



Ulf Qvarfort

Sulfidmalmshanteringens början vid
Garpenberg och Öster Silvberg

H 20

**JERNKONTORETS
BERGSHISTORISKA
UTSKOTT**

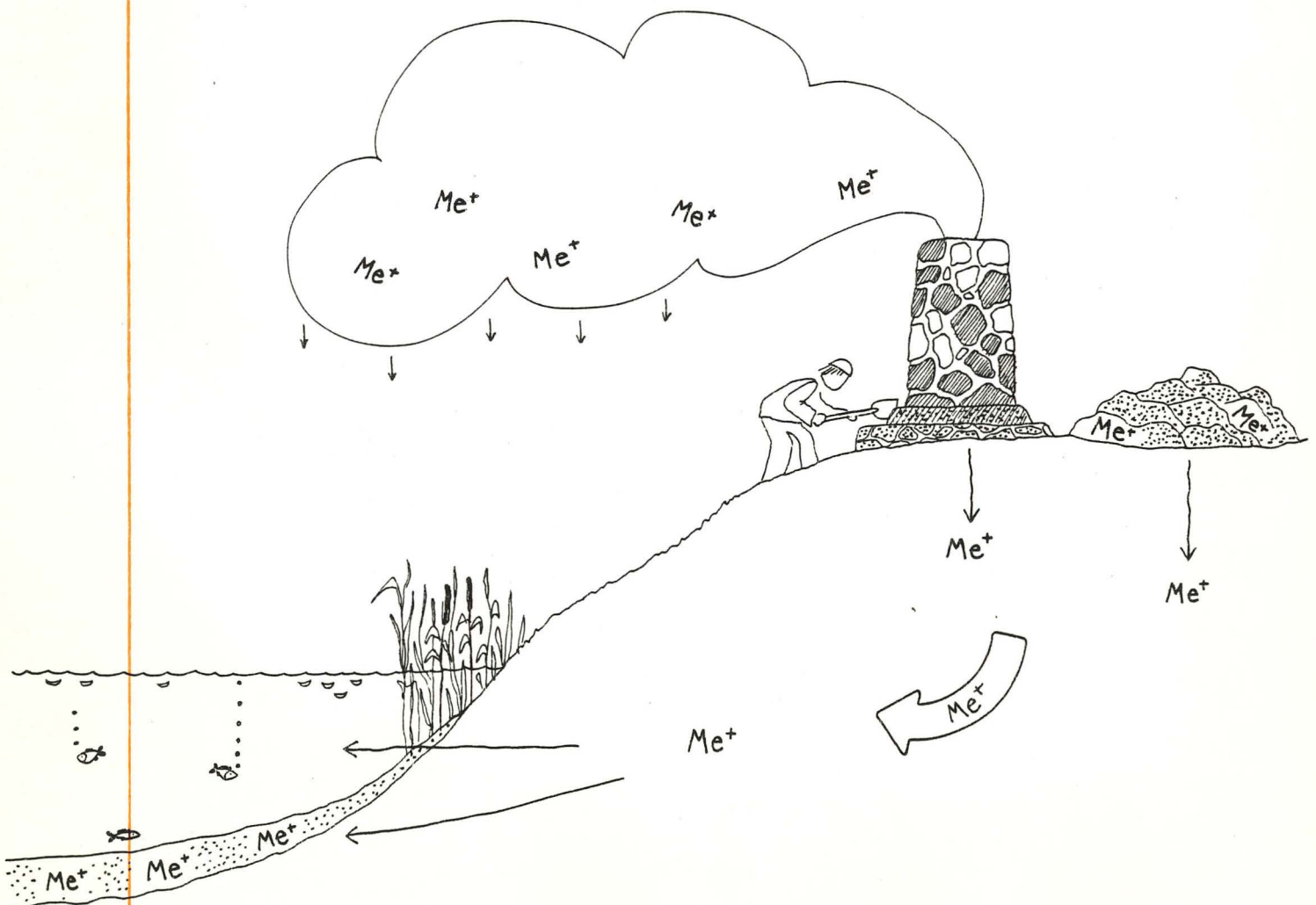
JERNKONTORETS FORSKNING

Serie	Nr.	Datum	Forskningsuppgift nr.
H	20	November 1981	

SULFIDMALMSHANTERINGENS BÖRJAN
VID
GARPENBERG OCH ÖSTER SILVBERG
(The beginning of sulphide ore mining in
the Garpenberg and Öster Silvberg area)

av

ULF QVARFORT



I N N E H Å L L

1.	INLEDNING	1
1.1	Syfte	3
2.	ARBETSHYPOTES	3
3.	OMRÅDESBESKRIVNING	5
3.1	Garpenberg	5
3.1.1	Gruvsjön, Garpenberg	6
3.2	Öster Silvberg	6
3.2.1	Gruvsjön, Öster Silvberg	7
4.	METODIK	7
4.1	Provtagning	7
4.2	Provbehandling - analys	7
4.3	Pollenanalys	8
4.4	¹⁴ C-datering	8
5.	RESULTAT OCH DISKUSSION	8
5.1	Sedimentkemi	9
5.2	Dateringar	15
6.	SLUTSATSER	18
7.	SUMMARY	19
8.	LITTERATUR	21

FIGURER

1. INLEDNING

Framställning av järn ur de lätt utvinnbara sjö- och myrmalmen har bedrivits i Sverige sedan århundradena före Kristi födelse (Serning 1979). Man vet emellertid ganska litet om när bergsbruk, avseende koppar, dvs. bearbetning och förädling av sulfidmalm, tog sin början. Det är emellertid troligt att en viss verksamhet pågick före den tid från vilken de historiska dokumenten leder sitt ursprung. De fåtaliga uppgifterna i dessa säger emellertid ingenting om, när man först började utnyttja bergmalm, vilket var nödvändigt då det gällde sulfidmalmen. Enligt bland annat Arrhenius (1959) är det möjligt att bergmalm utnyttjades tidigt vid järnframställningen. Om så var fallet är det rimligt att anta att man även försökte utnyttja sulfidmalmen. Man bör i så fall ha försökt bryta och förädla de lätt utvinnbara ytliga delarna av sulfidmalmkropparna. Detta skedde exempelvis i Mellaneuropa i Mitterberg ca 1600 f.Kr. Under romersk tid bearbetades också koppargruvorna i Rio Tinto i Spanien. Frågan om bergmalm kontra sjö/myrsmalm är emellertid mycket komplicerad. Eventuellt kan vissa av de undersökningar som pågår inom Jernkontorets bergshistoriska utskott bringa klarhet i denna fråga (jfr. Serning 1976).

Då det gäller bearbetning av sulfidmalmen finns emellertid inga helt säkra spår efter brytning och förädling tidigare än en handling av år 1288 e.Kr. gällande Falu gruva. Också enligt skriftliga urkunder kommer därefter i tid gruvdriften inom Garpenbergs Odalfält, för vilket bergsprivilegierna dateras till år 1354 e.Kr. Det är också möjligt att det förekommit bergsbruk vid Bersbo, Åtvidabergs malmtrakt, redan före digerdöden. Detta senare grundas på en obestyrkt sägen (Tiberg 1931). Det har emellertid gjorts vissa försök att med hjälp av olika typer av undersökningar belägga bergshanteringens början inom några gruvområden. Lundqvist (1963) har med hjälp av pollenanalytiska studier och ^{14}C -dateringar förlagt gruvhanteringens början vid Falu gruva till år 1000-1100 e.Kr. Genom sjösedimentstudier i sjön Tisken vid Falun kan troligtvis denna gräns flyttas tillbaka något, möjligen till 700-talet e.Kr. (Qvarfort 1980).

Några mer påtagliga bevis för en äldre sulfidmalmsanvändning i Sverige finns ej, trots att sådan förekommit både i Mellaneuropa och på de Brittiska öarna redan under bronsåldern (Serning 1979 m.fl.) Ett antal nordiska verkstadsplatser från bronsålder, vilka använts för bronsgjutning och omsmältning av skrot har beskrivits av Oldeberg (1942). I vad mån dessa även använts för direkt metallframställning ur malm är emellertid ej känt.

Orsaken till att ytterligare uppgifter saknas kan ha flera förklaringar. Den första bearbetningen av sulfidmalmen måste ha innefattat mycket rika malmer, med exempelvis ett högt kopparinnehåll. Vid förädlingen av dessa bör det ha bildats så lite slagg att det är tveksamt om någon direkt undersökning, exempelvis en arkeologisk utgrävning kan ge någon säker upplysning. Detta blir så mycket mera uppenbart, när man betänker att spåren efter denna tidiga brytning bör vara lokaliserade till något av de större gruvområdena, som Falun, Garpenberg m.fl. Detta förutsatt att den ursprungliga malmen gick i dagen, så att den lätt kunde upptäckas. Den efterföljande verksamheten inom nämnda områden har också bidragit till en fortlöpande förstörelse av de tidiga spåren (jfr. Hyenstrand 1979). Utsikterna att återfinna bevarade hyttplatser från den första brytningen och förädlingsperioden måste därför bedömas som små.

För att söka fastlägga sulfidmalmsanvändningens början i Sverige finns olika möjligheter. En av dessa är att genomföra systematiska inventeringar inom några mindre gruvområden. Ett annat sätt kan vara att använda en indirekt metodik, exempelvis studier av metallsammansättning i daterade föremål indirekt kan ge en upplysning om föremålets ursprung och därmed om gruvans ålder (Nordahl 1963). Som exempel på ytterligare indirekta metoder kan nämnas arbeten vid Falu gruva av Lundqvist (1963) och Qvarfort (1980). Vid dessa har man bland annat utnyttjat den miljöförändring som bergsbruket orsakat och dess spår i sediment och jordarter.

1.1 Syfte

Avsikten med föreliggande arbete har varit att med utgångspunkt från sedimentkemiska studier av de båda Gruvsjöarna vid Garpenberg och Östra Silvberg söka fastlägga gruvbrytningens början inom dessa områden.

Ur principiell synvinkel är problemställningen omfattande och relativt komplex. Avsikten med projektet har emellertid endast varit att undersöka om det är sannolikt att sjösedimentundersökningar framgångsrikt kan användas som ett hjälpmedel vid datering av sulfidmalmshanteringens början inom ett område. Arbetet kan vidare anses som en fortsättning och uppföljning av de tidigare studier som utförts vid Falu gruva (Qvarfort 1980).

2. ARBETSHYPOTES

Möjligheten att med hjälp av sjösedimentundersökningar bedöma eller fastlägga bergshanteringens början inom ett område beror på olika faktorer.

Sjöarnas utveckling återspeglas i sedimenten. De ämnen som årligen transporteras ut i en sjö av yt- och grundvattnet bestäms bland annat av nederbördsområdets geologiska avlagringar. Förekommande eutrofiering och förorening av vattenmiljön registreras likaså i den tillväxande delen av sedimenttäckets. Det kommer därför att råda ett intimt samband mellan sjöarnas växt- och djurliv, geologiska typ, vattenbeskaffenhet och sediment.

I stort sett kommer den relativa elementsammansättningen för nederbördsområdets geologiska avlagringar att avspeglas i sjöns sediment. Vissa faktorer som sekundära sedimentprocesser och variationer i sedimentationshastigheten kan dock "störa" dessa samband. Med kännedom om ovanstående faktorer kan en kemisk analys av sjöns sediment ge en uppfattning om de "naturliga" bakgrundshalterna för olika element.

En viss förändring inom sjöns nederbördsområde kommer också att avspeglas i dess sediment. I hur hög grad denna förändring kan spåras beror av förändringens storlek och tid. Det måste m.a.o. ske en förändring av den relativa elementsammansättningen, som signifikant avviker från den "naturliga bakgrundsnivån". Vidare ger en långvarig förändring större möjligheter att påvisa denna än en förändring av kortvarig natur.

Det är alltså möjligt att återfinna strukturella zoner av synkron karaktär i sedimenttäcknet, datera dessa och erhålla tidskorrelerade, kvantitativa data beträffande vattenmiljöns förändring, kontaminering och eventuella självsanering.

Då det gäller ett gruvområde kan metoden användas på följande sätt. En malm eller mineralkoncentration utgör en anomal företeelse i naturen. Genom vittringsprocesser har malmens ytliga delar brutits ned och spridits till omgivningarna. Detta kan visa sig som haltförhöjningar av metallelement i sediment och i vatten. Området runt en malmkropp innehåller därför av naturliga skäl ovanligt höga halter av vissa för malmen specifika element.

En påbörjad brytning och hantering kommer att resultera i en ytterligare förhöjning exempelvis när restproduktupplag läggs upp i samband med gruvdriften. Det ökande metallutflödet kan eventuellt spåras i närbelägna sjöars vatten och sediment. Förutsättningen är givetvis att gruvdriften sker inom sjöns nederbördsområde. En analys av ett antal provnivåer från sedimentens "gruvbrytningsperiod" kommer att visa sig som en höjning av halten i förhållande till den "naturliga" bakgrundshalten.

Genom att datera början av den ökade halten, som kan observeras i sedimentpelaren erhålles en viss uppfattning om bergshanteringens början inom området. Det måste emellertid påpekas att eventuella förändringar i sedimentationshastigheten kan komplicera undersökningen. Sålunda kan en ökad sedimentation maskera ökade halter medan en minskning har motsatt verkan. Det fordras också en viss tid innan bergshanteringens "ger utslag" i sedimenten. Storleken av

denna är svår att uppskatta, men det kan i vissa fall röra sig om något hundratal år. Detta regleras främst av den tidiga verksamhetens storlek. Möjligheten att erhålla en tillräckligt stor provtätthet inom det intressanta avsnittet är också av betydelse.

3. OMRÅDESBESKRIVNING

3.1 Garpenberg

Garpenbergs gruvfält är beläget ca 2 mil öster om Hedemora, på topografiska kartbladet 12 G Avesta NV.

Garpenbergsregionens geologi har kartlagts av bland annat Magnusson (1973). Området tillhör den mellansvenska leptitregionen, vilken förutom bergarten leptit innehåller glimmerskiffrar, finkorniga gnejser, kalkstenar och skarnbergsarter. Malmerna är komplexa sulfidmalmer med zinkblände, blyglans och kopparkis som dominerande malmmineral. Det malmförande leptitkomplexet är uppdelat i två formationer, var och en med kalkstenshorisonter, vilka delvis är dolomitiska.

Garpenberg hette ursprungligen Vikaberg. Så kallades trakten öster om Vika fjärding i Hedemora socken. Vikabergs äldsta kända bergsprivilegier har samma datering som Norbergs, den 24 februari 1354. Namnet Vikaberg försvinner under 1300-talets senare del och ersättes av Garpaberget eller Garpenberg.

Om Garpenbergs gruvor sägs år 1644:

"hwilkas begynnelse ingen i orten vet berätta, utan såväl af enhällige berättelser, som gamla relationer finns the warit om icke bland de äldsta i Sverige, dock så urgamla att ingen deras början kan uträkna".

Man vet alltså ganska litet om när de första gruvorna togs upp, men bergsmännens verksamhet torde främst ha varit lokaliserad till

koppargruvorna vid Gruvsjön. De första århundradena bedrevs verksamheten mer eller mindre framgångsrikt av enskilda bergsmän. I början av 1500-talet bodde 22 bergsmän på Garpaberget, av vilka några brukade koppar och andra järn. Produktionen uppgick till ca 11 ton råkoppar per år. År 1544 övertog kronan (Gustav Vasa) ansvaret för bergshantering och anläggningar för hantering och bearbetning förlades till Garpenbergs herrgård vid Herrgårdsströmmen.

Från 1600-talet och fram till 1905 producerades ca 7 000 ton koppar, vilket motsvarar ca 3,5 milj. ton malm. Brytningen i Garpenberg uppgår i dag till ca 200 000 ton/år.

3.1.1 Gruvsjön, Garpenberg

Sjön är belägen inom gruvområdet och ingår i vattensystemet Lilla Bredsjön-Ryllshyttensjön-Finnhyttensjön-Dammsjön-Rafshytte Dammsjö. Sjön upptar en yta av ca 1 km² (se figur 1). Det maximala djupet är ca 15 meter och medeldjupet ca 3 meter. För att förse hyttorna vid Garpenbergs herrgård med tillräckliga mängder vatten anlades på 1500-talet ett omfattande dammsystem, i vilket Gruvsjön ingick.

Avfallet från den första driftsperioden under detta århundrade finns upplagt strax nordväst om Gruvsjön. Tidigare hade sjön en sträckning betydligt längre norrut, men där har en invallning gjorts för att minska vatteninflödet till gruvan. Vattnet från de nutida gruvorna pumpas till Gruvsjön.

Genom att Gruvsjön under lång tid fungerat som recipient för surt metallhaltigt vatten från gruvområdet har ansenliga mängder metaller transporterats ut i sjön.

3.2 Öster Silvberg

Öster Silvbergs malmfält är beläget ca 1 mil väster om Säter, på topografiska kartbladet 12 F Ludvika NO. Fältet har beskrivits av bland annat Tegengren (1924). Längden av det egentliga gruvfältet

uppgår endast till några hundratal meter. Huvuddelen av malmineralen utgöres av svavelkis-zinkblände. Dessutom har brytningen tidigare innefattat en silverrik blyglans. Malmineralen förekommer i en glimmerskifferartad leptit, vilken bitvis genomkorsas av en starkt förklyftad diabas.

Några uppgifter om malmfältets tidigare historia finns ej bevarade. Det är emellertid troligt att Öster Silvberg är Sveriges äldsta och näst Sala silvergruva det mest betydande silverbergverket. Silver har utvunnits ur fältet redan före 1369, och brytningen pågick under hela 1400-talet (Hildebrand 1879, Carlberg 1879 m.fl.). Under denna period exporterades huvuddelen av silvret till bland annat Tyskland. Under åren 1608-1920 producerades ca 91,3 kg silver och 18,8 ton bly inom fältet.

3.2.1 Gruvsjön, Öster Silvberg

Sjön är belägen i nära anslutning till gruvfältet. Den upptar en yta av ca 0,5 km². Det maximala djupet är ca 12 meter och medeldjupet 2-3 meter (se figur 1).

4. METODIK

4.1 Provtagning

Hösten 1980 utfördes provtagning i de båda Gruvsjöarna. Borrningarna skedde med Livingstoneborr, från båt, vid ett vattendjup av 12 meter. Provtagningspunkterna framgår av kartan i figur 1.

4.2 Provbehandling - analys

Prov togs ut ur varje centimeter av sedimentpelarna detta för att provtätheten skulle kunna avpassas i efterhand. Före analys förvarades proven i kylrum i förslutna glasrör. De uttagna sedimentpro-

ven har analyserats med avseende på sitt innehåll av järn, mangan, koppar, zink, bly, silver och kadmium. Halterna har bestämts efter syraupplösning med hjälp av atomabsorptionsspektrofotometri (Qvarfort 1979). Halter organiskt material har bestämts genom glödning av de vid 105°C torkade proven vid 550°C under 24 timmar. Viktsförlusten i procent har approximativt ansetts motsvara halten organiskt material.

4.3 Pollenanalys

Proven behandlades med acetolysmetoden (Faegri & Iversen, 1975). På varje nivå räknades ca 1 000 trädpollen. Analyserna har utförts av Arnold Olofsson vid Kvartärgeologiska avdelningens pollengrupp. Eftersom syftet med pollenanalysen endast var att erhålla Picea-kurvans början i sedimenten redovisas ej några fullständiga diagram.

4.4 ¹⁴C-datering

Från sedimentpelarna har sammanlagt 11 prov ¹⁴C-daterats. Varje prov bestod av en 10 cm lång del av sedimentet. Proven har analyserats vid Laboratoriet för radioaktiv datering vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm och där behandlats på sedvanligt sätt. Eventuella karbonater har lösts ut med HCl och humussyror med lut. Endast den icke lösliga delen av proven har analyserats (Olsson 1972).

5. RESULTAT OCH DISKUSSION

Resultatet av undersökningen avseende provnivåer, organisk halt och elementhalter för de båda lokalerna finns sammanfattade i figurerna 2 och 3. I dessa redovisas respektive elements halter, räknade på torrvikten, avsatta mot respektive provtagningsnivå. I figurerna

har även gruvbrytningens sannolika början inom respektive område markerats. Eftersom det föreligger små skillnader mellan de undersökta lokalerna behandlas dessa tillsammans.

Avseende lagerföljderna och de organiska halterna i sedimenten visar resultatet följande. I Gruvsjön, Garpenberg, uppbyggs sedimenten av mörkfärgad lergyttja, med en organisk halt på 22-36 %. Lergyttjan vilar på ljusbrun lera, med 6-9 % organiskt material.

Lagerföljden i Gruvsjön, Öster Silvberg, består i de övre delarna av mörkfärgad gyttja, med en organisk halt på 40-46 %, vilken successivt övergår i brun lergyttja, med 9-39 % organiskt material.

5.1 Sedimentkemi

Tillförseln av metaller till en sjös sediment sker i huvudsak genom adsorption till organisk substans eller till oorganiska partiklar, exempelvis lermineral. Genom sedimentation och deposition kommer sedan adsorberade metalljoner att tillföras sjösedimentet. Adsorptionsmekanismerna är mycket komplexa och regleras bland annat av pH, jonstyrka och partikeltäthet. Generellt gäller dock att både det organiska materialet och lermineralen uppvisar en negativ nettoladdning, vilket innebär att de attraherar positiva joner (= metalljoner). I fallet organiskt material (humussyror, fulvosyror) ingår också s.k. aktiva grupper som hydroxyl och karboxyl vilka har möjlighet att celatbinda tvåvärda joner. Stabiliteten för dessa (organo-metallokomplex) följer den s.k. Irving-Williams-serien: $Pb > Cu > Zn > Cd > Fe$ (Leland *et al.* 1973). Med detta menas att en förening mellan organisk substans och bly är stabilare än motsvarande vari koppar ingår.

Som tidigare påpekats är också förekomsten av metaller i ett sjösediment beroende av pH i sjövattnet. Generellt kan sägas att ett lågt pH motverkar metallutfällning medan ett högre befrämjar denna.

I fallet sjö - surt gruvvatten spelar dessutom förekomsten av de höga järnhalterna i det senare en stor roll. Detta beror på att i

de fall gruvvattnet rinner direkt ut i sjön kommer ingående järn att oxideras och falla ut som järnhydroxid av varierande sammansättning. Det finns även vissa belägg för att metaller som Zn, Cu och Hg kan medfällas, även om mekanismen inte är klarlagd.

Det är viktigt att understryka att partikelbindning av metaller i sig inte utgör någon garanti för att metallerna för "all framtid" är bundna till ett sediment. Genom oxidation, pH-förändringar, diffusion och förekomsten av slamätande och filtrerande organismer kan mycket väl en förskjutning av adsorptionsjämvikten i sedimenten äga rum. Detta kan leda till att metallerna "lösgöres" från sedimenten och transporteras vidare genom vattensystemet.

En jämförelse mellan de undersökta sedimentnivåerna, figur 2 och 3, visar att koncentrationsförhållandena för metallerna i sedimenten är mycket likartade. De konstanta och relativt låga halterna av de olika metallerna längst ner i sedimentpropparna bör rimligen ha tillförts sjöarna på naturlig väg. Därför representerar avsnittet 8-150 cm i Öster Silvberg och avsnittet 18-120 cm i Garpenberg, de naturliga metallhaltererna i sjöarnas sediment. Djupet anges från sedimentets överyta. En ytterligare jämförelse kan fås genom att beräkna medelvärdena för respektive metall inom nivåerna som redovisats ovan (se tabell 1).

TABELL 1 *Bakgrundshalter i Gruvsjöarna vid Garpenberg och Öster Silvberg. Samtliga halter i $\mu\text{g/g}$, per torrsvikt. Natural background levels for various elements of Lake Gruvsjön, Garpenberg and Lake Gruvsjön, Öster Silvberg sediments. All contents in $\mu\text{g/g ds}$.*

Element	Garpenberg	Öster Silvberg
Fe	34 767	7 704
Mn	356,9	587,4
Cu	51,6	52,1
Zn	1 225	493,3
Pb	83,2	32,9
Ag	0,010	0,011
Cd	3,06	1,53

Som framgår av ovanstående föreligger vissa smärre skillnader mellan de båda sjöarna. Det är främst zink, bly och kadmiumhalterna som är högre inom Garpenbergsområdet jämfört med Öster Silvberg. Detta kan bero på att malmerna inom Garpenbergsområdet i högre grad än i Silvbergsområdet varit bestämmande för elementfördelningen i sedimenten.

I fallet recipient-surt vatten från gruvområden kommer elementfördelningen i sedimenten att ändras. Detta beror på att en del dräneringsvatten från gruvorna runnit direkt ut i recipienterna. Eftersom detta vatten vanligtvis håller en högre metallhalt ökar belastningen på sjön. Dessutom kan förekomsten av de höga järnhalterna i dessa vatten medföra att en del metaller medfälls tillsammans med järnhydroxid.

Den ökning i metallhalterna som kan konstateras i de övre sediment-skikten har troligen orsakats av föroreningar från den bergshantering som bedrivits inom områdena. I Öster Silvberg innefattar detta avsnittet 0-8 cm och för Garpenberg avsnittet 0-17 cm. En medelvärdesberäkning för dessa nivåer redovisas i tabell 2.

TABELL 2 *Haltfördelning för gruvbrytningsperioden i Gruvsjöarna vid Garpenberg och Öster Silvberg. Samtliga halter i $\mu\text{g/g}$ torrsvikt. The distribution of various elements within the mining periods of Lake Gruvsjön, Garpenberg and Lake Gruvsjön, Öster Silvberg sediments. All contents in $\mu\text{g/g}$.*

Element	Garpenberg	Öster Silvberg
Fe	35 153	34 550
Mn	306,2	674,4
Cu	1 312,1	150,1
Zn	7 459,0	1 783,9
Pb	1 011,1	589,1
Ag	0,037	0,115
Cd	20,5	10,5

Vid en jämförelse mellan tabell 1 och tabell 2 framgår att det föreligger en tydlig haltförhöjning i sjösedimentens övre delar. Med undantag för mangan, innefattas ökningen av samtliga undersökta metaller (se även figur 2 och 3). Ökningen i metallhalterna har otvivelaktigt orsakats av den bergshantering som bedrivits på platsen. I och med att gruvbrytningen påbörjades ökade metallutflödet till omkringliggande sjöar. Spåren av detta i sedimenten är mycket tydliga.

Orsaken till att manganhalterna visar sjunkande värden mot sedimentets överyta kan troligen förklaras av att detta element deltar i sjöns redoxprocess. Resultatet skulle i så fall indikera en minskande syrgashalt i sjövattnet. Detta är speciellt tydligt i Gruvsjön, Garpenberg samt i Gruvsjön, Öster Silvbergs ytliga sedimentdelar.

För att undersöka om metallfördelningen inom sedimentets "icke påverkade" delar skiljer sig från de till gruvhanteringsperioden hörande har en serie korrelationsberäkningar utförts. Resultatet framgår av tabellerna 3-4 nedan.

TABELL 3 *Grusjön, Garpenberg. Korrelationskoefficienter för de undersökta elementen. Grusjön, Garpenberg. Correlation matrix for various sediment parameters.*

Avsnitt 1-16 cm: Depth below surface 1-16 cm

	Org.halt	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Ag
Org.halt	---							
Fe	0,25	---						
Mn	-0,74	-0,04	---					
Cu	-0,83	-0,18	0,90	---				
Zn	-0,88	-0,03	0,88	0,95	---			
Pb	-0,74	-0,36	0,48	0,67	0,70	---		
Cd	-0,93	-0,19	0,83	0,92	0,96	0,75	---	
Ag	-0,70	0,11	0,59	0,65	0,73	0,66	0,68	---

Avsnitt 17-210 cm: Depth below surface 17-210 cm

	Org.halt	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Ag
Org.halt	---							
Fe	0,74	---						
Mn	-0,14	0,39	---					
Cu	-0,23	-0,07	0,19	---				
Zn	0,62	0,63	0,34	-0,05	---			
Pb	0,81	0,65	0,14	-0,14	0,73	---		
Cd	-0,40	-0,24	0,15	0,16	-0,22	-0,22	---	
Ag	0,14	0,06	-0,37	-0,10	0,02	-0,05	0,24	---

TABELL 4 *Grusjön, Öster Silvberg. Korrelationskoefficienter för de undersökta elementen. Grusjön, Öster Silvberg. Correlation matrix for various sediment parameters.*

Avsnitt 1-8 cm: Depth below surface 1-8 cm

	Org.halt	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd
Org.halt	---							
Fe	-0,24	---						
Mn	-0,48	0,82	---					
Cu	-0,56	0,90	-0,94	---				
Zn	-0,02	0,92	-0,76	0,75	---			
Pb	0,17	0,99	-0,78	0,86	0,94	---		
Ag	-0,29	0,60	-0,45	0,51	0,62	0,60	---	
Cd	0,04	0,94	-0,78	0,79	1,00	0,96	0,60	---

Avsnitt 9-150 cm: Depth below surface 9-150 cm

	Org.halt	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd
Org.halt	---							
Fe	0,39	---						
Mn	0,88	0,31	---					
Cu	-0,00	-0,25	0,31	---				
Zn	0,43	0,02	0,55	0,43	---			
Pb	-0,38	-0,00	-0,37	0,03	0,20	---		
Ag	0,30	0,13	0,38	0,36	0,79	0,53	---	
Cd	0,69	0,13	0,82	0,40	0,80	0,01	0,72	---

Sambandet mellan olika variabler kan uttryckas i ett statistiskt mått, en korrelationskoefficient (r), vilken kan anta ett värde mellan -1 och $+1$. Generellt gäller att ett högt värde på (r) visar ett nära samband mellan variablerna. Värdet är dock delvis beroende av datamängden.

Det viktigaste resultatet av korrelationsanalyserna är att en viss skillnad kan fastställas mellan de olika sedimentavsnitten. Inom gruvhanteringsperioden uppvisar flertalet element nära samband i sedimenten. Detta är särskilt tydligt för koppar, zink, bly, kadmium och silver. Dessa element visar också ett nära samband med järn i Gruvsjön, Öster Silvberg, vilket kan indikera en medfällning på järnhydroxiden (jämför Hem och Skangstad 1960). I Garpenbergsområdet förefaller däremot medfällningen ske på manganföreningar. I sedimentens djupare, opåverkade delar, uppträder inga tydliga samband mellan metallerna.

Ovanstående förhållanden skulle även kunna bero på att mängden organiskt material ökade mot sedimentets överyta (figur 2 och 3). Jämför vi korrelationskoefficienterna för respektive element till organiskt material finner vi emellertid att förändringarna är små inom respektive avsnitt. Inom gruvhanteringsavsnitten erhålles i stället det omvända förhållandet vilket innebär att mängden organiskt material i sedimenten måste minska för att metallhalterna skall öka. Det är således mera troligt att medfällning på järn- och/eller manganhydroxider reglerar utfällningen av de olika elementen.

5.2 Dateringar

Från sedimentpelarna har totalt 11 stycken prov ^{14}C -daterats. I tabell 5 redovisas de av Laboratoriet för radioaktiv datering, Stockholm, kalkylerade värdena (halveringstid 5 568 år). Resultatet är vidare korrigerat för det angivna ^{13}C -värdet.

TABELL 5 ¹⁴C-värden.

Öster Silvberg Sedimentdjup (cm)	Nr	¹⁴ C-ålder
5-15	st 7604	3970 ± 95
25-35	st 7605	4970 ± 145
40-50	st 7606	5695 ± 95
55-65	st 7607	7330 ± 100
75-85	st 7608	7825 ± 140

Förkortad
mättid

Garpenberg Sedimentdjup	Nr	¹⁴ C-ålder
5-15	st 7609	810 ± 140
15-25	st 7610	1410 ± 125
30-40	st 7611	1775 ± 170
45-55	st 7612	2480 ± 150
75-85	st 7613	3840 ± 150
135-145	st 7614	6875 ± 190

Förutom ¹⁴C-analyserna har grankurvans början i bägge sedimentperlarna fastställts genom pollenanalys. Granens invandring till området har approximativt beräknats till ca 3000 B.P. (jfr. Qvarfort 1980).

I figur 4 har samtliga ¹⁴C-värden avsatts mot sedimentdjupet. I figuren finns även grankurvans uppgång i sedimenten markerad. Av figuren framgår att värdena för Garpenbergsområdet relativt väl går att anpassa till ekvationen $y = ax^b$. För Öster Silvberg är bilden däremot en annan. I övre högra diagrammet i figuren redovisas ursprungsvärdena. Av detta framgår att skillnaden mellan ¹⁴C-dateringarna och tidpunkten för grankurvans uppgång är ca 2000 år. I det undre högra diagrammet har samtliga ¹⁴C-värden korrigerats mot grankurvan. Sambandet blir i detta senare fall bättre och punkterna faller relativt väl efter linjen $y = ax^b$.

Sambandet mellan sedimentation och tid kan inte generellt betraktas som linjärt. Digerfeldt (1971) har visat att ^{14}C -värden i sjön Trummen kunnat anpassas till en femtegradsekvation. Helmfrid (1958) har i sina undersökningar av Storsjön i västra Östergötland räknat med en logaritmisk tidskala. Widgren (1977) har använt en första gradsekvation för sedimentationstidsanpassning.

I föreliggande undersökning har dateringarna anpassats till ekvationen $y = ax^b$ vilken gav relativt god korrelation $r > 0.9$. I fallet Öster Silvberg har dock ^{14}C -värdena först korrigerats med hänsyn till grankurvans början i sedimenten. Förutom de statistiska och mätningstekniska felkällor som finns vid ^{14}C -dateringar kan även sedimentets sammansättning påverka bestämningarna.

Det organiska materialet som daterats, kan härstamma från något äldre eller i vissa fall mycket äldre material (Olsson 1972). Förekomsten av kalk och dolomit i omkringliggande berggrund kan även ge för höga ^{14}C -åldrar (Olsson 1972).

I föreliggande arbete har Garpenbergsområdet givit en godtagbar datering men däremot Öster Silvbergsområdet givit en för hög ålder, förutsatt att metallhaltsuppgångarna i sedimenten representerar gruvbrytningsperiodens början.

Det är möjligt att den gjorda korrigeringen till viss del löst dessa problem. Några markerade diskontinuiteter har inte kunna konstateras i lagerföljden varför det i nuvarande läge inte finns något som talar för att de gjorda dateringarna är alltför felaktiga. Detta blir så mycket mera uppenbart när man betänker att de uttagna ^{14}C -proven utgör ett tvärsnitt av en 10 cm provpelare, vilken i sig representerar en tidsålder på flera århundraden.

6. SLUTSATSER

Resultatet av undersökningen har visat att den bergshantering som bedrivits i Garpenberg och i Öster Silvberg påverkat omkringliggande sjöar. Utsläppen avspeglas i sjöarnas sediment från det "år" då området började utsättas för kulturpåverkan.

Av de undersökta elementen är det främst Cu, Zn, Pb, Ag och Cd som är indikatorelement på sulfidmalmshantering. Sambandet mellan dessa, uttryckt som korrelationskoefficienter, är högre inom sedimentens "gruvavsnitt" jämfört med de avsnitt som representerar ett sjösediments naturliga nivå.

Genomförda dateringar med ^{14}C - och pollenanalys har givit en indikation på att brytningen och förhyttningen av sulfidmalm påbörjades under Vendeltid 700-800-talet e.Kr. Detta bekräftar de tidigare undersökningar som utförts vid Falu gruva (Qvarfort 1980).

7. SUMMARY

The first written record dealing with mining of sulphide ore in Sweden is found in documents related to the Falun copper mine in 1288 A.D. The dating of this mine by pollen analysis and ^{14}C -analysis shows, however, that mining of copper took place as early as the eleventh century (Lundqvist 1963). The results from a lake sediment survey in Lake Tisken, just south of the town of Falun, indicate that the mining of copper in Falun began about 700 A.D.

The present study deals with the influence of the early mining of sulphide ore on two small lakes in the Garpenberg and Öster Silvberg mining areas, and has been carried out to establish the beginnings of mining in these areas.

Sediment cores from the lakes have been sampled and analysed (Fig. 1). Analysis of the chemical composition was restricted to checking the distribution of iron, manganese, copper, lead, zinc, silver and cadmium and investigating their association with the mining activities in the catchment area. The study also included the determination of content of organic matter by combustion analysis. The influence of culture (mining) on the landscape has also been dated by pollen and ^{14}C -analysis.

The results of the sediment analyses are given in Figs. 2 and 3, and of the datings in Fig. 4. In general, the contents of metals in the lower part of the profiles are relatively constant. Towards the top of the sediment cores a sudden increase occurs, especially in copper, zinc, lead, silver and cadmium. Obviously such increases may be attributed to mining activities in the area, provided that the composition of the sediment and the sedimentation rate remained constant.

The results of a correlation analysis, Tables 3 and 4, reveals the following picture. There is a close correlation between all the elements in the mining part of the sediment. In the "background part", however, the correlation between the elements is low. The results

also show that the influence of the secondary effects on the environment, such as the heavy precipitation of iron and manganese hydroxides on the sediment grains, greatly increase the metal content.

Eleven ^{14}C -analyses were performed on material from the two lakes (see Table 5). It was intended that the ^{14}C -determinations should elucidate the age of the "metal rise" in the diagrams.

The results of the datings are somewhat confusing. As far as the lake in the Garpenberg area is concerned the values closely follow the curve $y = ax^b$. It was also possible to combine the Picea immigration, as determined from pollen analysis, with the curve.

The results from the Öster Silvberg area must, however, be examined more closely. The ^{14}C -datings gave too high age results, as can be seen in Fig. 4, and the shape of the curve also differs from the expected one. However, if the values were corrected with respect to the Picea immigration, they fit the expected curve $y = ax^b$.

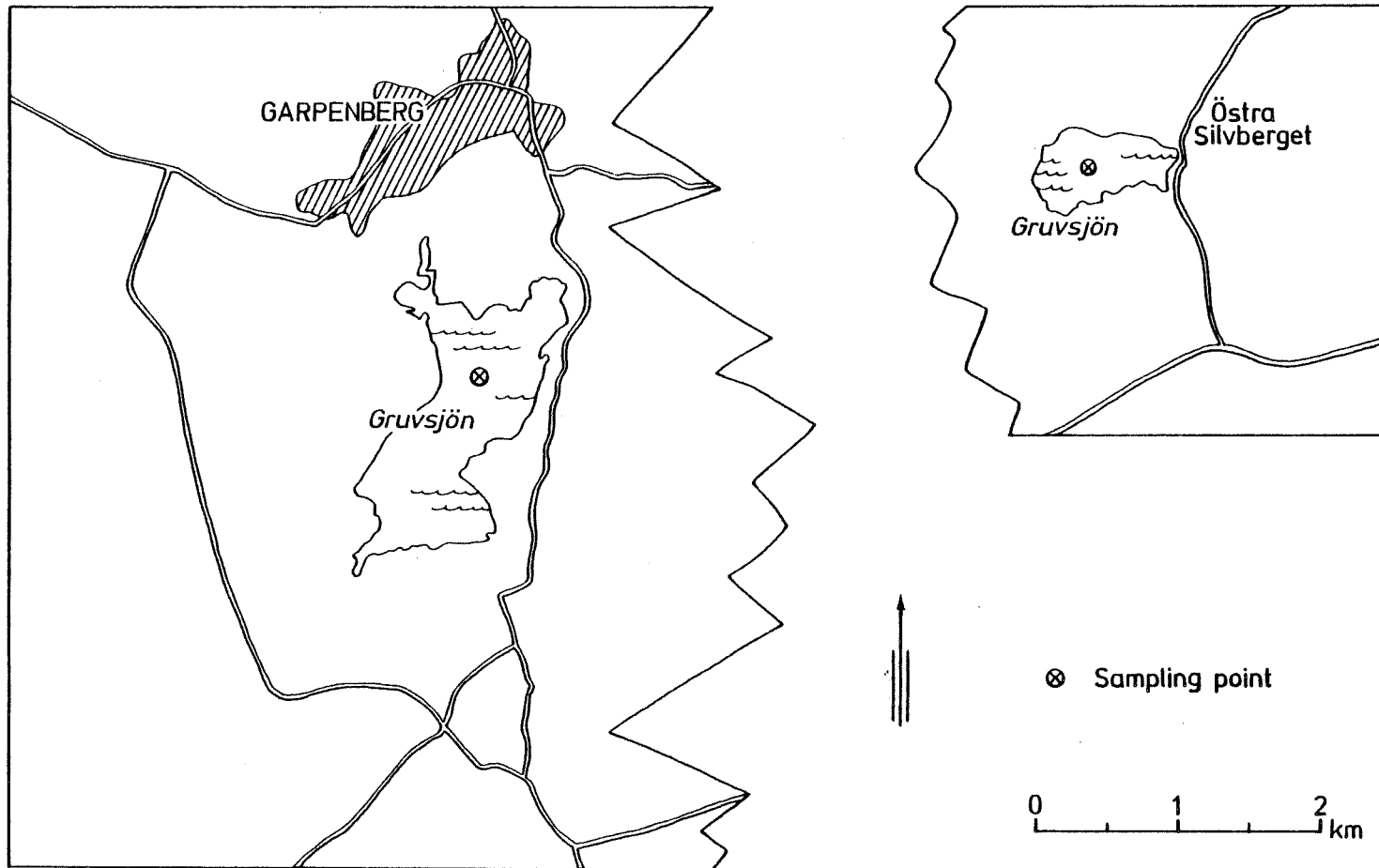
It is possible that a hiatus or some features in the composition of the sediments effect the ^{14}C -datings. Still, one is entitled to assume, that the correlations at least make possible an estimation of the age of mining in the area.

To sum up, the results of this study indicate that sulphide ore mining in the Garpenberg and Öster Silvberg areas began in the Vendel Period (700-800 A.D.).

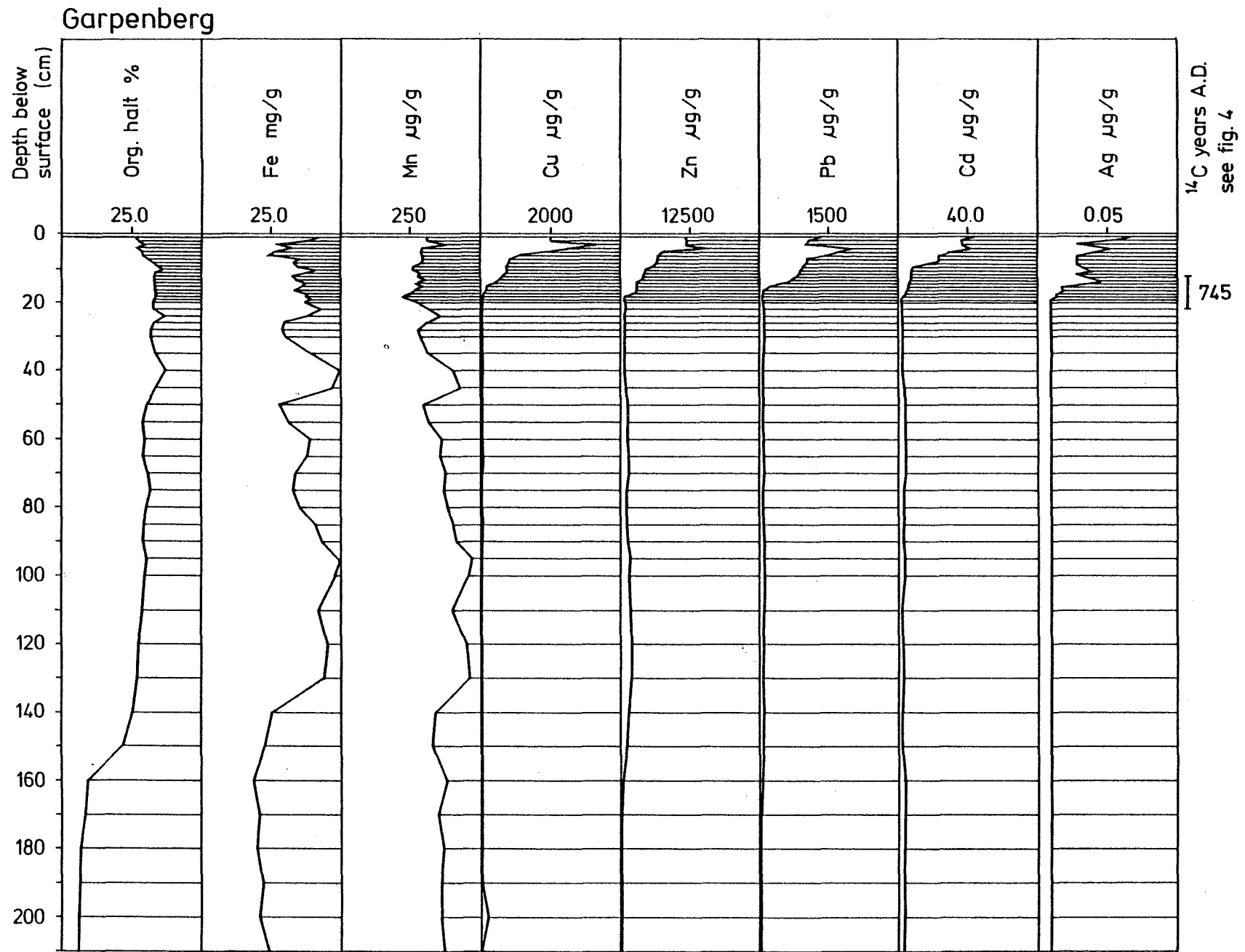
8. LITTERATUR

- Arrhenius, O., 1959: Die Grundlagen unserer älteren Eisenherstellung, KVH AA Antikvariskt Arkiv, 13 (Stockholm), 1-46.
- Carlberg, J.O., 1879: Historiskt sammandrag om svenska bergverkens uppkomst och utveckling samt grufvelagstiftningen. Stockholm.
- Digerfeldt, G., 1971: The Post-glacial development of lake Trummen, Småland, Central South Sweden. Part I and II. Stencil. Lund.
- Helmfrid, S., 1958: Eine pollenanalytische Untersuchung zur Geschichte der Kulturlandschaft in westlichen Teil der Provinz Östergötland, Sweden. Geografiska annaler 40. Stockholm.
- Hem, J.D. & Skougstad, M.W., 1960: Coprecipitation effects in solutions containing ferrous, ferric and cupric ions. US. Geol. Survey, Water Supply Paper 1459-E.P. 95-109.
- Hildebrand, H., 1879: Sveriges medeltid I. Stockholm.
- Hyenstrand, Å., 1977: Hyttor och järnframställningsplatser, Jernkontorets forskning, ser. H. 14. Stockholm.
- Leland, J.V., Shukla, S.S. & Shimp, N.F., 1973: Distribution of lead and other trace elements in sediments of southern Lake Michigan: In Trace Metals and Metal Organic Interactions in Natural Waters, Ed. D.C. Singer. Ann Arbor SCI. Publ., Michigan p. 89-129.
- Lundqvist, G., 1963: Falu gruvans ålder i geologisk och arkeologisk belysning. Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun. Almqvist & Wiksell. Uppsala.
- Magnusson, N.H., 1973: Malm i Sverige I. Almqvist & Wiksell. Stockholm.
- Nordahl, O., 1963: Till frågan om falukopparens ålder. I Lundqvist 1963: Falu gruvans ålder i geologisk och arkeologisk belysning. Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun. Almqvist & Wiksell. Uppsala.
- Oldeberg, A., 1942: Metallteknik under förhistorisk tid. 2 vol. Lund.

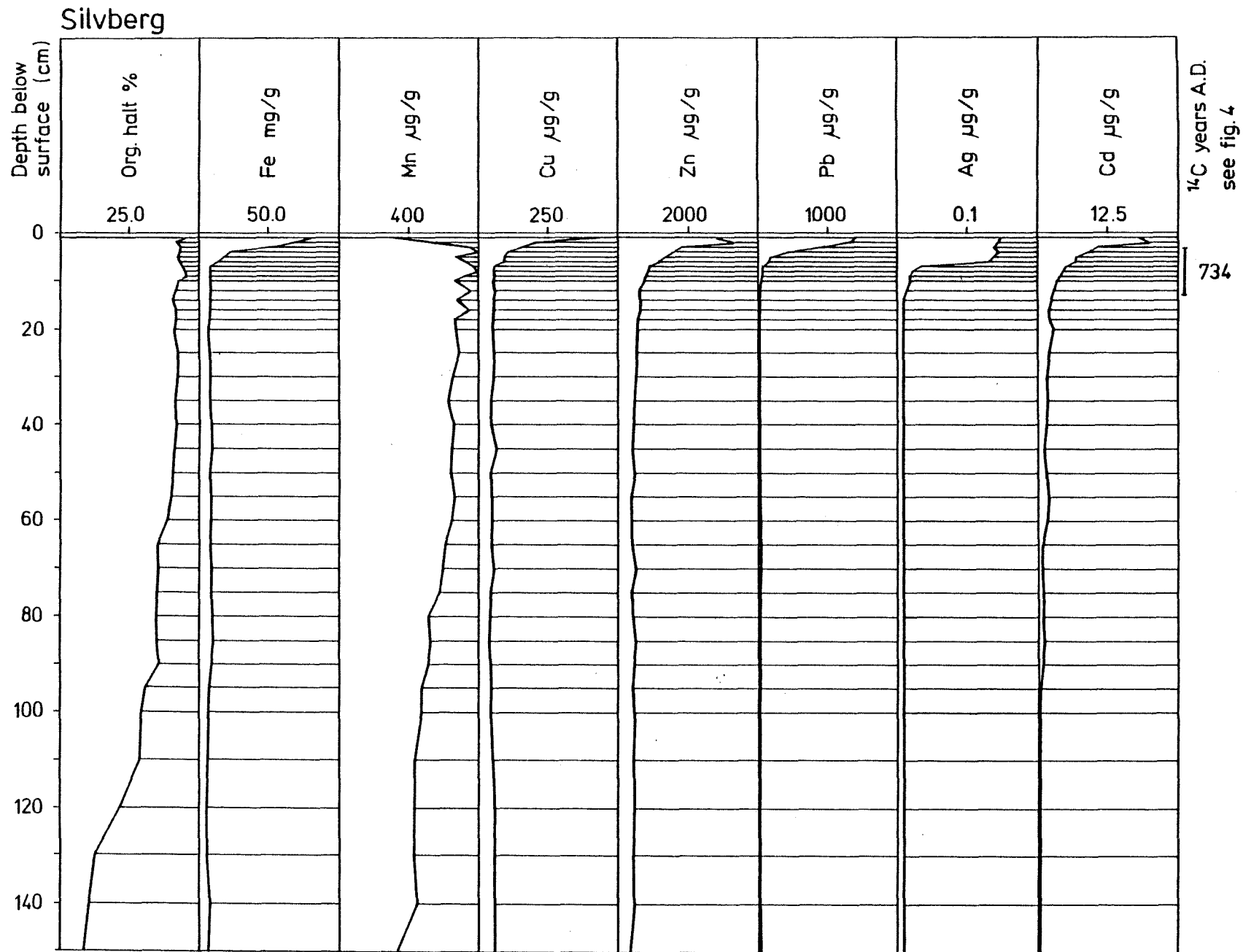
- Olsson, I.V., 1972: The C 14 dating of Samples for Botanical studies of Prehistoric Agriculture in Northern Ångermanland Early Norrland 1. Paleo-ecological Investigations in Northern Sweden. Uppsala.
- Qvarfort, U., 1979: Sulfidmalmsupplag som miljöproblem. SNV PM 1152. Stockholm.
- Qvarfort, U., 1980: Sedimenten i sjön Tisken och Falu gruvas ålder. Jernkontorets forskning. Ser. H.19. Stockholm.
- Serning, I., 1979: Prehistoric Iron Production. In: Iron and Man in Prehistoric Sweden. Jernkontoret. Stockholm.
- Tiberg, B., 1931: Mineralfyndigheter. Deras geologi, uppsökande och undersökning jämte värdering av malmer och mineralprodukter, avseende huvudsakligen Scandinaviska förhållanden. Jernkontoret. Stockholm.
- Widgren, M., 1977: Pollenanalys från Sjön Flären. Östergötland. Forskningsgrupp 73. Kvartärgeol. avd. Uppsala universitet. Uppsala.



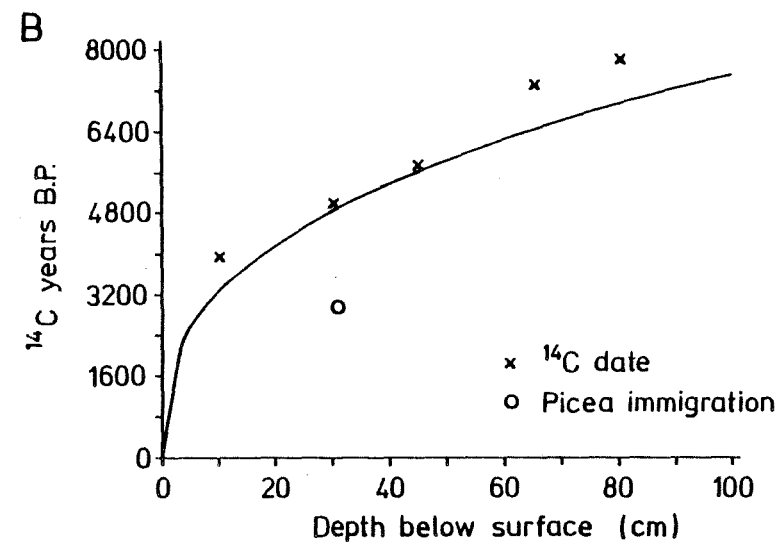
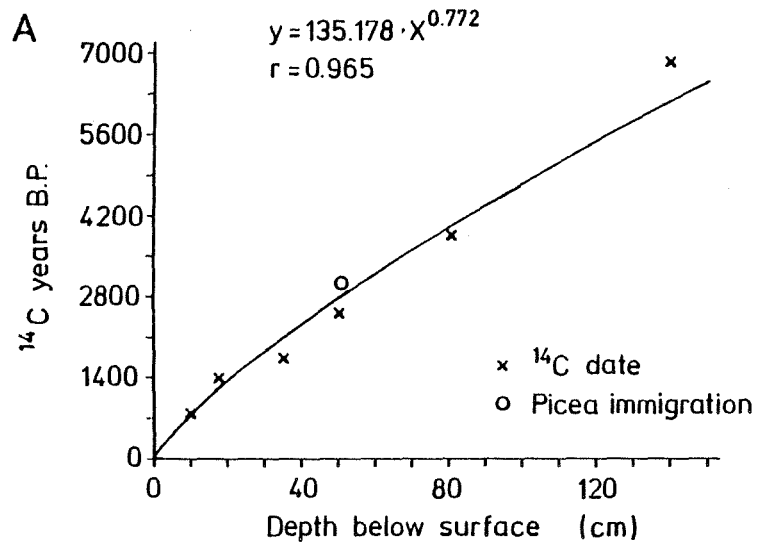
Figur 1. Karta visande provtagningsplatserna.
Map showing the sampling sites.



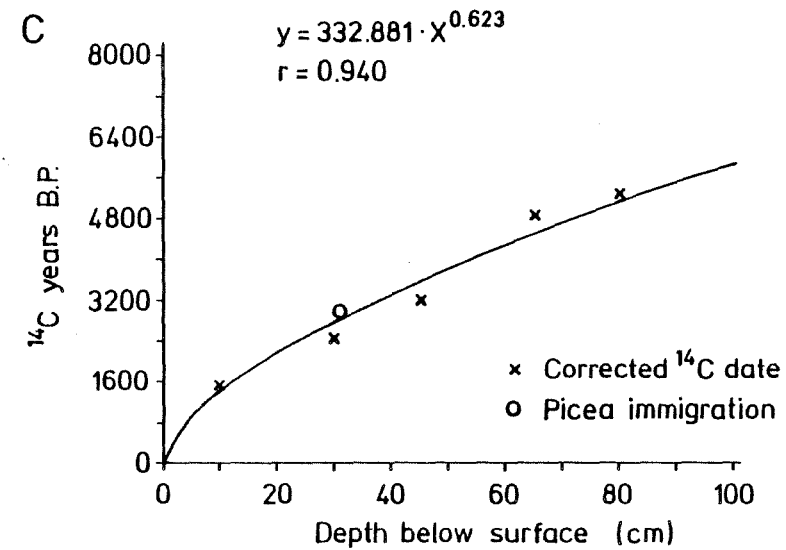
Figur 2. Grafisk presentation av analysresultaten. Graphical presentation of the results from the analyses.



Figur 3. Grafisk presentation av analysresultaten. Graphical presentation of the results from the analyses.



- A GARPENBERG; graphically fitted time-depth curve
- B ÖSTER SILVBERG; graphically fitted time-depth curve
- C ÖSTER SILVBERG; graphically fitted time-depth curve
 The curve is corrected according to the Picea immigration.



Figur 4. Figurer visande de olika tid-djupkurvorna.
 Graphically fitted time-depth curves.

