



VÄSTERVIKS
KOMMUN



Effekter av föroreningsspridningen från den tidigare gruvdriften vid Gladhammars gruvor

- Undersökning av påverkan på biota samt metallupptag i biologiska material -



Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:14

Västervik 2005-07-14

FÖRORD

Västerviks kommun har under perioden maj 2003 till maj 2005 genomfört Projekt Gladhammars gruvor, en huvudstudie enligt Naturvårdsverket kvalitetsmanual för efterbehandling av förorenade områden. Arbetet har finansierats med bidragsmedel från Naturvårdsverkets anslag Länsstyrelsen i Kalmar.

Omfattningen av undersökningarna har utformats och drivits av en styrgrupp med Västerviks kommunalråd Harald Hjalmarsson som ordförande. Övriga medlemmar i styrgruppen har varit kommunstyrelsens vice ordförande Anita Bohman, tekniske chefen Per Allerth, miljö- och byggnadschefen Mariann Teurnell-Söderlund samt kommunchef Conny Jansson, som även fungerat som beställarombud. Tommy Hammar från Länsstyrelsen i Kalmar län och projektledaren Christer Ramström, Västerviks kommun, har varit adjungerade till styrgruppen. Tommy Hammar har även fungerat som projektstöd inom miljöstyrning.

Det löpande arbetet har utförts av en projektgrupp där Christer Ramström från Västerviks kommun varit projektledare. Christer Hermansson från Västerviks kommun har haft ansvar som delprojektledare för delprojekt Miljökontroll medan Henning Holmström, Envipro Miljöteknik AB har upphandlats som delprojektledare för delprojekt Utredningar. Länsstyrelsen i Kalmar har representerats av Anders Svensson från miljöenheten och Birgitta Eriksson från kulturmiljöfunktionen. I projektgruppen har även Barbro Friberg från Kultur- och Fritidsförvaltningen ingått samt Petra Rissmann från Tekniska kontoret.

Fältarbetena inom projektet har organiserats av delprojekt Miljökontroll som i huvudsak bemannats av Christer Hermansson och Christer Ramström. Ansvaret för upprättandet av undersökningsprogrammet samt för flera av delrapporterna har vilat på delprojektledare Henning Holmström.

I huvudstudien för Projekt Gladhammars gruvor ingår följande rapporter:

2004:01	–	Sammanfattande Huvudstudierapport
2004:02	–	Metodik för provtagning och analys
2004:03	–	Inventering och karaktärisering av avfallen vid Gladhammars gruvor
2004:04	–	Grundvattnets geokemi
2004:05	–	Resultat från miljökontroll
2004:06	–	Hydrogeologisk åtgärdsutredning för Gladhammars gruvfält
2004:07	–	Geokemin i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön
2004:08	–	Systemförståelsen för Gladhammars gruvor och närområdet
2004:09	–	Kulturhistorisk utredning för Gladhammars gruvområde
2004:10	–	Sedimentkartering av Tjursbosjön
2004:11	–	Riskperspektivet för gruvområdet vid Gladhammar och nedströms liggande sjösystem
2004:12	–	Åtgärdsutredning Alternativ för efterbehandling av Gladhammars gruvor och förorenade sediment i Tjursbosjön
2004:13	–	Undersökning av Bondegruvan, Knutsschaktet och stollgången vid Holländarefältet, Gladhammars gruvor
2004:14	–	Effekter av föroreningsspridningen från den tidigare gruvdriften vid Gladhammars gruvor
2004:15	–	Betydelsen av Holländarefältet för masstransporten till Tjursbosjön
2004:16	–	Mobilisering och immobilisering av bly och kadmium i sjösediment
2004:17	–	Undersökning av bottenfauna i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön

Denna rapport har i huvudsak utarbetats av Christer Hermansson och Christer Ramström, Västerviks kommun samt Henrik Eriksson och Henning Holmström, Envipro Miljöteknik AB.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	5
2. SYFTE	5
3. TIDIGARE BIOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR	6
4. RESULTAT FRÅN UNDERSÖKNINGAR INOM HUVUDSTUDIEN	7
4.1 BOTTENFAUNAUNDERSÖKNINGAR	7
4.2 FISKUNDERSÖKNINGAR	7
4.2.1 <i>Längd, vikt, kön och ålder</i>	8
4.2.2 <i>Metaller i fisk – Allmänt</i>	9
4.2.3 <i>Metaller i fiskmuskel</i>	9
4.2.4 <i>Metaller i fisklever</i>	13
4.2.5 <i>Metaller i abborrmuskel i förhållande till medelvärdet av metaller i sjövattnen</i>	16
4.2.6 <i>Metaller i abborrlever i förhållande till medelvärdet av metaller i sjövattnen</i>	16
4.3 TOXICITETSTESTER.....	18
4.3.1 <i>DAPHTOXKIT FTM</i>	18
4.3.2 <i>OSTRACODTOXKIT FTM</i>	18
4.4 UNDERSÖKNINGAR AV BÄR – LINGON OCH BLÅBÄR.....	18
4.4.1 <i>Metaller i bär</i>	18
4.4.2 <i>Metaller i bär från andra gruvområden</i>	19
4.5 UNDERSÖKNING AV SVAMP – GULA KANTARELLER	20
4.5.1 <i>Metaller i gula kantareller</i>	20
5. REFERENSER	23
6. BILAGOR	23

Bilden på framsidan visar Calle Ramström med abborrar från pimpelfiske på Kyrksjön, vintern 2004.
Fotograf: Christer Ramström

SAMMANFATTNING

Bottenfauna

Resultatet av undersökningen på bottenfauna visar att bottenfaunasamhället är kraftigt skadat i Tjursbosjön. Skadorna yttrade sig dels som ett mycket lågt art- och individantal och dels som subletala effekter i form av skador på vissa av de sedimentlevande mygglarvernas mundelar. Skadebilden kan sägas vara typisk för miljöer som är kraftigt förorenade av tungmetaller.

I den nedströms belägna Ekenässjön förekom också skador på mygglarvers mundelar. Dessa skador var ungefär lika omfattande som i Tjursbosjön men eftersom värdena för artantal och individtäthet bedömdes som relativt normala bedömdes bottenfaunan i Ekenässjön som betydligt påverkad av metallbelastning.

I Kyrksjön kunde inga tydliga skador på bottenfaunan ses. Värdena för artantal och individtäthet var relativt normala för sjötypen och inga mundelsskador observerades. Bottenfaunan bedömdes därför som ej eller obetydligt påverkad av metallförorening. Eftersom underlaget för studien av mundelsskador var litet kan dock påverkansbedömningen sägas var mer osäker än i de två övriga sjöarna.

Fisk

För att undersöka metallupptaget i fisk genomfördes under senvintern 2004 fiske av abborre för metallanalys i sjöarna Tjursbosjön, Ekenässjön, Kyrksjön samt Axsjön. Axsjön, som använts som referenssjö, är belägen i samma granitområde som västra delen av Tjursbosjön och Ekenässjön. Axsjön är en kommunal ytvattentäkt för Ankarsrums samhälle. De insamlade fiskarna har analyserats avseende på metaller i både lever- och muskelvävnad. Även fiskarnas könstillhörighet och ålders har bestämts på laboratorium.

EU och Livsmedelsverket har gränsvärden för kvicksilver (0,5 mg/kg färskvikt), kadmium (0,05 mg/kg färskvikt) och bly (0,2 mg/kg färskvikt) i fisk. Halterna av kadmium och bly i abborrarna låg i samtliga sjöar under gränsvärdena. I Kyrksjön och Axsjön låg kadmiumhalten under detektionsgränsen på 0,002 mg/kg färskvikt. Blyhalten låg under detektionsgränsen på 0,02 mg/kg färskvikt i samtliga undersökta sjöar. Vad gäller kvicksilver låg medelhalten i abborrarna från Tjursbosjön över gränsvärdet och från Axsjön strax under, medan abborrarna från Ekenässjön och Kyrksjön låg under gränsvärdet.

Bär

För att kontrollera eventuellt metallupptag i bär har blåbär och lingon från gruvområdet samt från en referenslokal analyserats. Analyserna visade att både blåbär och lingon generellt innehöll ganska låga halter metaller. Intressant är att bären från gruvområdet innehöll signifikant högre halter av kobolt och nickel än bären plockade på referensområdet. Blåbär från referensområdet innehöll högre halter koppar än blåbär från gruvområdet, vilket tyder på att blåbär inte tar upp koppar från marken. Halterna av kadmium, bly och kvicksilver låg under laboratoriets detektionsgräns.

Svamp

För att kontrollera eventuellt metallupptag i svamp har gula kantareller från gruvområdet samt från en referenslokal analyserats. Analyserna visade att kantarellerna från både gruvområdet och referensområdet innehöll relativt höga halter av vissa metaller jämfört med halterna i fisk och bär. Kantarellerna från

gruvområdet innehöll signifikant högre halter av aluminium, järn, molybden, kobolt och titan än kantareller från referensområdet.

Kantarellerna från referensområdet innehöll högre halter av kadmium, nickel och bly än kantareller från gruvområdet. När det gäller den undersökta svampen är det svårt att säga hur gruvorna påverkat metallupptaget eftersom vissa metaller förekommer i betydligt högre halter i svampen från referensområdet. Kopparhalten skiljer sig mycket lite mellan kantareller från gruv- och referensområdet, vilket tyder på att de undersökta kantarellerna inte tar upp mer koppar ur mark med höga halter av denna metall.

1. INLEDNING

Gladhammars gruvfält i Västerviks kommun har utnyttjats för brytning av järn, koppar och kobolt i olika perioder från 1500-talet fram till 1800-talets slut. Dessa gruvbrytningar har genererat stora utsläpp av metaller, främst koppar och kobolt, till det nedströms liggande sjösystemet och den långvariga belastningen har bidragit till att metaller har anrikats i sedimenten. Tjursbosjön ligger överst i systemet och efterföljande sjöar är Ekenässjön, Kyrksjön och Maren.

Projektets syfte har varit att utreda möjligheterna för att minska miljöbelastningen av tungmetaller, framför allt koppar och kobolt från gruvfältet, till intilliggande sjösystem. Inom ramen för huvudstudien har det genomförts omfattande undersökningar av förekomst och spridning av främst tungmetaller från gruvavfall och sediment, möjligheten till åtgärder m.m. Även de kulturhistoriska värdena har utretts.

2. SYFTE

Effektstudierna som genomförts inom projekt Gladhammars gruvor har syftat till att undersöka vilka effekter metallutlakningen från Gladhammars gruvområde har på växter och djurliv. Detta för att få ett bättre underlag för riskbedömning och riskvärdering.

Studierna har omfattat:

- Sammanställning av äldre material avseende halter i biologiska material och påverkan på fauna i sjön.
- Kompletterande bottenfaunaundersökningar i Tjursbosjön, Ekenässjön samt Kyrksjön, vintern 2005.
- Påverkan och metallupptag i fisk i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön samt referenssjö.
- Undersökning av upptag i bär och svamp inom gruvområdet samt referenslokaler.

3. TIDIGARE BIOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

1988 Miljö- och hälsoskyddsnämndens § 43 1988. "Redovisning av kvicksilveranalys av fisk från Ekenässjön och Tjursbosjön"

Ankarsrums sportfiskeklubb fångade våren 1989 gäddor i sjöarna. Kviksilver från ryggmuskulatur analyserades med följande resultat:

Resultat	Vikt (gr)	Längd (cm)	Hg (mg/kg)
Tjursbosjön	1540	63	0,45
	1290	67	0,73
	1500	66	0,66
	2200	76	0,88
	2070	78	0,93
Ekenässjön	925	52	0,13
	1000	60	0,15
	800	51	0,13
	1680	66	0,22

1990 Kinsten, B. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Kalmar län 1986. Länsstyrelsen i Kalmar län informerar 1990:3

Denna undersökning visar att glacial-relikta kräftdjur (*Mysis relicta*) saknas i Tjursbosjön. Detta antogs bero på metallförorening.

Att *Mysis relicta* saknas i Tjursbosjön indikerades också i den dietstudie som utfördes i samband med provfiske år 2000. Däremot fanns kräftdjuret med i dieten hos abborrar i Ekenässjön som är nästa sjö i avrinningsområdet.

2000-10-19, E Hörnström, Lithner, G. Utvärdering av biologiska förhållanden i metallförorenade sjöar i Gladhammarsområdet 1992-94 med användande av Bersbosjöar och opåverkade sjöar som jämförelsebas.

Resultat från planktonundersökningar i bl.a. Tjursbosjöns vattensystem och utvärderingar av påverkan på plankton av höga metallhalter redovisas. Undersökningen redovisar också resultaten från toxicitetstester med grönalgen *Selenastrum capricornutum*.

Den relativa tillväxten av *Selenastrum capricornutum* undersöktes i vatten från Tjursbosjön, Ekenässjön m.fl. gruvpåverkade sjöar med olika tillsatser av koppar. I vatten från Tjursbosjön var tillväxten mycket låg i jämförelse med de övriga sjöarna. Redan utan någon extra tillsats av koppar var tillväxten i princip obefintlig i vattnet från Tjursbosjön. Intressant var att tillväxten i Ekenässjön var bättre än förväntat med tanke på de höga halter av koppar i vatten som uppmätts i sjön.

2000-10-23, Widström, T. Fisksammansättningen i Tjursbosjön och Ekenässjön påverkan på fisksamansättningen i Tjursbosjön.

Denna undersökning ingick även den som en del i den första förstudien (Västerviks kommun, Gladhammars Gruvfält, Utökad förstudie – Effekter av äldre koppar- och koboltbrytning i Västerviks

kommun, 2002). I studien ingick även provtagning för bestämning av fosfor, pH och syrehalt i vattnet samt en mindre dietstudie. Resultaten visade främst på att ingen vitfisk (exempelvis mört och sutare) förekommer i Tjursbosjön. Vitfisk påträffades däremot i Ekenässjön. Livslängden på abborre i Tjursbosjön bedömdes vara lägre och att förekomsten av parasiter i tarm och lever var större jämfört med Ekenässjön. Resultaten från dietstudien liknade de som Lithner och Hörnström (2000) visat på d.v.s. att artrikedomen för plankton och bottenfauna är lägre i Tjursbosjön.

Sammanfattningsvis bedömdes skillnaderna bero på den höga metallbelastningen i Tjursbosjön.

4. RESULTAT FRÅN UNDERSÖKNINGAR INOM HUVUDSTUDIEN

4.1 Bottenfaunaundersökningar

Med anledning av att de undersökningar som tidigare har genomförts inte ansetts vara tillräckliga för bedömning av effekter, framförallt den storskaliga orsakad av spridning till övriga sjöar, har kompletterande biologiska undersökningarna utförts inom ramen för huvudstudien. En mer omfattande delrapport om påverkan på bottenfauna i Tjursbosjön och nedströms liggande sjösystem (Ekenässjön och Kyrksjön) finns i form av Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:17 .

Slutsatsen av undersökningen är att bottenfaunasamhället är kraftigt skadat i Tjursbosjön. Skadorna yttrade sig dels som ett mycket lågt art- och individantal och dels som subletala effekter i form av skador på vissa av de sedimentlevande mygglarvernas mundelar. Skadebilden kan sägas vara typisk för miljöer som är kraftigt förorenade av tungmetaller.

I den nedströms belägna Ekenässjön förekom också skador på mygglarvers mundelar. Dessa skador var ungefär lika omfattande som i Tjursbosjön men eftersom värdena för artantal och individtäthet bedömdes som relativt normala bedömdes bottenfaunan i Ekenässjön som betydligt påverkad av metallbelastning.

I Kyrksjön kunde inga tydliga skador på bottenfaunan ses. Värdena för artantal och individtäthet var relativt normala för sjötypen och inga mundelsskador observerades. Bottenfaunan bedömdes därför som ej eller obetydligt påverkad av metallförorening. Eftersom underlaget för studien av mundelsskador var litet kan dock påverkansbedömningen sägas var mer osäker än i de två övriga sjöarna.

4.2 Fiskundersökningar

För att undersöka metallupptaget i fisk genomfördes under senvintern 2004 ett riktat fiske efter abborre för metallanalys i sjöarna Tjursbosjön, Ekenässjön, Kyrksjön samt Axsjön. Referenssjön Axsjön är belägen i samma granitområde som västra delen av Tjursbosjön och Ekenässjön. Axsjön är dessutom en kommunal ytvattentäkt för Ankarsrums samhälle inom Västerviks kommun.

Fisket genomfördes huvudsakligen av Ankarsrums Sportfiskeklubb med några kompletteringar av fiskar som ansågs för små för att kunna ingå i undersökningarna. Fisket skedde i februari-mars 2004.

Fiskarna har analyserats avseende metaller i både lever- och muskelvävnad samt ålders- och könsbestämts. Provprenparering för metallanalys och metallanalys har skett av Analytica AB medan Fiskeriverket har ansvarat för ålders- och könsbestämning. För övrig information avseende provpreparering och analys hänvisas till metodikrapporten (projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:02).

4.2.1 Längd, vikt, kön och ålder

Drygt hälften av abborrarna låg inom det rekommenderade storleksintervallet 15-20 cm vilket rekommenderas i Naturvårdsverkets skrivelse ”Metaller och organiska miljögifter i fisk, sjöar och vattendrag (1997)”. Då undersökningarna även syftat till att fungera som underlag för bedömning av eventuella hälsorisker anses även större abborrar vara mer relevanta att analysera eftersom de i högre grad nyttjas som människoföda än småabborrar.

I tabell 1 redovisas längd, vikt, kön och ålder på den provtagna fisken i respektive sjö. Provmaterialet (fem abborrar per sjö) är för litet för att kunna dra några långtgående slutsatser men vissa trender kan noteras och vissa jämförelser kan ändå göras. Åldersbestämning har utförts på Fiskeriverkets sötvattenlaboratorium av Magnus Kokkin. Kommentarer till analyserna återfinns i bilaga 1. Fiskeriverket menar t.ex. att abborrarnas tillväxt verkar vara hämmad i Tjursbosjön. Detta kan tolkas som en effekt av att Tjursbosjön är förorenad.

Tabell 1. Data för fisk som fångats i Tjursbosjön.

Tjursbosjön	Längd (cm)	Vikt (g)	Kön	Ålder (år)
Abborre 1	16,5	40	M	4
Abborre 2	16	31	M	3
Abborre 3	16	38	F	3
Abborre 4	23,5	152	F	7
Abborre 5	31	303	M	13
Ekenässjön	Längd (cm)	Vikt (g)	Kön	Ålder (år)
Abborre 1	19,5	85	M	5
Abborre 2	18	50	F	5
Abborre 3	20	78	F	5
Abborre 4	17,5	53	F	5
Abborre 5	18	53	M	7
Kyrksjön	Längd (cm)	Vikt (g)	Kön	Ålder (år)
Abborre 1	21	126	F	5
Abborre 2	18	72	F	3
Abborre 3	19,5	107	M	3
Abborre 4	19	71	M	8
Abborre 5	22,5	190	F	7
Axsjön	Längd (cm)	Vikt (g)	Kön	Ålder (år)
Abborre 1	25,5	222	F	7
Abborre 2	19	74	F	5
Abborre 3	24	164	F	7
Abborre 4	23,5	151	F	5
Abborre 5	27	296	F	6

4.2.2 Metaller i fisk – Allmänt

Flera andra undersökningar av metallinnehåll i fisk har utförts både nationellt och internationellt. Projektet har valt att inte göra några jämförelser med dessa. Anledningen är svårigheterna att jämföra de olika undersökningarna. Annorlunda provtagningsmetodik och analysmetoder kan ha använts, vilket påverkar resultaten och gör jämförelser svåra. I de flesta fall presenteras inga data om metallinnehåll i vattnet, vilket ytterligare försvårar jämförelser. Då projektet saknar kontroll över data som insamlats externt avstods därför jämförelser med annat material än det som projektet själv insamlat.

Tjursbosjön, Ekenässjön, Kyrksjön och Axsjön är alla provtagna med exakt samma metodik och analyserade på samma laboratorium vad gäller både ytvattenprover och fisk. Axsjön ligger i samma granitområde som Ekenässjön samt sydvästra delarna av Tjursbosjön och Kyrksjön och i liknande terräng. Axsjön fyller därmed väl kraven som bra referenssjö, opåverkad av gruvavfall. Jämförelserna mellan dessa sjöar blir därför i alla stycken relevant.

4.2.3 Metaller i fiskmuskel

Högst medelhalt av kvicksilver uppmättes i abborrarna i Tjursbosjön. De högsta halterna uppmättes i de största individerna. Även abborrarna i Axsjön uppvisade en hög medelhalt av kvicksilver. En sammanställning av halterna redovisas i tabell 2.

I en undersökning av kvicksilverhalten i gädda från 101 sjöar och 16 kustavsnitt i Kalmar län (Kalmar läns Luftvårdsförbund, 1992) hade endast tre sjöar av sammanlagt 22 undersökta sjöar i Västerviks kommun högre kvicksilverhalt i gädda än Axsjön. Kviksilverhalten i fisk från Axsjön verkar med andra ord generellt vara hög. Detta är tydligt även i denna undersökning, där halterna av kvicksilver är högre i Axsjön jämfört med både Ekenässjön och Kyrksjön.

Kopparhalterna varierar från i medel 0,15 mg/kg i Tjursbosjön, 0,16 mg/kg i Ekenässjön och 0,20 mg/kg i Kyrksjön, vilket kan jämföras med 0,19 mg/kg i Axsjön. Ingen tydlig gradient kan således noteras. Kobolthalten ligger dock på 0,03 mg/kg i Tjursbosjön, vilket kan jämföras med 0,013 mg/kg i Ekenässjön och 0,005 mg/kg i Kyrksjön vilket innebär en gradient med sjunkande halter nedströms Tjursbosjön. Halterna är också högre jämfört med Axsjöns 0,002 mg/kg.

Den sjunkande trenden för kobolt i abborrmuskel, med högst halt i Tjursbosjön, kan sannolikt förklaras med sjöarnas läge i förhållande till gruvområdet. Ytvatten närmast gruvan håller höga kobolthalter och kobolthalterna i ytvattnet avtar också med avståndet från gruvområdet. Tjursbosjöns abborrar innehåller högst koncentration av nickel medan halterna i abborrarna i de övriga sjöarna ligger relativt jämnt.

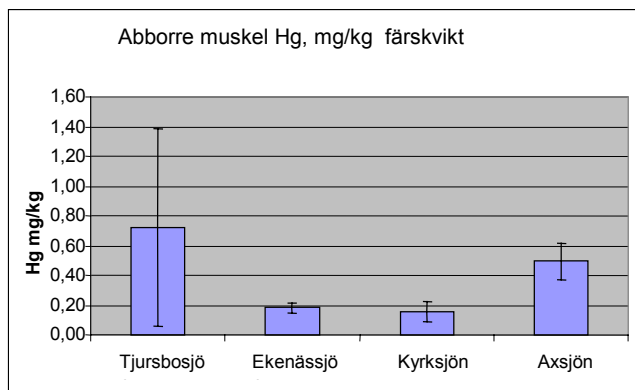
Tabell 2. Metaller i abborrmuskel, medelvärde och standardavvikelse, mg/kg färskvikt. <anger värde under laboratoriets rapporteringsgräns.

Ämne	Enhet	Tjursbosjön		Ekenässjön		Kyrksjön		Axsjön	
		(n=5)	medel std.av	(n=5)	medel std.av	(n=5)	medel std.av	(n=5)	medel std.av
Al	mg/kg FV	0,06 ¹	± 0,03	0,03 ¹	± 0,01	0,05 ²	± 0,02	0,02	± 0,01
As	mg/kg FV	<0,05	-	<0,02	-	<0,02	-	0,3	-
Ba	mg/kg FV	0,05 ²	± 0,02	0,02	± 0,02	0,02 ²	± 0,02	0,008	± 0,011
Ca	mg/kg FV	197	± 110	341	± 238	298	± 213	167	± 106
Cd	mg/kg FV	0,004 ³	± 0,002	0,004 ⁴	± 0,003	<0,001	-	<0,001	-
Co	mg/kg FV	0,03	± 0,01	0,013	± 0,008	0,005	± 0,001	0,002	-
Cr	mg/kg FV	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-
Cu	mg/kg FV	0,15	± 0,02	0,16	± 0,04	0,20	± 0,09	0,19	± 0,07
Fe	mg/kg FV	1,02	± 0,23	4,1	± 7,2	0,94	± 0,17	0,92	± 0,07
Hg	mg/kg FV	0,72	± 0,66	0,18	± 0,03	0,16	± 0,07	0,49	± 0,12
K	mg/kg FV	3616	± 265	3654	± 142	3624	± 244	3600	± 98
Mg	mg/kg FV	248	± 14	246	± 11	245	± 25	250	± 12
Mn	mg/kg FV	0,07	± 0,02	0,23	± 0,11	0,21	± 0,15	0,11	± 0,009
Mo	mg/kg FV	0,003 ¹	± 0,002	0,002 ¹	± 0,001	0,0002 ²	± 0,0001	<0,001	-
Na	mg/kg FV	573	± 56	728	± 82	741	± 138	671	± 31
Ni	mg/kg FV	0,06	± 0,09	0,03 ²	± 0,01	0,03 ¹	± 0,02	0,03	± 0,02
P	mg/kg FV	1972	± 103	2000	± 250	1980	± 176	2026	± 84
Pb	mg/kg FV	<0,02	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-
Si	mg/kg FV	4,3	± 4,2	2,4	± 0,2	2,1	± 0,2	<2	-
Ti	mg/kg FV	0,003	± 0,001	0,002	± 0,002	0,0008 ²	± 0,0004	0,002	± 0,001
V	mg/kg FV	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-
Zn	mg/kg FV	4,1	± 1,2	3,3	± 0,9	3,3	0,2	2,9	± 0,3

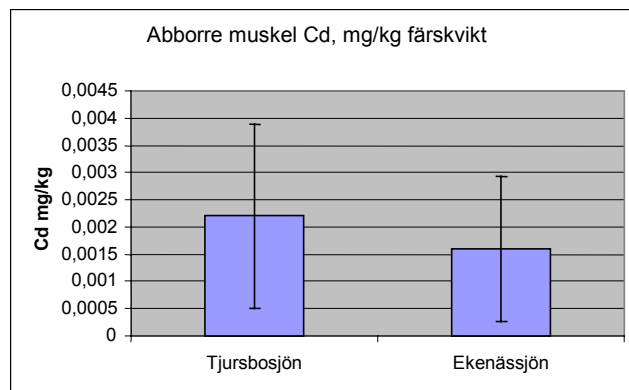
¹ Ett värde under rapporteringsgräns, ej medtaget

² Två värden under rapporteringsgräns, ej medtagna

³ osv.

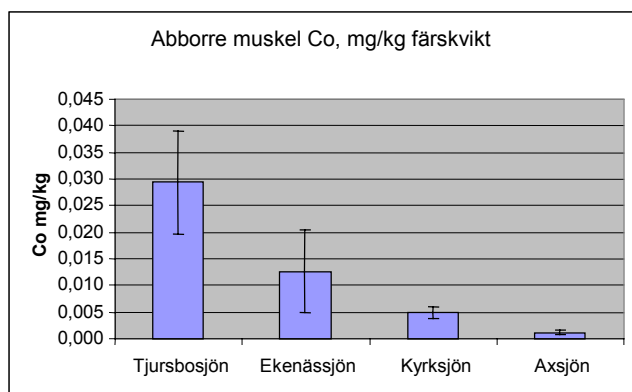


Figur 1. Kvicksilverhalt i abborrmuskel med standardavvikelsen markerad.

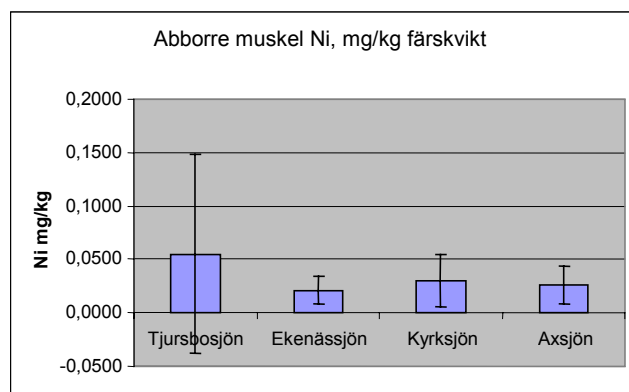


Figur 2. Kadmiumhalt i abborrmuskel med standardavvikelsen markerad.

Mätbara halter av kadmium fanns endast i två abborrar i Tjursbosjön och i en abborre från Ekenässjön. Kadmiumhalterna var låga. Arsenik kunde endast detekteras i en abborre från Axsjön. Alla övriga abborrar hade arsenikhalter under laboratoriets rapporteringsgräns (0,015 – 0,02 mg/kg).

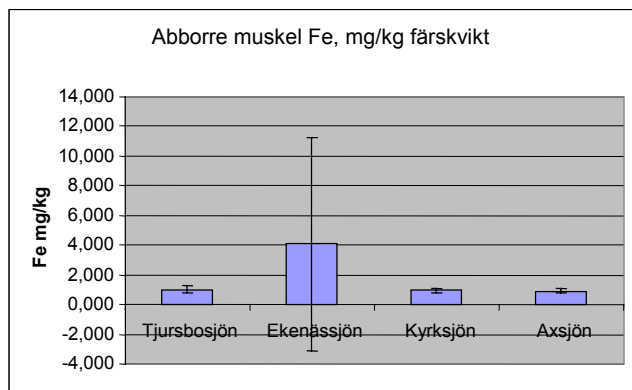


Figur 3. Kobolthalt i abborrmuskel med standardavvikelsen markerad.

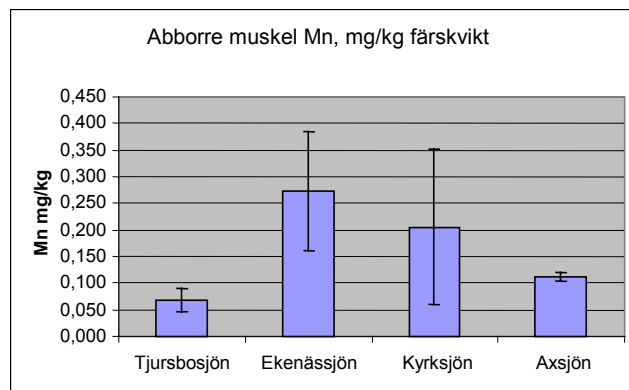


Figur 4. Nickelhalt i abborrmuskel med standardavvikelsen markerad.

För järn ligger resultaten från alla sjöar utom Ekenässjön väldigt jämnt fördelat. Medelhalten från Ekenässjön är ungefär fyra gånger högre vilket beror på att en fisk drar upp medelvärdet kraftigt. Skulle den fisken uteslutas från medelvärdesberäkningen får man ett medelvärde strax under de andra sjöarnas. Abborrmuskel från Ekenässjön innehåller även den högsta halten av mangan. Tjursbosjöns abborrar har lägst manganhalt.

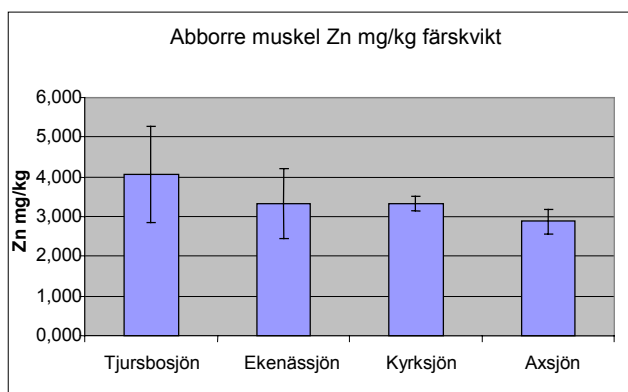


Figur 5. Järnhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.

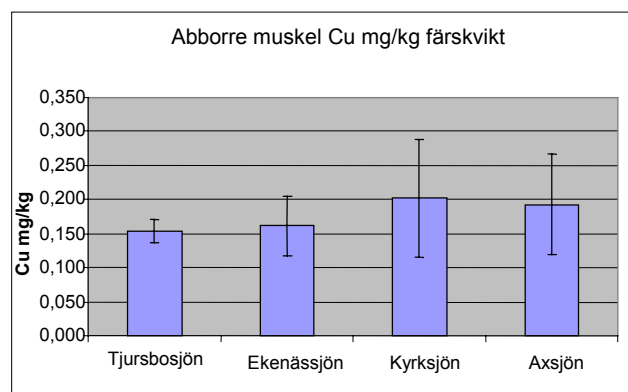


Figur 6. Manganhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.

De relativt små skillnaderna i zink- och kopparhalter mellan sjöarna kan bero på att zink och koppar är essentiella ämnen för fisken och därmed är regleringen av dessa effektiv (Lindeström, 2001).

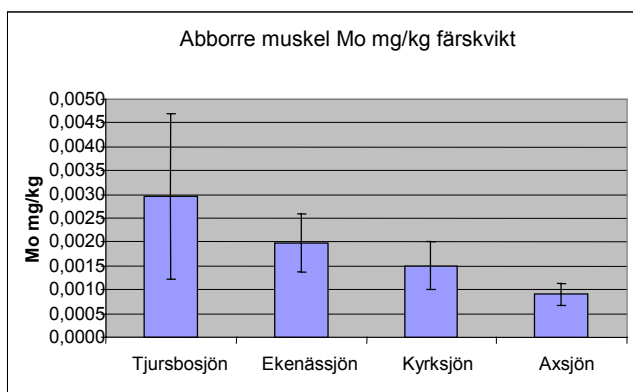


Figur 7. Zinkhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.



Figur 8. Kopparhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.

Vad gäller molybden och i viss mån även aluminium i fiskmuskel är trenderna tydliga med en avtagande halt med avståndet till gruvan. Detta stämmer relativt väl även jämfört med halterna av nämnda ämnen i ytvatten.



Figur 9. Molybdenhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.

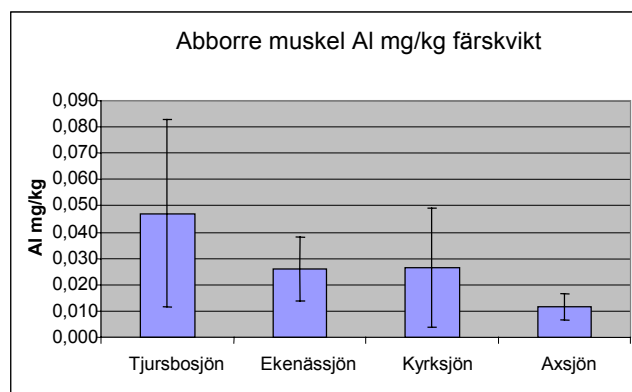


Fig 10. Aluminiumhalt i abborremuskel med standardavvikelsen markerad.

4.2.4 Metaller i fisklever

Resultaten av analyserna på metallhalt i fisklever framgår av tabell 3. Leverns förmåga att ackumulera vissa metaller gör att resultaten skiljer sig en del från undersökningarna av fiskmuskel.

För koppar, järn och kvicksilver är trenden i fisklever sjunkande med avståndet till gruvorna för de tre sjöarna närmast gruvområdet. Abborrar från referenssjön Axsjön uppvisar dock högre koppar- och järnhalter än Kyrksjön samt högre kvicksilverhalt än abborrarna i både Ekenässjön och Kyrksjön. Den höga kvicksilverhalten i abborrlever i Axsjön kan förklaras på samma sätt som de höga halterna som uppmättes i muskel; tidigare undersökningar har visat att fisken i Axsjön generellt sett har en hög kvicksilverhalt.

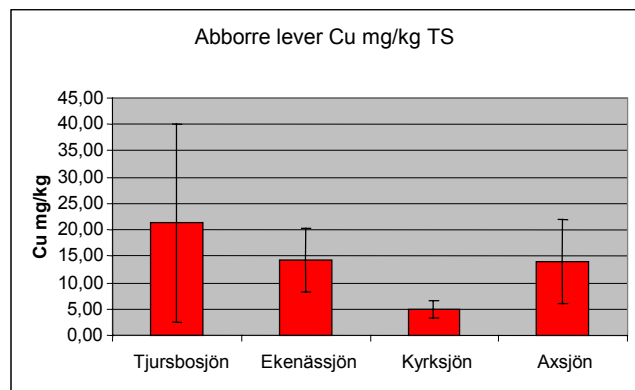
Tabell 3. Metaller i abborrlever, medelvärde och standardavvikelse, mg/kg färskvikt.
<anger värde under laboratoriets rapporteringsgräns.

Ämne	Enhet	Tjursbosjön		Ekenässjön		Kyrksjön		Axsjön	
		(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)	(n=5)
Al	mg/kg FV	29,7	± 40,1	16,9	± 14,5	22,0	± 30,1	27,2	± 17,7
As	mg/kg FV	<0,2	-	<0,1	-	0,25 ³	± 0,45	<0,03	-
Ba	mg/kg FV	0,31	± 0,18	0,38	± 0,31	0,13	± 0,17	0,27	± 0,14
Ca	mg/kg FV	1601	± 732	4216	± 3219	1689	± 1410	1388	± 841
Cd	mg/kg FV	5,4	± 3,4	3,3	± 3,3	0,50	± 0,23	1,04	± 0,59
Co	mg/kg FV	3,72	± 2,06	1,8	± 1,5	0,40	± 0,23	0,71	± 0,18
Cr	mg/kg FV	0,03 ⁴	-	<0,1	-	0,06 ³	± 0,03	0,06 ²	± 0,05
Cu	mg/kg FV	21,3	± 18,8	14,2	± 6,0	5,0	± 1,6	14,1	± 8,0
Fe	mg/kg FV	833	± 324	571	± 279	164	± 39	343	± 158
Hg	mg/kg FV	2,05	± 3,01	0,27	± 0,16	0,13	± 0,08	0,84	± 0,33
K	mg/kg FV	15460	± 1054	14180	± 2412	12314	± 2941	14680	± 1006
Mg	mg/kg FV	1126	± 167	962	± 198	1023	± 236	1072	± 210
Mn	mg/kg FV	7,7	± 2,1	12,2	± 4,3	15,6	± 8,6	19,3	± 12,3
Mo	mg/kg FV	0,59	± 0,16	0,42	± 0,12	0,35	± 0,09	0,45	± 0,04
Na	mg/kg FV	7830	± 2100	6880	± 1149	6196	± 2080	7186	± 797
Ni	mg/kg FV	4,15	± 6,72	0,98 ¹	± 1,91	0,04 ³	± 0,02	0,16	± 0,23
P	mg/kg FV	16400	± 2013	14600	± 1219	15540	± 3732	18820	± 3633
Pb	mg/kg FV	0,38 ¹	± 0,42	<0,1	-	<0,02	-	0,01 ⁴	-
Si	mg/kg FV	9,3 ⁴	-	<50	± 0,2	<10	-	<10	-
Ti	mg/kg FV	0,22	± 0,36	0,04	± 0,03	0,03	± 0,04	0,02	± 0,006
V	mg/kg FV	0,25 ²	± 0,16	0,23 ¹	± 0,18	0,13	± 0,18	0,18	± 0,04
Zn	mg/kg FV	104,9	± 12,8	95,7	± 17,9	78,1	± 14,0	99,9	± 5,9

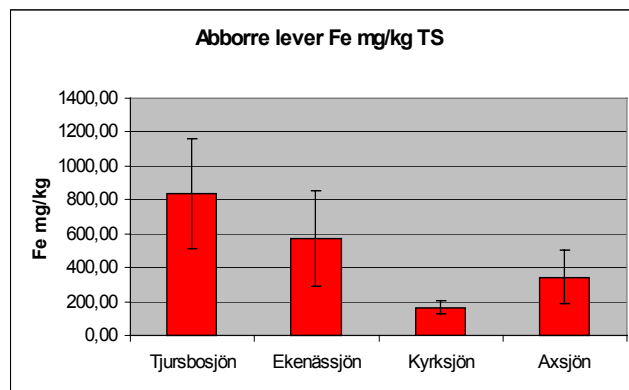
¹ Ett värde under rapporteringsgräns, ej medtaget

² Två värden under rapporteringsgräns ej medtagna

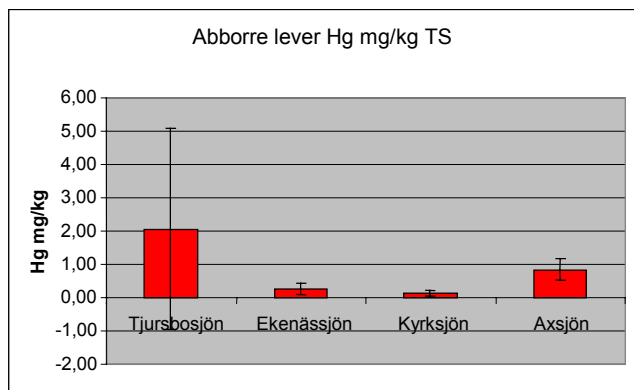
³ osv.



Figur 11. Kopparhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

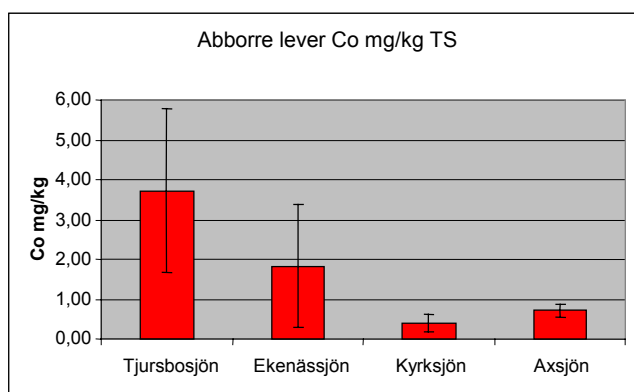


Figur 12. Järnhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

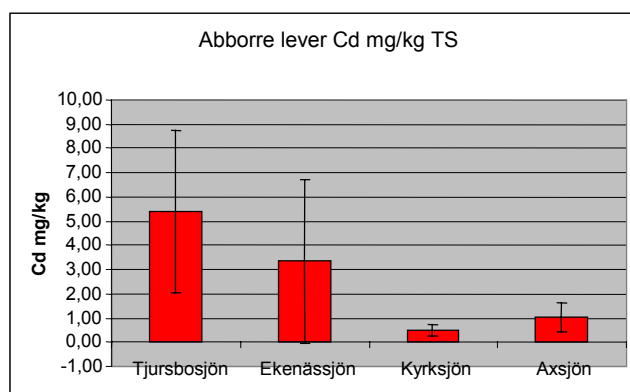


Figur 13. Kvicksilverhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

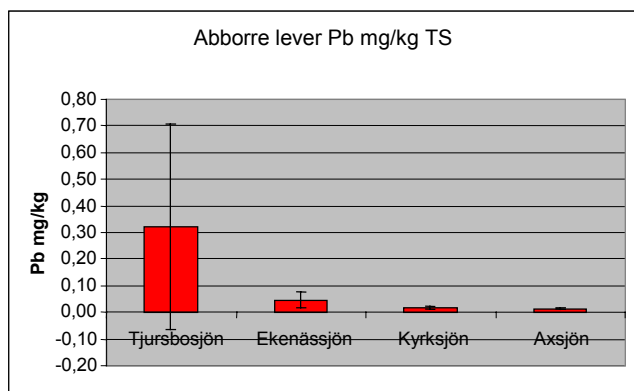
Den sjunkande trenden för kobolt i abborrlever, med högst halt i Tjursbosjön, kan sannolikt förklaras med sjöarnas läge i förhållande till gruvområdet på samma sätt som för kobolt i muskel. Den stora standardavvikelsen i Tjursbosjön beror på en hög kvicksilverhalt hos en individ, 7,42 mg/kg TS. Även kadmium, bly och nickel uppvisar liknande sjunkande trender. Axsjön uppvisar dock högre halter än Kyrksjön avseende kobolt och kadmium.



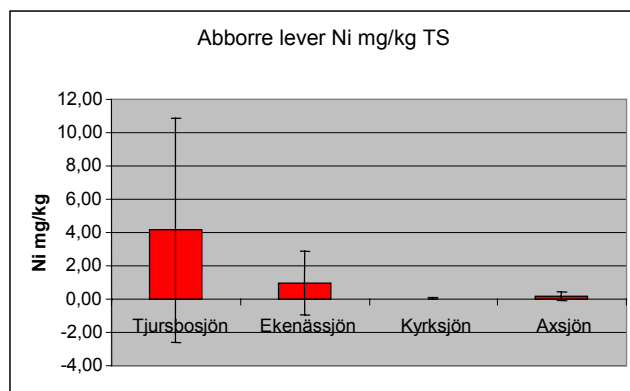
Figur 14. Kobolthalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.



Figur 15. Kadmiumhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.



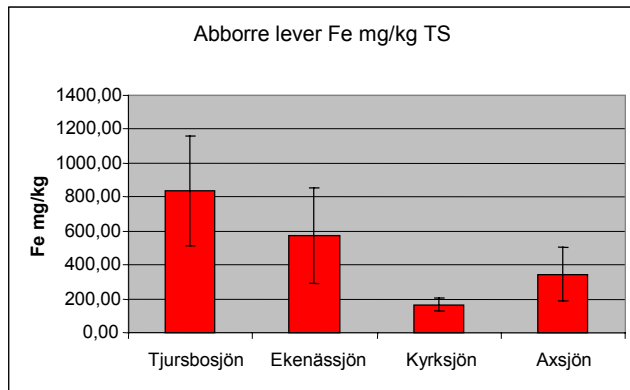
Figur 16. Blyhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.



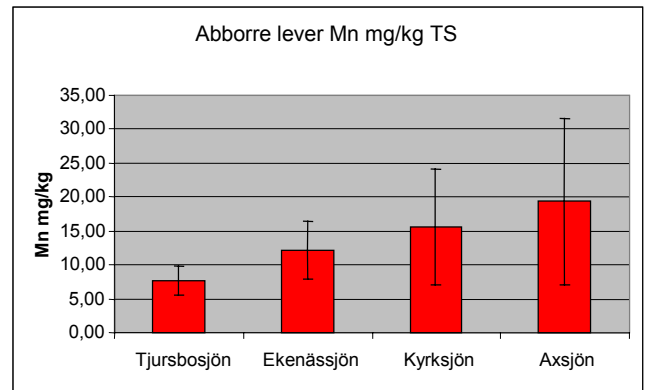
Figur 17. Nickelhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

Kyrksjöns abborrar uppvisar en högre medelhalt av arsenik än övriga sjöar. Detta beror på att en enstaka fisk drar upp medelvärdet kraftigt. Skulle den fisken uteslutas från medelvärdesberäkningen blir medelvärdet lägre än för Tjursbosjön och Ekenässjön.

Mangan uppvisar en trend där högre halter förekommer i abborrar från sjöar belägna längre bort från gruvområdet. Detta kan bero på att järn påverkar upptaget av mangan negativt (ATSDR, 2000). Med andra ord; en hög järnhalt ger en låg manganhalt, vilket stämmer väl med resultaten från Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön.

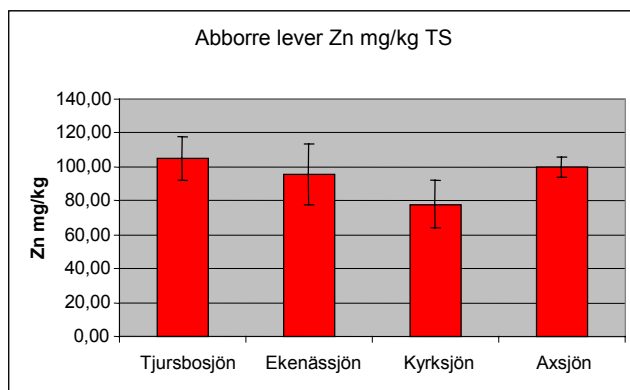


Figur 18. Järnhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.



Figur 19. Manganhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

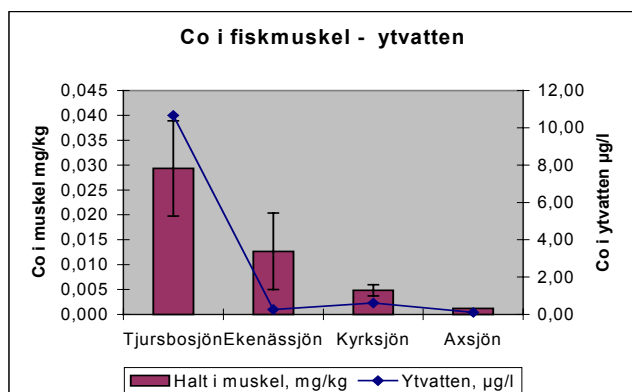
Precis som för muskel varierar zinkhalten i abborrlever väldigt lite mellan sjöarna, vilket även här kan bero på en effektiv reglering hos fisken.



Figur 20. Zinkhalt i abborrlever med standardavvikelsen markerad.

Abborrarna i framförallt Tjursbosjön, men även i Ekenässjön och Kyrksjön är tydligt påverkade av flera metaller från gruvorna i jämförelse med abborrarna i Axsjön.

4.2.5 Metaller i abborrmuskel i förhållande till medelvärdet av metaller i sjövatten



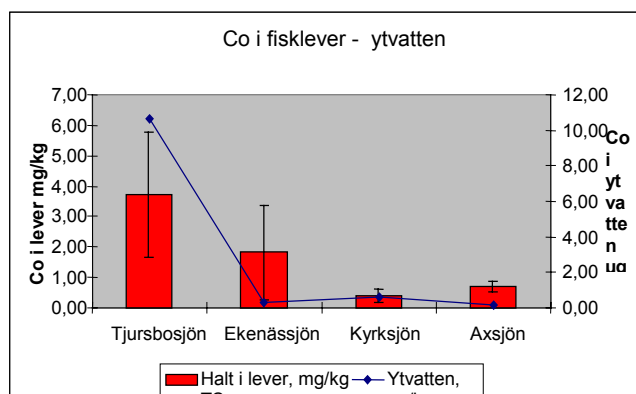
Figur 21. Jämförelse av kobolthalten i abborrmuskel respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.

Sambandet mellan medelhalten av kobolt i ytvatten och halten av kobolt i muskel är tydlig. För övriga metaller kan inga tydliga samband ses.

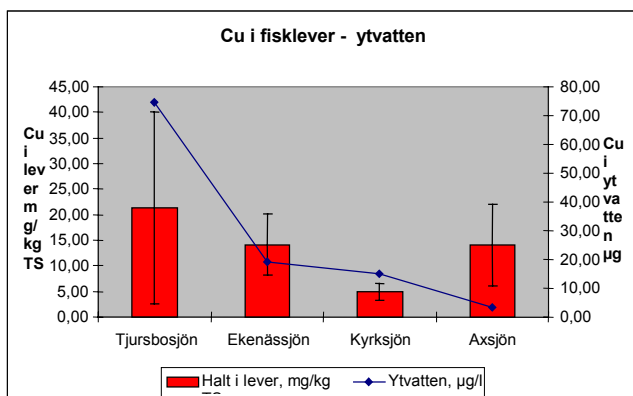
4.2.6 Metaller i abborrlever i förhållande till medelvärdet av metaller i sjövatten

Sambandet mellan kobolt, mangan, nickel och blyhalt i ytvatten och halterna av dessa metaller i lever är tydlig för de provtagna fiskarna. Generellt återspeglar en hög halt i vatten en hög halt i lever. Halterna i både vatten och lever sjunker nedströms.

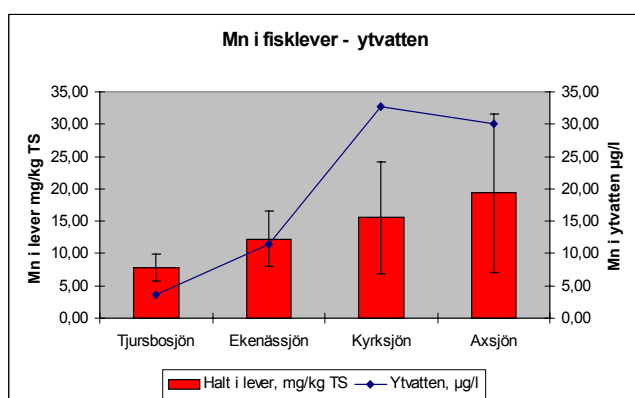
Blyhalterna ligger dock under laboratoriets rapporteringsgräns i samtliga abborrlevar från Ekenässjön och Kyrksjön. Endast en abborrlever från Axsjön låg över rapporteringsgränsen, medan samtliga abborrlevar utom en i Tjursbosjön låg över. Avseende koppar kan en visst samband ses. För övriga metaller kan inga tydliga samband noteras.



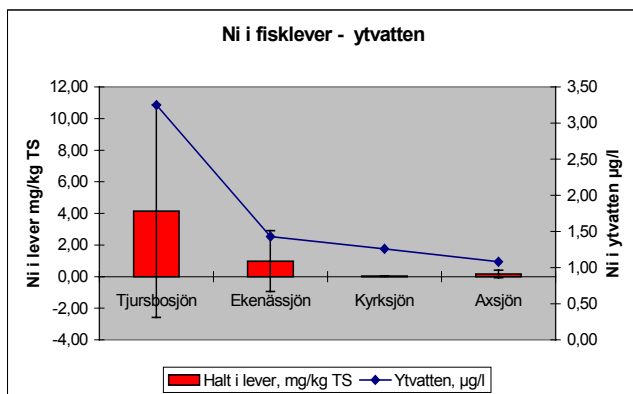
Figur 22. Jämförelse av kobolthalt i abborrlever respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.



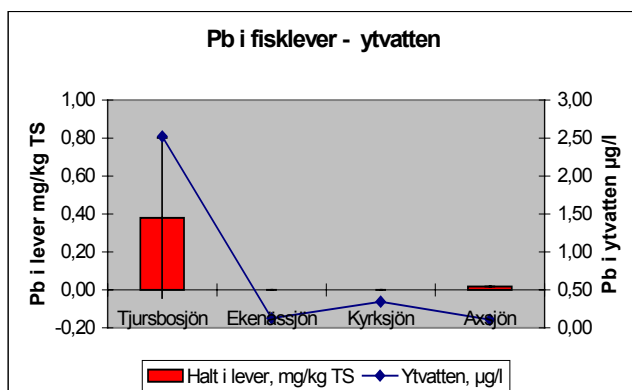
Figur 23. Jämförelse av kopparhalt i abborrlever respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.



Figur 24. Jämförelse av manganhalt i abborrlever respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.



Figur 25. Jämförelse av nickelhalt i abborrlever respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.



Figur 26. Jämförelse av blyhalt i abborrlever respektive ytvatten med standardavvikelsen markerad.

4.3 Toxicitetstester

Inom ramen för huvudstudien har några enklare toxicitetstester genomförts under vintern och våren 2004. Sjövatten och sediment från Tjursbosjön har testats på två olika organismer enligt nedan.

4.3.1 DAPHTOXKIT FTM

En standardiserad laboriemetod där djurplankton av släktet *Daphnia* utsätts för en blandning av standardvatten vatten från Tjursbosjön i olika spädningsserier. Efter 24 respektive 48 h inkubation i mörker avläses antalet orörliga eller döda plankton. Resultatet visar att ingen effekt erhålls på *Daphnierna*, inte ens då utspäddt sjövattnet testades.

4.3.2 OSTRACODTOXKIT FTM

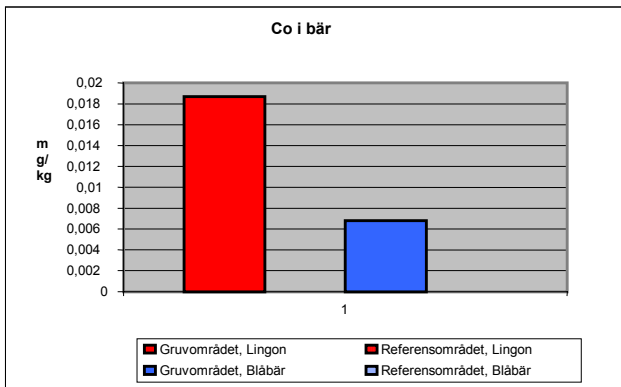
Ännu en standardiserad laboriemetod där det bottenlevande kräftdjuret *Heterocypris incongruens* används som testorganism. I testet mäts dödlighet och tillväxtinhibering. Testet är ett direktkontakttest där testorganismerna exponeras för det utspädda provet under 6 dygn. Därefter räknas antalet döda och levande organismer. För att få ett mått på tillväxten mäts de levande organismernas längd både vid analysens början och slut. Ett ickekontaminerat sediment används som referens. Resultatet för Tjursbosjöns sediment visade att alla organismer dog och att sedimenten för närvarande inte är någon lämplig levnadsmiljö för bottenlevande kräftdjur.

4.4 Undersökningar av bär – Lingon och blåbär

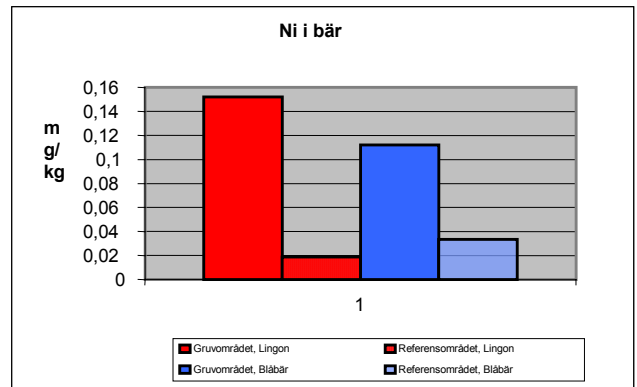
För att kontrollera eventuellt metallupptag i bär har blåbär och lingon från gruvområdet samt från en referenslokal analyserats. Referenslokalen är belägen ca 500 m NV om torpet Karlberg som i sin tur ligger vid Tjursbosjöns sydvästra strand.

4.4.1 Metaller i bär

Analyserna visar att både blåbär och lingon generellt innehåller tämligen låga halter metaller. Alla bären från gruvområdet håller signifikant högre halter av kobolt och nickel än bären från referensområdet.

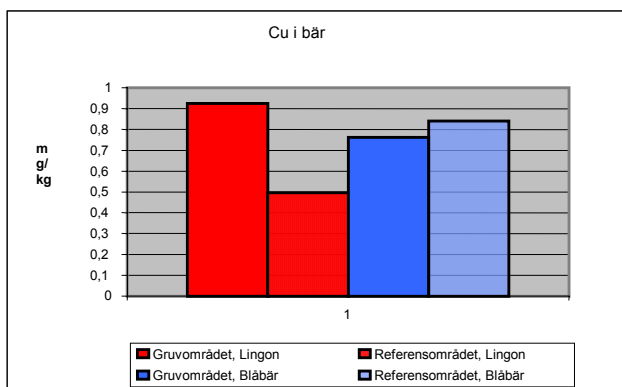


Figur 27. Kobolthalt i bär



Figur 28. Nickelhalt i bär

Blåbär från referensområdet innehåller högre halter koppar än blåbär från gruvområdet, vilket tyder på att blåbär inte tar upp koppar ur marken i nämnvärd grad. Halterna av kadmium, bly och kvicksilver ligger under laboratoriets rapporteringsgräns (rapporteringsgränser: kadmium 0,002 mg/kg, bly 0,02 mg/kg och kvicksilver 0,004 – 0,005 mg/kg).



Figur 29. Kopparhalt i bär.

4.4.2 Metaller i bär från andra gruvområden

Inom ramen för huvudstudien som genomfördes i Stollbergsområdet, ett arsenikrikt område där bly- och zink tidigare brutits provtogs blåbär och lingon växande i närheten av gruvavfall (sandmagasin). Lingon och blåbär från en referenslokal provtogs och analyserades också. Andra undersökningar (Rodushkin et al., 1999) har t.ex. visat att lingon och blåbär växande i närheten av sandmagasin håller högre halter, vilket inte enbart förklarades med damm, utan också av direkt upptag.

Tabell 4. Halter i bär vid Gladhammar samt för jämförelse data från Stollbergområdet inkl. referens (Envipro, 2004). <anger värde under laboratoriets rapporteringsgräns.

ELEMENT	Blåbär Gladhammar	Lingon Gladhammar	Blåbär ref Gladhammar	Lingon ref Gladhammar	Blåbär Silvhyttan	Blåbär ref Söderbärke	Lingon Silvhyttan	Lingon ref Söderbärke
[mg/kg]								
As	<0,04	<0,03	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,05	<0,04
Cd	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0226	<0,002	<0,003	<0,002
Co	0,0068	0,0187	<0,002	<0,002	<0,002	0,0391	<0,003	0,0046
Cr	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01
Cu	0,762	0,924	0,841	0,496	0,84	0,732	0,796	0,777
Hg	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,006	<0,005
Mn	50,2	10,1	70,1	32,2	13,2	62,4	17,8	42
Ni	0,112	0,152	0,0377	0,0188	0,0649	0,0591	0,028	0,0827
Pb	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,13	<0,02	0,113	<0,02
Zn	1,42	1,52	1,55	1,42	1,94	1,38	4,17	1,64

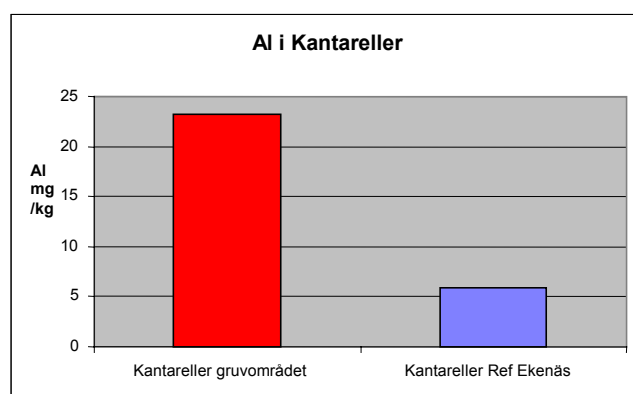
I jämförelse med bären från Stollbergområdet innehåller bären i Gladhammar ungefär samma halter. Referensbären från båda områdena visar också jämförbara metallhalter.

4.5 Undersökning av svamp – Gula kantareller

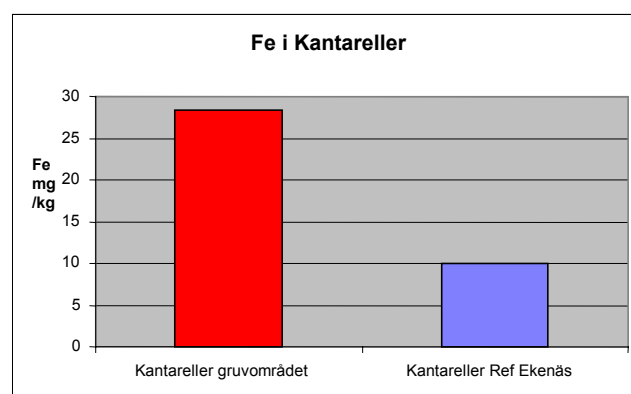
För att kontrollera eventuellt metallupptag i svamp har gula kantareller plockats och analyserats från gruvområdet samt från en referenslokal sydväst om Ekenässjön.

4.5.1 Metaller i gula kantareller

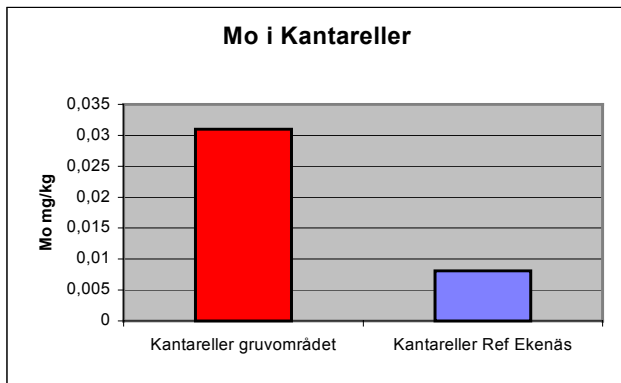
Analyserna visar att kantarellerna från både gruvområdet och referensområdet innehåller relativt höga halter av vissa metaller jämfört med halterna i fisk och bär. Kantarellerna från gruvområdet innehåller signifikant högre halter av aluminium, järn, molybden, kobolt och titan än kantareller från referensområdet.



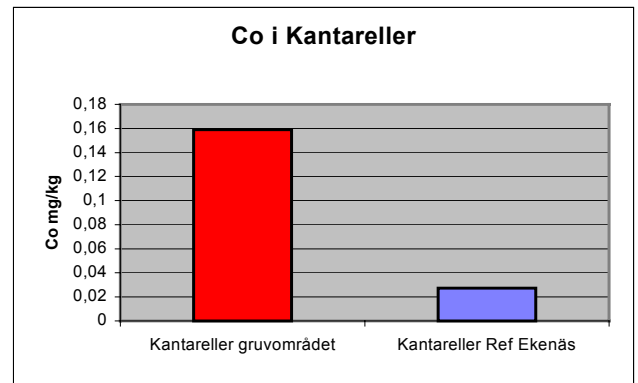
Figur 30. Aluminiumhalt i kantareller.



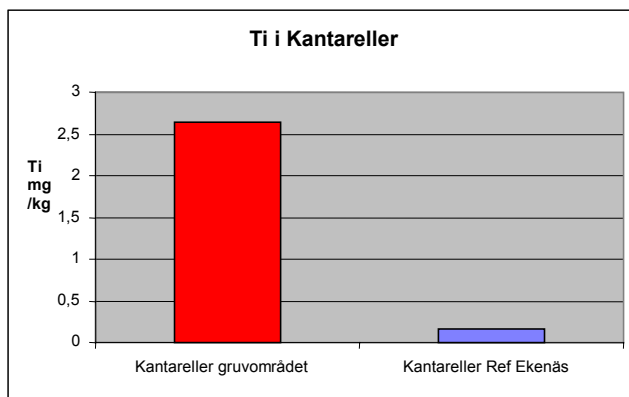
Figur 31. Järnhalt i kantareller.



Figur 32. Molybdenhalt i kantareller

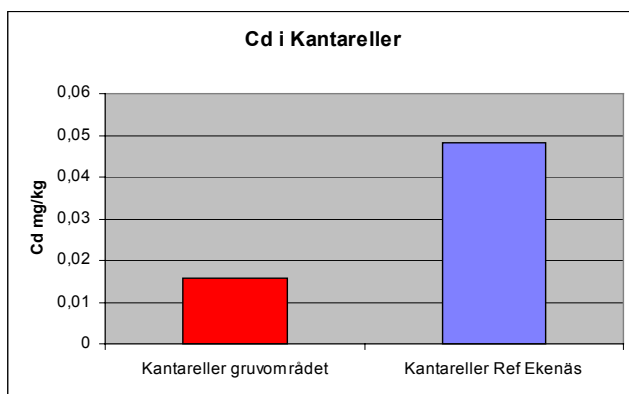


Figur 33. Kobolthalt i kantareller.

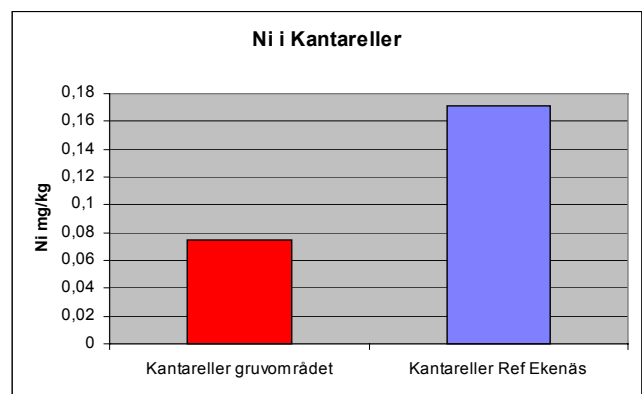


Figur 34. Titanhalt i kantareller.

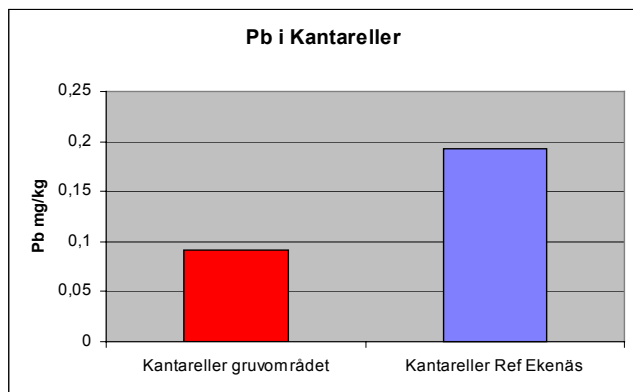
Kantarellerna från referensområdet innehåller signifikant högre halter av kadmium, nickel och bly än kantareller från gruvområdet.



Figur 35. Kadmiumhalt i kantareller.



Figur 36. Nickelhalt i kantareller.



Figur 37. Blyhalt i kantareller.

När det gäller kantareller är det väldigt svårt att säga hur eller ens om gruvorna påverkat metallupptaget eftersom vissa metaller förekommer i betydligt högre halter i kantarellerna från referensområdet. Kopparhalten skiljer sig mycket lite mellan kantareller från gruv- och referensområdet, vilket torde tyda på att upptaget av koppar i den undersökta svampen inte styrs av markens kopparinnehåll.

Tabell 5. Metaller kantareller, medelvärde och standardavvikelse, mg/kg färskvikt. <anger värde under laboratoriets rapporteringsgräns.

ELEMENT	Kantareller gruvområdet	Kantareller referens
[mg/kg]		
Al	23,2	5,81
As	<0,07	<0,08
Ba	0,323	0,467
Ca	53,4	36,5
Cd	0,0158	0,0481
Co	0,159	0,0273
Cr	<0,03	<0,03
Cu	6,69	6,58
Fe	28,3	10,0
Hg	0,00132	0,00150
K	3190	3310
Mg	92,4	77,6
Mn	2,85	5,01
Mo	0,0310	0,0081
Na	3,7	5,1
Ni	0,0748	0,171
P	400	493
Pb	0,0916	0,192
Si	<9	<10
Sr	0,183	0,161
Ti	2,64	0,16
V	0,0285	<0,02
Zn	5,04	6,84

5. REFERENSER

ATSDR – Agency for toxic substances and disease registry (2000) *Toxicological profile for manganese* <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf> acc: 2004-07-01

ATSDR – Agency for toxic substances and disease registry (2004) *Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances* <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html> acc: 2004-06-30

Envipro Miljöteknik AB (2004) *Efterbehandling av sandmagasin i Stollbergsområdet. Huvudstudie – Effekter av äldre silver, bly- och zinkbrytning i Smedjebackens kommun -*

Hörnström E, Lithner, G. (2000) *Utvärdering av biologiska förhållanden i metallförorenade sjöar i Gladhammarsområdet 1992-94 med användande av Bersbosjöar och opåverkade sjöar som jämförelsebas.*

Kalmar läns Luftvårdsförbund (1992) *Undersökning av kvicksilverhalten hos gädda i sjöarna och utmed kusten i Kalmar län 1990-1992*

Lindeström L. (2001) *Mälarfisk Innehåll av metaller och stabila organiska ämnen 2001 ÅF-Miljöforskargruppen*

Länsstyrelsen i Kalmar Län (1990) Kinsten, B. *Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Kalmar län 1986. Länsstyrelsen i Kalmar län informerar 1990:3*

Naturvårdsverket (1997). *Metaller och organiska miljögifter i fisk, sjöar och vattendrag.*

Rodushkin I., Ödman F., Holmström H. (1999) *Multi-element analysis of wild berries from Northern Sweden by ICP techniques. The Science of the Total Environment 231:53-65.*

Västerviks Kommun (1988). *Miljö- och hälsoskyddsnämndens § 43 1988. "Redovisning av kvicksilveranalys av fisk från Ekenässjön och Tjursbosjön"*

Västerviks kommun (2002). *Gladhammars Gruvfält, Utökad förstudie – Effekter av äldre koppar- och koboltbrytning i Västerviks kommun*

Västerviks Kommun (2004:02). *Metodik för provtagning och analys inom ramen för Projekt Gladhammars gruvor, Västerviks Kommun. Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:02.*

Västerviks kommun (2004:17)– *Biologiska undersökningar av bottenfauna i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön, Medins Biologi AB, Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:17*

Widström, T (2000). *Fisksammansättningen i Tjursbosjön och Ekenässjön påverkan på fisksammansättningen i Tjursbosjön.*

6. BILAGOR

Bilaga 1. Kommentarer till åldersbestämning av abborre