

Gk 2

Geokemiska kartan Markgeokemi

Metaller i morän delar av Västerbotten, Västergötland, Halland och Skåne

Madelen Andersson och Kaj Lax



SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

Geokemiska kartan
Markgeokemi

Metaller i morän
delar av Västerbotten, Västergötland,
Halland och Skåne

Madelen Andersson och Kaj Lax

ISSN 1404-3157
ISBN 91-7158-624-5

Geokemiska kartor publicerades tidigare i SGUs serie Rapporter och meddelanden. En lista över tidigare publikationer återfinns på sidan 49. För information om jordarter, berggrund och grundvatten hänvisas till jordartskartor (SGU serie Ae & Ai), berggrundskartor (SGU serie Af & Ai) samt hydrogeologiska kartor (SGU serie Ag & Ah).

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Box 670
751 28 UPPSALA
Tel 018-17 90 00

Omslagsbild: Provtagning av morän för analys av grundämnen.
Foto Anders Damberg

© Sveriges Geologiska Undersökning

Layout: Agneta EK, SGU
Tryck: TK i Uppsala AB, 2000

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Geokemisk kartering vid SGU	4
Användning av de markgeokemiska kartorna	4
Provtypen morän	6
Metodik	6
Provtagning	6
Provberedning	7
Analysering	7
Kartor	7
Elementens förekomst och rörlighet	10
Geologiska förutsättningar	10
Markprocesser	10
Lakbarhet och associationer	11
De kemiska elementen i näringskedjan	13
Undersökningsområde 22–24, G–K	13
Berggrund	13
Malmer och mineraliseringar	14
Kvartär utveckling	14
Elementens förekomst och associationer i moränen	16
Geokemiska typkartor i skala 1:1 miljon	21
Undersökningsområde 5–6, C–D	28
Berggrund	28
Undersökningsområde Skåne	28
Prekambrisk berggrund	28
Fanerozoisk berggrund	29
Kvartär utveckling, område 5–6, C–D och nordöstra Skåne	30
Kvartär utveckling, sydvästra Skåne	30
Elementens förekomst och associationer i moränen	32
Geokemiska typkartor i skala 1:1 miljon	37
Summary	45
Referenser	49
Geokemiska publikationer	49

GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Föreliggande rapport utgör den åttonde delen i en presentation av markens naturliga innehåll av grundämnen i Sverige, samt surhetsgraden mätt som pH. Rapporten omfattar tre undersökningsområden. Det nordligaste utgörs av kartbladen 22G Vilhelmina NO/SO, 22H Järvsjö SV/SO, 22I Lycksele, 22J Kalvträsk NV/SV, 23I Malå, 23J Norsjö, 23K Boliden, 24I Storavan SV/SO samt 24J Arvidsjaur SV/SO. Detta område kallas hädanefter i korthet 22–24, G–K. I söder finns två ej intilliggande områden. Det sydligaste, "Skåne," omfattar kartbladen 2C Malmö, 2D Tomelilla, 3C Helsingborg och 3D Kristianstad SV/SO. Det tredje området omfattar kartbladen 5C Ullared NV/NO, 6C Kinna SV/SO/NO samt 6D Gislaved NV/SV. Fortsättningsvis kallas detta område 5–6, C–D.

Kartor över de kemiska parametrarna baseras på moränprover tagna på ca 1 meters djup och analyserade på finfraktionen (< 0,06 mm). Alla mätvärden lagras tillsammans med koordinater i en lättåtkomlig databank. Analoga eller digitala data och/eller kartor tillhandahålls efter begäran från SGUs kundtjänst.

Rapporten innehåller utdrag ur den geokemiska databasen och den markgeokemiska informationen har tagits fram för detta ändamål med syfte att visa enskilda grundämnens regionala frekvens och distribution.

Den geokemiska karteringen vid SGU bedrivs i syfte att visa fördelning av huvudämnen och spårämnen i mark och vatten. Två typer av provtagningsmaterial används för att åskådliggöra detta. Den ena är oorganisk och utgörs i huvudsak av morän, vilken avspeglar markens naturliga kemiska sammansättning. Karteringstypen kallas markgeokemisk kartering och täcker hittills stora delar av Götaland och Norrland, se karta på sid. 5. Den andra provtypen är organisk och utgörs av bäckvattenväxter som visar biotillgängligheten av lösta metaller i det vatten som omflyter växterna. Kartering med den senare provtypen benämns biogeokemisk kartering.

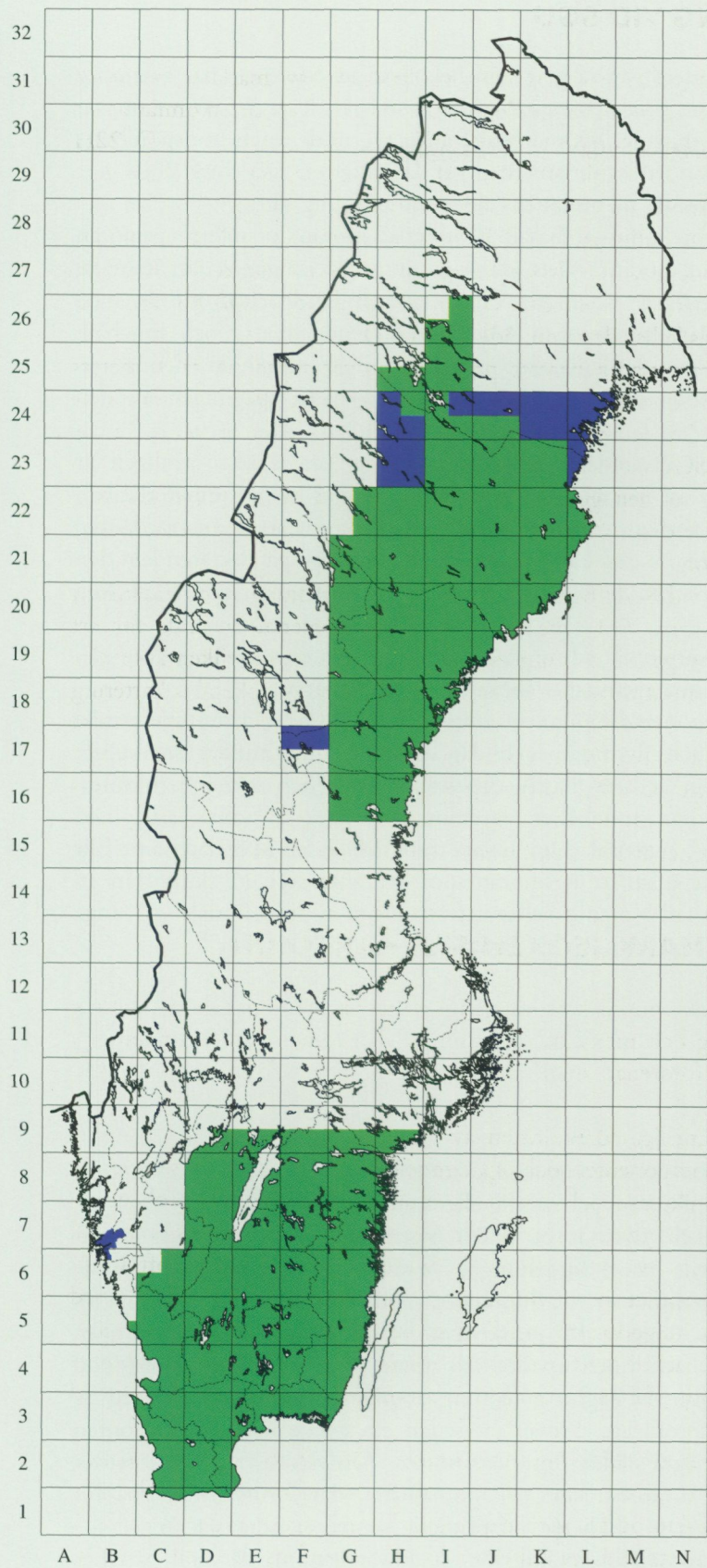
Ansvarig för rapportens norra del är Kaj Lax, för den södra Madelen Andersson.

ANVÄNDNING AV DE MARKGEOKEMISKA KARTORNA

Markgeokemiska data används bl.a. inom prospektering, miljöövervakning, markforskning, skogsbruk, kommunal planering och medicinsk forskning. Med teman som malmletning, försurning, recipientskydd och förorenad mark anpassas kartor och information till olika relevanta verksamhetsområden.

Kartorna, vilka visar den naturliga förekomsten av grundämnen i marken, ger information om halter av huvudkomponenter och spårämnen i miljön med avseende på det geologiska ursprunget. Förekomst och spridningsmönster bildar olika geokemiska provinser i en region, det kan uttryckas som att den geokemiska statusen varierar. Till exempel innebär riklig förekomst av nyttiga, basiska ämnen i mineraljorden oftast att pH är relativt högt och att innehållet av vittringsbenägna mineral frigör tillräckligt med ämnen som växter och djur kan tillgodogöra sig. Den geokemiska statusen är därför god. Andra regioner kan i stället visa att de nyttiga ämnena förekommer i låga halter och/eller med låg lakbarhet, samtidigt som pH kan vara lågt. Den geokemiska statusen är därmed betydligt sämre.

Många av de nyttiga spårämnena är samtidigt tungmetaller. Förekommer de i höga halter, eller i olika associationer, kan många av dem indikera mineralisering, vilket är av intresse för malmprospektingen. Detta kan också, speciellt i låga pH-regioner, betyda att skadliga tungmetaller läcker ut till grundvattnet. Låga halter av ett spårämne i marken indikerar att en bristsituation på det nyttiga ämnet kan uppstå eller redan råder.



Markgeokemiska kartan
Huvud- och spårämnen
i morän

- Utgivna t o m 1999
- Under arbete

PROVTYPEN MORÄN

Jordarten morän täcker berggrunden över så gott som hela Sverige. Moränen har avsatts av flera inlandsisar, varav den senaste smälte för ca 14 000 (i söder) till ca 8 500 (i norr) år sedan. Isen var den hyvel som skrapade loss material från berggrunden och transporterade iväg det nybrutna materialet, ibland tillsammans med gamla jordarter. Det finns dock gott om avvikelser från denna generella syn på moränens ålder och bildningssätt.

Tre huvudtyper av morän förekommer: basalt deponerad morän, utsmältningsmorän samt flytmorän. Basalt deponerad morän avsätts under en aktiv glaciär genom att material i princip skrapas av mot underlaget. Resultatet blir oftast en hårdpackad morän med mycket få strukturer. Den är ganska homogen vad avser utseende, textur och innehåll. Inom undersökningsområdena kan det antas att materialet i en morän av denna typ är relativt korttransporterat, denna moräntyp ger därför den bästa speglingen av den lokala berggrunden.

Utsmältningsmorän bildas när materialet sakta smälter fram ur is som vanligen är stagnant. Processen kan medföra att moränen på vissa ställen tvättas ur på finmaterial och tunga mineral. Dessa kan sedan anrikas t.ex. runt stenar vilket medför att denna moräntyp kan vara ganska inhomogen. Eftersom den kan vara transporterad uppe på glaciären kan den dessutom ha sitt ursprung långt ifrån depositionsplatsen och därför ge en sämre spegling av den lokala berggrunden.

Flytmorän avsätts genom att vattenmättad morän skredar ut från t.ex. ett isberg. Den kan i detta sammanhang sägas ha samma egenskaper som utsmältningsmorän.

Normalt sett har en basalt deponerad morän en jämn eller regelbundet strömlinjeformad överyta. Utsmältningsmoräner och flytmoräner bildar ett mer oregelbundet småkulligt landskap. En basalt avsatt morän är ofta massiv till sitt utseende och saknar strukturer. Utsmältningsmorän och flytmorän innehåller däremot strukturer av olika slag med omväxlande grovt och finkornigt material. Om utsmältningsprocessen sker långsamt blir dock resultatet en relativt massiv utsmältningsmorän som kan vara svår att skilja från en basalt deponerad morän. I detta fall blir inte heller urtvättningen av finmaterial och tunga mineral så utpräglad.

METODIK

Provtagning

För karteringsändamål insamlas moränproverna med kriterierna att de ska vara representativa för regionen och att om möjligt tillhöra typen sandig eller sandig-siltig morän.

Topografiska kartor i skala 1:50 000 (1:100 000 i Norrlands inland) används för att lägga ut ett rutnät med tämligen jämn fördelning av proverna och vinkelrätt mot de isrörelseriktningar som finns dokumenterade. Avståndet mellan proverna är ca 2,5 km, vilket innebär att det insamlas ungefär 15 prover per kvadratmil. Vid provtagningen genomgrävs markprofilen för hand med spade och spett. Man får därigenom god möjlighet att upptäcka om provet av någon anledning är olämpligt att ta på grund av svallning, växtrötter, djup markprofil etc. Provet tas sedan ett stycke ner i C-horisonten genom att material slås loss på några ställen i gropens botten. Analyserna från dessa prover utgör därför en homogen och jämförbar statistisk population, där förutsättningarna för grundämnenas haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning.

Om markprofil eller svallkappa är för mäktig för att grävas genom, där håll påträffas nära markytan eller där materialet är för blött för att kunna provtas, flyttas provpunkten. Provdjupet varierar efter förhållandena men är normalt 0,7–1,2 m, i Skåne 1.0 m.

Provberedning

Proverna vacuumtorkas och siktas på nylonsikt med 0,06 mm maskvidd. Anledning till fraktionering av prov före analys är att den så kallade finfraktionen (<0,06 mm) så gott som uteslutande innehåller monomineralkorn. Grövre fraktioner består av dubbelkorn, vilket ökar haltvariationen vid upprepad provtagning och analys. Det är därmed betydligt svårare att ta representativa prover och att få reproducerbarhet i analyserna. Fraktionen behöver inte heller malas före analys, vilket annars kan ge oönskad kontaminering av proven.

I samband med siktningen testas samtliga prover med saltsyra (HCl) för att detektera eventuellt kalkinnehåll. Fraktionerna över 0,06 mm samt den mängd material <0,06 mm som inte behövs för analysen, sparas i en provbank för eventuella framtida analyser.

Analysering

Proverna analyseras med röntgenfluorescens (XRF), varvid totalhalter från drygt 30 ämnen erhålls. Dessutom görs en partiell lakning av proverna med kungsvatten eller HNO₃, och den lösta delen av provet analyseras med plasmateknik (ICP-MS). Med denna analysmetod erhålls också ett trettiotal ämnen. Guldanalyser har gjorts med grafitugn och atomabsorption (GF-AAS) eller med ICP-MS.

Ca 15% av de insamlade proverna uppslmmas i avjoniserat vatten och pH-bestäms. Med ytterligare en pH-mätning efter tillsättning av vätejoner i form av utspädd svavelsyra (0,005 M), beräknas provets förmåga att motstå surt markvatten, dvs. dess buffertkapacitet eller försurningsresistens. Det är viktigt att notera att pH ligger 0,5–1 enhet lägre i fraktionen < 0,06 mm, jämfört med pH mätt i fraktionen < 2 mm. Orsaken är troligen den att den finare fraktionen innehåller fler partiklar per gram torkat prov vilket därigenom ger en större sammanlagd partikelarea. Det är de vid markpartiklarna adsorberade vätejonerna man mäter i det uppslmmade provet. Fler vätejoner medför således lägre pH-värde.

Vid all hantering av stora analysmängder är en omfattande kvalitetskontroll nödvändig. För att få jämförbara resultat år från år i det fortlöpande analysarbetet finns därför kontrollprover inlagda.

Kartor

I föreliggande rapport redovisas endast ett fåtal av analysparametrarna i form av singelelementkartor i kartskala 1:1 miljon. Elementens förekomst och associationer i moränen beskrivs mycket översiktligt. Analysvariablerna har bearbetats statistiskt för att förenkla tolkningarna och detta gjordes genom en faktoranalys (Rotation Varimax Raw, utförd med STATISTICA). Utöver de presenterade kartorna kan efter önskemål kartor beställas av totalhalter respektive syralösliga halter av ett trettiotal huvud- och spårämnen inklusive guld, samt pH. Även tematiska kartor, utvisande prognos för basketjonbildning, försurningsresistens och lakbarhet för aluminium och andra huvudelement, kan tas fram. För metallerna arsenik, guld, koppar, bly, zink, kobolt, nickel, krom och vanadin har dessutom svartvita cirkelkartor i skala 1:250 000 framställts. Dessa, samt kartor i andra skalor än ovan nämnda, kan beställas via Kundtjänst på SGU.

Färgkartorna i rapporten är gjorda efter att de geografiskt oregelbundet placerade analysvärdena gjorts om till ett regelbundet punktnät (grid) med interpolerade värden. Dessa gridvärden anges i respektive legenders klassindelning och skiljer sig därför något från de erhållna analysvärden som redovisas i tabell 1. Klassindelningar med percentiler på färgkartorna grundar sig på respektive områdes insamlade prover, vilka för 22–24, G–K är 2242 st. Det södra undersökningsområdet har ett analysunderlag på 1601 prov.

pH-kartan över det södra området framställs i form av cirkelkarta, där varje indelad klass tilldelas en fylld cirkel.

I tabell 1 ges jämförande percentiler för de tre aktuella kartområdena, respektive rikets percentilindelning. Riket avser samtliga prov insamlade t.o.m. 1996 i såväl söder som norr.

Tabell 1. Percentiler i % för oxiderna, ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) för Au och ppm (mg/kg) för resterande spårämnen inom karteringsområde Norr (22–24, G–K, 2242 prov, för pH 378 st.), Syd (1601 prov, för pH 299 st.) samt för hela den fram t.o.m. 1996 karterade arealen i riket R (ca 19850 st., för pH ca 3190 st.). Analyismetod: XRF.

Table 1. Percentiles in %, (oxides), ppb (Au) and ppm (trace elements) in north, south and in the so far mapped area in the country. Analytical method: XRF.

Element	område	30	50	70	90	95	99	max
Al ₂ O ₃	Norr	12,7	13,4	14,1	15,3	16,0	17,0	18,6
	Syd	13,1	13,8	14,6	16,0	17,0	18,8	28,6
	R	13,0	13,7	14,5	15,8	16,5	18,0	31,9
CaO	Norr	2,1	2,2	2,5	2,6	2,8	3,0	3,5
	Syd	1,5	2,1	2,5	3,3	13,2	21,0	46,0
	R	1,9	2,1	2,4	2,7	2,9	4,6	55,0
Co	Norr	18	20	23	31	33	38	61
	Syd	22	24	27	33	37	44	64
	R	17	19	23	28	31	38	93
Cr	Norr	43	54	73	111	129	159	604
	Syd	35	47	73	96	107	141	254
	R	37	49	61	86	101	137	604
Cu	Norr	10	14	18	26	32	46	126
	Syd	11	16	22	31	36	64	176
	R	10	14	19	28	34	52	193
Fe ₂ O ₃	Norr	3,0	3,4	3,9	5,0	5,4	6,5	8,4
	Syd	3,8	4,4	5,1	6,1	6,9	8,2	14,3
	R	3,1	3,6	4,2	5,3	5,8	7,1	15,4
K ₂ O	Norr	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,5	4,0
	Syd	2,9	3,1	3,2	3,5	3,6	3,9	5,1
	R	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,1	6,0
MgO	Norr	1,1	1,3	1,6	2,3	2,6	3,2	5,9
	Syd	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4	3,4	4,8
	R	1,0	1,3	1,5	2,0	2,3	3,0	7,9
MnO	Norr	0,055	0,06	0,065	0,075	0,08	0,09	0,38
	Syd	0,074	0,09	0,10	0,13	0,16	0,24	0,80
	R	0,049	0,06	0,07	0,09	0,11	0,16	1,12

Na ₂ O	Norr	2,9	3,2	3,4	3,7	3,8	4,1	4,3
	Syd	1,3	2,4	3,0	3,4	3,6	4,0	4,2
	R	2,3	2,7	3,0	3,5	3,7	4,0	4,7
Ni	Norr	13	17	24	41	50	65	192
	Syd	14	19	26	38	49	80	156
	R	12	16	21	32	39	58	204
Pb	Norr	18	20	23	28	31	48	180
	Syd	20	22	25	31	38	105	992
	R	20	23	26	32	36	57	992
P ₂ O ₅	Norr	0,21	0,23	0,25	0,28	0,29	0,33	0,49
	Syd	0,19	0,24	0,28	0,34	0,38	0,53	0,94
	R	0,21	0,24	0,26	0,32	0,35	0,47	1,97
S	Norr	108	116	127	172	243	1463	7369
	Syd	177	205	252	383	486	878	11703
	R	122	155	212	374	505	1049	29494
SiO ₂	Norr	68	70	72	74	75	77	79
	Syd	61	64	67	71	72	76	80
	R	68	71	74	78	80	84	95
TiO ₂	Norr	0,69	0,75	0,82	0,96	1,01	1,11	1,29
	Syd	0,72	0,79	0,86	0,99	1,09	1,34	2,10
	R	0,67	0,75	0,83	0,97	1,04	1,18	2,60
V	Norr	43	51	63	97	114	149	325
	Syd	65	75	87	108	122	158	1562
	R	48	57	67	88	102	132	1562
Zn	Norr	46	54	62	76	85	108	208
	Syd	51	64	76	100	118	193	1119
	R	42	52	62	81	93	132	2165
Zr	Norr	410	463	525	606	649	772	1236
	Syd	482	587	662	780	863	1047	1362
	R	401	470	558	706	784	1002	44367
pH	Norr	5,6	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,4
	Syd	5,0	5,2	5,9	7,9	8,2	8,4	8,5
	R	5,0	5,2	5,5	5,9	6,3	8,1	8,5

ELEMENTENS FÖREKOMST OCH RÖRLIGHET

Geologiska förutsättningar

Berggrundens kemiska sammansättning varierar beroende på de ingående bergarternas sammansättning och proportioner. Halterna av tungmetaller är jämförelsevis låga i de sura kiselsyrarika bergarter som dominerar den svenska berggrunden. I basiska bergarter, t.ex. grönstenar, finns däremot högre innehåll av bl.a. kobolt, koppar, krom och nickel. Om skifferinslag finns, blir halterna ofta mycket höga för en del spårämnen, exempelvis uran. I tabell 2 visas en del bergartstyper och element förknippade med dessa.

Tabell 2. Bergartstyper med associerade element.

Table 2. Rock types with associated elements.

Bergarter	Förhöjda halter
Graniter	K ₂ O, Mo, Pb, Sn, W, Zr
Sura vulkaniska bergarter (porfyrier m.fl.)	Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn
Basiska bergarter (grönstenar m.fl.)	MgO, Co, Cr, Cu, Ni, TiO ₂ , V
Skifferar	Ag, As, Au, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, U, Zn

Eftersom jordarten morän består av bergartsfragment med varierande kemisk sammansättning, varierar också innehållet av huvudämnen och spårämnen. Moränen i ett område har också transporterats mer eller mindre långt och har därför ofta en något annorlunda sammansättning än den underliggande berggrunden. Tydligast syns detta där ett surt berggrundsområde har en ovanliggande morän med inslag av gynnsamma, basiska bergarter. Kartbilden får då mindre områden med högre halter av t.ex. magnesium i en annars magnesiumfattig region.

Tilläggs kan att det med sura bergarter menas att bergarten har hög halt av kiselsyra, inte att bergarten har låga pH-värden. Ren finmald kvarts, vilken är extremt kiselsyrarik, har oftast höga pH-värden.

Markprocesser

När bergarterna omlagrats till morän ökar deras vittringsförmåga p.g.a. ökad exponerad angreppsyta på mineralpartiklarna. När mineralpartiklar i jord och berg vittrar frigörs element. En del av dem kommer att delta i buffringssystemen som påverkar mark- och grundvatten. Andra transporteras med vattnet och deltar i det naturliga kretsloppet. I tabell 3 visas schematiskt hur olika bergarter vittrar och vilka effekter det får på vattnet.

Faktaruta: Vattnets rörelser i marken

Allt vatten i marken är inte grundvatten. Markvattnet är det vatten som befinner sig nära markytan, där jorden inte är vattenmättad utan porerna även innehåller luft. Det är från markvattnet som växterna hämtar sin näring. Detta vatten rör sig sakta ner till grundvattnet, vilket helt fyller alla jordporer. Övergången mellan markvatten och grundvatten kallas grundvattenytan. När grundvattenytan når markytan uppstår en sjö eller ett vattendrag.

Tabell 3. Olika bergarters relativa vittringsförmåga och påverkan på grundvattnet.
Table 3. Weathering capacity for some rock types and the influence on groundwater.

Vittringshastighet	Bergart	Mark och grundvatten
Långsam	sandsten och kvartsit porfyr röda gnejser och graniter grå gnejser och graniter grönstenar	Surt
Snabb	kalksten	Hårt

Om markens buffringsförmåga är låg sjunker pH när försurande vätejoner tillförs, antingen via naturliga processer eller antropogen försurning. När pH sjunker ökar urlakningen av näringsämnen, aluminium och vissa tungmetaller, t.ex. kadmium, och dessa transporteras ut i vattendragen. Andra ämnen, såsom fosfor och molybden, binds hårdare i marken. Buffring vid måttligt låga pH-värden, 6,2–4,2, sker genom att vätejoner byts ut mot joner av kalcium, magnesium och kalium, vilka då lakas ur. Om tillgången på dessa joner är stor, t.ex. om berggrunden består av kalksten, är denna buffring mycket effektiv. I urbergsområden är dock detta buffringssystem av underordnad betydelse. Det beror på att även om granit och gnejs innehåller kalciummineral, exempelvis plagioklas, är vittringsbenägenheten lägre. Sjunker pH under 4,5 sker buffringen bl.a. med aluminiumjoner, vilka då istället tillförs markvattnet, ofta tillsammans med bl.a. kadmium, nickel, mangan och zink.

Vertikalt i marken varierar den kemiska sammansättningen på grund av de markprocesser som bildar markprofilen. Vilken typ av markprofil som bildas beror på ett flertal faktorer, bland dem kan nämnas jordart, mineralinnehåll, markanvändning och vegetation. Den vanligaste markprofilen i svensk skogsmark är podsol som utvecklas i näringsfattiga marker. I podsolens översta mineraljordshorisont, blekjorden, har kemiska och biologiska processer lakat ur de flesta huvudämnen och metaller. Många av dessa har fällts ut i den underliggande, ofta rostfärgade, B-horisonten. Halterna av ämnen i dessa båda markskikt orsakas delvis av naturliga, geologiskt betingade markmineral, eller mineral och föreningar som bildats vid vittring. En del ämnen kan dock tillföras via luft och nederbörd. Denna föroreningsfaktor tilltar i betydelse i befolkningstäta eller industriintensiva områden. Under B-horisonten, i C-horisonten, har markprocesserna stabiliserats, marken befinner sig i jämvikt och grundämnena förekommer så gott som uteslutande i primära bergartsmineral.

En annan vanlig markprofil är brunjordar, vilka utvecklas i mer näringsrik mark. I dessa saknas blekjorden och B-horisonten har en annan karaktär med högre halt organiskt material. Brunjordar kan också vara något mäktigare än podsoler men det är ingen principiell skillnad på materialet i C-horisonten förutom att det är mer näringsrikt.

Lakbarhet och associationer

Ett mått på elementens rörlighet är deras lakbarhet, vilken varierar kraftigt beroende på vilka mineral elementen sitter bundna i. Högt lakbarhet för ett element anger att en procentuellt stor del av den totala tillgången på elementet blir lösligt vid en tillsats av syra, i detta fall HNO_3 . Detta anger elementets tillgänglighet på sikt för växterna, och för markens neutralisationsförmåga. En låg lakbarhet anger däremot att elementet är hårt bundet i markmineralen och svåråtkomligt. I tabell 4 anges lakbarheten inom ett tidigare undersökt kartområde (24–26, H–I) för några element. Medianvärden i andra geokemiska regioner som

i område 3–6, B–E kan skilja sig något från tabellvärdena. Det är dock storleksordningen på lakningen som är av intresse, ej det numeriska värdet.

Tabell 4. Lakbarhet (medianvärden) för ett urval av analyserade element.
Table 4. Leachability (median values) for some of the elements analysed.

Element	Lakbarhet (%)	Element	Lakbarhet (%)
Al ₂ O ₃	13	SiO ₂	0.2
BaO	9	TiO ₂	27
CaO	16	Cu	88
Fe ₂ O ₃	64	Co	15
K ₂ O	9	Ni	61
MgO	39	Pb	30
MnO	32	Sr	4
Na ₂ O	0.5	Zn	62

Olika markmineral har olika benägenhet att vittra, och det är genom vittring som elementen frigörs. Markmineralen kan därför grupperas efter sin vittringsbenägenhet i stigande grad från de nästan helt vittringsresistenta mineralen kvarts, rutil, titanit och zirkon < kalifältspat, muskovit, natriumrika plagioklaser < hornblände, biotit, klorit, vissa pyroxener < epidot, apatit, olivin, granat, pyroxener och kalciumrika plagioklaser och slutligen de mycket lättvittrade karbonaterna, t.ex. kalcit.

Ett och samma element kan dock uppträda i flera olika mineral och vara olika hårt bundet. Ett sådant element är kalcium som återfinns i de flesta ovan nämnda mineralen, från den vittringsresistenta titaniten till den mycket lättvittrade kalciten (kalksten). Kalium förekommer så gott som enbart i antingen de svårvittrade kalifältspaterna eller i mer lättvittrad biotit, medan magnesium främst återfinns i sådana mineral som vittrar tämligen lätt, dvs. i hornbländegruppen och uppåt i serien.

Tillgången på elementen beror med andra ord på mineralinnehållet i moränen och på hur mineralen vittrar. Genom att kombinera information om ett elements totala spridning i moränen med dess lakbarhet, fås en indikation om en regions geokemiska status.

Förhållandet mellan olika element kan också avslöja lite om mineralinnehållet i marken. Elementen kalcium och strontium är normalt sett starkt geokemiskt associerade genom sina närliggande jonradier. Det kemiska släktskapet gör att strontium kan ersätta kalcium i mineralens kristallgitter, och strontium förekommer därför i de flesta mineral innehållande kalcium. I magmatiska bergarter varierar dock förhållandet, eller kvoten, mellan dem beroende på i vilket kristallisationsskede bergartens mineral bildats. I ett tidigt kristallisationsskede i en svalnande magma dominerar kalciumjonen över strontiumjonen. Det innebär att andelen kalcium i förhållande till andelen strontium är högre i apatit och pyroxen, eftersom dessa mineral bildas först i den stelmande magman. I senare skeden bildas plagioklaser, och förhållandet mellan elementen ändras så att andelen kalcium minskar medan strontium ökar. Genom att studera mönstret för kvoten mellan dessa element, är det därför möjligt att också få en indikation på det mineralogiska innehållet i moränen.

DE KEMISKA ELEMENTEN I NÄRINGSKEDJAN

De kemiska elementen som cirkulerar i miljön härstammar till stor del från marken. Markbundna mineral vittrar och frigör element som sedan kan tas upp av växter och djur. Alla levande varelser är beroende av ett flertal olika grundämnen för att upprätthålla vitala biologiska funktioner. För att organismerna inte skall bli lidande krävs ett balanserat tillskott, alltför låga halter kan ge upphov till bristrelaterade sjukdomar medan alltför höga halter å andra sidan kan ge toxiska effekter.

Bristrelaterade eller toxiska sjukdomar hos människor som direkt kan relateras till markens innehåll av grundämnen har dokumenterats på många håll i världen. I Sverige är sådana samband inte vanliga, till stor del beroende på att den kost som idag konsumeras ofta härstammar från många olika håll varför den lokala markens påverkan inte blir så stor. Det bör därför betonas att sambanden markkemi – människors hälsa är komplexa och svårutredda. Samband som trots allt har påvisats eller antagits i Sverige är bl.a. markradon – lungcancer, selenbrist – hjärtsjukdomar och kadmium i dricksvatten – barndiabetes. Något som anses ha samband med lägre frekvens uppkomna hjärt- och kärlsjukdomar, är närvaron av hårt vatten, dvs. där kalcium och speciellt magnesium är överrepresenterat i dricksvattnet.

De naturliga ekosystem som omger oss är dock starkt beroende av den lokala marken och dess innehåll av kemiska element. I de flesta fall har ekosystemen anpassat sig till de rådande förhållandena men snabba miljöförändringar kan innebära stora påfrestningar. Detta inträffar bl.a. om belastningar såsom kraftig förorening av tungmetaller eller sura regn påverkar näringskedjan.

Av de karterade elementen har följande dokumenterat skadliga effekter på levande organismer, i de fall elementet förekommer i "rätt" form och halterna är tillräckligt höga: arsenik, aluminium, koppar, molybden, nickel, krom, kobolt, mangan, zink, bly, vanadin och uran.

UNDERSÖKNINGSOMRÅDE 22-24, G-K

Berggrund

Bergarterna i större delen av det karterade (karta på sid. 20) området bildades så gott som uteslutande under en period som inföll mellan ca 1,9 och 1,8 miljarder år sedan, dvs. under den Proterozoiska eran. En vulkanisk öbåge, liknande den som idag bygger upp den Japanska öbågen, utvecklades och gav upphov till de vulkaniska bergarter som idag definierar det s.k. Skelleftefältet. Vulkaniterna är övervägande sura, ryolitiska till sin sammansättning men även intermediära (ryodacitiska till andesitiska) och mafiska vulkaniter (basalter) uppträder.

Samtidigt som öbågens vulkaniter bildades magmatiska djupbergarter. Vulkaniterna och djupbergarterna eroderades snabbt och erosionsprodukterna gav upphov till de sedimentära bergarter vilka idag uppträder som glimmergnejser och skifferbergarter. Dessa återfinns såväl söder som öster om Skelleftefältet. P.g.a. hög metamorfos har dessa gnejser ställvis bildat migmatit, en bergart som uppstår när nämnda metasedimentära bergarter delvis smälter p.g.a. högt tryck och temperatur. Smält material från dessa gamla sediment har ibland ansamlats i större enhetliga graniter, t.ex. Skellefte-Härnögraniter.

På det karterade områdets norra del uppträder Arvidsjaurvulkaniter och därmed förknippade djupbergarter. Miljön som dessa vulkaniska bergarter bildades i växlade mellan subareal och grund havsmiljö.

Ett område vars bergarter avviker i såväl ålder som sammansättning från omgivande bergarter är Knaften. Detta är ett massiv av i huvudsak mafiska bergarter (t.ex. basaltiska pillowlavor, spiliter och mandelstenar), beläget ca 2 mil söder om Lycksele (på kartbladet 22I SV).

I områdets västligaste del (kbl. 22G NO/SO) uppträder fjällrandens bergarter. De utgörs huvudsakligen av alunskifferar och kvartsiter med skifferinslag, dels autoktona och dels tillhörande den undre skollberggrunden. Dessa fjällrandens bergarter varierar något i ålder, från senprekambrisk till silurisk.

Geokemiskt skiljer sig bergarterna i det undersökta området starkt från varandra. Så är t.ex. skillnaden mellan många av fjällrandens sedimentära bergarter och graniter som Revsundsgranit avsevärd i fråga om de flesta element.

Malmer och mineraliseringar

Skelleftefältet är en av Sveriges tre klassiska malmprovinser. De två övriga är Bergslagen och Norrbotten. Ingen klar definition på Skelleftefältet existerar, normalt anses Skelleftefältet begränsas till den ca 150 * 50 km malmförande zon av vulkaniska, sura och submarina bergarter som sträcker sig från Boliden i öster till Kristineberg i väster. Av de totalt 15 gruvor som idag är aktiva i Sverige ligger åtta i det karterade området. Förutom existerande gruvor finns ett antal nedlagda gruvor, samt ett mycket stort antal mineraliseringar av varierande slag, främst sulfidmineraliseringar. Malmprospekteringen i området har således varit, och är fortsättningsvis, intensiv. Under senare tid har t.ex. en sulfidmalm upptäckts strax norr om Malå (Storliden, kbl. 23I).

De flesta gruvorna och mineraliseringarna i området utgörs av sulfidmalmer, där Zn-Cu-Pb är de viktigaste metallerna. Det finns även andra typer av malmer/mineraliseringar, som exempel kan nämnas Björkdalsgruvan (guldalm) och Lainjaur (nedlagd nickelgruva). För en närmare beskrivning av Skelleftefältets geologi med speciell hänsyn till malmgeologi, se t.ex. Weihed och Mäki (1997).

Kvartär utveckling

Området domineras av morän. Den huvudsakliga isrörelseriktningen (uppmätt genom räffelobservationer och partikelorienteringsanalys) tycks vara från NV, även om andra riktningar uppmätts. Vad gäller uppmätta transportlängder finns lite information att tillgå. Bergartsfragment påträffas i vissa fall flera mil från källklyften, men i vilken mån detta avspeglas i den analyserade finfraktionen är oklart.

Högsta kustlinjen (HK) berör i området främst delar av Bolidenbladet och syns tydligt i landskapet i form av svallad morän och svallsediment. HK uppträder normalt 3–4 mil från kusten, men kan nå ännu längre mot inlandet längs älvdalarna. Svallad morän ingår inte i det geokemiska provtagningsprogrammet. I de fall provtagning har skett i svallade områden har det varit möjligt att gräva sig ner igenom den påverkade delen av moränen.

Moränen i det karterade området saknar ofta utpräglade ytformer eller följer bergytan. Regionalt förekommer dock större områden med moränbacklandskap, transversella ryggar samt drumliner. Ett större fält med Veikimorän uppträder på delar av Arvidsjaur-, Storavan- och Norsjöbladen. Moränen i området är, liksom i intilliggande områden, en produkt av flera nedisningsfaser. Detta har bl.a. visat sig vid grävningar där flera olika horisonter konstaterats (se t.ex. Eklund 1991). Det absoluta åldersförhållandet för dessa är osäkra. Vid tolkning av geokemiska kartor av det slag som här presenteras bör dessa förhållanden med olika moränhorisonter tas i beaktande. Detta gäller speciellt regioner där den översta, yngsta

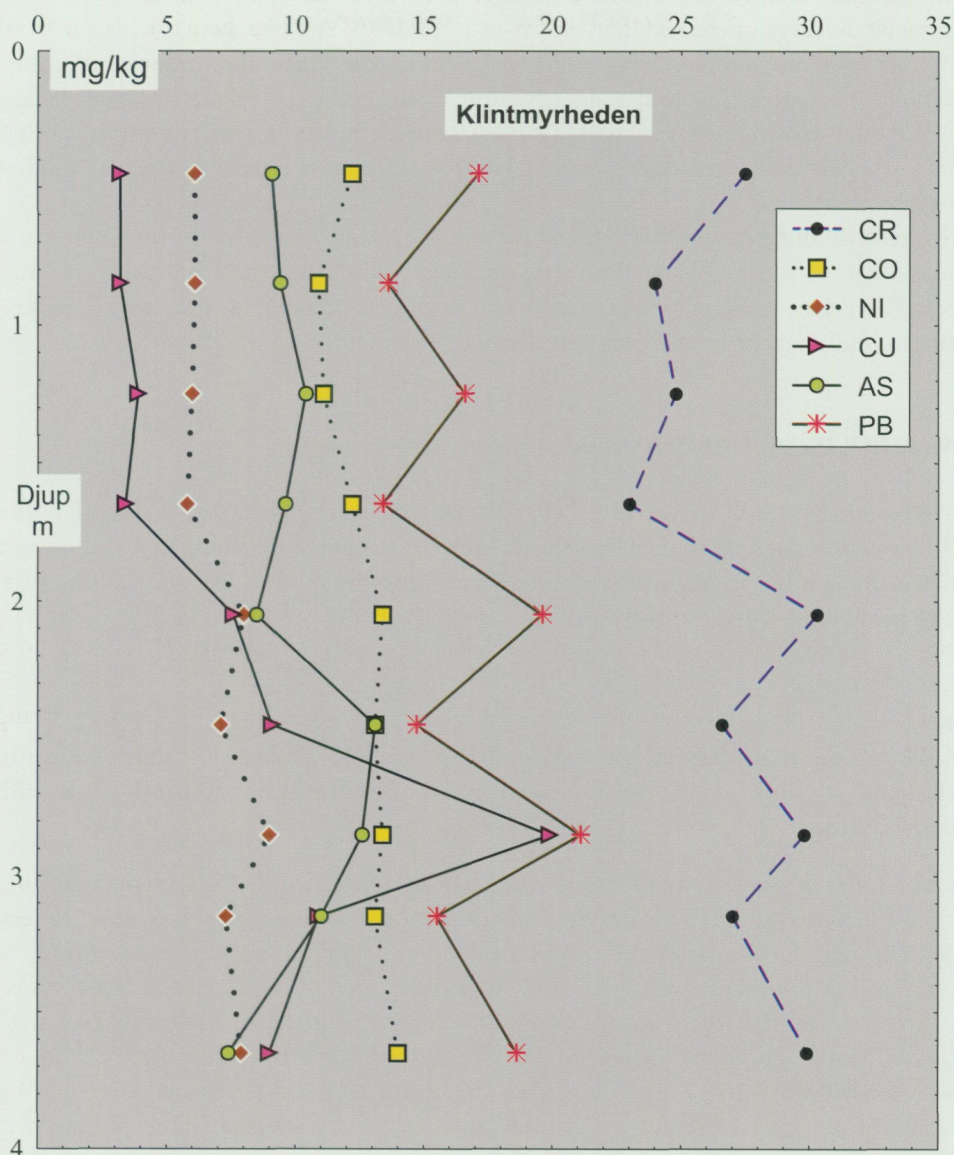


Fig. 1. Geokemiska analyser av ett urval spårelement i en djupprofil på Norsjölandet (NO). Analysmetod XRF (totalhalter).

moränen kan vara är tunn. Det är möjligt att provtagningen i sådana fall kan ha skett i en något äldre morän med avvikande transportlängd och rörelseriktning.

I samband med den kvartärgeologiska karteringen på Norsjö- och Storavanbladen utfördes även geokemisk provtagning i ett tjugotal maskingrävda moränprofiler. Analyserna visade att moränerna i de flesta fall är ganska homogena geokemiskt, och endast på fyra lokaler konstaterades klara trendbrott i den geokemiska sammansättningen, vilket kan indikera olika moränbäddar från olika istider alternativt förändringar i inlandsisens rörelseriktning. Resultaten är ibland något svårtolkade, vilket kan illustreras av figur 1 ovan. Figuren visar fördelningen av ett urval spårelement i nio prov tagna i en djupprofil på Norsjölandet (Klintmyrheden, rikets koordinater 7232420/1691490). Det översta provet (djup 0,45 m) togs i B/C-övergångshorisonten, medan de övriga är rena C-horisontprov. För de flesta elementen är skillnaden mycket liten mellan de olika proven, medan koppar uppvisar en ganska tydlig förhöjning vid tre meters djup, för att

sedan åter sjunka något. Av figuren framgår även att inga klara tendenser till anrikning kan ses i B/C-övergångszonen.

Det har inte varit möjligt att se några tydliga skillnader i moränens sammansättning som följer olika moräntyper, så skiljer sig t.ex. inte Veikimoränerna märkbart från intilliggande områden med avseende på geokemi. Detta kan indikera att moränerna inom närliggande områden består av i huvudsak samma material, åtminstone vad gäller den analyserade fraktionen.

Geokemisk kartering av ytmorän har i det karterade området använts för prospekteringsändamål, bl.a. har Björkdalsgruvan upptäckts på detta sätt. I andra områden inom Skelleftefältet har geokemisk kartering inte varit lika framgångsrik, vilket indikerar att moränens bildningssätt är komplex och därmed svårtolkad.

Elementens förekomst och associationer i moränen

Eftersom antalet analyserade element och metoder är ganska stort för det aktuella området, bearbetades materialet statistiskt för att förenkla tolkningarna (se ovan). De faktorer/associationer som blev resultatet användes även som bas vid tolkning av de salpetersyra- och kungsvattenlakbara analyserna.

Faktor

a) Kobolt – Järn – Magnesium – Vanadin – Nickel – Krom – Titan – Aluminium – Mangan – Zink – Koppar – Litium – Beryllium – Kalium – Rubidium. Typkarta Krom.

Genom faktoranalysen utkristalliserade sig en huvudfaktor med dessa element, vilket innebär att faktorn förklarar huvuddelen av variansen i analyserade data. Faktorns element är typiska för mafiska bergarter, och av kartbilden framgår att associationen dominerar på det undersökta områdets västra del, dvs. Vilhelmina och Järvsjökartbladen samt Lycksele NV. Ett par långsträckta, något svagare stråk löper i nordväst-sydöstlig riktning över Storavan-, Malå- och Norsjöbladen. En jämförelse med berggrundskartan ger vid handen att elementassociationen är förhöjd i områden där inslag av fjällrandens bergarter och basiska vulkaniter uppträder. Däremot tycks inte större massiv av basiska djupbergarter (t.ex. på Boliden- och Arvidsjaurbladen) ge något tydligt genomslag i morängeokemin.

Flera element analyserade genom HNO_3 -lakning visade sig ge upphov till mönster med snarlika eller så gott som identiska utseenden med elementassociationen i faktorn. Dessa HNO_3 -lakade element bestod också delvis av samma element, dvs. Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , Co , Cr , Cu , Ni och V . Därtill kom K_2O , Be , Li och Rb .

b) Zirkonium – Natrium – (Kisel). Typkarta Zirkonium.

Faktoranalysen visade att även Zr och Na_2O samt i viss mån SiO_2 ingick i denna faktor, men att dessa element hade ett starkt motsatsförhållande till de övriga elementen. Detta betyder att dessa elementhalter sjunker när de övriga elementen (Grupp a) ökar och vice versa. Associationen är stark i områden där moränen domineras av granitoider och sura vulkaniter, bergarter som är anrikade på SiO_2 , Na_2O och Zr .

Faktor

Barium – Kalium – (Aluminium). Typkarta Kalium.

I en annan faktor återfinns BaO och K₂O. Detta elementpar åtföljs av Al₂O₃ som dock har en lägre signifikans. Gruppen, vilken tycks vara knuten till partier av Revsundsgranit samt till sura och intermediära vulkaniter och motsvarande djupbergarter, ger en något splittrad anomalibild vars tyngdpunkter dock är koncentrerade till det karterade områdets centrala och nordliga delar. På Malåbladet uppträder två parallella anomalier som löper från NV mot SO. På Storavan- och Arvidsjaurbladen, samt på Bolidenbladets nordöstra hörn uppträder större förhöjningar medan associationen lokalt är starkt förhöjd även i anknytning till fjällkedjan.

Faktor

Kalcium – Strontium – (Natrium) – (Kisel). Typkarta Kalcium.

En tredje faktor inbegriper ett inom geokemin klassiskt elementpar, nämligen kalcium (CaO) och strontium, Sr. Även Na₂O och SiO₂ ingår i associationen, men ger vid faktoranalys en lägre signifikans och har också ett något avvikande mönster. Elementen CaO och Sr är märkbart förhöjda i två kraftiga anomalier, dels i det karterade områdets nordöstra hörn, dels i söder. En jämförelse med koncentrationen av HNO₃-lakat CaO och Sr visar att lakbarheten är låg i nämnda region, vilket skulle indikera att elementen i anomalierna sitter i svårlakade mineral, eventuellt någon form av plagioklas, något som stöds av att även Na₂O och SiO₂ ingår i faktorn.

Faktor

Niob – Yttrium – Zirkonium – (Mangan) – (Fosfor) – (Lantan)

Elementen i en fjärde faktor består av Nb, Y och Zr, med ett svagare bidrag av MnO och P₂O₅. Denna association kan indikera närvaron av apatit och/eller monazit i källbergarterna. Associationen tycks främst vara knuten till vulkaniter på Arvidsjaur- och Norsjöbladen samt till Revsundsgraniter på Malåbladet, men det drag som syns bäst är de låga halterna som tycks reflektera underliggande skiffrar och glimmergnejser. Detta syns mycket tydligt på framförallt Bolidenbladet, där övergången mellan nämnda metasedimentära bergarter och vulkaniter/djupbergarter markeras av en tydlig haltnivåskillnad. Förhöjningen på Malåbladet sammanfaller delvis med förhöjda lantanhalter (La) i salpetersyralakade prover.

Faktor

Arsenik – Koppar – (Zink) – (Kadmium). Typkarta Koppar.

Denna faktor är en arsenikfaktor i vilken även Cu och Zn ingår. För Zn är dock signifikansen ganska låg. En förhöjning av nämnda element löper i en U-formad båg över Bolidenbladet för att sedan i stort sett följa Skelleftefältet mot NV. Även HNO₃-lösligt Cd följer i stort sett nämnda anomali. Många av de större sulfidmalmen och -mineraliseringarna ligger på kanten av eller ryms inom denna förhöjning. Detta gäller t.ex. Boliden, Renström, Petiknäs, Holmtjärn och Kristineberg, liksom även de bägge guldgruvorna Björkdal och Åkerberg. De forna gruvorna Adak och Rackjaur, samt den relativt nyupptäckta Storlidenfyndigheten, kan dock inte spåras i As, Cu, (Zn, Cd)-associationen.

Faktorn är också förhöjd i två NV-SO löpande stråk, varav det kraftigaste tvärrar över Lyckselebladet (i stort sett från det nordvästra hörnet till det sydöstra). Denna anomali sammanfaller med många andra elementförhöjningar, bl.a. kraftigt förhöjda guldhalter, och

ett genetiskt samband kan ej uteslutas. Det andra sträcker sig från Malåbladets nordvästra hörn mot kartbladets centrala delar, där anomalin splittras för att vara helt borta i övergången till Lycksele- och Kalvträskbladen.

Faktor

Svavel – Molybden – (Selen)

Elementassociationen är tydlig. Höga svavelhalter på Bolidenbladets östra del samt vid fjällkedjan åtföljs av förhöjda Mo och Se-koncentrationer (Mo har analyserats med såväl XRF som ICP-MS, Se endast med HNO₃-lakning på ICP-MS). Detta beror troligen på att Mo uppträder som sulfid, och att Se kan ersätta S i sulfidmineral. Det är med andra ord sannolikt att associationen i denna faktor visar på innehållet av sulfidmineral i källbergarterna. En kontroll av kartorna över salpetersyralakade element visar att Mo och Se även förknippas med Cd, Sb och Tl.

Faktor

Rubidium – Kalium

Huvudelementet kalium är ofta anriktat i sura magmatiska bergarter samt i argilliter, bergarter i vilka kaliumförande kalifältspat och glimrar uppträder. Geokemiskt är Rb nära besläktat med kalium, och detta syns också vid faktoranalys, där de bägge elementen ingår i samma faktor. En jämförelse mellan totalhalterna och de salpetersyralakbara halterna ger helt olika kartbilder vilket beror på att huvuddelen av elementen finns i svårslösliga mineral. Höga halter av salpetersyralakbart K₂O och Rb indicerar troligtvis närvaron av biotit eller amfibol, vilka löses betydligt lättare än fältspater.

Faktor

a) Fosfor

Fosfor uppträder ensamt i en faktor och har ett starkt motsatsförhållande till kisel (se nedan). Det vanligaste förekomstsättet för P i bergarter är mineralet apatit, vilket också kan vara förklaringen till denna faktor. Anomalibilden är tämligen splittrad och de tydligaste förhöjningarna finns på Lyckselebladets sydöstra hörn. Mindre, lokala förhöjningar uppträder främst på Boliden- och Arvidsjaurbladen.

b) Kisel

Huvudelementet kisel förekommer som huvudbeståndsdel i de flesta mineral, huvudsakligen i form av kvarts och fältspater. Kiselanalyser finns endast som XRF-analyser, vilket ger totalhalterna av SiO₂. Kartbilden visar att SiO₂-halten är markant förhöjd i områden med Jörngranit, Arvidsjaurseriens sura bergarter samt delar av Revsundsgraniten medan större områden med dominerande skiffer- och gnejsbergarter (t.ex. Bolidenbladets nordöstra delar) ger väsentligt lägre koncentration i moränen.

Faktor

Bly – Zink – (Kadmium). Typkarta Zink.

Associationen Pb-Zn kan förknippas med sulfidmineral och elementen förekommer i flera av de talrika sulfidmalmer och -mineraliseringar som finns i området. Kartbilden över faktorn visar dock inte på någon allmän förhöjning i Skelleftefältet. Associationen framträder tydligast på Arvidsjaurbladen, samt på Malåbladets centrala delar. I det sistnämnda området faller Kristineberg med omgivning inom den aktuella anomalin, tillsammans med förhöjda halter av bl.a. Cd. Några mindre men starkt förhöjda lokala anomalier av associationen konstateras även på Vilhelminabladen, främst i trakten av gränsen mellan 22G SO och 22H SV. Även här är Cd förhöjt.

Andra associationer och element

Uran – Vismut – Litium

Dessa element ingick inte i den egentliga faktoranalysen, men en kontroll av haltkartorna över salpetersyralakade element visar att dessa element bildar en intressant association. Utmärkande för dessa element är främst de mycket starka anomalierna över Bolidenbladets östra del, samt de mindre förhöjningarna på Vilhelmina-, Järvsjö- och Malåbladen. För framförallt Bi är övergången mellan bakgrundshalter och höga halter på Bolidenbladet knivskarp, vilket visat att en drastisk förändring i moränens sammansättning sker just där. Förklaringen till detta är oklar, trendbrottet följer inga klart definierade litologiska gränser.

Guld med typkarta












Guld ingick inte i faktoranalysen utan behandlades för sig. Guldförhöjningar kan ses i två större stråk. Det kraftigare av dessa löper diagonalt från SO mot NV över Lycksele-, Järvsjön- och Stenselebladet. Denna förhöjning är en del av den s.k. gulddlinjen som i stort löper från fjällkedjan till kusten vid Umeåtrakten. I anknytning till de förhöjda guldhalterna är ofta metaller som Cu och As förhöjda. Inom den s.k. gulddlinjen ligger ett flertal konstaterade guldfyndigheter, varav de största är Storliden (på kartbladet Järvsjön) och Barsele (Stenselebladet).

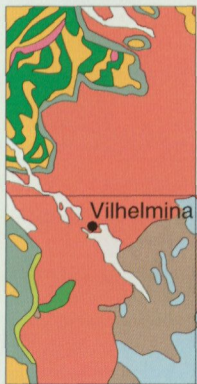
Det andra förhöjda stråket med guld följer ganska väl Skelleftefältet, speciellt i de västra delarna. Förutom guld är flera metaller förhöjda i samma område, bl.a. Cu, As, Bi och Zn. Guld bryts för närvarande i Björkdals- och i Åkerbergsgruvan på Bolidenbladet. Inom området är även en del kvartsgångar med arsenikkis kända, en tämligen vanlig indikation på förekomst av guld.

Förutom de mer sammanhängande guldanomalierna uppträder ett antal lokala förhöjningar, där de förhöjda guldhalterna endast uppträder isolerat. Denna typ av förhöjningar finns på nästan alla kartblad i det undersökta området.

Av kartan framgår också att halterna är något högre på 22-vådens kartblad än övriga. Detta beror på att en annan analysmetod (ICP-MS istället för AAS) använts för provtagna 1996 och framöver.

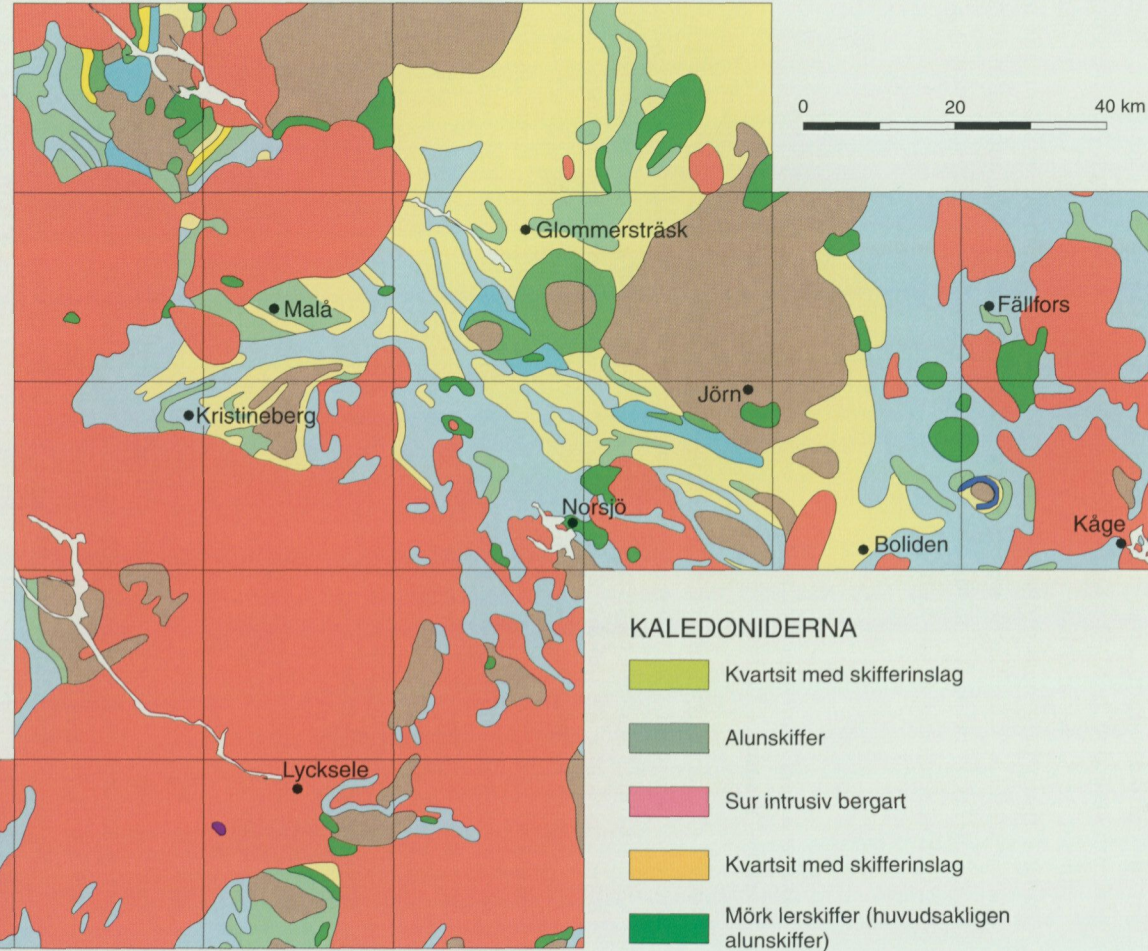
URBERGET

-  Sura och intermediära vulkaniska bergarter, delvis migmatitomvandlade
-  Basiska vulkaniska bergarter
-  Kalksten och dolomit (urkalksten)
-  Gråvacka, skiffer, kvartsit och arkos, delvis omvandlade
-  Gabbro delvis ultrabasisk, diorit, amfibolit
-  Äldsta graniter (urgraniter): delvis migmatitomvandlade
-  Sura vulkaniska bergarter
-  Basiska vulkaniska bergarter
-  Sandsten, konglomerat, kvartsit, skiffer
-  Yngre granit och pegmatit
-  Diabas av Åsby-Ulvötyp



Berggrundsgeologisk karta

(Ur SGUs nationella databas)

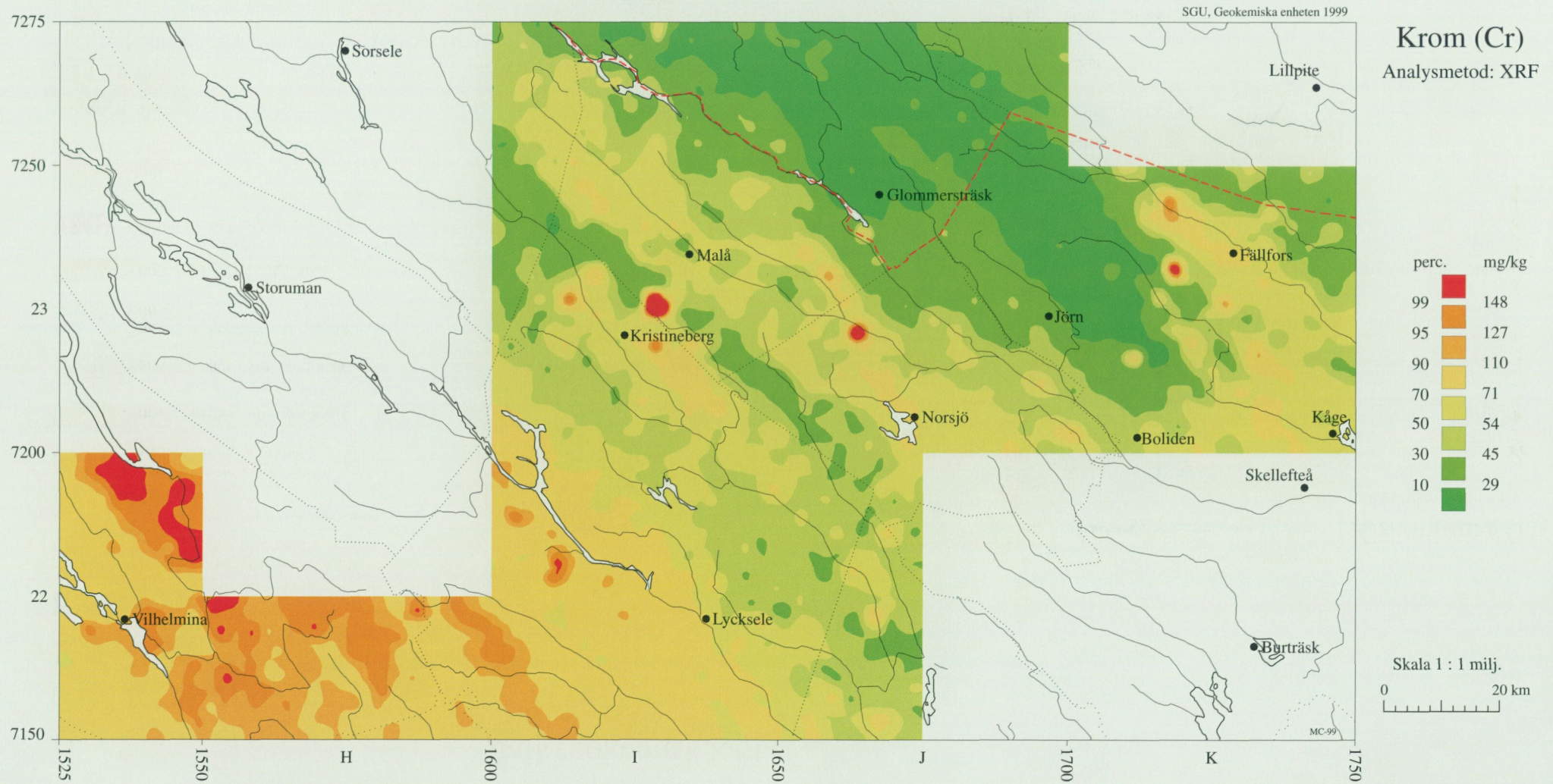


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

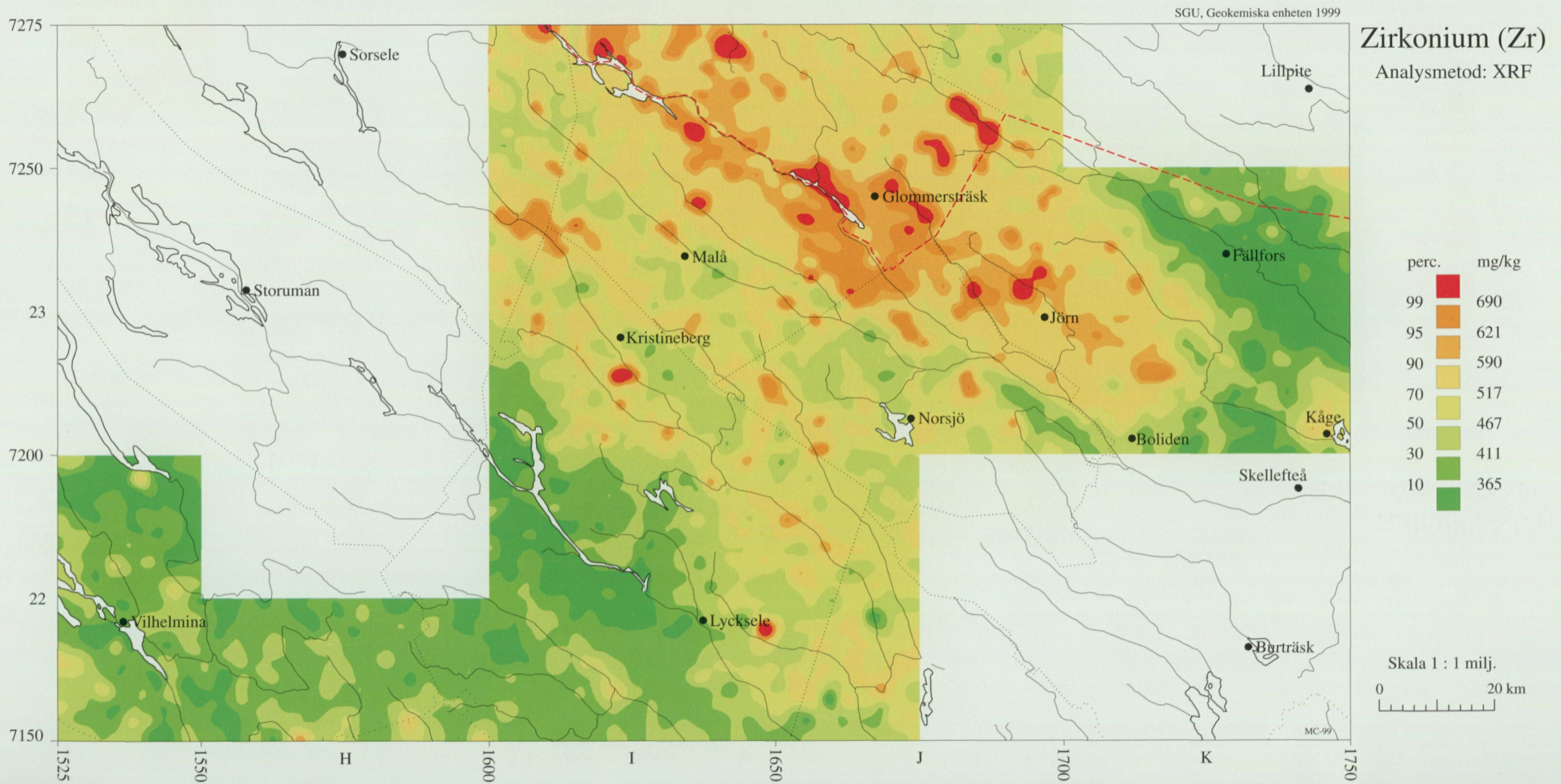


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

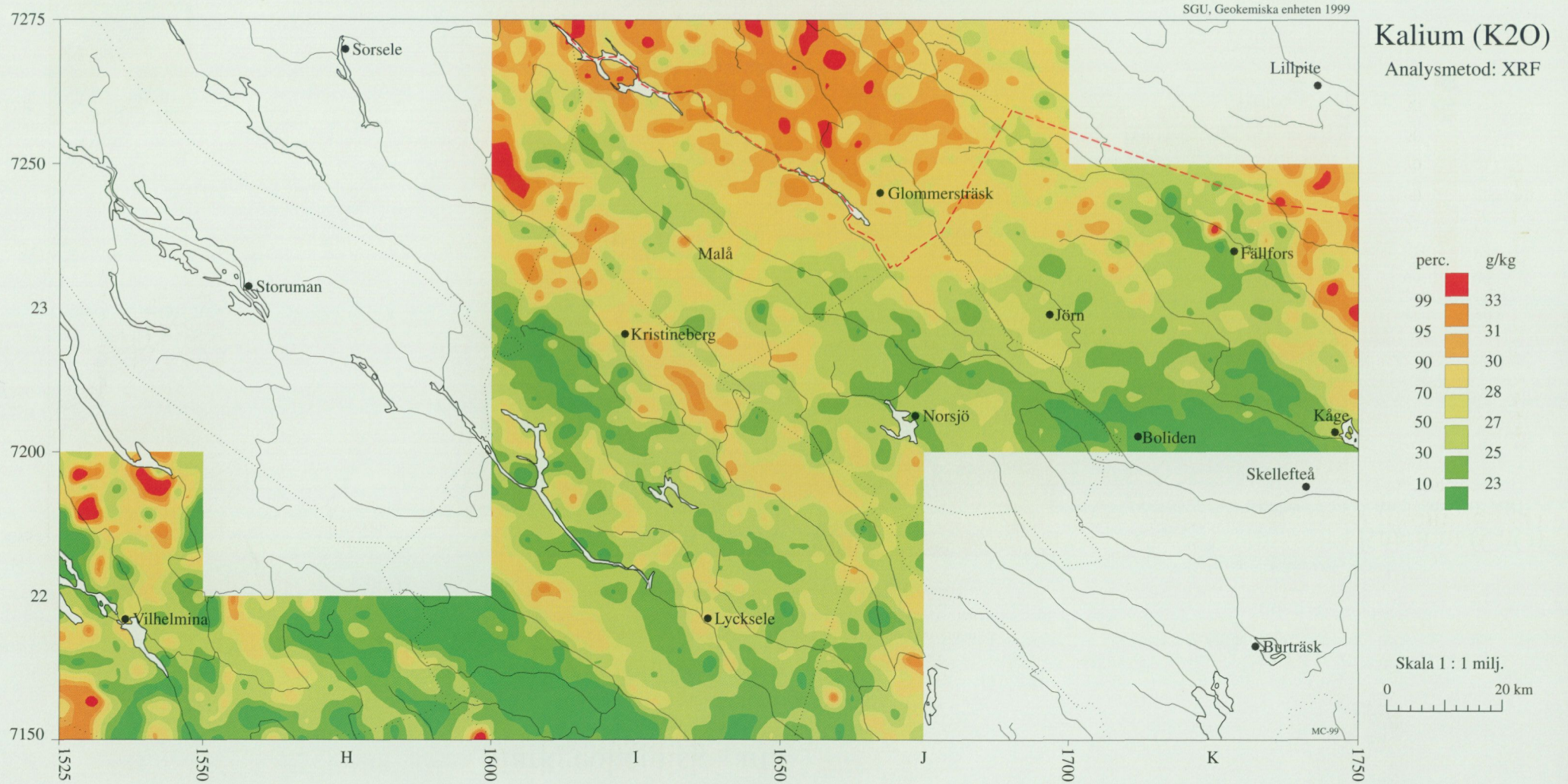


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finno-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

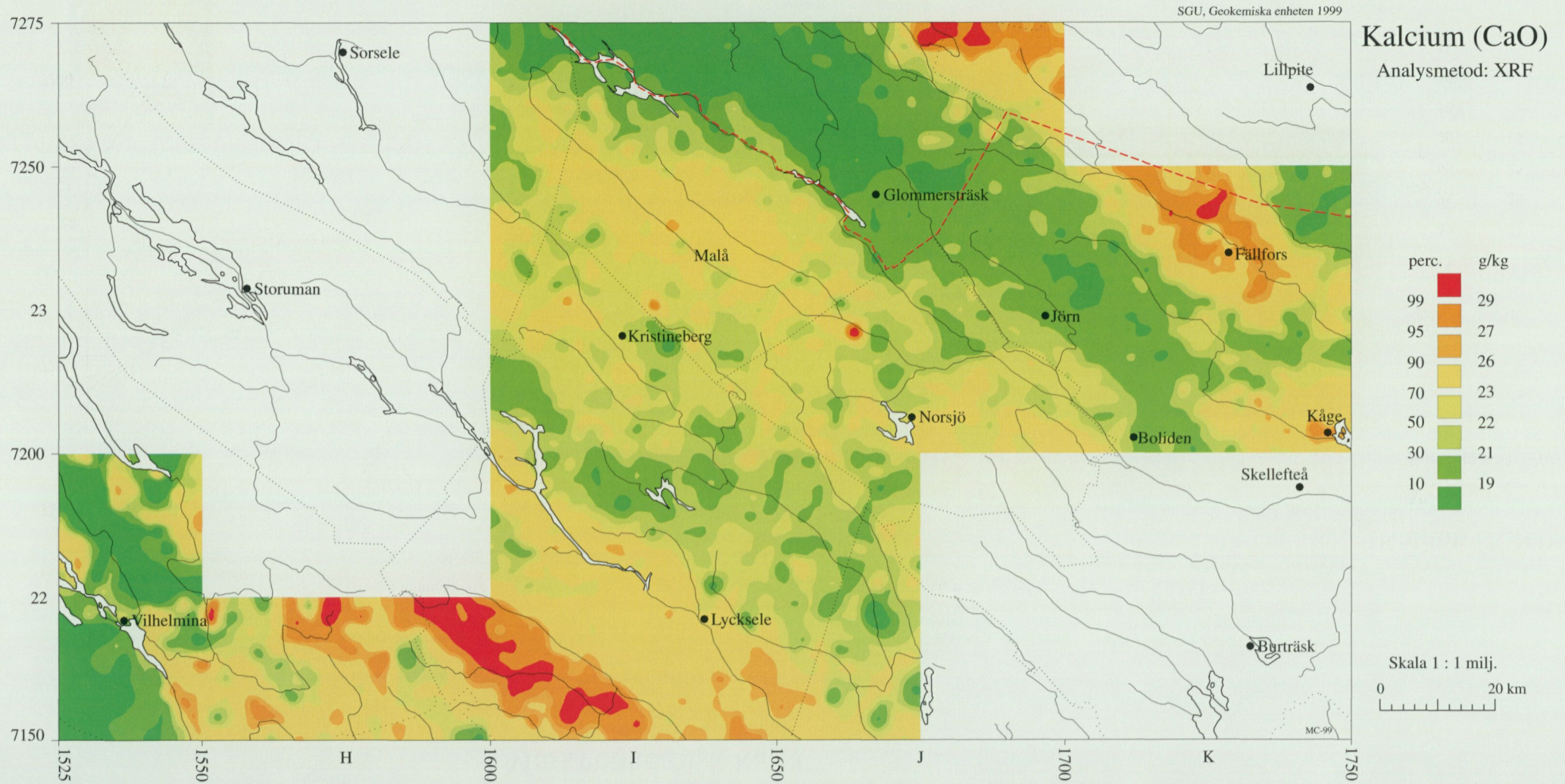


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

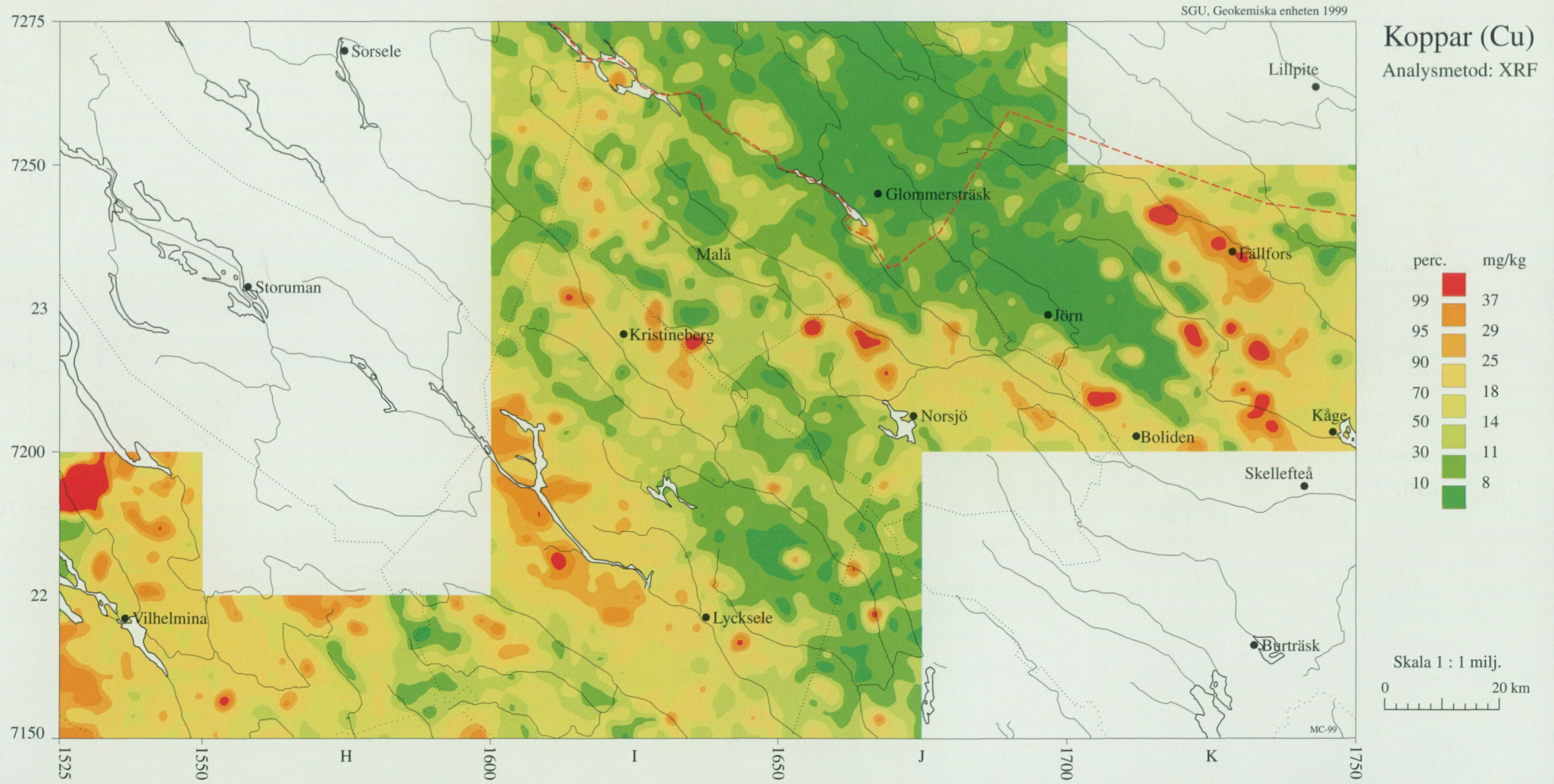


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.



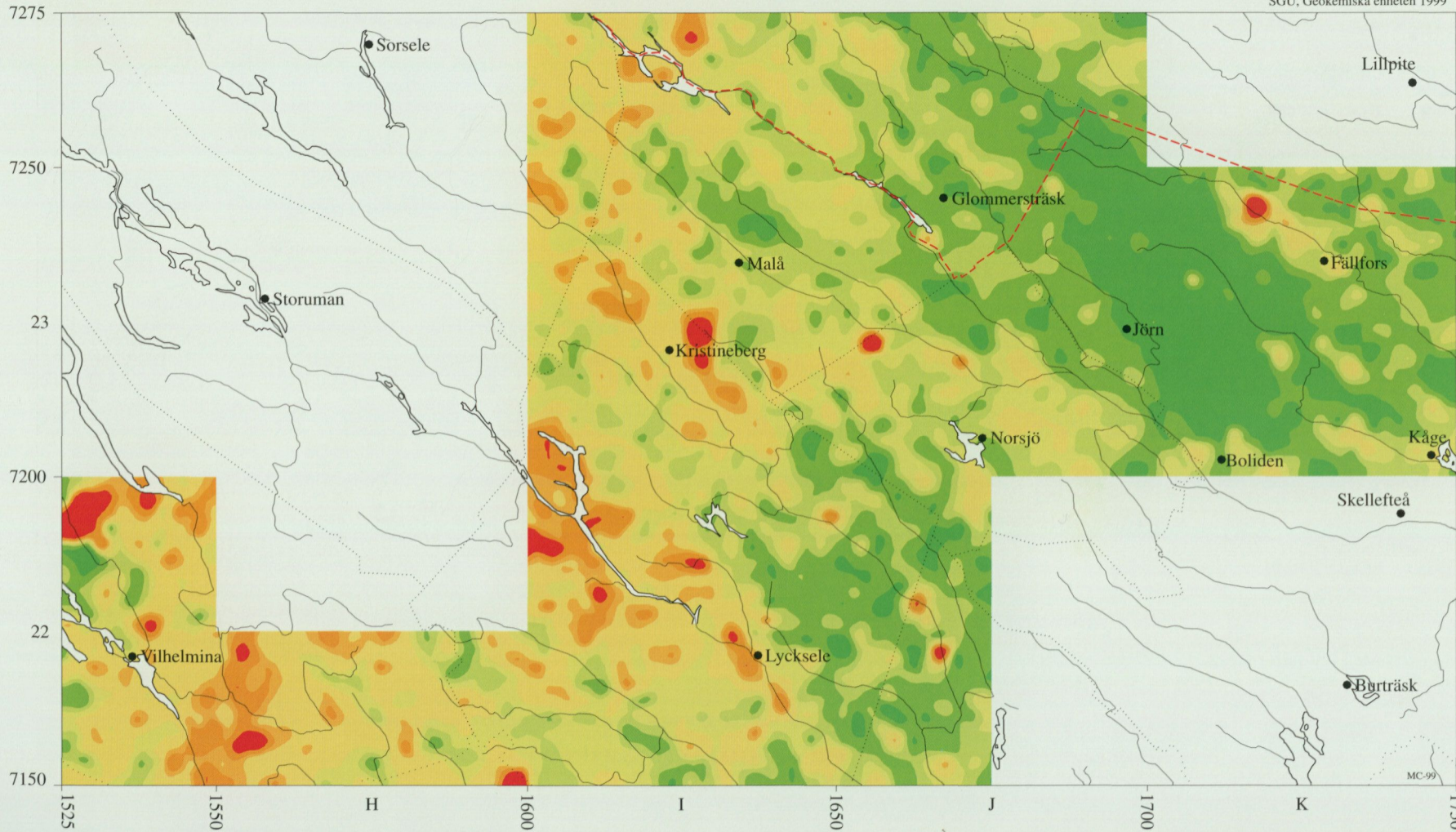
Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

SGU, Geokemiska enheten 1999



Zink (Zn)
Analysmetod: XRF

perc.	mg/kg
99	95
95	80
90	73
70	61
50	54
30	48
10	40

Skala 1 : 1 milj.
0 20 km

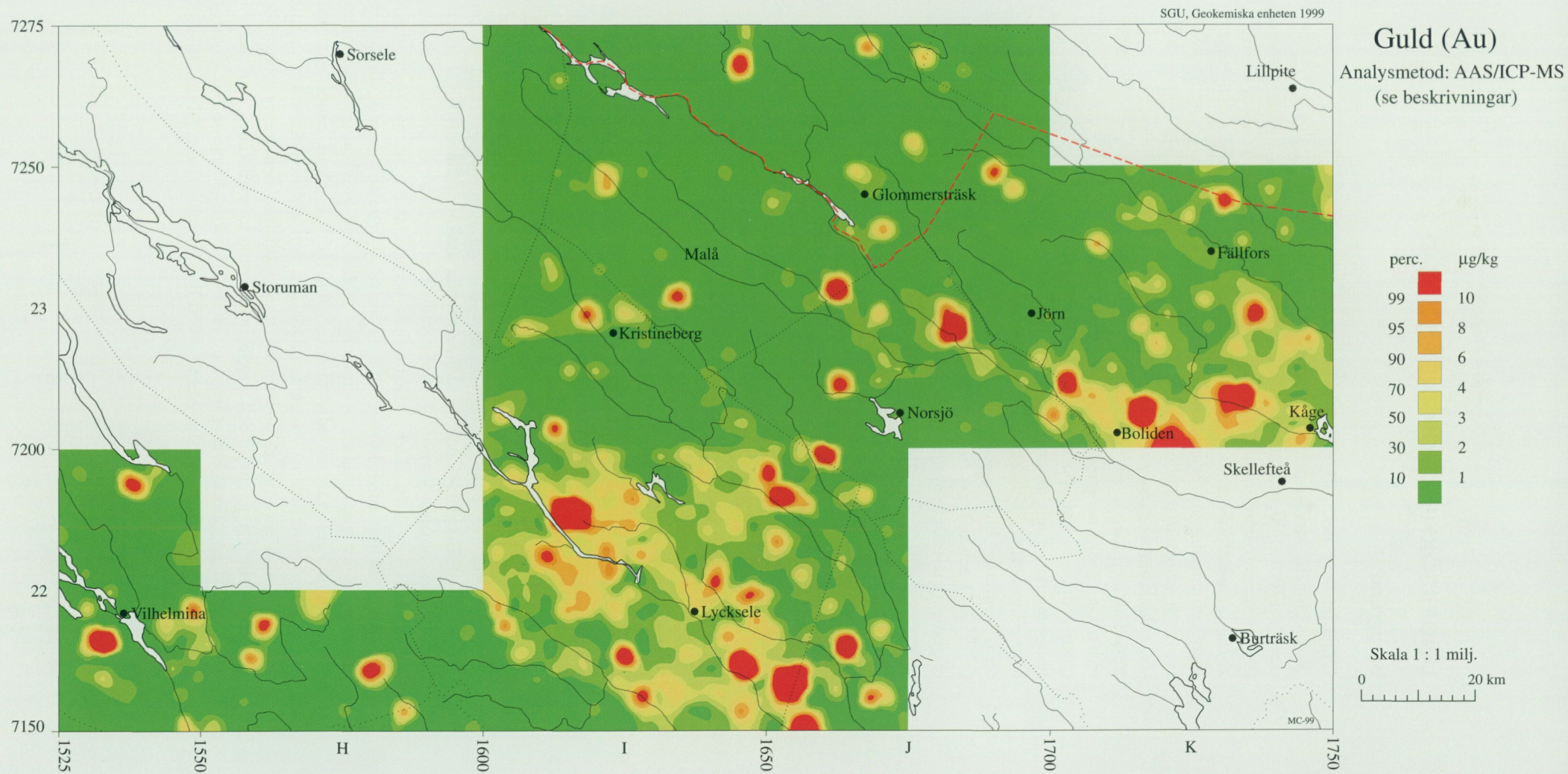
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar syralöslig del av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.



UNDERSÖKNINGSOMRÅDE 5-6, C-D

Berggrund

Området hör helt till den sydvästsvenska gnejsregionen, vars ursprungsbergarter bildades för 1700–1600 miljoner år sedan. Dessa gnejser varierar från grå och bandade till fin-korniga, ljusa. Gnejsernas ursprung är oklart men sammansättning och utseende tyder på att de är magmatiska djupbergarter. I gnejserna förekommer massiv av metabasiter, vilka huvudsakligen består av amfibol och plagioklas. De basiska bergarterna återfinns främst i den södra och sydöstra delen av undersökningsområdet. Yngre än gnejserna är graniter, både jämnkorniga och ögonförande. Graniterna uppträder huvudsakligen på kartbladen 6C SV/SO och 6D SV. Samtliga bergarter är tektoniskt påverkade av den svekonorvegiska orogenesen för ca 900 miljoner år sedan (se karta på sid. 36).

Faktaruta: Orogenes

Orogenes betyder bergskedjebildning. En sådan uppstår när två kontinentplattor kolliderar. De bergarter som bildas under en orogenes kallas synorogena. De bergarter som bildas efteråt benämns postorogena.

Den Svekokarelska orogenesen bildade för ca 1800 miljoner år sedan en bergskedja i Mellansverige. Bergskedjan är nu helt nederoderad och bara de understa delarna finns bevarade.

Den Svekonorvegiska orogenesen var en liknande händelse i västra Sverige för 900 miljoner år sedan.

UNDERSÖKNINGSOMRÅDE SKÅNE

Prekambrisk berggrund

Undersökningsområdet delas diagonalt av en bred tektonisk zon i nordväst–sydostlig riktning, den s.k. Tornquistzonen, vilken i stort sett löper från Bjärehalvöns sydkust över Ringsjöarna till Simrishamn. Den utgör övergången mellan den Fennoskandiska urbergsskölden och det stora, av tjocka sedimentbergartslager fyllda, sänkningsområdet sydväst därom. Diagonalen är tydlig i såväl berggrunden som terrängformerna.

Tornquistzonen präglas av nordväst–sydostliga förkastningar som skapat de skånska bergåsarna – horstarna – och de sedimentfyllda sänkorna däremellan. I zonen förekommer också talrika, nordväst–sydostligt orienterade, diabasgångar av permo-karbonisk ålder, samt basalter från jura–krita. Den prekambrika berggrunden i åsarna utgörs huvudsakligen av finkorniga till fint medelkorniga gnejser av vilka flertalet sannolikt bildats genom kraftig deformation av ursprungliga, i allmänhet medel- till grovkorniga granitoider. I områden där omvandlingen varit mindre intensiv eller haft en något annorlunda karaktär, är de ursprungliga granitoiderna bättre bevarade och kan där betecknas gnejsgranit. Av basiska bergarter finns, förutom ovan nämnda nordvästdiabas, flera generationer: dels konforma lager eller sliror i gnejsen, dels yngre, gångformade amfiboliter som skär över de äldre strukturerna. Det finns även gångar av en äldre diabasgeneration, s.k. hyperitdiabas, vilka genomkorsar centrala och östra Skåne i NNO-lig riktning (karta på sid. 36).

Fanerozoisk berggrund

De fanerozoiska bergarterna bildades för 545–50 miljoner år sedan och omfattar olika sedimentära lagerföljder där en del är fossilförande, andra inte (karta på sid. 36).

Kambrisk sandsten avsattes på det kristallina urberget och återfinns främst i sydöst vid Simrishamnstrakten. Sandstenen uppträder på flera sätt, t.ex. som vit kvartscementerad kvartssand (Hardebergasandsten) eller som Norretorpsandsten, en sandsten som färgats av sitt innehåll av glaukonit, ett blågrönt järnsilikatmineral tillhörande glimmergruppen som bildas i marin miljö.

Kambrisk-ordovicisk alunskiffer och ordovicisk och silurisk lerskiffer överlagrar de kambriska sandstenarna och utbreder sig söderut från diagonalen ungefär från Kågeröd–Svalöv mot Tomelilla och österut. I bergartsleden förekommer också kalkstensskikt och lersten. Silurisk sandsten förekommer också, främst med grågula till röda färgtoner. De geologiska perioderna ordovicium och silur kännetecknades troligen av tropiskt klimat och bergarterna bildades i marin miljö.

Triassiska sediment förekommer i nordvästra och västra Skåne. Leriga och sandig-steniga sediment är växelvis avsatta bland annat i Kågerödsformationen och Höganäsformationen. I den senares undre delar, Vallåkrallagren, förekommer siderit, ett järnhaltigt karbonatmineral. Perioden dominerades av ökenklimat och kontinental sedimentation med övervägande sandstensbildning. I Höganäsformationen ses också övergången från det torra, varma klimatet i trias till fuktiga klimatförhållanden i jura i form av såväl terrestriska som marint och limniskt avsatta sediment. Under denna övergångsperiod bildades deltaavlagringar med bland annat kolflötser (av betydelse för kolproduktionen i Sverige).

Sandstenar, lerstenar och skiffer som bildades under jura förekommer främst i Nordvästskåne och nordost om Ringsjöarna, i Vombsänkan och vid Romeleåsen. Bergarterna har bildats i såväl marin som limnisk miljö. Kring Hässleholm förekommer också sandsten och kaolinhaltig lera.

Från kritaerioden härrör Kristianstadtrakts kalksten och sandsten med mellanformer, liksom i Vombsänkan mot Kåseberga och kusten. I kritaeriodens kalksediment förekommer flinta, ibland rikligt. Kalksten är den dominerande bergarten från denna varma period med rik fauna och avsättningen skedde under en period med kraftiga höjningar av havsytan. Glaukonitsand underlagrar de kalkhaltiga sedimenten.

De tertiära lagren bildar de yngsta bergarterna i Skåne. Främst är det vit kalksten som täcker kritan i hela Malmö–Ystad-bäckenet inklusive Ven. En del leriga avlagringar, mörk och sandsten med glaukonit innehåll påträffas söder om Svedala och i Ystadtrakten. Förhållandena under avsättningsperioden var marina och en ganska värmekrävande fauna återfinns som rester i kalken.

Faktaruta: Djupvittring

Djupvittring av kristallin berggrund sker främst i varmt, fuktigt klimat. Mineralen i berget hydrolyseras av vatten och berggrunden omvandlas till saprolit, en blandning av lermineral och mer svårvittrade bergartsmineral. Olika klimat och olika bergarter ger olika resultat, men den kraftiga djupvittring som förekom i södra Sverige under mesozoikum har bland annat resulterat i lermineralet kaolin, vilket tillsammans med ren kvarts är en av slutprodukterna när gnejs och granit vittrar. Liknande djupvittring sker idag i t.ex. Afrika.

Kvartär utveckling, område 5-6, C-D och nordöstra Skåne

Dominerande jordart i området är morän som i terrängen kan variera i ytformer från att ha en tämligen jämn överyta till att vara småkullig. Både basalt deponerad morän och utsmältningsmorän förekommer och kristallint urbergsmaterial dominerar sammansättningen. Generellt är jordtäcket ganska tunt, med undantag av läsidorna på de i isrörelseriktningen utsträckta drumlinerna vilka uppträder som mäktiga moränryggar i terrängen. Den huvudsakliga transport- och isrörelseriktningen enligt räffelobservationer är från NO.

I stort sett hela området ligger över högsta kustlinjen.

Kvartär utveckling, sydvästra Skåne

De moräner och diamikta jordarter som provtagits i detta område har varierande petrografisk sammansättning. En del består till största delen av material från närliggande sedimentbergarter medan andra innehåller material från Östersjön eller har stort inslag av kristallint urbergsmaterial. Lerig morän och moränlera påträffas normalt i områden med mesozoiska bergarter (skiffer, kalksten), medan urbergsmaterial ger en så gott som lerfri jordart.

Den kvartära utvecklingshistorien är komplicerad i detta område. Under den senaste nedisningen har isrörelserna varierat och moräner och diamiktoner (moränliknande jordarter) har deponerats med ibland komplexa och svårtolkade lagerföljder.

Jordarterna i Skåne benämns ofta med tanke på de olika isrörelseriktningarna och varifrån det ingående bergartsmaterialet kommer. Sålunda förekommer i södra och västra delen "sydvästmorän" med stort inslag av skrivkrita och dankalksten. "Nordvästmoränen" i nordväst, är ganska lik sydvästmoränen till sammansättningen, men innehåller också en hel del urbergsmaterial från nordost samt lokalt anstående sedimentbergarter.

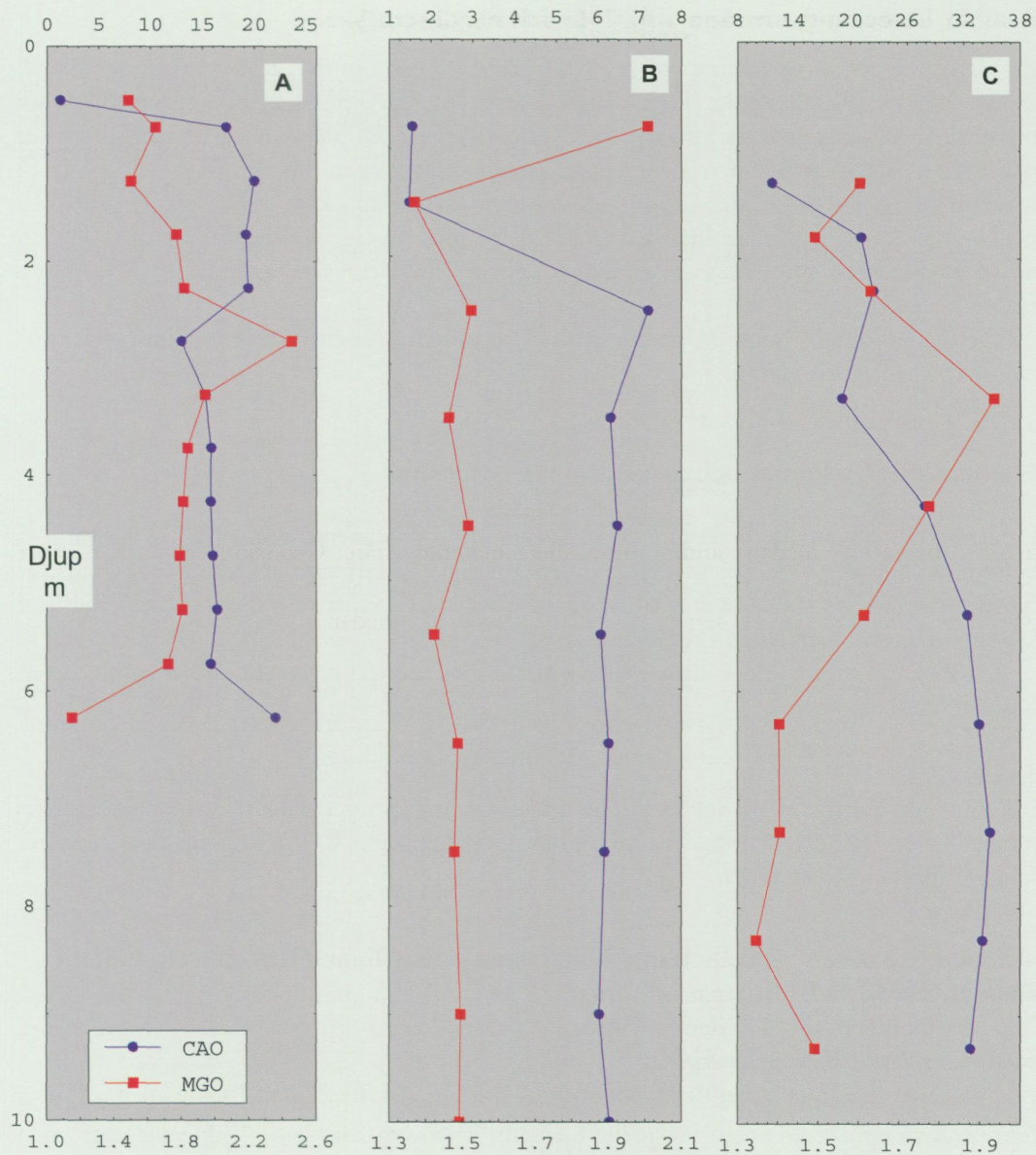
"Sydostmoränen", belägen längst i söder och sydost, innehåller en mängd bergarter såsom urberg, skifferar, kalksten och krita. De tre ovan nämnda moräntyperna kallas också "baltiska moräner" och har det gemensamt att de är kalkhaltiga och lerrika och innehåller bergartsmaterial från Östersjön och Öresund.

Utöver dessa förekommer "nordostmorän", där jordarterna deponerats av en nordostlig isström. Moränerna innehåller antingen uteslutande bergarter från det prekambriskä urberget, eller en blandning av urberg och lerskiffer. Hit räknas också lokalt uppträdande sandstensmorän. Dessa moräner är vanligtvis ler- och kalkfattiga men undantag finns.

I Skåne har ett antal djupa profiler provtagits geokemiskt i anslutning till ordinarie provtagning. Tre av dessa visas i figur 2. För samtliga profiler gäller att analysvärdena för totalhalterna, angett i procent, av CaO visas på övre axeln och MgO på den undre.

Profil A, Lund (koordinater 6176200/1333450)

Det översta provet taget strax under matjorden på 0,5 m djup utgörs av diamiktonlera utan synliga kritrester. Det har mycket låga kalciumhalter och är kraftigt urlakat på kalcium. De fyra underliggande proven, tillhörande samma enhet, har betydligt högre CaO-halter och innehåller också krita. Geokemiskt sett tillhör de fem översta proven samma enhet men ett flertal av de ingående elementen har en viss variation som troligen kan knytas till deglaciationsförhållandena. Prov nr 6 uppför utgörs av en ren, grå lera ovanpå ett sandlager. Under detta sandlager finns en homogen moränlera där sex nivåer provtagits. Skiffer, urbergsfragment och troligen krita finns i enheten, vilken geokemiskt sett är mycket homogent sammansatt. Det understa provet i profilen på



Figur 2. Tre olika djupprofiler med haltvariationer för CaO (blått) och MgO (rött).

6,3 m djup, avviker geokemiskt helt från de ovanpåliggande. Jordarten är sandig morän med enbart urbergsfragment identifierade i grus/stenpartiklarna. Den höga kalciumhalten tyder dock på att finfraktionen även innehåller krita.

Profil B, Dalby (koordinater 6172200/1347960)

En homogen profil från 1,5 m djup ned till understa provet på 10 m. Det översta provet utgör ett undantag; det är taget strax under matjorden på 0,8 m djup. Jordarten är blockrik, lerig morän innehållande urbergsfragment och utgör en deglaciationssekvens. Tämmligen höga halter av bly och zink återfinns i detta översta prov. De underliggande proven utgör med all sannolikhet en enda enhet. Jordarten är moränlera och samtliga prov innehåller grå krita. Enheten har homogen geokemisk sammansättning trots att prov nr 2 uppifrån, på 1,5 m djup, har avvikande kalciuminnehåll. Denna geokemiska störning är dock orsakad av markprocesser och påverkar inte bilden av homogenitet.

Profil C, Limhamn (koordinater 6163750/1319400)

Profilen är tagen i "sydvästmorän". I hela profilen förekommer krita som avslöjas bl.a. av de höga kalciumhalterna. Det översta provet är taget på 1,3 m djup, strax under matjorden, och kalken är här urlakad till viss del. Bortsett från det översta, av markprocesser påverkade provet, visar den geokemiska sammansättningen att profilen kan delas i två enheter. Okulärt är den undre en massiv och hårdpackad moränlera (Dalby till) medan den övre utgörs av lösare diamiktonlera med inslag av andra jordarter. Mellan de båda enheterna finns bl.a. ett tunnare skikt av siltig lera varifrån prov nr 4 uppfifrån tagits.

Notera lerskiktets högre magnesiumhalter i profilerna A och C. Även kalium och i viss mån järn är förhöjda i leran.

Elementens förekomst och associationer i moränen

De kemiska elementens förekomst och associationer i moränen beskrivs här översiktligt. I faktorernas rubriker skrivs elementen i ordning enligt förklaringsgrad i sjunkande grad. De typkartor som visas för flertalet faktorer representerar det elementmönster som generellt sett är gemensamt för elementen i respektive faktor.

Under varje rubrik anges kursivt de bergarter som är mest representativa för elementens närvaro i marken.

Faktor

I denna faktor uttrycks två starka elementgrupperingar som generellt sett visar moränernas innehåll av a) lerskiffer och basiska urbergskomponenter samt b) kiselsyrorika komponenter från granitoider och sandsten.

a) Litium – Krom – Nickel – Järn – Magnesium – Beryllium – Kobolt – Rubidium – Koppar. Typkarta Krom

Basiskt prekambrium + lerskiffer

Dessa element associeras till metabasiter och diabaser i urberget och till lerskiffer från ordovicium, silur och rät-jura. Elementförhöjningarna ligger generellt sett med tyngdpunkten i ett nordväst-sydöstligt stråk ungefär från Ängelholm ner mot Simrishamn. Förhöjningarna följer mycket väl lerskifferområdena i Skåne. Även där moränen innehåller gabbro, diorit, amfiboliter och diabaser, som i nordöstra Skåne samt delar av Hallands och Älvsborgs län, återfinns förhöjningar. Låga halter uppträder där moränmaterialet huvudsakligen utgörs av den röda gnejsens bergartsfragment.

Kromkartan får illustrera mönsterlikheten hos gruppens element. Notera också den mycket tydliga gränsen i nordvästra Skåne, mellan moränens innehåll av urberg respektive sedimentära bergarter, som så gott som helt följer underliggande berggrund. Detta visar att jordarten i området är ganska korttransporterad.

b) Zirkonium – Natrium – Kisel. Typkarta Zirkonium

Surt prekambrium + sandsten

Elementen i sin svårslösliga form, är typiska för kiselsyrorika bergarter som granitoider, vulkaniter, sandsten och kvartsit. På undersökningsområdena 5-6, C-D och 2-3, C-D återfinns därför elementförhöjningar i urbergsledens mer sura partier mellan Nissan och Ätran och i nordöstra Skåne. Elementen är främst knutna till fältspater i bergarterna.

Zirkonium kan även kopplas till sandstensinnehåll i moränen. Det ses tydligast som en Zr-förhöjning nordväst om Simrishamn, där moränen lokalt är influerad av underliggande berggrund. Förhöjningarna öster om Helsingborg kan också kopplas till sandstensinslag i moränen, men här har olika isrörelseriktningar och komplexa depositionsförhållanden påverkat det geokemiska elementmönstret.

I sydvästra Skåne visar låga halter av natrium och zirkonium tydligt avsaknaden av elementen i de lerrika moränjordar där bergartsmaterialet domineras av skiffer och kalksten.

Genom att studera den rumsliga fördelningen av elementen i denna faktor, vilken här representeras av krom- och zirkoniumkartor, fås en indikation på de isrörelseriktningar som dominerat transport och framför allt deposition av bergartsmaterial i de översta moränerna. Ett tydligt exempel på detta kan ses i området söder och sydost om Östra Ringsjön, där elementmönstret domineras av zirkoniumgruppens element och där kromgruppen är undertryckt. Elementuppträdandet visar att transport och deposition av urbergsmaterial skett från öster-östnordost eftersom elementgrupperna inte korresponderar med den underliggande berggrunden.

Faktor

Molybden – Svavel – Vanadin – Kadmium – Arsenik – Barium – Uran.

Typkarta Uran

Alunskiffer + impregnationer i sandsten

Till faktorn hör också selen och koppar, dock med svagare förklaringsgrad. Elementgrupperingen är vanlig i impregnationer i sandsten, men även i skifferar kan elementen vara förhöjda.

Urskartan markerar områden med höga halter i Skåne där alunskiffer finns representerat i moränen som till exempel vid Simrishamn och väster därom, samt i Röstångatrakten. Övriga sedimentära bergarter har betydligt lägre halter uran.

Urbergets granitoider har måttliga förhöjningar av uran, molybden och barium, medan arsenik och vanadin i stort sett saknas i dessa bergarter.

Faktor

Yttrium – Lantan – Niob – Volfram – Beryllium

Surt prekambrium + skifferar

Elementgruppen kopplas till sura bergarter såsom granitoider men även skifferar innehåller ofta höga koncentrationer. Elementen i denna faktor uppvisar sinsemellan tämligen likartade mönster i undersökningsområdets morän.

Faktor

Kalcium – Strontium. Typkarta Kalcium

Basiskt prekambrium + tertiär krita

Elementen har liknande kemiska egenskaper och förknippas främst med urbergets basiska komponenter, med karbonater och med kritkalksten. De högsta kalciumhalterna återfinns i moränområden med krita i Skåne, men kalken är här mycket löslig och viss urlakning ner till provtagningsdjupet 1 meter kan inte uteslutas. Från ett antal lokaler, framförallt i västra Skåne, har prover tagits också från djupare nivåer. Av åtta lokaler visar två påtagligt lägre kalciumhalter på 1 meters djup jämfört med djupare nivå, men det finns ingen tydlig trend att totalhalterna för Ca generellt ökar mot djupet.

Vittringsbenägenheten för de vanligaste mineral i vilka kalcium uppträder, är väldigt

olika. I kalcit (kalksten) löses Ca lätt ut, medan det i amfiboler och plagioklas är något mindre lösligt. Det är främst i de senare mineralen elementgruppen uppträder i området 5-6, C-D och i nordöstra Skåne. Totalhalterna är här medelhöga och den långsiktiga tillgången jämn.

Frapperande i kartbilden är de mycket låga halterna i lerskifferområden. Eftersom kalcium är ett grundämne med stor betydelse som näringsämne och som buffrande ämne för markens syraneutraliserande förmåga, kan dessa områden betraktas som bristområden för ämnet.

Faktor

Kalium – Barium – Aluminium

Med svagare signifikans ingår också rubidium i gruppen. Elementen associeras normalt till kiselsyrorika bergarter som graniter och granodioriter och det är också i de surare urbergsleden som förhöjningar av totalhalterna återfinns.

I Skåne finns dock de kraftigaste förhöjningarna i lerskifferområden, där elementen troligen uppträder i glimmer- och lermineral. I samma områden är också lakbarheten för elementen hög, vilket stöder tolkningen.

Faktor

Bly – Zink – Kadmium. Typkartor Bly respektive Zink

I denna faktor förklaras till största delen blyets uppträdande medan zink och kadmium är något mindre signifikanta. Generellt återfinns bly i de surare urbergsleden med zirkonium, natrium med flera, vilket kan ses på blykartan som medelhöga förhöjningar i nordöstra Skåne.

Mest framträdande på blykartan är dock de höga blyhalterna i sydöstra Skåne och vid Åstorp. Där är det bergartsleden med sandsten som markeras så vackert i elementmönstret.

Typkartan för zink visar också förhöjningar i områden med jurassisk lerskiffer. Med zinken följer kadmium, som med sin starka kemiska släktskap föreligger med höga elementhalter i zinkförhöjda områden.

Tillsammans med bly i form av blyglans, uppträder ofta zinkblände i mineraliseringar i kambrisk sandsten. Elementen förekommer som impregnationer och i mineraliseringar i sprickor och krosszoner i bergarterna, ofta tillsammans med ett eller flera andra element, t.ex. kadmium. De båda kartbilderna för bly respektive zink visar så pass kraftiga förhöjningar att mineraliseringar i berggrunden kan vara orsaken till förhöjningarna i moränen.

Kadmium och zink är båda lätttrörliga i sur miljö. Så länge pH är relativt högt är elementen orörliga men kan lätt mobiliseras och komma ut i grundvattnet när pH sjunker. Delar av elementförhöjningarna i sydöstra Skåne ligger i områden där låga pH mätts upp i mineraljorden.

Faktor

Titan – Niob

Basalt + gabbro + skiffer

Titan uttrycks starkast i denna faktor, följt av niob, vilket geokemiskt ofta ersätter titan i ett flertal olika mineral. Gabbro, basalt och skiffer är bergarter vars förekomst i morän ofta avslöjas av elementmönstret för titan. Mönsterlikhet finns därför delvis med de basiska elementen i den först beskrivna faktorn (typkarta Krom och Zirkonium).

I undersökningsområdet 5-6, C-D är titan förhöjt i områden med gabbro. Detsamma gäller i Skåne, men här tillkommer kraftiga förhöjningar i ett område i urberget ungefär mellan Ringsjöarna och Finjasjön, en region rik på basaltkupper. Utslag fås även på Romeleåsens norra del, i gabbro, samt allmänt i skifferrik morän.

Karta Aluminium

Kaolin

Aluminium förekommer i en mängd olika mineral i ett flertal bergarter. Ingen bergart i undersökningsområdet kan sägas vara särskilt aluminiumrik. Däremot kan motsatsen gälla; kalksten och sandsten har nämligen mycket låga aluminiumhalter. I elementmönstret för Al återfinns därför de lägsta halterna i morän som är rik på just kalksten och sandsten, alltså i sydvästra delen av Skåne.

Vad som dock är utmärkande på aluminiumkartan är de höga halterna av elementet vid västra Ringsjön. Studeras elementets syralösliga del (ICP-analyser) ses att lakbarheten är låg i området. Detta tolkas så att moränen i detta område innehåller kaolin från djupvittrad berggrund (se faktaruta på sid. 29). Kaolinit innehåller ungefär 20% Al, vilket är betydligt mer än i omgivande bergarter (skiffer har t.ex. en Al-halt på ca 9%) och mineralet är svårösligt. Uppfattningen om kaolinit som aluminiumkälla stöds av att kaolinbrytning bland annat har skett i Höör-trakten samt vid Hallaröd och Hultseröd. Ytterligare en dryg mil åt ostnordost finns leromvandlade bergarter. Även här återfinns en aluminiumförhöjning med låg lakbarhet.

Förhöjningen sydost om Vombsjön har hög lakbarhet, vilket är fallet när aluminium ingår i till exempel glimrar och lermineral som är vanliga komponenter i skiffer. Skifferområdena uppvisar också medelhöga Al-förhöjningar.

Karta pH




De högsta pH-värdena återfinns i de moränområden i Skåne där kalksten ingår. Urbergsområdena har betydligt lägre pH-värden, lägst där mineralinslaget i moränen är mest kiselsyrorikt. Eftersom mineralsammansättningen i berggrund och därmed i morän är kraftigt skiftande i undersökningsområdet, varierar pH upp till fyra pH-enheter.

Berggrundsgeologisk karta








(Ur SGUs nationella databas)

URBERGET

Sydvästsverige, väster om Mylonitzonen













-  Sura vulkaniska bergarter
-  Äldsta granitoider, delvis ådrade
-  Äldsta ögongraniter, vanligen gnejsiga (RA-granit m.m)

Sydvästsverige, öster om Mylonitzonen


-  Hyperit-diabas
-  Sura vulkaniska bergarter
-  Gråvacke- och glimmer-gnejs, kvartsit
-  Gabbro (delvis ultrabasisk), diorit, amfibolit
-  Ortognejs, grå eller rödgrå (granodiorit, tonalit), delvis ådrad
-  Gnejs (ortognejs), oftast ljus eller rödaktig, delvis ådrad
-  Granit (Torpa, Vårgårda), syenit, monzonit
-  Charnockit

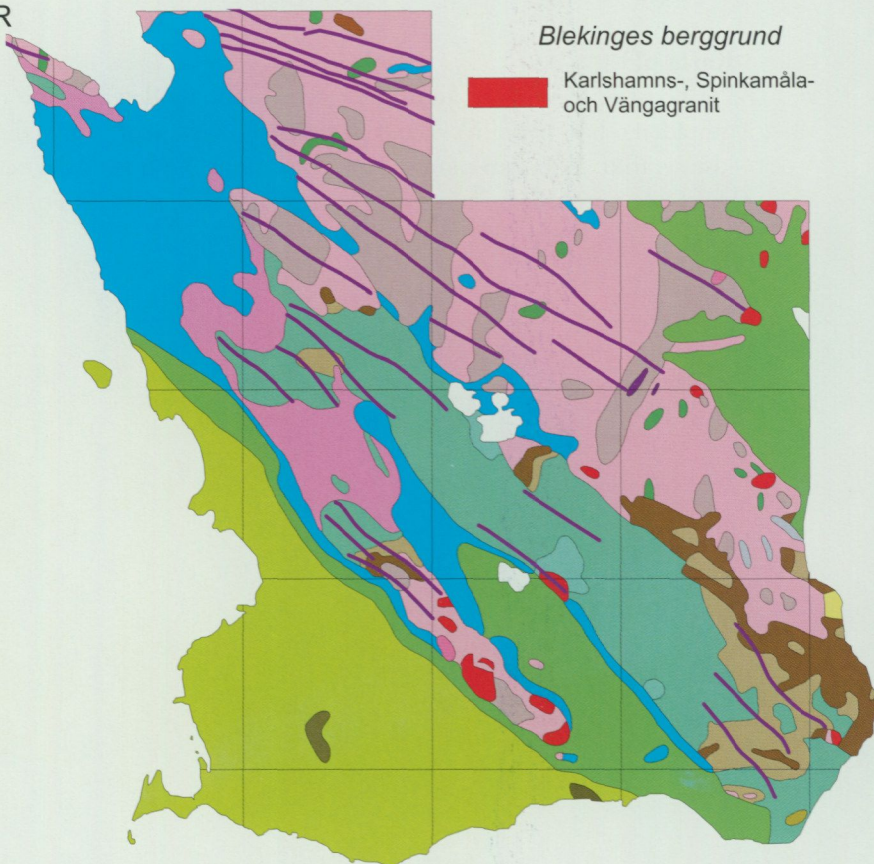


FANEROZOISKA BERGARTER

-  Lerskiffer, delvis alunskiffer, kambrium och ordovicium
-  Sandsten, kambrium
-  Lerskiffer, delvis alunskiffer, kambrium och ordovicium
-  Kalksten, silur
-  Lerskiffer, silur
-  Sandsten m.m. (Kågerödslager, trias)
-  Lera, lerskiffer, rät-jura
-  Kalksten, sandsten och lera, krita
-  Kalksten, danienkalksten
-  Märgelsten, tertiär
-  Glaukonitsandsten, tertiär
-  Diabas

Blekinges berggrund

-  Karlshamns-, Spinkamåla- och Vångagranit



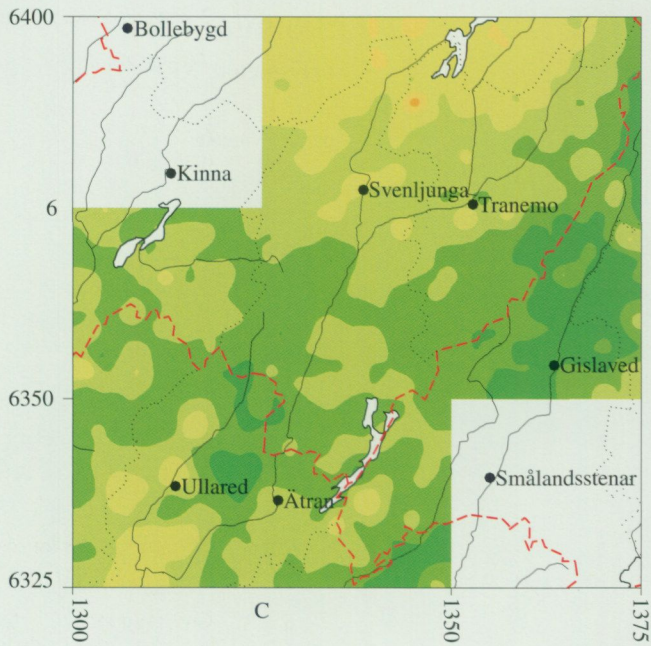
0 20 40 km

Markgeokemisk karta

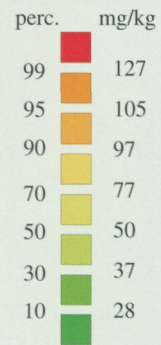
Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

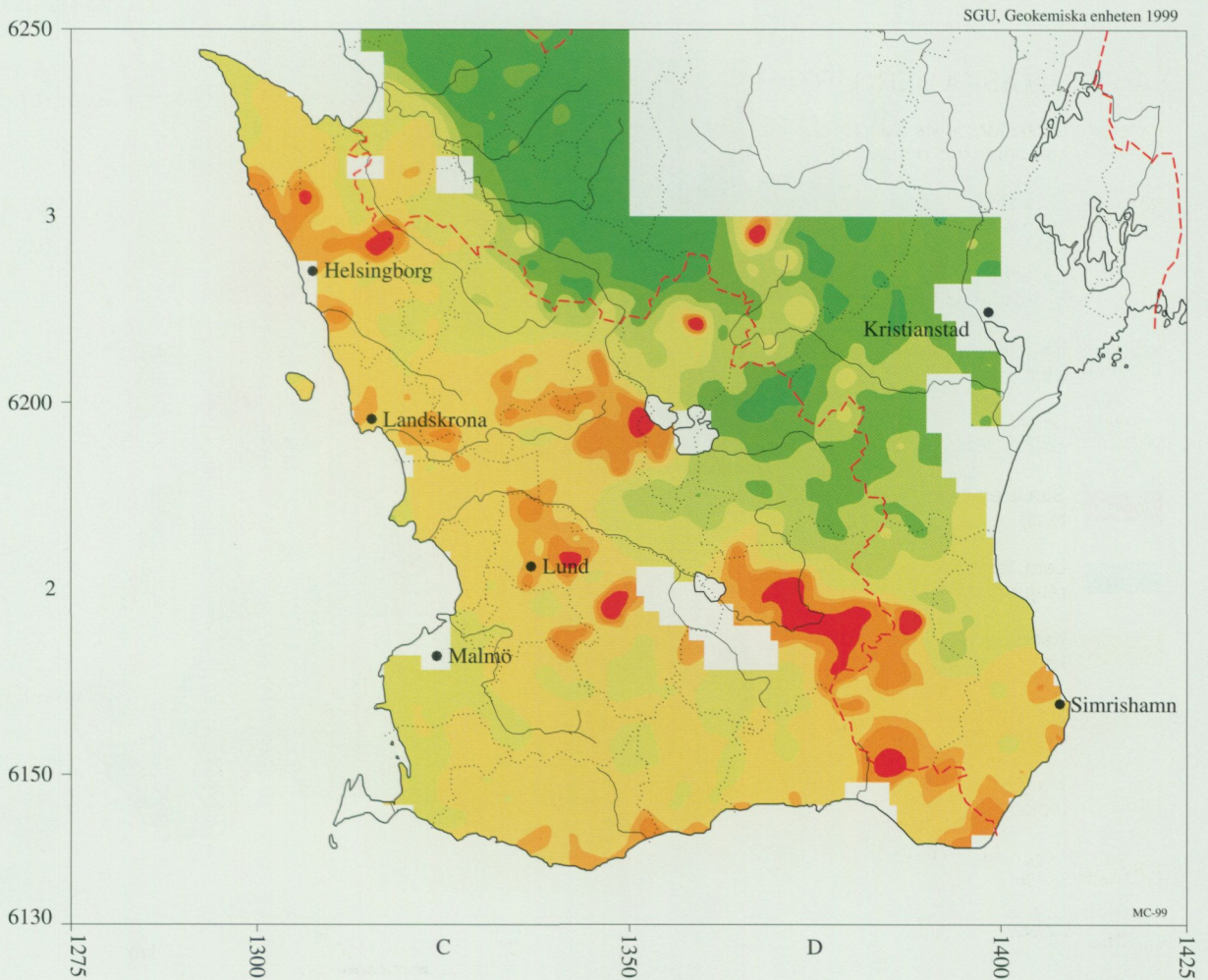
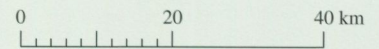
Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.



Krom (Cr)
Analysmetod: XRF



Skala 1 : 1 milj.



SGU, Geokemiska enheten 1999

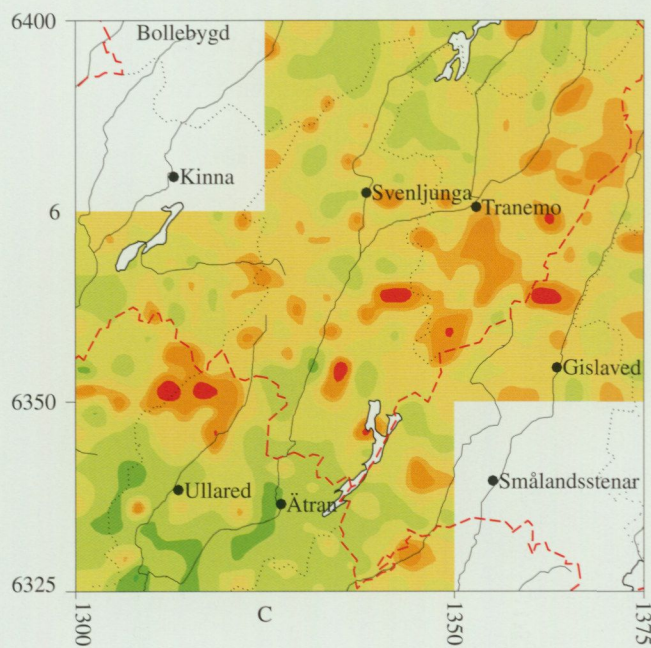
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

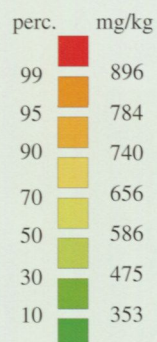
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

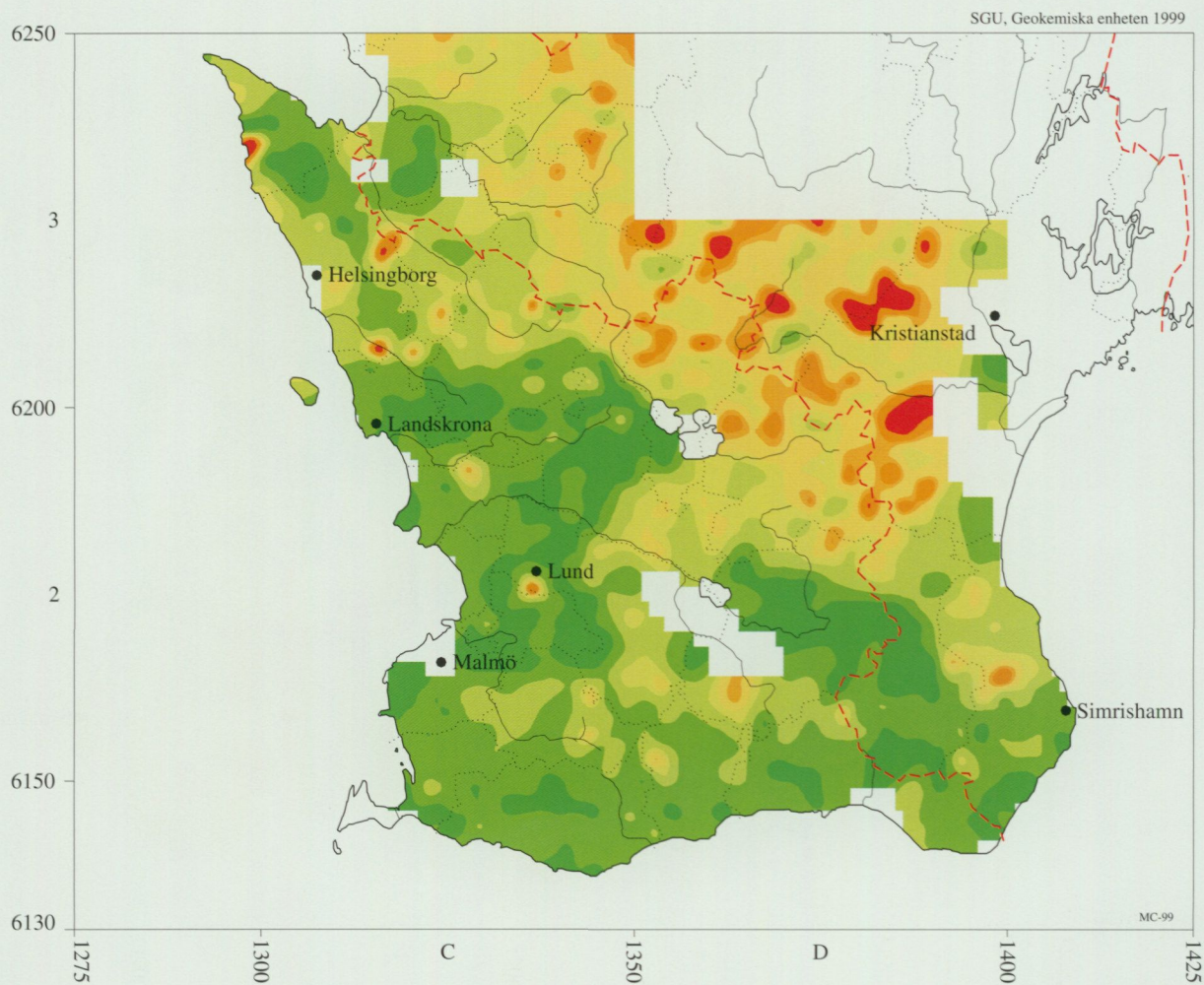
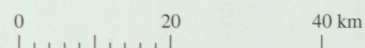


Zirkonium (Zr)

Analysmetod: XRF



Skala 1 : 1 milj.



SGU, Geokemiska enheten 1999

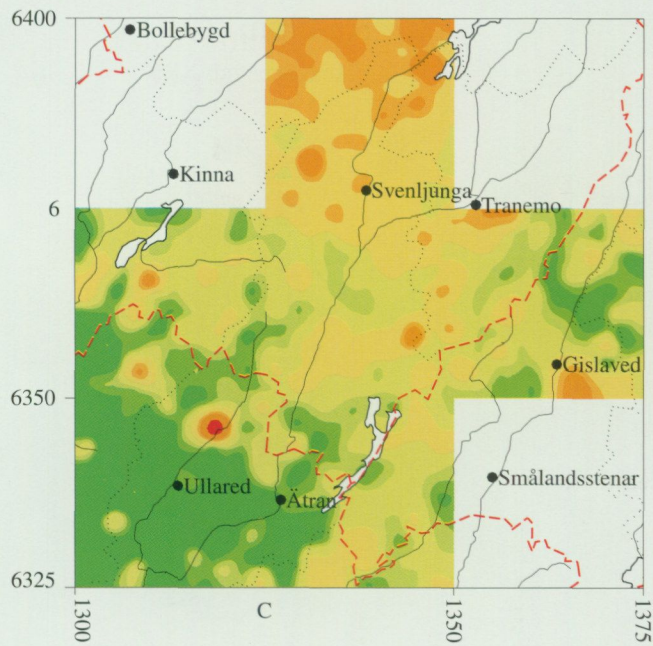
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

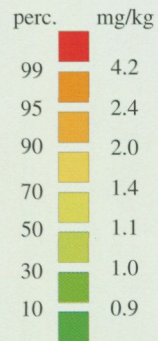
Kartan visar syralöslig del av elementet i morärens finno-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

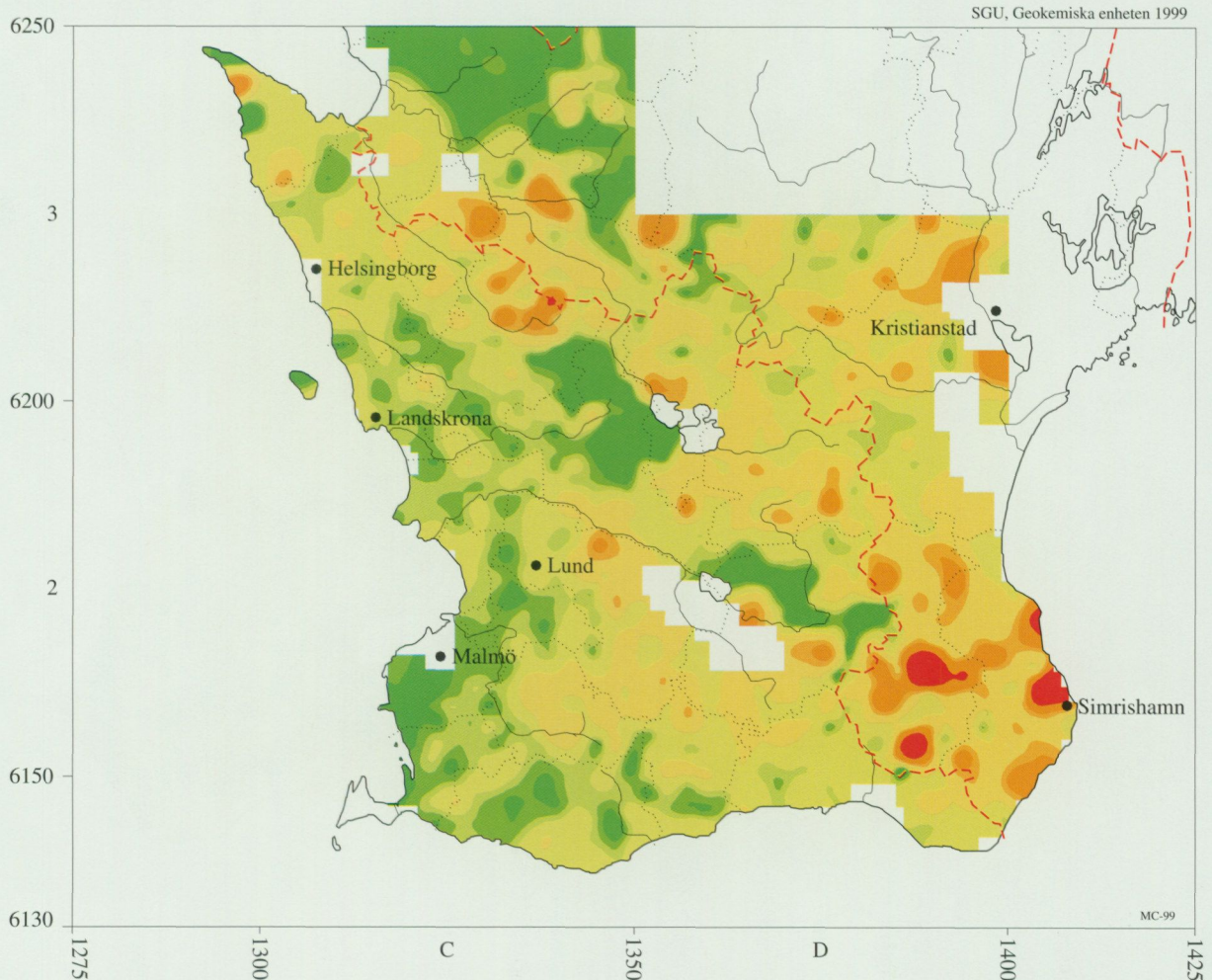
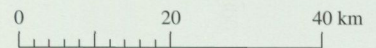


Uran (U)

Analysmetod: ICP



Skala 1 : 1 milj.



SGU, Geokemiska enheten 1999

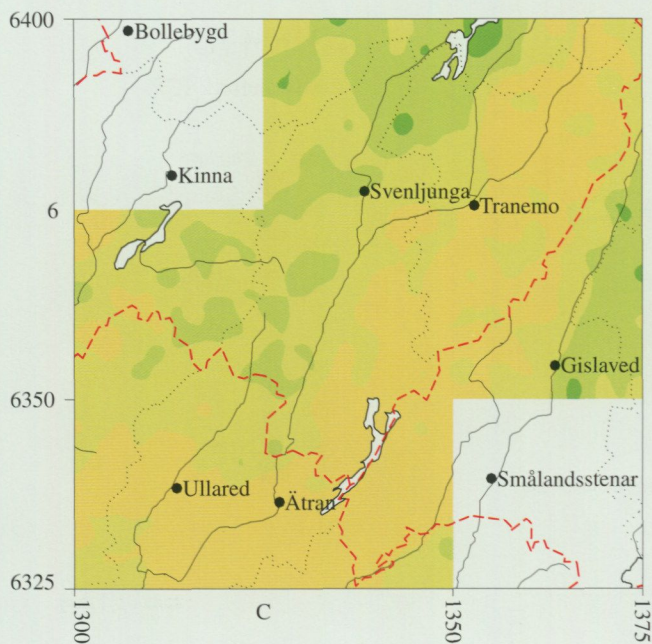
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

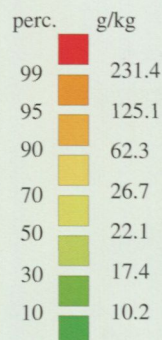
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränsens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

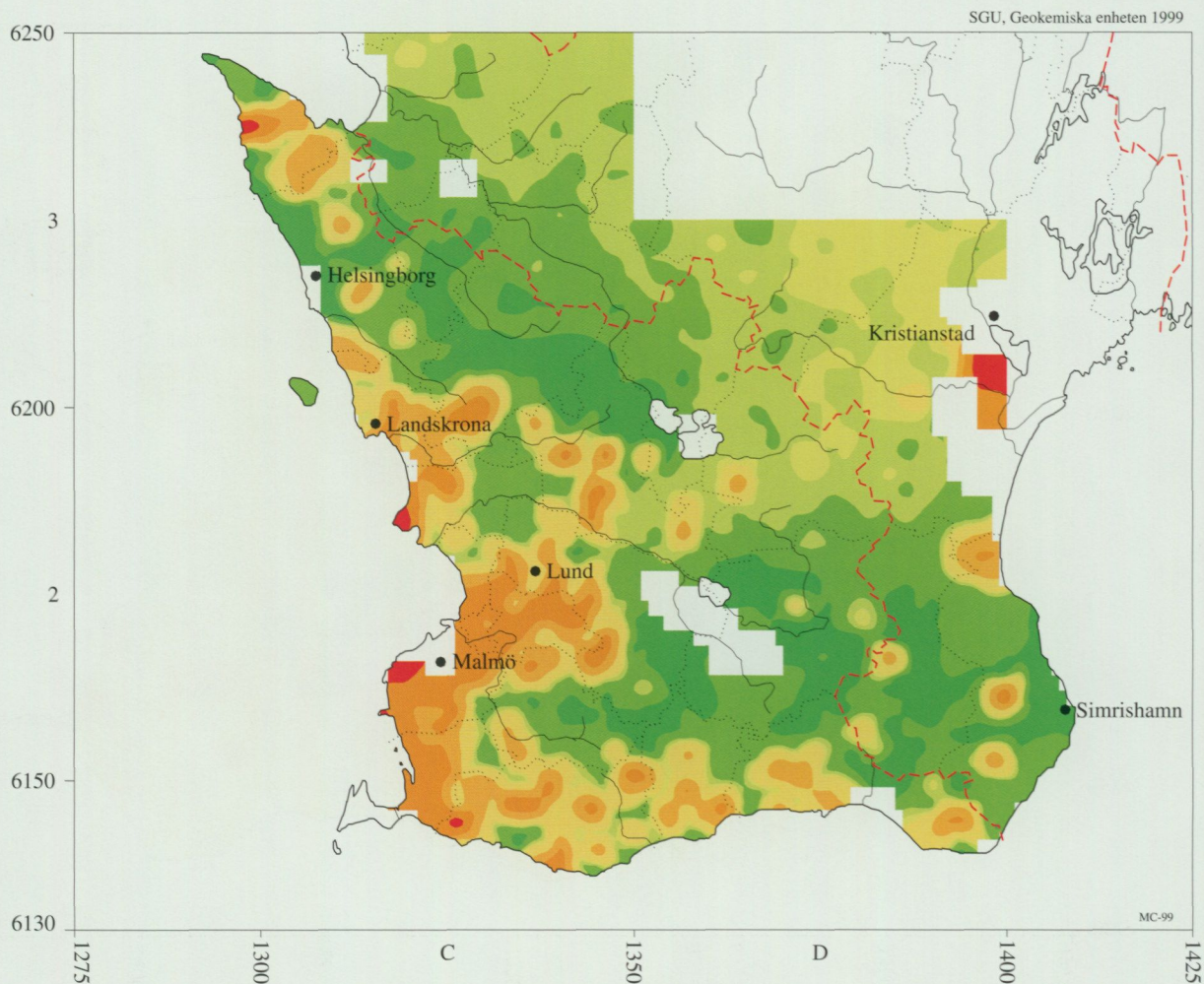
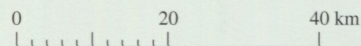


Kalcium (CaO)

Analysmetod: XRF



Skala 1 : 1 milj.



SGU, Geokemiska enheten 1999

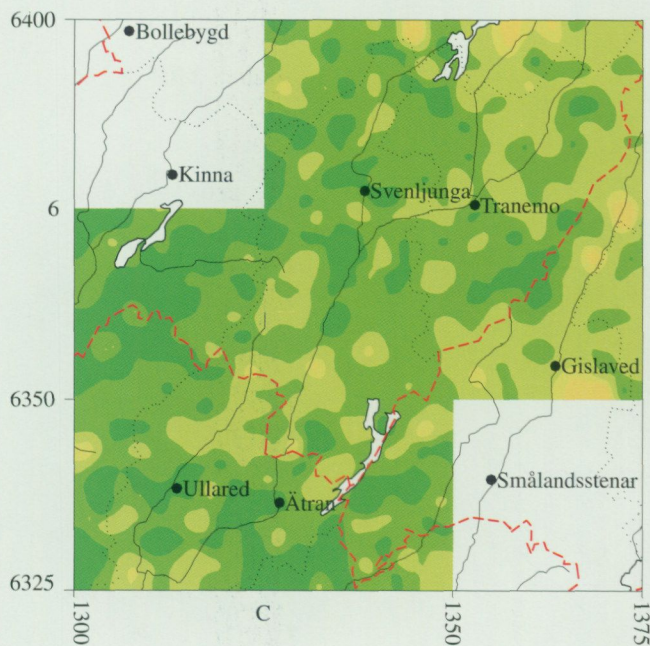
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

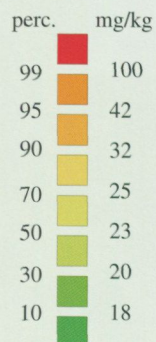
Kartan visar totalinnehållet av elementet i moränens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

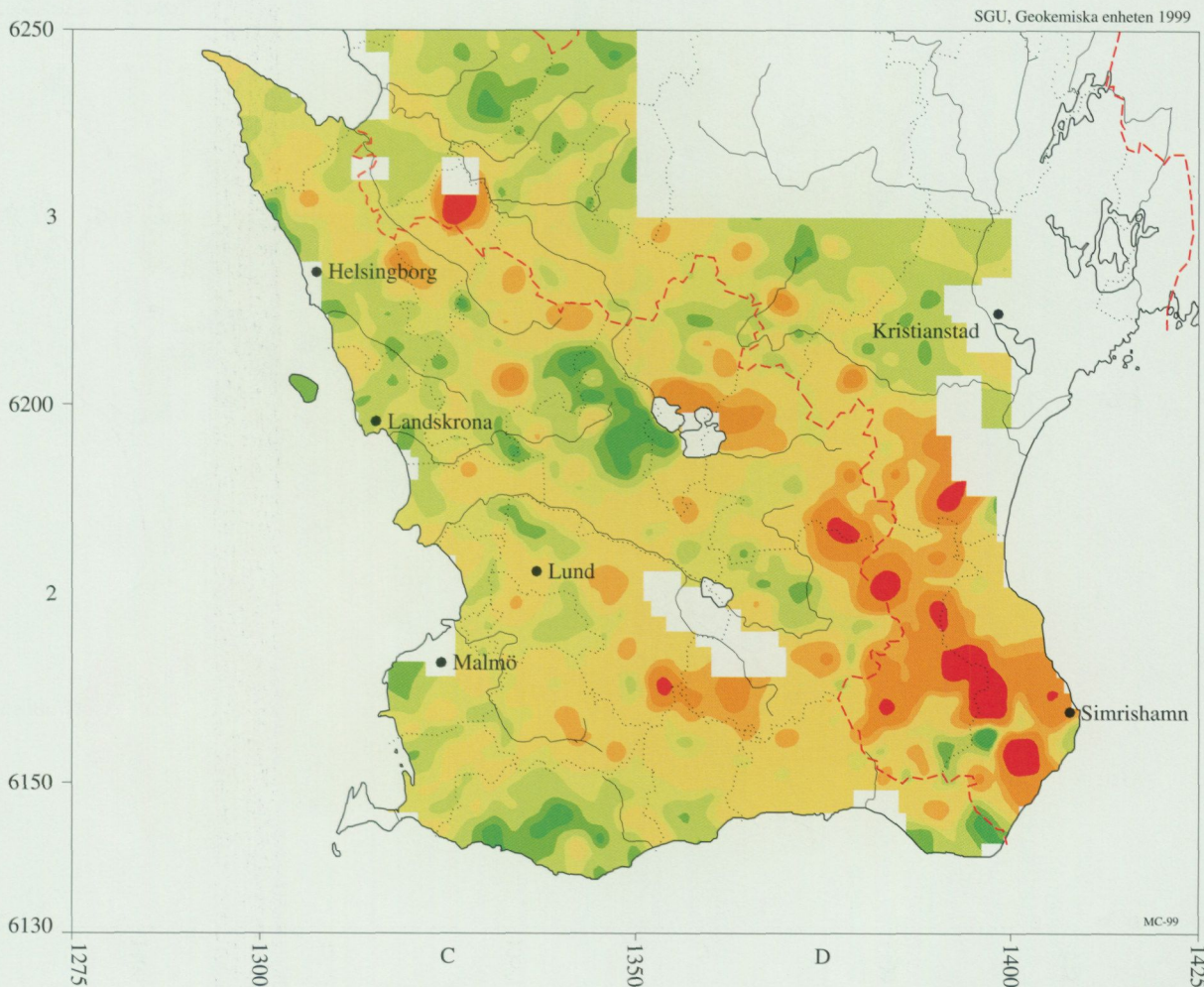
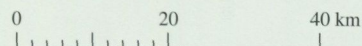


Bly (Pb)

Analysmetod: XRF



Skala 1 : 1 milj.



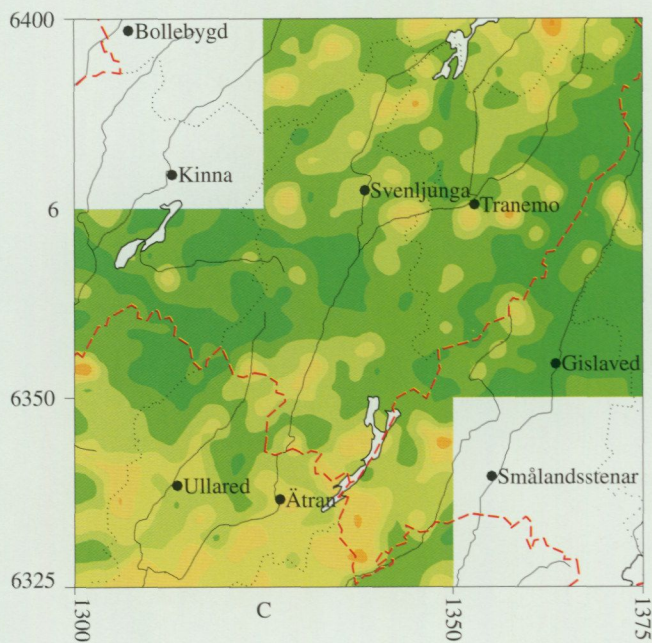
MC-99

Markgeokemisk karta

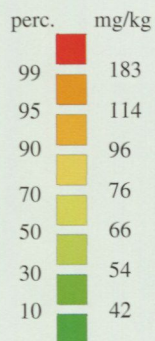
Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i moräns finmo-, mjåla- och lerfraktion.

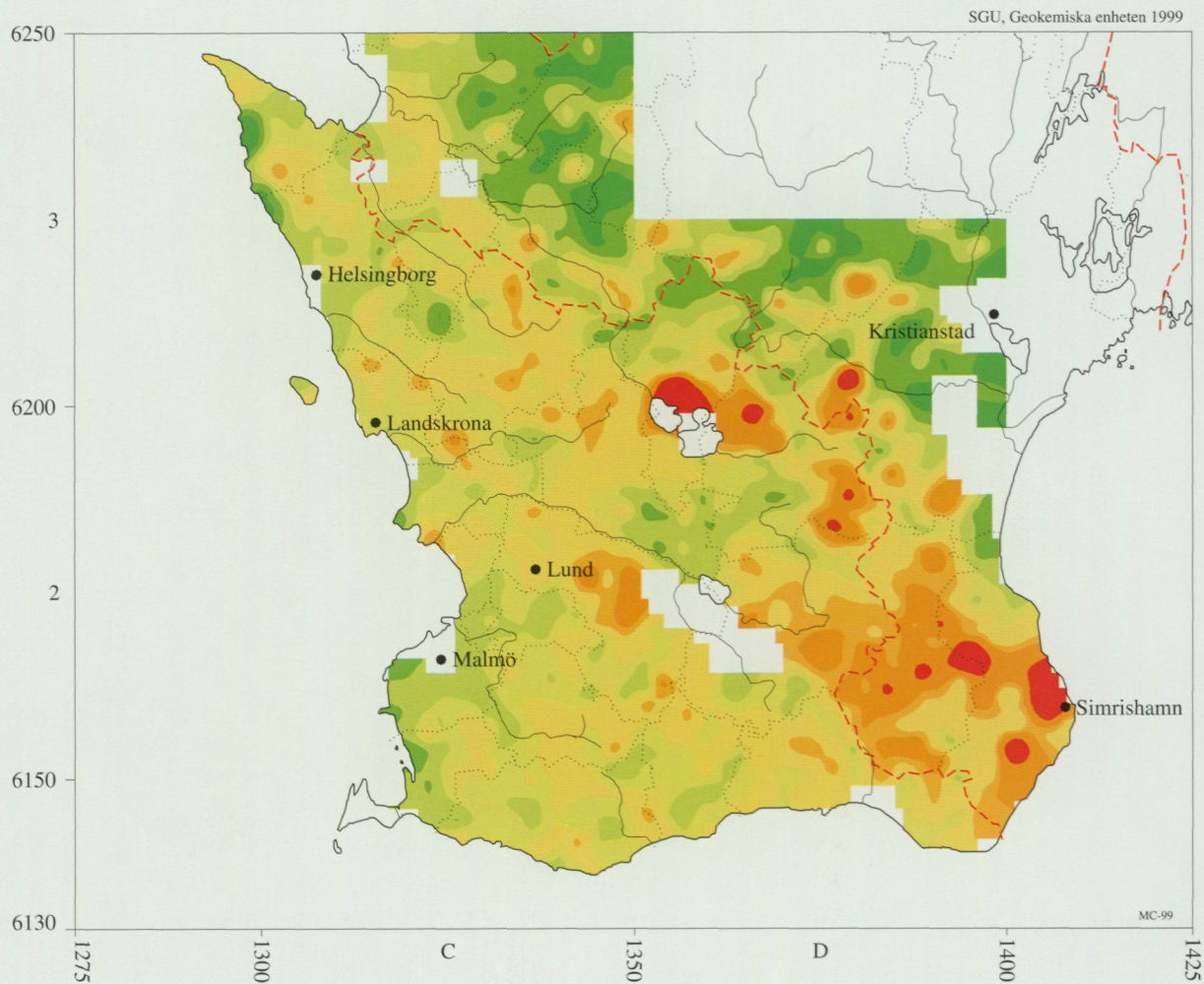
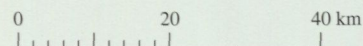
Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.



Zink (Zn)
Analysmetod: XRF



Skala 1 : 1 milj.



SGU, Geokemiska enheten 1999

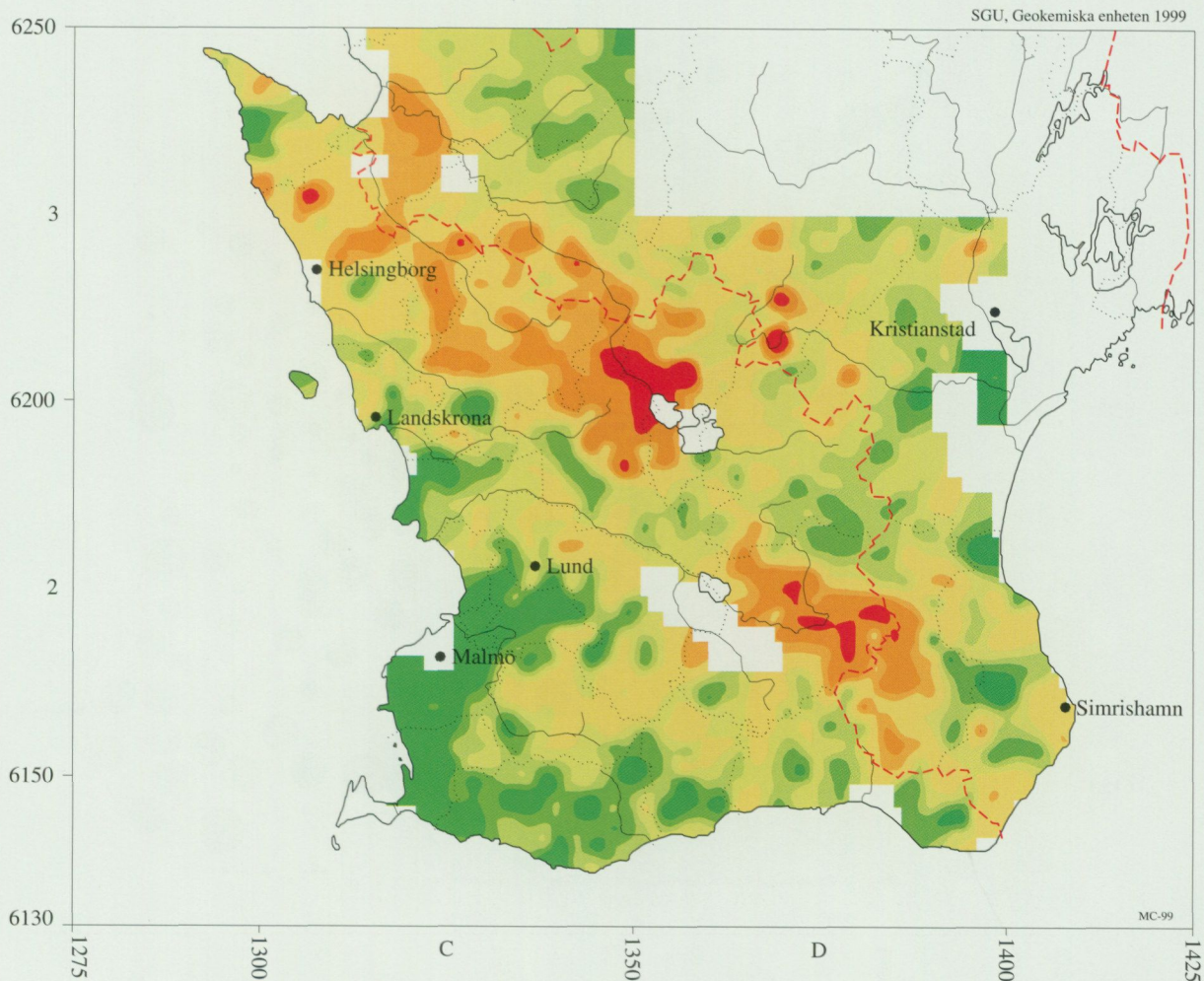
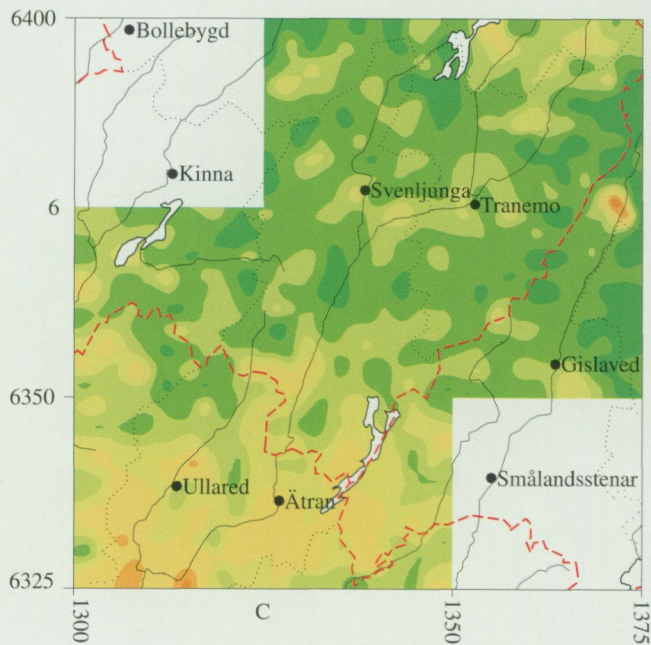
MC-99

Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

Kartan visar totalinnehållet av elementet i morärens finmo-, mjäla- och lerfraktion.

Klassindelningen för respektive element anges i percentiler beräknade på kartområdenas provmängd.

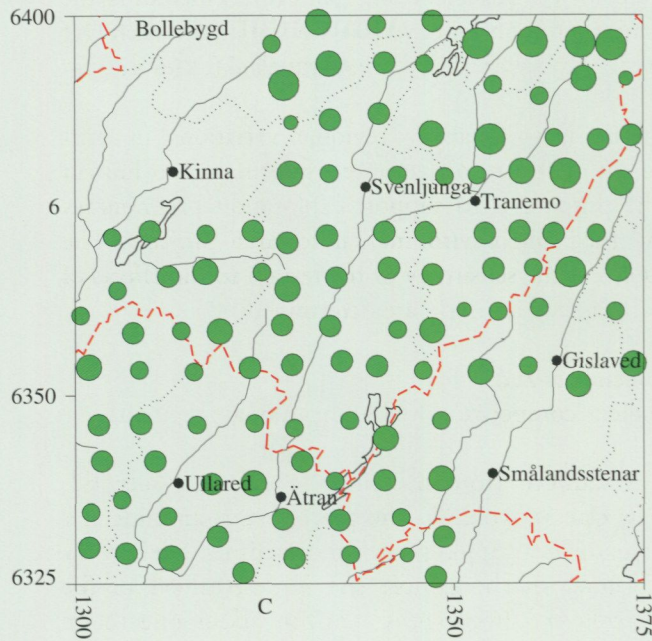


Markgeokemisk karta

Morän < 0.06 mm.

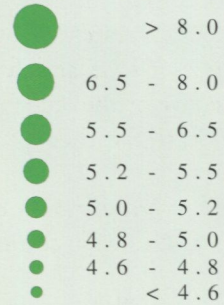
Kartan visar pH i moränens finmo-, mjåla- och lerfraktion.

Antal prov på de båda kartorna tillsammans: 299 st

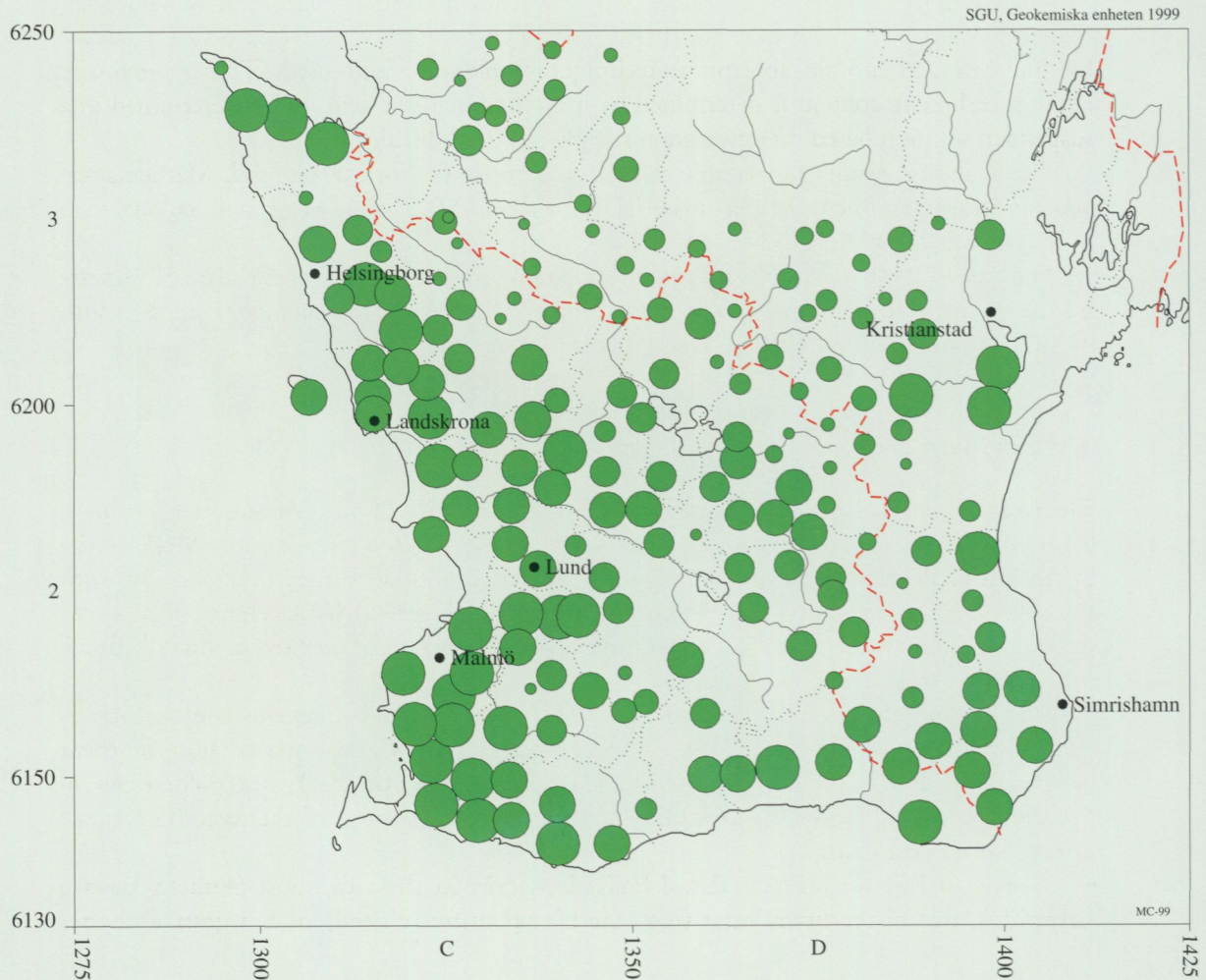
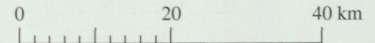


pH
Mätt på prov uppslammat
i avjoniserat vatten

pH-enheter



Skala 1 : 1 milj.



SUMMARY

In 1983 a national geochemical mapping programme, based on the silt plus clay fractions (<0.06 mm) of till, was initiated by the Geological Survey of Sweden. So far, including the present study, about 149,000 square kilometres have been covered with systematic sampling in a wide net, where one sample represents six square kilometres (equals 15 samples per 100 square kilometres).

The main objective of the programme is to quantify regional variations in drift composition in order to provide data for use in agriculture, forestry, veterinary and human medical research (geomedicine). Also, the purpose is to support exploration programmes involving base and ferrous alloy metals and gold and environmental research projects. The objective of the latter includes the assessment of the sensitivity of the terrain to the effects of acid rain. For these purposes two sets of characteristics in till are determined:

- (1) the concentration of trace and minor elements and
- (2) the buffering components – major element composition, pH and carbonate contents.

The bulk of the collected material is sampled from normal silty or sandy-silty till. Material extremely rich in gravel, sand or clay is avoided. The preliminary sampling net is plotted in advance on topographic maps. The sampling site is sometimes selected by use of available soil maps. The final location of the sample site is determined in the field. A pit is dug and the samples are collected from the C-horizon about one metre below the surface. Approximately 0.8 kg of till is collected from several parts of the pit. Gravel-size particles are sorted out and the material is sealed in a plastic bag. After vacuum-drying, the samples are sieved on 0.06 mm and analysed for major and trace elements by X-ray fluorescence. Partial leaching in nitric acid and in Aqua Regia, analysed by ICP-MS and atomic absorption techniques (gold) are also used. The approximate calcium carbonate content is determined by using hydrochloric acid. pH is determined in a suspended solution based on a two gram sample in 10 ml distilled water.

The analytical results and sample co-ordinates are stored for fast retrieval. Mathematical and statistical treatment of the material, as well as black and white and colour map production, is completely computerised.

The survey area of the present investigation covers approximately 16,250 square kilometres in northern Sweden and approximately 12,500 square kilometres in the south of Sweden.

The northern area

Most of the studied area is situated in the northern part of the Västerbotten County, a minor portion covers the southernmost part of the Norrbotten County. Most of the bedrock is of Precambrian age, dominated by various granitoids formed in connection with the Svecokarelian orogeny. Volcanic rocks of acid, intermediate and basic composition occur especially in the southern half of the area. In the north a region of metasedimentary bedrock is intruded by the oldest granitoids.

One of the three classic mining districts in Sweden, the Skellefte ore district, is situated in the sampled area. Several active mines exist in the district, most of them are massive sulphide ores mined for Zn, Cu and Pb. One of the largest gold mines in Europe, the Björkdal mine, is situated just a few kilometres north of the easternmost part of the Skellefte ore district.

Numerous inactive mines and mineralizations exist in the area, most of them massive sulphides, but other types exist (e.g. the nickel mine (closed) of Lainjaur and the

porphyry-type Cu-Mo-Au deposit at Tallberg). For a detailed description of the ore related geology of the Skellefte ore district, see e.g. Weihed & Mäki (1997).

The quaternary deposits in the area are strongly dominated by different types of tills, mostly basal till. Transport distances calculated on the basis of petrographical studies during exploration programmes have shown that there are large variations in transport distances. It is not clear to what respect this is reflected by the chemical composition of the fine fraction. The complex till stratigraphy, shown by quaternary mapping programmes in the area, is naturally also a complicating factor when trying to interpret the influence of local bedrock on the geochemistry of the till cover. These factors (complex stratigraphy, varying transport distances etc.) may well explain why till sampling programmes for exploration purposes in the Skellefte ore district have not been particularly successful. The Björkdal mine, situated just outside the proper Skellefte ore district, was however discovered by till geochemical exploration.

In order to facilitate the interpretation of a large number of variables, a factor analysis was performed on the basis of the XRF-analyses. The results were studied in the form of maps based on the results of factor loadings, maps that were compared with the results achieved by Aqua Regia and nitric acid leaching of the samples. The main results of the till geochemical mapping programme are as follows (total contents, unless otherwise indicated by HNO₃ and AR):

- Mafic rocks and minerals are reflected by elevated levels of Co, Fe₂O₃, MgO, V, Ni, Cr, TiO₂, Al₂O₃, MnO, Zn, Cu, K₂O, Rb, Li_{HNO₃}, and Be_{HNO₃}, whereas the same regions have low contents of Zr, SiO₂ and Na₂O. For areas dominated by acid volcanics and granitoids, the situation is reverse.
- Some parts of the Revsund granite, which is quite common in the studied area and some acid to intermediate volcanics and plutonic rocks seem to cause elevated contents of BaO and K₂O. Aluminium is also part of the association.
- The association of CaO and Sr together with Na₂O and SiO₂ indicates the presence of plagioclase.
- The levels of Nb, Y and Zr (MnO, P₂O₅ and La_{HNO₃}) may reflect the presence of apatite and/or monazite in till. The contents of these associated elements are clearly lower above mica shists and gneisses than over other types of bedrock.
- Several of the mines of the Skellefte ore district (active as well as closed) occur inside or in the immediate vicinity of one of the anomalies formed by elevated levels of As, Cu, Zn and Cd_{HNO₃}. Some of the mines (e.g. Adak, Rackjaur) and mineralizations however occur outside, in areas where the contents of the associated elements are low. Another positive NW-SE trending anomaly occurs on the Lycksele map sheet (22I). Here the associated elements occur together with elevated levels of other elements, e.g. gold.
- Sulphur (S) and Mo, Se_{HNO₃} form a group of elements with very similar patterns. The reason for this may be the occurrence of a Mo-bearing sulphide in which Se can replace S. Cadmium_{HNO₃}, Sb_{HNO₃} and Tl_{HNO₃} display similar patterns.
- Potassium (K₂O) and Rb are geochemically related to each other, and form a strong association in the area. Elevated contents of the elements may reflect the presence of potassium feldspar and/or biotite, the latter of which is reflected by a markedly higher HNO₃-leachable content.
- Phosphorous (P₂O₅) and silica (SiO₂) form an interesting pair of elements. High levels of P₂O₅ are often matched by low levels of SiO₂ and vice versa. The patterns are not exactly inverse though. The P₂O₅ anomalies occur shattered over the area whereas the SiO₂ map shows a strong positive anomaly above Jörn and Revsund granites, and the acid volcanics of the Arvidsjaur series.

- One association of interest for exploration is Pb, Zn and Cd_{HNO₃}. Interestingly enough, the factor is not very strong over large parts of the Skellefte ore district, only the central part of the Malå map sheet (23I) hosts a pronounced anomaly. This anomaly is located in the Kristineberg (active mine) area. Smaller anomalies are situated closer to the mountain range and its bedrock (map sheets 22G SO, 22H SW).
- One association of elements that were not part of the factor analysis but still were found to form a group of elements with strong intracorrelation relationships is U_{HNO₃}, Bi_{HNO₃} and Li_{HNO₃}. Especially the anomaly on the Boliden map sheet (23K) is spectacular, with a sharp change from low background levels to very high contents. The reason for this anomaly and its connection to the bedrock of the area remains uncertain, but one possible explanation may be the occurrence of mica schists.
- Gold has to some extent already been described (see above). Two well-defined gold anomalies can be seen in the area. One of them is a U-shaped anomaly that coincides with the Skellefte district, an area where gold has been mined and numerous mineralizations hosting gold are known. The other anomaly is part of a long NW–SE trending zone, "the Gold Line", that starts close to the coastal town of Umeå and runs NW towards the mountain range. Several gold deposits are known along this line, of these the Svartliden and Barsele deposits are the largest.

During the stratigraphical excavations of the quaternary mapping programme in the area, geochemical sampling and analyses were carried out. The results are difficult to interpret, but most profiles are geochemically rather homogenous. Only at a few locations the geochemical signatures clearly indicate the presence of a deviating till.

The southern area

The southern area can be subdivided into two areas, and the crystalline bedrock can be divided into two groups. The northern subarea totally belongs to the West Swedish gneiss region, which is formed by 1.6–1.7 Ga old rocks, all subjected to metamorphism during the Sweconorwegian orogeny 0.9 Ga ago. Originally, the rocks were probably of magmatic origin, and the composition varies from acid to basic. Some younger granites occur, and can also be found in the southern subarea. Here, the bedrock to the north of the Tornquist line belongs to the West Swedish gneiss region whereas the rocks to the south are of sedimentary, Phanerozoic (540–50 Ma) origin. These younger rocks include sandstone, mud stone, shales, schists, chalk, dolomite.

Glacial till covers most of the northern sub area, where the direction of ice flow normally shows a movement from N–NE. Older directions that deviate from this can also be found. Here, the crystalline bedrock dominates the parent material of the till. The southern subarea is more complex due to the varying directions of the ice, and the different types of bedrock (crystalline and sedimentary). Tills and diamict soils in the region are often named by the dominating direction of the ice forming them, hence the following tills have been described: the "south-west till", "north-west till", "south-east till", and "north-east till". The three first ones form a group called Baltic till due to their content of sediments originating from the Baltic basin (sediments rich in clays and calcite). Generally speaking, the "north-east till" has a much lower content of clay and calcite and is usually dominated by Precambrian rocks, sometimes with shales or sandstone.

In order to interpret the different distribution patterns of the elements in till a factor analysis was conducted (see "Northern area" above for details). The following conclusions can be drawn:

- Precambrian rocks of metabasic composition and Phanerozoic clay schists explain the elevated contents of the Li, Cr, Ni, Fe₂O₃, MgO, Be, Co, Rb, and Cu whereas tills dominated by red gneiss in general are very poor. The map of Cr in till shows a very sharp boundary between low and high areas in the north-east Skåne County. This distinct feature outlines the underlying bedrock, the Precambrian gneisses to the north and the sedimentary rocks to the south. This also implies that the tills in this particular area are of fairly local origin.
- The elements Zr, Na₂O and SiO₂ are enriched in tills originating from acid, Precambrian rocks, and Phanerozoic sandstone. The distribution pattern of this association is a mirror image of the association described above (Li to Cu), here exemplified by a map of the Zr-content. The spatial distribution of the Zr, Na₂O, SiO₂-association can be used to establish the direction of the ice flow. One such example can be studied south and south-east of the lake Östra Ringsjön, where the patterns indicate a movement from the E-ENE.
- The alum shales and the sandstones with impregnations are both reflected by elevated levels of Mo, S, V, Cd, As, Ba, and U. The map of uranium clearly demonstrates the distribution of alum shale in Skåne County.
- Enrichment of Y, La, Nb, W and Be can be connected to acid, Precambrian rocks, and shales.
- Cretaceous limestone in the south and in the north Precambrian rocks with a basic composition, are both reflected by elevated contents of CaO and Sr in till. The clayey schists, on the other side, are poor in the elements, and the tills formed by these rocks can be regarded as problematic from an environmental point of view.
- High total contents of K₂O, BaO and Al₂O₃ (and Rb) delineate acid, Precambrian rocks, and clayey schists in Skåne. In the latter region the HNO₃-leachable contents are high, indicating a relationship to minerals like biotite or clays.
- Pb, Zn and Cd occur together in different combinations. Lead is in part associated with acid rocks in north-east Skåne, but also in the south-east area of the county, and at Åstorp. The two latter areas mark Cambrian sandstones, probably impregnated by sulphides such as PbS and ZnS since the levels in till are quite high. Cadmium is closely related (geochemically) to Zn, which explains why Cd also is enriched where Zn is elevated. Unfortunately Cd is also easily mobilised in low pH environments, and the pH values (see map) are low in some areas with high Cd levels.
- Basic rocks (basalt, gabbro) and schist cause enrichment of TiO₂ and Nb in tills where they form part of the parent material. A relationship to the Li -> Cu-association described above can be seen in some areas, which further supports the interpretation of this association.
- The leachability of Al₂O₃ was used to point out areas where the kaolin in the underlying bedrock is likely to contribute to the composition of tills. Areas with an unusually low leachability are likely to be areas with kaolin in the nearby bedrock. This feature can be seen close to Höör, Hallaröd and Hultseröd, which all are areas where kaolin has been mined.
- pH is intimately related to occurrence of calcite in till. Due to large variations in the calcite content, the pH values (see map) in the area studied differs with up to four units.

REFERENSER

- Eklund, A., 1991: Beskrivning till kvartärgeologiska kartorna 19J/20J Husum/Vännäs 20K/20L Umeå/Holmön. *Sveriges geologiska undersökning Ak nr 5 och 6*.
- Lindström, M., Lundquist, J. & Lundquist, Th., 1991: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund.
- Rusek, A. & Ekberg, S., 1987: Litteratursökning på petrografiska och kemiska undersökningar i Skåne. *SGU. Internrapport*.
- Rusek, A., Ekberg, S. & Jönsson, S., 1987: Sammanställning av information om moränpetrografi och isrörelseriktningar i Skåne. *SGU. Internrapport*.
- Svensson, U., 1980: Geochemical investigation of minor elements of the principal Precambrian rocks of Västerbotten County, Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 764*.
- Sveriges Nationalatlas, 1994: Berg och jord. SNA.
- Weihed, P. & Mäki, T. (eds.), 1997: Volcanic hosted massive sulphide and gold deposits in the Skellefte district, Sweden and western Finland. Research and exploration – where do they meet? *4th Biennial SGA Meeting, August 11–13, 1997, Turku, Finland, excursion guidebook A2. Geologian tutkimuskeskus, Opas – Geological Survey of Finland, Guide 41*, 81 pp.

HITTILLS UTGIVNA I SERIE GK

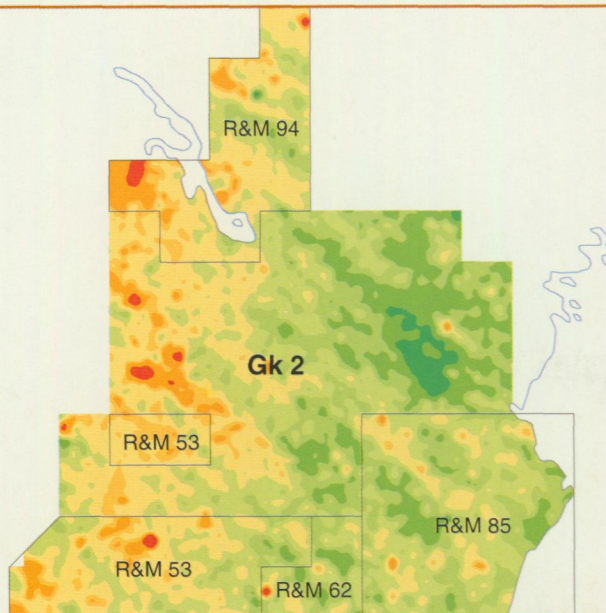
1. **Holmberg, J., Ohlsson, S.-Å. & Ressar, H.** Biogeokemi. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Mellersta Dalarna. 1999.

GEOKEMISKA PUBLIKATIONER SOM TIDIGARE PUBLICERATS I SGUS SERIE RAPPORTER OCH MEDDELANDEN:

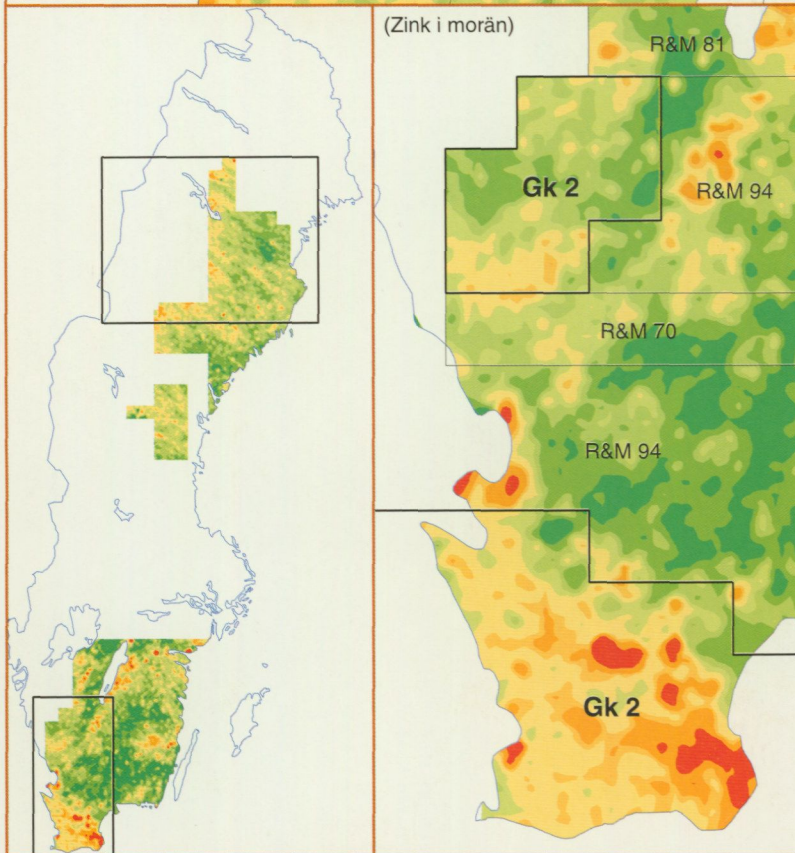
Nr

53. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
59. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.
60. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 14–16, G–H. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 8–10, A–D. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 5–7, I–K och 8–10, E–G. 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.
73. **Andersson, M. och Nilsson, C.A.** Markgeokemiska kartan 3–7, F–H. 1992.
75. **Ekelund, L., Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1993.
78. **Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 11–12, E–H, 12–13, G–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1995.
81. **Andersson, M. och Nilsson, C.-A.** Markgeokemiska kartan 7–9 D–E, 7–9 E–H. 1995.
82. **Kornfält, K.-A., Andersson, M., Daniel, E. och Persson, M.** Kadmium i marken i sydöstra Skåne. 1996.
85. **Andersson, M. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan 20–22, I–L. 1996.
90. **Holmberg, J. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Norra Värmland och Sydvästra Dalarna. 1997.
94. **Andersson, M., Johansson, P. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan i östra Norrbottens inland, västra Småland och södra Halland, samt markkemiska variabler. 1997.

(Zink i morän)



(Zink i morän)



Sveriges Geologiska Undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 93 70
www.sgu.se

Uppsala 2000
ISSN 1404-3157
ISBN 91-7158-624-5