
- Kunskap om eventuella punktkällor för metaller i provtagningsområdet.

Sediment med ett högt innehåll av sand är tecken på en erosionsbotten. Den sortens iakttagelse gör att man redan vid provtagningen kan konstatera om provtagningsplatsen är olämplig för syftet med undersökningen. Det är inte alltid ackumulationsbottnar bara innehåller nysedimenterat material. Östersjön och i synnerhet Bottenhavet och Bottenviken, utsätts för landhöjning på upp emot 8 mm/år på sina håll (18). Detta medför att havsbottnar kontinuerligt lyfts upp och når vågbasen där de eroderas och omlagras. Det har visat sig att resuspensionen kan vara stor även i djupa sjöar med måttlig vindexponering och till synes bra sedimentationsförhållanden.

## **Mätprogram**

### **Variabler**

I tabell 1 presenteras listas grundämnen som brukar anses utgöra ett hot mot miljön och som ofta analyseras i miljöövervakningssammanhang. Det är dock viktigt att ha en dialog med uppdragsgivaren där syftet med övervakningen och de rådande förhållandena på övervakningsplatsen får avgöra vilka ämnen som ska ingå i analysen.

Tabell 1. Metaller och andra analyter som är viktiga vid miljöövervakning av sediment.

Grundämne/analyt	Prioriterat ämne i WFD 2008/105/EC för EQS	Bedömningsgrunder NV (rapport 4913 och 4914)	Ekotoxikologiskt gränsvärde (HVMFS 2013:19)
Kadmium (Cd) och kadmiumföreningar	X	X	X
Bly (Pb) och blyföreningar	X	X	X
Kvicksilver (Hg) och kvicksilverföreningar	X	X	
Nickel (Ni) och nickelföreningar	X	X	
Arsenik (As)		X	
Kobolt (Co)		X	
Krom (Cr)		X	
Cu (Cu)		X	
Zink (Zn)		X	
Svavel (S)			

För att data ska bli jämförbara med andra utförarens resultat är vissa uppgifter om sedimentets kvalitet, s.k. stödvariabler, obligatoriska och ska därför alltid finnas med, detta gäller t.ex. vattenhalt, sedimentdjup, salinitet m.m. Se tabell 2 nedan. En normalisering av analysresultatet kan också vara nödvändig dvs. koncentrationen av analyten divideras med halten organiskt kol (TOC), aluminium eller litium. Därför är det av största vikt att alltid analysera TOC samt övriga relevanta normaliseringsvariabler i alla prov alternativt på alla provplatser. För mer information om normalisering se Technical Annex 5, i OSPAR JAMP Guidelines (16).

Tabell 2. Stödvariabler för att bedöma sedimentkvalitet

Företeelse	Mätvariabel	Enhet /klassade värden	Obligatorisk variabel
Sediment	Sedimentdjup	cm	x
	Vattenhalt	%	x
	Totalt organiskt kol (TOC)	g/kg, %	x
	Färg	t.ex. Svart, Ljusbrun	x
	Sedimentlukt	Svavelvätelukt, Ingen lukt	x
	Bottensubstrat (typer enligt fält-protokollet). Förekomst i prov?	Ja/Nej	x
	Provtagningsdjup från botten	m	x
	Aluminium (Al)*		



	(ej lämpligt för sjöar)**		
	Litium (Li)*		
	Radionukleider ***		
<b>Vatten</b>	Vattendjup	m	x
	Temperatur i bottenvattnet	°C	x
	Salinitet i bottenvattnet	g/kg, psu	x
	O <sub>2</sub> -halt i bottenvattnet	mg/L	x

\* parametrar viktiga för normalisering och jämförelse med andra dataset (16).

\*\* Al bör inte användas för normalisering i sjöar då de ofta kan vara försurade med utlakning av Al som följd.

\*\*\* Aktiviteten av radioaktiva ämnen såsom <sup>210</sup>Pb, <sup>234</sup>Th, <sup>239,240</sup>Pu och <sup>137</sup>Cs kan användas för bestämning av sedimentackumulationshastigheten på en plats. Aktiviteten (Bq/kg sediment) analyseras med gammaspекtrometer och analysen måste beställas separat.

### Frekvens och tidpunkter

Frekvens och tidpunkter för provtagning av sediment för analys av organiska substanser styrs av sedimentets ackumulationshastighet. Ackumulationshastigheten i utsjön är beräknad till en medelhastighet på omkring 2 mm/år vilket innebär att en passande frekvens är vart 5:e-6:e år. Sediment nära kusten, i hamnar och vikar kan ha en stor tillförsel av material från land och därför också en mycket högre ackumulationshastighet. Likaså kan sjöar ha en högre ackumulationshastighet. På dessa ställen kan det lämpa sig att ha en i tiden tätare provtagning.

### Observations/provtagningsmetodik

Hur man i detalj planerar för sedimentprovtagning är beskrivet i undersökningstypen Sediment – basundersökning som ges ut av Havs- och vattenmyndigheten (<https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/ovriga-vagledningar/undersokningstyper-for-miljoovervakning/undersokningstyper/sediment---basundersokning.html>). Nedan ges en kortfattad beskrivning av dels hur en sedimentprovtagning bör läggas upp dels av aspekter som är specifika för undersökningen av metaller i sediment. Beskrivningen utgår dels från Sediment – basundersökning och dels från OSPAR JAMP guidelines for monitoring contaminants in sediments (16).

Provtagning av sediment i havet görs ofta från båt medan provtagning av grunda vikar och sjöar med fördel kan göras från is. För att få sedimentskikt som representerar den tidsperiod som motsvarar intervallet mellan vilket provtagning sker, t.ex. 5-10 år, bör sedimentkärnorna tas med en rörprovtagare med efterföljande sektionering av proppen i fält (se Undersökningstyp: Sediment – basundersökning). Rörhämtare med utbytbara rör av plexiglas eller polykarbonat (som är starkare) finns i olika varianter (t.ex. Willner- eller Limnos-hämtare). När man tar prover i kustområden eller i större sjöar, där sedimenten innehåller en större andel ler, kan det krävas tyngre provtagare såsom Gemini-corer eller GEMAX.

Sektioneringen har typiskt en noggrannhet på 1 till 2 centimeter i ytan och 1 cm längre ner i kärnan där vattenhalten är lägre och sedimentet fastare. För att bedöma

de senaste årens tillförsel till det aktuella vattenområdet bör ytsedimentet omhändertas. Då de recenta sedimenten på ackumulationsbottnar runt om Sveriges kust skiljer sig åt i vattenhalt, konsistens och ackumulationshastighet, är det inte möjligt att sätta ett exakt djupintervall för provtagning av sedimentytan. I de djupare bassängerna i södra Östersjön är vattenhalten i ytan mycket hög och det är på sina ställen svårt att avgöra var vattenpelaren slutar och botten tar vid. I dessa områden går det bara att ungefärligt avgöra vilket skikt som motsvarar de senaste årens sedimentation i bottenytan. Djuphålorna i Bottniska viken och längs Västkusten däremot består ofta av lerigare sediment med lägre vattenhalt som möjliggör en mer exakt provtagning av ytskiktet. I dessa fall bör ackumulationshastigheten avgöra hur stort djupintervall som ska räknas till de senaste årens nytilförsel av sedimenterat material. Inom den nationella miljöövervakningen i utsjösediment innebär detta skiktet 0–1 cm. Vid provtagningen bör man notera de olika skiktens färg, speciellt om sedimentet är svart och luktar svavelväte, vilket är ett tecken på syrebrist och reducerade förhållanden. Det är också mycket viktigt att notera vattenhalten hos ytsedimentet. Eftersom analyser av metaller i regel görs på torrt sediment, är det viktigt att i förväg ha avtalat med anlitat laboratorium om hur mycket material som krävs för analysen och anpassa provmängden som insamlas i fält efter detta. På de ställen där sedimenten är mycket vattenhaltiga kan det krävas att flera likvärdiga sedimentprover tas och slås samman för att erhålla tillräcklig mängd material.

#### UTRUSTNINGSLISTA

- Utrustning för lodning och positionsbestämning
- Sedimentprovtagare: rörhämtare, alternativt en huggare av lämpligt slag med vilken en ostörd bottenyta kan provtas
- Plexiglasrör
- Gummiproppar för tillslutning av rör med prov, både upptill och nedtill
- Förvaringsbox (isolerad) för vertikalagring av provtagningsrör
- Gummiproppsurtagare (metallrör med PVC-skiva och O-ring i ena änden, för att pressa ut gummipropparna ur rören i samband med rengöring av rören efter provtagning)
- Skivningsutrustning; cm-graderat rör, metallskiva för avskiljning av överliggande sediment vid horisontell skivning, utrustning för att pressa upp sedimentet i det cm-graderade röret
- Burk, ca. 1–1,5 liter för homogenisering av sediment innan frysning
- Sked (matsked) för homogenisering av avskilt sediment
- Rena plast- eller glasburkar (med lock) för förvaring av sedimentskikten. Sedimentprover avsedda för analys av Hg ska förvaras i glasburkar. Burkar som används för förvaring av sedimentprover ska vara fria från smuts, fett och kontaminerande ämnen och bör därför diskas noga före användning.
- Kylväskor med frysklampor (sommartid)
- Möjlighet till frysförvaring av proverna (inom några timmar efter provtagningen)
- Burkar som används för förvaring av sedimentprover ska vara fria från smuts, fett och kontaminerande ämnen och bör därför diskas noga före användning.

- Rock Color Chart för färgbestämmning
- Fotodokumentation; Digitalkamera, fotograferingsbox med inbyggd konstant belysning (ca. 5000 K) med vagga för sedimentrör, två rörhalvor (vertikalt delat plexiglasrör) varav den ena halvan med ett fastsittande lock, O-ringar för att hålla samman rörhalvorna när sedimentprovet pressas upp i de hopsatta rörhalvorna, tunn metallskiva för vertikalklyvning av sedimentet
- Vid behov utrustning för siktning i fält (se nedan)

### **Tillvaratagande av prov och analysmetodik**

Den allmänna sedimentbeskrivningen görs utifrån en okulärbesiktning av sedimentprovet och omfattar jordart, redoxpotential och färgbefskrivning, se vidare i Sediment – basundersökning och exempel på fältprotokoll i bilaga 1.

Om provet tagits på en väl undersökt ackumulationsbotten krävs inte siktning medan sådan kan behövas för prov från botten som inte självklart bedöms vara ackumulationsbotten. Vid behov kan man då behöva göra en första siktning i fält för att ta bort detritus och bentiska organismer för att senare sikta ut fraktionerna <20 µm eller <63 µm som är de förväntade kornstorlekarna på en ackumulationsbotten. Detta görs för att det biologiska materialet annars riskerar att brytas ned under efterföljande steg som tex infrysning. Även om omedelbar siktning är att föredra så kan provet förvaras i ca en vecka i 4°C eller upp till 3 månader vid -20°C innan den slutgiltiga siktningen görs

Vid siktningen bör man använda havsvatten, helst från provtagningsstället, för att minska risken för kemiska förändringar i provet. För att minimera förorening rekommenderas att använda stora provvolymmer.

Både automatiserade och manuella metoder kan användas för siktning. Större provvolymmer på upp till 500 g hanteras bäst genom att provet pumpas genom en vibrerande sikt som kopplats till en genomflödescentrifug (19). Mindre volymmer på 20-60 g kan hanteras manuellt genom att placera en sikt i en glasbägare i ett ultraljudsbad (20). Partiklarna som passerat sikten isoleras ur vattnet genom satsvis centrifugering. Om proverna är mycket sandiga kan man behöva försikta provet genom en 200 µm sikt. Efter siktning är det mycket viktigt att provet homogeniseras noggrant.

Analyser av oorganiska ämnen som metaller görs vanligtvis på frystorkade prover för att undvika utspädningseffekt. Ett undantag är analys av Hg som görs på vått sediment på grund av risken för gasavgång av metallen under frystorkningsprocessen. En torrviktsbestämning bör göras så att koncentrationen per torrvikt kan anges mer exakt. Eftersom en mindre del av provet tas för analys är det viktigt att homogenisera provet innan uttag sker, vilket vanligtvis sker på analyslaboratoriet. Sediment med hög andel organiskt material är lätta att homogenisera, medan det för mer lerhaltiga sediment kan krävas malning i till exempel en agatmortel. Nytagna sedimentprover bör förvaras i frys (-20 °C) fram till frystorkning. Om pH ska mätas vid senare tillfälle är det viktigt att tänka på att provet inte exponeras för luft som kan leda till pH-förändringar i provet.

## ANALYSFÖRFARANDE

I Guidance Document No.19 från Europakommissionen föreslås att riktlinjerna i OSPAR JAMP guidelines (16) följs. I dessa guidelines beskrivs vilka uppslutnings- samt analysmetoder som rekommenderas. I de fall finkorniga sediment (< 63 µm) ska analyseras kan både total och partiell uppslutning (Svensk standard med HNO<sub>3</sub>) användas. Studier utförda av medlemmar i ICES har visat att extraktionsmetoden generellt sett inte har en signifikant betydelse för analysen av metaller i finkorniga sediment (16, 21). I de fall sediment innehållande grövre fraktioner har provtagits ska totaluppslutning med fluorvätesyra (HF) tillämpas. Vid en jämförelse av koncentrationer inom ett område är det dock fördelaktigt att använda sig av samma analysmetod och standard.

## Fältprotokoll

Ett fältprotokoll (se exempel i Bilaga 1) bör innehålla uppgifter om provtagningslokalens position (N- och E-koordinater), vattendjupet där sedimentprovet tas, vilken nivå i sedimentet som provet tas vid, samt sedimentets beskaffenhet och färg. I den inlagringsmall för leverans av övervakningsdata till datavärd som SGU ger ut, finns dessa variabler definierade <https://www.sgu.se/samhallsplanering/hav-och-kust/miljoovervakning-och-datavardskap-sediment/miljoovervakningsdata-kust-och-hav/>. Innan fältarbetet och provtagningen påbörjas är det lämpligt att ladda ner den dataleveransmall som datavärden tillhandahåller eftersom inmatningen då kan påbörjas direkt i fält samt för att kontrollera vilken information datavärden behöver. Exemplet i bilaga 1 redogör för de obligatoriska parametrar som krävs för kvalitetssäkrad dataleverans till datavärd efter slutförd mätkampanj.

## Kvalitetssäkring

All provtagning ska utföras av personer som har hög fältkompetens och som har erfarenhet av sedimentprovtagning för analys av metaller och organiska ämnen. Vid fältarbetet ska det av säkerhetsskäl vara minst två personer som arbetar tillsammans.

Samtliga procedurer inom miljöövervakningens genomförande måste regelbundet kontrolleras och valideras. För det laboratorium som valts ut för analys av utvalda metaller måste ett kvalitetssäkringssystem finnas. I detta inkluderas att utövaren ska säkerställa bland annat:

- detektions- och kvantifieringsgräns (det senare även benämnt rapporteringsgräns)
- mätosäkerhet
- styrkt deltagande i internationella eller nationella kvalifikationsprövningsprogram (PT-tester) samt resultat av interkalibreringstester

Idag ingår rapportering av miljöövervakningsdata till internationella plattformar såsom ICES och HELCOM i många miljöövervakningsprogram. För denna rapportering ställs ofta höga krav på meta- och kvalitetsdata för att leveransen ska godkännas. Det är mycket viktigt att utövaren vid beställning eller upphandling av

analyslaboratorium har en dialog med beställaren om vilka metadata som ska sammanställas i anslutning till provtagning och analys.

Det är också av högsta vikt att anlita laboratorium har erfarenhet av rimlighetsbedömning av analysresultaten. Många laboratorier erbjuder snabba analyser till mycket bra priser. Oftast kan dessa utövare inte erbjuda låga detektions- och kvantifieringsgränser. Vid miljöövervakning av t.ex. utsjösediment är halterna av föroreningar ofta låga och för att få en rättvisande bild av läget är det därför mycket viktigt att beakta ovanstående faktorer. I kustnära områden där miljön påverkas av större tillrinning från land och av eventuella punktkällor kan halterna vara högre och andra, billigare analysmetoder kan tillämpas. Det är dock viktigt att komma ihåg att det kan finnas svårigheter med att jämföra dataset som tagit fram med olika analysmetoder.

## Databehandling, datavärd

Data som ingår i nationell och regional miljöövervakning ska lagras hos datavärden för sediment, Sveriges geologiska undersökning (SGU). Data bör rapporteras som halt eller koncentration per torrsubstans (mg/kg TS) i respektive sedimentskikt till datavärden för sediment. Data rapporteras in i en mall som erhålls på datavärdens webbplats <http://www.sgu.se/samhallsplanering/hav-och-kust/miljoovervakning-och-datavardskap-sediment/miljoovervakningsdata-kust-och-hav/> (mallen gäller både för havs- och sjösediment). Eventuella normaliseringar enligt ovan, t.ex. kvoten mot glödförlusten, bör göras först vid bearbetningen av data. Däremot ska alltid ovan nämnda stödvariabler (procent glödförlust eller TOC samt vattenhalt) finnas med i filerna för att eventuella normaliseringar ska kunna göras på lagrade data. Det kan vara lämpligt att ladda hem datavärdens mall och vid osäkerheter kontakta datavärden för att erhålla mer information om de parametrar och variabler som datavärden önskar erhålla. Eventuella frågor går också bra att ställa till datavärdarna. Nationella miljöövervakningsdata ska också rapporteras in till ICES databas för miljöövervakningsdata. För denna datarapportering är det nödvändigt att följa de instruktioner som erhålls från ICES. Vid oklarheter kan programansvarig på Naturvårdsverket kontaktas (se under rubriken Författare och övriga kontaktpersoner).

## Rapportering, utvärdering

Hur resultat från sedimentundersökningar som ingår i något miljöövervakningsprogram redovisas bestäms i samråd med uppdragsgivaren. En enklare och lätt tillgänglig sammanställning som en fältrapport som innehåller en beskrivning av vad som är gjort, vilken metod som använts, och hur halterna av de uppmätta ämnena skiljer sig från föregående omgång är fördelaktigt. Data presenteras lämpligen också i den årsrapport som publiceras av respektive program. Hur data ska utvärderas beror på syftet med undersökningen. Uppgifter om jämförvärden (bakgrundshalter) för vissa metaller finns i bl.a.

*Bedömningsgrunder för miljö kvalitet* (15) samt i HVMFS 2013:19 (8) som ges ut av Havs- och vattenmyndigheten.

## Tids- och kostnadsuppskattning

### Fasta kostnader

Lättare provtagningsutrustning, såsom Limnos- och Willner-provtagare, som kan användas i små båtar, betingar en lägre kostnad än provtagning med tyngre utrustning från större fartyg. Prisuppskattning och offert erhålls av den institution/företag som erhåller fartyget som ska användas.

### Analyskostnader

Analyskostnaderna beror på mängden prover som ska analyseras, antalet analyser per prov, vilken analysmetod man använder sig av, samt krav på detektions- och kvantifieringsgränser. Kostnadsuppgift erhålls från utvalt laboratorium.

### Tidsåtgång

Även den arbetstid som krävs för provtagning och analys är i hög grad avhängig av ambitionsnivån. Generellt kan sägas att provtagning av sediment på några lokaler i en måttligt (några hektar) stor sjö eller kustområde, med skiktning i fält, tar upp till en arbetsdag för två personer.

## Författare och övriga kontaktpersoner

*Författare och kontaktperson, Naturvårdsverket:*

Maria Linderöth  
Miljögiftsenheten  
Naturvårdsverket  
106 48 Stockholm  
Tel: 010 - 698 15 30  
E-post: [maria.linderöth@naturvardsverket.se](mailto:maria.linderöth@naturvardsverket.se)

*Författare och projektledare för nationella miljöövervakningen i utsjösediment, SGU:*

Anna Apler  
Marin miljö och planering  
Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)  
Box 670  
SE-751 28 UPPSALA  
Tel: 018-17 91 92  
E-post: [anna.apler@sgu.se](mailto:anna.apler@sgu.se)

## Referenser

1. **Brils, J.** Sediment monitoring and the European Water Framework Directive. *Ann Ist Super Sanità.* 3, 2008, Vol. 44, pp. 218-223.
2. **European Union.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. 2000. p. 73. Official Journal of the European Union, L 327.
3. **Havs och vattenmyndigheten.** Miljöövervakningens programområde Kust och hav. *Havs och vattenmyndigheten.* [Online] 2014. [Cited: juni 03, 2015.]

- <https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljoovervakning/miljoovervakningens-programomrade-kust-och-hav.html>.
4. **Naturvårdsverket.** *Översyn av nationell akvatisk miljögiftsövervakning 2014.* Stockholm : Naturvårdsverket, 2014. p. 195. ISBN 978-91-620-6627-7.
  5. **European Union.** *Directive 2008/56/EU of the European Parliament and of the council of 17 June 2008 establishing framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive).* 2008.
  6. **European Union.** Directive 2008/105/ec of the european parliament and of the council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy. December 24, 2008. Official Journal of the European Union, L348/84.
  7. **European Union.** Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. August 24, 2013. Official Journal of the European Union, L226/1.
  8. **Havs och vattenmyndigheten.** Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19). Konsoliderad elektronisk utgåva uppdaterad 2017-01-01.
  9. **Farmer, J. G.** *The perturbation of historical pollution records in aquatic sediments.* s.l. : Environmental Geochemistry and Health, 1991. pp. 76-83. ISSN 1573-2983.
  10. **Baird, C & Cann, M.** Hazardous and Municipal Wastes; Soils and Sediments. *Environmental Chemistry.* 3. New York : W.H. Freeman and Company, 2005, 12, pp. 571-626.
  11. **SGU.** Gruvor och miljöpåverkan. *Sveriges geologiska undersökning.* [Online] 2015. [Cited: juni 03, 2015.] <http://www.sgu.se/mineralnaring/gruvor-och-miljopaverkan/>.
  12. **Lax, K. & Sohlenius, G.** *Sura sulfatjordar och metallbelastning.* Uppsala : Sveriges geologiska undersökning, 2006. p. 30. SGU-rapport 2006:5.
  13. **Sohlenius, G., Aroka, N., Wåhlén, H., Uhlbäck, J. & Persson, L.** *Sulfidjordar och sura sulfatjordar i Västerbotten och Norrbotten.* Uppsala : Sveriges geologiska undersökning, 2015. p. 93. SGU-rapport 2015:26.
  14. **Sundström, R., Åström, M. & Österholm, P.** *Comparison of the Metal Content in Acid Sulfate Soil Runoff and Industrial Effluents in Finland.* 2002. pp. 4269-4272.
  15. **Naturvårdsverket.** *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och Hav.* Stockholm : Naturvårdsverket, 1999. p. 88, Rapport 7914. ISBN 91-620-4917-8.
  16. **OSPAR.** JAMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments (agreement 2002-16). 2002. (JAMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments. 2015 Update)
  17. **ICES Marine Habitat Committee.** *Report of the working group on statistical aspects of environmental monitoring.* Oslo : ICES, 2001. p. 78. ICES CM 2001/E:05 Ref. ACME.
  18. **Berglund, M.** *Holocene shore displacement and chronology in Angermanland, eastern Sweden, the Scandinavian glacio-isostatic uplift centre.* s.l. : Boreas, 2004. pp. 48-60. ISSN 0300-9483.
  19. **Smedes, F., Davies, I.M., Wells, D., Allan, A. & Besada, V.** *Quality assurance of sampling and sample handling (QUASH) – Interlaboratory study on*

*sieving and normalisation of geographically different sediments; QUASH round 5.*  
(sponsored by the EU Standards, Measurements and Testing Programme)  
2000.

20. **Klamer, J. C., Hegeman, W. J. M. & Smedes, F.** Comparison of grain size correction procedures for organic micropollutants and heavy metals in marine sediments. *Hydrobiologia* 1990, 208, 213-220..

21. **Ackermann, F., Bergmann, H., and Schleichert, U.** Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments - A question of grain-size: <20  $\mu\text{m}$  versus <60  $\mu\text{m}$ . *Environmental Technology Letters*, 1983, 4: 317-328.



## Uppdateringar, versionshantering

Version 1:1 2004-01-23. Uppdaterad enligt Naturvårdsverkets mall.

Version 1:1. 2012-08-06. Naturvårdsverkets kontaktuppgifter har uppdaterats. I december 2011 gjorde Hans Borg, Institutionen för tillämpad miljövetenskap, ITM Stockholms Universitet, bedömningen att undersökningstypen fortfarande är aktuell (Susanna Schröder).

Version 1:1. 2012-08-06\*. Uppgifter om databehandling och datavärd samt kontaktpersoner har uppdaterats 2016-06-28. I övrigt samma text som 2012-08-06.

Version 1:2. 2017-12-20. Stora delar av texten är reviderade samt referenserna har uppdaterats,

## Bilaga 1. Fältprotokoll sediment

Datum (Å-M-D): .....

Projekt: .....

Namn på provtagningspersonal samt eventuellt företagsnamn

.....  
.....

Sjö/vattendrag/havsomr.: .....

Stationsnr: .....

Märke och typ av provtagningsutrustning:

.....  
.....

Sweref 99TM, N: .....

Sweref 99TM, E: .....

Djup: ..... Meter          Mätmetod för djup:.....

Sedimentpropp nr: ..... Totallängd: ..... cm

Bottenvatten: Temperatur .....<sup>0</sup>C.. Salinitet: .....

Syrgashalt: ..... mg/l

Sedimentbeskrivning:.....

Skiktad nivå, (t ex 0-1 cm, osv)	Sedimentfärg (kod)	Beskaffenhet*	Geologisk benämning **	Svavelvätelukt (Ja = x)	Förekomst av Fe/Mn noder (Ja = x)
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					
-					

\*) beskaffenhet:

- 1 löst, mkt organogent
- 2 löst
- 3 något fastare
- 4 ganska fast
- 5 fast
- 6 ngt lösare, finkornigt
- 7 ngt grövre korn
- 8 grövre korn
- 9 grus
- 10 sten

\*\*\*) i de fall geologisk kompetens finns vid provtagningen kan sedimentet benämnas med geologiska termer.

Postglacial lera, gyttjelera och lergyttja

Postglacial silt

Postglacial finsand

Postglacial sand

Skaljord

Glacial lera

Glacial silt och finsand

Isälvsavlagring i allmänhet

Torv

Morän

Fyllning

Kristallin berggrund

Sedimentär berggrund

Lera, silt och sand (Postglacial/Glacial)  
Gashaltigt sediment  
Postglacial sand och grus  
Glaciala / interglaciala sediment  
Glacial / interstadial silt - sand  
Postglacial grus och sten  
Moränlera och lerig morän  
Morän, lerfattig