

## Rosthyttan Åmmeberg

Förväntad miljöpåverkan i Kärrafjärden  
av planerade åtgärder



VÄTTERNFAKTA utgörs av en digital publikationsserie innehållande fakta som berör Vättern



Vätternvårdsförbundet

# FAKTA från Vätternvårdsförbundet

Nr 10:2012

Fakta-serien från Vätternvårdsförbundet instiftades 2012 och utgörs av dokument med beröring till sjön som förtjänat att tillgängliggöras för en bredare krets. Ofta berör innehållet begränsad fråga. Faktaserien kompletterar därmed Rapportserien och ges endast ut digitalt.

|               |  |
|---------------|--|
| Nr            | 10:2012  |
| Framsida      | Rosthyttan, Åmmeberg vid ca 1930 Foto:<br>Okänd, via Zinkgruvan Mining AB    |
| Utgivare      | Måns Lindell (red), Augusti 2012.  |
| Kontaktperson | Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings<br>län. Telefon 036-395000, |
| e-post:       | ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se  |
| Webbplats     | www.vattern.org  |
| Författare    | Lennart Lindeström, Svensk MKB   |

©Vätternvårdsförbundet 2012

# Rosthyttan Åmmeberg

Förväntad miljöpåverkan i  
Kärrafjärden av planerade åtgärder



Fryksta 2011-12-22

Lennart Lindeström, Svensk MKB

## Sammanfattning

Till Åmmeberg vid Kärrafjärden, en vik av Norra Vättern, transporterades under 1800-talet och början av 1900-talet malm från Zinkgruvan för anrikning och rostning. Idag finns vid hamnen i Åmmeberg en byggnad bevarad från denna verksamhet, Rosthyttan. Avfallet från hanteringen togs om hand och deponerades, förmodligen huvudsakligen på markerna i Rosthyttans närhet och i angränsande del av Kärrafjärden.

Stora delar av dessa restprodukter har senare tagits om hand och åter anrikats. Jord med påtagligt förhöjt metallinnehåll finns dock kvar i markerna nära Rosthyttan. Undersökningar har påbörjats för att fastställa markernas metallinnehåll och metallernas lakbarhet.

Inom ramen för pågående och planerad riskbedömning och åtgärdsutredning ingår att värdera behovet och konsekvenserna av åtgärder som leder till en påtaglig reduktion av metallläckaget från de aktuella markerna. I rapporten görs ett försök till en översiktlig behovs- och konsekvensbedömning med fokus på framför allt fisk.

Läckaget från markerna kring Rosthyttan bedöms årligen uppgå till i storleksordningen 5 ton zink samt några kg av vardera bly och kadmium. Därmed verkar dessa marker svara för huvudparten av det diffusa tillskottet av zink och kadmium till Kärrafjärden, medan bly huvudsakligen kommer från andra källor. Jämfört med centrala Vättern är halten i fjärdens vatten förhöjd ca 10 gånger för kadmium, 30-50 gånger för zink och bly. I Kärrafjärdens bottensediment är blyhalten förhöjd upp till 100 gånger.

Gjorda undersökningar i Kärrafjärden visar att det finns tecken på negativ påverkan av metaller hos bottenlevande djursamhällen. Fisken uppvisar förhöjda halter av bly och kadmium i levervävnad, men i övrigt finns inga tecken på att enskilda fiskar eller fisksamhället skulle vara negativt påverkat av exponeringen för metaller. Detsamma gäller växtplanktonsamhället i fjärden enligt de undersökningsresultat som kommit fram.

Förklaringen till att metallpåverkan inte är mer märkbar i Kärrafjärden kan vara gynnsamma omgivningsfaktorer, konkurrens mellan ”nyttiga” och onyttiga metaller, ekosystemets tillvänjning för metallexponering m.m. En annan kan vara att eventuella effekter inte kunnat noteras genom de undersökningar som genomförts. Detta diskuteras i rapporten med bl.a. exempel från andra svenska vattenområden med förhöjd metallförekomst.

En efterbehandling av avfallen vid Rostgruvan, med minskat metallläckage som följd, kommer eventuellt att medföra att miljöförhållandena för de bottenlevande djuren i Kärrafjärden kommer att förbättras och troligen att kadmiumhalten i levervävnaden hos fisk kommer att minska. Samtidigt är risken stor för att blyhalten i levern och kvicksilverhalten i muskulaturen hos fisken istället kommer att öka.

# Innehåll

## SAMMANFATTNING

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>BAKGRUND .....</b>  | <b>2</b>  |
| 1.1      | VAD GJordes VID ROSTHYTTAN I ÅMMEBERG? .....   | 2         |
| 1.2      | DÄRFÖR ÄR ROSTHYTTANS AVFALL SÄRSKILT INTRESSANT .....   | 2         |
| 1.3      | LÄCKANDE METALLER FRÅN ROSTHYTTANS AVFALL .....  | 3         |
| 1.4      | VAD BESKRIVS I DENNA RAPPORT?.....   | 4         |
| <b>2</b> | <b>KÄRRAFJÄRDEN - NUVARANDE FÖRHÅLLANDEN.....</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1      | KÄRRAFJÄRDENS MILJÖSTATUS .....  | 4         |
| 2.2      | FINNS TECKEN PÅ METALLPÅVERKAN HOS ORGANISMER I KÄRRAFJÄRDEN? .....                                    | 5         |
| <b>3</b> | <b>RISK FÖR NEGATIVA EFFEKTER ENLIGT NORMER OCH<br/>BEDÖMNINGSGRUNDER.....</b>                         | <b>7</b>  |
| 3.1      | SVENSKA BEDÖMNINGSGRUNDER .....  | 7         |
| 3.2      | MILJÖKVALITETSNORMER FÖR VATTEN .....  | 8         |
| 3.3      | NORDAMERIKANSKA MILJÖKVALITETSKRITERIER FÖR DE AKTUELLA METALLERNA                                     | 9         |
| 3.4      | METALLHALTER I KÄRRAFJÄRDEN JÄMFÖRT MED BEDÖMNINGSGRUNDER OCH<br>MILJÖKVALITETSNORMER .....            | 9         |
| 3.5      | GENERELL RISK FÖR EFFEKTER AV METALLER I KÄRRAFJÄRDEN .....  | 10        |
| 3.6      | FAKTORER SOM KAN PÅVERKA ATT OÖNSKADE EFFEKTER UPPKOMMER .....   | 10        |
| <b>4</b> | <b>EXEMPEL PÅ METALLINTERAKTIONER I SVENSKA VATTEN .....</b>   | <b>12</b> |
| 4.1      | SÄVSJÖN OCH DALBYSJÖN VID ZINKGRUVAN .....   | 12        |
| 4.2      | GARPENBERGSOMRÅDET.....  | 12        |
| 4.3      | SJÖN SAXEN I KOLBÄCKSÅN .....  | 13        |
| 4.4      | SJÖN RUNN VID FALUN .....  | 13        |
| <b>5</b> | <b>VAD KOMMER ATT HÄNDA VID EN MINSKAD TILLFÖRSEL AV ZINK<br/>OCH KADMIUM TILL KÄRRAFJÄRDEN? .....</b> | <b>14</b> |
| <b>6</b> | <b>REFERENSER.....</b>   | <b>15</b> |

# Rosthyttan Åmmeberg

## Förväntad miljöpåverkan i Kärrafjärden av planerade åtgärder

### 1 Bakgrund

#### 1.1 Vad gjordes vid Rosthyttan i Åmmeberg?

Till Åmmeberg vid Kärrafjärden, en vik av Norra Vättern, transporterades under 1800-talet och början av 1900-talet malm från Zinkgruvan för anrikning och rostning. Låghaltig malm krossades och anrikades genom en enkel form av gravimetrisk tvättning i vaskverk. ”Vaskmullen” från denna tvättning utgör en del av den avfallssand som idag återfinns på Kärrafjärdens botten och på vilken större delen av golfbanan är uppbyggd. Huvudparten anrikningssand producerades dock efter det att en modern anrikningsteknik genom flotation infördes kring 1930.

Höghaltig ”styckemalm” utsorterades för hand och rostades istället för att krossas och tvättas. Rostning innebär att malmen upphettades, varvid det till zinken bundna svavlet brändes bort och ersattes med syre. Rostningen skedde i speciella ugnar i Rosthyttan, en byggnad som fortfarande finns bevarad vid hamnen (se omslagsfotot). Malmen upphettades med träkol och fick passera ett antal rostgaller innan den samlades upp för vidareförädling. Rostningen gjorde malmen skör, varigenom vissa kvantiteter lösgjordes och passerade gallren för att tillsammans med kolrester etc bilda en avfallsprodukt i botten av rostanläggningen. Detta avfall, som innehöll såväl metalloxider som –sulfider, togs fortlöpande om hand och deponerades, förmodligen huvudsakligen i Rosthyttans närhet.

#### 1.2 Därför är Rosthyttans avfall särskilt intressant

Vaskmullen från den äldre anrikningsprocessen innehöll i början höga resthalter av metaller, upp till 13-14 % för zink och 1,5-2 % för bly<sup>1</sup>. Alltefter som vaskningstekniken förfinades och malmen krossades effektivare, minskade halterna i vaskmullen. Men de var ändå påtagligt högre än i anrikningssanden från den senare flotationsprocessen.

Även ”rostavfallets” metallinnehåll var sannolikt betydande, samtidigt som andelen metalloxider förmodligen var stort. Jämfört med exempelvis zinksulfid är zinkoxid betydligt mer lösligt och mobil. Även från relativt

måttliga kvantiteter kan därmed förväntas att stora mängder zink och andra metaller kan lösgöras.

Likaså kan överspill från flotationen ha hamnat på markerna kring hyttan, dvs mer eller mindre färdiga koncentrat med mycket högt metallinnehåll.

Stora delar av restprodukterna från de äldre utvinningsmetoderna vid Rosthyttan har i senare skede tagits om hand och åter anrikats i flotationsprocessen<sup>1</sup>. Öster om Rosthyttan finns dock ett område med relativt högt metallinnehåll kvar, vilket troligtvis i huvudsak härrör från tiden före flotation.

### 1.3 Läckande metaller från Rosthyttans avfall

Under 2005 genomförde SWECO VIAK en miljöteknisk markundersökning för att studera förekomst och utbredning av avfall från den tidigare verksamheten i Rosthyttan. Kompletterande undersökningar och utredningar genomfördes 2010. Undersökningarna är tänkta att resultera i en s.k. fördjupad riskbedömning och åtgärdsutredning för Rosthytteområdet.



Figur 1. Kärrafjärden med undersökningsområdet öster om Rosthyttan markerat. Från<sup>1</sup>.

Avfallets potentiella lakbarhet har undersökts genom lakförsök, medan det pågående metalläckaget till Kärrafjärden från detta område har uppskattats med ledning av uppmätta vattenflöden och metallhalter i grund- och

ytvatten. Sammantaget bedöms det nuvarande läckaget årligen uppgå till ca 5 ton zink, 4-7 kg bly och 1-4 kg kadmium<sup>1</sup>.

Dessa mängder kan jämföras med det totala tillskottet av metaller från odefinierade diffusa källor kring Kärrafjärden, vilket kan uppskattas genom att det beräknade utflödet till Vättern subtraheras med kända tillflöden till fjärden. Baserat på mätningar under 2010<sup>4</sup> har den diffusa tillförseln grovt uppskattats till 5-8 ton zink, 60-300 kg bly och 2-8 kg kadmium. Intervallen förklaras med att ingen retention (fastläggning) antas ske i Kärrafjärden för de lägre värdena, medan de högre värdena motsvarar en antagen retention på 30-70 %<sup>2</sup>.

Av detta bör man kunna dra slutsatsen att de aktuella markerna öster om Rosthyttan svarar för huvudparten av det diffusa källtillskottet av zink och kadmium till Kärrafjärden, medan det diffusa tillskottet av bly huvudsakligen härrör från andra källor.

## 1.4 Vad beskrivs i denna rapport?

Inom ramen för riskbedömningen och åtgärdsutredningen ingår bl.a. att värdera behovet att minska tillförseln av metaller till miljön från de aktuella massorna, samt bedöma konsekvenserna av detta. Enligt transportuppskattningarna ovan är det främst tillförseln av zink och kadmium till Kärrafjärden och Vättern som kan reduceras genom att åtgärda markerna kring Rosthyttan.

Med tanke på det betydande metalläckaget och de förhållandevis höga metallhalter som förekommer i det vattenområde som är mottagare till läckagevattnet, Kärrafjärden (se nedan), ligger det närmast till hands att förmoda att alla åtgärder för att minska läckaget är positiva ur alla aspekter. Som i så många andra fall är dock naturen mer komplicerad än att detta gäller till alla delar. I rapporten förs en diskussion om vad som kan vara orsaken till detta och vad som förmodligen kommer att hända vid en minskad tillförsel av zink och kadmium till fjärden i form av såväl positiva som negativa konsekvenser.

## 2 Kärrafjärden - nuvarande förhållanden

### 2.1 Kärrafjärdens miljöstatus

Kärrafjärden är en relativt isolerad vik i norra Vättern (Figur 2) med en yta på knappt 4,4 km<sup>2</sup> och ett största djup på ca 16 meter. Fjärden är en egen vattenförekomst vars kemiska status klassats som god<sup>a</sup>, och ekologiska status som måttlig. En orsak till att den ekologiska statusen endast är måttlig är att fjärdens djupare vatten, under temperatursprångskiktet som under senvinter och sensommar normalt ligger runt 10 meter, innehåller låga halter av löst syre. Detta återspeglas även i sammansättningen hos de bottenlevande djursamhällena. Vattenmyndigheten som gjort klassningen<sup>3</sup>

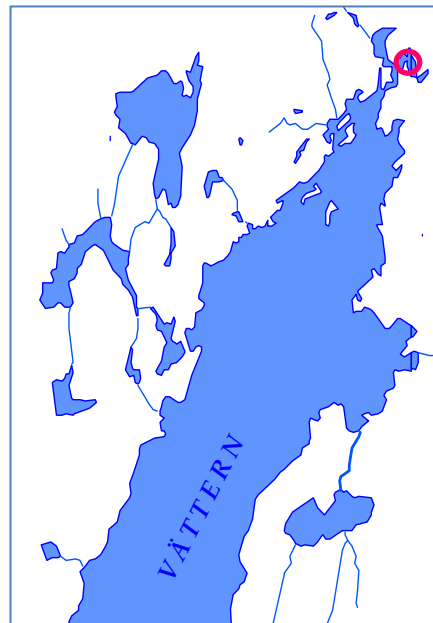
---

<sup>a</sup> Med undantag av kvicksilver, se fotnot <sup>h</sup>.



har bedömt att de låga syrgashalterna har en naturlig orsak, som förklaras av att bottenarna är inestängda och vattenomsättningen därmed dålig.

Enligt den samordnade recipientkontrollen<sup>4</sup> gäller i övrigt att näringsförhållandena i fjärden vittnar om god status (ca 17 µg/l totalfosfor i genomsnitt), medan vattnets halt av metallerna zink, bly och kadmium är relativt hög. Under treårsperioden 2008-2010 registrerades följande genomsnittliga halter i utflödet från Kärrafjärden: 120 µg/l zink, 4,6 µg/l bly och 0,081 µg/l kadmium<sup>b</sup>. Om en jämförelse görs med stationen Jungfrun i centrala Vättern i höjd med Karlsborg, överskrider metallhalterna i Kärrafjärdens vatten från knappt 10 gånger för kadmium till 30-50 gånger för zink och bly. I detta fall måste man dock ta hänsyn till att den naturliga bakgrundshalten förmodligen är något förhöjd i Kärrafjärden till följd av mineraliseringar inom avrinningsområdet.



Figur 2. Norra Vättern med Kärrafjärden markerad.

Likaså är halterna av flera metaller mycket höga i Kärrafjärdens sediment. På de aktuella bottenarna (inom den del av fjärden som syns i Figur 1) registrerades 2010 följande haltnivåer i det översta sedimentlagret (0-2 cm): 12 000 - 14 000 mg/kg zink, 5 000 - 7 400 mg/kg bly, och 24 - 30 mg/kg kadmium<sup>c</sup>. Jämfört med ytsedimenten i centrala Vätterns sediment<sup>d</sup> är metallerna förhöjda i Kärrafjärden ca 10 gånger för kadmium, 30-40 gånger för zink, respektive ca 100 gånger för bly. Kvicksilverhalten är vid samma jämförelse förhöjd 3-5 gånger (0,5-0,9 mg/kg i fjärden). En jämförelse med motsvarande haltförhöjningar i Kärrafjärdens vatten som presenteras ovan leder till slutsatsen att bly fastläggs effektivare i Kärrafjärdens botten än zink och kadmium, vilket stämmer väl överens med tidigare försök till uppskattningar av källfördelning och metallbalanser<sup>2</sup>.

## 2.2 Finns tecken på metallpåverkan hos organismer i Kärrafjärden?

År 2010 undersöktes sammansättningen hos olika organismsamhällen i Kärrafjärden<sup>4</sup>. Exempelvis var växtplanktonsamhället typiskt för måttligt näringsrika förhållanden utan synbar påverkan av metaller.

Bottenfaunans sammansättning undersöktes på tre lokaler i Kärrafjärdens litoralzon, dvs på grunda bottenar. Både vid Salaåns utflöde i östra fjärden (Långviken) och utanför golfbanan i centrala fjärden påträffades färre arter än förväntat. Bottenfaunasamhället bedömdes efter en sammanvägning vara

<sup>b</sup> Miljö kvalitetsnormen för kadmium i Kärrafjärden ligger troligtvis på 0,09 µg/l, se senare avsnitt.

<sup>c</sup> Alla halter i sediment är uttryckta i torrsubstans.

<sup>d</sup> I höjd med Ödeshög.

påverkat ”av annat än försurning eller näringsämnen”. Det ligger närmast till hands att det är den förhöjda förekomsten av metaller som i första hand orsakar denna påverkan.

Bottenfaunasamhällets sammansättning i sjöns djupare bottenar, i sublitoralen och profundalen, vittnade om måttligt syrerikt eller syrefattig miljö. Enstaka fjädermygglarver uppvisade skador på mundelarna, något som tidigare observerats i detta område och som tolkats som en möjlig metallpåverkan. Endast en skadad individ påträffades dock både 2009 och 2010 (av totalt 18 respektive 6 undersökta individer). Inga missbildningar påträffades hos de strandnära djursamhällena<sup>4</sup>.

Provfisken 2005 och 2010 med 40 bottenlagda s.k. översiktsnät<sup>e</sup> resulterade i en fångst som visade på ett artrikt fisksamhälle som dominerades av abborre och mört. Storleksfördelningen var normal för de vanligaste arterna abborre, mört och braxen. Ingen fisk fångades under temperatursprångskiktet, vilket förklaras av de låga syrgashalterna under sensommaren. Sammantaget visade provfiskeresultaten ”att den biologiska produktionen i Kärrafjärden är hög och att området utgör en god livsmiljö för ett flertal fiskarter”<sup>4</sup>. Undersökningsresultaten 2005 och 2010 överensstämmer med tidigare provfisken i samma område.

Hösten 1999 genomfördes en specialstudie på abborre i norra Vättern och dess fjärdar<sup>5</sup>. Abborrhonor inom ett begränsat storleksintervall infångades från fyra områden, däribland Kärrafjärden (Figur 3). Fiskens fysiologiska tillstånd undersöktes genom analys av ett trettiotal variabler. Inga indikationer framkom som tydde på att fiskens hällsotillstånd skulle vara sämre i Kärrafjärden än på övriga lokaler.

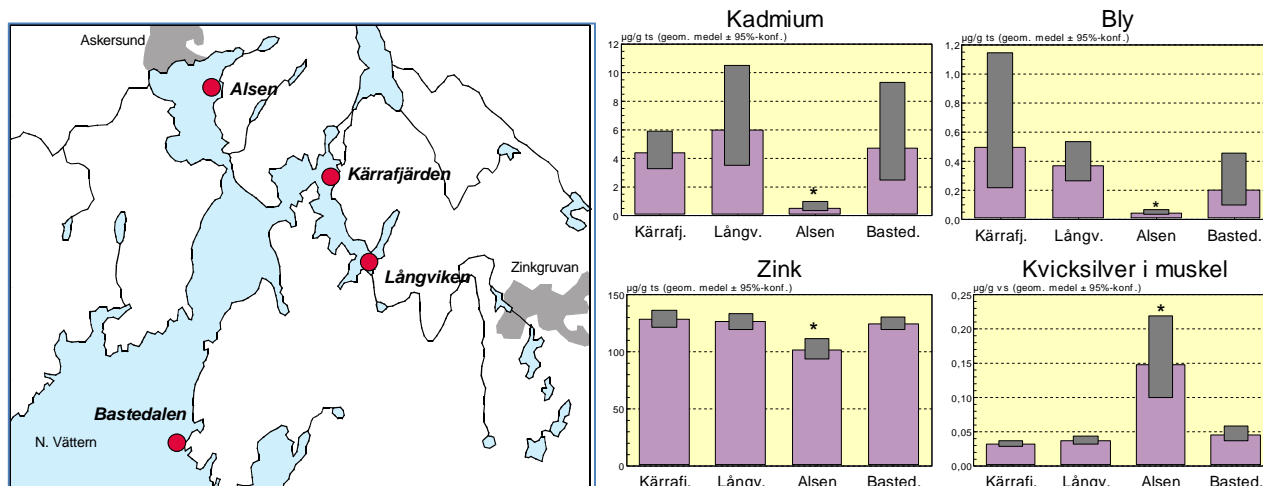
Även metallinnehållet i vissa vävnader hos fisken undersöktes. Påtagligt högre halter av framför allt kadmium och bly registrerades i fisken från Kärrafjärden jämfört med referenslokalen i sjön Alsen (Figur 3). Samtidigt var halten kvicksilver i fiskens muskelvävnad anmärkningsvärt låg. Den troliga förklaringen till detta diskuteras i ett senare avsnitt.

En avvikande låg haltnivå för kvicksilver har registrerats i fisk från Kärrafjärden både före och efter 1999<sup>f</sup>. Uppföljande undersökningar på abborre, inom ramen för den samordnade recipientkontrollen<sup>4</sup>, gjordes senast 2010 på abborre från Kärrafjärden med liknande resultat som 1999.

---

<sup>e</sup> Där varje nät innehåller 12 olika maskstorlekar.

<sup>f</sup> Trots detta är kvicksilverhalten i Kärrafjärdens ytsediment förhöjd 3-5 gånger jämfört med kringliggande sjöar.



Figur 3. Undersökningsstationer för fysiologiska och kemiska studier på abborre 1999, samt uppmätta metallhalter i abborre (medelvärde med 95 % konfidensintervall). Staplar markerade med \* avviker signifikant från övriga.

Sammantaget visar undersökningarna att det finns tecken på negativ påverkan av metaller hos djursamhällen på grundare bottnar i centrala fjärden i så motto att där saknas vissa arter som borde finnas, och möjligen även på djupare bottnar i form av enstaka exempel på skador på mundelar. Att fisken är utsatt för metallexponering visar de förhöjda halterna av bly och kadmium i dess levervävnad. Men inga tecken finns på att fisken eller fisksamhället skulle vara negativt påverkat av denna exponering, vilket även gäller växtplanktonsamhället.

### 3 Risk för negativa effekter enligt normer och bedömningsgrunder

#### 3.1 Svenska bedömningsgrunder

Naturvårdsverket gav 1999 ut bedömningsgrunder för miljö kvaliteten avseende sjöar och vattendrag<sup>6</sup>. Det anges i förordet att bedömningsgrunderna utgör ”ett verktyg som på vetenskaplig grund men ändå enkelt ska möjliggöra tolkning och utvärdering av miljödata”.

I dokumentet finns framtaget en bedömningsklassificering av miljö tillstånd baserat på metallhalt i vatten (Tabell 1). Dataunderlaget till dessa bedömningsgrunder utgörs i huvudsak av s.k. totalhaltsanalyser, som erhållits efter syrakonservering (salpetersyra i 0,07 M lösning).

Förslaget till klassificering grundar sig i möjligaste mån på den dåvarande kunskapen om biologiska effekter av metaller i vatten. I en femgradig skala definierades gränsen mellan klass 2 och 3 som ”den haltnivå under vilken mätbar påverkan på växt- och djurlivet generellt inte behöver befaras”. Inom klass 3 kan effekter<sup>8</sup> förekomma i framför allt mjuka, näringsfattiga och

<sup>8</sup> Med ”effekt” menas här påverkan på någon eller några organismgruppers reproduktion eller tidiga utvecklingsstadier, vilket kan, men inte behöver leda till återverkningar på organismernas samhällsnivå eller på ekosystemet ifråga.

sura vatten. I de följande klasserna 4 och 5 ökar risken för biologiska effekter.

| µg/l                     | Zn  | Cd  | Pb |
|--------------------------|-----|-----|----|
| Gräns mellan klass 2 & 3 | 20  | 0,1 | 1  |
| klass 3 & 4              | 60  | 0,3 | 3  |
| klass 4 & 5              | 300 | 1,5 | 15 |

*Tabell 1. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Gränsen mellan klass 2 och 3 anger den haltnivå under vilken mätbar påverkan inte behöver befaras ens i fattiga vatten (se texten). Klass 4 och 5 betecknar höga till mycket höga metallhalter där risk för biologiska effekter anses föreligga.*

Av stor vikt är även att en jämförelse görs med det aktuella områdets normala förhållanden. Är exempelvis en metall naturligt förhöjd i vatten inom ett mineraliserat område, bör man räkna med att ekosystemet är anpassat till detta, varför risken för effekter av metallen ifråga minskar.

Bedömningsgrunder finns även utarbetade för sediment. Dessa har dock inget direkt samband med risk för biologiska effekter, utan beskriver istället en statistisk fördelning baserat på uppmätta halter i svenska sjöar.

### 3.2 Miljö kvalitetsnormer för vatten

I december 2009 föreskrev Vattenmyndigheten för Norra Östersjöns vattendistrikt miljö kvalitetsnormer som ska gälla för distriktets vattenförekomster<sup>7</sup>. Enligt föreskriften syftar kvalitetskraven för ytvattenförekomster till att samtliga ytvattenförekomster ska uppnå hög eller god ekologisk status och god kemisk ytvattenstatus senast den 22 december 2015 (med generell tidsfrist till 2021 för alla ytvattenförekomster som idag inte uppnår god status). Miljö förhållandena i en vattenförekomst får samtidigt inte försämrats till den grad att förekomsten tilldelas en lägre status än idag.

Kriterierna för ”god kemisk ytvattenstatus” grundar sig på de miljö kvalitetsnormer för prioriterade ämnen som anges i EU:s s.k. dotterdirektiv<sup>8</sup>. För Kärrafjärden är metallerna bly och kadmium aktuella (kvicksilver, se fotnot<sup>h</sup>).

Miljö kvalitetsnormerna avser ”lösta” metallhalter efter filtrering (0,45 µm). För bly gäller att årsmedelvärdet inte får överskrida 7,2 µg/l, medan gränsvärdet för kadmium är beroende av vattnets hårdhet (uttryckt i halt CaCO<sub>3</sub>). Baserat på kalciumhalten i utflödet genom Hammarsundet<sup>i</sup> (klass 3) ligger miljö kvalitetsnormen för kadmium i Kärrafjärden förmodligen på 0,09 µg/l (högsta tillåtna årsmedelvärde) respektive 0,6 µg/l (maximal tillåten koncentration).

<sup>h</sup> I direktivet om miljö kvalitetsnormer för prioriterade ämnen anges 0,02 mg/kg som gränsvärde för kvicksilver i ”djurvävnad”, exempelvis fisk. Vattenmyndigheten har bedömt att de naturliga förutsättningarna i Sverige omöjliggör att vi under överskådlig tid ska uppnå detta gränsvärde för exempelvis gädda, varför man har beslutat om ett generellt undantag för Sveriges samtliga vattenförekomster i form av ett mindre strängt kvalitetskrav för kvicksilver.

<sup>i</sup> Kalciumhalt i Hammarsundet = ca 0,8 mekv/l, vilket motsvarar 80 mg/l av CaCO<sub>3</sub> under förutsättning att alla kalciumjoner antas balanseras mot karbonatjoner.

För ett antal utpekade fiskvatten gäller även miljö kvalitetsnormer för bl.a. zink enligt en speciell förordning<sup>j</sup>. För vatten med den aktuella hårdheten får zinkhalten i vatten, som totalhalt, inte överstiga ca 900 µg/l för att inte riskera att skada fisksamhällena<sup>k</sup>. Endast Vättern söder om Hammarsundet omfattas av den förordningen. Normen kan dock vara vägledande även för Kärrafjärden.

### 3.3 Nordamerikanska miljö kvalitetskriterier för de aktuella metallerna

USA:s naturvårdsverk, EPA, har utarbetat miljö kvalitetskriterier för skydd av vattenlevande organismer i sjöar och vattendrag, som utgör nationella rekommendationer. Rekommenderade högsta genomsnittliga halter respektive maximala halter framgår av Tabell 2.

| µg/l               | Zn  | Cd   | Pb  |
|--------------------|-----|------|-----|
| Genomsnittlig halt | 120 | 0,25 | 2,5 |
| Maximal halt       | 120 | 2,0  | 65  |

*Tabell 2. Nationella vattenkvalitetskriterier för USA. Värdena avser lösta halter (efter filtrering 0,45 µm) vid en hårdhet hos vattnet på 100 mg/l (som CaCO<sub>3</sub>).*

### 3.4 Metallhalter i Kärrafjärden jämfört med bedömningsgrunder och miljö kvalitetsnormer

Det ska inledningsvis betonas att mätningar av vattnets metallinnehåll inte görs i själva Kärrafjärden utan endast i utloppet från fjärden, där vattnet även hunnit blandas (blivit utspätt) med avflödet från bl.a. Åmmelången. Vattnets halt av de aktuella metallerna kan därför på goda grunder antas vara högre i centrala Kärrafjärden utanför Rosthyttan än i utloppet.

Görs med denna reservation en jämförelse mellan bedömningsgrunder, normer och kriterier enligt ovan och vattnets metallhalt i Kärrafjärden, kan följande konstateras:

- Zinkhalten betecknas som *hög* (klass 4) enligt de svenska bedömningsgrunderna, och de nordamerikanska kriterierna för zink överskrids (gäller åtminstone maximal halt). Miljö kvalitetsnormen för fiskvatten underskrids däremot med stor marginal.
- Även blyhalten betecknas som *hög* (klass 4) enligt bedömningsgrunderna, medan den europeiska miljö kvalitetsnormen för det prioriterade ämnet bly inte överskrids. Huruvida det nordamerikanska kriteriet för genomsnittlig halt av bly överskrids eller inte är oklart (kriteriet avser löst halt medan det är den totala blyhalten som mäts i Kärrafjärdens utlopp).

<sup>j</sup> Förordning 2001:554.

<sup>k</sup> Värdet avser ett enskilt värde och således inte ett årsmedelvärde e.d. Halten får alltså aldrig vara högre än 900 µg/l.

- Kadmiumhalten avviker på så sätt att den betecknas som *låg* (klass 2) enligt bedömningsgrunderna samtidigt som den europeiska miljökvalitetsnormen för det prioriterade ämnet kadmium tangeras (och sannolikt överskrids inne i fjärden). De nordamerikanska kriterierna för kadmium överskrids inte.

I avsnitt 2.1 konstateras att bly är den metall av de tre som avviker mest i Kärrafjärdens ytsediment, ca 100 gångers förhöjning jämfört med en trolig bakgrunds nivå, medan haltförhöjningen för kadmium i sediment stannar vid ca 10 gånger. Enligt klassificeringen i bedömningsgrunderna betecknas kadmium som *hög* respektive bly- och zinkhalten i sediment som *mycket hög*.

### 3.5 Generell risk för effekter av metaller i Kärrafjärden

Baserat på tillgängliga mätresultat och tillämpbara bedömningsgrunder, normer och kriterier enligt ovan kan en övergripande och generell riskvärdering göras. Enligt denna finns det att en generell risk för att vattenlevande organismer ska påverkas negativt i Kärrafjärden av alla tre metallerna sett till haltnivåerna i vatten. Eventuellt är risken något större för zink än för de båda andra metallerna. Med hänvisning till den stora marginalen till miljökvalitetsnormen för fiskvatten gäller denna risk dock inte för fisksamhället i Kärrafjärden.

Med hänvisning till den kraftiga haltförhöjningen i Kärrafjärdens ytsediment finns det en uppenbar risk för negativa effekter på bottenlevande djur av för i första hand bly och i andra hand zink.

### 3.6 Faktorer som kan påverka att oönskade effekter uppkommer

Som en kommentar till de haltintervall som anger tillståndsklass 3 för metaller i vatten i bedömningsgrunderna för miljö kvalitet<sup>6</sup> påpekas att ”risken är störst i mjuka, närings- och humusfattiga vatten samt i vatten med lågt pH-värde”. Det är alltså av största vikt att hänsyn tas till rådande omgivningsförhållanden när risken för metallers giftverkan ska bedömas.

Vattnets näringsrikedom<sup>1</sup> har betydelse genom att metallerna i viss mån ”späds ut” i den större biomassa som förekommer i en näringsrik sjö jämfört med en näringsfattig. Biomassan hos växtplankton och fisk är relativt hög i Kärrafjärden. Andra faktorer som påverkar upptag och omsättning av en metall i växter och djur är bl.a. förekomsten av lerpartiklar och humus som kan bilda komplex med metallen, tillgången på oxider och hydroxider av järn och mangan som binder metallen, och pH som påverkar metallföreningarnas stabilitet.

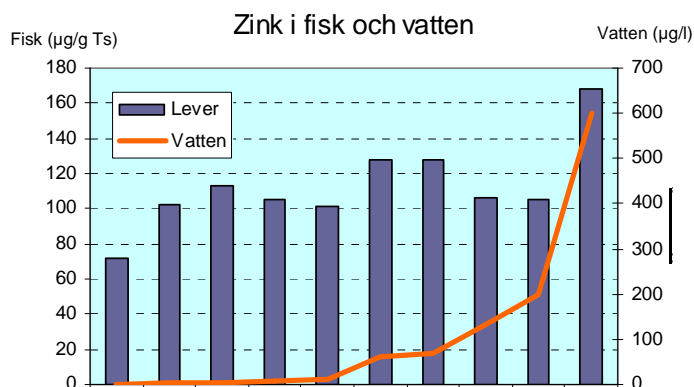
Även konkurrensen mellan olika ämnen om bindningsställen såväl på cellmembranens yta som inne i de exponerade organismerna är en viktig

---

<sup>1</sup> I detta fall i praktiken vattnets fosforhalt eftersom det är fosfor som generellt är styrande för bioproduktionen i sjöar.

faktor att beakta i sammanhanget. Det är exempelvis välkänt att en ökad förekomst av kalciumjoner minskar upptaget av flertalet andra metalljoner i växter och djur<sup>m</sup>. Även en metall som zink kan i vissa sammanhang utöva konkurrens om bindningsställen med exempelvis kadmium och bly, och sannolikt även med kvicksilver<sup>9</sup>.

Likaså måste en principiell skillnad mellan olika metaller beaktas, vilken bl.a. påverkar deras upptag i organismer. Vissa metaller är essentiella och andra icke-essentiella. De essentiella metallerna som exempelvis zink behöver alla levande varelser tillgång till, eftersom en större eller mindre kvantitet av dem måste finnas i deras vävnader för att viktiga biologiska funktioner ska kunna upprätthållas. För att detta ska vara möjligt har regleringsmekanismer utvecklats, som är alltmer avancerade ju högre organismen står i näringskedjan. Lägre stående organismer har sämre förmåga att reglera essentiella metaller. Exempel på fiskars regleringsförmåga presenteras i Figur 4 där zinkkoncentrationen i fiskvävnad är i det närmaste densamma oavsett zinkförekomsten i det omgivande vattnet.



Figur 4. Zinkhalter i vatten och i fiskvävnad i sjöar i Dalälven som ingår i vattenvårdsföreningens mätprogram. Halter i vatten avser medelvärde för 2004-2006 medan halter i fisk avser samlingsprov av lever från 10 abborrar per sjö (17-22 cm) fångade hösten 2006. Sjöarna är sorterade på basis av metallhalt i vatten. Från<sup>10</sup>.

Icke-essentiella metaller som kadmium och bly kan aldrig vara till nytta utan endast till skada för levande organismer (eventuellt finns det någon svampart som behöver kadmium). Dessa metaller kan även öka påtagligt i koncentration i högre organismers vävnader vid exponering (jämför Figur 3). Det kan därför vara relevant att ta hänsyn till skillnaden mellan essentiella och icke-essentiella metallers principiella påverkan och betydelse för levande organismer vid valet av åtgärder för att minska metalltillförseln till miljön.

Ytterligare en faktor av betydelse för metallernas biologiska verkan är flertalet organismers förmåga att, redan efter ganska kort tids exponering, anpassa sig till en förhöjd metallexponering. Detta kan ske genom ökad produktion av skyddande ämnen som syror, fetter, pigment, cellorganeller eller metallbindande enzym (anpassningen kan dock i sin tur förbruka energi så att organismerna tar skada i form av minskad tillväxt, reducerad motståndskraft mot sjukdomar, etc.). I Kärrafjärdsområdet har gruvverksamheten pågått så länge att delar av de exponerade ekosystemen

<sup>m</sup> Förekomsten av kalcium beaktas vid miljö kvalitetsnormer och vattenkvalitetskriterier för exempelvis zink och kadmium.

med största sannolikhet hunnit anpassa sig genetiskt. Detta förstärks av den naturligt förhöjda metallexponering som växter och djur är utsatta för i detta och andra mineraliserade områden, vilket genetiskt anpassat ekosystemen i varierande grad.

## 4 Exempel på metallinteraktioner i svenska vatten

I avsnitt 1.3 har beskrivits att de aktuella markerna öster om Rosthyttan verkar svara för huvudparten av det odefinierade källtillskottet av zink och kadmium till Kärrafjärden, medan det diffusa tillskottet av bly huvudsakligen härrör från andra källor. Om dessa marker ensidigt åtgärdas kommer därmed tillförseln av zink och kadmium till Kärrafjärden att påtagligt minska, medan förekomsten av övriga metaller förblir ungefär som idag. Relationen mellan den essentiella metallen zink och flertalet andra metaller kommer därmed att förändras.

I nästa avsnitt görs ett försök att ge en samlad bedömning av vad detta kan förväntas leda till i form av förändrad påverkan av metaller på Kärrafjärdens ekosystem. Som underlag för denna bedömning ges nedan ett antal exempel från svenska vatten på troliga eller möjliga interaktioner mellan å ena sidan zink, och å andra sidan bly och kvicksilver.

### 4.1 Sävsjön och Dalbysjön vid Zinkgruvan

Livsmedelsverket svarade under 1960- och 1970-talen för en omfattande insamling och analys av kvicksilver i svensk gädda. Den allra lägsta kvicksilverhalten i landet, 0,02 mg/kg (färskvikt), uppmättes under dessa decennier i gädda från Sävsjön i Salaåsystemet vid Zinkgruvan (n=5, medelvikt 0,6 kg). Zinkhalten i Sävsjöns ytsediment uppmättes några år senare till ca 3 % (30 000 mg/kg torrsubstans)<sup>11</sup>.

Omedelbart nedströms Sävsjön ligger Dalbysjön. Här insamlades och analyserades abborre 2010 inom ramen för den samordnade recipientkontrollen<sup>4</sup>. Då uppmättes kvicksilverhalten 0,04 mg/kg i abborrens muskulatur<sup>n</sup>, vilket kan jämföras med referensen Viksjön högst upp i samma vattensystem, där halten var ungefär 5 gånger högre i abborre av samma storlek.

### 4.2 Garpenbergsområdet

I Garpenberg i Hedemora kommun har gruvverksamhet pågått i över 1000 år. Stora mängder gruvavfall av olika slag finns kvar i marker och upplag som ett resultat av denna långvariga gruvdrift. Garpenbergsån är det vattensystem som tagit emot metaller från såväl de historiska avfallen som från den idag pågående gruvdriften.

---

<sup>n</sup> medelvärde för 5 fiskar.



Närmast gruvområdet ligger Gruvsjön, som till sin karaktär är en skogssjö. Nedströms Gruvsjön ligger sjön Åsgarn, som även tar emot näringsämnen från kringliggande jordbruksområden. De metaller som i relativa termer förekommer i högst halter i sjöarna är zink, bly, kadmium och koppar. Kvicksilverhalten i sediment är förhöjd 4-5 gånger i Gruvsjöns sediment till följd av viss kvicksilverförekomst i malmen.

Zink- och kadmiumhalten i Gruvsjöns vatten är ca 5 gånger högre än i Kärrafjärden, medan blyhalten ligger på samma nivå. I abborrlever är alla tre metallerna påtagligt förhöjda. Utmärkande för Gruvsjön, och i än högre grad Åsgarn, är att kvicksilverhalten i fiskens muskelvävnad är anmärkningsvärt låg, 0,036 mg/kg i Gruvsjön respektive 0,017 mg/kg i Åsgarn. Detta kan jämföras med genomsnittet för Dalälvens sjöar på 0,150 mg/kg, dvs nästan 10 gånger högre än i Åsgarn<sup>o</sup>. Förhållandena har varit ungefär desamma under flera decennier då motsvarande fiskanalyser genomförts ungefär vart femte år.

### 4.3 Sjön Saxen i Kolbäcksån

Sjön Saxen i Ludvika kommun har fått ta emot metaller från såväl gruvdrift som äldre gruvavfall under flera hundra år. Även i Saxen är metallhalterna i vatten högre än i Kärrafjärden, i storleksordningen 5 gånger högre för de aktuella tre metallerna. Noteringar om avvikande låga kvicksilverhalter i fisk från Saxen gjordes första gången redan vid början av 1980-talet<sup>11 & 12</sup>. Situationen är ungefär densamma idag enligt senare års undersökningsresultat<sup>13</sup>.

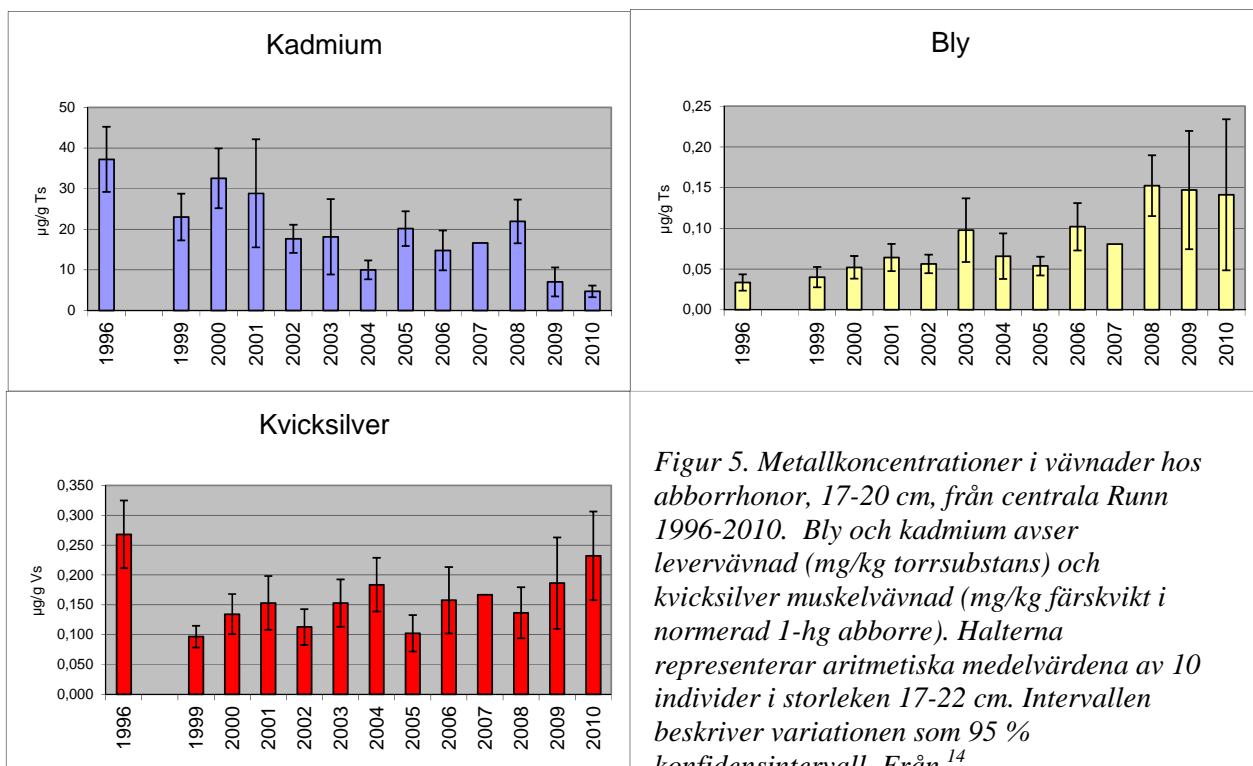
### 4.4 Sjön Runn vid Falun

Nedläggningen av Falugruva tillsammans med omfattande åtgärder med gruvavfall i Falun har lett till en drastisk minskning av tillförseln av i första hand zink och kadmium till sjön Runn. I Faluån, som mynnar i Runn, har transporten av zink och kadmium sedan mitten av 1990-talet minskat med nästan 80 %. Under samma period har transporten av bly minskat med ungefär 50 %, alltså betydligt mindre<sup>10</sup>. Tillförseln av kvicksilver till Runn har förmodligen inte ändrats nämnvärt, medan järntillförseln minskat med ca 25 %.

Utvecklingen för kadmium och bly i lever respektive kvicksilver i muskel hos abborre från Runn framgår av Figur 5. Kadmiumhalten i abborrlever har minskat i takt med den minskade tillförseln av kadmium, men blyhalten har istället ökat. Båda förändringarna är statistiskt säkerställda (signifikant,  $p < 0,05$ ). Sedan 1999 finns även indikationer på att kvicksilverhalten ökar i abborrmuskel (inte signifikant). Det ligger närmast till hands att anta att den konstaterade haltökningen av bly har samband med abborrens minskade exponering för zink. Detta gäller också indikationen på en ökning av kvicksilverhalten i abborre sedan 1999. Även den minskade tillförseln av järn till Runn kan ha påverkat tillgängligheten hos de andra metallerna.

---

<sup>o</sup> Alla halter angivna på färskvikt. Halterna i Gruvsjön och Åsgarn avser ett samlingsprov av 10 abborrhonor 17-20 cm långa. Genomsnittet för Dalälvens sjöar avser medianen för 14 provfiskade sjöar inom älvens avrinningsområde.



## 5 Vad kommer att hända vid en minskad tillförsel av zink och kadmium till Kärrafjärden?

Baserat på kunskapen om nuvarande miljöförhållanden i Kärrafjärden, tillämpbara bedömningsgrunder, normer och kriterier, samt erfarenheter från andra liknande områden, görs följande bedömning av vad som kan förmodas hända om tillförseln till fjärden av framför allt zink och kadmium minskar påtagligt<sup>p</sup> genom åtgärder av de historiska avfallen från Rosthyttan:

- På sikt<sup>q</sup> kommer halterna av zink och kadmium att minska i Kärrafjärdens ytsediment genom de planerade åtgärderna. Detta kommer sannolikt att leda till att bottenfaunasamhället på grunda bottnar i fjärden blir mer mångformigt och därmed mer likt naturliga bottnar. Emellertid kommer sedimentens blyhalt inte att påverkas nämnvärt av åtgärder vid Rosthyttan, vilket eventuellt kan innebära att tillfriskningen blir begränsad, eller uteblir.
- Bottenfaunasamhället på djupa bottnar är framför allt påverkat av tidvis låga syrgashalter, vilket inte kommer att förändras genom åtgärder vid Rosthyttan.
- Inga tecken finns på att vare sig växtplankton- eller fisksamhället i Kärrafjärden är negativt påverkat av metaller. Sammansättning, tillväxt

<sup>p</sup> Med ”påtagligt” menas här att reduktionen uppgår till minst 50 % jämfört med idag.

<sup>q</sup> Det kommer förmodligen att ta flera decennier innan en 50 %-ig reduktion av zinktilförseln till fjärden leder till en motsvarande haltminskning i de översta sedimentlagren.

m.m. hos dessa organismsamhällen förväntas därför inte påverkas av de planerade åtgärderna.

- Enligt tillämpbara normer, kriterier och bedömningsgrunder finns det för den skull en risk för att ekosystemet i Kärrafjärden, eller delar av det, kan påverkas negativt av bl.a. zink och kadmium vid de koncentrationer som förekommer i vatten. Åtgärderna kommer därför att minska denna risk.
- En trolig konsekvens av att åtgärda avfallen vid Rostgruvan är att kadmiumhalten i levervävnaden hos fisk i Kärrafjärden sannolikt kommer att minska. Samtidigt är risken stor för att blyhalten i levern och kvicksilverhalten i muskulaturen hos fisken samtidigt kommer att öka.
- Eftersom fiskesamhället verkar intakt så är det inte troligt att fiskarna själva kommer att nämnvärt påverkas av dessa haltförändringar i fiskens vävnader.
- Om däremot kvicksilverhalten i muskulaturen, dvs i fiskköttet, påtagligt ökar, så minskar samtidigt fiskens lämplighet som fiskföda. Kvicksilverhalten kommer dock förmodligen fortfarande att vara lägre än i kringliggande ”opåverkade” skogssjöar.

## 6 Referenser

- 
- <sup>1</sup> Ekholm, D. & Bäckström, M. Rostskytteområdet. Riskbedömning, åtgärdsutredning och riskvärdering avseende historiskt gruvavfall i Åmmeberg. Pågående utredning av SWECO.
  - <sup>2</sup> Lindeström, L. (1996). Metaller i Vättern. Tillförsel och källfördelning 1993-95. Vätternvårdsförbundet rapport nr 39.
  - <sup>3</sup> VISS, Vatteninformationssystem Sverige.
  - <sup>4</sup> Martin Liungman, (2006 & 2011). Recipientkontrollen i Norra Vätterns tillrinningsområde. Årsrapport för 2005 respektive utökad årsrapport 2005-2010. Rapporter från Medins Biologi AB.
  - <sup>5</sup> Grotell, C., Härdig, J. & Lindeström, L. (2000). Abborre i norra Vättern hösten 1999. Metallhalter i vävnader och fysiologiskt tillstånd. Rapport från MFG och SVA.
  - <sup>6</sup> Naturvårdsverket (1999). Bedömningsgrunder för miljökvalitet – sjöar och vattendrag. NV rapport 4913.
  - <sup>7</sup> Länsstyrelsen i Västernorrlands län (2009). Miljökvalitetsnormer för Bottenhavets vattendistrikt. 22 FS 2009:59.
  - <sup>8</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/105/EG.
  - <sup>9</sup> Landner, L. och Lindeström, L. (1998). Zinc in society and environment. ISBN 91-630-6871-0.
  - <sup>10</sup> Lindeström, L. & Tröjbom, M. (2011). Konsekvenser för Faluån, Runn och Dalälven av åtgärder på gruvavfall i Falun. NV rapport 6403.
  - <sup>11</sup> Lindeström, L. & Grahn, O. (1982). Antagonistic effects to mercury in some mine drainage areas.
  - <sup>12</sup> Håkanson, L. & Uhrberg, R. (1981). Undersökningar i Kolbäckens vattensystem. Delrapport XIII. Metaller i fisk och sediment. NV pm 1408.
  - <sup>13</sup> Lindeström, L. (2010). Saxdalen. Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling. Länsstyrelsen Dalarnas län, rapport 2010:15.
  - <sup>14</sup> Tröjbom, M. & Lindeström, L. (2011). Rapportering av 2010 års undersökningsresultat i Dalälven för Dalälvens vattenvårdsförening. Länsstyrelsen Dalarna, 2011:17.