

Stockholm Vatten
 Rening/Vattenvård
 Christer Lännergren

METALLINNEHÅLL I SEDIMENT I STOCKHOLMS SMÅSJÖAR

Inledning

Anlyser av metallinnehållet i sedimenten i småsjöarna i och runt Stockholm har gjorts vid flera tillfällen, vanligen i samband med någon form av åtgärd - ledningsdragnings, muddring osv. Resultaten av dessa undersökningar finns inte sammanställda och är i många fall mycket svåråtkomliga.

En systematisk och samtidig provtagning aldrig tidigare gjorts - den enda ansatsen är ett fåtal analyser som gjordes 1976 (Ripl & Lundqvist 1977). Att den nu föreliggande undersökningen kom till stånd beror till stor del på initiativ från Miljöförvaltningen i Stockholm. Provtagning, analys och sammanställning har utförts av personal från Stockholm Vatten.

Provtagning och analys

Proverna togs från isen i februari-mars 1991 från samtliga sjöar med undantag av Trekanten där provtagningen gjordes från båt i maj (tabell nedan). Sediment uttogs i 2 cm-skikt från 0-2, ca 6-8 och 15-17 cm. Analyser har bara gjorts av skiktet 0-2 cm, medan övriga prover förvaras i frys.

<u>Provtagningspunkter</u>	<u>Vatten- djup (m)</u>	<u>Provtagnings- datum</u>
Brunnsviken: A Mitt i	12.5	910205
B Vid VÄxtskyddsanstalten	9.4	"
C Vid Roslagstull	8.8	910206
D Vid Stallmästargården	3.6	"
Laduviken: Mitt i	3.2	910206
Magelungen: A Hammartorp	13.9	910304
B Fagersjö	ca 2	"
Flaten: A Bassängen	2.4	910228
B Mitt i	ca 14	"
Drevviken: A Skrubba	13.5	910207
B Sköndal	7.3	"
Ältasjön: Mitt i	4.4	910301
Lillsjön: Mitt i	2.8	910204
Kyrkskjön: Mitt i	3.0	910208
Räcksta: Mitt i	2.7	910213
Judarn: Mitt i	3.3	"
Långsjön: Mitt i	2.8	910214
Trekanten: A Mitt i	7.1	910506
B Västra delen	3.9	"
C Östra delen	6.0	"

Metallinnehållet analyserades efter uppslutning med salpetersyra enligt SS 02 81 15. Detta är den enda svenska standarden och även nordisk standard. Utlösningen av mineralbundet nickel och krom, samt organiskt bundet kvicksilver är emellertid ofullständig. Totalinnehållet av nickel och kvicksilver underskattas med ca 1/3 och av krom med ca 1/2.

Analyserna gjordes med AAS och omfattade följande metaller:

Bly	Flamma	SS 02 81 52
Järn	Flamma	SS 02 81 52
Kadmium	Flamma	SS 02 81 52
Kobolt	Flamma	SS 02 81 52
Koppar	Flamma	SS 02 81 52
Nickel	Flamma	SS 02 81 52
Zink	Flamma	SS 02 81 52
Mangan	Flamma	SS 02 81 57
Krom	Flamma	SS 02 81 73
Kvicksilver	Flamlös	SS 02 81 75

Analyser med flamma samt flamlös kvicksilveranalys gjordes på Perkin-Elmer 372, och analys med grafitugn på Varian 1475/GTA 95. Glödrest och torrs substans analyserades enligt SS 02 81 13 genom glödning vid 550°C resp torkning vid 105°C.

Resultat

Resultaten redovisas i Tabell 1 A-E samt Figur 1 A-E. De högsta metallhalterna erhöles i Brunnsvikens södra del, vid Roslagstull och Stallmästargården, i Lillsjön och Räcksta Träsk, samt i Trekanten. Halter i tillståndsklass 5 (SNV 1991), "Mycket höga halter" påträffades vid följande lokaler:

	mg/kg TS
<u>Bly</u> (gränsvärde klass 4-5 400 mg/kg TS):	
Trekanten, västra delen	550
Brunnsviken, vid Stallmästargården	550
Räcksta Träsk	485
Trekanten, mitt i	407
<u>Kadmium</u> (gränsvärde 5 mg/kg TS):	
Brunnsviken, vid Stallmästargården	5.6
vid Växtskyddsanstalten	5.2
<u>Koppar</u> (gränsvärde 150 mg/kg TS):	
Räcksta Träsk	1007
Trekanten, samtliga punkter	620-640
Långsjön	595
Brunnsviken, samtliga punkter	170-350
Lillsjön	162
<u>Kvicksilver</u> (gränsvärde 1 mg/kg TS):	
Brunnsviken, vid Stallmästargården	2.6
vid Roslagstull	2.6
Trekanten, västra delen	2.2
Trekanten, mitt i	1.3
Brunnsviken, mitt i	1.2
vid Växtskyddsanstalten	1.2
<u>Zink</u> (gränsvärde 1000 mg/kg TS):	
Trekanten, mitt i	1430
västra delen	1810
<u>Krom och Nickel</u>	-

Klassning saknas för järn, kobolt och mangan. De högsta kobolthalterna registrerades i Magelungen och Drevviken, de högsta järnhalterna i Drevviken och Räcksta Träsk och de högsta manganhalterna i Drevviken.

Höga halter av de metaller för vilka tillståndsklasser finns angivna kan i de flesta fall förklaras med dagvattenpåverkan. I Brunnsvikens södra del mynnar ett stort antal dagvattenledningar, inflödet till Räcksta Träsk domineras av dagvattenledningen från Grimsta och Trekanten försörjs enbart av dagvatten frånräknat den konstlade renvattentillförseln.

De lägsta halterna av de metaller, för vilka tillståndsklasser finns angivna, förekom i följande sjöar:

	mg/kg TS	Tillståndsklass
<u>Bly:</u>		
Ältasjön	77	3
Kyrksjön	77	3
Magelungen, Hammartorp	101	4
<u>Kadmium:</u>		
Ältasjön	0.74	3
Drevviken, Skrubba	0.75	3
Magelungen, Hammartorp	0.85	3
<u>Koppar:</u>		
Kyrksjön	32	3
Ältasjön	51	4
Judarn	56	4
<u>Krom:</u>		
Judarn	31	3
Kyrksjön	32	3
Laduviken	39	3
<u>Kvicksilver:</u>		
Magelungen, Hammartorp	0.16	3
Flaten, mitt i	0.25	3
Flaten, bassängen	0.25	3
<u>Nickel:</u>		
Trekanten. Östra delen	23	2
Räcksta Träsk	29	2
Kyrksjön	30	2
<u>Zink:</u>		
Kyrksjön	290	3
Judarn	309	4
Ältasjön	342	4

Samtliga sjöar med låga metallhalter i sedimenten utsätts för måttlig eller ringa påverkan av dagvatten, med undantag av Trekanten. Judarn, som har låga halter av de flesta metaller, mottar enligt uppgift avrinning från den starkt trafikerade Bergslagsvägen. Påverkan är dock svår att spåra i de vattenkemiska analyserna, som t ex inte visar varken höga eller under de senaste 20 åren ökande halter av klorid.

Korrelationer

Analyser av sambanden (lineära korrelationer) mellan de olika metallerna, visar den högsta koefficienten, 0.87, för krom-zink. (Tabell 2 A, Figur 2). Andra par med en koefficient lika med eller över 0.7 är:

Pb-Hg	0.80
Pb-Zn	0.79
Pb-Cu	0.75
Fe-Co	0.75
Zn-Hg	0.74
Cd-Hg	0.73
Cr-Hg	0.70

Sambanden mellan torrsubstans resp glödrest och metallinnehåll var genomgående svaga (Tabell 2 B).

Jämförelser med tidigare undersökning

Den enda samlade tidigare undersökningen av metallhalter i Stockholmssjöarnas sediment gjordes 1976 (Ripl & Lundqvist 1977), men omfattade bara 6 sjöar och ett fåtal metaller. Resultaten presenterades bara i form av figurer.

Jämförelser mellan de två undersökningarna visar i allmänhet ganska god överensstämmelse. Undantag är främst zink, som i denna undersökning förekom i betydligt högre halt i Trekantens sediment medan halten var lägre i Lillsjön.

Tabell. Analysresultat i denna undersökning, kolumn A, och resultaten från provtagningar 1976 (Ripl & Lundqvist 1977), kolumn B.

	Lillsjön		Långsjön		Flaten		Laduviken		Trekanten		Magelungen	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe	43	27	28	26	33	39	34	21	29	26	40	42
Mn	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.6	1.3	0.9
Zn	0.5	1.0	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	1.4	0.6	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.12

Soit?

Biologiska effekter

Det finns relativt få undersökningar rörande biologiska effekter av metaller i sediment, i motsats till i vatten. Siffrorna från Long & Morgan (1990) i tabellen på nästa sida gäller huvudsakligen marina, minerogena sediment (GR <5%). Det organiska innehållet är generellt högre i sedimenten i Stockholms sjöar, vilket möjligen medför mindre giftverkan.

Värdena i tabellen enligt Pavlou (1987) refererar till ett antal "historiska" gränsvärden, som i allmänhet baseras på observationer av biologiska effekter i de nordamerikanska stora sjöarna (Great Lakes).

Tabell. Potential för biologiska effekter av metaller i marina sediment efter Long & Morgan (1990) och "historiska" gränsvärden för biologiska effekter, främst i de stora sjöarna (Pavlou 1987). Halter i mg/kg TS.

	Long & Morgan		Pavlou
	"Möjliga"	"Troliga"	
Bly	42	110	40-50
Kadmium	5	9	1-6
Koppar	70	390	25-50
Nickel	13	50	-
Zink	120	270	75-100
Krom	80	145	-
Kvicksilver	0.15	1.3	0.3-1

Skillnaderna är för några metaller stora mellan "möjliga" och "troliga" effekter enligt Long & Morgan och värdena skiljer sig i en del fall ganska mycket från dem som uppges av Pavlou. Eftersom de senare härrör från limniska system, är de troligen mer giltiga för en bedömning av hur skadliga de uppmätta metallhalterna i sedimenten Stockholms sjöar kan vara. Gränsvärdena för koppar kan dock vara väl låga (G. Littner SNV, pers.inf.) och i Fig 3 är även värdena från Long & Morgan inlagda. Gränsvärden för nickel och krom saknas i Pavlou's data och uppgifterna från Long & Morgan används istället.

Förhållandet mellan uppmätta halter och gränsvärden illustreras i Fig 3 med samma staplar som i Fig 1. Halterna av bly och zink är i samtliga sjöar så höga att de med ganska stor säkerhet orsakar skador på de växter och/eller djur som lever i och på bottenarna. Detsamma gäller koppar med Pavlou's gränsvärden och gränsen för "möjliga" effekter enligt Long & Morgan, medan flertalet sjöar ligger under deras värde för "sannolika" effekter. I Brunnsviken och Trekanten är kvicksilverhalterna så höga att biologiska skador är sannolika.

För övriga värden är bedömningen inte lika klar, och de flesta hamnar inom koncentrationensområden där bedömningen beror av vilket gränsvärde som används. Ett undantag är nickel, som sällan brukar diskuteras i samband med miljöfrågor och inte i någon sjö förekommer i en hög tillståndsklass (Fig 1), men som i flera sjöar uppträder i halter över Long & Morgan's gräns för "troliga" effekter.

Resultaten är av visst generellt intresse, utöver det lokala, såtillvida att de visar att situationen inte är lika allvarlig för kadmium och kvicksilver - de metaller som har rönt den största uppmärksamheten och vars användning och spridning därför begränsats mest - som för zink, koppar och bly; med undantag av bly metaller vars miljöeffekter i allmänhet betraktas visst jämnmod: så kan man exempelvis fortfarande se koppartak läggas både på privathus och offentliga byggnader.

Referenser

- Long, E.R. & L.G. Morgan 1990. The potential for biological effects of sediment adsorbed contaminants tested in the national status and trends program.
- NOAA, Techn.Mem. NOS OMA 52, Seattle, Wash.
- Pavlou, S.P. 1987. The use of equilibrium partitioning approach in determining safe levels of contaminants in marine sediments. - I: Dickson, K.L, A.W. Maki & W.A. Bungs eds, Fate and effects of sediment-bound chemicals in aquatic sediments, pp.388-412.
- Ripl, W. & I. Lundqvist 1977. Förslag till restaurering av sjöar inom Stockholms kommun. - Limnologiska Institutionen, Lund.
- SNV 1990. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Klasificering av vattenkemi samt metaller i sediment och organismer. - Statens Naturvårdsverk, Allmänna råd 90:4.

Tabell 1. A. Brunnsviken
 Torrsubstans (TS %), glöddrest (GR %) och
 metallhalter (mg/kg TS, utom Fe: g/kg TS),
 0-2 cm, vinter-vår 1991.

	Mitt i			Växtskydd		
TS	3.1	3.7	3.4	4.1	3.6	2.4
GR	75	77	76	73	73	67
Pb	193	222	225	271	232	222
Fe	36	40	37	42	39	35
Cd	4.4	4.8	4.8	5.3	5.2	5.1
Co	21	18	19	20	18	18
Cu	170	175	174	213	189	184
Cr	108	112	112	129	118	107
Hg	1.15	1.24	1.19	1.35	1.14	1.23
Mn	331	346	344	406	348	315
Ni	37	36	37	48	40	41
Zn	634	632	676	790	710	611

Brunnsviken

	Roslagstull			Stallm.gården		
TS	2.5	2.4	2.3	5.4	8.6	7.9
GR	65	69	65	78	78	76
Pb	380	382	358	512	543	594
Fe	36	38	36	41	43	43
Cd	4.4	4.1	3.6	5.1	6.1	5.7
Co	16	16	18	19	21	18
Cu	233	235	229	336	363	354
Cr	94	92	90	100	99	105
Hg	2.6	2.2	3	2.4	2.8	2.5
Mn	361	362	358	460	482	469
Ni	37	33	47	54	57	58
Zn	835	801	4779	773	789	815

Tabell 1. B. Kyrksjön, Lillsjön, Räcksta Träsk och Judarn.
 Torrsubstans (TS %), glöddrest (GR %) och
 metallhalter (mg/kg TS, utom Fe: g/kg TS),
 0-2 cm, vinter-vår 1991.

	Kyrksjön, mitt i			Lillsjön, mitt i		
TS	1.8	2.2	2.0	4.2	1.9	5.8
GR	49	55	53	72	65	74
Pb	81	93	58	181	192	199
Fe	28	25	26	42	45	42
Cd	1.3	1.1	1.2	4.4	4.1	4.8
Co	11	11	11	23	21	23
Cu	29	38	28	156	172	159
Cr	32	34	30	76	71	85
Hg	0.34	0.27	0.37	0.33	0.53	0.34
Mn	528	547	555	510	512	544
Ni	30	27	32	66	61	64
Zn	284	293	292	533	469	544

	Räcksta, mitt i			Judarn, mitt i		
TS	11.0	11.3	11.5	2.4	2.4	2.4
GR	79	79	79	49	48	50
Pb	479	488	488	185	170	194
Fe	47	51	51	25	23	22
Cd	2.8	2.8	2.7	2.0	1.3	1.8
Co	21	21	23	15	13	15
Cu	902	1110	1010	58	51	58
Cr	79	81	78	26	33	35
Hg	0.27	0.26	0.28	0.36	0.31	0.28
Mn	479	488	481	570	556	528
Ni	32	27	27	28	35	36
Zn	670	560	571	277	370	281

Tabell 1. C. Långsjön, Ältasjön och Flaten.
 Torrsubstans (TS %), glöddrest (GR %) och
 metallhalter (mg/kg TS, utom Fe: g/kg TS),
 0-2 cm, vinter-vår 1991.

	Långsjön, mitt i			Älta, mitt i		
TS	3.7	4.0	4.7	6.8	7.1	6.8
GR	56	55	57	71	72	72
Pb	145	147	148	78	74	80
Fe	27	28	30	32	34	33
Cd	1.2	1.2	1.6	0.90	0.71	0.61
Co	18	18	21	16	14	14
Cu	565	584	636	51	51	51
Cr	43	44	46	47	45	46
Hg	0.37	0.57	0.41	0.30	0.31	0.35
Mn	569	567	568	584	616	658
Ni	51	55	57	33	28	30
Zn	569	578	617	349	335	347

Flaten

	Bassängen			Mitt i		
TS	15.4	13.7	13.9	6.7	6.0	6.8
GR	79	79	79	74	73	76
Pb	131	130	122	111	104	110
Fe	33	32	32	33	31	34
Cd	2.4	2.6	2.5	1.1	1.0	1.1
Co	20	19	21	16	16	16
Cu	95	103	102	71	68	69
Cr	56	48	49	52	51	54
Hg	0.28	0.25	0.23	0.25	0.27	0.23
Mn	414	489	525	863	900	994
Ni	43	40	38	38	37	38
Zn	593	519	513	464	506	504

Tabell 1. D. Magelungen och Drevviken.
 Torrsubstans (TS %), glödrest (GR %) och
 metallhalter (mg/kg TS, utom Fe: g/kg TS),
 0-2 cm, vinter-vår 1991.

Magelungen

	Hammartorp <i>50 v. 1991</i>			Fagersjö <i>~ 100 p. 100</i>		
TS	5.2	4.8	4.9	5.8	5.6	5.9
GR	-	-	-	-	-	-
Pb	102	97	103	89	84	87
Fe	40	40	41	39	39	41
Cd	0.75	0.90	0.90	1.5	1.5	1.5
Co	25	27	27	25	25	26
Cu	107	103	107	106	106	106
Cr	47	41	44	54	58	52
Hg	0.17	0.15	0.17	0.36	0.34	0.38
Mn	1418	1224	1404	391	392	375
Ni	47	45	41	49	55	52
Zn	414	425	420	621	614	644

Drevviken

	Skrubba <i>~ 105</i>			Sköndal <i>~ 103</i>		
TS	5.6	5.0	6.0	8.3	8.6	9.4
GR	79	78	-	80	81	81
Pb	112	111	67	132	134	178
Fe	44	42	60	40	43	57
Cd	0.72	0.78	-	1.2	1.2	1.6
Co	26	25	26	26	29	35
Cu	85	83	96	102	105	144
Cr	54	50	69	65	69	86
Hg	0.34	0.19	0.44	0.33	0.37	0.51
Mn	1787	1619	2153	1864	2116	1973
Ni	44	43	50	51	51	59
Zn	429	416	471	480	512	687

Tabell 1. E. Trekanten och Laduviken.
 Torrsubstans (TS %), glöddrest (GR %) och
 metallhalter (mg/kg TS, utom Fe: g/kg TS),
 0-2 cm, vinter-vår 1991.

Trekanten

	Mitt i			Västra delen			Östra delen		
TS	5.0	4.3	2.9	5.6	5.6	6.1	5.2	4.8	4.5
GR	69	66	70	66	71	71	75	74	75
Pb	420	400	400	550	570	530	350	340	360
Fe	35	28	24	33	36	39	31	31	29
Cd	2.7	2.5	2.9	3.8	3.9	3.7	1.4	1.3	1.3
Co	17	15	13.5	17	16	16.5	16	17	19
Cu	680	610	630	620	640	600	650	620	660
Cr	60	63	60	89	90	90	60	58	62
Hg	1.12	1.46	1.21	2.14	2.43	2.15	0.81	0.62	0.58
Mn	420	410	410	640	640	690	430	420	450
Ni	34	32	30	34	37	33	24	22	24
Zn	1480	1490	1310	1700	1880	1850	920	940	850

Laduviken, mitt i

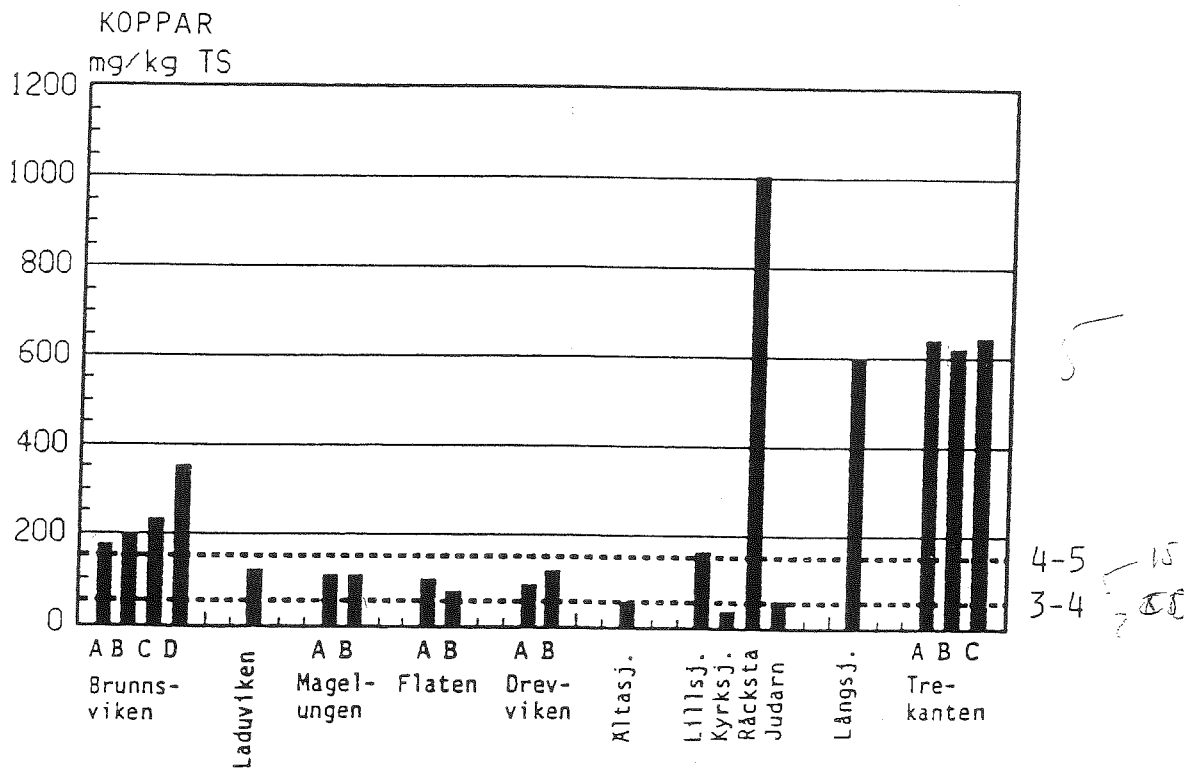
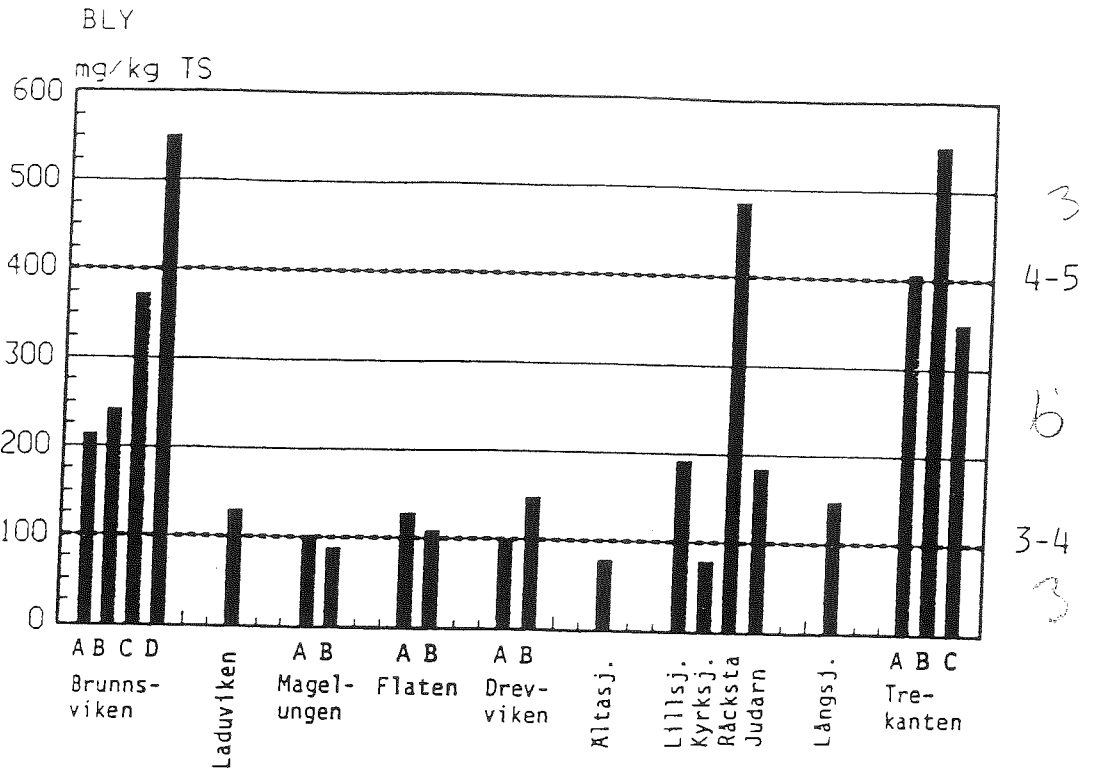
TS	4.4	3.4	3.1
GR	60	57	58
Pb	137	136	116
Fe	35	33	33
Cd	1.0	0.94	0.9
Co	17	15	14
Cu	123	114	116
Cr	40	36	42
Hg	0.82	0.88	0.40
Mn	549	545	535
Ni	34	30	28
Zn	594	287	289

Tabell 2 A. Parvisa samband mellan samtliga metaller. Siffrorna anger koefficienten för lineär korrelation, skiktet 0-2 cm.

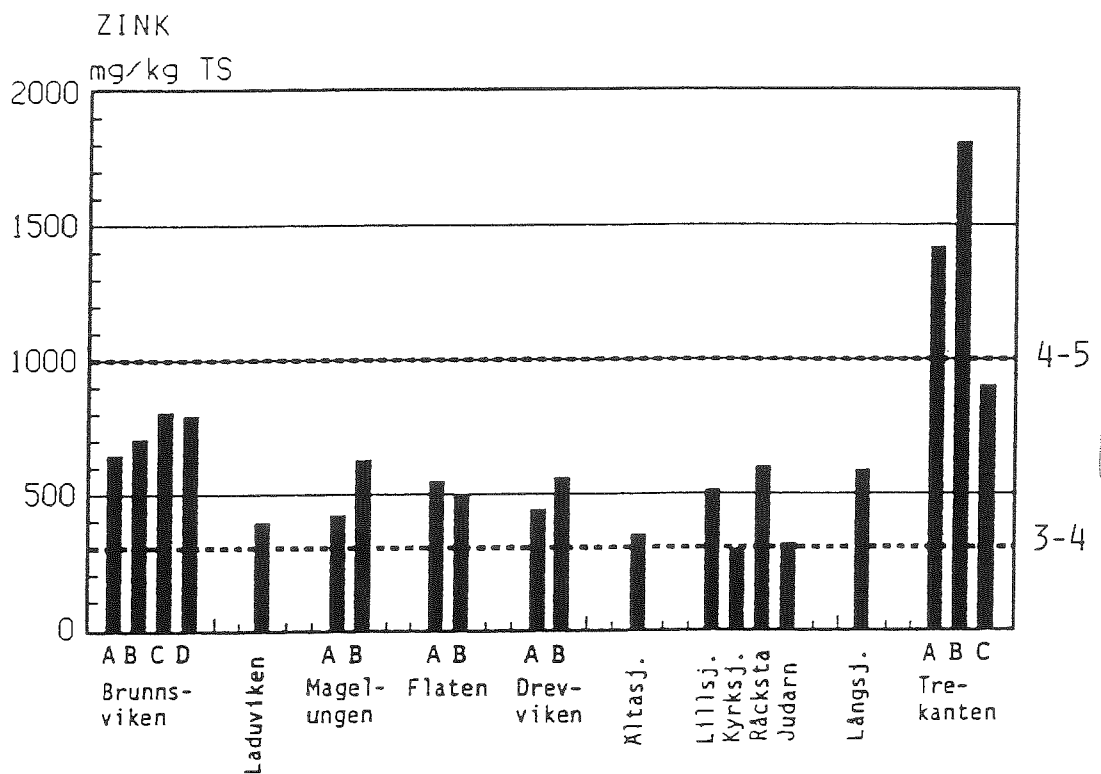
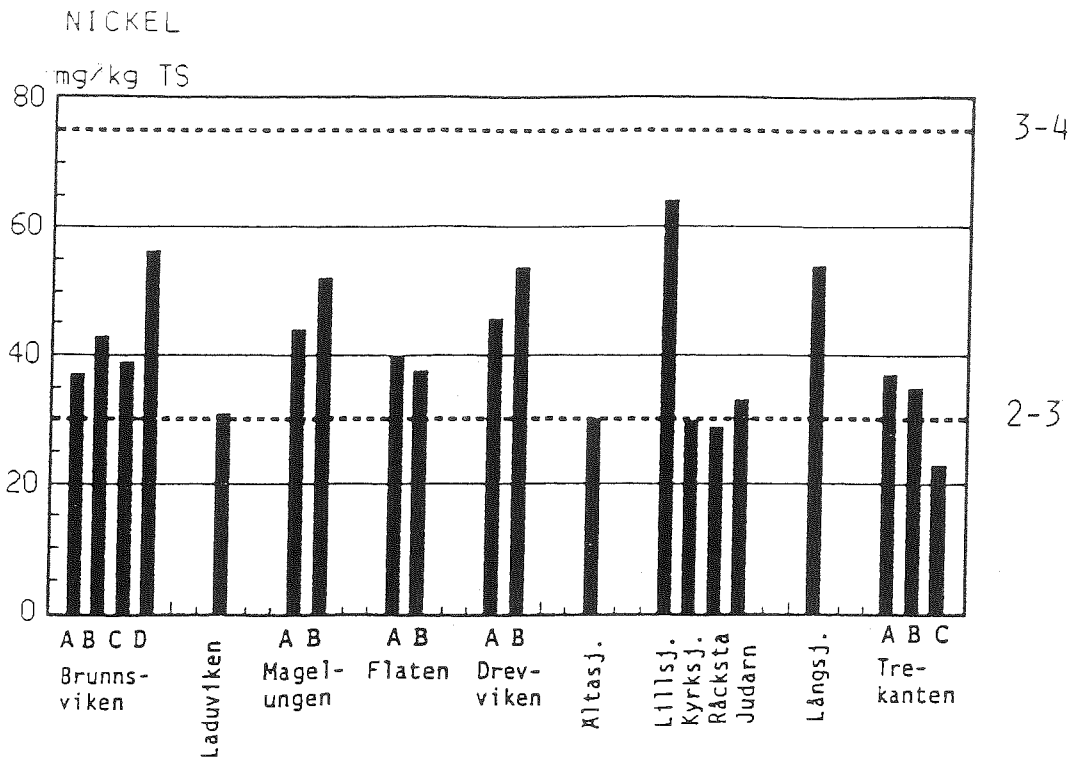
	Zn	Ni	Mn	Hg	Cr	Cu	Co	Cd	Fe
Pb	0.785	-0.152	-0.315	0.800	0.623	0.753	-0.205	0.644	0.202
Fe	0.042	0.411	0.446	0.074	0.482	0.168	0.751	0.223	
Cd	0.450	0.239	-0.507	0.728	0.870	0.242	-0.142		
Co	-0.170	0.586	0.631	-0.272	0.095	0.075			
Cu	0.579	-0.248	-0.265	0.329	0.307				
Cr	0.507	0.171	-0.231	0.702					
Hg	0.737	0.032	-0.308						
Mn	-0.168	0.249							
Ni	-0.120								

Tabell 2 B. Samband mellan metallhalter och torrsubstans (TS) resp glöddrest (GR), 0-2 cm.

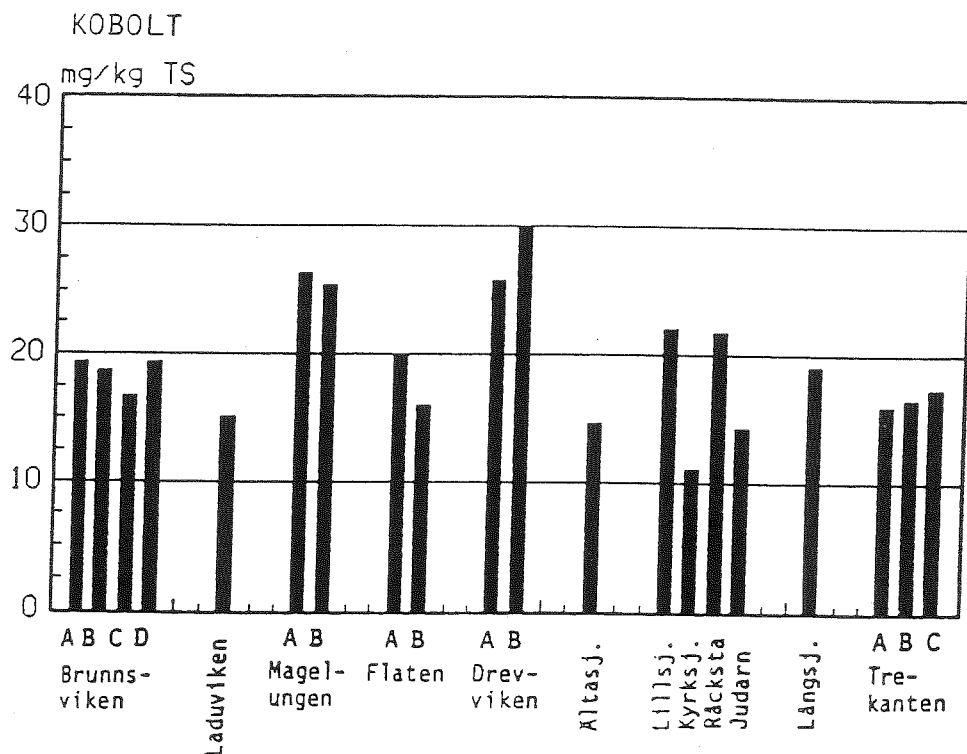
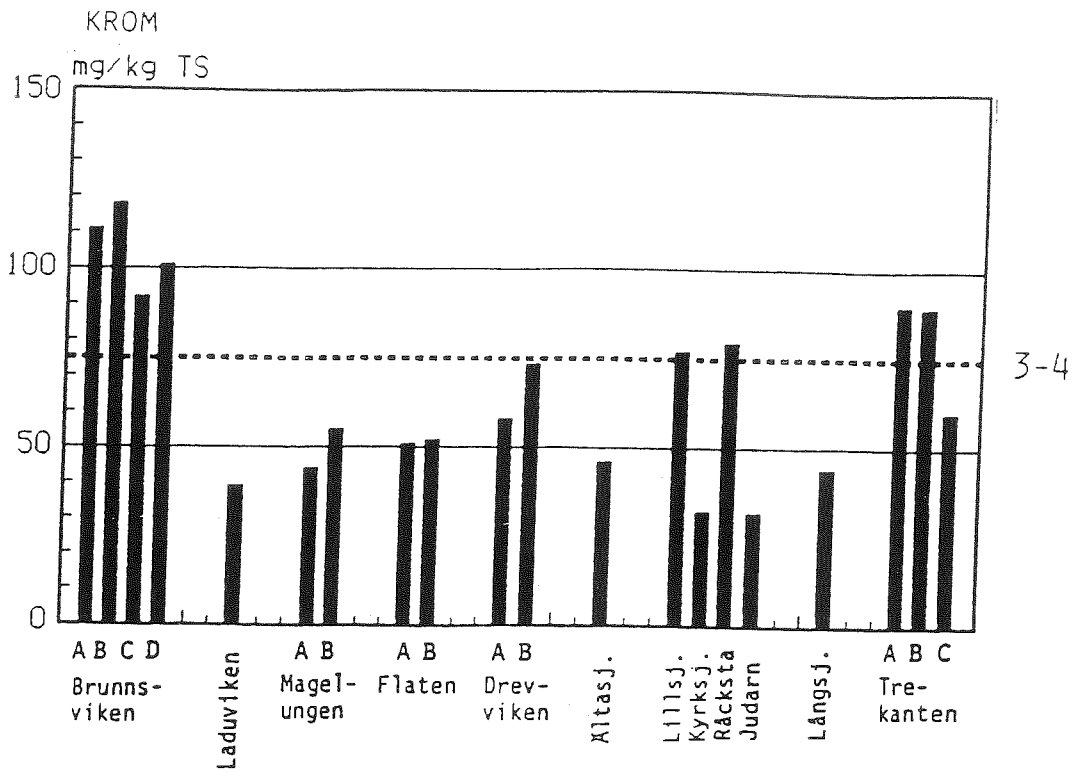
	TS	GR
Pb	0.098	0.340
Fe	0.350	0.435
Cd	0.086	0.372
Co	0.352	0.343
Cu	0.222	0.259
Cr	0.030	0.525
Hg	-0.190	0.185
Mn	0.162	-0.083
Ni	0.006	0.045
Zn	0.013	0.237



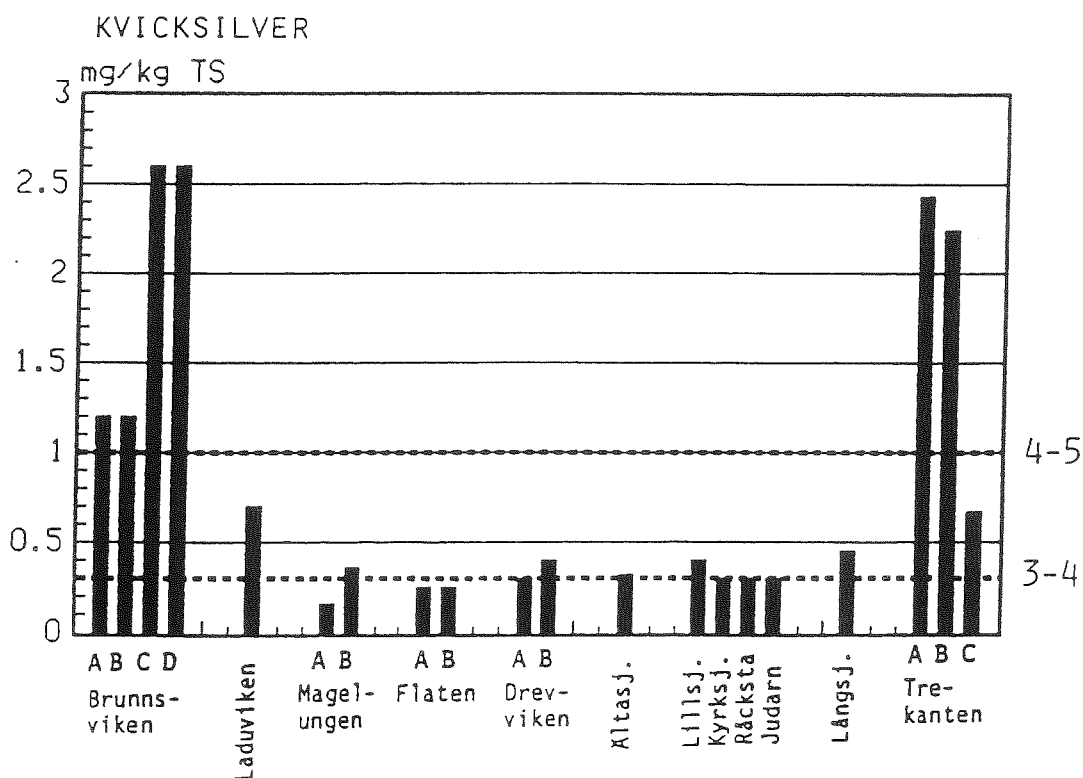
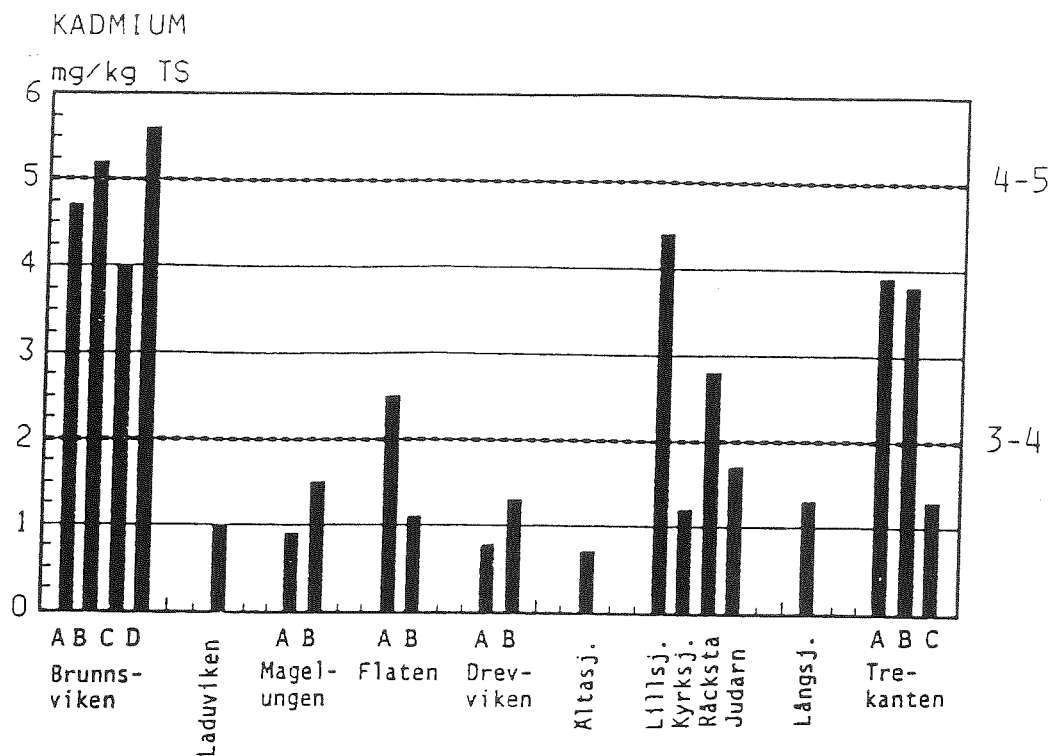
Figur 1 A. Halter av bly och koppar i skiktet 0-2 cm. Staplarna visar medelvärden av tre analyser. Samtliga analysvärden återfinns i Tabell 1. De streckade linjerna visar gränserna mellan de tillståndsklasser (SNV 1990) som anges med siffrorna till höger om figurerna.



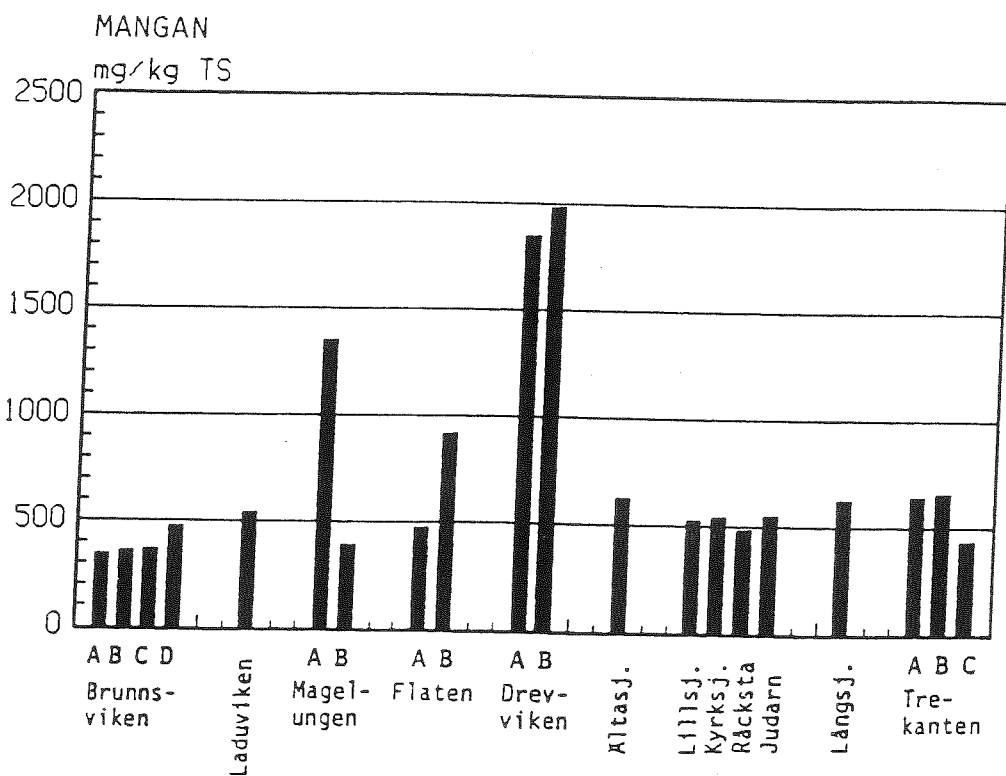
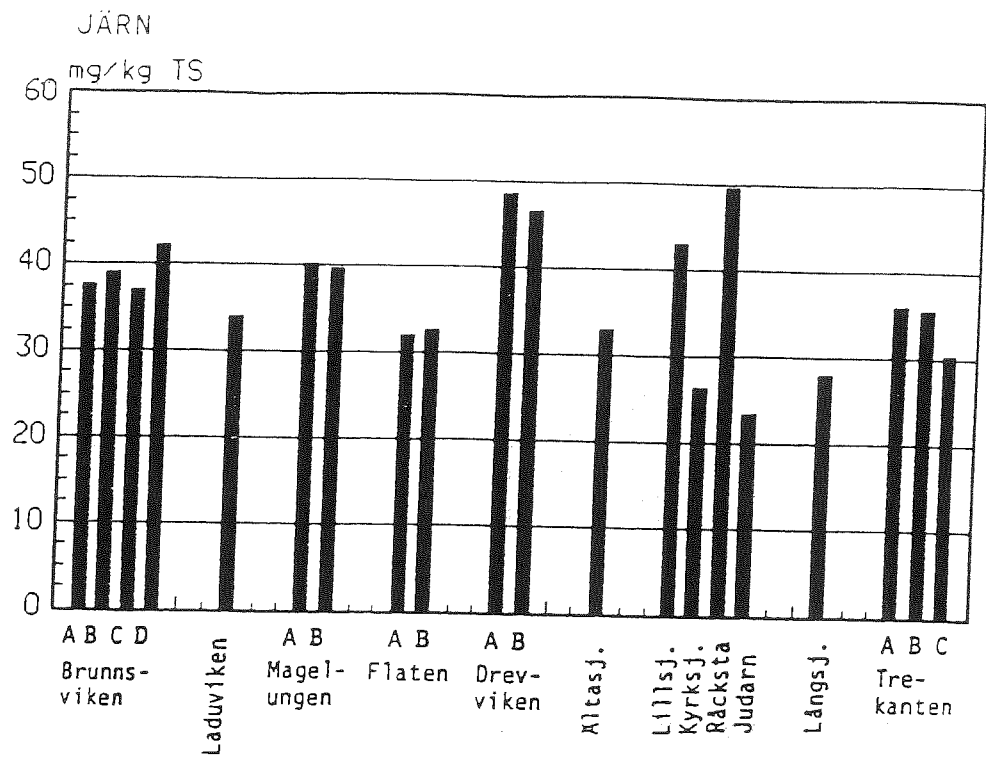
Figur 1 C. Halter av nickel och zink i skiktet 0-2 cm. Staplarna visar medelvärden av tre analyser. Samtliga analysvärden återfinns i Tabell 1. De streckade linjerna visar gränserna mellan de tillståndsklasser (SNV 1990) som anges med siffrorna till höger om figurerna.



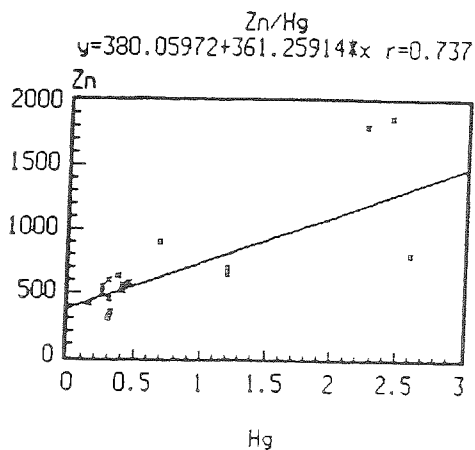
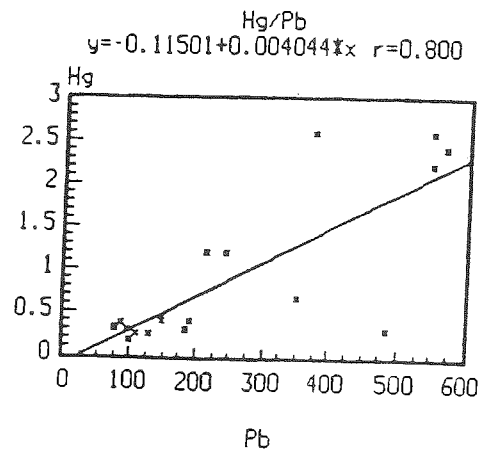
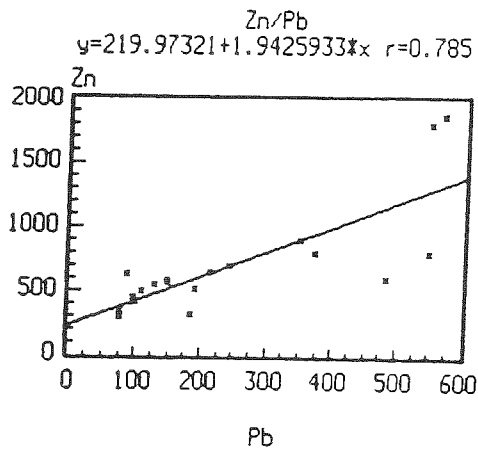
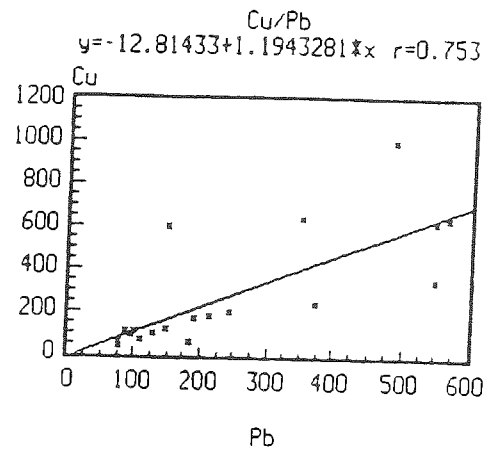
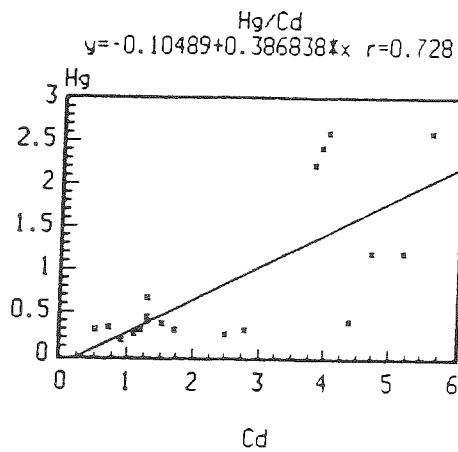
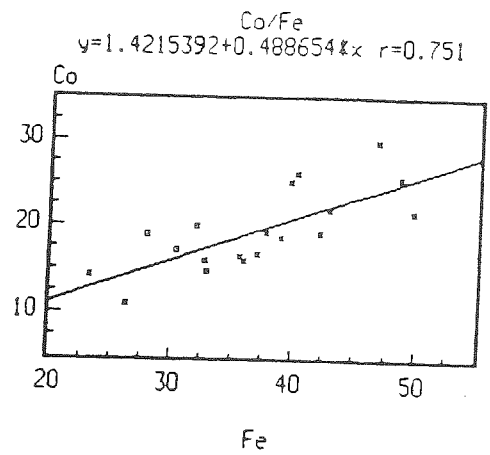
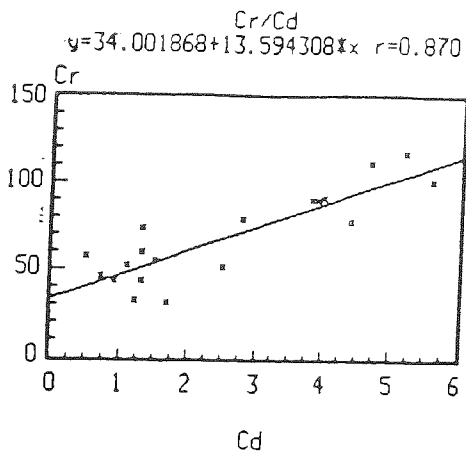
Figur 1 D. Halter av krom och kobolt i skiktet 0-2 cm. Staplarna visar medelvärden av tre analyser. Samtliga analysvärden återfinns i Tabell 1. De streckade linjerna visar gränserna mellan de tillståndsklasser (SNV 1990) som anges med siffrorna till höger om figurerna.



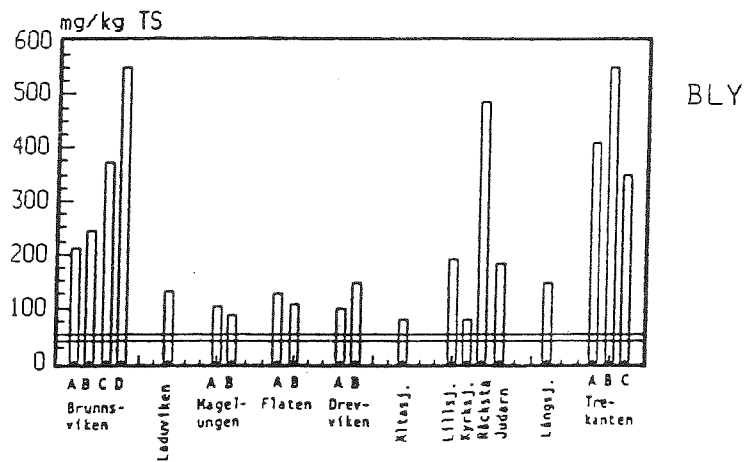
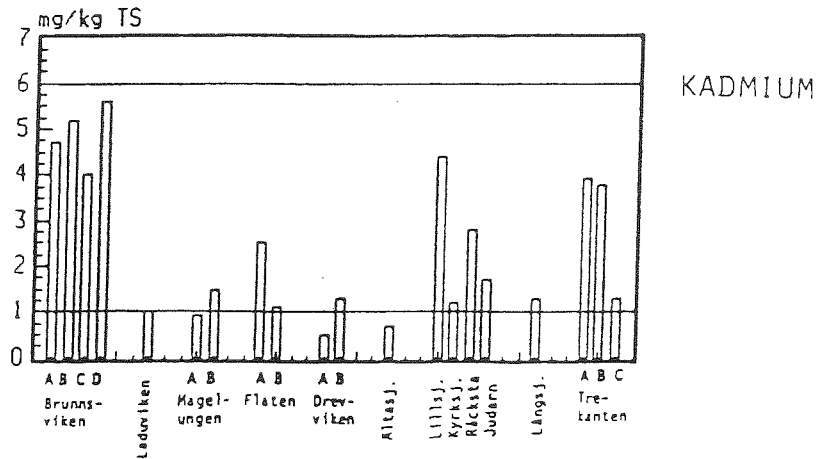
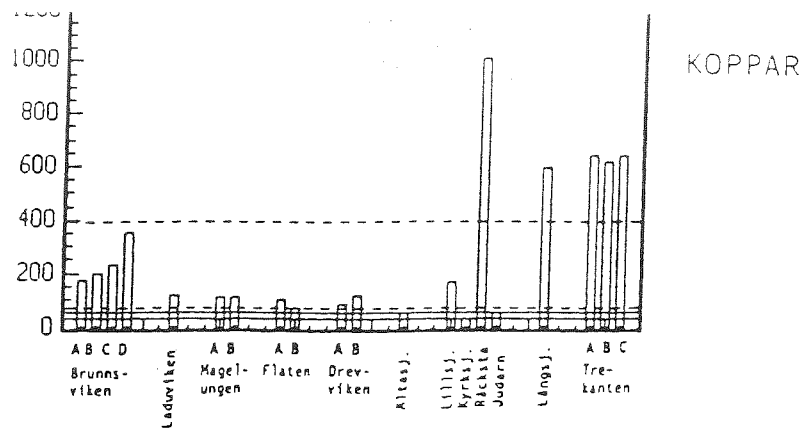
Figur 1 B. Halter av kadmium och kvicksilver i skiktet 0-2 cm. Staplarna visar medelvärden av tre analyser. Samtliga analysvärden återfinns i Tabell 1. De streckade linjerna visar gränserna mellan de tillståndsklasser (SNV 1990) som anges med siffrorna till höger om figurerna.



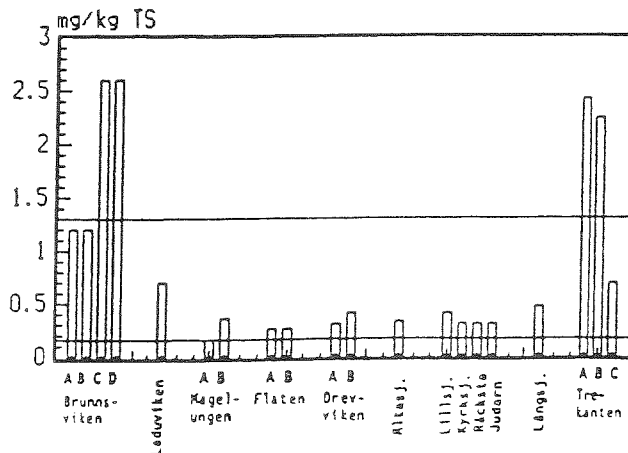
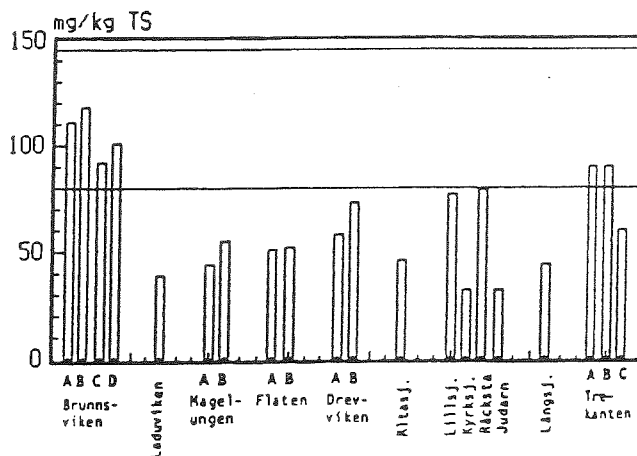
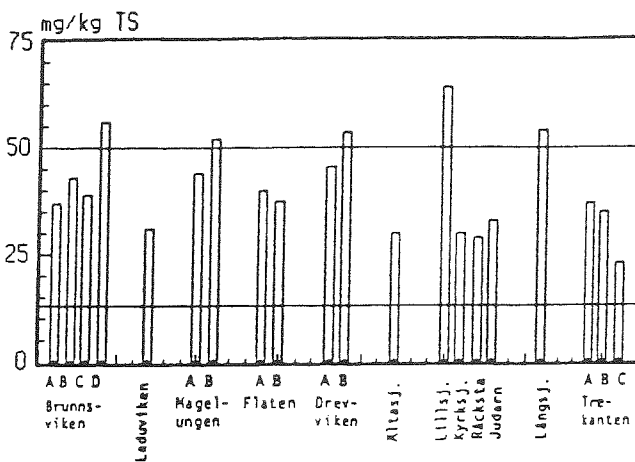
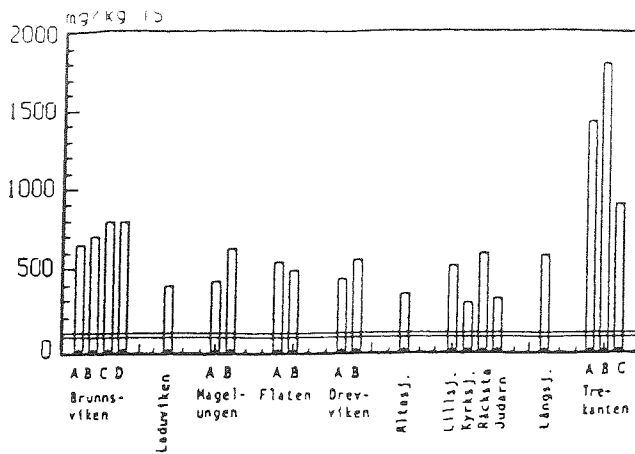
Figur 1 E. Halter av järn och mangan i skiktet 0-2 cm. Staplarna visar medelvärden av tre analyser. Samtliga analysvärden återfinns i Tabell 1.



Figur 2.
 Parvisa korrelationer mellan metaller där korrelationskoefficienten är >0.7. Samtliga samband presenteras i Tabell 2.



Figur 3 (1/2). Funna halter och nedre och övre gränsvärden för halter som antas ge biologiska effekter (heldragna horisontella linjer). Koppar, kadmium, bly, zink och kvicksilver enligt Pavlou (1987); nickel och krom enligt Long & Morgan (1990) liksom de streckade linjerna i figuren som visar kopparhalter.



Figur 3 (2/2).