

**Förhöjda metallhalter i Tvärminne-
Storfjärdens bottensediment som en
följd av verksamheten vid Koverhar
stålverk på Hangö udd**

Robert Sundström

**Pro gradu-avhandling vid
Institutionen för Geologi och Mineralogi
Åbo Akademi
2000**

Referat

Robert Sundström, 2000, Förhöjda metallhalter i Tvärminne-Storfjärdens bottensediment som en följd av verksamheten vid Koverhar stålverk på Hangö udd, pro gradu-avhandling vid Institutionen för Geologi och Mineralogi, Åbo Akademi, 32 sidor, 3 figurer, 3 tabeller.

Sedimentprofiler (9 stycken) insamlades från Tvärminne-Storfjärdens bottensediment. Dessa delades upp för analys i 3 till 10 cm:s intervall. Proven analyserades på Ag, Al, (As), (Au), B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, (Sb), Sr, Th, Ti, (U), V, W och Zn med ICP-AES efter en partiell upplösning i kungsvattenlösning. Målsättningen med detta projekt var att komplettera tidigare undersökningar genom att bl.a. ta prov från större djup i sedimenten och att analysera dem på ett större antal metaller.

Man har på basis av tidigare gjorda bottensedimentundersökningar kunnat konstatera förhöjda metallhalter (Cd, (Fe), Pb, Zn) som en följd av verksamheten i Koverhar. På basis av denna studie kan sedimenten konstateras anrikade på Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn. Halterna för dessa metaller sjunker generellt ju längre bort från Koverhar industriområde man kommer och är vid flera av provtagningspunkterna lägre vid sedimentytan än strax under den, vilket indikerar en minskad avloppsbelastning från Koverhar under senare år.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING.....	1
2. OMRÅDESBESKRIVNING.....	4
2.1 ALLMÄNT.....	4
2.2 GEOLOGI OCH HYDROLOGI.....	4
2.3 KOVERHAR STÅLVERK.....	5
3. METODER.....	6
3.1 PROVTAGNING OCH FÄLT OBSERVATIONER.....	6
3.2 PROVBEREDNING OCH ANALYS.....	8
4. RESULTAT.....	9
4.1 PROVTAGNINGSPUNKT A.....	9
4.2 PROVTAGNINGSPUNKT B.....	10
4.3 PROVTAGNINGSPUNKT C.....	11
4.4 PROVTAGNINGSPUNKT D.....	11
4.5 PROVTAGNINGSPUNKT E.....	12
4.6 PROVTAGNINGSPUNKT F.....	12
4.7 PROVTAGNINGSPUNKT G.....	13
4.8 PROVTAGNINGSPUNKT H.....	14
4.9 PROVTAGNINGSPUNKT I.....	14
5. DISKUSSION.....	22
5.1 METALLNEDSMUTSNING I SEDIMENTEN.....	22
5.2 UPPSKATTNING AV BAKGRUNDSVÄRDEN.....	23
5.3 ANRIKNING OCH SPRIDNING AV METALLER I SEDIMENTEN.....	24
5.4 HALTVARIATIONER HOS ÖVRIGA ELEMENT.....	28
6. SLUTSATSER.....	29
ERKÄNNANDE.....	30
LITTERATURFÖRTECKNING.....	31

1. INLEDNING

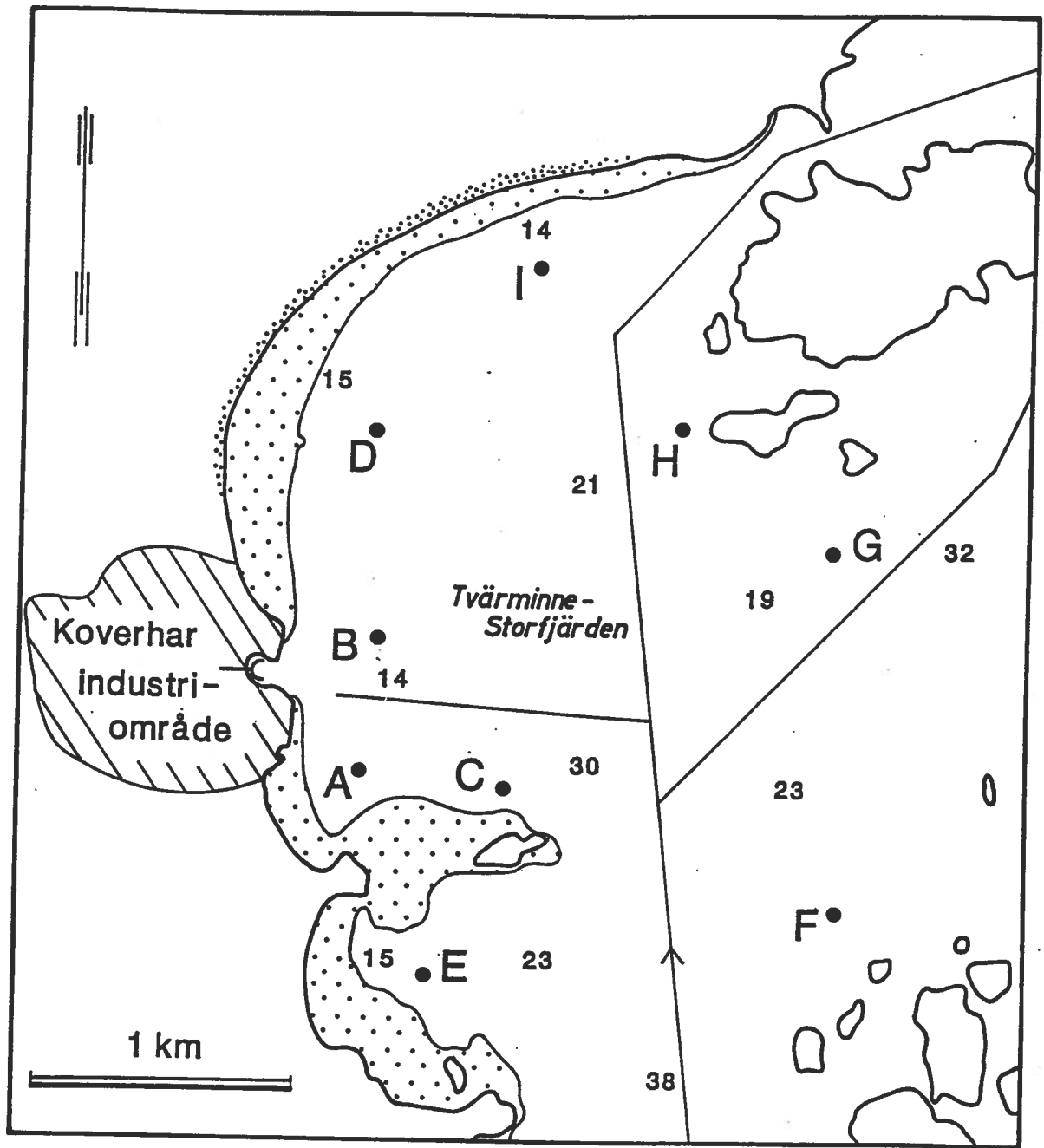
Finska viken är en grund havsbassäng vilken volymmässigt utgör fem procent av hela Östersjön. Finska vikens kuster och avrinningsområde har under 1900-talet, speciellt under dess senare hälft, intagits av allt flera industrier och befolkningsökningen har varit kraftig. Innan 70-talet gjordes inga ansträngningar för att skydda miljön. Floden Neva med sitt utlopp vid St.Petersburg svarar för det största tillflödet av belastande ämnen till Finska viken (Wahlström m.fl. 1992). Detta återspeglas i Finska vikens bottensediment, åtminstone vad beträffar (tung)metaller. Metallhalterna i bottensedimenten i Finska viken visar en klar trend, de ökar från väst mot öst, men är också högre i norra delarna (speciellt nordöstra) än i de södra delarna (Vallius och Leivuori 1999). Lokalt höga metallhalter kan dock likväl förekomma i de västra som i de östra delarna av Finska viken.

Metaller blir miljöfarliga då de dyker upp i alltför stora mängder i fel sammanhang. Typiska platser där metaller lokalt anrikas är grunda kustområden i anslutning till större punktkällor (Nordiska ministerrådet 1990). Att metallerna från ett utsläpp till en början sedimenterar behöver inte betyda att de förblir i sedimenten. Den horisontella spridningen av metaller styrs bl.a. av metallernas fysiska och kemiska egenskaper, vågverksamhet, strömmar, bottentopografi och av de kemiska egenskaperna hos bottensedimenten (Vallius 1999b).

I områden kring järn- och stålverk är metallhalterna i sedimenten ofta förhöjda (Hellström 1980; Naturvårdsverket 1995; Prater 1975). Fundia Koverhar, ett stålverk beläget på Hangö udd, utgör ett typiskt exempel. Dess avloppsvatten belastar Tvärminne-Storfjärden, en fjärd i sydvästra Finlands skärgård (fig. 1). Avloppsvatten i

form av kylvatten, processvatten och sanitetsvatten tillförs fjärden från utlopp i industrins hamnbassäng. Över 90 % av avloppsvattnet är kylvatten men den verkliga belastningen förorsakas ändå av process- och sanitetsvattnet (Holmberg m.fl. 1992). Intill industrins hamnbassäng förvaras råmaterial i form av kalk-, koks- och malmhögar. Med vinden transporteras från dessa högar stoft till vattnen intill hamnområdet (Siirala 1990). Merparten av de råmaterial som används i ståltillverkningsprocessen anländer med fartyg. Lossning av råmaterial och annan hamnverksamhet orsakar stoftutsläpp i närmiljön, speciellt då det är torrt (Informationsblad, Fundia Koverhar).

Tvärminne-Storfjärdens bottensediment provtas kontinuerligt med några års mellanrum och resultaten sammanställs och utvärderas av Västra Nylands vattenskyddsförening r.f. De metallundersökningar som gjorts under 1980- och 90-talen är koncentrerade till få (4) provtagningspunkter vilka är förhållandevis grunt tagna (0-10 cm). Dessutom har rätt få metaller (Fe, Cd, Zn, Pb) analyserats i sedimentproven. Enligt Holmberg m.fl. (1992) är botten intill fabriksområdet lindrigt nedsmutsad och längre bort från fabriken har man inte kunnat påvisa förhöjda metallhalter i sedimenten orsakade av Koverhar stålverk. Målsättningen med detta projekt var att komplettera tidigare undersökningar genom att insamla ett större antal sedimentprofiler och provta från större djup i sedimenten, samt att analysera prov från dessa profiler på ett större antal metaller.



 Grunt vattenområde < 4 m intill fastlandet

 Båtfarled

 Avlopp

 Provtagningspunkt

17 Vattendjup (m)

 Simstrand



Figur 1. Karta över Tvärminne-Storfjärden (förenklad efter Sjöfartsstyrelsen 1987) med provtagningspunkterna A-I utritade.

2. OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 Allmänt

Tvärminne-Storfjärden är en c. 10 km² stor öppen fjärd i Finska vikens västligaste del (fig 1). Fjärden är omringad av dels fastland, dels av holmar och skär. Fjärden gränsar väster- och norrut i huvudsak till fastlandet. Koverhar stålverk är beläget på den västra sidan av fjärden (fig. 1). Intill industriområdet på Tvärminne-Storfjärdens norra sida finns en drygt två kilometer lång, långgrund sandstrand (fig. 1). I söder skiljs fjärden åt från det öppna havet (Finska viken) av endast ett fåtal holmar. De största vattendjupen i Tvärminne-Storfjärden ligger mellan 30 och 40 meter. Vintertid är fjärden mestadels istäckt, men en artificiell isränna gör det möjligt för fartyg att anlöpa hamnen. De omkringliggande holmarna är i stor utsträckning bebyggda, främst med fritidsbostäder som endast sommartid är bebodda, då också småbåtstrafiken är livlig i området. De närmaste fiskeområdena ligger c. 1 km sydost om fabriken. Yrkesfiske idkas inte på området, eftersom områdets enda yrkesfiskare slutade som en följd av kraftigt minskade strömmingsfångster i början av 1980-talet (Holmberg m.fl. 1992).

2.2 Geologi och hydrologi

Berggrunden i Tvärminne-Storfjärden-regionen utgörs av främst kvarts- och granodiorit (Laitala 1960). På fastlandet intill fjärden är berggrundsblottningar sällsynta eftersom berggrunden till stora delar ligger gömd under sand- (flygsand) och grusavlagringar. Vattenomsättningen i området är god eftersom botten sluttar ut mot det öppna havet. Från stranden till c. 15 meters djup dominerar botten av sand (erosionsbotten) och

leror. På större djup påträffas mjuka finkorniga sediment (Holmberg m.fl. 1992). Miettinen m.fl. (1994) beskriver bottensedimenten som mycket heterogena, varför tungmetallhalterna kan variera kraftigt inom små ytor på botten. Orsaker till dessa variationer kan bero på fartygstrafiken (propellerströmmar) eller på naturliga strömmar som sätter ytsedimenten i rörelse (Miettinen 1998). Sedimentationshastigheten är sannolikt några millimeter per år (Holmberg m.fl. 1992).

2.3 Koverhar stålverk

Fundia är en nordisk stålkoncern, bildad 1992, vars verksamhet bedrivs i fem divisioner. Tråddivisionen Fundia Wire Oy Ab ansvarar för framställning av malmbaserade stålbillets och valstråd. Inom detta bolag finns förutom Koverhar stålverk på Hangö udd ett trådvalsverk i Dalsbruk. Stålverket i Koverhar tillverkar malmbaserade stålbillets som levereras till Dalsbruk eller exporteras. På Koverhar fabriksområde som omfattar c. 125 ha finns förutom stålverket bl.a. en masugn och ett eget kraftverk samt en egen hamn. Industriell verksamhet har bedrivits på området sedan 60-talet. År 1960 grundades aktiebolaget Oy Koverhar Ab som först anlade en masugn och sedan ett stålverk på området. I över 25 års tid har man tillverkat malmbaserade, stränggjutna stålämnen i Koverhar.

Verksamheten i Koverhar har i synnerhet under tidigare år utgjort en märkbar belastning på industrins närvatten (Holmberg m.fl. 1992). Under 80-talet gjordes flera förändringar i produktionsprocessen, vilket ledde till kraftiga minskningar i utsläppen av bl.a. tungmetaller till vattenmiljön. Som ett konkret exempel på detta kan minskningen av zink i avloppsvattnet nämnas. År 1981 hamnade c. 47 kilogram zink per dygn ut i

vattenmiljön. Sex år senare, d.v.s. 1987, hade zinkbelastningen minskat till c. 7 kg/d (Holmberg m.fl. 1992). Under 90-talet har man ytterligare fått ner motsvarande siffra. År 1995 släpptes totalt ut c. 30 kg zink till vattenmiljön (Mäkinen, T. muntligt meddelande).

3. METODER

3.1 Provtagning och fältobservationer

Provtagningen gjordes i Augusti 1999. Provtagningen utfördes från båt och som provtagningsutrustning användes ihopskarvade rör i PVC-plast. Varje rör uppmätte 240 centimeter. På det första röret satt själva provtagningsröret, ett en meter långt, genomskinligt rör i plexiglas. Rören sänktes ned i vattenmassan och skarvades i efter hand tills botten nåddes, varefter provtagningsröret trycktes in i sedimenten med handkraft. Långsamt drogs sedan rören upp ur sedimenten och genom vattenpelaren.

Provtagningspunkterna (A-I) valdes så att de täckte upp Tvärminne-Storfjärden någorlunda systematiskt (fig. 1). Det största hindret vid valet av provtagningspunkter utgjordes av vattendjupet, d.v.s. utrustningen tillät inte provtagning från djup större än 20 meter. Dessutom stöttes ett flertal gånger på erosionsbotten, vilket hindrade provtagning. Vattendjupet vid provtagningspunkterna varierade mellan 14,5 och 20 meter (tab. 1). Vid varje provtagningspunkt insamlades en sedimentprofil. Kornstorleken hos sedimenten och vågrörelser var två avgörande faktorer för hur mycket sediment som fastnade i provtagaren (längden hos sedimentprofilen). För stor vågrörelse ledde till att sedimenten lätt sköljdes ur provtagningsröret då rören hissades

upp mot båten. Finkorniga sediment gick lättare in i provtagningsröret medan de också lättare sköljdes ur röret på vägen upp mot båten.

Den kortaste sedimentprofilen (minsta provtagningsdjupet) uppmättes till 25 cm och den längsta sedimentprofilen (största provtagningsdjupet) till 50 cm (tab. 1). Varje sedimentprofil delades upp för analys enligt följande (djup i cm): 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 och 40-50. De flesta sedimentprofilerna var grå-mörkgrå till färgen med inslag av svarta partier. Profil (A) var mest avvikande och uppvisade ett alldeles ljust färgat, oxiderat övre skikt och ett svart färgat nedre skikt. Enligt Åker m.fl. (1988) indikerar grå-, mörkgrå- och svartfärgade sediment reducerande förhållanden medan brunfärgade sediment vanligtvis tyder på oxiderat tillstånd. Sedimentprofilerna kan mestadels beskrivas som siltiga och leriga.

Tabell 1. Vattendjupet och provtagningsdjupet vid de olika provtagningspunkterna.

Provtagningspunkt	Vattendjup (m)	Provtagningsdjup (cm)
A	16,5	0-35
B	17,5	0-25
C	18,0	0-25
D	16,0	0-30
E	14,0	0-35
F	14,5	0-20
G	20,0	0-35
H	16,5	0-50
I	17,5	0-30

3.2 Provberedning och analys

Sedimentproven fick torka i 60 graders värme. Därefter maldes de tills hela provet bestod av enbart finkrossat material. Från varje prov togs sedan c. 3 gram material som sattes i plastpåsar och skickades till Acme Analytical Laboratories Ltd i Kanada för ICP-AES (Inductively Coupled Atomic Plasma Emission Spectrometry) -analys. Innan själva analysen upplöstes 0,5 gram material från varje prov i 3 ml 3:1:2 HCL:HNO₃:H₂O (kungsvatten) vid 95^o C värme, varefter de späddes till 10 ml med vatten. Kungsvatten löser upp fyllosilikater, organiskt material och metallsulfider medan kvarts och fältspat förblir ouplösta (Åström 1996).

Proven fick alla ett eget slumpmässigt valt nummer innan de skickades för analys. Detta gjordes för att minimera effekterna av analysfel. För att ytterligare försäkra sig om tillförlitligheten i analyserna skickades dessutom ett dubbelprov per sedimentprofil. Sammanlagt analyserades således 83 prov, varav 9 var dubbelprov, på 28 metaller och 2 icke-metaller. Vilka element som proven analyserades på framgår av tabell 2.

Tabell 2. Element analyserade med ICP-AES. Element skrivna inom parentes var genomgående under laboratoriets detektionsgräns eller analytiskt ej tillförlitliga. (icke-metall*)

Ag	Al	(As)	(Au)	B*	Ba	Bi	Ca	Cd	Co
Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni
P*	Pb	(Sb)	Sr	Th	Ti	(U)	V	(W)	Zn

4. Resultat

4.1 Provtagningspunkt A

Provtagningspunkt A är belägen på c. 500 m:s avstånd från Koverhar industriområde (fig. 1). Sedimentprofilen uppvisar indikationer på förhöjda Bi-, Cd-, Pb- och Zn-halter ned till 30 cm:s djup (fig. 2). Dessa metallers samt silvrets beteendemönster påminner om varandra (Fig. 2). Mellan 9 och 12 cm:s djup kan en anrikningstopp av Ag (1,2 ppm) , Bi (42 ppm), Cd (4,2 ppm), Pb (304 ppm) och Zn (945 ppm) noteras (fig. 2). Jämfört med halterna på 30-35 cm:s djup är sedimenten på 9-12 cm:s djup anrikat på Ag >4 gånger (det går inte att bestämma en mera exakt anrikningsgrad för silver eftersom halten på 30-35 cm:s djup var under laboratoriets detektionsgräns 0,3 ppm), Bi c. 10 gånger, Cd c. 11 gånger, Pb c. 17 gånger och Zn c. 9 gånger.

Halterna för Cu, Fe, Mn och V är genomgående högre i den övre delen (0-12 cm:s djup) av sedimentprofilen än i den undre delen av den (12-35 cm:s djup) (fig. 3). Haltvariationerna för Cu (26-48 ppm), Fe (4,23-9,9 %), Mn (547-810 ppm) och V (47-89 ppm) är dock inte lika stora som för Ag (<0,3-1,2 ppm), Bi (4-42 ppm), Pb (18-304 ppm), Cd (0,4-4,2 ppm) och Zn (107-945 ppm). De högsta koncentrationerna av Cu, Fe, och Mn förekommer på 9-12 cm:s djup i sedimenten, d.v.s. på samma djup som Ag, Bi, Cd, Pb och Zn uppvisar en anrikningstopp. Molybden uppvisar ett avvikande beteendemönster, eftersom halterna generellt stiger nedåt i sedimenten (tab. 3).

Variationen i halterna av Al (1,71-2,4 %), B (22-28 ppm), Ba (79-111 ppm), Ca (0,42-0,63 %), Co (13-15 ppm), Cr (44-62 ppm), K (0,57-0,85 %), La (33-44 ppm), Mg (0,82-1,21 %), Na (0,41-0,68 %), Ni (27-37 ppm), P (0,071-0,135 %), Sr (36-56 ppm), Th (9-

11 ppm) och Ti (0,10-0,13 %) är förhållandevis små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (tab. 3).

4.2 Provtagningspunkt B

Provtagningspunkt B är belägen på ungefär samma avstånd från Koverhar industriområde som provtagningspunkt A, men norr om denna (fig. 1). Sedimentprofilen uppvisar indikationer på förhöjda Bi-, Cd-, Pb- och Zn-halter mellan 0 och 9 cm:s djup (fig. 2). Vid 9 cm:s djup avtar halterna för dessa metaller markant. Anrikningstopparna för Bi (20 ppm), Cd (1,5 ppm), Pb (148 ppm) och Zn (391 ppm) är klart lägre än vid provtagningspunkt A och halterna för dessa metaller sjunker snabbare nedåt i sedimenten än vid provtagningspunkt A (fig. 2). Jämfört med halterna på 20-25 cm:s djup är Pb som mest c. 8 gånger anrikat medan Bi, Cd, och Zn som mest är 4-5 gånger anrikat. Förutom på 3 till 9 cm:s djup var silverhalten under laboratoriets detektionsgräns (fig. 2). Mellan 6 och 9 cm:s djup, där silverhalten är 0,7 ppm, är silver anrikat mera än 2 gånger.

Trots relativt liten haltvariation (4,36-7,11 %) uppvisar järn liknande beteendemönster som ovan nämnda metaller med högre halter i den övre delen av sedimentprofilen (0-9 cm:s djup) än i den undre delen av den (9-25 cm:s djup). Kopparhalten stiger successivt från 25 till 6 cm:s djup varefter halten något avtar mot sedimentytan (fig. 3) medan molybdenhalten generellt stiger med ökat sedimentdjup (tab. 3). Variationen i halterna av Al, B, Ba, Ca, Co, Cr, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Sr, Th, Ti, och V är små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (fig. 3 och tab. 3).

4.3 Provtagningspunkt C

Provtagningspunkt C är belägen på c. 1 km:s avstånd från Koverhar (fig. 1). I sedimenten vid provtagningspunkt C uppvisar Ag, Bi, Cd, Pb och Zn indikationer på förhöjda halter mellan 0 och 6 cm:s djup (fig. 2). Halterna för dessa metaller sjunker brant vid 6 cm:s djup. Mellan 3 och 6 cm:s djup är koncentrationerna av Ag (0,7 ppm), Bi (22 ppm), Cd (2,3 ppm), Pb (193 ppm) och Zn (504 ppm) som högst (fig. 2). Jämfört med halterna på 20-25 cm:s djup är sedimenten på 3-6 cm:s djup anrikat på Ag (>2 gånger), Bi (c. 7 gånger), Cd (c. 12 gånger), Pb (c. 8 gånger) och Zn (c. 5 gånger).

Liksom för Ag, Bi, Cd, Pb och Zn är koncentrationerna av Cu, Fe, Mn och V som högst mellan 0 och 6 cm:s djup i sedimenten (fig. 3). Haltvariationerna för Cu (30-50 ppm), Fe (4,19-9,15%), Mn (579-733 ppm) och V (69-89 ppm) är mindre än för Ag (<0,3-0,7 ppm), Bi (<3-22 ppm), Cd (0,2-2,3 ppm), Pb (24-193 ppm) och Zn (110-504 ppm). Liksom vid provtagningspunkterna A och B stiger molybdenhalten med ökat djup, bortsett en svag anrikningstopp mellan 6 och 9 cm:s djup (tab. 3). Variationen i halterna av övriga analyserade element är små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (tab. 3).

4.4 Provtagningspunkt D

Provtagningspunkt D är belägen norr om Koverhar industriområde, på c. 1 km:s avstånd från detta (fig. 1). Kadmium, Pb och Zn uppvisar en svag anrikningstopp i det ytligaste skiktet av sedimentprofilen (0-3 cm:s djup) där halterna för dessa metaller är 0,7 ppm, 67 ppm respektive 162 ppm (fig. 2). Jämfört med halterna på 20-25 cm:s djup är Cd anrikat c. 2 gånger, Pb c. 4 gånger och Zn c. 1,5 gånger. Barium och strontium uppvisar

rätt stora haltvariationer (77-160 ppm respektive 38-134 ppm) med en anrikningstopp mellan 3 och 6 cm:s djup (tab. 3). Även molybdenhalten (2-14 ppm) varierar kraftigt med en anrikningstopp mellan 12 och 15 cm:s djup (tab. 3). Variationen i halterna av övriga analyserade element är små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (fig. 2, fig. 3 och tab. 3).

4.5 Provtagningspunkt E

Provtagningspunkt E är belägen söder om Koverhar industriområde, på c. 1,5 km:s avstånd från detta (fig. 1). Sedimentprofilen uppvisar indikationer på förhöjda Bi-, Cd-, Pb- och Zn-halter mellan 0 och 6 cm:s djup (fig. 2). Vid 6 cm:s djup avtar halterna för dessa metaller markant. Jämfört med halterna på 30-35 cm:s djup är sedimenten som mest anrikat på Bi c. 4 gånger, Cd c. 4 gånger, Pb 7 gånger och Zn c. 3 gånger. Silverhalten är mellan 0 och 3 cm:s djup 0,4 ppm medan den djupare i sedimenten mestadels var under laboratoriets detektionsgräns (0,3 ppm). Liksom för Bi, Cd, Pb och Zn är koncentrationerna av Cu och Fe som högst mellan 0 och 6 cm:s djup. Haltvariationerna för Cu och Fe är dock klart mindre än för Bi, Cd, Pb och Zn (fig. 2 och fig. 3). Variationen i halterna av övriga analyserade element är små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (fig. 3 och tab. 3).

4.6 Provtagningspunkt F

Provtagningspunkt F är belägen på borte sidan av Tvärminne-Storfjärden sett från Koverhar industriområde, på c. 2,5 km:s avstånd från detta (fig. 1). Kadmiumhalten stiger successivt från 20 cm:s djup (0,2 ppm) mot sedimentytan (0,5 ppm) utan att

uppnå lika höga halter som i sedimenten vid tidigare presenterade provtagningspunkter (fig. 2). Detsamma gäller för bly, vars koncentration är som högst (24 ppm) i det ytligaste sedimentskiktet (0-3 cm:s djup) (fig. 2). Zink uppvisar jämna och framförallt låga halter (79-93 ppm) jämfört med tidigare presenterade provtagningspunkter (fig. 2). Silver var i hela profilen under laboratoriets detektionsgräns medan vismuthalten varierar från <3-5 ppm (fig. 2). Halten för B och metallerna Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sr, Ti och V är genomgående lägre mellan 0 och 6 cm:s djup än mellan 6 och 20 cm:s djup (fig. 3 och tab. 3).

4.7 Provtagningspunkt G

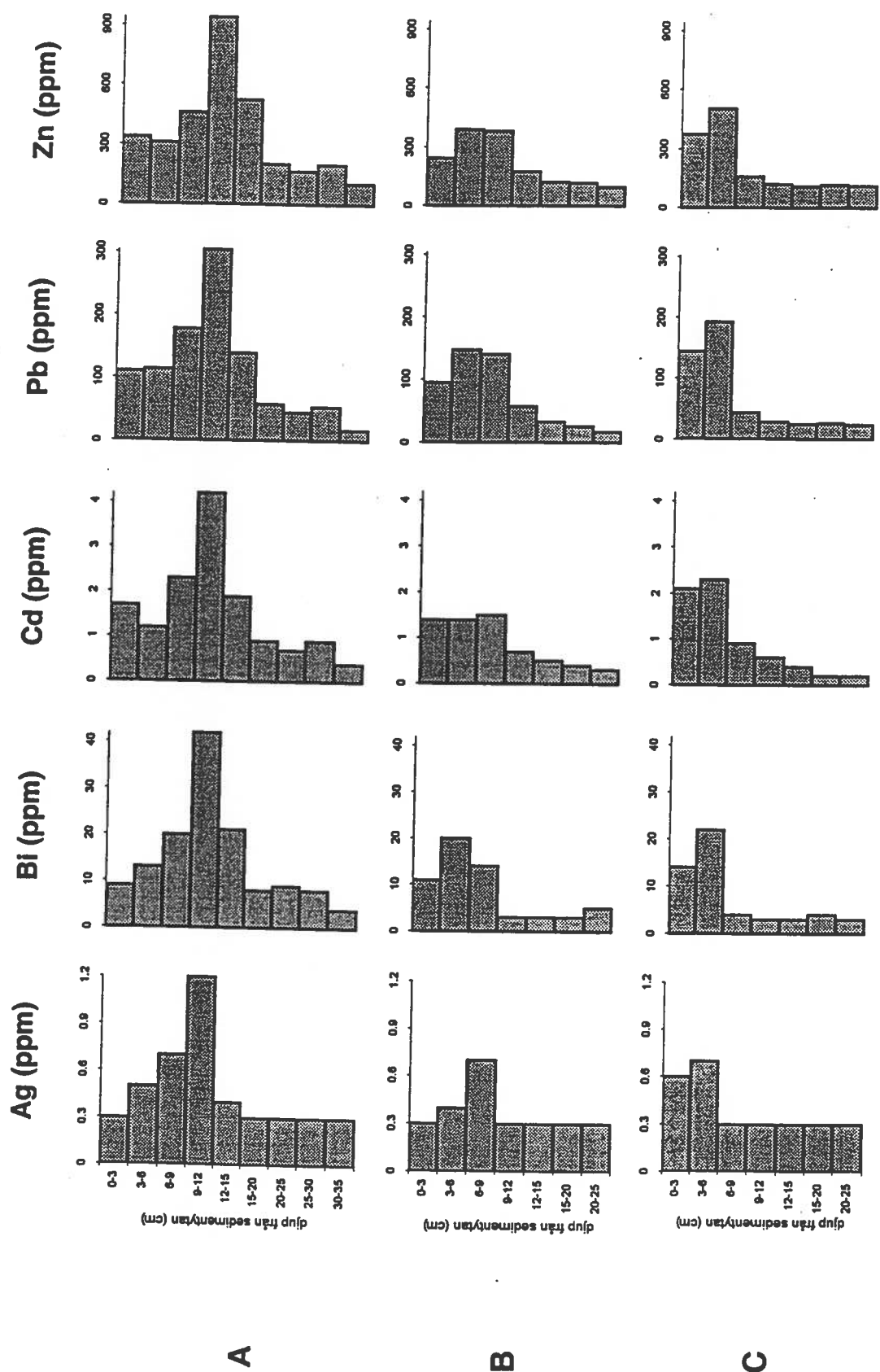
Provtagningspunkt G är belägen på ungefär samma avstånd från Koverhar industriområde som provtagningspunkt F, men norr om denna (fig. 1). Halterna för Ag, Bi, Cd, Pb och Zn är liksom vid provtagningspunkt F genomgående låga men uppvisar inga vertikala mönster (fig. 2). Rätt stora haltvariationer uppvisar B (15-35 ppm), Mn (351-762 ppm) och Na (0,28-0,65 %). Dessa elements anrikningstoppar finns på 30-35 cm:s djup i sedimenten medan de lägsta halterna uppmättes på 0 till 3 cm:s djup (fig. 3 och tab. 3). Molybden vars halter vid provtagningspunkterna A-C generellt stiger med ökat sedimentdjup uppvisar motsatt beteendemönster, d.v.s. molybdenhalten stiger mot sedimentytan (tab. 3). Variationen i halterna av övriga analyserade element är små och/eller uppvisar inga indikationer på förhöjda halter (fig. 3 och tab. 3).

4.8 Provtagningspunkt H

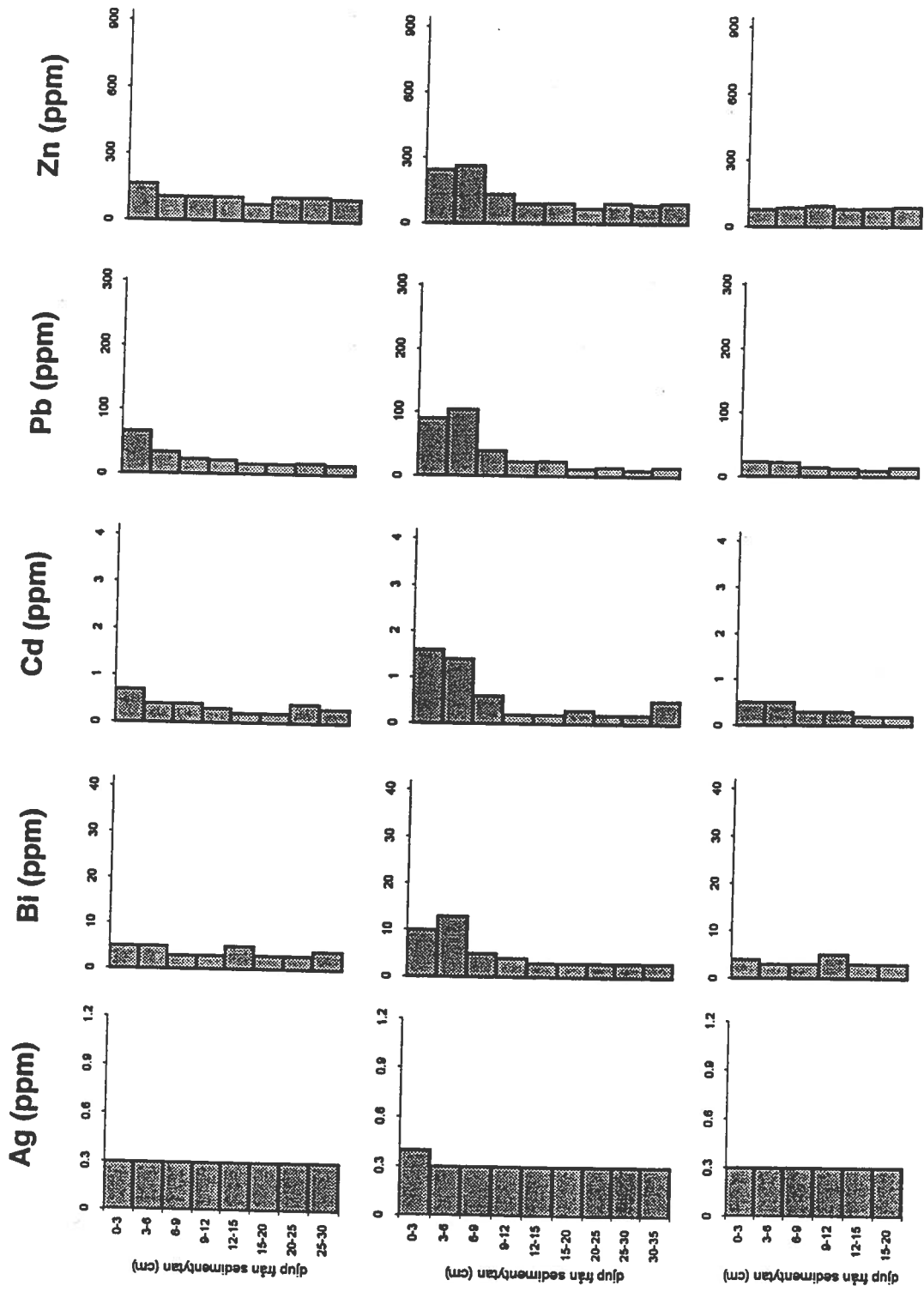
Provtagningspunkt H är belägen på c. 2 km:s avstånd från Koverhar industriområde (fig. 1). Sedimentprofilen uppvisar en anrikningstopp av Cd (0,9 ppm), Pb (63 ppm) och Zn (184 ppm) mellan 0 och 3 cm:s djup (fig 2). Mellan 3 och 6 cm:s djup i sedimenten är halterna för dessa metaller märkbart lägre medan halterna igen blir något högre nedåt i profilen. Jämfört med sedimenten på 40-50 cm:s djup är sedimenten på 0 till 3 cm:s djup anrikat på Cd 3 gånger, Pb c. 4 gånger och Zn c. 2 gånger. Silverhalten var mestadels under detektionsgränsen medan vismuthalten varierar (<3-6 ppm) utan att följa Cd-, Pb- och Zn-halterna som i flera av tidigare presenterade provtagningspunkter (fig. 2). Halterna för Al, B, Ba, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Na, P, Sr, Ti och V är märkbart lägre mellan 3 och 6 cm:s djup än i övriga delar av profilen, där haltvariationerna är små (fig. 3 och tab. 3). Halterna för mangan (254-806 ppm) och speciellt molybden (2-18 ppm) varierar kraftigt, men oregelbundet (fig. 3 och tab. 3).

4.9 Provtagningspunkt I

Provtagningspunkt I är belägen i fjärdens nordliga del på c. 2 km:s avstånd från Koverhar (fig. 1). Sedimentprofilen uppvisar en svag anrikningstopp av Pb och Zn mellan 3 och 6 cm:s djup (54 ppm respektive 145 ppm) medan kadmium är svagt anrikat (0,7 ppm) mellan 6 och 9 cm:s djup (fig. 2). Jämfört med halterna på 25 till 30 cm:s djup är Cd och Pb anrikat c. 2 gånger medan Zn är c. 1,5 gånger anrikat. Halterna för Ca, Co, Cu, Ni, Sr och V är som högst mellan 0 och 3 cm:s djup i sedimenten, där halterna för Cr, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, P, Th, Ti och Zn däremot är som lägst (fig. 2, fig. 3 och tab. 3).



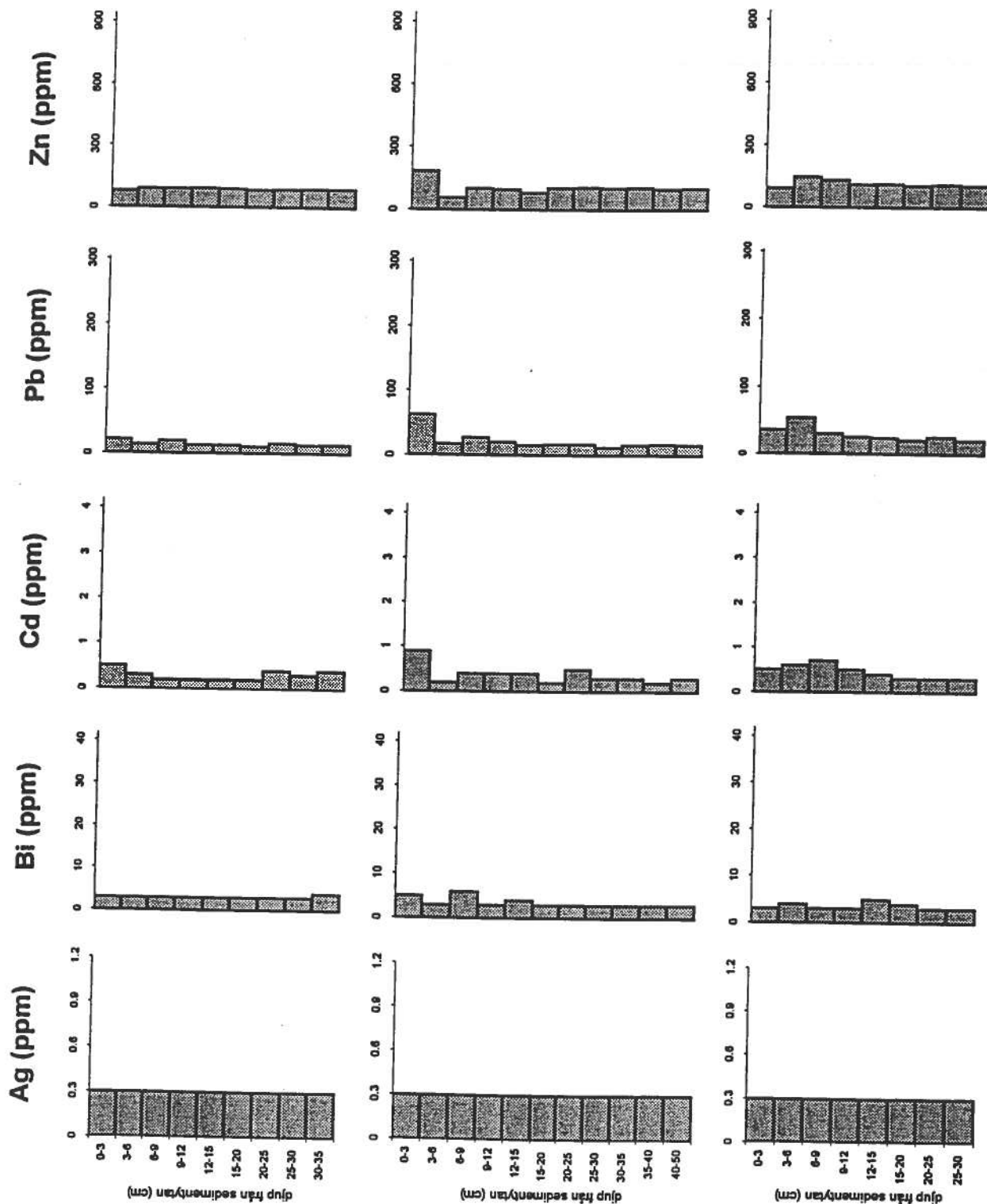
Figur 2. Halterna för Ag, Bi, Cd, Pb och Zn vid provtagningspunkterna A-I. I de provtagningsintervall där halten var under laboratoriets detektionsgräns har halten bestämts till halten för detektionsgränsen. Detektionsgränsen var för Ag 0,3 ppm, Bi 3 ppm samt för Cd 0,2 ppm. Figur 2 fortsätter på sidorna 16 och 17.



D

E

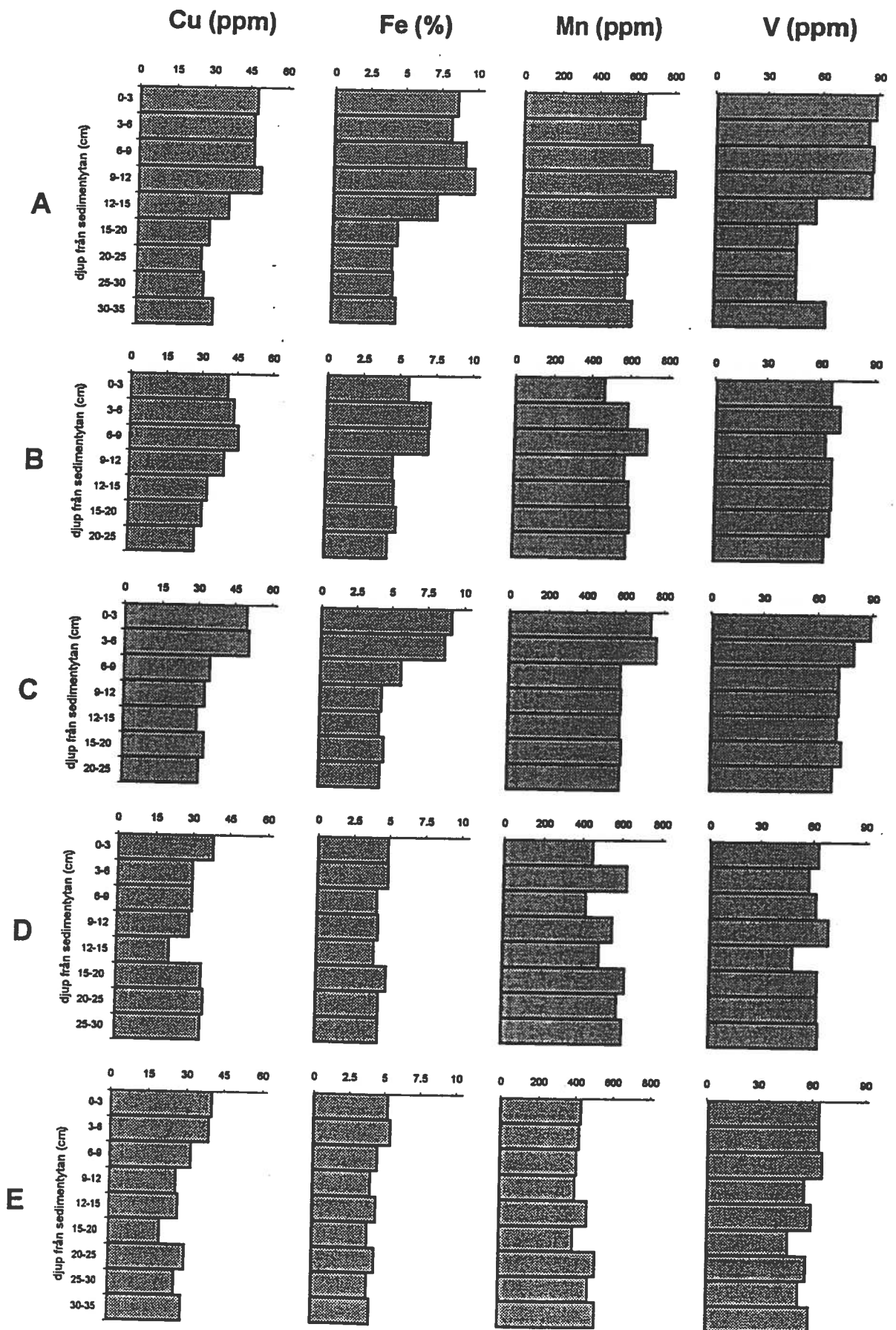
F



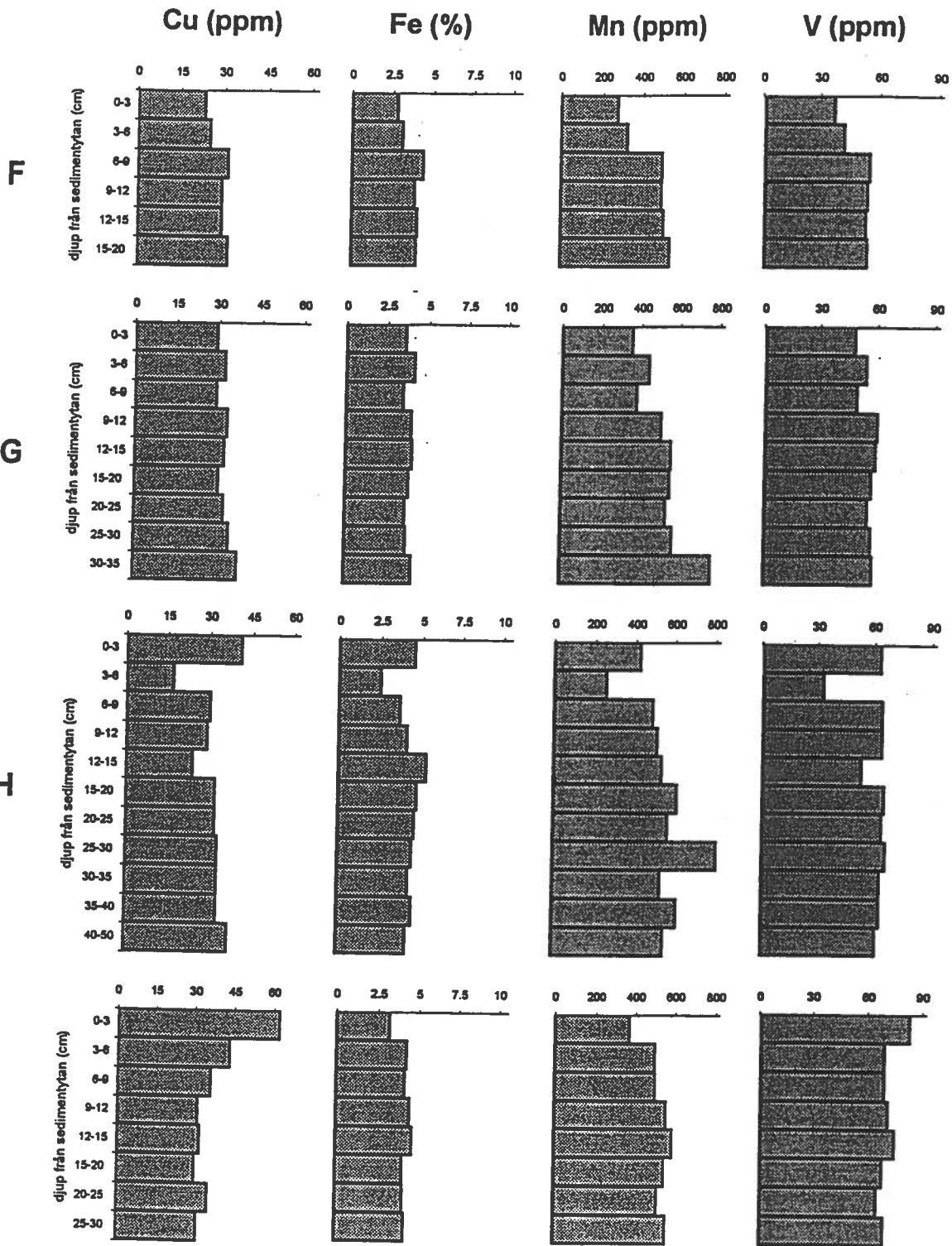
G

H

I



Figur 3. Halterna för Cu, Fe, Mn och V vid provtagningspunkterna A-I. Figuren fortsätter på sidan 19.



Tabell 3. Halterna för samtliga analyserade element, förutom de vars halter ej var analytiskt tillförlitliga eller genomgående under laboratoriets detektionsgräns. Tabellen fortsätter på sidan 21.

provnr	djup (cm)	Ag	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sr	Th	Ti	V	Zn
		ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
A1	0-3	0.3	1.89	25	100	9	0.48	1.7	14	58	48	8.67	0.65	38	0.96	639	<1	0.58	37	0.135	110	48	10	0.11	89	340
A2	3-6	0.5	1.84	23	97	13	0.63	1.2	13	57	47	8.28	0.62	36	0.91	614	<1	0.45	36	0.125	114	56	10	0.11	85	312
A3	6-9	0.7	1.8	26	95	20	0.45	2.3	14	56	47	9.24	0.61	36	0.91	681	1	0.47	36	0.103	178	43	11	0.11	88	462
A4	9-12	1.2	1.95	28	104	42	0.53	4.2	14	56	50	9.9	0.66	37	1.01	810	1	0.68	35	0.093	304	53	10	0.11	87	945
A5	12-15	0.4	1.72	24	90	21	0.51	1.9	13	46	37	7.33	0.57	33	0.82	702	3	0.47	28	0.075	140	43	9	0.1	57	525
A6	15-20	<3	1.71	23	79	8	0.42	0.9	13	44	29	4.58	0.57	34	0.82	547	6	0.41	27	0.071	59	36	9	0.1	47	203
A7	20-25	<3	1.74	22	79	9	0.46	0.7	13	46	26	4.23	0.58	33	0.85	562	6	0.43	27	0.071	46	38	9	0.1	47	168
A8	25-30	0.3	1.73	24	79	8	0.5	0.9	13	44	27	4.32	0.57	33	0.83	551	6	0.46	27	0.069	55	41	9	0.1	47	200
A9	30-35	<3	2.4	33	111	4	0.51	0.4	15	62	31	4.54	0.85	44	1.21	592	5	0.55	37	0.085	18	46	11	0.13	63	107
B1	0-3	<3	1.93	20	93	11	0.41	1.4	13	54	41	5.64	0.63	37	0.89	467	1	0.47	34	0.091	96	37	9	0.11	66	244
B2	3-6	0.4	2.01	26	102	20	0.5	1.4	14	56	44	7.11	0.68	40	0.98	591	<1	0.56	35	0.088	148	48	10	0.11	71	391
B3	6-9	0.7	2.2	28	113	14	0.63	1.5	15	57	46	7.06	0.75	41	1.07	692	1	0.64	34	0.082	141	56	10	0.12	63	382
B4	9-12	<3	2.59	28	111	<3	0.47	0.7	17	62	40	4.66	0.86	44	1.21	575	4	0.6	39	0.085	58	45	10	0.13	67	176
B5	12-15	<3	2.42	31	109	<3	0.47	0.5	18	63	33	4.75	0.89	44	1.25	600	5	0.57	38	0.089	34	44	11	0.14	57	124
B6	15-20	<3	2.44	28	103	3	0.46	0.4	19	61	31	4.94	0.84	44	1.19	609	7	0.49	39	0.091	27	42	14	0.14	66	117
B7	20-25	<3	2.34	26	101	5	0.45	0.3	17	60	28	4.36	0.82	44	1.15	590	6	0.47	37	0.089	18	40	11	0.13	63	98
C1	0-3	0.5	2.18	29	117	14	0.52	2.1	15	55	50	9.15	0.76	42	1.11	733	<1	0.78	39	0.135	144	52	11	0.12	89	376
C2	3-6	0.7	2.29	30	117	22	0.55	2.3	17	63	51	8.69	0.77	43	1.12	762	1	0.61	38	0.104	193	53	12	0.12	80	504
C3	6-9	0.3	2.56	29	106	4	0.73	0.9	18	66	36	5.67	0.91	45	1.27	580	5	0.5	41	0.097	44	62	11	0.14	72	159
C4	9-12	<3	2.64	26	112	3	0.46	0.6	16	68	33	4.34	0.92	46	1.29	585	3	0.52	38	0.091	29	42	11	0.14	72	119
C5	12-15	<3	2.6	26	111	<3	0.47	0.4	15	66	30	4.19	0.91	47	1.3	579	3	0.57	39	0.092	25	43	11	0.14	71	110
C6	15-20	<3	2.68	27	116	4	0.49	0.2	16	69	33	4.53	0.94	49	1.32	589	4	0.53	41	0.097	27	45	11	0.14	74	117
C7	20-25	<3	2.56	30	113	3	0.49	0.2	16	65	31	4.3	0.89	47	1.29	582	4	0.52	37	0.091	24	45	11	0.14	69	111
D1	0-3	0.3	2.15	23	113	5	0.52	0.7	15	56	38	4.9	0.72	42	1.01	450	2	0.5	35	0.102	67	59	10	0.12	63	162
D2	3-6	<3	2.22	19	160	5	0.51	0.4	18	51	30	4.91	0.66	37	0.99	628	4	0.37	41	0.081	35	134	9	0.12	58	106
D3	6-9	<3	2.22	23	94	<3	0.43	0.4	14	56	30	4.17	0.75	42	1.07	418	6	0.47	33	0.089	24	38	10	0.12	62	107
D4	9-12	<3	2.51	26	111	3	0.48	0.3	18	64	29	4.27	0.87	49	1.24	555	6	0.51	39	0.098	22	44	11	0.14	69	106
D5	12-15	<3	1.81	17	77	5	0.38	0.2	19	48	21	4	0.6	37	0.87	488	14	0.34	33	0.08	17	31	10	0.11	49	76
D6	15-20	<3	2.45	30	106	<3	0.48	0.2	16	63	34	4.9	0.87	44	1.21	623	8	0.56	40	0.089	17	45	11	0.14	63	105
D7	20-25	<3	2.44	30	114	<3	0.51	0.4	16	62	35	4.37	0.87	45	1.2	585	5	0.56	39	0.094	19	48	11	0.14	63	105
D8	25-30	<3	2.45	31	113	4	0.5	0.3	16	64	34	4.37	0.88	46	1.21	613	4	0.54	40	0.088	16	47	11	0.14	64	109

5. DISKUSSION

5.1 Metallnedsmutsning i sedimenten

Västra Nylands vattenskyddsförening r.f. har på basis av analysresultaten från tidigare bottensedimentundersökningar som gjorts i Tvärminne-Storfjärden konstaterat förhöjda Cd-, (Fe-), Pb- och Zn-halter i sedimenten strax utanför Koverhar industriområde som en följd av ståltillverkningsprocessen (Holmberg m. fl. 1992). Man har också konstaterat att halterna för dessa metaller under 1980- och 90- talen har sjunkit i de ytligaste sedimentskikten som en följd av en minskad avloppsbelastning från Koverhar. I fjärdens från Koverhar sett mera distala delar har man inte kunnat påvisa förhöjda metallhalter i sedimenten som en följd av verksamheten i Koverhar.

På basis av analysresultaten i denna studie kan halterna för Cd, Pb och Zn konstateras förhöjda, speciellt i sedimenten strax utanför och söder om Koverhar industriområde (provtagningspunkterna A, B, C och E, fig. 1), men även i sedimenten norr om Koverhar samt i fjärdens östra delar (provtagningspunkterna D, H och I, fig. 1). Silver- och vismuthalterna följer Cd-, Pb- och Zn-halterna och är förhöjda i sedimenten vid flera av provtagningspunkterna (fig. 2). Halten för järn kan konstateras förhöjd i sedimenten strax utanför Koverhar industriområde (provtagningspunkterna A, B och C, fig. 1) där det uppnår klart högre halter än vid övriga provtagningspunkter (fig. 3).

5.2 Uppskattning av bakgrundsvärden

De lägsta halterna för Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn i sedimenten vid provtagningspunkterna varierar för Bi mellan >3 och 4 ppm, för Cd mellan >0,2 och 0,4 ppm, för Fe mellan 2,74 och 4,36 %, för Pb mellan 11 och 24 ppm samt för Zn mellan 59 och 110 ppm. För silver var den lägsta halten vid samtliga provtagningspunkter under detektionsgränsen 0,3 ppm.

Medelhalten i granitisk och granodioritisk berggrund som präglar stora delar av södra Finland och även Tvärminne-Storfjärdens omnejd är för Ag 50 ppb, Bi 0,2 ppm, Cd 0,1 ppm, Fe 2 %, Pb 20 ppm samt för Zn 50 ppm (Koljonen 1992). Den enorma förekomsten av glaciala och postglaciala sediment som täcker stora delar av Hangö udd och havsbottnarna utanför kan dock vara material som transporterats långa vägar och som har andra bakgrundsvärden än berggrunden i området. Bakgrundsvärdet för bly i Tvärminne-Storfjärdens bottensediment har uppskattats av Luotamo och Luotamo (1977) till 33 ppm och för zink till 120 ppm, medan bakgrundsvärdet för kadmium enligt Häkikä (1980) är 0,2-0,5 ppm. I lerjordar i västra Finland (Österbotten), vilka inte belastats antropogent men som annars ur flera aspekter är jämförbara med Tvärminne-Storfjärdens bottensediment, är medianen för Bi 0,21 ppm, Cd 0,1 ppm (Palmgren 1999), Fe 3.80 %, Pb 12 ppm och Zn 90 ppm (Åström 1996).

På basis av ovan givna data och resultaten i denna studie, är troliga bakgrundsvärden i Tvärminne-Storfjärden för Cd 0,1-0,5 ppm, Fe 2,5-5,0 %, Pb 10-25 ppm samt för Zn 60-110 ppm. För silver och vismut är det svårare att fastställa några siffror för troliga bakgrundsvärden, eftersom halterna för dessa metaller var under detektionsgränsen i en stor del av provtagningsintervallen.

5.3 Anrikning och spridning av metaller i sedimenten

Strax utanför Koverhar industriområde, vid provtagningspunkt A, uppmättes på 9 till 12 cm:s djup i sedimenten de högsta Ag-, Bi-, Cd-, Fe-, Pb- och Zn-halterna av samtliga analyserade prov (fig. 2). Halterna för dessa metaller avtar dock mot sedimentytan, vilket återspeglar en minskning i utsläppen från Koverhar av dessa metaller, såsom även tidigare konstaterats av Västra Nylands vattenskyddsförening r.f. (Holmberg m. fl. 1992). Som i resultatdelen nämndes och även på basis av i föregående stycke (uppskattade) bakgrundsvärden är Bi-, Cd-, Pb- och Zn-halterna förhöjda ned till åtminstone 30 cm:s djup i sedimenten vid provtagningspunkt A. Med tanke på att industriell verksamhet bedrivits i Koverhar under c. 40 års tid skulle sedimentationshastigheten i medeltal varit närmare en centimeter per år utgående från att förhöjningarna på 30 cm:s djup återspeglar industrins begynnelse. En förklaring till denna snabba sedimentation kunde vara att provtagningspunkt A är belägen strax utanför fartygsleden och att fartyg som anlöper hamnen sätter ytsedimenten i rörelse och att återsedimentation sker på botten kring provtagningspunkt A, vilket samtidigt kan vara en förklaring till den klart svagare anrikningen av samma metaller i sedimenten vid provtagningspunkt B, vilken är belägen i fartygsleden, strax norr om provtagningspunkt A (fig. 1 och fig. 2).

De höga metallhalterna ned till 30 cm:s djup i sedimenten vid provtagningspunkt A kan eventuellt även förklaras med att bottendjur omsätter metaller i sedimenten. Då bottendjur gräver, äter sediment och rör runt partiklarna så syresätter de botten. Sedimentprofilens översta 5 cm som var alldeles ljus till färgen, oxiderad, är ett tecken på att bottendjur är verksamma i området. Nedan om det ljusa skiktet var profilen alldeles svart till färgen vilket ger indikationer på närvaro av järnsulfid (FeS) (Åker

m.fl. 1988), eventuellt även pyrit (FeS_2), vars bildning befrämjas av avtagande bioturbation och låg sedimentationshastighet (Belzile 1988).

Vid provtagningspunkt C är halterna för Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn högre mellan 0 och 6 cm:s djup i sedimenten än på motsvarande djup i sedimenten vid provtagningspunkterna A och B, men halterna för dessa metaller avtar däremot snabbare i djupled i sedimenten vid provtagningspunkt C (fig. 2). Detta kunde möjligtvis förklaras med en lägre sedimentationshastighet vid provtagningspunkt C än vid provtagningspunkterna A och B. Det bör noteras att provtagningspunkt C är belägen strax väster om en djup sänka i botten-topografen i vilken det med stor sannolikhet sker storskalig sedimentation, vilket kunde tänkas hämma sedimentationen vid provtagningspunkt C.

Ett intressant resultat är de förhållandevis höga Bi-, Cd-, Pb- och Zn-halterna (fig. 2) i sedimenten söder om Koverhar (provtagningspunkt E) eftersom det mellan provtagningspunkt E och vatten intill Koverhar finns ett grunt vattenområde med under- och övervattengrynnor (fig. 1) som kunde tyckas utgöra ett hinder för metallspridningen.

En sannolikt betydelsefull faktor som styr metallspridningen i Tvärminne-Storfjärden är vinden och därmed vågorna. På Hangö udd blåser det under alla årstider vanligtvis från väst och sydväst vilket kunde tyckas ge upphov i högre metallhalter i fjärdens östra delar. Den syd och sydvästliga vinden leder till att de vanligtvis lugnaste vattenområdena finns i fjärdens västra delar. Metaller bundna till finkorniga partiklar kan länge sväva omkring i vattenmassa för att sedan under lugna förhållanden

sedimentera. Enligt Pye (1994) kan fin-silt- och lerpartiklar transporteras i en vattenmassa med en hastighet på endast några centimeter, t.o.m. millimeter per timme. Man kunde tänka sig att de partikelbundna metallerna transporteras med ytvattnet mot fjärdens östra delar för att sedan långsamt sjunka nedåt i vattenmassan och med undervattenströmmar småningom transporteras till fjärdens västra delar där de under lugna vattenförhållanden förmår sedimentera. Metallanrikningen vid speciellt provtagningspunkt E, men även vid provtagningspunkterna A, B och C kunde eventuellt delvis förklaras med detta fenomen.

Vid provtagningspunkt D, som är belägen på närmare avstånd från Koverhar än provtagningspunkt E (fig. 1), är anrikningstopparna för Cd, Pb och Zn klart lägre än vid provtagningspunkt E och dessa metaller har endast anrikats i det ytligaste sedimentskiktet (fig. 2). Bottensedimenten vid provtagningspunkt D var rätt grovkorniga (sandiga) vilket enligt Perttilä (1997) betyder en mindre adsorberbar yta och således generellt lägre metallhalter. Vad beträffar anrikningen av Cd, Pb och Zn kan sedimenten i fjärdens nord-ostliga delar (provtagningspunkterna H och I) jämföras med sedimenten vid provtagningspunkt D (fig. 2), såtillvida att dessa metaller endast kan konstateras förhöjda i mycket begränsade partier i sedimenten där de inte uppnår lika höga halter som i sedimenten vid provtagningspunkterna strax utanför och söder om Koverhar industriområde (provtagningspunkterna A, B, C och E) (fig. 1).

I fjärdens östra delar (provtagningspunkterna F och G) (fig. 1) kan man ej påstå att sedimenten nedsmutsats p.g.a. verksamheten i Koverhar. Vid provtagningspunkt F stiger visserligen kadmium- och blyhalterna mot sedimentytan, men de högsta uppmätta halterna för dessa metaller är av samma storleksordning som de exempelvis är på 30 till

35 cm:s djup i sedimenten vid provtagningspunkt A (fig. 2), d.v.s. halterna faller inom intervallet för i denna studie uppskattade bakgrundsvärden.

Att de värst nedsmutsade sedimenten återfinns inom ett rätt begränsat bottenområde strax utanför industrin kan förklaras med den höga densiteten hos (tung)metallpartiklarna och tyngdlagen, men detta kan eventuellt också delvis bero på syretillgången i det bottennära vattnet. Om det bottennära vattnet är syrefattigt eller syrefritt är sedimenten reducerande och metallerna binder sig lätt till sedimenten (Vallius 1999a). På basis av färgen, de mestadels grå-svarta sedimentprofilerna förefaller det som om bottensedimenten i Tvärminne-Storfjärden är reducerande. Under reducerande förhållanden är metaller som Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn hårt bundna till sedimenten som sulfider och lösligheten för dessa metaller är således låg (Pardue och Patrick 1995). Enligt Cameron (1977) är bly en immobil metall som för det mesta sedimenterar nära ursprungskällan och är hårt bunden i sedimenten såväl i reducerande som i oxiderande miljö.

Kadmium och zink är exempel på metaller som under syrerika förhållanden är mycket mobila (Vallius 1999b). Att de höga Cd- och Zn-halterna är begränsade till ett förhållandevis litet bottenområde strax utanför industrin (provpunkt A, B, C och (E)), där de dessutom förekommer djupt ned i sedimenten kunde vara ett tecken på att bottensedimenten är och under längre tid har varit övervägande reducerande.

5.4 Haltvariationer hos övriga element.

Trots att det bland övriga analyserade element förekommer stora haltvariationer och tydliga anrikningstoppar finns det inga belägg för att påstå att dessa element anrikats p.g.a. utsläppen från Koverhar eftersom deras beteendemönster är generellt mycket oregelbundna, de är oftast inte speciellt anrikade vid ytan och ej speciellt anrikade i sedimenten i Koverhars absoluta närhet. Trots att t.ex. beteendemönstret för Cu, Mn och V påminner om järnets beteendemönster vid provtagningspunkterna A och C (fig. 3), med genomgående högre halter i den övre delen av sedimentprofilen än i den undre delen, är dessa metaller svårare att spåra till utsläppen från Koverhar eftersom lika höga halter av dessa metaller även påträffas i sedimenten från Koverhar sett i fjärdens bortre delar (provtagningspunkterna G, H och I) (fig. 1).

En metall som visar ett mycket intressant beteendemönster är molybden, vars halter vid provtagningspunkterna A, B och C (fig. 1) generellt stiger med ökat sedimentdjup och som i sedimenten vid provtagningspunkterna D och H uppvisar verkligt stora haltvariationer (tab. 3). Orsaker till haltvariationer hos element som på basis av denna studie ej kan spåras till verksamheten i Koverhar förblir än så länge oförklarade.

6. SLUTSATSER

Halterna för flera av de analyserade metallerna verkar naturligt variera rätt mycket såväl i vertikalled som i horisontalled i sedimenten i Tvärminne-Storfjärden. Bottensedimenten är dock anrikade på Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn. Resultaten från denna studie visar att metallerna har anrikats antropogent som en följd av verksamheten vid Koverhar stålverk. Halterna för Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn minskar generellt ju längre bort från Koverhar industriområde man kommer. Denna studie visar dock på en anrikning av Cd, Pb och Zn i bottensedimenten även längre bort från Koverhar industriområde, ett faktum som man på basis av tidigare undersökningar ej kunnat konstatera. Däremot har man kunnat konstatera att halterna för Cd, Pb och Zn är lägre vid sedimentytan än strax under den, vilket indikerar en minskad metallbelastning under senare år. Detta kan även konstateras på basis av resultaten i denna studie.

Miettinen m.fl. (1994) menar att blyhalterna i sedimenten delvis beror på småbåtstrafiken och att de minskade blyhalterna i de ytligaste sedimentskikten troligtvis är en följd av den allt vanligare användningen av blyfri bensin. På basis av analysresultaten för bly i denna studie går det inte att påvisa förhöjda blyhalter som en följd av båttrafiken eftersom bly inte är speciellt anrikt i sedimenten vid båtfarlederna i fjärdens östra delar, där båttrafiken under sommartid är som livligast.

Det förefaller dock som om de antropogent tillkomna metallerna (Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn) sitter välförankrade i bottensedimenten. Om de fysiokemiska förhållandena radikalt förändrades finns det en risk för att avsevärda mängder metaller kunde frigöras, vilket kunde göra stor skada på växt- och djurlivet i fjärden. Även mänsklig verksamhet

som t.ex. muddring, speciellt strax utanför hamnen i Koverhar kunde ge mycket negativa effekter på närmiljön.

Denna studie kunde kompletteras med provtagning från bottensedimenten vid de största vattendjupen i fjärden där det med stor sannolikhet sker storskalig sedimentation. Det kan inte uteslutas att den kraftigaste anrikningen av de antropogent tillkomna metallerna (Ag, Bi, Cd, Fe, Pb och Zn) finns just här. Ytterligare kunde exempelvis ¹³⁷cesium-analys göras för att bestämma den ungefärliga sedimentationshastigheten i olika delar av Tvärminne-Storfjärden och svavelanalys genomföras för att få en uppfattning om i hur stor utsträckning metallerna är bundna till sulfider. För silver och vismut skulle det dessutom vara behövt med en klart lägre detektionsgräns än den som tillämpades av Acme Analytical Laboratories Ltd i Kanada, så att anrikningsgraden kunde bestämmas.

ERKÄNNANDE

Jag vill här tacka miljövårdschef Magnus Gottberg vid Fundia Koverhar som hjälpte till med att skaffa fram pengar för projektet. Mitt tack vill jag också rikta till Prof. Alf Björklund som konstruerade provtagningsutrustningen, vilken gjorde detta projekt praktiskt möjligt. Jag vill också tacka Fil. Dr. Mats Åström för handledning och goda råd under arbetets gång samt kartritare Merja Kuusisto för hjälpen med utformningen av kartan, figur 1.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Belzile, N., 1988.** The fate of arsenic in sediments of the Laurentian trough. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 2293-2303.
- Cameron, E. M., 1977.** Geochemical dispersion in lake waters and sediments from massiv sulphide mineralization, Agricola Lake area, Northwest Territories. *Journal of Geochemical Exploration* 7, 327-348.
- Hellström, T., 1980.** Heavy metal transport in the environment from a point source - a case study of a smelter industry. Sweden, Lund 207 s.
- Holmberg, R., Jokinen, O. och Vahtera, H., 1992.** Yhteenveto Fundia Oy Ab:n Koverharin rauta- ja terästehtaan kalataloudellisesta tarkkailusta sekä pohjaeläintutkimuksesta 1990-1991. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Tutkimisjulkaisu 19, 30 s.
- Häkkiä, K., 1980.** Pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetalleista Porin edustan merialueella. *Vesihallitus, tiedotus* 190, 39 s.
- Koljonen, T. (red.), 1992.** Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 218 s.
- Laitala, M., 1960.** Hanko. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkarta, lehti 2011. Geologinen tutkimuslaitos.
- Luotamo, I. och Luotamo, M., 1977.** Koverharin Rauta- ja Terästehtaan vesistö- Vaikutuksista. Loppuraportti 3. Pohjaeläimet. Helsingin yliopisto, Tvärminnen Eläintieteellinen asema.
- Miettinen A., 1998.** Pohjanpitäjänlahden, Tammisaaren merialueen, Mustiojoen ja Fiskarsjoen yhteistarkkailun pohjaeläintutkimukset vuodelta 1997. Pohjaelämistön muuttuminen vuodesta 1985. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Tutkimisjulkaisu 76, 64 s.
- Miettinen, A., Holmberg, R., Jokinen, O., Ranta, E. och Kuosa, H., 1994.** Mustiojoen, Fiskarsjoen, Pohjanpitäjänlahden ja Tammisaaren merialueen yhteistarkkailun yhteenveto vuodelta 1993. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Tutkimisjulkaisu 38a, 57 s.
- Naturvårdsverket, 1995.** Branschkartläggningen: en översiktlig kartläggning av efterbehandlingsbehovet i Sverige. Nordstedts Tryckeri Ab, Stockholm. 213 s.
- Nordiska ministerrådet, 1990.** Nordisk handlingsplan mot förorening av havet. Fihl-Jensens Bogtrykkeri/Offset, Köpenhamn. 112 s.

- Palmgren R., 1999.** Geokemisk karakterisering av sulfidbärande finkorniga sediment i Österbotten. Pro gradu avhandling vid Institutionen för Geologi och Mineralogi. Åbo Akademi, 70 s.
- Pardue, J. och Patrick, W. 1995.** Changes in metal speciation following alteration of sediment redox status. I Herbert E. Allen (red.) *Metal Contaminated Aquatic Sediments*. Ann Arbor Press. Michigan. 292 s.
- Perttilä, M., 1997.** Meriympäristön kemian perusteet. Meri- Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 31, Vantaa 137 s.
- Prater, B.E., 1975.** The metal content and dispersion characteristics of steelwork's effluents discharging to the Tees Estuary. *Water Pollut. Control* 74, 63-78
- Pye, K., 1994.** Properties of sediment particles. I Pye, K. (red.) *Sediment Transport And Depositional Processes*. Blackwell Scientific Publishers. Oxford. 397 s.
- Siirala, M. (red), 1990.** Tammisaaren saaristoprojekti. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu 37, 207 s.
- Sjöfartsstyrelsen 1987.** Småbåtssjökort, västra Finska viken, Helsingfors-Pargasport B-serie. Sjöfartsstyrelsens sjökortsavdelning.
- Vallius, H., 1999a.** Recent sediments of the Gulf of Finland: An environment affected by the accumulation of heavy metals. Diss. Åbo Akademi 45 s.
- Vallius, H., 1999b.** Anthropogenically derived heavy metals in recent sediments of the Gulf of Finland. *Chemosphere* 38, 945-962
- Vallius, H. och Leivuori, M. 1999.** The distribution of heavy metals and arsenic in recent sediments in the Gulf of Finland. *Boreal Environ. Res.* 4(1), 19-29.
- Wahlström, E., Reinikainen, T. och Hallanaro, E-L., 1992.** Miljöns tillstånd i Finland, Vatten och Miljöstyrelsen, Miljödatacentralen, Helsingfors. 364 s.
- Åker, K., Eriksson, B., Grönlund, T. och Kankainen, T. 1988.** Sediment stratigraphy in the northern Gulf of Finland. *Geol. Surv. Finland Spec. Pap.* 6, 101-117.
- Åström, M., 1996.** Geochemistry, Chemical Reactivity and Extent of Leaching of Sulphidebearing Fine-grained Sediments in Southern Ostrobothnia, Western Finland. Diss. Åbo Akademi 44 s.