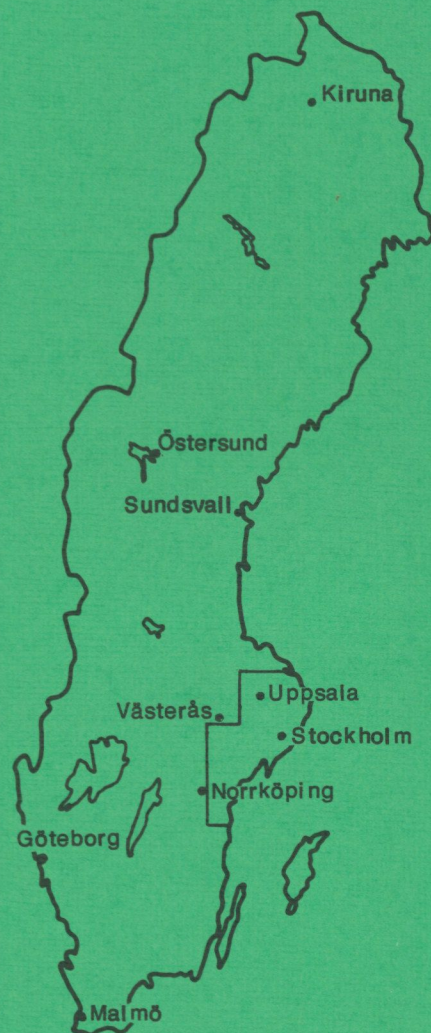




# Biogeokemiska kartan

## Tungmetaller i bäckvattenväxter



Biogeokemiska kartor i skala  
1:1 miljon över området  
8-10, G-J  
11-12, H-J

Arsenik	As	Molybden	Mo
Bly	Pb	Nickel	Ni
Kadmium	Cd	Selen	Se
Kobolt	Co	Uran	U
Koppar	Cu	Vanadin	V
Krom	Cr	Volfram	W
Kvicksilver	Hg	Zink	Zn

Lena Ekelund, Carl-Allan Nilsson  
och Harald Ressar

Uppsala 1993

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING  
Rapporter och meddelanden nr 75

# **Biogeokemiska kartan**

## **Tungmetaller i bäckvattenväxter**

Lena Ekelund, Carl-Allan Nilsson  
och Harald Ressar

Uppsala 1993

ISBN 91-7158-523-0

ISSN 0349-2176

© Sveriges Geologiska Undersökning

Tryck: MO Print AB, Uppsala 1993

## Innehållsförteckning

Geokemisk kartering vid SGU .....	4
Provmaterialet bäckvattenväxter .....	4
Provberedning och analysering .....	5
Databearbetning och kartframställning .....	5
Biogeokemiska kartprodukter .....	6
Användningen av de biogeokemiska kartorna .....	6
Utgivningsplan för de biogeokemiska kartorna .....	11
Biogeokemiska färgkartor 8-10, G-J, 11-12, H-J, 1:1 miljon .....	12
Berggrundsgeologi .....	26
Topografi och jordarter .....	26
Biogeokemiska kartans elementfördelningar som kan sättas i samband med berggrunden .....	27
Biogeokemiska kartans elementfördelningar som kan sättas i samband med mer eller mindre kalkhaltiga leror.....	28
Biogeokemiska kartans elementfördelningar som kan sättas i samband med mänsklig verksamhet .....	29
Summary in English .....	32
Referenser .....	33

Föreliggande rapport utgör en delpresentation av den rikstäckande biogeokemiska kartering som påbörjades 1982.

## GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Den geokemiska karteringen av Sverige bedrivs i syfte att visa fördelningen av kemiska huvudämnen och spårelement i mark och vatten. Vid kartläggningen används i huvudsak två typer av provmaterial för att åskådliggöra detta.

Den ena är bäckvattenväxter, som visar metallupptagningen i växtrötter och vattenlevande mossor i mindre bäckar och som återspeglar den genomsnittliga kemiska sammansättningen hos vattnet. Utgivningsplan över dessa biogeokemiska kartor visas på sidan 11.

Den andra är moränmaterial från C-horisonten, som återspeglar markens naturliga kemiska sammansättning. De första sådana markgeokemiska kartor utgavs 1988 över delar av mellersta Norrland.

Som komplement till de befintliga berggrundskartorna och för att underlätta tolkningen av de geokemiska kartorna, utförs spårelementanalyser av dominerande bergarter. SGUs geokemiska enhet har även ett antal fasta referensstationer utplacerade i landet, där kemiska förändringar i miljön registreras.

Tre fjärdedelar av landets yta beräknas med nuvarande resurser vara biogeokemiskt karterad om ca 20 år.

## PROVMATERIALET BÄCKVATTENVÄXTER

Biogeokemiska provtagningar av organiskt material i mindre vattendrag påbörjades i slutet av 1960-talet. Man startade i övre Norrland med syfte att spåra malmförekomster. Sedan dess har provtagningsmetoden utvecklats och förfinats till dagens provmaterial, bäckvattenväxter.

Ett prov av bäckvattenväxter består huvudsakligen av vattenlevande mossor, t.ex. näckmossa och av växtrötter, framför allt av halvgräs, älgört och tåg. Provsammansättningen har valts så att växterna i stort uppvisar samma upptagningsförmåga och är allmänt förekommande i landet. Till skillnad från minerogena bäcksedimentprover indikerar bäckvattenväxter på ett bättre sätt utsläpp av föroreningar. En annan viktig fördel med ett levande provmaterial, en s.k. bioindikator, är att resultaten visar den biotillgängliga metallhalten i vattnet.

Proverna tas i mindre vattendrag som till stor del består av grundvatten. Den kemiska sammansättningen hos detta vatten beror på en naturlig påverkan av mineralsammansättningen hos omgivande berggrund och lösa avlagringar samt på antropogena aktiviteter såsom utsläpp och nedfall av kemiska ämnen. Växter i och vid vattendragen får sin näring från det förbibrinnande vattnet. Utbytet av kemiska ämnen, t.ex. tungmetaller, mellan vattnet och växtrötterna är en långsam process där inverkan av t.ex. årstidsvariationer är av underordnad betydelse. Metallhalterna i varje prov representerar härigenom vattendragets genomsnittliga metallhalt och kan avspegla indirekt grundvattnets metallinnehåll och kvalitet.

En naturlig anrikning av tungmetaller sker vid utfällning och upptag av järn och mangan i växtmaterialet. Halterna av järn och mangan är inte direkt betingad av den geologiska miljön utan av pH-Eh-förhållanden i vattnet. För en geologisk tolkning av de geokemiska mönstren måste denna typ av variation av tungmetallerna korrigeras. Vidare måste hänsyn tas till den organiska halten för att man skall få en acceptabel jämförelse mellan proverna.

Varje provpunkt representerar ett relativt stort dräneringsområde. Provpunkterna har valts så att var och en av dem avspeglar tillförsel av metaller från en yta motsvarande

5–7 km<sup>2</sup>. Den lokala kemiska variationen minimeras genom att material från en kortare sträcka längs bäcken blandas till ett s.k. kompositprov. Provet rensas och sköljs noggrant i fält för att undvika inblandning av mineraljord.

### PROVBEREDNING OCH ANALYSERING

Bäckvattenväxterna torkas vid 105° C, vägs, inaskas vid 450° C under 12 timmar och vägs på nytt. Viktskillnaden används för beräkning av provets organiska halt. Provdelen som analyseras på kvicksilver och selen torkas endast vid rumstemperatur. Efter homogeniseringsmalning går proverna till analys.

Alla prover analyseras med röntgenfluorescens (XRF) på ett 30-tal element. För vart femte prov bestäms dessutom halterna av kadmium, kvicksilver och selen med atomabsorption (AA). I tabell 1 nedan anges analyserade ämnen och lägsta detekterbara halt.

En omfattande kvalitetskontroll är nödvändig vid hantering av stora mängder av analysresultat. I det fortlöpande analysarbetet finns kontrollprover inlagda, för att resultaten skall bli helt jämförbara.

TABELL 1. Analyserade huvudämnen och spårelement samt lägsta detekterbara halt.

XRF –	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	%	As	10 ppm	Rb	10 ppm	
	BaO	0.005	%	Cl	50 ppm	S	50 ppm	
	CaO	0.01	%	Co	5 ppm	Sr	10 ppm	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	%	Cr	5 ppm	U	5 ppm	
	K <sub>2</sub> O	0.01	%	Cu	5 ppm	V	10 ppm	
	MgO	0.02	%	Mo	5 ppm	W	5 ppm	
	MnO	0.005	%	Nb	10 ppm	Y	10 ppm	
	Na <sub>2</sub> O	0.03	%	Ni	5 ppm	Zn	5 ppm	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005	%	Pb	10 ppm	Zr	20 ppm	
	SiO <sub>2</sub>	0.05	%					
	TiO <sub>2</sub>	0.005	%					
	AA–	Cd	0.2	ppm	Hg	0.025 ppm	Se	0.05 ppm

### DATABEARBETNING OCH KARTFRAMSTÄLLNING

Sedan analyser, organiska halter och lägeskoordinater för proverna lagrats i databanker vidtar en omfattande databehandling. Varje prov ger en ansenlig mängd information, bl.a. analysresultat av 32 olika ämnen, som skall genomgå statistiska och matematiska beräkningar.

Som tidigare nämnts, har utfällningar som järn- och mangan-hydroxider samt den organiska halten en direkt inverkan på halten av olika tungmetaller i proverna. För att få analysresultaten (råvärdena) jämförbara, korrigeras de för ovan nämnda naturliga anrikningsfaktorer med hjälp av multipel stegvis regression.

Rutinmässigt framställs haltkartor av cirkelmodell i skala 1:250 000 och färgkartor i skala 1:1 miljon för 14 element.

Cirkelkartorna visar provpunkternas geografiska läge med angiven halt intill i ppm. På dessa kartor har de 40% högsta analysvärdena enligt percentilberäkning markerats med cirkelsymbol i ökande storlek ju högre elementhalt som uppmätts.

De färgkartor i skala 1:1 miljon som redovisas i rapporten ger en övergripande bild av områden med såväl höga som låga värden. Vid framställningen av färgkartorna används ett UNIRAS-relaterat dataprogram, som räknar om de geografiskt oregelbundet placerade provpunkternas analysvärden till ett regelbundet punktnät med interpolerade värden. Färgklassernas indelning är även här gjord med percentilberäkning, men den har utförts på punktnätets interpolerade värden. För klassindelningen har 10:e, 30:e, 50:e, 70:e, 80:e, 90:e och 95:e percentilerna för hela landets punktnät använts.

Haltfördelningarna på kartorna är baserade på ett analysunderlag från drygt 25 000 prover och omfattar alla tidigare karterade områden. I tabell 2 (sid.7), anges percentilvärden för analyserna från årets utgivning och från den hela karterade arealen benämnd "Riket".

Inom den redovisade kartan har 2554 prover tagits vilket ger en provtäthet på ca 1 prov per 7 km<sup>2</sup>. Vart femte prov har analyserats på elementen kadmium, kvicksilver och selen.

## BIOGEOKEMISKA KARTPRODUKTER

De biogeochemiska färgkartorna i denna rapport i skala 1:1 miljon omfattar 14 spårelement (sid. 12–25). De geokemiska mönstren visas för elementen arsenik, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, molybden, nickel, selen, uran, vanadin, volfram och zink.

Parallellt framställs också kartor av cirkelmodell i skala 1:250 000 för ovanstående element. Dessa kartor, som visar provpunkternas geografiska läge och analysvärde, utges med ett element per karta. Det redovisade området är uppdelat på 3 kartor (sid. 8) och kostnaden är 40 kronor per karta och element och kan beställas hos Geokemiska enheten, SGU, Box 670, 751 28 Uppsala eller per telefon 018-179 000.

Ovanstående kartskalor är standard vid publicering. Vid behov ombesörjs även kartframställning i andra skalor, för andra element eller elementkombinationer (t.ex. kvoter) till självkostnadspris.

## ANVÄNDNINGEN AV DE BIOGEOKEMISKA KARTORNA

Tungmetallhalterna i våra marker och vattendrag beror dels på hur mineralsammansättningen i jordlagren och berggrunden ser ut, dels på hur ett område är exponerat för miljöförstörning som t.ex. tungmetallutsläpp och försurning. Dessa parametrars samverkan påverkar de olika ämnens förekomst och spridning vilket återges i de biogeochemiska kartorna. Kartorna kan därför utgöra basinformation för ett flertal användare med vitt skilda intressen och inriktning.

Den sedan 1 juli 1987 gällande plan- och bygglagen (PBL) samt naturresurslagen (NRL) ställer stora krav på kommunernas långtidsplanering. För att kunna fullgöra sina åligganden på ett tillfredsställande sätt måste kommunerna i sin tur tillhandahålla aktuell basinformation om miljön och våra naturresurser. Det är i sammanhanget viktigt att ha de geologiska och geokemiska förhållandena klargjorda i kommande miljövardsdiskussioner. De biogeochemiska kartorna och undersökningarna ger information om dessa förhållanden.

Denna rapport ger endast en övergripande förklaring till de olika ämnens spridningsmönster. För en detaljerad tolkning erfordras oftast uppföljningsarbeten med en förtätad provtagning vars resultat tolkas tillsammans med god lokal kännedom om de olika påverkande faktorerna.

Den svenska berggrunden uppvisar stora naturliga variationer i mineralsammansättning. Det medför att tungmetallförekomsterna inom en region ibland kan vara så stora att de tolkas som föroreningar. I det omvända fallet då höga tungmetallhalter inom ett område inte kan förklaras av metallinnehållet i berggrunden eller i jordlagren kan man på goda grunder anta att de är orsakade av mänsklig aktivitet.

Erfarenheter från tidigare undersökningar har visat att bäckvattenväxternas metallinnehåll till stor del reflekterar den omgivande berggrundskemin. Metallanalyser från de olika bergarterna inom området finns blott sparsamt. Däremot visas i tabell 3 de generella elementassociationer man kan förvänta sig i olika bergarter. Man måste ta i beaktande att elementhalterna inom en och samma bergart kan variera kraftigt, liksom att variationen kan vara stor mellan två bergarter av samma slag, t.ex. två skilda graniter.

TABELL 2. Percentiler i ppm för respektive element inom karteringsområdet och inom hela den karterade arealen i riket.

Elem- ent	Om- råde	Antal analyser	Percentiler										
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
As	8-12,G-J RIKET	2554	22	29	34	40	47	55	65	78	103	134	232
		25201	<10	14	19	23	29	37	47	63	99	166	498
Cd		506	<0.20	<0.20	0.99	1.8	2.9	4.4	5.8	11	24	34	64
		4391	<0.20	1.1	1.8	2.3	2.7	3.3	4.3	6.1	13	22	59
Co		2554	35	47	56	67	79	99	130	179	294	425	907
		25201	26	41	49	55	61	71	87	121	207	325	643
Cu		2554	59	73	84	96	109	122	138	161	203	247	425
		25201	29	36	41	47	53	62	76	94	128	166	299
Cr		2554	29	38	44	49	53	58	64	70	79	87	106
		25201	24	29	34	38	42	47	53	60	71	85	123
Hg		506	0.008	0.012	0.018	0.022	0.028	0.033	0.039	0.046	0.056	0.067	0.090
		4397	0.011	0.022	0.031	0.039	0.048	0.057	0.067	0.083	0.106	0.128	0.184
Mo		2554	6	8	10	12	14	16	20	24	33	43	72
		25201	<5	5	6	7	8	11	14	19	30	43	88
Ni		2554	24	34	43	52	63	78	101	148	258	405	817
		25201	16	22	26	30	36	43	52	69	114	181	515
Pb		2554	<10	<10	14	24	35	44	54	68	98	162	373
		25201	17	34	46	56	66	78	95	129	211	322	709
Se		506	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.36	0.44	0.53	0.74	1.14	2.20
		4397	0.18	0.24	0.29	0.33	0.39	0.46	0.56	0.70	0.96	1.35	2.83
U		2554	7	14	20	26	34	43	55	77	122	165	304
		25201	<5	<5	<5	7	9	13	20	30	52	79	186
V		2554	63	80	93	104	113	124	136	151	180	212	315
		25201	65	79	90	99	108	119	131	147	179	224	385
W		2554	<5	<5	<5	6	7	9	11	13	19	28	63
		25201	<5	<5	<5	5	6	7	9	12	16	20	40
Zn		2554	105	199	261	324	391	475	600	798	1175	1831	3539
		25201	98	176	224	260	299	360	458	624	959	1480	3649



TABELL 3. Schematisk översikt av viktigare elementassociationer i olika bergartstyper.

Bergarter	Förhöjda halter	Låga halter
Graniter	Mo, Sn, W, K, Pb	Co, Cr, Ni
Sura vulkaniska bergarter	As, Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Hg, Se	
Basiska bergarter ( t ex gabbro, diorit, grönstenar )	Cr, Co, Ni, Cu, Ti, V	
Skiffrar	Ag, As, Au, Cd, Mo, Ni, Pb, Zn, Co, U, Cu, Se	
Sandstenar	Några generella associationer vad gäller redovisade element av vikt för den	
Kalkstenar	geokemiska tolkningen finns ej.	

Metoden att provta växtmaterial i syfte att spåra malmer är använd i Sverige sedan 1960-talet. Resultaten från dessa undersökningar har för malmprospektörerna lett till upptäckter av nya fyndigheter. Speciellt inom uranprospekteringen har fyndigheterna varit många genom att uranförlöjningar i växtmaterialet har kunnat följas upp med direktmätning av radioaktiv strålning i fält.

Påverkan från de kvartära avlagringarna på det geokemiska mönstret är störst när långtransporterade moräner innehåller bergartsmineral med väsentligt högre halter av något element än vad man har i den omgivande berggrunden. Källan till en elementförhöjning får i sådana fall sökas mot isrörelseriktningen. Inom Norrlands inland förekommer förhöjningar av bl.a. Pb, Mo och Ni orsakade av motsvarande förhöjda halter i långtransporterad morän innehållande material av sandstenar, skiffrar och grönstenar från fjällkedjan.

Inom områden med lerjordar erhålls förhöjda elementhalter då lerpartiklar är kollektorer för många element. Lerjordar är ofta uppodlade och där påverkas elementmönstret genom förekomsten av spårelement i gödnings- och bekämpningsmedel. Stora mängder tungmetaller har under senare tid spridits vid gödning med rötslam från reningsverk, samt vid kalkning med förorenat kalk innehållande bl a höga halter av vanadin.

Andra mänskliga aktiviteter som orsakar förhöjda tungmetallhalter är huvudsakligen utsläpp i mark, vatten och luft. En del av de industriella utsläppen i vatten återspeglas vanligtvis inte på de biogeokemiska kartorna, eftersom dessa utsläpp ofta sker i större vattendrag. Uppgifter om utsläpp och deras källor finns många gånger att tillgå hos miljö- och naturvårdsenheterna i länen och kommunerna.

Andra faktorer att ta hänsyn till vid tolkningen är förhållanden som berör topografi, grundvatten och dränering. För vissa län finns översiktliga hydrogeologiska kartor över grundvattenförhållandena.

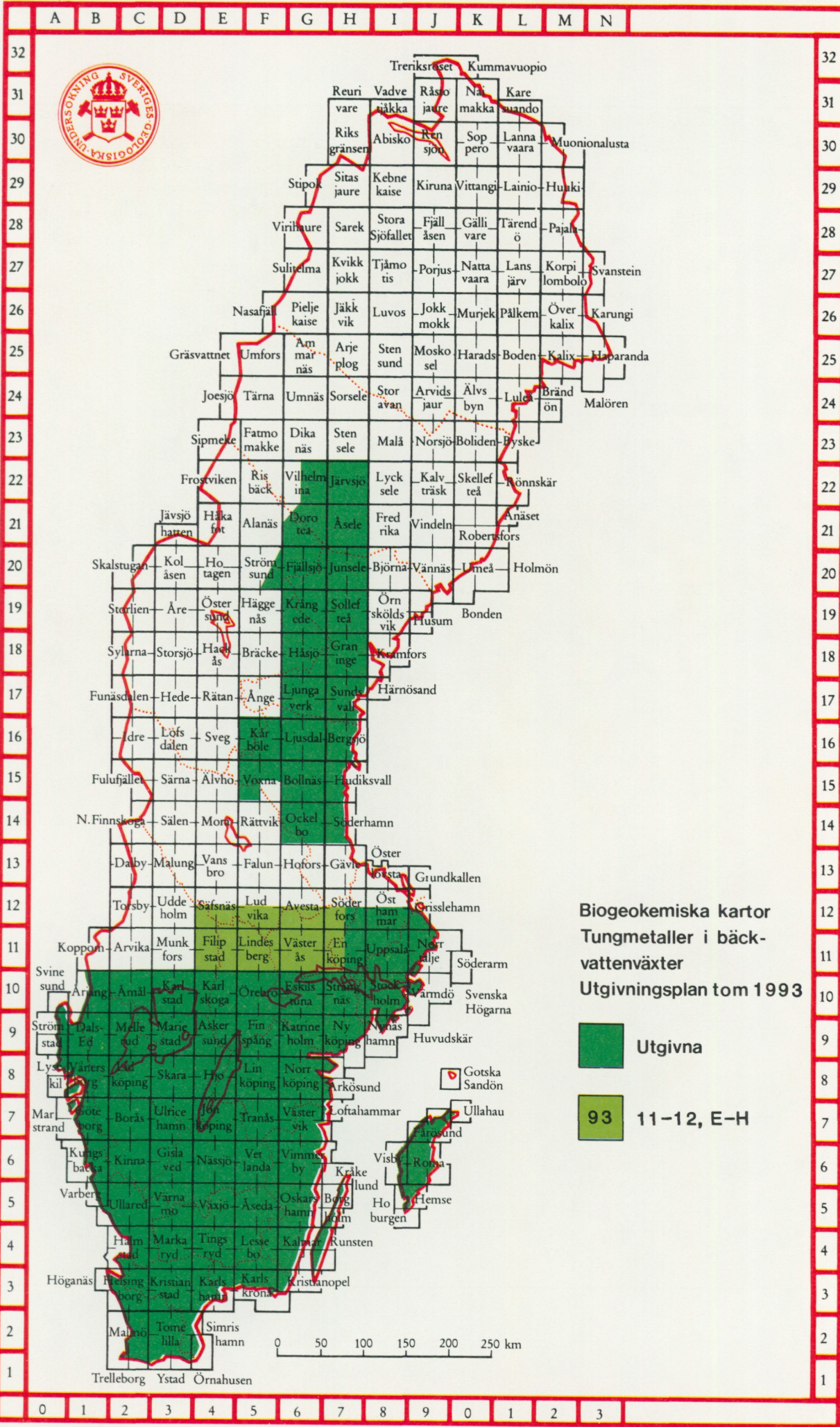
Tungmetaller som på olika sätt frigjorts ur jord och berg eller tillförts marken genom t.ex. vittring, utsläpp eller nedfall kommer att cirkulera mellan luft, vatten, mark och berggrund i ett evigt kretslopp. Utmärkande för tungmetaller är att de till skillnad från organiska miljögifter aldrig kan brytas ned eller förstöras. Det betyder att de tungmetaller som tillförs miljön i princip har evigt liv och när de en gång inlett sina kretslopp i naturen kommer de att fortsätta att finnas där i evig tid.

Detta är inte, som det kanske kan låta, enbart av ondo utan tvärtom nödvändigt för allt liv. De flesta metaller, även tungmetaller, är essentiella, eller livsnödvändiga, och behövs

för att biologiska processer skall fungera. Det är i höga doser som ämnena blir toxiska, eller giftiga, för organismerna. Därför är det viktigt att veta var tungmetallförekomsterna är störst eftersom naturen där med sina levande organismer kanske inte tål så mycket mer.

För närvarande pågår forskningsarbeten i syfte att sätta "fingeravtryck" på tungmetallförekomsterna. Med kännedom om hur tungmetallhalterna varierar i jord och berg samt hur upptaget eller tillgången för bäckvattenväxterna ser ut, kan man förhoppningsvis i framtiden bättre skilja utsläpp från naturlig förekomst.

Oavsett vad som förorsakat de höga eller låga metallhalterna i bäckvattenväxterna inom ett område så visar de biogeokemiska kartorna hur mycket av en metall som befinner sig i omlopp. Det faktum att metallerna tagits upp av ett levande material som växtrötterna, visar också att de finns i en för levande organismer tillgänglig form,

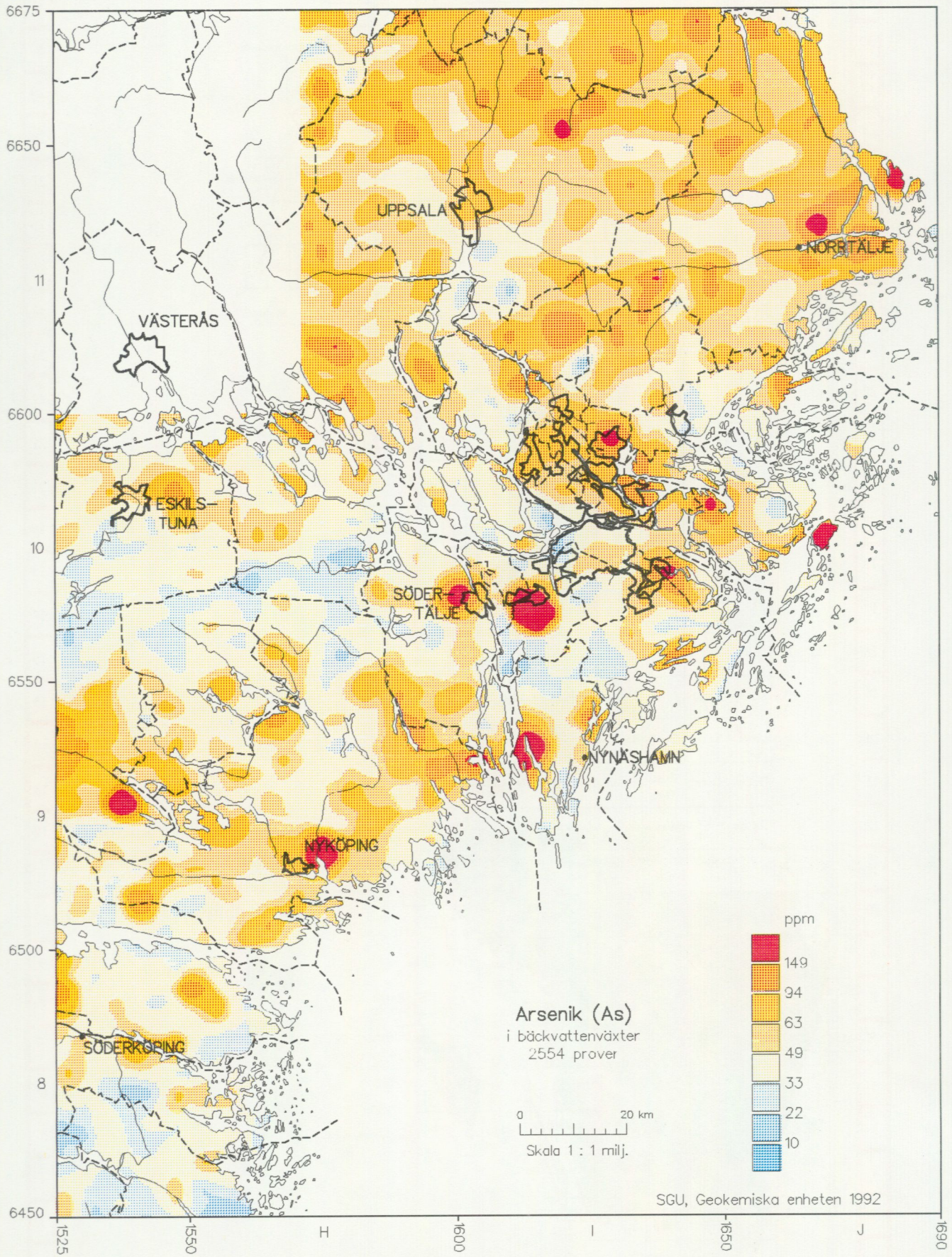


Biogeokemiska kartor  
Tungmetaller i bäck-  
vattenväxter  
Utgivningsplan tom 1993

- Utgivna
- 93 11-12, E-H

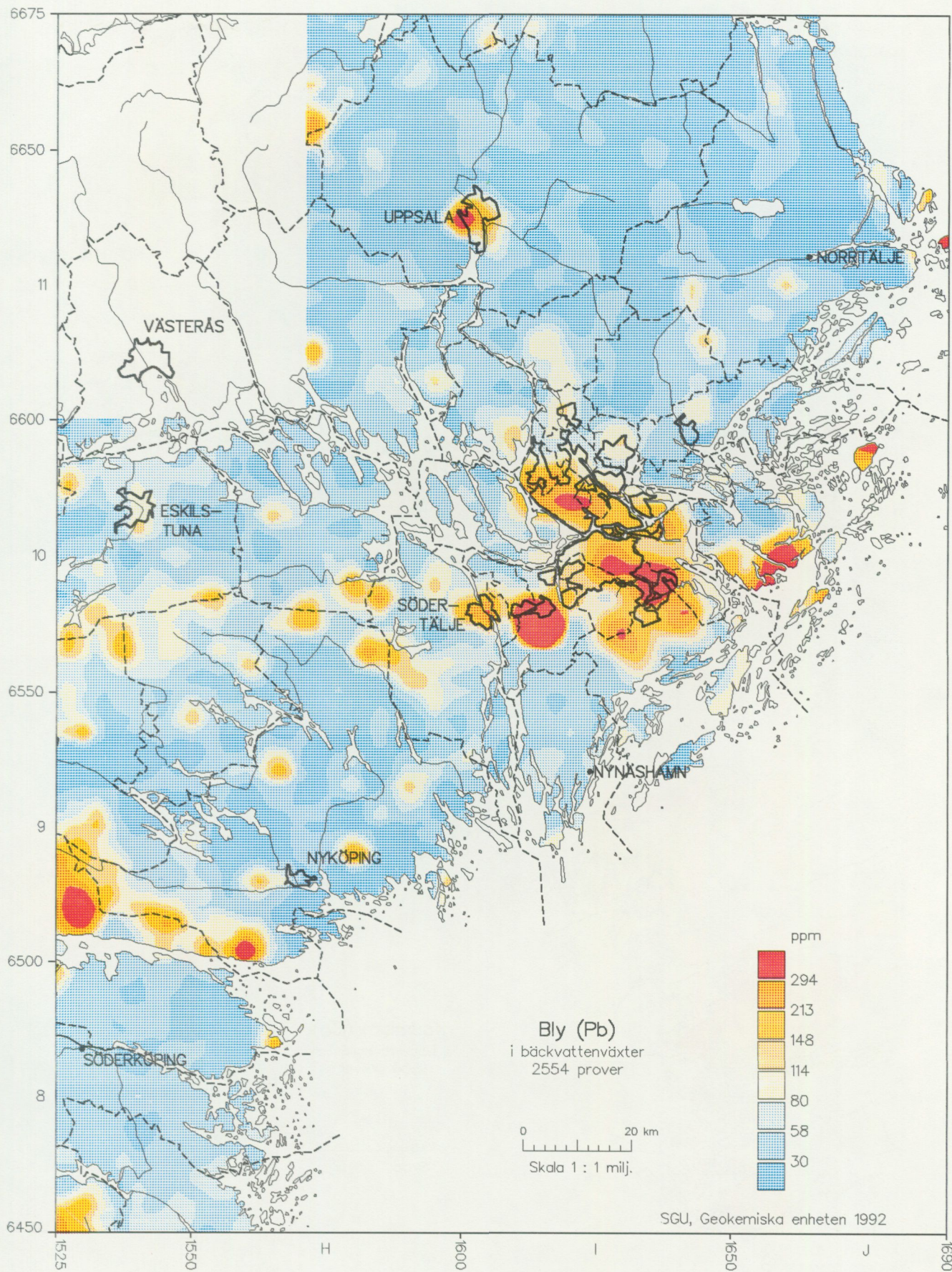
0 50 100 150 200 250 km

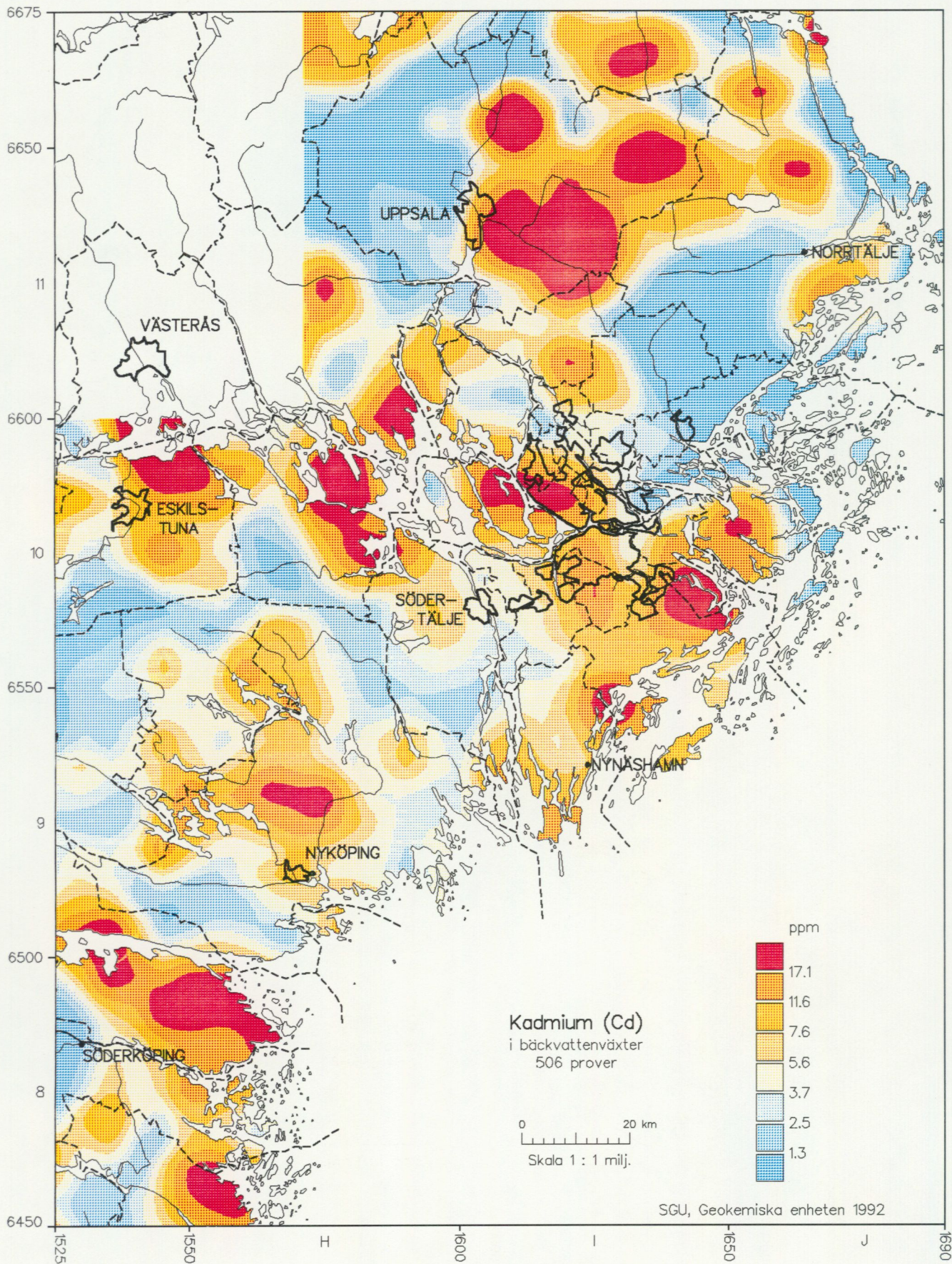
Trelleborg Ystad Örnahusen

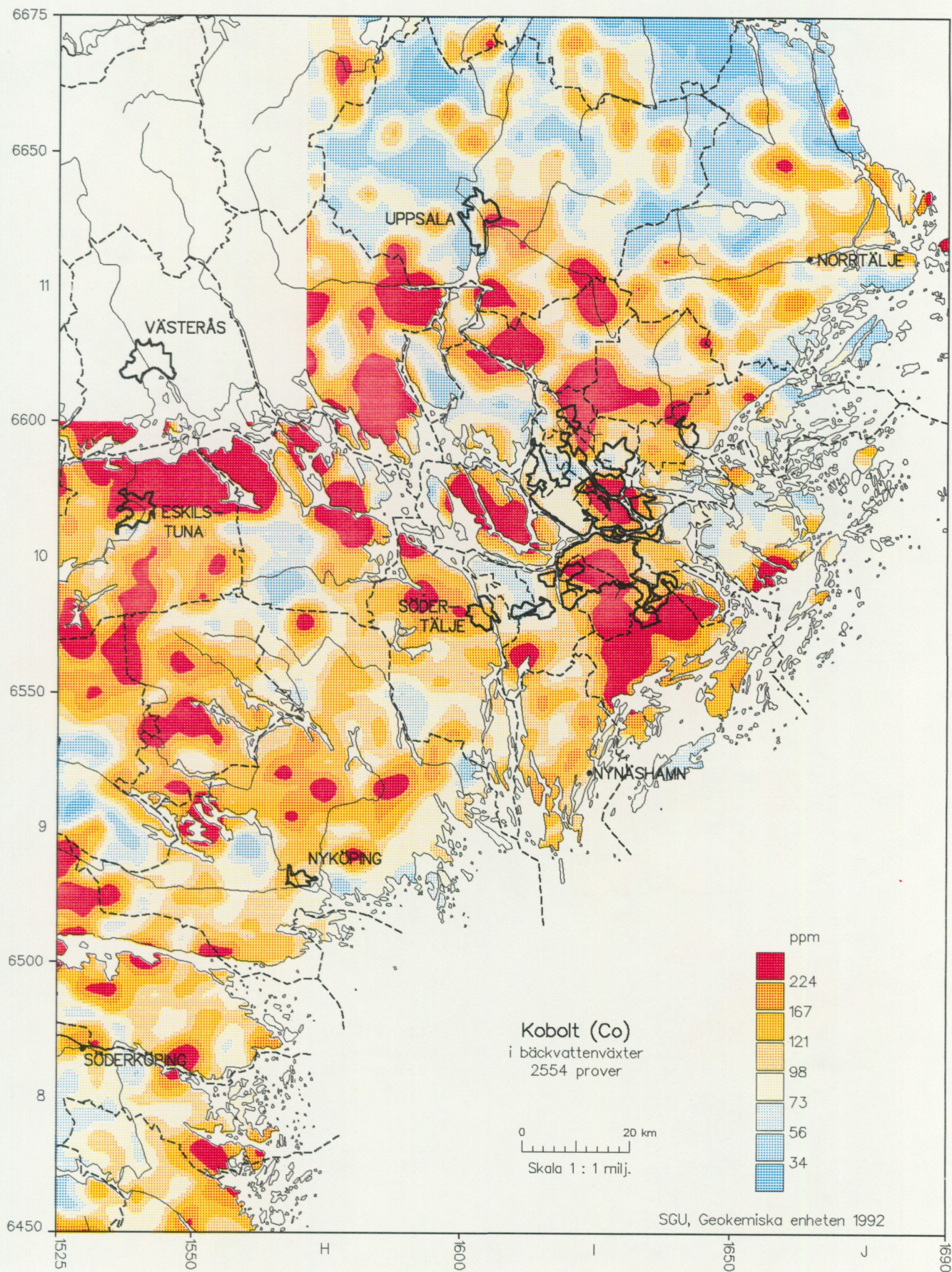


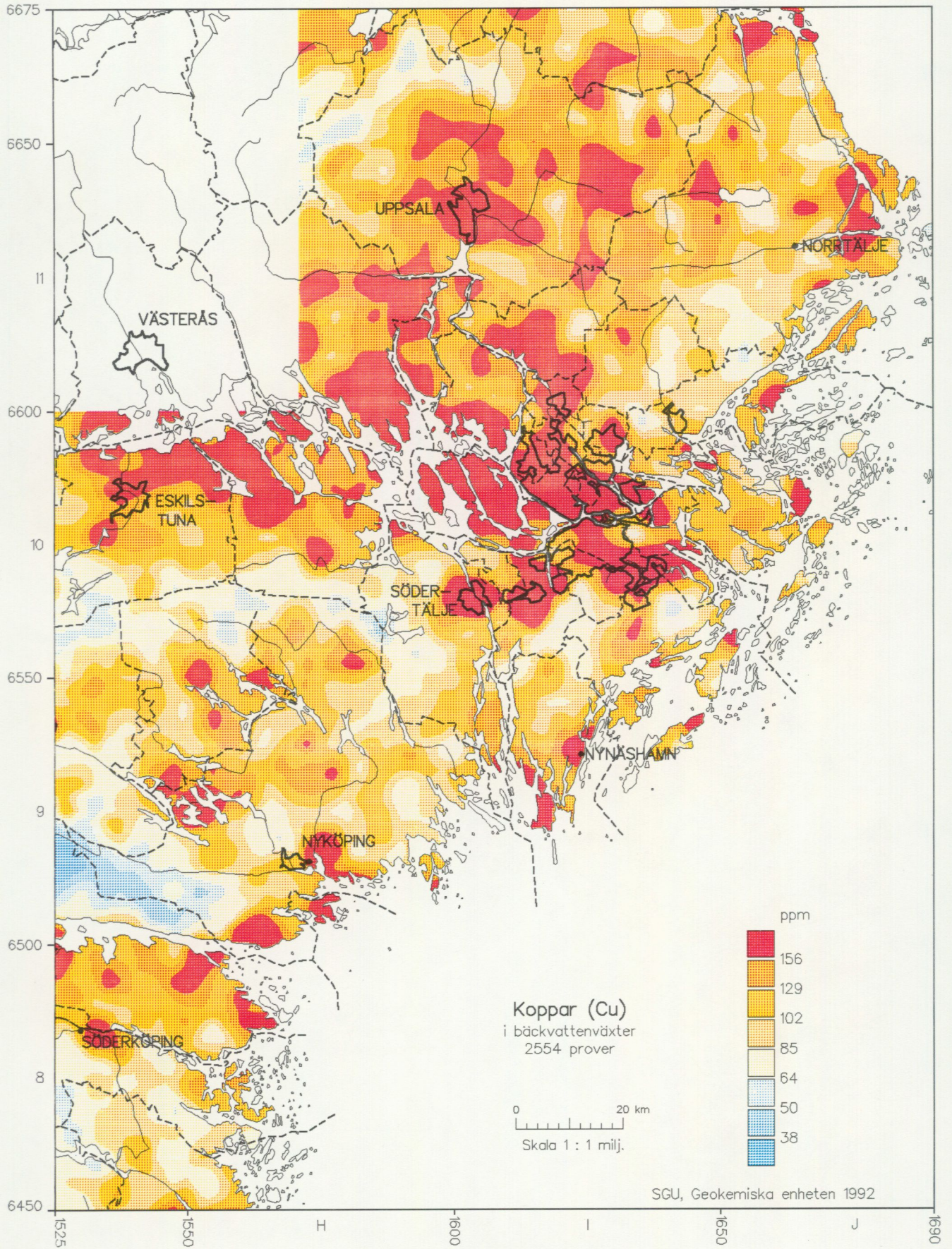
6675  
6650  
11  
6600  
10  
6550  
9  
6500  
8  
6450

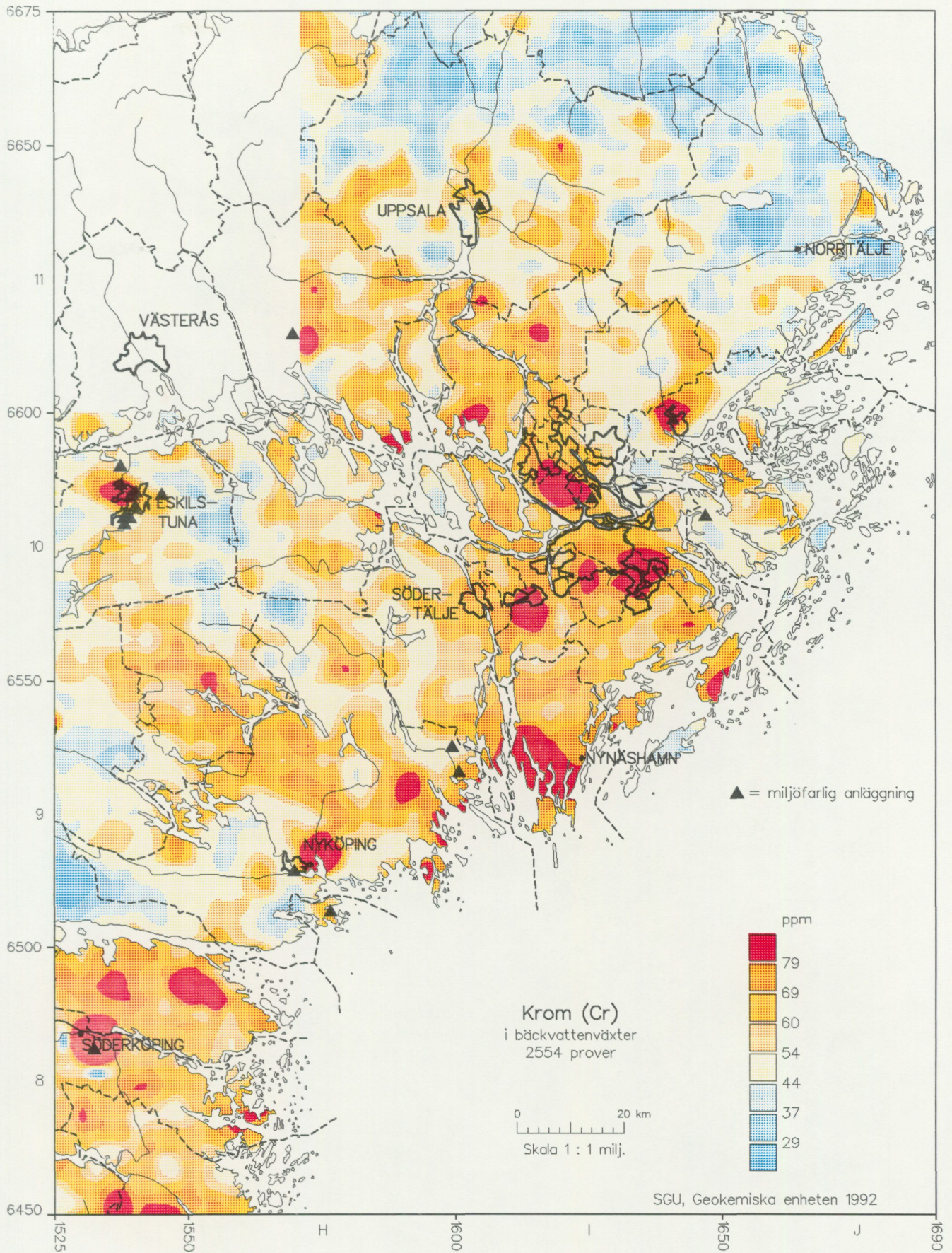
1525 1550 H 1600 I 1650 J 1690

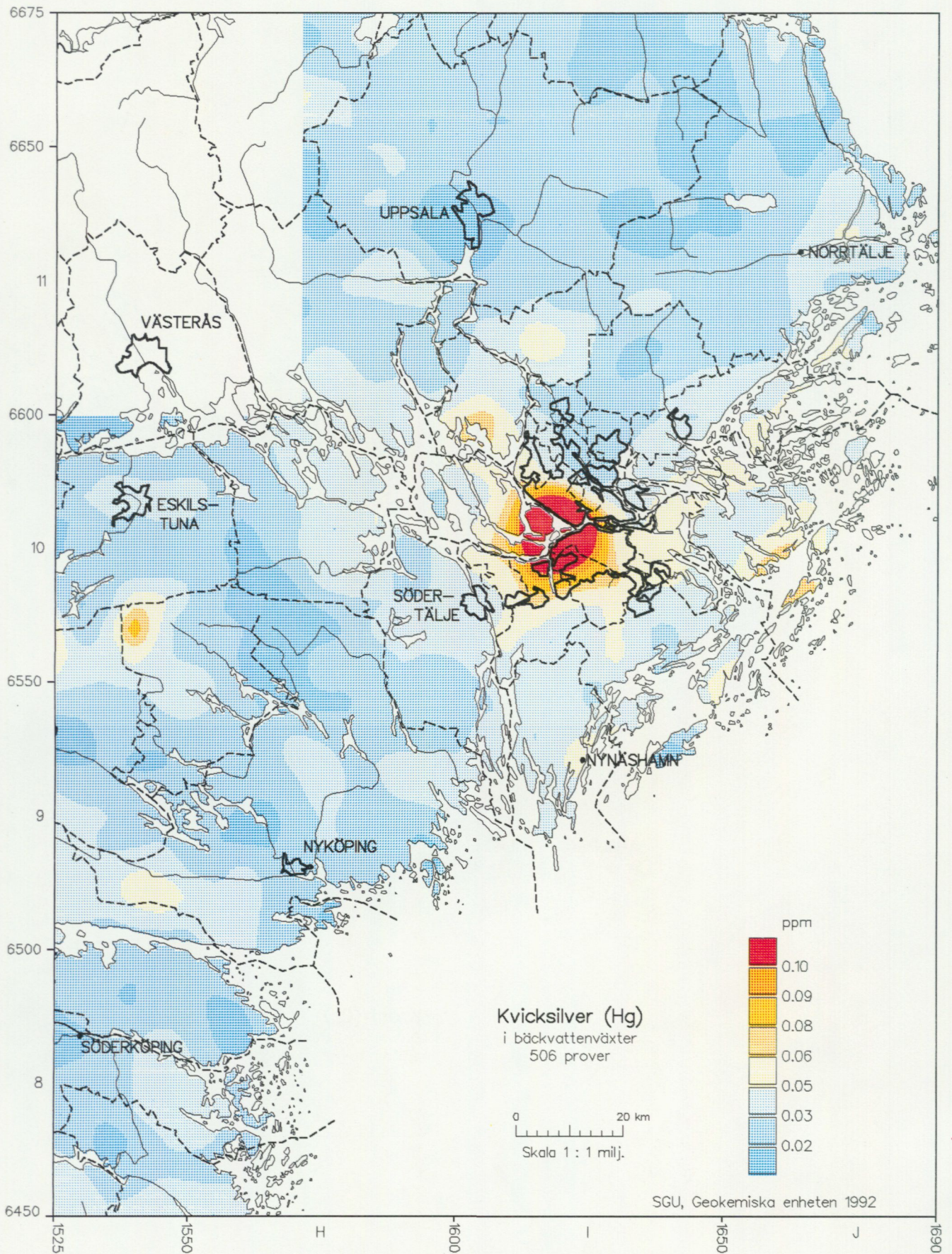


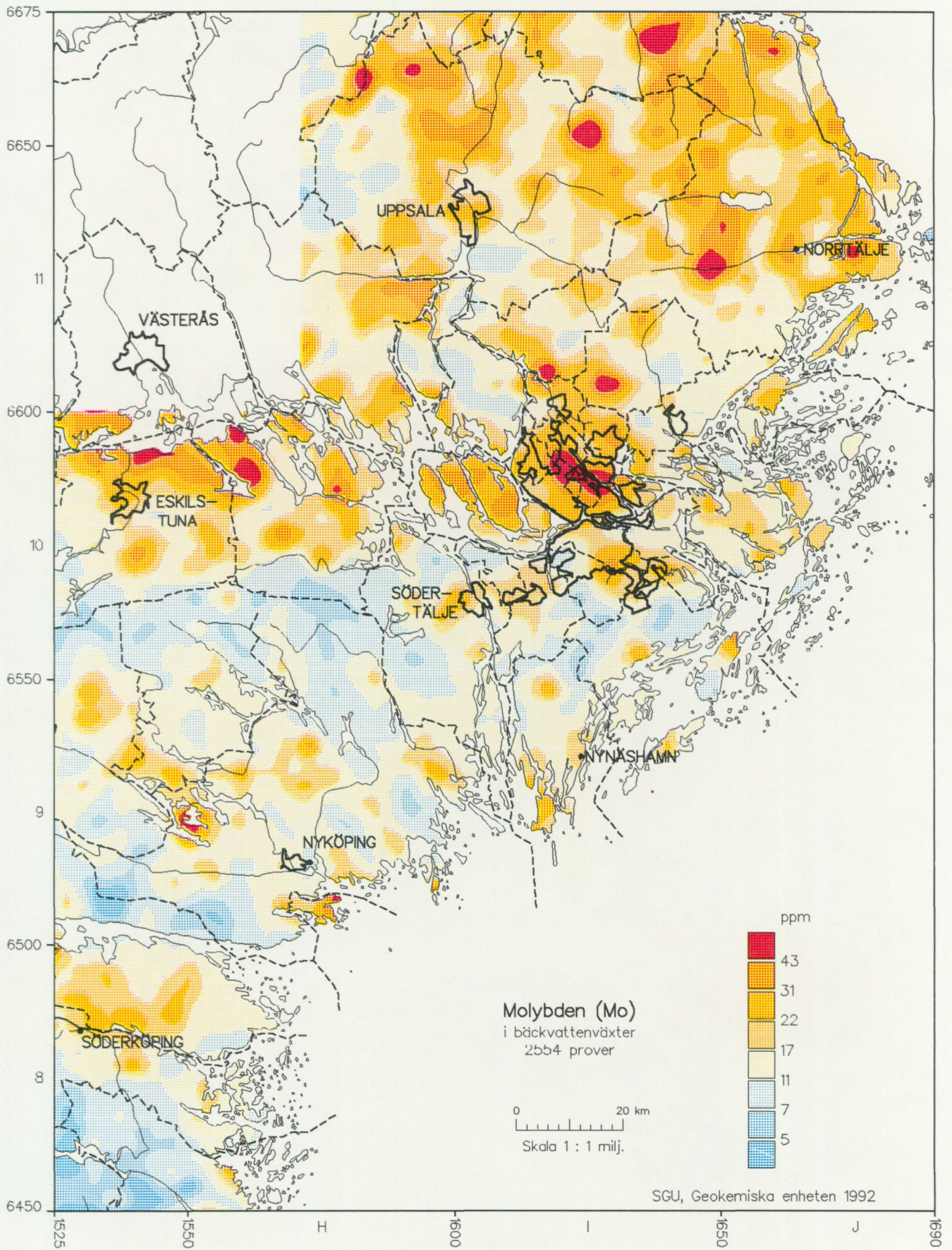












6675  
6650  
11  
6600  
10  
6550  
9  
6500  
8  
6450

1525 1550 H 1600 I 1650 J 1690

VÄSTERÅS

UPPSALA

NORRTÄLJE

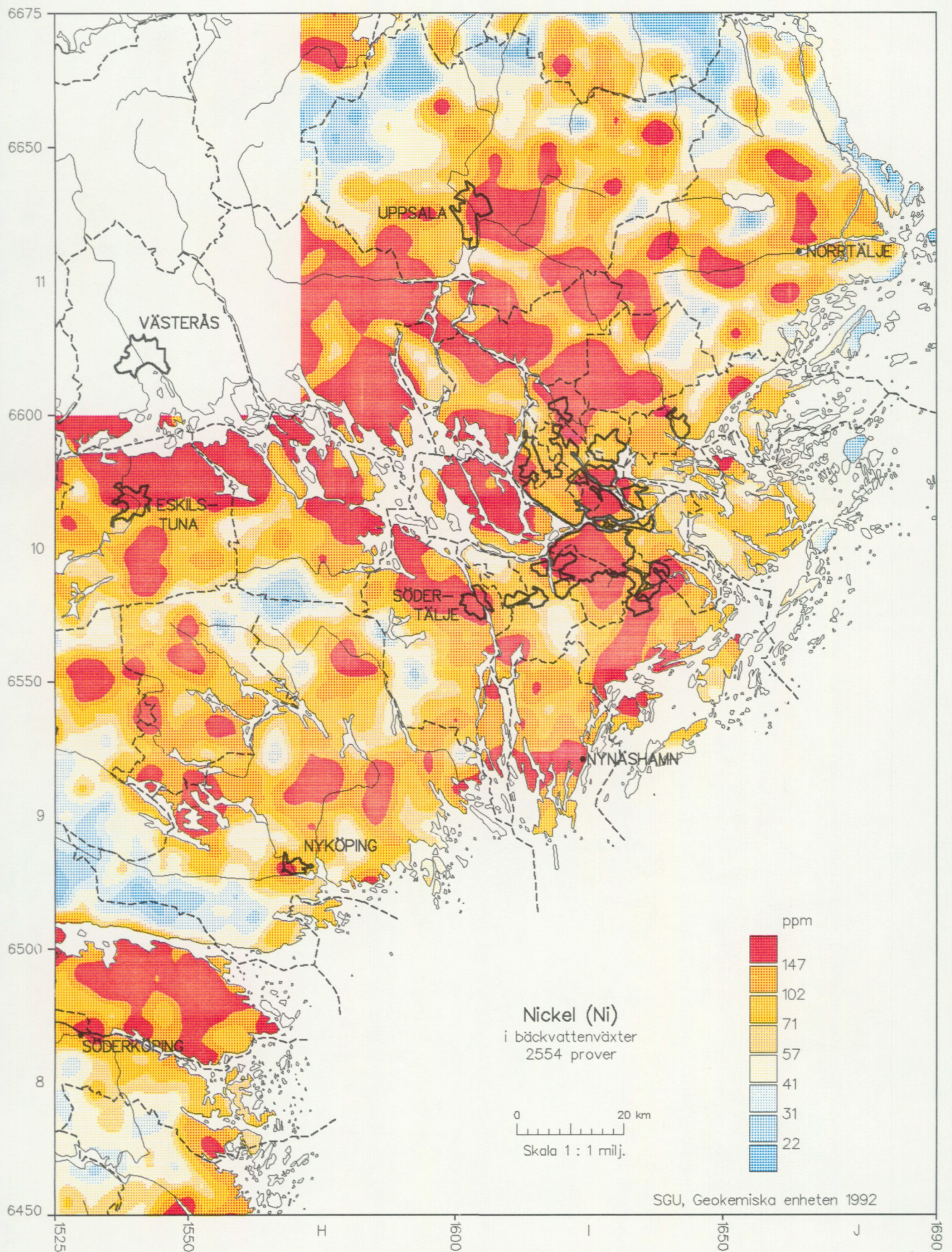
ESKILSTUNA

SÖDERTÄLJE

NYNÄSHAMN

NYKÖPING

SÖDERTÄLJE



6675  
6650  
11  
6600  
10  
6550  
9  
6500  
8  
6450

1525 1550 H 1600 I 1650 J 1690

VÄSTERÅS

UPPSALA

NORRTÄLJE

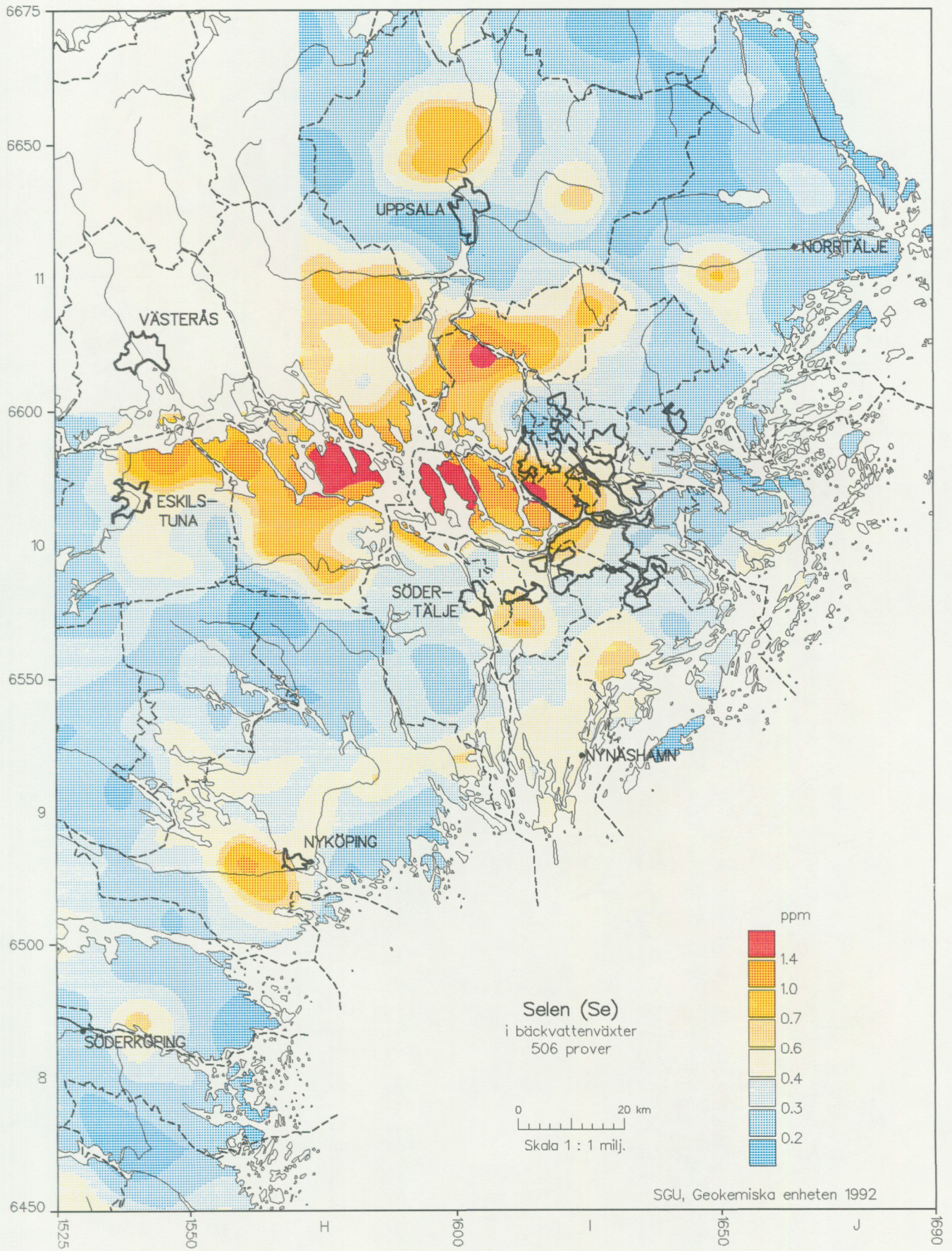
ESKILSTUNA

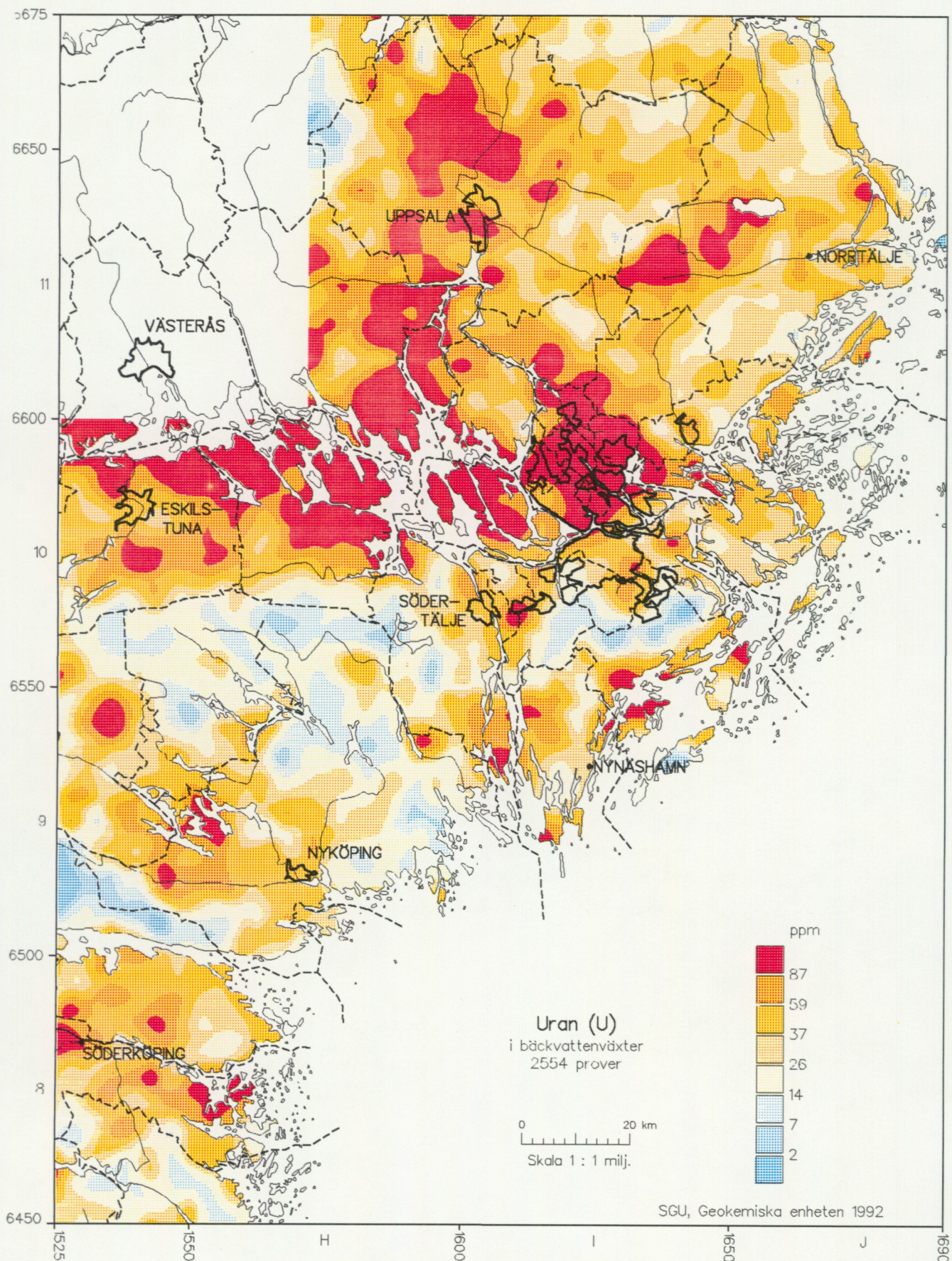
SÖDERTÄLJE

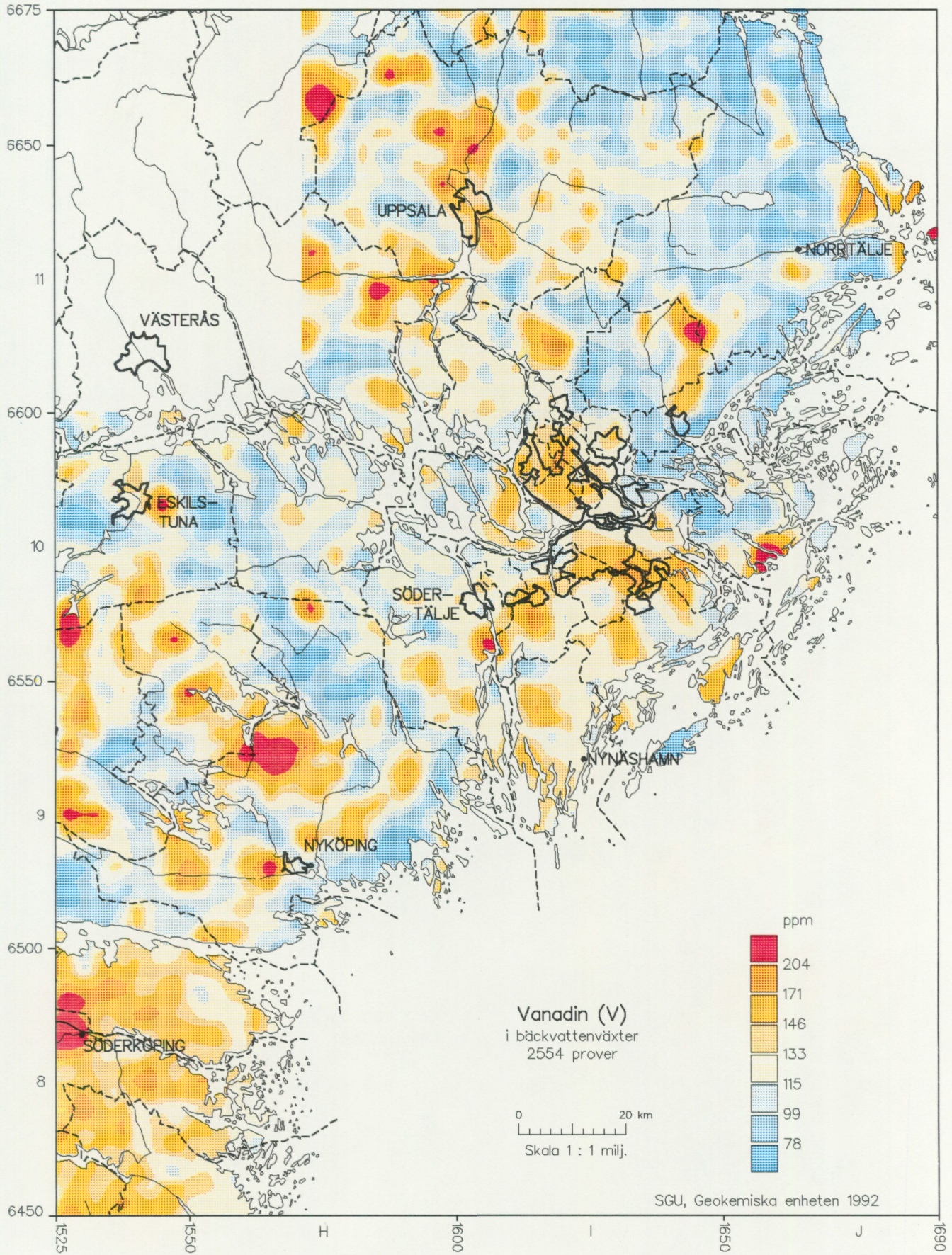
NYKÖPING

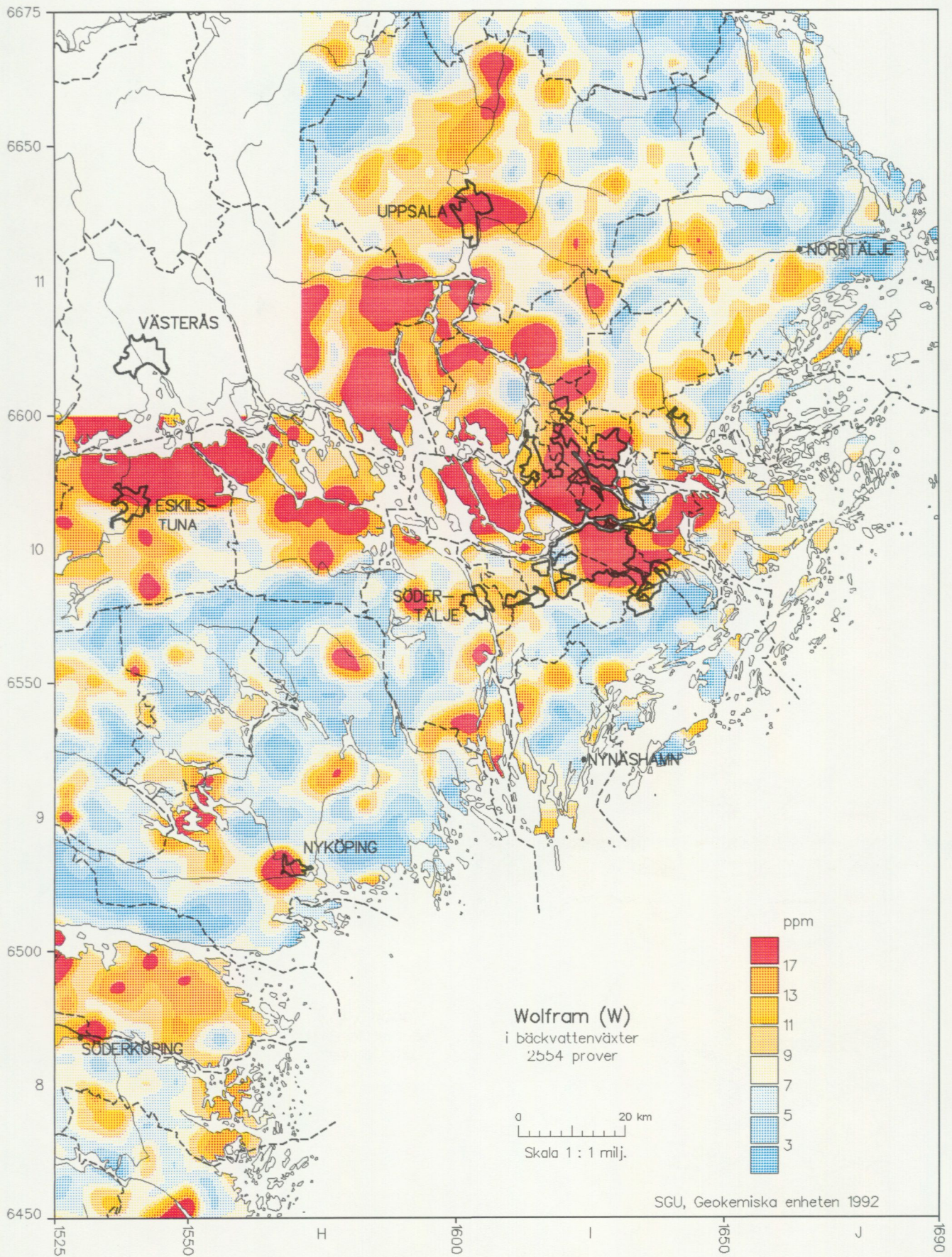
NYNÄSHAMN

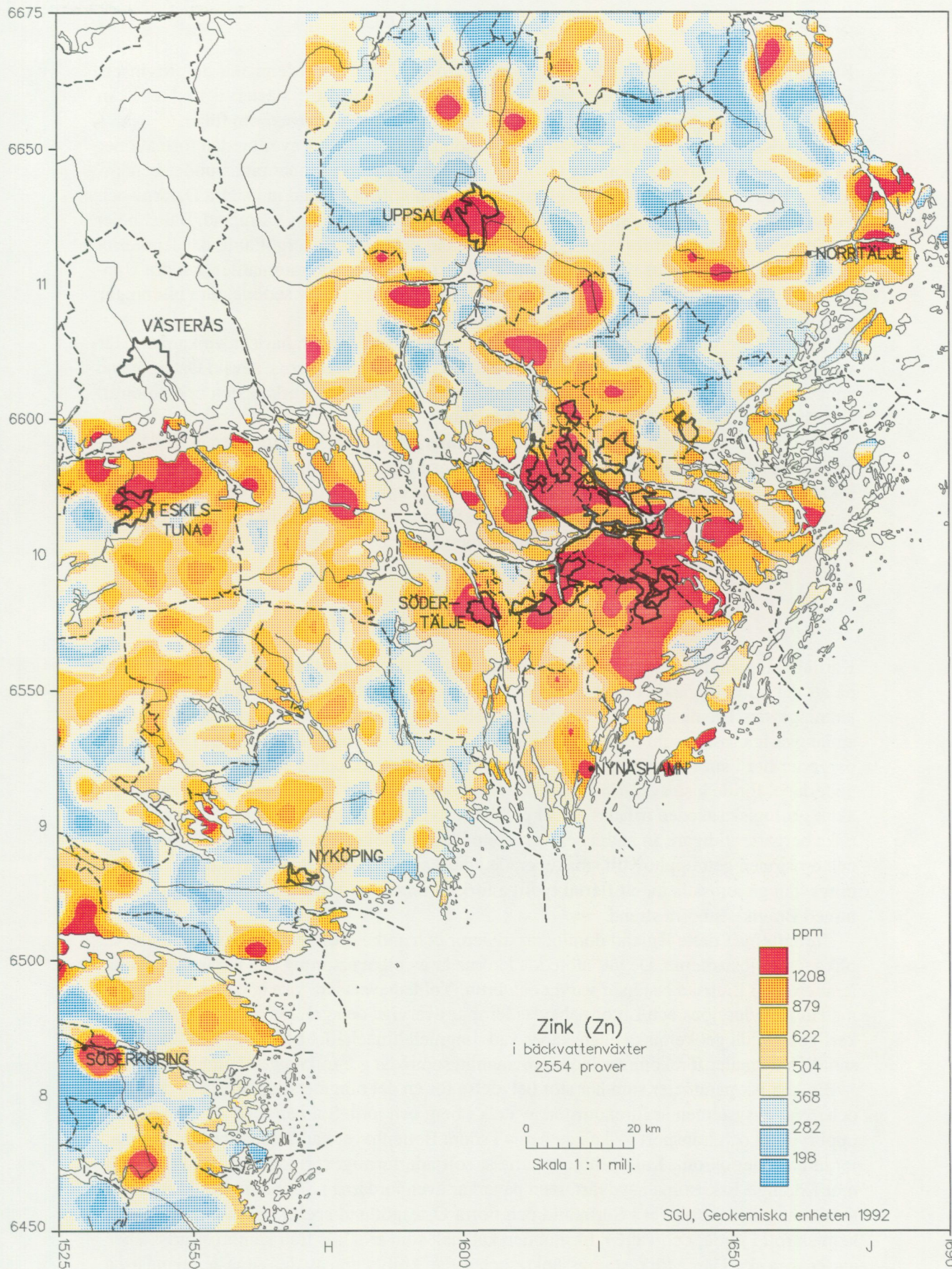
SÖDERKÖPING











## BERGGRUNDSGEOLOGI

Karteringsområdet omfattas av den södra regionen i den svekofenniska delprovinzen. Denna region, som sträcker sig från Norrlands sydgräns ned till Västervikstrakten, kan inom kartläggningsområdet berggrundsgeologiskt kortfattat beskrivas som följer.

De äldsta ytbergarterna inom kartläggningsområdet domineras av utbredda formationer av sura (kiselsyrarika) vulkaniter (ryoliter och daciter) som sammanfattas under benämningen leptiter. Dessa bildar ett bågformat bälte från norra Uppland in i södra Dalarna och vidare mot söder genom västra Västmanland till Närke och sydöstra Värmland. Bältet böjer sedan av mot öster och försätter genom Sörmland och norra Östergötland, där leptiterna genom ökad metamorfos till stor del omvandlats till gnejser och migmatiter. I södra Uppland och i Sörmland domineras de svekofenniska ytbergarterna av sedimentära bildningar som till stor del ådergnejsomvandlats (Sörmlandsgnejser).

I södra Östergötland uppträder formationer av intermediära och basiska vulkaniter. Här växellagrar amfiboliter med glimmerskiffrar och leptiter. I vulkaniterna, såväl i Östergötland som i Sörmland, förekommer ofta inlagringar i form av marmor (urkalksten och dolomit) samt lagerbundna järn-, mangan- och sulfidmalmer.

Tidiga granitbergarter, granodioriter och graniter, förekommer rikligt i den aktuella regionen. Det största massivet, Uppsalagraniten, finns i Uppland, och av ett flertal andra med lokala benämningar kan nämnas Vängegraniten (väster om Uppsala), Vätögraniten (vid Norrtälje) och Arnögraniten (vid Enköping). I Sörmland bildar de äldsta granitbergarterna avlånga band, som troligen är lagergångar i ytbergarterna.

## TOPOGRAFI OCH JORDARTER

Kartläggningsområdet sammanfaller med ett relativt flackt landskap. Detta landskap beror på att det underliggande urberget utgörs av en avjämningsyta, den s.k. subkambriska avjämningsytan. Denna nästan vågräta yta med obetydliga lokala nivåskillnader är resultatet av en långvarig erosion som föregick avlagrandet av bergarter yngre än urbergets. Dessa yngre bergarter har i sin tur eroderats bort (senast av inlandsisen), och den flacka ytan bildar nu underlaget för de lösa avlagringar som bildats under och efter den sista nedisningen. Under äldre geologiska skeden frilades en del partier av avjämningsytan från täcket av kambrosiluriska bergarter tidigare än andra och vissa områden har höjts, varvid den fortsatta vittringen och erosionen gett upphov till småkuperade landskap med utmejslade sprickdalar. Avjämningsytan genomsätts av ett flertal tydliga förkastningar, av vilka den bäst markerade går utmed Bråvikens norra strand.

Jordarterna i detta lågland domineras av leror och andra sediment som avsatts under de olika Östersjöstadierna. De vitt utbredda lerorna är av olika ursprung och karaktär. Glacialeran avsatt i Baltiska Issjön är varvig och brun, Yoldiahavets lera varvig och grå till gråröd medan Ancylussjöns och Littorinahavets leror är ovarviga och grå. De olika lerorna har säkerligen skilda geokemiska egenskaper vad tungmetallinnehållet beträffar. Det faktum att samtliga varianter förekommer inom provtagningsområdet gör tolkningen komplicerad.

En kemisk parameter som har stor betydelse för en del tungmetallers transport i grund- och ytvattensystemen är förekomsten av kalk i berg och jord. Som en följd av inlandsisens uppbrytning och transport av kalkstenarna i södra Bottenhavet kan kalkhalter förekomma i jordarna söder därom. Kalkförhöjningarna är solfjäderformigt spridda från Bottenhavet in mot Köping - Eskilstuna i sydväst, men påverkar även jordarna i Sörmland. Kalkförekomsterna knutna till urberget i Sörmland och norra Östergötland spelar också en viktig geokemisk roll i jordar och vatten, liksom den kalkhalt som erhållits från kambrosiluriska bergarter som skyddats i förkastningssänkor och sedan brutits upp av den senaste inlandsisen. Moräntäcket inom provtagningsområdet är obetydligt och ofta storblockigt.

## BIOGEOKEMISKA KARTANS ELEMENTFÖRDELNINGAR SOM KAN SÄTTAS I SAMBAND MED BERGGRUNDEN

### 1. Samband med urberget

De områden som här kommer ifråga är ytmässigt sett relativt underordnade och berör arealer med större del berg och med morän blottad. Hit räknas Ostkustens bergområde söder om Bråviken, Södertörns och Stockholms skärgårds bergområde samt i viss mån Upplands moränområden.

Kombinationen krom, nickel, kobolt, koppar och vanadin är kännetecknande för basiska och intermediära bergarter och finns företrädd inom området söder om Bråviken. Här är källan till dessa metaller i bäckproverna att finna i de basiska och intermediära inslag (dioriter och andesiter, ofta gnejsomvandlade) som förekommer spridda inom ett komplex av äldre granit och surare vulkaniter. Här uppträder ett flertal koppar- och nickelmineraliseringar, varav som exempel kan nämnas Arvidsberg och Å på Vikbolandet. En del av de "basiska" elementförhöjningarna som uppträder i proverna inom de mer välblottade delarna (berg och morän) av Sörmland och Uppland kan även de ha sitt ursprung i grönstenspartier i berggrunden. Försiktighet måste emellertid iakttas vid tolkningen av biogeochemiska kartans förhöjningar med Cr, Ni, Co och V (användes i stållegeringar), då äldre och nyare järn- och stålverk med anknytna industrier har varit verksamma inom regionen.

Elementkombinationen molybden, volfram och uran kännetecknar vanligtvis urbergets granitiska bergarter. Inom området kompliceras tolkningen av dessa ämnens förekomst genom närvaro av Östersjöleror med kalk och inblandning av kambrosilurbergarter i moränen. De mindre molybden- och volframförhöjningarna i centrala Uppland, Sörmland samt norra Östergötland kan ha ett direkt samband med berggrunden, förutsatt att berg och/eller morän föreligger som blottad yta uppströms i dräneringsområdet. Det är högst troligt att en stor del av den uranmängd, som avspeglas i de kraftiga förhöjningarna på den biogeochemiska kartan i Uppland och Sörmland, ursprungligen härrör från urbergets yngre granitiska partier inom provtagningsområdet.

Förekomsten av koppar, zink, bly, kadmium, kvicksilver och arsenik brukar i geochemiska sammanhang sättas i samband med mineraliseringar och malmer innehållande dessa metaller. Det aktuella området faller öster om och utanför Bergslagens egentliga malmprovins. I centrala och södra Östergötland har dock biogeochemiskt höga halter av metaller registrerats, vilka med all sannolikhet har sitt ursprung i vanligtvis smärre mineraliseringar i urberget.

Koppar, zink och bly markerar klart Tunabergs malmtrakt belägen i östra delen av Bråvikens norra strand. Blyförhöjningarna i de biogeochemiska proven kan genom tidigare undersökningar följas västerut mot Zinkgruvan och Åmmeberg och kan därför ha sitt ursprung som fattigare mineraliseringar i berggrunden. En faktor som kan förstärka den biogeochemiska kartbildens av förhöjda blyhalter är stråkets jordmån, vilken är magrare än de omgivande jordarna i norr och söder. En liknande effekt visar sig i ett ost-västligt stråk från Hjälmaren i riktning mot Södertäljetrakten. Dessa mindre blyförhöjningar kan härröra från urbergets blyglans-zinkblandemineraliseringar i urbergskalklinser av den typ som uppträder i Gnesta-Vagnhärad-Tullgarnsområdet. De senare är dock ej markerade på biogeochemiska kartan, förmodligen på grund av att eventuellt frigt bly i vissa topografiska lägen snabbt kan fällas ut i en alltför kalkrik miljö.

2. Samband med rester av den paleozoiska berggrunden, d.v.s. över urbergsytan avsatta kambrosilurbergarter.

Enligt berggrundsgeologiska översiktskartor föreligger inga iakttagelser som föranlett markering av kambrosiluriska bergarter inom det aktuella provtagningsområdet. Emellertid orsakar två utanför området liggande kambrosilurförekomster effekter som har stort inflytande på de ytgeokemiska resultaten i bäckvattnet.

a) Som tidigare nämnts har inlandsisen brutit upp paleozoiska bergarter i södra Bottenhavet varvid kalkhaltigt material förts söderut och förorsakat kalkinslag i jordarna i Uppland och Sörmland. Detta har fått till följd att den ytgeokemiska rörligheten av uran, molybden och volfram har ökat p.g.a. den alkaliska miljön och sålunda blivit mer tillgängliga i bäckvattnet.

b) En stor del av Östgötaslätten upptas av kambrosilurisk berggrund, som omfattar ett triangulärt område mellan Omberg, Roxens sydstrand och Motala. De paleozoiska bergarterna är nedsänkta efter förkastningar i urberget. I förlängningen via Roxen och Glan faller Bråviken, och enligt viss geologisk expertis är kambrosilur representerad även i denna förkastningssänka mellan Kolmården och Vikbolandet. Ytgeokemiskt resulterar detta i att vi söder om Bråviken har en kemisk påverkan liknande den som förekommer i västra Östergötland söder om de paleozoiska kalkstenarna och alunskifferna. Således kan metallinnehållet i proverna från Vikbolandet och söderut vara påverkat av uran, vanadin, koppar, molybden, volfram och kadmium från dessa yngre bergarters alunskifferar. Koppar och vanadin späder alltså ytgeokemiskt på den från urbergets grönstenar erhållna mängden av dessa två metaller.

Rörligheten av uran, molybden och volfram i yt- och grundvatten och mängden metall upptagen i bäckvattenväxterna reflekterar också jordarnas kalkhalt. Då dessa metallers löslighet ökar med med förhöjda Ph-värden, ökar även tillgängligheten för bäckvattenväxterna varvid höga halter av dessa ämnen erhålls.

#### BIOGEOKEMISKA KARTANS ELEMENTFÖRDELNINGAR SOM KAN SÄTTAS I SAMBAND MED MER ELLER MINDRE KALKHALTIGA LEROR

Som framhållits kännetecknas stora delar av provtagningsområdet av de i de olika Östersjöstadierna avsatta sedimenten. Två typer är marina, nämligen Yoldia- och Littorinalerorna. Lerornas dominans över moränerna är särskilt markant inom vissa delar av kartområdet. Speciellt utmärkande är Mälarbäckens ler- och moränområde med 40 % lera och 30% morän, som även täcker stora delar av västra Uppland. Även underordnade inslag av glacial- och moränleror har en geokemiskt märkbar inverkan på ett områdes spårmetallinnehåll i bäckvattenväxterna, t.ex. i Upplands morän- och lerområde, i Södermanlands morän och lerområde, i Södertörns och Stockholms skärgårds bergområde och vidare i Ostkustens berg och lerområde.

#### 1. Geokemiska parametrar som indikerar speciellt marina leror

Selen är det spårelement som säkrast kan bindas till havssediment. Orsaken är att elementet relativt omgående avlägsnas från havsvattnet och bindes till sedimenterande lerpartiklar. Vid landhöjningen efter istidens slut har dessa leror utsatts för kemisk och mekanisk erosion, varvid elementet gjorts tillgängligt för de växter som utgör det biogeokemiska provet.

## 2. Geokemiska parametrar som indikerar samtliga lertyper.

Ett studium av översiktliga kvartärgeologiska kartor samt översikter av områdets jordmåner visar helt entydigt ett klart geografiskt samband mellan utbredningen av leror (med mer eller mindre utpräglad brunjordskaraktär) och förekomsten av tungmetallerna koppar, nickel, kobolt, krom, uran samt volfram och molybden. Mest framträdande är naturligtvis Mälardalen samt delar av Uppland och Sörmland. Denna helt naturliga fixering av metaller till lermineral tillskrives vanligen adsorptionsprocesser, d.v.s. relativt lösa bindningar mellan värddmineral och tungmetall. Processen påbörjas redan vid bildningen av lermineralen (vanligen illit och klorit) vid nedbrytningen (vittringen) av primära bergartsbildande mineral och fortsätter sedan under vattentransporter och sedimentationsprocesser i havs- eller sötvattenmiljö. Vid landhöjningen i det aktuella området och lerornas exponering för erosion, har metallerna åter frigjorts för upptag i bäckvattenväxternas rotsystem. Väsentliga mängder av de aktuella metallerna kan således dominera ytgeokemiskt i denna typ av geologisk miljö och maskera mer direkta samband mellan det biogeokemiska provet och lokal berggrund/morän samt olika antropogena inslag, t.ex. tillskott av spårelement via gödningsmedel.

Som tidigare framhållits är den ursprungliga källan till lerornas innehåll av Cu, Ni, Co och Cr att söka i regionens basiska bergarter, och källan till U, W och Mo i regionens granitiska bergarter. Förekomsten av yngre graniter i södra Uppland och runt Mälardalen har troligen lokalt accentuerat förhöjningarna av de tre sistnämnda elementen.

### BIOGEOKEMISKA KARTANS ELEMENTFÖRDELNINGAR SOM KAN SÄTTAS I SAMBAND MED MÄNSKLIG VERKSAMHET

En stor del av de metaller som finns i marken har alltså ett naturligt ursprung i olika bergarter. Dessutom har årtionden eller ibland århundraden av utsläpp från industrier, jordbruk och tätorter svarat för ett stort tillskott av metaller till marken. Det betyder att den naturliga tungmetallspridningen i området på många platser är kraftigt störd vilket givetvis påverkar utseendet på de biogeokemiska kartorna.

Det kan vid storregionala undersökningar vara svårt att få fram uppgifter om alla mänskliga aktiviteter som genom tiderna påverkat miljön inom ett område. Det finns idag inget centralt databassystem eller någon central myndighet att vända sig till för att få samlad information och mätresultat från all miljöövervakning som pågår i landet.

Ett databassystem som dock på sikt kan bli mycket användbart i miljövårdsarbetet är naturvårdsverkets ADB-system KRUT (kalknings- recipient- och utsläppsdata) som nu är under uppbyggnad och installerat hos länsstyrelserna. Databassystemet innehåller bl.a. uppgifter om miljöfarlig verksamhet som industrier, förbränningsanläggningar m.fl. som påverkar tungmetallspridningen i ett område. Dessa uppgifter kan sedan på olika sätt kombineras med andra typer av undersökningar t.ex. de biogeokemiska för att klargöra konsekvenserna av de tillåtna verksamheterna.

På den biogeokemiska kartan över krom har några industrier med dokumenterade kromutsläpp till vatten markerats (informationen är hämtad från KRUT). Bäckvattenväxterna i närheten av dessa industrier innehåller förhöjda halter av krom.

#### 1. Samband med industri och tätorter

Industrisamhällets intensiva bruk av metaller har medfört stora ingrepp i metallernas naturliga kretslopp och människans utnyttjande av naturtillgångarna har orsakat den största spridningen av tungmetaller i naturen.

De flesta metaller utvinns ur malmfyndigheter som ligger långt under markytan. När dessa metaller, som under årmiljoner legat ostörda, tas upp och börjar bearbetas frigörs och sprids metallerna betydligt snabbare än de skulle ha gjort med naturlig vittring och grundvattentransport.

Utöver själva brytningens inverkan på metallspridningen tillkommer aktiviteter i samband med brytningen sådana som krossning och anrikning. De stora mängder bergrester som uppstår vid malmhanteringen läggs i varphögar (brytningsrester) eller tippas i dammar (anrikningsavfall). Väl där har luft och vatten lätt att nå gruvavfallet varvid vittringen av de ingående mineralen påskyndas och följderna blir en ökad metallspridning till mark- och grundvatten.

Inom kartområdet och nordost om Bråviken ligger Tunabergs malmfält, en gammal bergsbruksbygd där man utvunnit malm sedan 1400-talet. Här finns flera malmstråk som i första hand brutits på koppar och kobolt men även zink och bly finns företrädade i angränsande mineraliseringar. Gruvdriften har resulterat i ett stort antal gropar, diken, schakt och varphögar som med största sannolikhet ökar halterna av koppar, zink och bly i naturen, vilket också avspeglas på de biogeokemiska kartorna.

Metallförädlingsindustrier t.ex. smältverk, gjuterier och verkstäder där metaller eller metallföreningar används som råvaror vid tillverkning av olika produkter svarar för utsläpp till både luft och vatten. Framförallt kan utsläpp av metallhaltiga stoftpartiklar föras med vindar och nederbörd långt bort från själva utsläppskällan. Korrosion av metallindustrins produkter gör att metallspridningen i princip fortsätter under hela tiden produkterna är i bruk. Inte ens när användningen av produkterna är slut, slutar metallspridningen, utan metalläckaget till mark och grundvatten fortsätter från någon av landets många soptippar eller skrotupplag.

Det redovisade området utgör en bitvis mycket tätbefolkad del av Sverige. Inom eller i omedelbar anslutning till kartområdet finns flera stora städer som bidrar till områdets tungmetallbelastning bl.a. i form av utsläpp från industrier och biltrafik. Här återfinns en mängd olika typer av branscher vars verksamheter räknas som miljöfarliga. Var för sig eller tillsammans och på olika sätt svarar de för varierande mängder utsläpp av tungmetaller till miljön.

Tidigare undersökningar har visat att flera element, däribland kadmium, koppar, krom, nickel och zink, nästan alltid förekommer med förhöjda halter i anslutning till städer. Orsaken till de höga halterna kan oftast sättas i samband med industriell aktivitet.

## 2. Samband med förbränning av torv, kol, olja och sopor

Torv är ett material som lätt anrikar metaller och våra torvmossor fungerar därför som naturliga metallfällor. När torven sedan används som bränsle kan tungmetaller spridas med röken och dessutom innehåller torvaskan höga metallhalter som måste tas om hand.

När olja eldas frigörs förutom svavel stora mängder vanadin och nickel. Problemet med de försurande svavelutsläppen i samband med oljeförbränningen har ökat användningen av lågsvavliga oljor vilka tyvärr istället innehåller högre vanadinhalter.

I kolet är metallhalterna ännu högre än i olja. Kolförbränningen ger framförallt stora utsläpp av järn men även zink, koppar, nickel, vanadin, arsenik och bly. Kolet innehåller även små men långt ifrån försumbara mängder av kvicksilver.

Nästan all slags förbränning ger utsläpp av tungmetaller och andra oönskade ämnen till luften med rökpartiklar eller som gaser. Detta gäller i hög grad vid förbränning av sopor som ger utsläpp av de flesta tungmetaller. Konsekvenserna av sådana utsläpp kan exemplifieras av de höga tungmetallhalterna i bäckvattenväxtproverna runt Uppsala. Här är nästan alla metaller som redovisas i rapporten högre än normalt vilket bl.a. beror på utsläppen från den stora sopförbränningsanläggning som finns i staden.

### 3. Samband med jord- och skogsbruk

Kartområdet innefattar stora arealer med lera av olika geologisk härkomst som på grund av de skilda bildningssätten troligen varierar i mineralsammansättning. Lermineralen i sig har dessutom stor tendens att binda till sig vissa metaller. Det gäller framför allt metaller med liten jonradie som t.ex. kobolt, krom och koppar. Tidigare biogeokemiska undersökningar i områden med inslag av lerhaltiga jordar har också visat att bäckvattenväxternas halter av dessa ämnen är förhöjda i sådana områden. Till detta kommer även de effekter som erhålls när lerjordar odlas, dvs avsiktlig och oavsiktlig tillförsel och spridning av tungmetaller med jordförbättringsmedel. Genom att tillföra jordana viktiga mikronäringsämnen som koppar och molybden, fosfatgödningsmedel och rötslam kan man samtidigt oavsiktligt öka annan tungmetallspridning genom att fosfatgödningsmedlen samtidigt kan innehålla uran och rötslammet betydande kadmiummängder.

Andra orsaker till tungmetallspridning i lerområden, framför allt uppodlade lerområden, är användningen av jordförbättringsmedel som kan ge oönskad spridning av flera tungmetaller. Fosfatgödningsmedel kan t.ex. innehålla uran och kadmium och rötslam kan ha höga halter av t.ex. koppar, zink, kadmium och bly.

Metallläckaget från marken påverkas också av mängden humus som finns i det översta marklagret. Genom att humusämnen kan binda och transportera metaller ökas grundvattnets metalltillförsel i områden där tillgången på humusämnen är god. De ämnen som har bra förutsättningar att transporteras på detta vis är metaller med stor jonradie, t.ex. bly och kvicksilver. Det betyder att bly och kvicksilver lättast sprids till sjöar och vattendrag i områden där man har en jordmån med stor humustillgång, t.ex. barrskogsområden.

Det omvända förhållandet råder i områden med odlingsmark där tillgången på humusämnen är liten. Här saknas gynnsamma transportförutsättningar och blyet och kvicksilvret ligger istället fastlagat i marken, varför läckaget till vattendragen är måttligt.

Stora ansträngningar görs för att minska bly- och kvicksilvertillförseln till naturen. Med en ändrad markanvändning, t.ex. skogsplantering på åkermark, kan motsatt effekt uppnås genom att bly- och kvicksilverläckaget till grundvattnet kan öka i sådana områden.

Inom kartområdet finns det stora områden med mycket måttlig blyförekomst som i enlighet med ovanstående resonemang sammanfaller med utbredningen av odlingsjordar. Där blyförekomsten är större, t.ex. i Kolmården och skogarna mellan Malmköping och Katrineholm, är transportförutsättningarna istället gynnsamma. Blyet hamnar i vattendragen och blir därmed också tillgängligt för bäckvattenväxterna.

### 4. Samband med markens surhetsstatus

I miljövårdsdebatten, om problem i samband med försurning, har man haft anledning att diskutera om det skett en allmän ökning av tungmetallhalterna i våra sjöar och vattendrag. I områden med markförsurning har man kunnat påvisa en ökad metallhalt i markvattnet och en ökad utlösning av vissa metaller från jord och berg. Det gäller särskilt ämnen som kadmium och zink vars rörlighet och löslighet ökar med sjunkande pH. Kraftigt försurade områden med sur nederbörd sammanfaller i de allra flesta fall med höga kadmiumhalter i bäckvattenväxterna.

För andra ämnen, t.ex. arsenik, uran och molybden, hämmas rörligheten i sur miljö vilket naturligtvis kan få konsekvenser för organismers tillgång till ett mikronäringsämne som t.ex. molybden.

De norra delarna av kartområdet, med dominerande kalkinslag i jordarna, illustrerar tydligt det senare fallet. Områdets alkalina miljö gör att rörligheten för arsenik, uran och molybden ökar och bäckvattenväxternas tillgång på dessa ämnen är därför stor.

## SUMMARY IN ENGLISH

In 1982, a national biogeochemical mapping programme based on plant roots from the banks of small streams (where the main part of the water consists of ground water) was initiated by the Geological Survey of Sweden. So far, including the present study, 200 000 square kilometers have been covered with systematic sampling in a relatively wide net, where one sample represents six square kilometers (equals 15 samples per 100 square kilometers). In the early seventies the biogeochemical sample type replaced the minerogenic stream sediments in the regional prospecting surveys carried out by the Geological Survey

The main objective of the programme is to quantify regional variation of heavy metals in the surface and ground waters of the country. This provides data for use in agriculture, forestry, veterinary and human medical research ("geomedicine"), and also to support environmental research projects. An important environmental issue is the assessment of the heavy metal redistribution when the surface environment is exposed to the effects of acid rain. Also, and this was the original purpose when the Geological Survey started to develop the method in 1970, the programme is to provide basic information for and support prospecting efforts involving base and ferroalloy metals and gold.

The bulk of the sample consists of roots of grasses (mainly *Carex* species) and aquatic mosses. The plant sample includes only species which show approximately the same metal uptake. In Sweden the sample type has proved itself to be far more effective than the traditional minerogenic stream sediments. This includes geochemical mapping, geochemical prospecting and environmental studies with the tracing of sources of industrial and urban waste products. The fact that the sample consists of living material also proves that the heavy metal contents of the stream water is biologically available. The chemical interaction groundwater - soil - roots is a slow process, so the resulting biogeochemical maps can be used as a regional water quality check without having to take into consideration the strong seasonal variation of the analytical levels in water itself (with expensive resampling and analyses as a consequence).

The samples are dried at 105 degr C, weighed, ashed at 450 degr C during 12 hours and weighed anew. The difference in weight is used to calculate the organic contents of the sample. The separate samples to be analyzed for mercury and selenium is dried at room temperature only. After grinding, the material is analyzed by X-ray fluorescence (XRF, about 30 elements). Every fifth sample is furthermore analyzed for cadmium, selenium and mercury by atomic absorption (AA).

Chemical analyses, organic content and sample coordinates are stored for fast retrieval. The amount of organic material and iron and manganese hydroxides has a direct influence on the variation of the heavy metals. To take these into consideration, correction of the analytical values (raw values) are made, using stepwise multiple regression analysis.

Single element black and white maps in the scale of 1 : 250 000 are produced. The single element coloured maps in this report are in the scale of 1 : 1 000 000 and give an overall view of the map area. A UNIRAS-related program is used in the production of these maps. The technique includes recalculation of the slightly irregular sample point distribution into a regular net with interpolated analytical values.

The studied area, underlain by Precambrian rocks of Svecofennian age, is situated below the highest shore line of the Baltic Sea, which means that the land was covered by alternate marine and ice lake waters during the different stages of development of the Baltic. Thus, much of the Precambrian bedrock and the till of the area is now covered by marine and lacustrine clays, a fact which to some extent complicates the surface geochemical interpretation concerning the original source of the heavy metals accumulated in the stream plant samples.

The adsorption of heavy metals on the surface of clay minerals - a process started already at the time of the weathering of primary rock material - continued during the mineral transport and sedimentation into lacustrine and marine environments of the Baltic. The renewed erosion and chemical weathering of the present cover of clay sediments, exposed by the isostatic uplift after the retreat of the continental ice sheet, thus introduces high additional levels of Cu, Ni, Co, Cr, U, W and Mo in the surface environment of the surveyed area. However, the basic rock sequence of the region is the natural source of Cu, Ni, Co and Cr of the region, while the young granitic rocks are responsible for the high values of U, W and Mo.

The high levels of elements originating from weathered clay material also conceals the effects of anthropogenic additions of metals. The clay regions coincide with areas of agriculture where a number of heavy metals are added to the environment with fertilizing agents. Also, large quantities of base metals and iron ore has been mined in Central Sweden (major mining districts are situated just to the west of the investigated area), much of which has been refined in urban centers of the region. Commercial and high grade steel has added ferroalloy metals, such as chromium, nickel, cobalt, molybdenum, vanadium and tungsten to the amounts supplied by the bedrock, till and clay cover. Combustion of gasoline, oil, coal, peat and incineration of refuse has resulted in metal additions in the areas surrounding Stockholm and Uppsala.

#### REFERENSER

- Adriano, D.C., 1986: Trace Elements in the Terrestrial Environment. - Springer-Verlag, New York Inc.
- Andersson, A., 1979: Tunga metallers förekomst och fördelning i marken. - Meddelande nr 4 från Nordiska Föreningen för Lerbakning.
- Bergbäck, B., 1992: Industrial Metabolism. The Emerging Landscape of Heavy Metal Emission in Sweden. - Linköping Studies in Arts and Science No 76.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H., 1984: Trace elements in Soils and Plants. - CRC Press, USA.
- Lindström, M., Lundquist, J. & Lundquist, Th., 1991: Sveriges Geologi från Urtid till Nutid. - Studentlitteratur, Lund.
- Monitor, 1987: Tungmetaller-förekomst och omsättning i naturen. - Statens Naturvårdsverk.
- Monitor, 1990: Svensk miljöövervakning. - Statens Naturvårdsverk.
- Ressar, H., & Ohlsson, S.-Å., 1985: Geokemisk Kartering. - Sveriges geologiska undersökning, Rapporter & meddelanden nr 42.
- Ressar, H., Eklund, L. & Ohlsson, S.-Å., 1991: Biogeokemiska Kartan. - Sveriges geologiska undersökning, Rapporter & meddelanden nr 68.
- Sveriges National Atlas, 1991: Miljön. - Bra Böcker.
- Tegengren, F.R. m.fl., 1924: Sveriges Ädlare Malmer och Bergverk. - Sveriges geologiska undersökning, Ca 17.

## I SGUs serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

- \*1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1-2. 1931.
- \*2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- \*3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940-48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster - Försöksverksamhet. 1976.
- \*6. **Knutsson, G., m.fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
- \*7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G. och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 - Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E. och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Maringeologiska kartor över Öresund. 1979.
- \*14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A. och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybroregionen. 1979.
16. **Wilson, M.R. och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960-1978.
17. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Gruvhanteringens inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R. and Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
- \*20. **Cato, I. och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. 1982.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborrning. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S., (Ed.).** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m.fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14-17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B. och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.

30. Åkerblom, G. and Wilson, C. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. Bergström, J. and Shaikh, N.A. Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. Ericsson, B. och Grånäs, K. SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. Sivhed, U. Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. Andersson, M. och Ohlsson, S.-Å. Geokemisk kartering. 1984.
38. Lundqvist, Th. Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. Lindewald, H. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. Guy-Ohlson, D. and Malmquist, E. Lower Jurassic biostratigraphy of the Oppegård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.
41. Andersson, M. Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. Ressar, H. och Ohlsson, S.-Å. Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. Shaikh, N.A., Samuelsson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. Fredén, C. Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. Ahlberg, P. Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L. Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Vilhelmina. 1986.
49. Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L. Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å. Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C. Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976–1987. 1988.
53. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A. och N.-G. Wik. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
56. Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G. Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. 1990.
57. Modig, H., Miller, U. och Robertsson, A.-M. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
59. Andersson, M. Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.
60. Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å. Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
61. Kornfält, K.-A., Samuelsson, L., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikman, H. Malmer, industriella mineral och bergarter i Kronobergs län. 1990.

62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18-21, H-J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.
65. **Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. 1991.
66. **R. Frietsch, A. Sundberg och N.-G. Wik.** Register över svenska fyndigheter av malmmineral och industriella mineral och bergarter. 1991.
67. **Robertsson, A.-M.** Strandförskjutningen i Eskilstunatrakten för ca 9000 till 4000 år sedan. 1991.
68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1991.
69. **Selinus, O.** (ed.). 2nd International Symposium on Environmental Chemistry. (Abstracts). 1991.
70. **Andersson, M.** Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning. 1992.
71. **Hopsu, V.** Norbergs gruvor på 1960-, 70- och 80-talen. 1992.
72. **Gustafsson, O.** Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län. 1992.
73. **Andersson, M. och Nilsson, C.A.** Markgeokemiska kartan 3-7, F-H. 1992.
74. **Cato, I.** Sedimentundersökningar längs Bohuskusten 1990 - Göteborgs och Bohus läns kustvattenkontroll. 1992

\* Utgången



Distribution

SGU  
Box 670  
751 28 UPPSALA  
Tel 018-17 90 00