



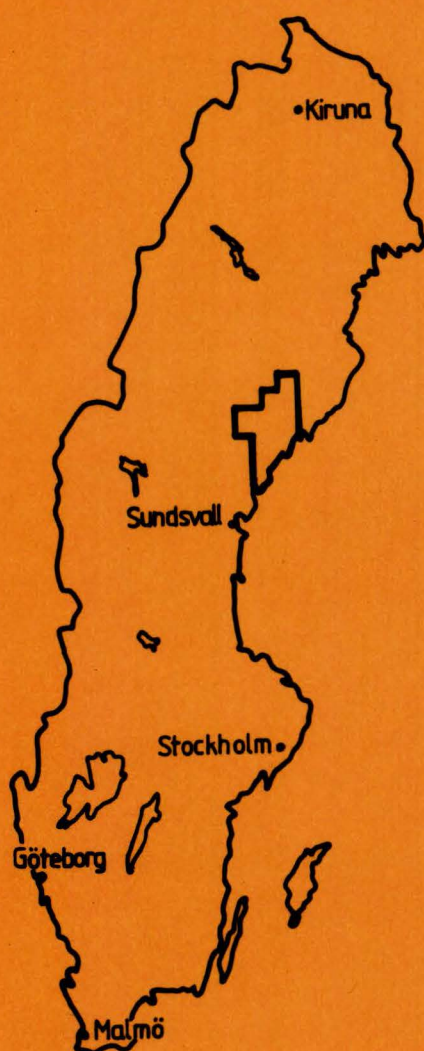
SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 62

Madelen Andersson

Kartor i skala 1:1 miljon och beskrivning till

Markgeokemiska kartan 18–21, H–J



pH i morän samt förekomst och distribution av;

Aluminium	(Al ₂ O ₃)
Arsenik	(As)
Barium	(BaO)
Bly	(Pb)
Fosfor	(P ₂ O ₅)
Järn	(Fe ₂ O ₃)
Guld	(Au)
Kalcium	(CaO)
Kalium	(K ₂ O)
Kisel	(SiO ₂)
Klor	(Cl)
Kobolt	(Co)
Koppar	(Cu)
Krom	(Cr)
Magnesium	(MgO)
Mangan	(MnO)
Natrium	(Na ₂ O)
Nickel	(Ni)
Svavel	(S)
Titan	(TiO ₂)
Vanadin	(V)
Zink	(Zn)

Uppsala 1990

Madelen Andersson

Kartor i skala 1:1 miljon och beskrivning till

**Markgeokemiska kartan
18–21, H–J**

ISBN 91-7158-482-X
ISSN 0349-2176

Omslaget anger de 22 element som ingår i rapporten och kartområdets läge i Sverige.

Innehållsförteckning

Geokemisk kartering vid SGU	4
Användning av de markgeokemiska kartorna	4
Morän — allmänt	5
Morän — geokemiskt	6
Morän i karteringen	7
Provberedning och analys	8
Databearbetning och kartframställning	8
Markgeokemiska kartprodukter	10
Utgivningsplan för de markgeokemiska kartorna	11
Färgkartor 1:1 milj för 21 element	12
Förminskad guld-karta i svart-vitt	33
pH-karta	34
Geologi och geokemi inom kartområdet	35
Referenser	37

Föreliggande rapport utgör tredje delen i en presentation av fördelningen i morän av kemiska grundämnen i Sverige

GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Den geokemiska karteringen av Sverige bedrivs i syfte att visa fördelningen av huvudämnen och tungmetaller i mark och vatten. Man använder sig i huvudsak av två provtyper för att åskådliggöra detta. Den ena är morän, som illustrerar markens naturliga kemiska sammansättning. Den andra provtypen är bäckvattenväxter, som visar metallupptagningen i växtrötter och vattenlevande mossor och som återspeglar den kemiska sammansättningen hos grundvattnet. Ett flertal sådana biogeokemiska kartor har utgivits i SGU:s serie "Rapporter och meddelanden" sedan karteringen började 1982. I samma serie publiceras den markgeokemiska kartan, där den första rapporten utkom 1988. Utgivningsplan över markgeokemiska kartor visas på sid 11.

En av förutsättningarna för de båda provtypernas kemi är den varierande mineral-sammansättningen hos de bergarter som utgör Sveriges berggrund. Som ett komplement till den reguljära karteringen och som stöd vid tolkningar, utförs därför berggrundsgeokemiska provtagningar över hela landet. SGU har även ett antal fasta referensstationer utplacerade i landet, där kontinuerliga provtagningar görs för att notera förändringar i de geokemiska provtagningsmaterialen.

ANVÄNDNING AV DE MARKGEOKEMISKA KARTORNA

Kartor som visar den naturliga fördelningen i marken av huvud- och spårämnen ger en värdefull basinformation som bör användas vid diskussioner om förändringar i vår nuvarande miljö och ge vägledning i beslutanden om markens framtida användning. Markens kemiska status bestämmer den miljö vår skog och gröda växer i, våra djur betar i och vi själva lever av. Genom marken får grundvattnet sin kemiska sammansättning, en nog så viktig aspekt på livshushållningen. Här nedan nämns några intresseområden inom vilka den markgeokemiska kartan kan ha en viktig funktion.

Inom *jord- och skogsbruket*. Den naturliga fördelningen av växtnäringsämnen i marken har stora regionala skillnader, som kan ge ojämn avkastning och dåligt ekonomiskt utbyte. Till exempel kan magnesiumbrist ge dålig förutsättning för överlevnad hos unga barrträdsplantor. Man kan även få en uppfattning om markens bonitet eller bördighet genom att studera spridningsmönstren för ämnen specifika för mörka mineral som ingår i basiska bergarter. Sådana ämnen är till exempel järn, krom, magnesium, nickel och vanadin.

I *den medicinska forskningen* framkommer allt mer hur viktig kunskapen om regionala förhöjningar av tungmetaller är, liksom vetskapen om var en naturlig brist förekommer på livsnödvändiga ämnen. Höga metallhalter kan i sig vara skadliga,

men man bör även ge akt på den additiva effekt som fås genom att flera ämnen inom en region kan ha måttliga förhöjningar.

Cirka 20 mineralämnen räknas som essentiella för människor och djur. En del av dem behöver vi mycket litet av, men både överskott och underskott kan orsaka skador, ofta likartade för människor och djur. Koppar och selen behövs bland annat för kroppens försvar mot s.k. fria radikaler som kan skada cellerna. Zinkbrist kan ge hudförändringar och försämrat immunförsvar. Kobolt är nödvändigt för boskap för att våmmen skall kunna producera vitamin B12. Brist på kobolt visar sig som aptitlöshet, avmagring och blodbrist. Krom är nödvändigt för omsättning av blodsockret. Listan över uppräknade ämnen kan göras mycket längre, men helt klart framstår hur viktig spårämnesbalansen är. Grundförutsättningen för denna balans ligger i markens naturliga beståndsdelar.

Inom *natur- och miljövården* har geokemiska kartor en given plats för att man skall kunna bedöma effekter av förorening och förorening. Ett ämne kan förekomma naturligt i mer koncentrerad form i jordlagren och ge så höga tungmetallhalter i t.ex. vattnet, att man får en påverkan på miljön som påminner om industriell aktivitet.

Beslutsfattande regionalpolitiker bör känna till den naturliga fördelningen av tungmetaller i sina verksamhetsdistrikt. Framför allt gäller det sådana ämnen som frigörs när den naturliga balansen rubbas. Hur mycket aluminium till exempel kommer att frigöras vid en grundvattensänkning som orsakas av ett bygge eller en väg? Och vilka effekter på miljön kan det bli om man exponerar en mark vars svavelinnehåll uppgår till 1 kg/m³? Vidare kan det vara olämpligt att göra nyetableringar av industri i områden som redan är belastade med naturliga förhöjningar av t.ex. arsenik, koppar och bly.

Inom *prospektering* efter såväl malmmineral som industrimineral har geokemiska kartor alltid spelat stor roll. Förhöjningar i moränens C-horisont beror ofta på att ämnet återfinns i bunden form antingen i bergartsbildande mineral eller i malmmineral. Bland malmmetallerna kan kartor över bl.a. arsenik, bly, guld, kobolt, koppar, svavel, vanadin och zink indikera prospekteringsintressanta områden. Bland industrimineralen kan nämnas barium i baryt och fosfor i apatit som särskilt intressanta. I framtiden kan även kartor med förhöjda områden av de sällsynta jordartsmetallerna yttrium och lantan bli högintressanta i jakten på ämnen till supraleddare.

MORÄN — ALLMÄNT

Benämningen morän betecknar en osorterad jordart som är transporterad och avsatt av inlandsisen. Transportlängd och ursprunglig berggrund bestämmer nedkrossningsgraden hos moränen, i princip blir den allt finkornigare ju längre den transporterats. Mjuka eller lättvittrade bergarter som gråvackor, skiffrar, amfiboliter och diabas nöts ner snabbt och ger en finkornig morän med få block i ytan, även ganska nära moderbergarten. Hårda bergarter som granit, gnejs, kvartsit, sparagmit och sandsten ger i stället en morän som behöver längre transportsträcka för att nötas ner. Lokalt kan en sådan morän vara grusig eller sandig med stor blockrikedom i ytan.

Ursprunglig topografi har också betydelse för transportsträckan. På en starkt bruten yta dominerar det lokala bergartsmaterialet i moränen, medan långtransporterat material påträffas över flackare ytor. Har isen gått fram över en upphöjning i terrängen kan den ha deponerat sitt material i slutningen mot isrörelsen medan den "på andra sidan krönet" brutit loss nytt bergartsmaterial. En höjd i terrängen kan alltså ha långtransporterat material på den sida som vetter mot isrörelseriktningen, medan lokala bergarter kan dominera läsidan.

Jordarten morän, som ligger som ett täcke över berggrunden över så gott som hela Sverige, har genom inlandsisen också fått ytform och en inre struktur som beror på var i isen materialtransport har skett och hur och när deponeringen skedde. Moräner som bildats under en aktiv is är ofta finkornigare, tätare packade och har färre stora block i ytan än sådan morän vars material har transporterats i isens övre delar eller på isen. Ytligt bildade moräner är ofta luckra och mer vattengenomsläppliga än bottenmoräner. I båda typerna kan man påträffa strukturella avvikelser i form av linsbildning och presstruktur. Grundmassan kan också innehålla sedimentsliror och lokalvittrade block. Olika moränbäddar kan förekomma på samma lokal. De kan vara avsatta av olikriktade isströmmar och eventuellt åtskiljas av sedimentlager. Inom samma område kan man således träffa på moräner av flera slag med olika grundsammansättningar.

MORÄN — GEOKEMISKT

Moränen som jordart avspeglar berggrundens innehåll av metaller och andra ämnen, och därför varierar metallinnehållet i jordlagren beroende på vilka bergarter som ingår i grundmassan. Tungmetallhalterna är jämförelsevis låga i de sura, kiselsyrerika bergarter som dominerar den svenska berggrunden, dvs. i graniter, gnejser och porfyrier. I basiska bergarter, som ofta uppträder i små massiv i surare områden, är däremot tungmetallhalterna högre och man får förhöjningar bl.a. av kobolt, koppar, krom och nickel. Mycket höga tungmetallhalter kan påträffas i sådana jordlager där skiffrar ingår.

Även i markens olika skikt varierar innehållet av grundämnena. I översta markskiktet har kemisk och biologisk vittring lakat ur metaller som med vatten förts ner och åter lagts fast i lägre markskikt. Sådana processer har ägt rum ända sedan istiden och skapat skikt som kan urskiljas i vår vanliga svenska skogsmark. Nära markytan finns alltså ett blekt urlakningsskikt (A-horisonten) vars tungmetallinnehåll är betydligt lägre än i det roströda anrikningsskiktet (B-horisonten) som påträffas lite längre ned. Järnföreningar ger den roströda färgen, och tungmetallinnehållet är jämförelsevis högt av bl.a. järn, mangan, aluminium, bly och koppar. Metallinnehållet i dessa övre markskikt beror delvis på den ursprungliga bergartssammansättningen i jordlagren, men också på det metalltillskott som genom vått och torrt nedfall tillförts från biosfär och atmosfär. Lite längre ner, i C-horisonten, har de kemiska processerna stabiliserat sig, marken befinner sig i jämvikt och någon större påverkan på marken förekommer inte om inte balansen rubbas.

Vi befinner oss dock i ett ekosystem som vi ständigt ingriper i. Den kemiska balansen i naturen rubbas genom förändrad markanvändning, grundvattenförändringar, kalhuggning och skogsdikning och inte minst genom den allt surare nederbörden. Den pH-sänkning som orsakar markförsurningen har till följd att metallernas mobilitet förändras och metaller som t.ex. aluminium, arsenik, bly, koppar, mangan och zink får större rörlighet medan t.ex. fosfor och molybden binds hårdare i marken. Beroende på de skilda kemiska egenskaperna hos metallerna förflyttar de sig olika i marken. Bly, koppar och järn binds till humusämnen och läggs fast i anrikningsskiktet, medan t.ex. aluminium, kobolt, mangan, nickel och zink bibehåller sin rörlighet och transporteras med markvattnet till allt djupare jordlager, kanske också till grundvatten, sjöar och vattendrag.

Ett mått på olika metallers mobilitet är syralösligheten, eller lakbarheten, som varierar för de olika ämnena. Med en hög lakbarhet menas att en stor del av ämnet blir lösligt vid tillsats av en syra (i detta fall kungsvatten), och detta kan ange ämnets tillgänglighet för växterna, medan en låg procentuell andel innebär att ämnet är hårt bundet i marken och är svåråtkomligt för växternas rotupptagning. I tabell 1 anges den syralösliga andelen av ett ämne i förhållande till det totala innehållet av samma ämne.

Tabell 1. Lakbarheten för en del ämnen efter tillsats av kungsvatten (HCl+HNO₃)

SiO ₂	<1%	CaO	15%	Co	30%
Na ₂ O	<1%	MgO	40%	As	50%
K ₂ O	5%	Fe ₂ O ₃	50%	Pb	50%
TiO ₂	5%	MnO	70%	Ni	60%
BaO	10%			Zn	70%
Al ₂ O ₃	15%			Cu	80%

MORÄN I KARTERINGEN

För karteringsändamål provtas i princip all morän oberoende av bildningssätt och transportsträcka, men i praktiken utesluts grusiga, sandiga och om möjligt leriga moräner. Huvuddelen av de prover som insamlats är tagna i normalblockig, moig eller sandig-moig morän.

Provtagningsnätet läggs i förväg ut på topografiska kartor så att man får en jämn fördelning av proverna, cirka 15 prov per kvadratmil, och med god täckning mot isrörelseriktningen. Kvartärgeologiska kartor används som hjälp vid utläggandet av provpunkterna, men provets slutliga läge avgörs i fält. Proverna tas ett stycke ner i moränens C-horisont, cirka en meter under marknivån. Provgroparna grävs för hand med spade, vilket gör det lätt att undvika lokalvittrade block och sedimentlinser som kan ge avvikande analysresultat. Från ett par ställen i provgropen tas totalt ca 2 hg morän ut, stenar rensas bort och materialet läggs i plastpåse som förseglas direkt.

PROVBEREDNING OCH ANALYS

Sedan proverna frystorkats, siktas de på nylonsikt med maskvidden 0.06 mm. Denna gräns är delvis vald för att man vill analysera omallda prover. Malning av prov medför oönskat elementtillskott från malfaten och risk för kontaminering. Fraktionen <0.06 mm är så att säga mald av naturen, och elementvariationen i ett prov är låg vid upprepad provtagning och analys. Analyserar man däremot grövre fraktioner i omalt skick, är variationen ganska hög. Grovfraktionen sparas tills vidare och den fraktion som analyseras består av finmo – mjäla – ler, där andelen ler i regel ligger mellan 5 och 10%. Detta innebär att andelen sekundära lermineral i provet är lågt, eftersom mjäla och finmo nästan uteslutande består av primära mineral, vars metallinnehåll är geologiskt betingat. Lermineralens elementhalter bestäms av flera yttre faktorer vilket försvårar tolkningen av de geokemiska mönstren. Proverna analyseras med röntgenfluorescens (XRF) varvid totalhalter från drygt 30 ämnen erhålls. Guldanalyserna är gjorda med atomabsorption (AAS), där 5 gram prov behandlas med kungsvatten före haltbestämning. För att undvika kontaminering hanteras proven efter väl inarbetade rutiner. En omfattande kvalitetskontroll är nödvändig både vid hantering av prov och av analysdata. I den fortlöpande analyseringen finns därför kontrollprover inlagda för att resultaten skall bli jämförbara år från år.

Samtliga prover kalktestas med saltsyra. Om provet reagerar, beror det på innehåll av kalciumkarbonat.

Från ett mindre antal prover bestäms dessutom pH på så sätt att 2 g prov skakas med 10 ml destillerat vatten. Den uppslammade lösningen får stå ett antal timmar innan pH avläses.

DATABEARBETNING OCH KARTFRAMSTÄLLNING

Alla analysresultat lagras tillsammans med lägeskoordinater i databanker med kort åtkomsttid. Data bearbetas statistiskt och matematiskt innan kartframställning sker. Data från årets kartering ligger som grund för de percentilindelningar som använts på såväl cirkel- som färgkartor. Rutinmässigt framställs cirkelkartor för en del spårelement i skala 1:250 000. Dessa kan beställas från SGU.

För cirkelkartorna har de 40% högsta analysvärdena markerats med cirkelsymboler i ökande storlek ju högre elementhalt som uppmätts, för Au de 20% högsta. På dessa kartor anges provpunktens geografiska läge med totalhalten intill, angivet i procent, ppm eller ppb beroende på ämne. I tabell 2, sid 9, anges percentilvärden samt en del statistiska parametrar.

Vad gäller guldkartorna skiljer sig dessa något från de övriga. Alla guldvärden som ligger över 2 ppb omfattas av cirkelsymboler. För övriga element motsvarar den största cirkelsymbolen 99:e percentilen, medan denna markeras med den näst största cirkeln på guldkartorna. Som gräns för den största cirkeln har guld-värdet 20 ppb valts.

De färgkartor i skala 1:1 miljon som medföljer rapporten ger en övergripande bild av områden med såväl höga som låga värden. Färgklassernas indelning är även här gjorda enligt percentilberäkning, men lite annorlunda valda jämfört med cirkel-

kartorna. Tekniken för färgframställning är med ett UNIRAS-relaterat dataprogram, som räknar om den geografiskt oregelbundet placerade informationen som analysvärdena utgör, till ett regelbundet punktnät med interpolerade värden. Percentilgränserna på färgkartorna är uträknade från dessa värden och skiljer sig därför något från percentilgränserna på cirkelkartorna.

De klassindelningar som gjorts baseras på årets karterade areal. Indelningarna kan komma att förändras när den karterade arealen växer och vi får kännedom om geokemin i övriga Sverige.

TABELL 2. Numeriska medelvärden (m) percentiler och maxvärden för respektive karta och ämne. På cirkelkartorna är 60–99:e percentilerna använda. Värden anges i %, ppm eller ppb.

Element sort detektions- gräns	område	antal analyser	\bar{m}	percentiler							max
				30	60	70	80	90	95	99	
Al ₂ O ₃ % 0.05	kartan 18–21, H–J	1528	14	13,0	14,1	14,4	14,9	15,5	16,2	17,2	20
BaO % 0.005	kartan 18–21, H–J	1528	0,051	0,047	0,052	0,054	0,057	0,060	0,063	0,069	0,081
CaO % 0.01	kartan 18–21, H–J	1528	2,2	2,0	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,5
Fe ₂ O ₃ % 0.01	kartan 18–21, H–J	1528	3,0	2,5	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5,8	7,7
K ₂ O % 0.01	kartan 18–21, H–J	1528	2,9	2,7	3,0	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,4
MgO % 0.02	kartan 18–21, H–J	1528	1,2	1,0	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,4	3,1
MnO % 0.005	kartan 18–21, H–J	1528	0,046	0,041	0,046	0,049	0,052	0,056	0,062	0,074	0,100
Na ₂ O % 0.03	kartan 18–21, H–J	1528	2,6	2,5	2,7	2,8	2,8	3,0	3,1	3,2	3,4
P ₂ O ₅ % 0.005	kartan 18–21, H–J	1528	0,26	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,34	0,40	0,65
SiO ₂ % 0.05	kartan 18–21, H–J	1528	76	74	77	78	79	81	82	85	87
TiO ₂ % 0.005	kartan 18–21, H–J	1528	0,70	0,62	0,73	0,77	0,80	0,86	0,91	1,00	1,30
As ppm 10	kartan 18–21, H–J	1528	11	<10	12	13	15	17	21	29	82
Au ppb 1	kartan 18–21, H–J	1528	<1	<1	1	1	2	3	5	13	67

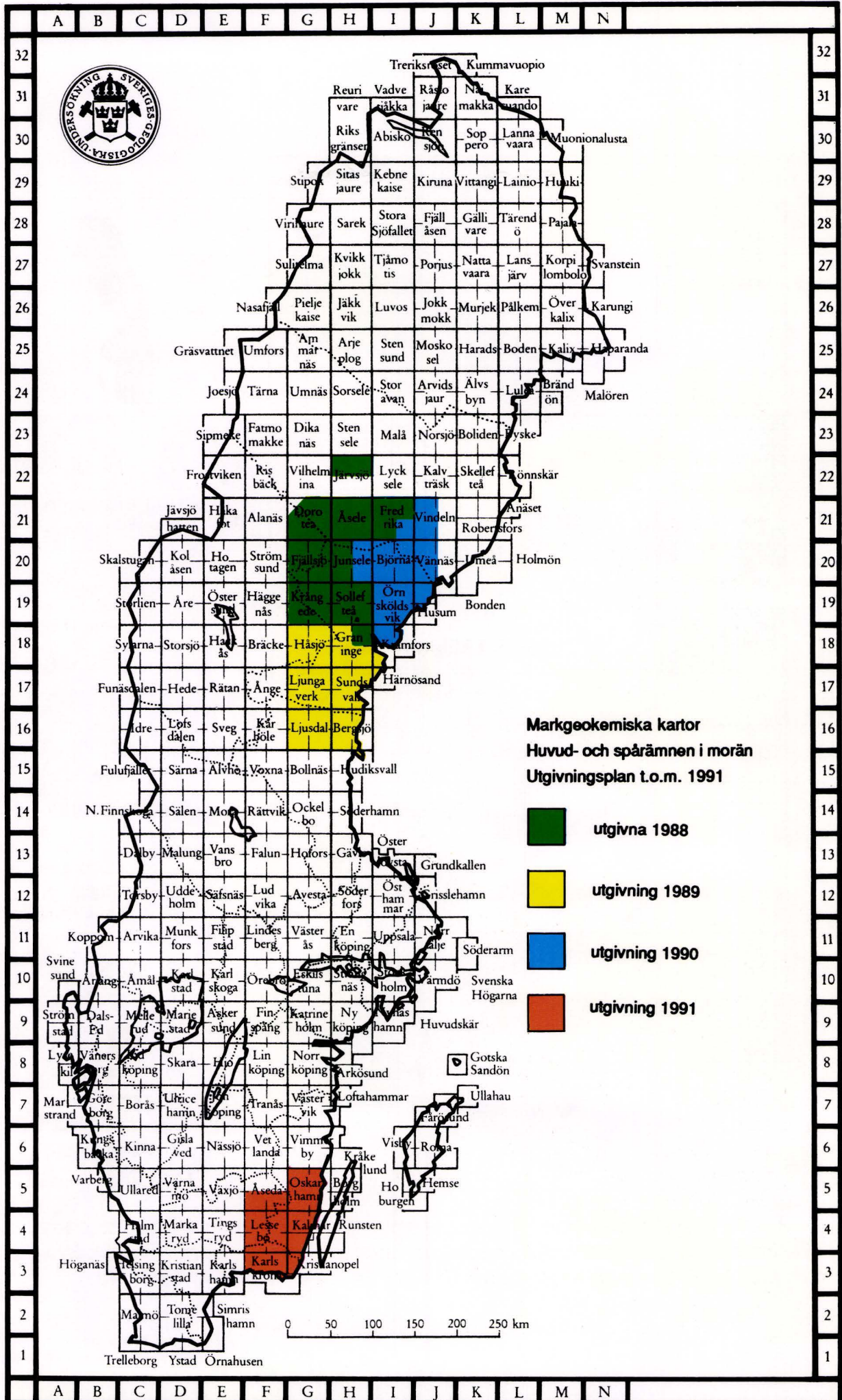
Element sort detektions- gräns	område	antal analyser	\bar{m}	percentiler							max
				30	60	70	80	90	95	99	
Cl ppm 50	kartan 18-21, H-J	1528	46	35	47	51	59	70	80	105	170
Co ppm 5	kartan 18-21, H-J	1528	17	14	17	18	20	22	24	30	49
Cr ppm 5	kartan 18-21, H-J	1528	60	50	62	68	74	82	91	106	180
Cu ppm 2	kartan 18-21, H-J	1528	15	11	15	17	20	24	29	40	120
Ni ppm 5	kartan 18-21, H-J	1528	18	14	19	20	23	27	30	41	77
Pb ppm 10	kartan 18-21, H-J	1528	26	23	26	28	29	31	33	40	62
S ppm 50	kartan 18-21, H-J	1528	170	115	143	158	183	248	350	864	2300
V ppm 10	kartan 18-21, H-J	1528	49	40	50	54	59	67	78	92	110
Zn ppm 2	kartan 18-21, H-J	1528	51	40	52	57	64	76	84	110	430

MARKGEOKEMISKA KARTPRODUKTER

Cirkelkartor i skala 1:250 000 utges för spårelementen As, Au, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V och Zn. Dessa kartor visar provpunktens geografiska läge och analysvärde. Kartan 18-21, H-J omfattar de topografiska kartbladen 21I SO, 21J NV, SV, 20H NO, SO, 20I, 20J NV, SV, 19I, 19J NV, SV, 18I NV och NO. Cirkelkartorna kan beställas för 40 kronor per karta och element hos Geokemiska enheten, SGU, Box 670, 751 28 Uppsala eller per telefon 018-17 90 00. Ange kartor enligt ovan med underrubrik "Tungmetaller i morän". Förminskat exempel på kartan visas på sid. 33. Guldkartan är här förminskad till skala 1:1 miljon. Till självkostnadspris kan dessutom specialbeställningar göras om man önskar annan kartskala eller andra element än de ovan uppräknade.

De färgkartor som finns inbundna i rapporten i skala 1:1 miljon omfattar 21 st huvud- och spårelement. De geokemiska mönstren visas för oxiderna av Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si och Ti samt för spårämnen As, Cl, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, S, V och Zn.

Utöver färgkartorna finns en svart-vit karta med pH-värden i moränen.

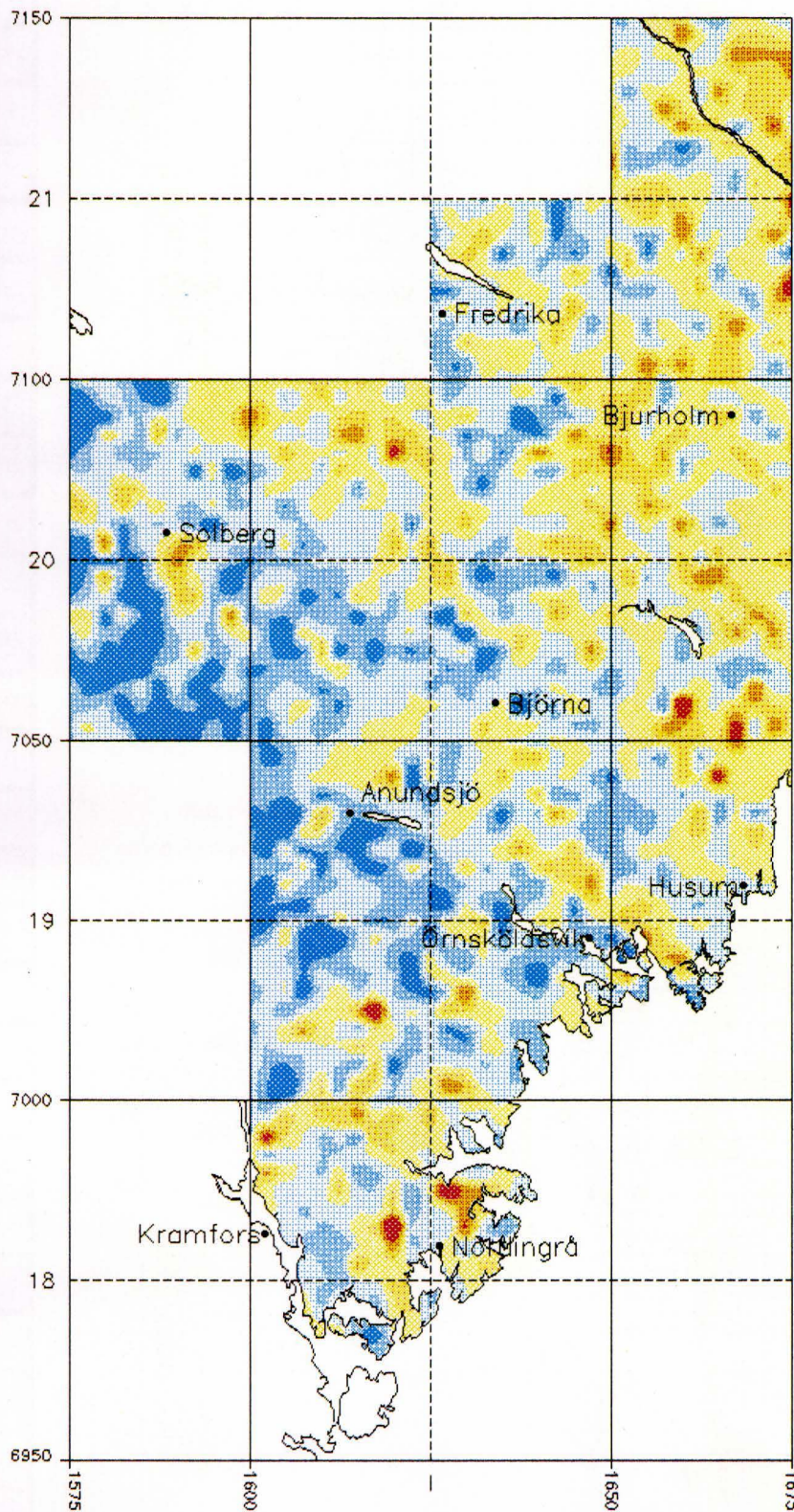


Markgeokemiska kartor
Huvud- och spårämnen i morän
Utgivningsplan t.o.m. 1991

- utgivna 1988
- utgivning 1989
- utgivning 1990
- utgivning 1991

0 50 100 150 200 250 km

Trelleborg Ystad Örnähusen



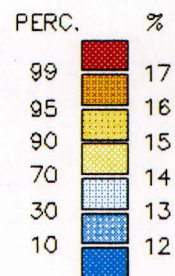
MARKGEOKEMISK KARTA

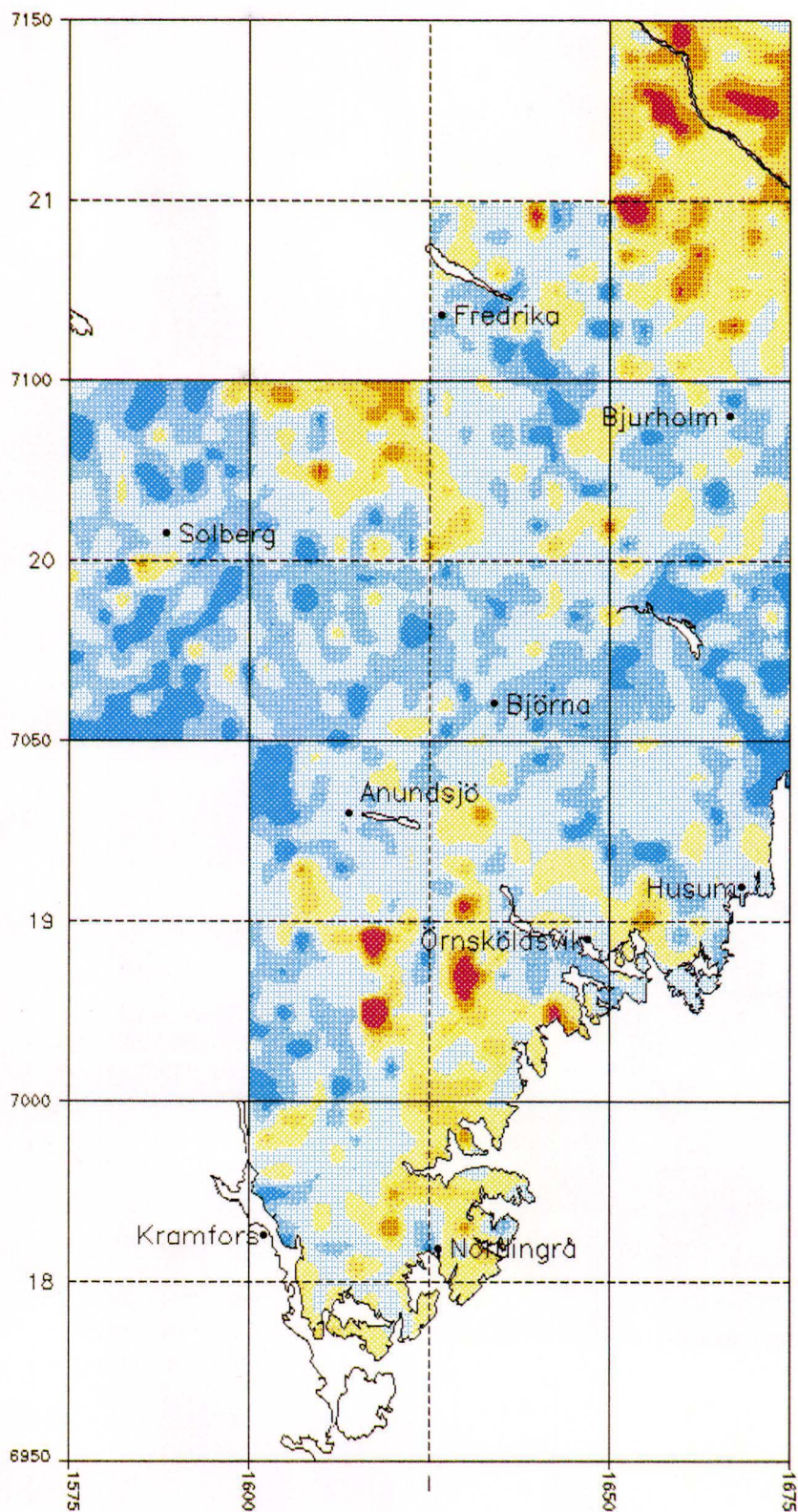
ALUMINIUM (Al₂O₃)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER





MARKGEOKEMISK KARTA

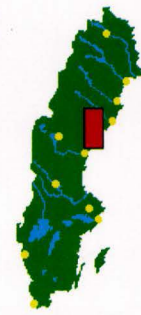
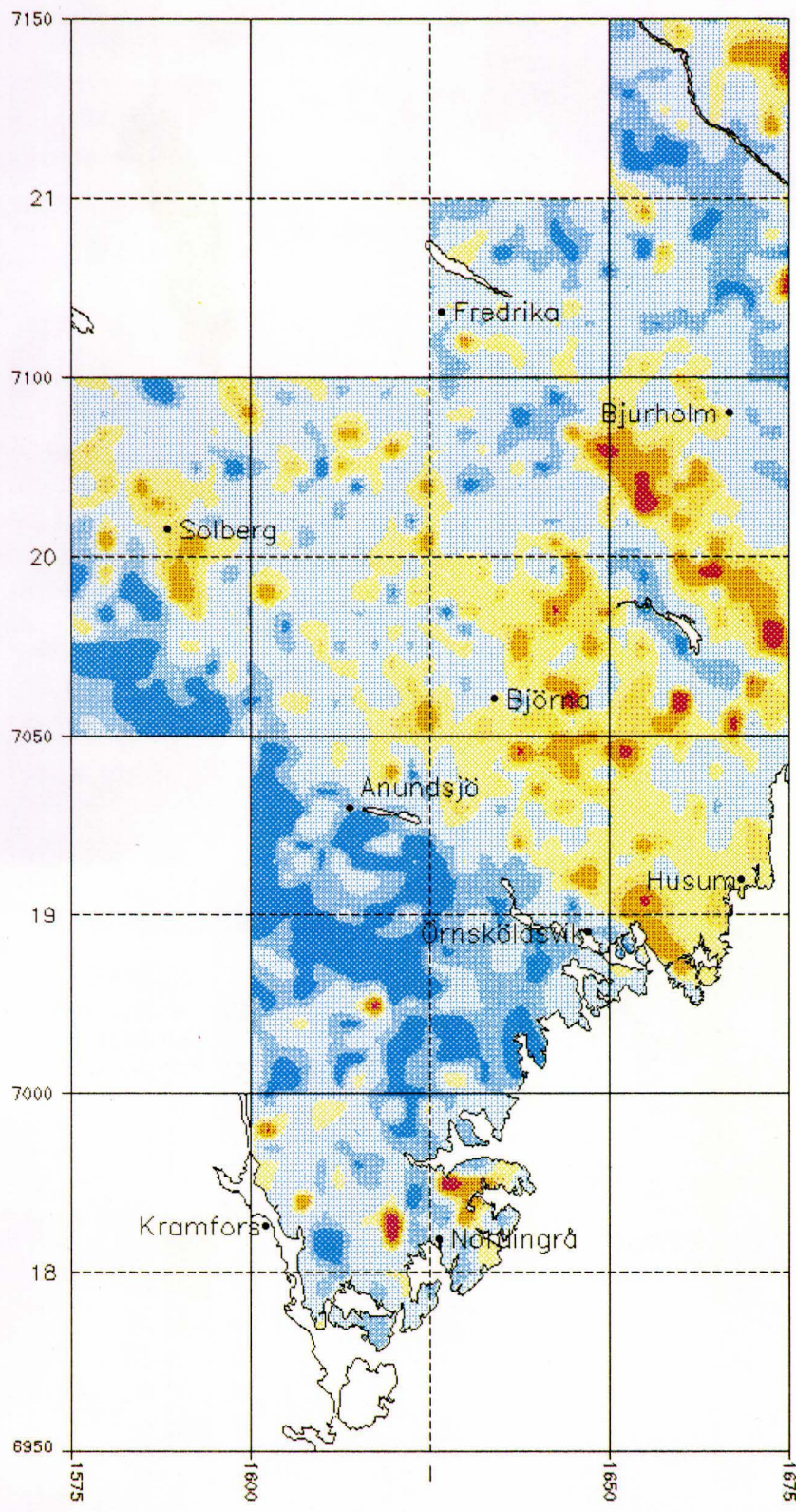
ARSENIK (As)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	26
95	20
90	17
70	13
30	9
10	6



MARKGEOKEMISK KARTA

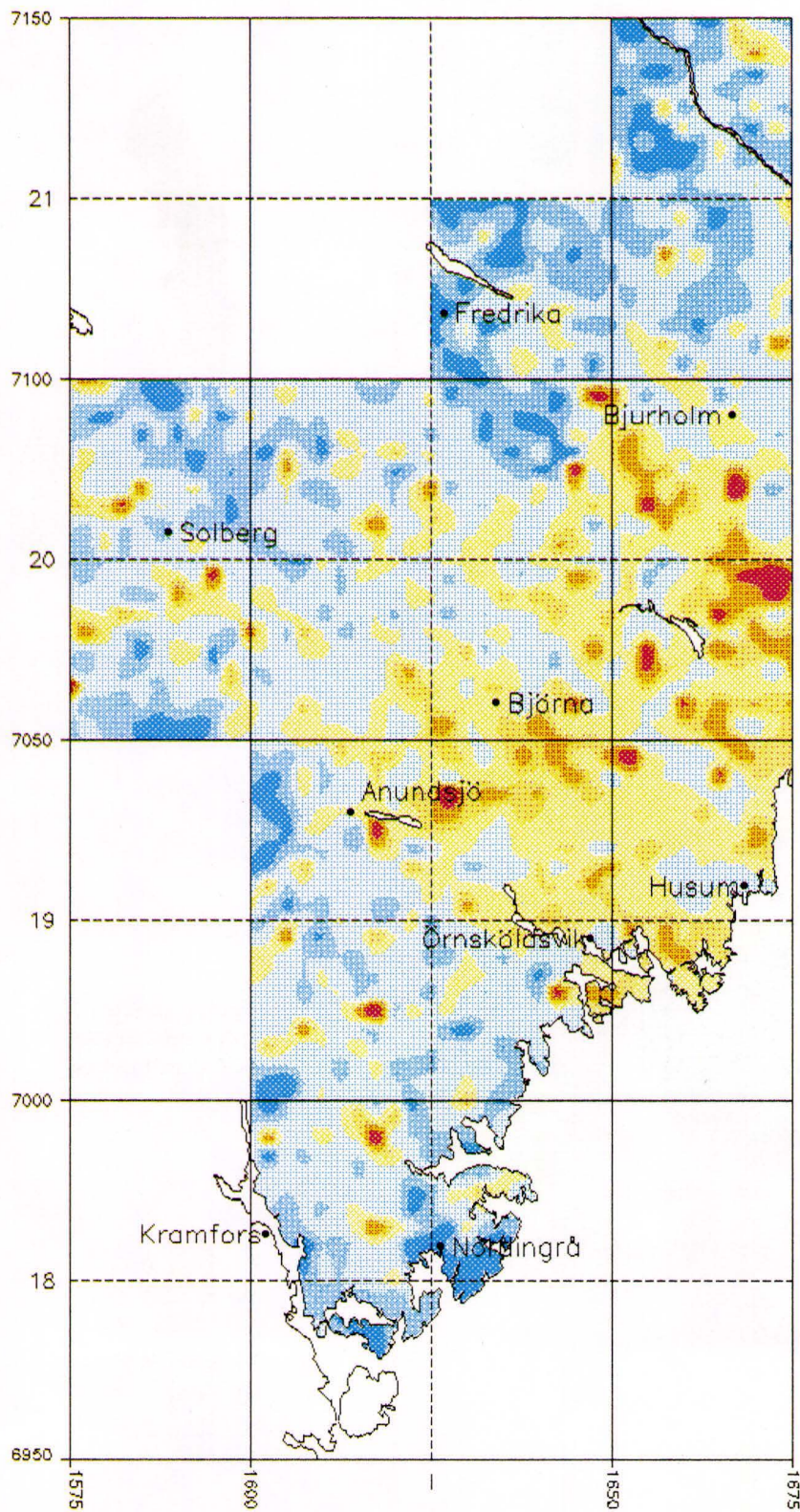
BARIUM (BaO)
MÖRÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	0.067
95	0.061
90	0.058
70	0.054
30	0.047
10	0.043



MARKGEOKEMISK KARTA

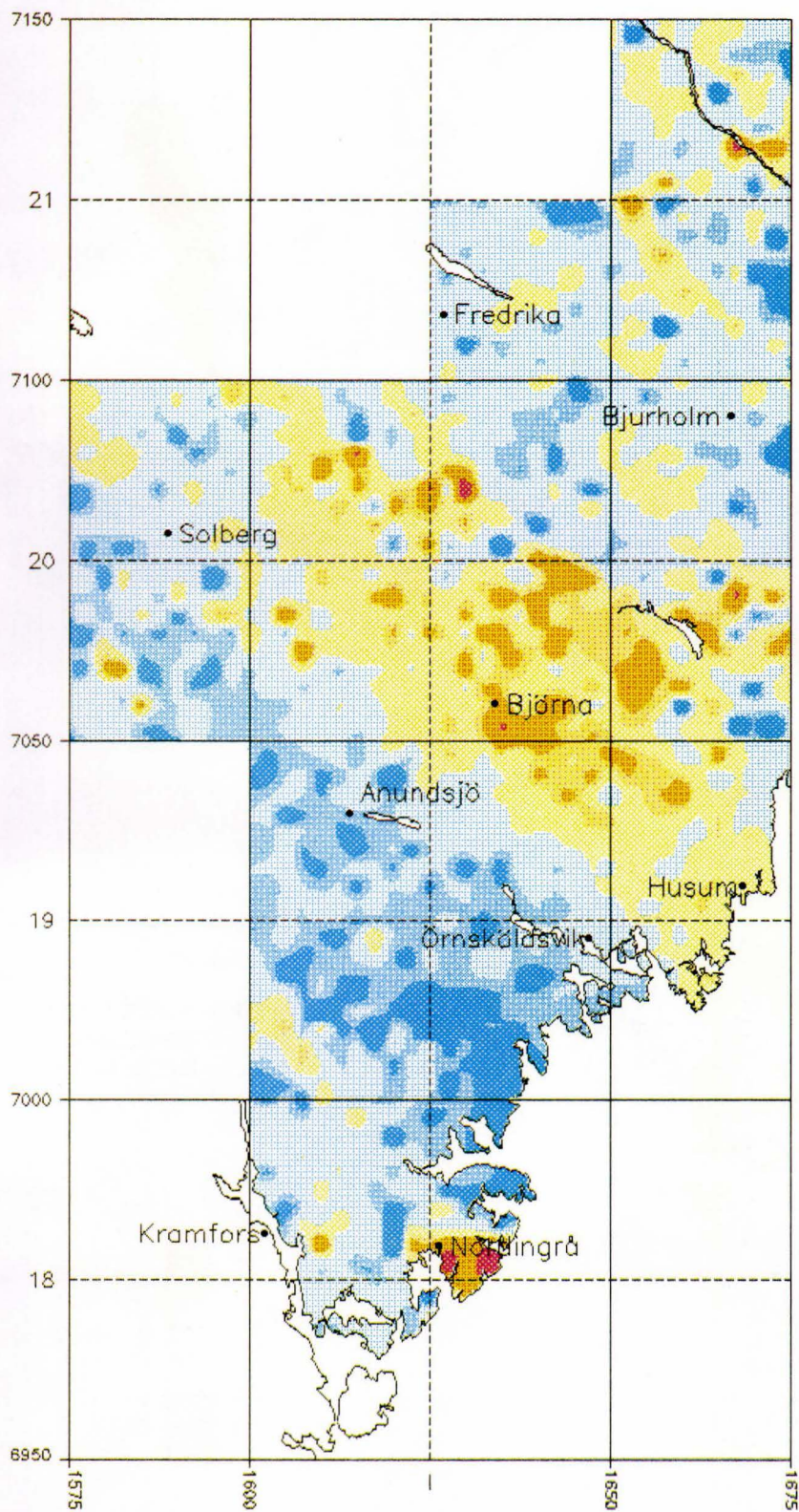
BLY (Pb)
MORÄN -0.08mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	36
95	32
90	30
70	27
30	23
10	20



MARKGEOKEMISK KARTA

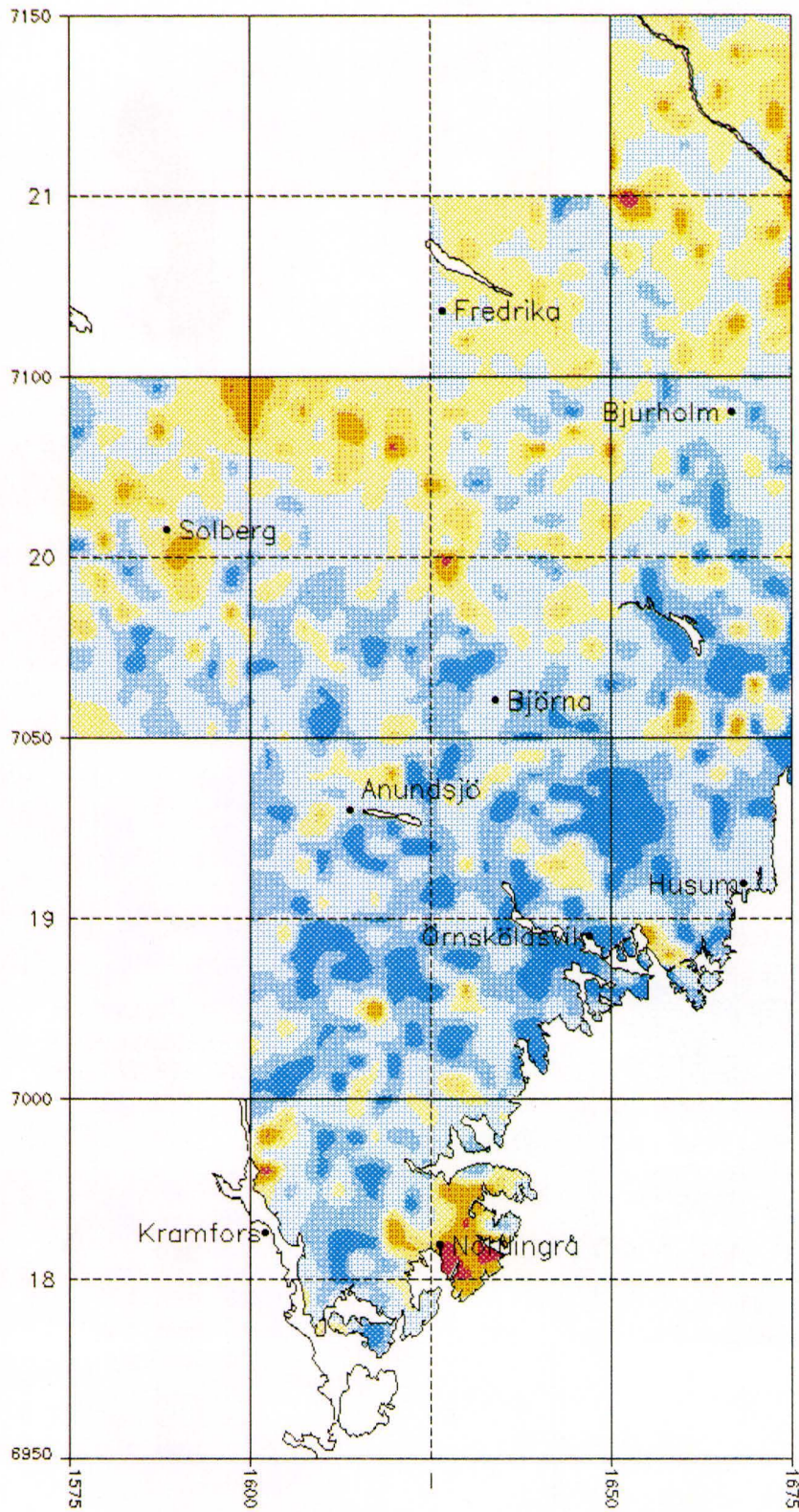
FOSFOR (P205)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	0.41
95	0.33
90	0.31
70	0.27
30	0.23
10	0.21



MARKGEOKEMISK KARTA

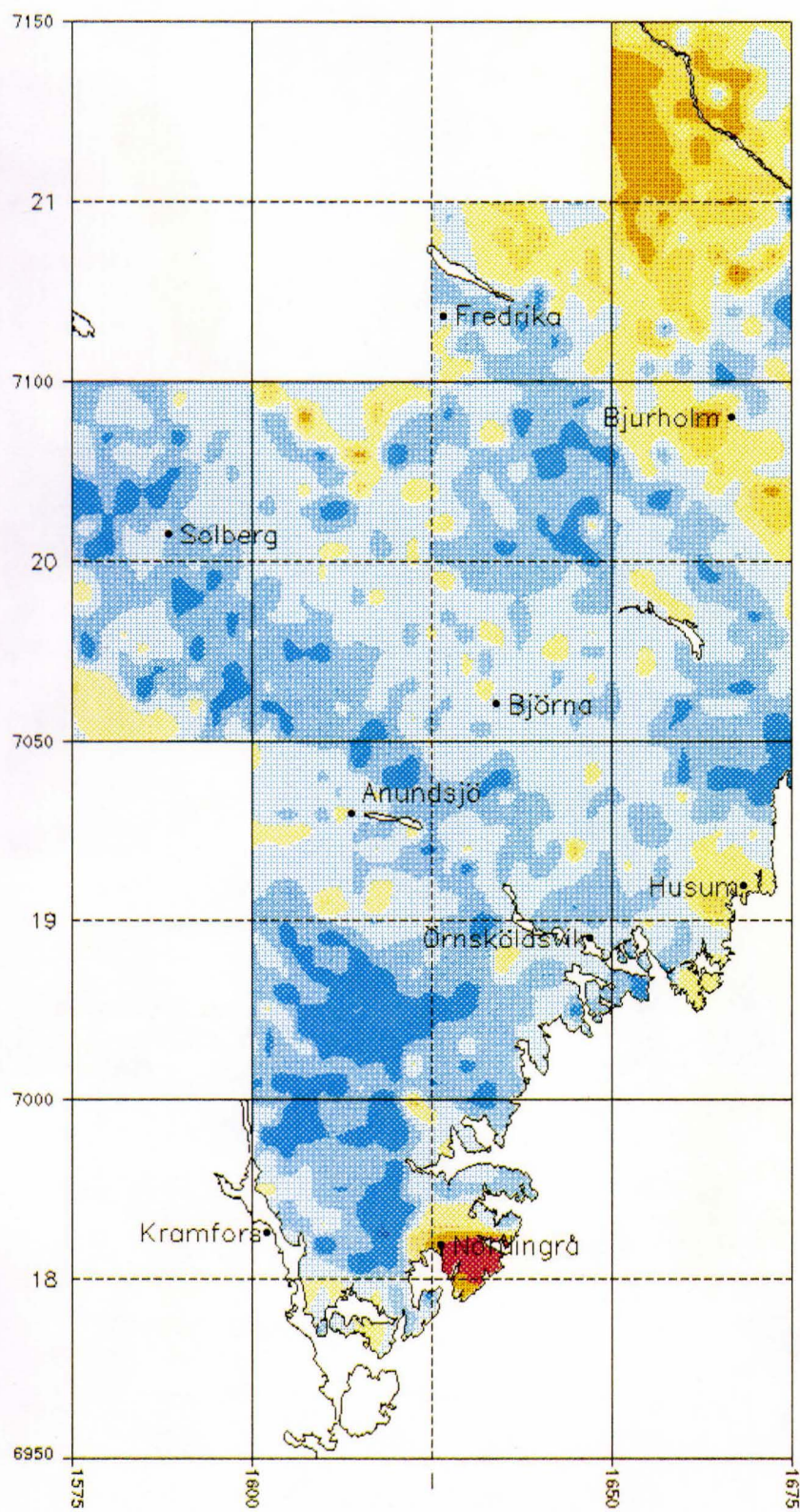
JÄRN (Fe₂O₃)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	5.8
95	4.6
90	4.0
70	3.3
30	2.6
10	2.2



MARKGEOKEMISK KARTA

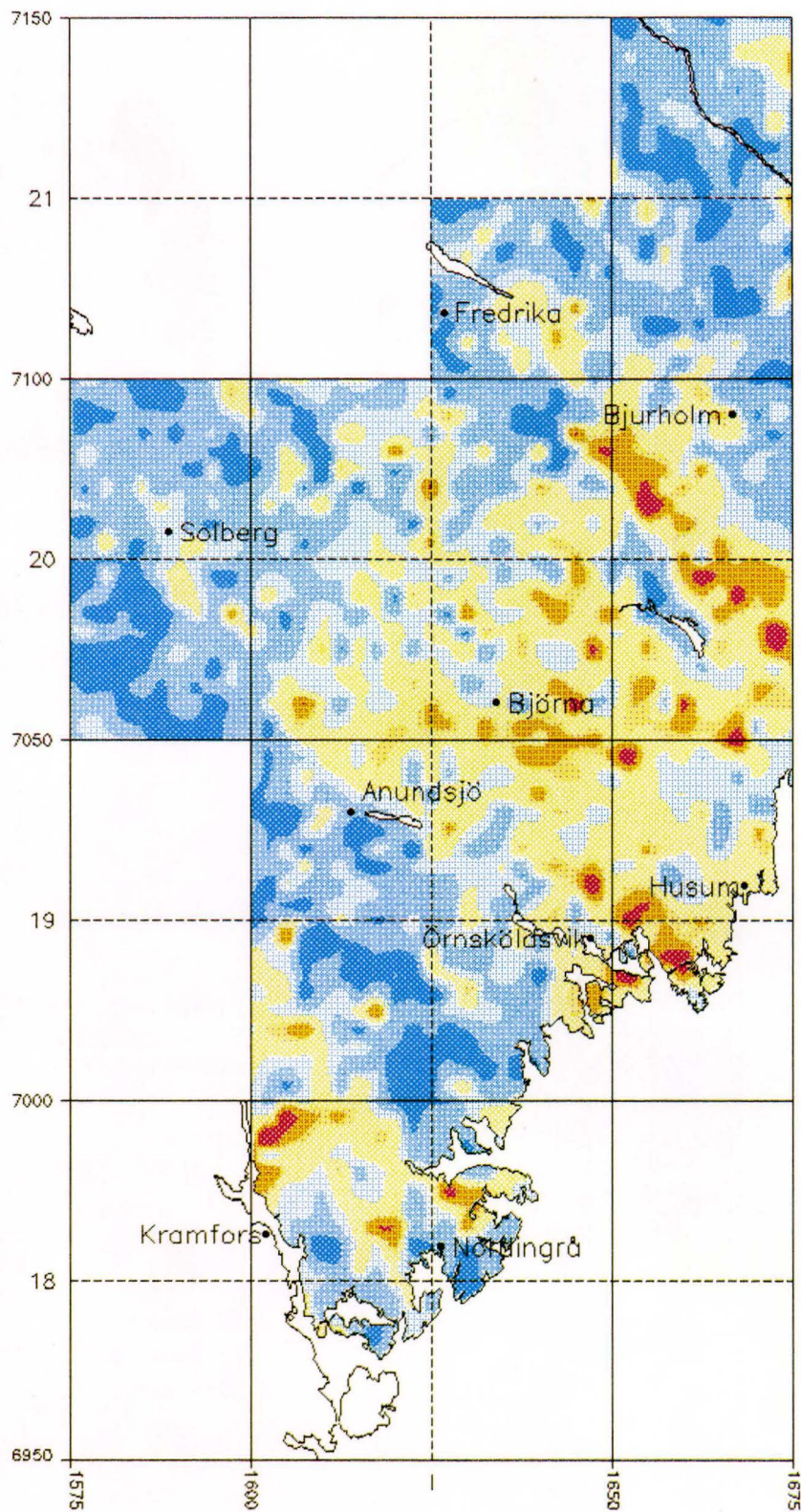
KALCIUM (CaO)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD: XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	3.1
95	2.7
90	2.5
70	2.3
30	2.1
10	1.9



MARKGEOKEMISK KARTA

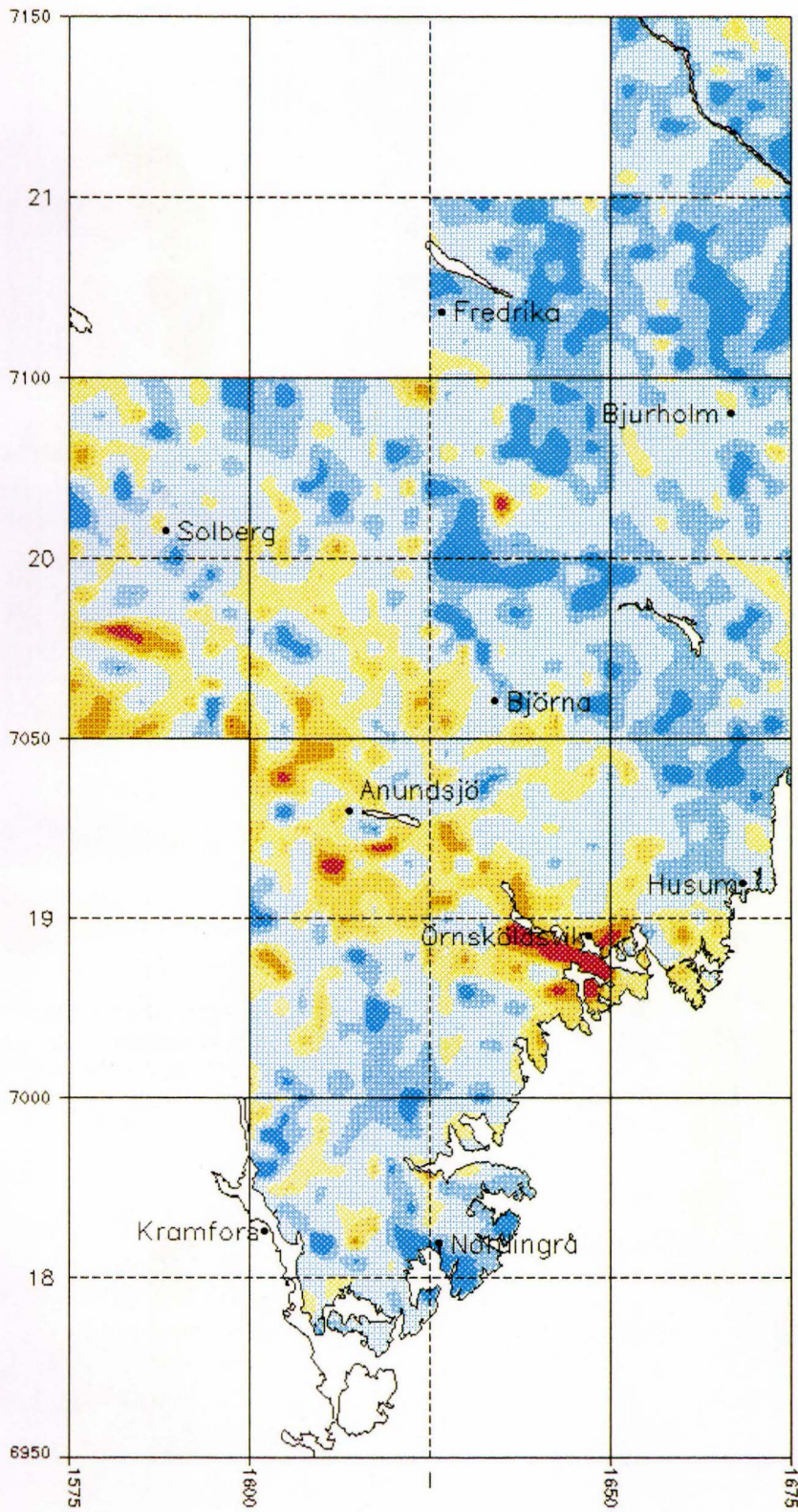
KALIUM (K₂O)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	3.7
95	3.4
90	3.3
70	3.0
30	2.8
10	2.5



MARKGEOKEMISK KARTA

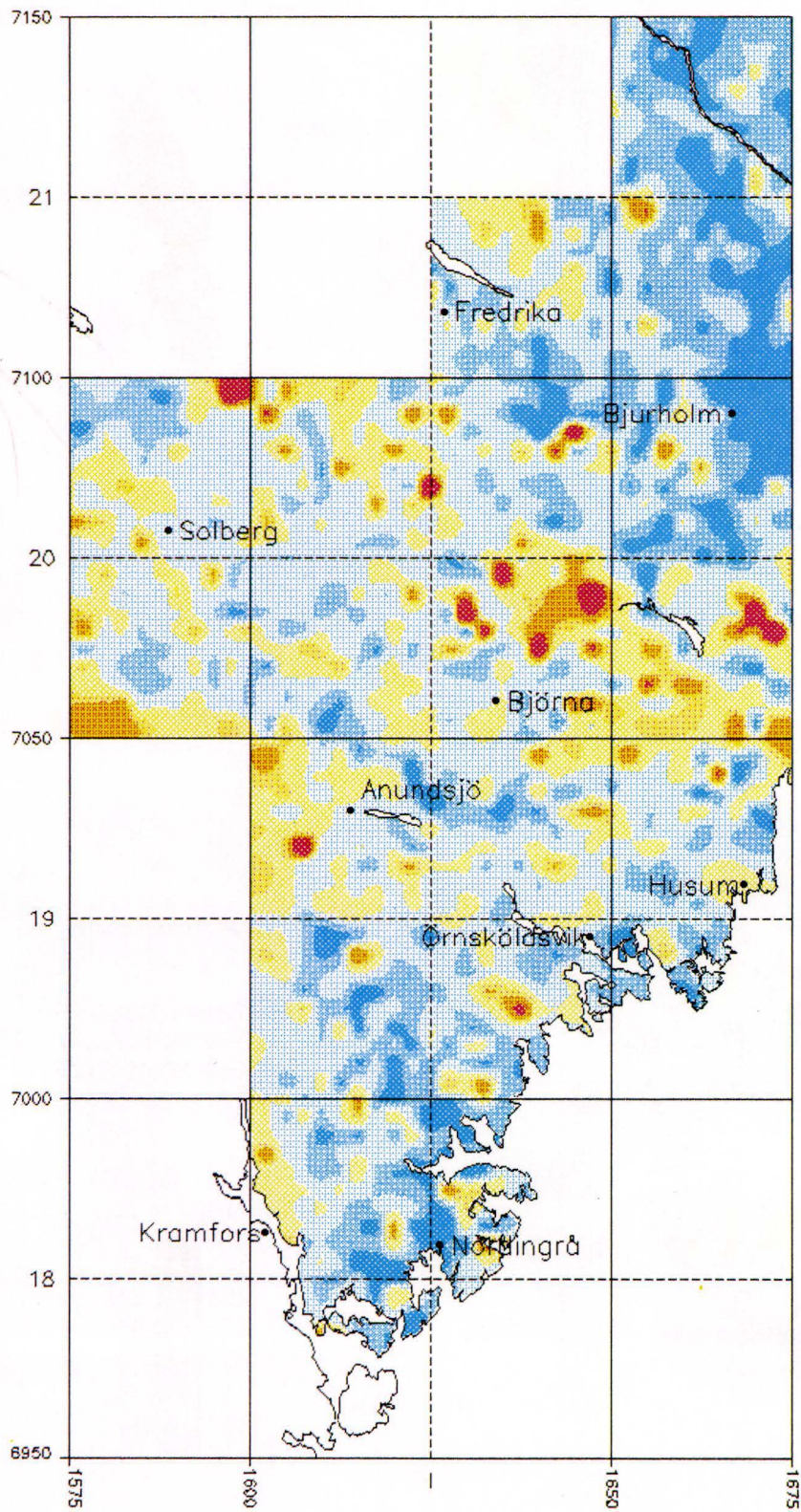
KISEL (SiO₂)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	84
95	82
90	80
70	78
30	74
10	71



MARKGEOKEMISK KARTA

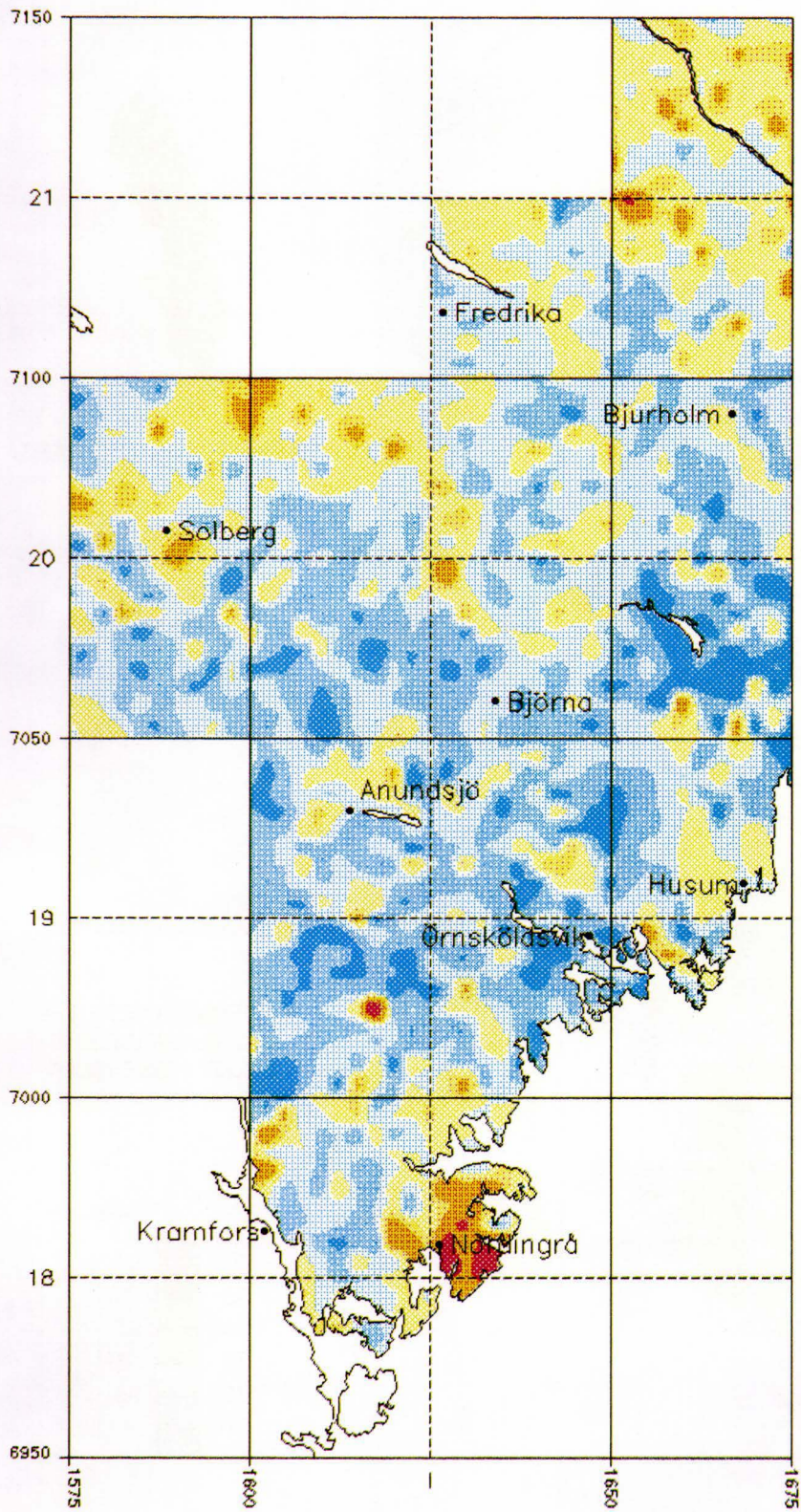
KLOR (Cl)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD: XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	94
95	75
90	67
70	52
30	38
10	28



MARKGEOKEMISK KARTA

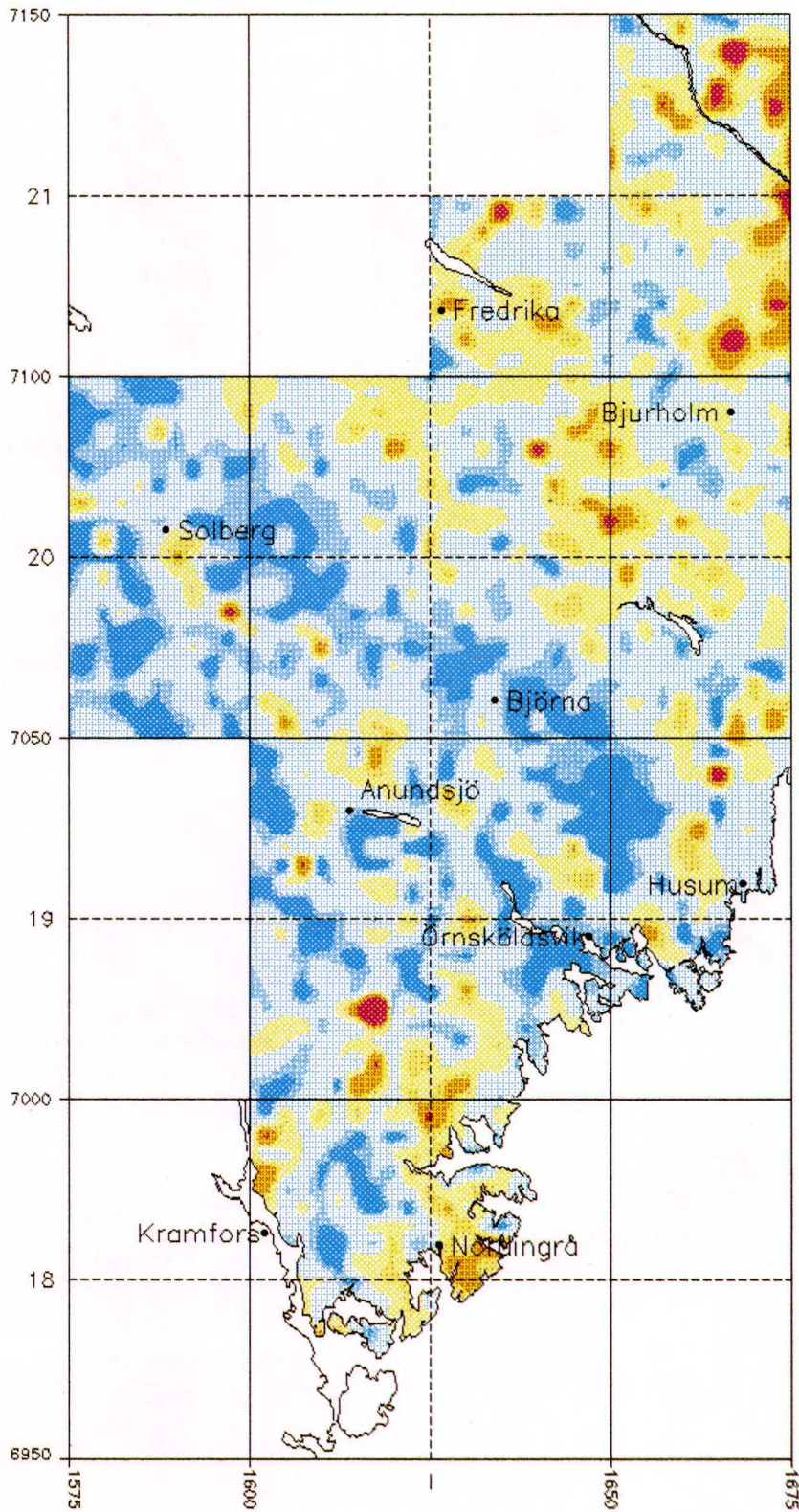
KOBOLT (Co)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	35
95	25
90	22
70	18
30	15
10	12



MARKGEOKEMISK KARTA

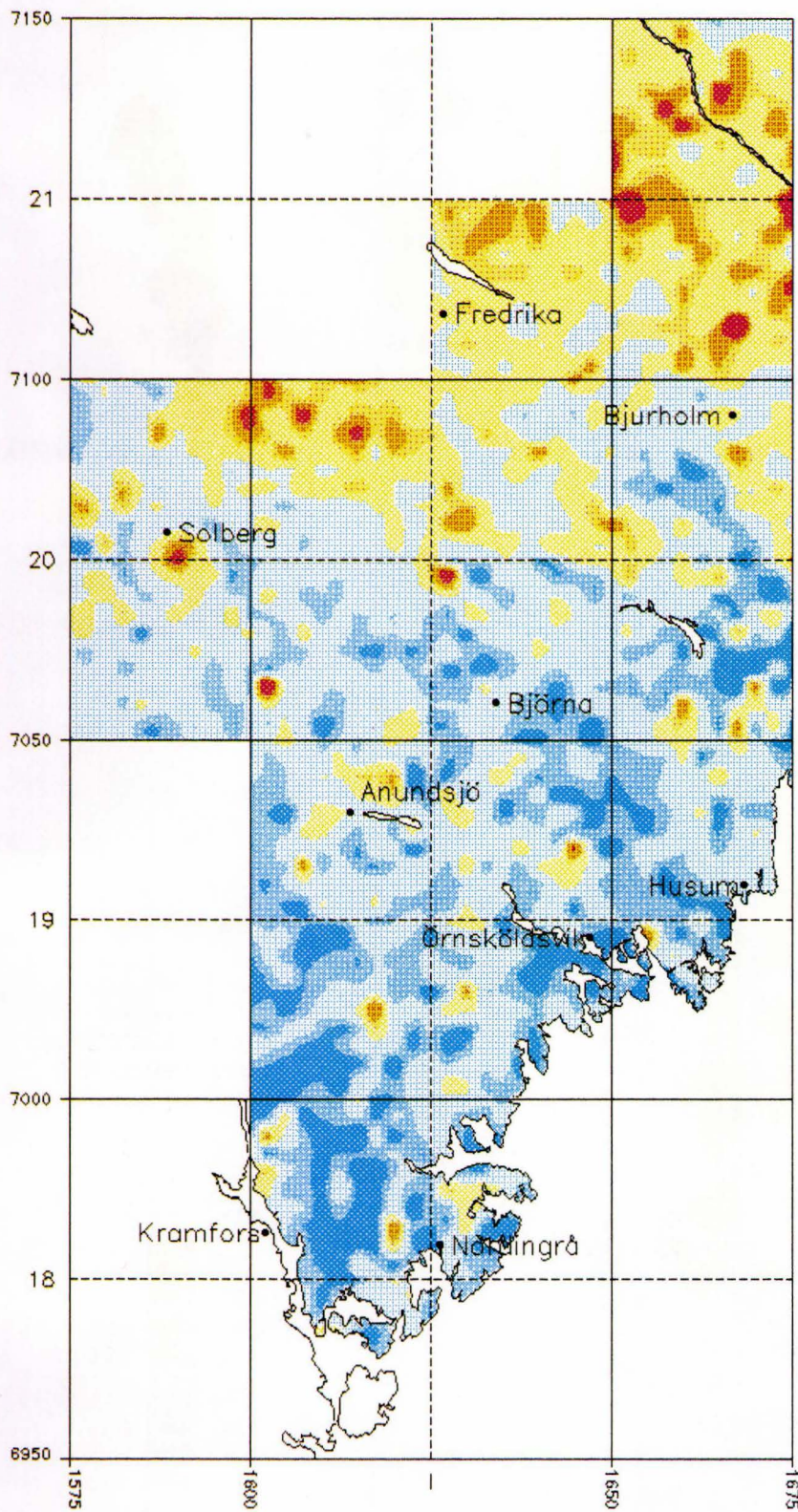
KOPPAR (Cu)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD: XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	37
95	27
90	23
70	17
30	11
10	9



MARKGEOKEMISK KARTA

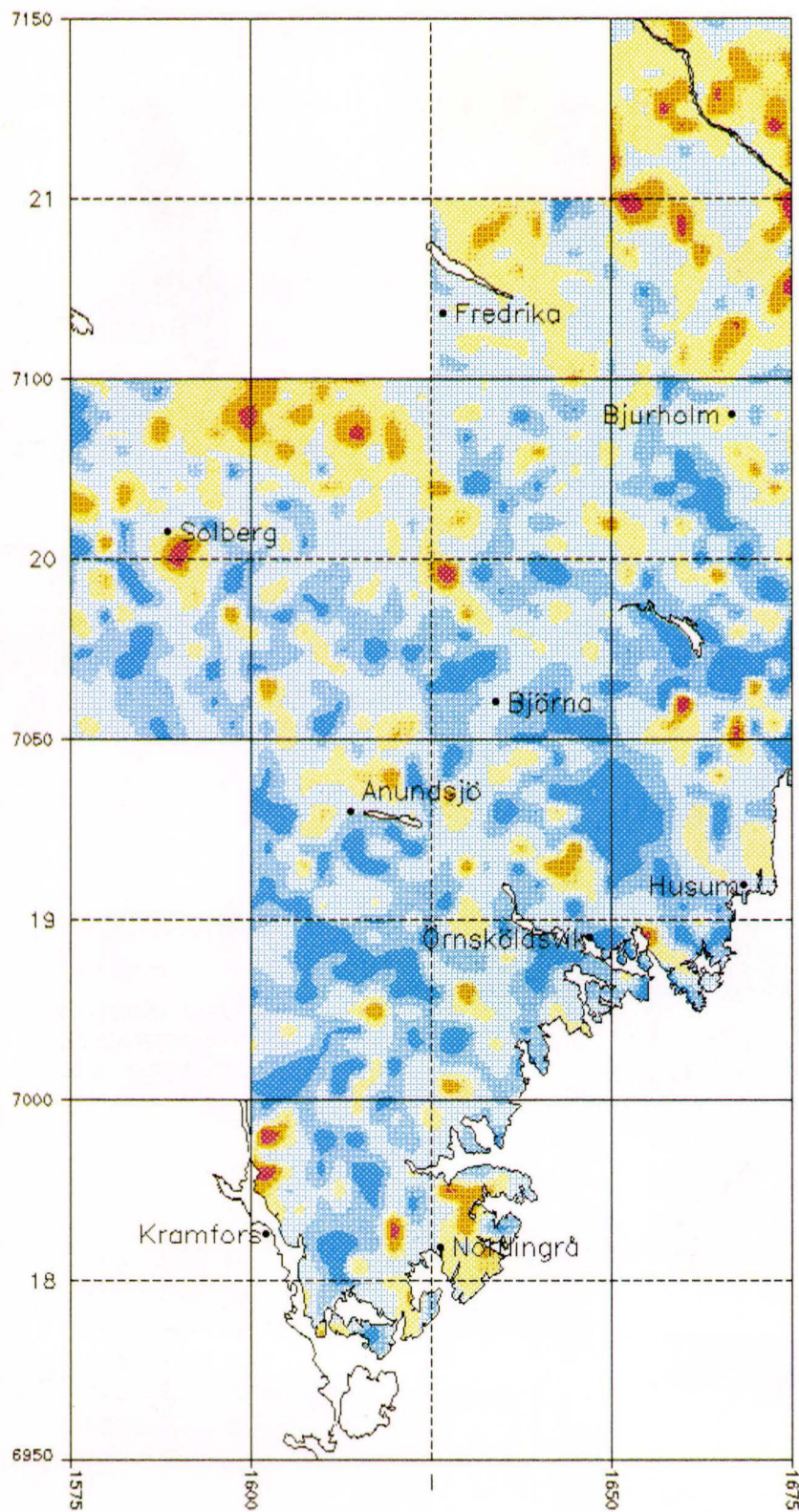
KROM (Cr)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	103
95	88
90	81
70	66
30	50
10	43



MARKGEOKEMISK KARTA

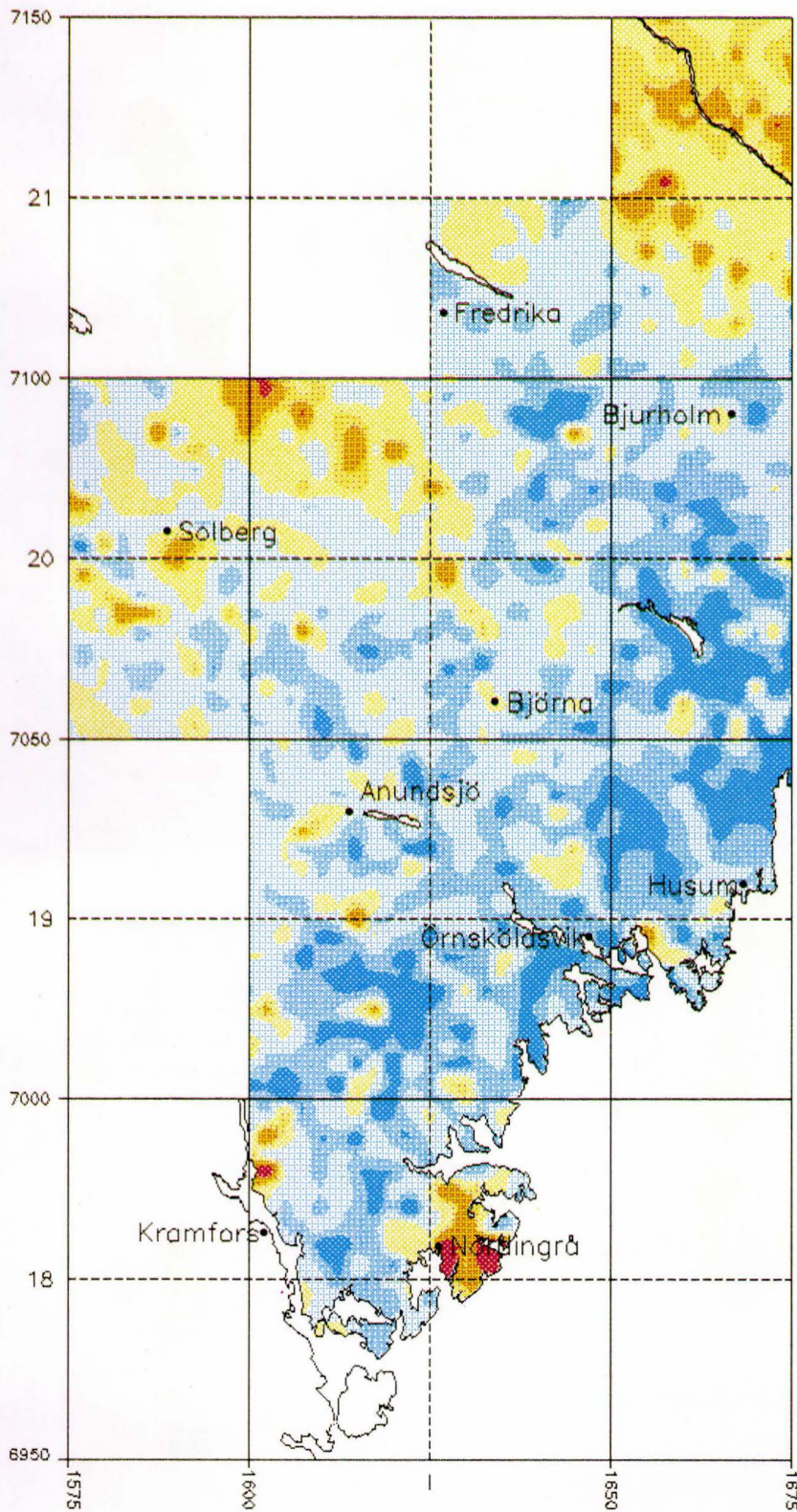
MAGNESIUM (MgO)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	2.2
95	1.8
90	1.7
70	1.4
30	1.1
10	0.9



MARKGEOKEMISK KARTA

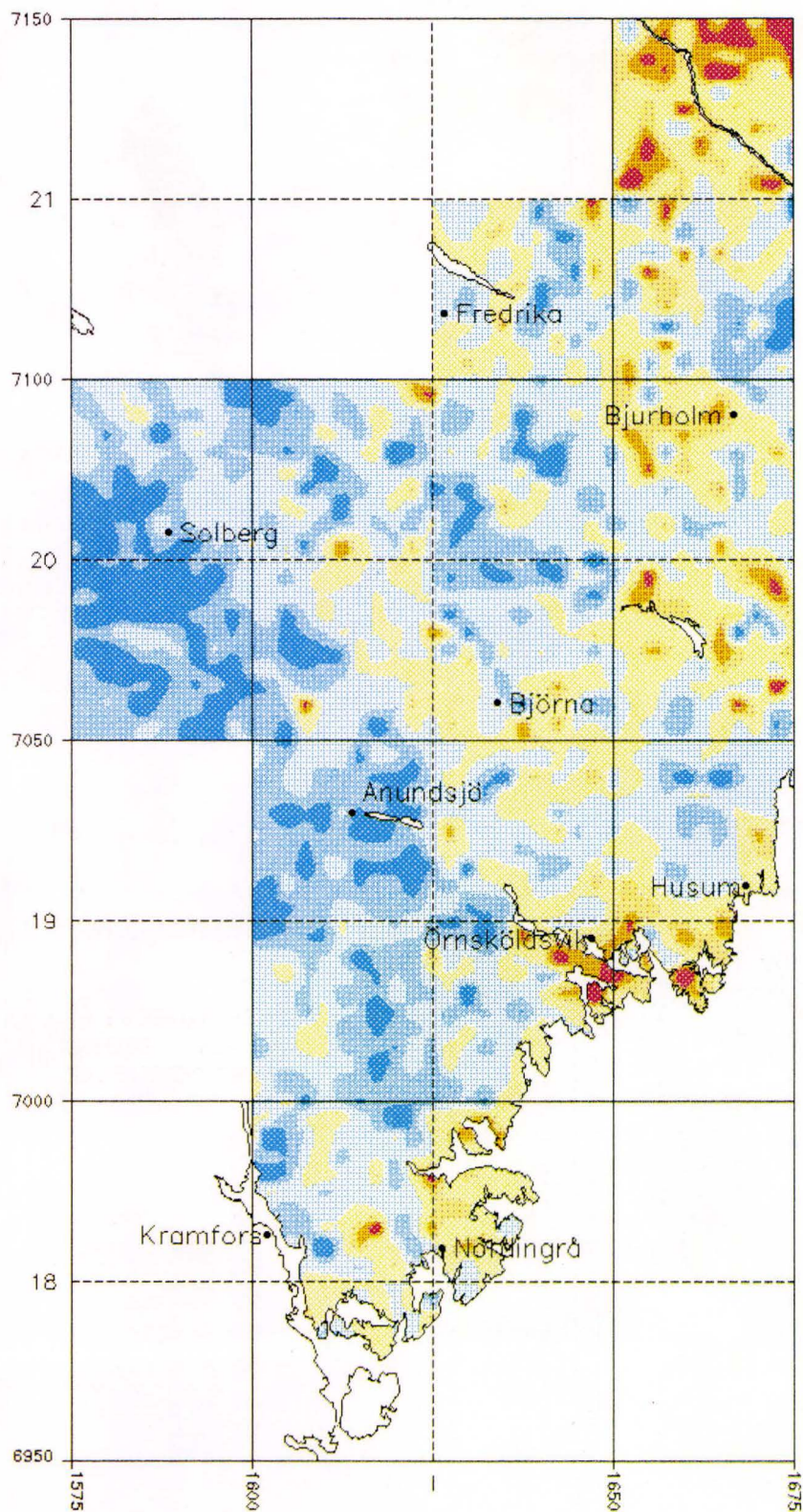
MANGAN (MnO)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	0.076
95	0.062
90	0.057
70	0.049
30	0.042
10	0.037



MARKGEOKEMISK KARTA

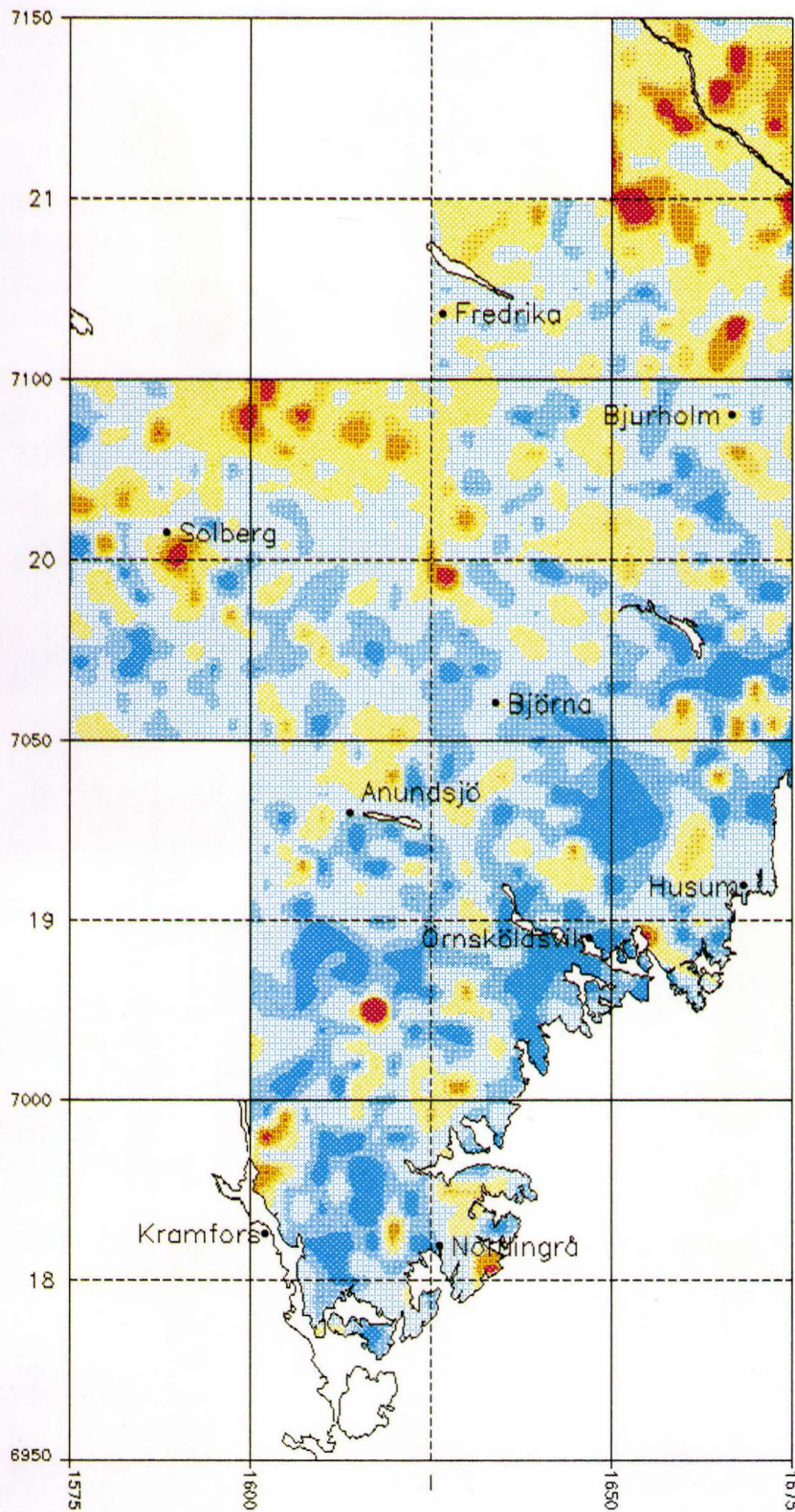
NATRIUM (Na_2O)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	3.1
95	3.0
90	2.9
70	2.7
30	2.5
10	2.3



MARKGEOKEMISK KARTA

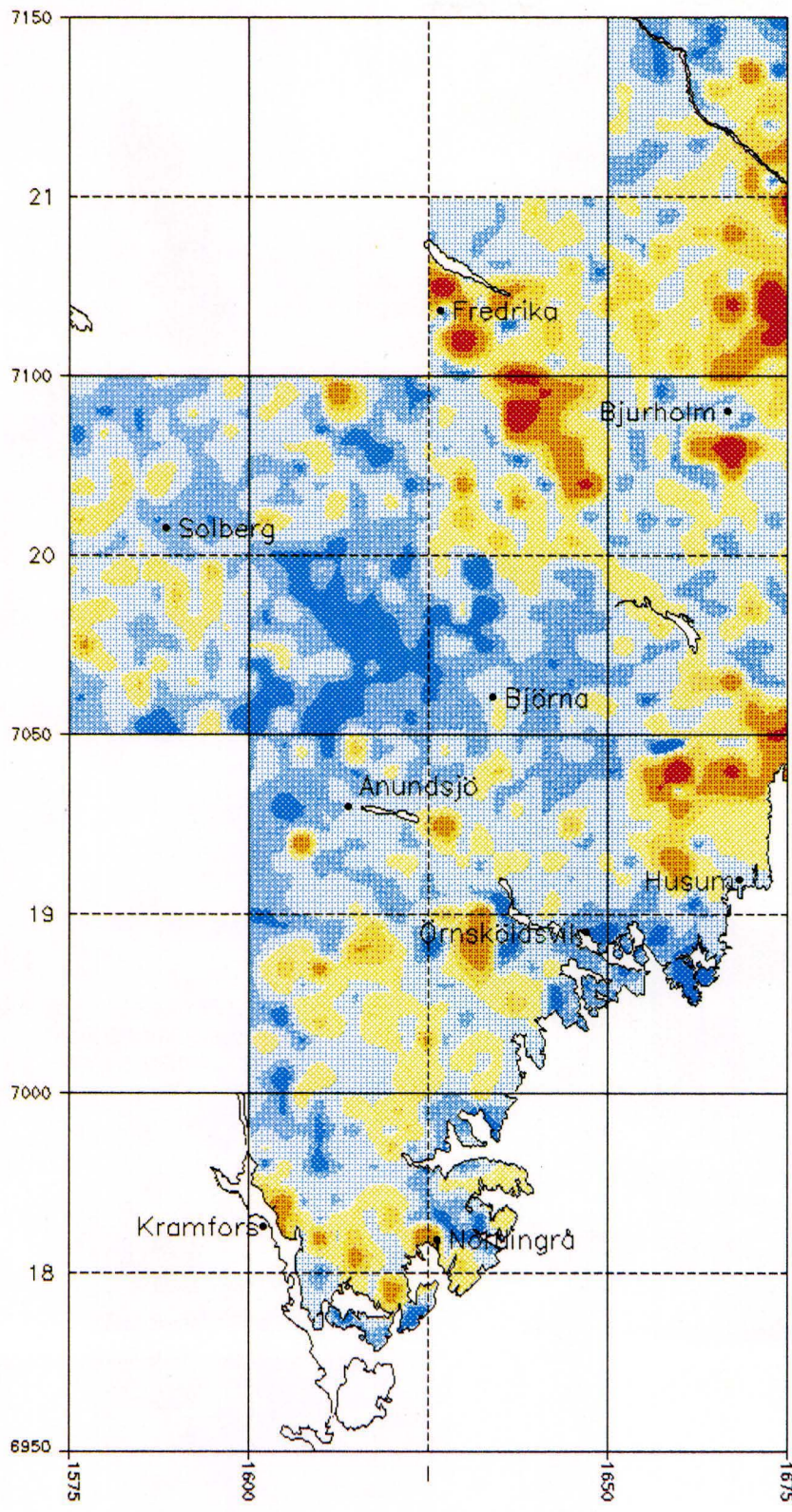
NICKEL (Ni)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD: XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	37
95	29
90	26
70	20
30	15
10	12



MARKGEOKEMISK KARTA

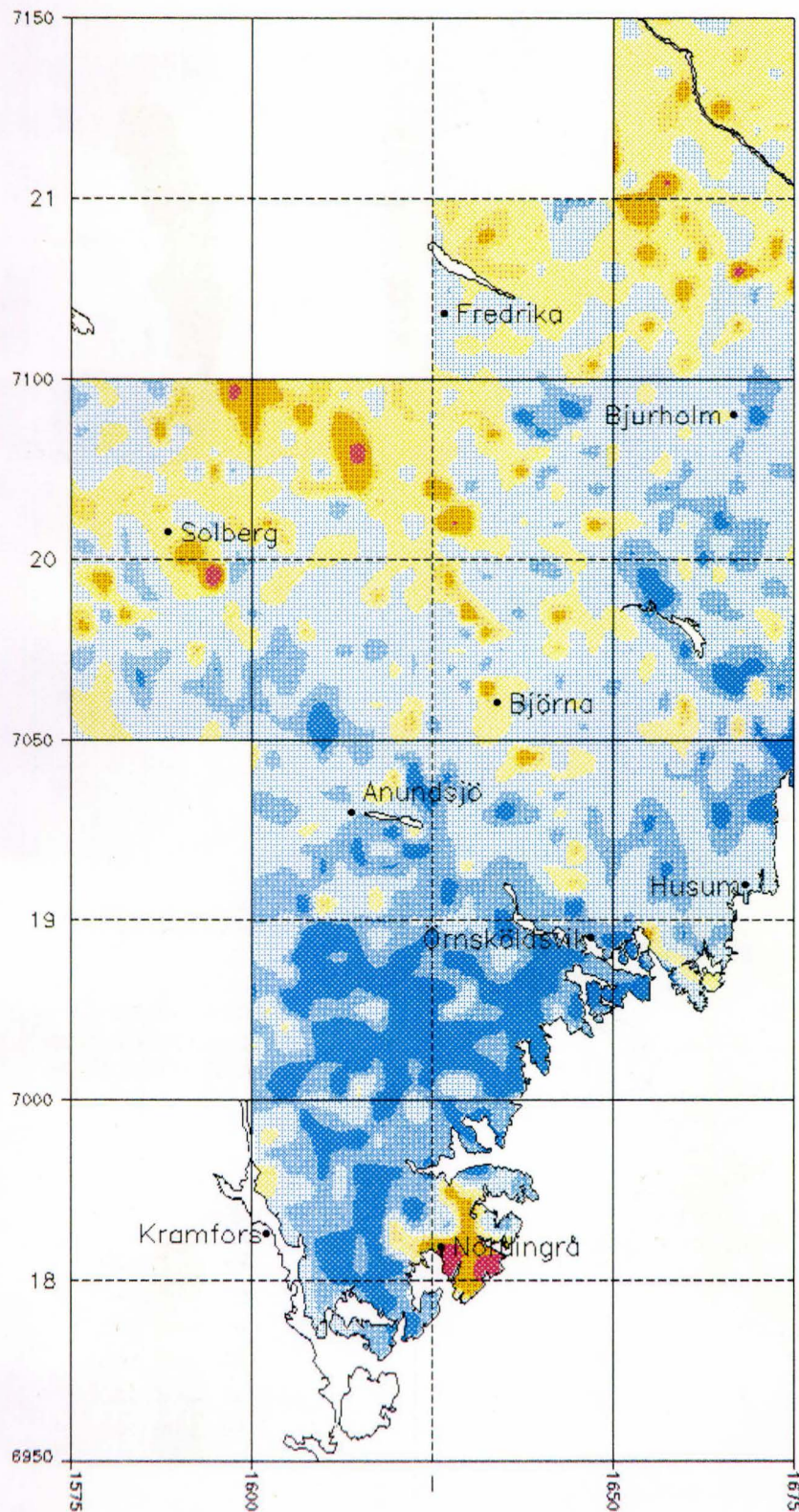
SVAVEL (S)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	730
95	340
90	240
70	160
30	120
10	100



MARKGEOKEMISK KARTA

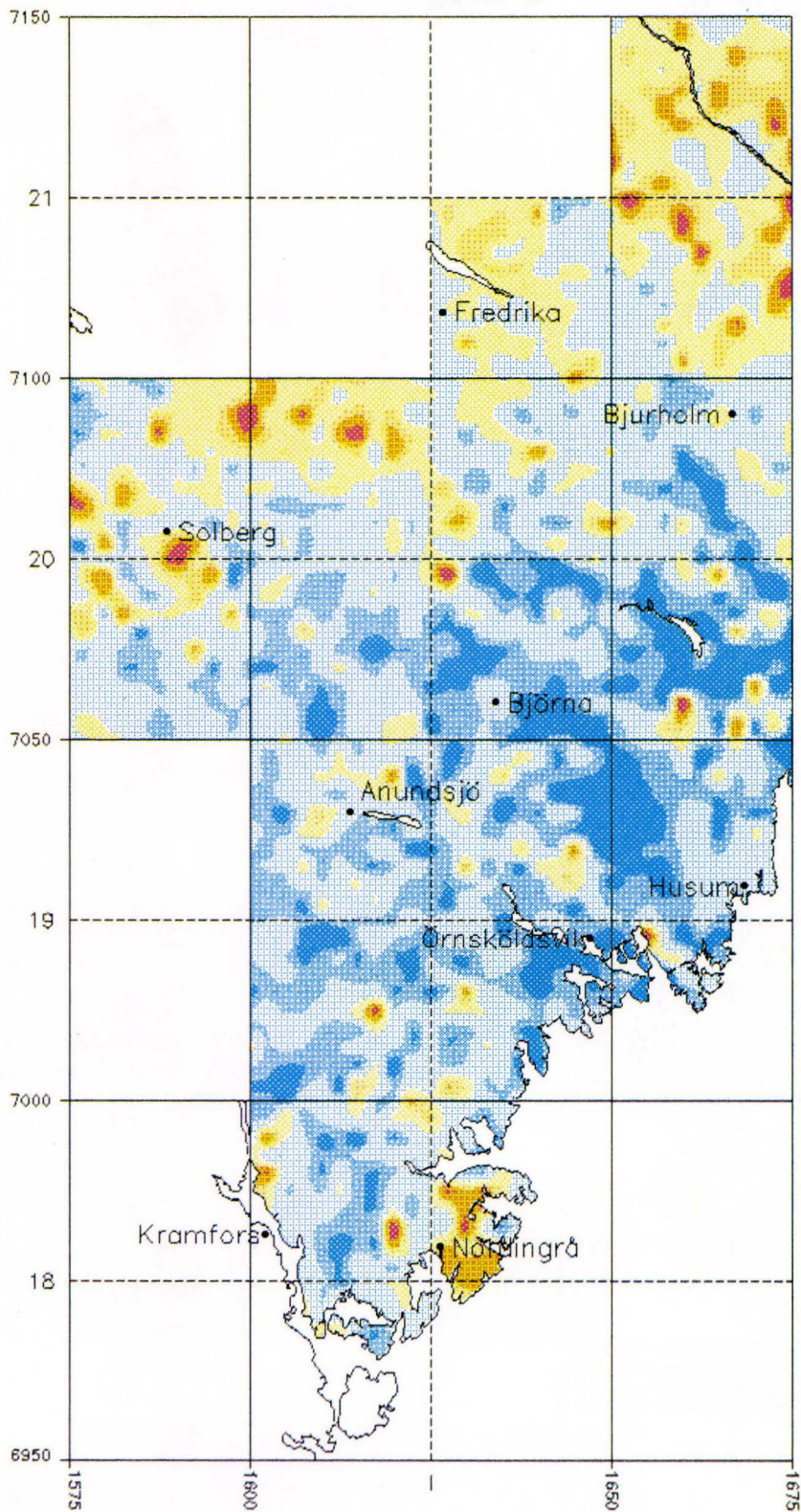
TITAN (TiO₂)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I %
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	%
99	1.07
95	0.90
90	0.85
70	0.76
30	0.63
10	0.55



MARKGEOKEMISK KARTA

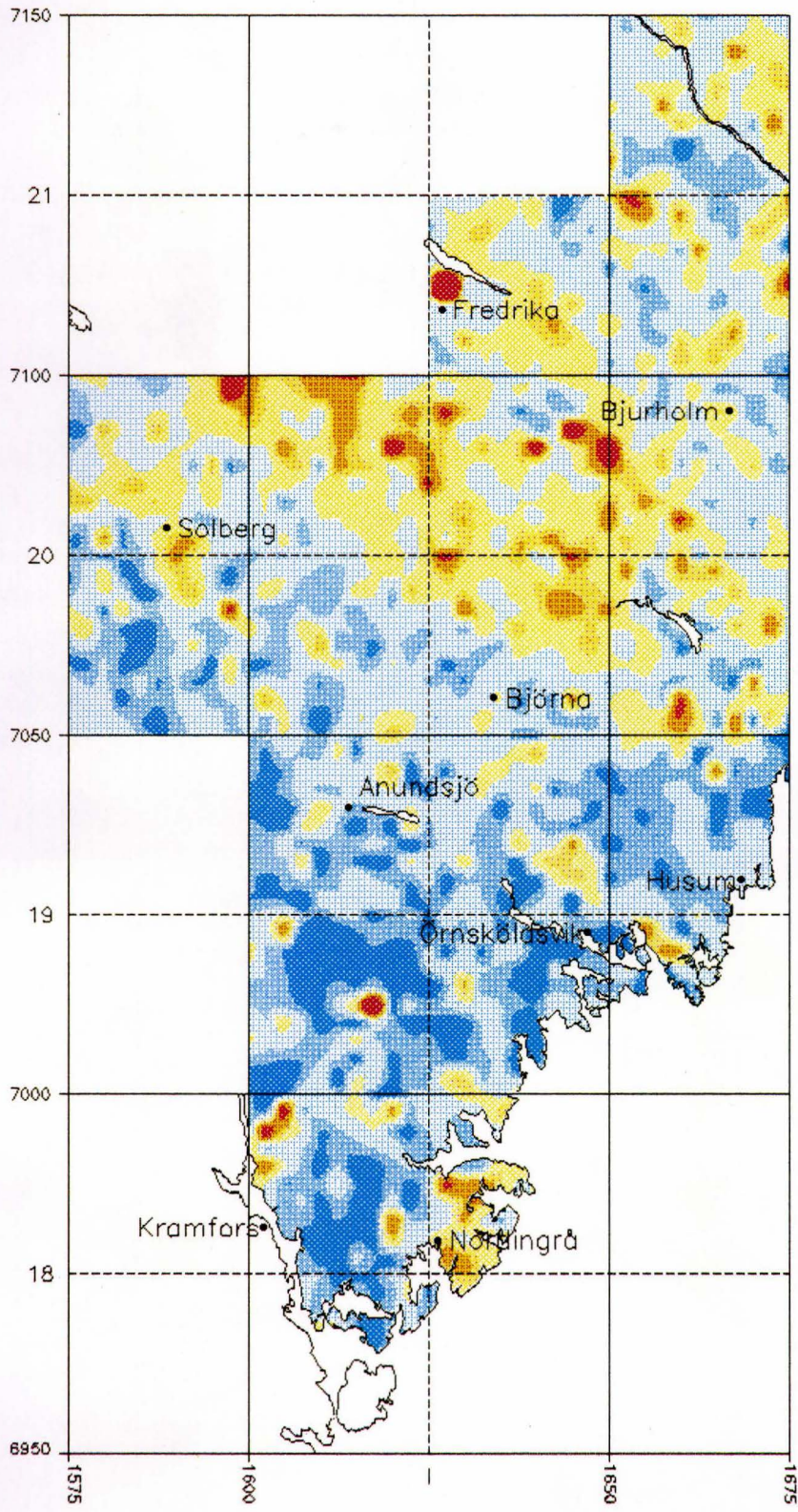
VANADIN (V)
MORÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD:XRF

HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	87
95	74
90	66
70	55
30	41
10	34



MARKGEOKEMISK KARTA

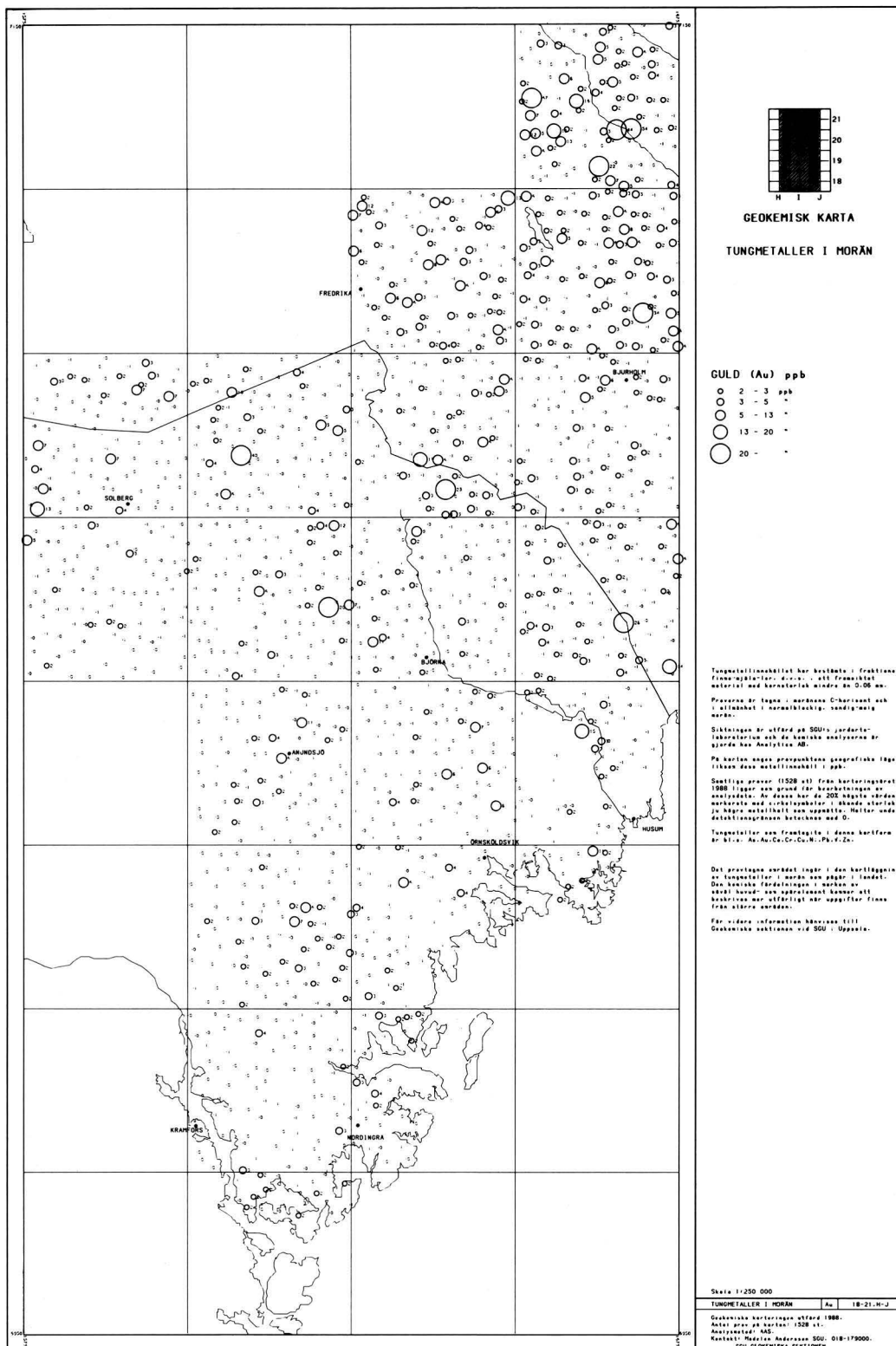
ZINK (Zn)
MÖRÄN -0.06mm

SKALA 1:1 MILJON

ANALYSMETOD: XRF

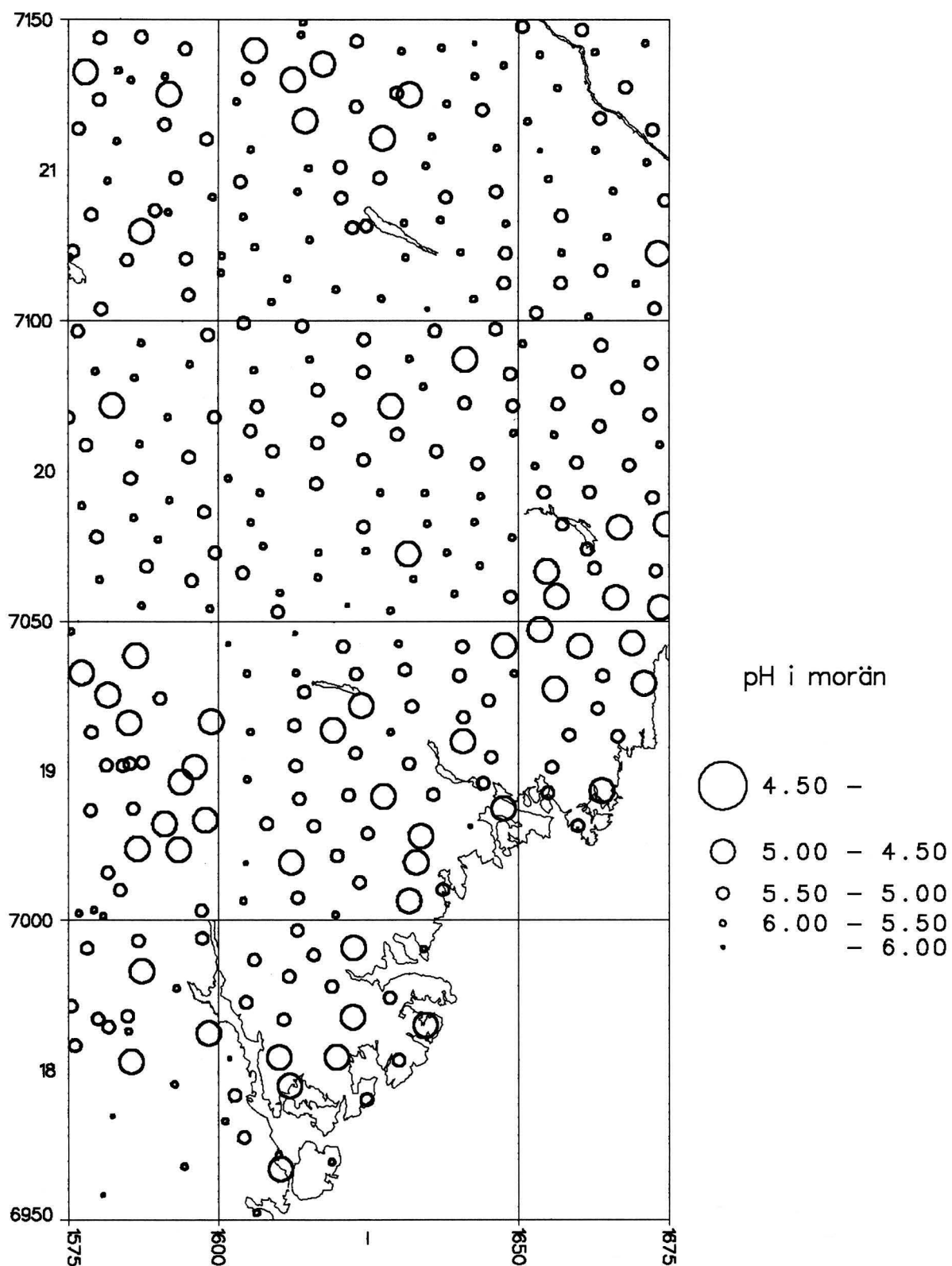
HALTERNA ANGES I PPM
MED KLASSINDELNING
ENLIGT PERCENTILER

PERC.	PPM
99	100
95	80
90	71
70	56
30	41
10	33



Markgeokemisk karta för elementet guld.

Kartan är förminskad 4 gånger till skalan 1:1 miljon.



pH i moränens C-horisont.

Vätejonkoncentrationen är mätt på fraktionen <0,06 mm (finmo-mjåla-ler) uppslammat med destillerat vatten. Provtagningslokalerna ingår i det markgeokemiska karteringsprogrammet.

GEOLOGI OCH GEOKEMI INOM KARTOMRÅDET

Kartområdets berggrund domineras av mer eller mindre gnejsomvandlade sedimentbergarter, huvudsakligen gråvackor (leriga sandstenar).

Mot norr uppträder äldre och yngre graniter med dominans i nordväst av Revsundsgranit. En del grönstenar, metavulkaniter och diabaser finns även inom kartområdet. I Nordingråntrakten i sydost återfinns Rapakivigranit, gabbro och anortosit, samt mindre inslag av sandsten med inlagringar av skiffer och konglomerat.

Kartområdet präglas av ett storkuperat landskap med tätt liggande bergkullar. Genom landskapet löper markerade dalgångar i nordväst-sydostlig riktning. Dessa följer till stor del sprickzoner i urberget. Bergkullarna har vanligen mjukt rundade former som uppkommit genom inlandsisens erosion, omlagring och avsättning av bergartsmaterial. Den huvudsakliga isrörelseriktning som haft betydelse för bergartsmaterialets transport är från nordväst med en måttlig medsolsvridning. Både äldre och yngre isrörelser finns dock påvisade med riktningar från väster och från norr. Det storkuperade landskapet når ända ut till kusten (Höga Kusten) längst i söder. Nordost om Örnköldsvik vidtar en annan typ av sprickdalslandskap med slättområden. Här har vittring och erosion gett upphov till ett småkuperat landskap med frampreparerade sprickdalar. Jordtäcket är här, till skillnad från de stora älvdalarna, ej så mäktigt och provtagningslokaler för morän är få, särskilt på de topografiska kartbladen 19J NV och SV.

Sprickdalslandskap av denna typ följer i stort sett hela vår svenska östersjö kust utom, som nämnts, kuststräckan mellan Sundsvall och Örnköldsvik.

När inlandsisen avsmälte intogs östra delarna av kartområdet av hav, som i de nuvarande älvdalgångarna även trängde in västerut. Grovt sett har kustområdet varit täckt av hav 5–6 mil inåt land från nuvarande havslinje. Dåtida havsytta låg 250–260 m ö.h. i det norra respektive centrala kartområdet. Längre ner mot kusten är landhöjningen kraftigare och högsta kustlinjen återfinns därför på 270–280 m ö.h. Det högsta läget (285 m ö.h.) för H.K. i Sverige återfinns på Skuleberget och på det närliggande Högsvedjeberget, ett par mil norr om Nordingrå. Högsta kustlinjen framträder här som en gräns mellan opåverkad (av havets svallning) morän och nedanförliggande kalspolade hållar.

Moränområden som är direkt påverkade av havets, eller rinnande vattens, svallning, provtages ej geokemiskt, vilket innebär att det på vissa håll kan finnas luckor i kartbilden.

Geokemin i området beror till stor del av de olika bergartstypernas inblandning i moränerna. Även bergarter utanför kartan påverkar de geokemiska mönstren. I nordost ger t.ex. metavulkaniter tillskott av basiska bergarter i ett område som domineras av granit.

Högre elementhalter i norr och i Nordingråntrakten, av kalcium, järn, mangan, titan, magnesium, krom, nickel m.fl. visar således att bergartsinslaget är av basisk karaktär. Elementen förekommer t.ex. i hornblände, biotit, pyroxen och serpentin. Centralt är istället halterna högre bland annat av kalium, bly, barium och kisel, dvs. element som kan ingå i fältspat och glimmer och som förknippas med surare bergarter. Gruvområden, malmer och mineraliseringar i berggrunden, ligger ofta i moränområden som är förhöjda på ett eller flera element. Associationer med sulfid-

element (t.ex. As, Au, Cu, Co, S, Ni, Zn, Fe) ses som förhöjningar i norr, där mineraliseringar och inmutningar som bl.a. Klippan, Granliden och Fjälltuna ligger, även om dessa ligger strax utanför kartområdet väster om Fredrika. Panträsk, Ekorrleden, Hundlidmyran och Byssträsk återfinns ett par mil nordost om Fredrika strax utanför kartbladet, men i anslutning till ett område som är förhöjt på flera element. Björnmyrberget och Holmsjön ligger öster respektive sydost om Fredrika, mitt i ett område med förhöjningar av koppar, zink och svavel. I väster framträder Rockliden och Solberg med en mindre förhöjning av koppar, nickel och svavel.

Flera mineraljaksfynd som gjorts ligger i områden förhöjda på ett eller flera element. Så har man t.ex. i området mellan Björna och Bjurholm, med förhöjningar av Zn, S, Cu, Ni, Pb och Au, funnit mineraliserade block med bland annat koppar, nickel och zink.

Med nordväst-sydostlig riktning, från Solberg mot Örnsköldsvik, finns ett stråk med ett flertal kända blockfynd, mineraliseringar och skärpningar på kis (framför allt kopparkis). Likaså sydväst och sydost om Anundsjö, vid Kramfors och mellan Nordingrå och Örnsköldsvik. Elementförhöjningar i moränen förekommer i anslutning till de flesta av dessa. Kismineral kan också påträffas i de kvartsbrott som finns, speciellt i södra delen. Kvartsen förekommer i pegmatitgångar som kan vara mineralrika. Selsvitberget nordväst om Kramfors, liksom Getberget NNV om Nordingrå är båda kvartsbrott där klumpar av arsenikkis respektive arsenikkis och kopparkis påträffats. I anslutning till kopparförhöjningen ett par mil sydväst om Örnsköldsvik finns ytterligare en kvartsgång, vid Svedjeberget, angiven. Kvartsgångar kan dessutom innehålla en del guld, antingen som gediget guld eller i andra mineral, t.ex. blyglans, koppar- och arsenikkis. VSV om Örnsköldsvik finns ett par områden med kraftiga arsenikförhöjningar. Några andra element, bland dem koppar, bly och guld, är också förhöjda här. I områdena finns en del inmutningar på tenn och wolfram gjorda. På topografiska kartbladet 19I NO finns omtalat blockfynd av breccia med flusspat och blyglans. Så gott som hela detta kartblad ingår i den stora centrala blyförhöjningen som framkommer på kartbilden för bly.

Moränens innehåll av elementen är, med avseende på bergarter och inslag av mineraliseringar, normala.

Vid bedömningar av den information de geokemiska mönstren ger är det värdefullt att studera flera element samtidigt. Speciellt gäller detta guld, där en enstaka punkt med detekterbart guld kanske inte skall tillmätas något större intresse. Återfinns däremot punkten i ett område där andra element, t.ex. As och Cu, också är förhöjda kan informationen vara av större värde. De guldvärden som anges på kartorna skall inte heller ses som absoluta för den geografiska lokalen i fråga. Värdet kan variera med tiotals ppb i prover tagna från samma lokal. Detta beror på den s.k. "nugget-effekten", dvs. varje litet miniatyrstänk av guld som finns i provet påverkar det avlästa analysvärdet kraftigt. Har man dock fått ett detekterbart guldvärde, så kvarstår ju det faktum att guld faktiskt finns i provet, även om mängden är liten.

Samtliga prover är testade med avseende på innehåll av kalciumkarbonat. Alla med negativt resultat. Detta innebär att marken inte innehåller karbonater som hjälper till att neutralisera surt markvatten.

pH-värdena inom kartområdet varierar med maximalt 6.7 ned till 4.6. Eftersom pH-skalan är logaritmisk betyder detta att provlokaler med de lägsta värdena är

nästan 100 gånger surare än lokaler med de högsta värdena. Värdena är lägst i de kustnära trakterna och högst centralt och i norr. Generellt på kartorna kan man se att där pH-värdena är lägst har de basiska elementen (Ca, Mg, P, Fe m.fl.) låga halter. Ofta uppvisar svavel förhöjda värden samtidigt. Sulfidelement i moränen ger svavelsyrlighet som påverkar pH-värdena. Exempel på ett sådant område med lågt basinnehåll och svavelförhöjning, finns norr om Husum, där det gravt försurade vattensystemet med Saluån ligger. Ett annat exempel är Stor-Degersjön, VSV om Örnköldsvik, som avrinner till Nätraån.

Där de buffrande system som finns i marken inte förmår fördröja försurningen, utlakas viktiga ämnen som kalcium och magnesium. Fosfor binds hårt i marken och giftiga ämnen frigörs. Vid pH-värden kring 4.5 i marken börjar aluminium lösas ut. Eftersom aluminiumhalten är hög i marken frigörs stora mängder som förs ut i sjöar, vattendrag och grundvatten.

I områden med låga halter av viktiga ämnen som samtidigt har låga pH-värden och/eller höga halter av giftiga ämnen kan man alltså befara att mer eller mindre uttalade skadliga effekter på växter, djur och människor kan börja uppträda.

REFERENSER

- Troedsson, T. och Nykvist, N., 1973: Marklära och markvård. Almqvist & Wiksell.
- Grip, H. och Rodhe, A., 1985: Vattnets väg från regn till bäck. Forskningsrådets förlagstjänst.
- Monitor 1981, 1987 m fl.: Naturvårdsverkets årsbok.
- Ek, J., Ohlsson, S.-Å. och Selinus, O., 1988: Bly, kadmium, selen — Hela Sverige kartläggs. Forskning och Framsteg 2/88.
- Lundmark, J.-E., 1986: Skogsmarkens ekologi. Skogsstyrelsen Jönköping.
- Lundqvist, J., 1987: Jordartskarta över Västernorrlands län. Karta och beskrivning. SGU serie Ca nr 55.
- Lundqvist, Th., 1987: Berggrundskarta över Västernorrlands län. SGU Serie Ba nr 31.
- Naturmiljön i siffror. Miljöstatistisk årsbok 1986–87. Statistiska centralbyrån 1987.
- Berg och Malm i Västernorrlands län, SIND PM 1980:18: Sammanställning utförd av Statens Industriverk.
- Berg och Malm i AC län, SIND 1979:9: Utredning från Statens Industriverk.
- Goldschmidt, V. M., 1958: Geochemistry. Oxford University Press.

I SGU:s serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

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

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



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

Offsetcenter AB, Uppsala 1990

ISBN 91-7158-482-X
ISSN 0340-2176