Geokemisk kartering i västra Bergslagen

Madelen Andersson, Magnus Ripa & Colby A. Smith

januari 2020

SGU-rapport 2020:01

SGU Sveriges geologiska undersökning

Ändringar genomförda 4 februari 2020

Bilaga 2, sidan 64
Saknad geokemisk karta för Pb tillagd.

Ändringar genomförda 22 december 2020

Bilaga 5
Fyra jordartskartor tillagda.

Omslagsbild: Provtagningslokal vid Yxsjöberg.
Fotograf: Per Nysten.

Cover: Sample site at Yxsjöberg.
Photographer: Per Nysten.

Författare: Madelen Andersson, Magnus Ripa och Colby A. Smith
Granskad av: Gustaf Peterson och Anna Ladenberger
Ansvarig enhetschef: Ildikó Antal Lundin

Redaktör: Lina Rönnåsen

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Geokemisk kartering vid SGU 4
Användning av de markgeokemiska kartorna 4
Provtypen morän 6
Provtypen sediment 7
Metodik 7
  Provtagning 7
  Provberedning 8
  Randomisering 8
  Analys 8
  Kvalitetskontroll 9
Databehandling 9
  Percentilindelning 9
  Övrig statistik 9
  Kartor 11
Elementens förekomst och rörlighet 12
  Geologiska förutsättningar 12
  Markprocesser 14
  Lakbarhet och associationer 15
De kemiska elementen i näringskedjan 17
Miljögeokemi 17
Områdets geologi 18
  Berggrunden 18
  Mineraliseringar 19
Istiden i värmland/bergslagen 24
  Morän 25
Geokemi i området – elementens förekomst och associationer 28
  11E NV 32
  11E SV 35
  11E SO 36
  11E NO 37
  12E SO 38
Summary 39
Referenser 40
Bilaga 1. Statistik 43
Bilaga 2. Geokemiska kartor 49
Bilaga 3. Översiktlig elementbeskrivning 75
Bilaga 4. Weichselian History of Värmland-Bergslagen 85
Bilaga 5. Jordartskartor 89
Bilaga 6. Analysresultat från nyckelområde 91

GEOKEMISK KARTERING VID SGU

Geokemisk kartering vid SGU bedrivs huvudsakligen i syfte att visa den naturliga förekomsten av huvudämnen och spårämnen samt pH i mark och vatten. Med regional markgeokemisk kartering provtas och analyseras finfraktionen av morän och sediment (leror, silt och sand). Biogeokemisk kartering, som ägde rum 1982–2006, visar innehållet av elementen i bäckvattenväxter vilket indirekt avslöjar innehållet i det förbirinnande vattnet.

Kartläggningen av det aktuella området omfattar ca 3 100 km^2 i västra Bergslagen. Arbetet kan ses som en fortsättning av de markgeokemiska undersökningar som tidigare publicerats i SGUs serier Rapporter och meddelanden, Gk samt K (se t.ex. Andersson 2015, Andersson m.fl. 2007, Holmberg 2006).

År 2014 utkom ett par geokemiska publikationer som båda berör regionen. Den ena publikationen är *Chemistry in Europe's agricultural soils*, som i två band behandlar geokemin i åkermark och betesmark (Reimann m.fl. 2014). Den andra är *Geokemisk atlas över Sverige* (Andersson m.fl. 2014) som visar elementens förekomst över hela landet, baserade på morän (2 578 prov), bäckvattenväxter (38 066 prov) och betesmark (179 prov). Provtätheten avseende morän är 1 prov per 150 km^2, till skillnad från provtätheten i denna rapport som är 1 prov per 6–7 km^2.

Rapporten baseras på kemiska analyser av morän insamlade under två provtagningssäsonger (2014–2015) och lika många analysår (fig. 1). Den markgeokemiska informationen presenteras i form av kartor och statistik med syftet att visa enskilda elements regionala frekvens och fördelning. De flesta analyserade element som uppfyller stipulerade krav på analyskvalitet redovisas.

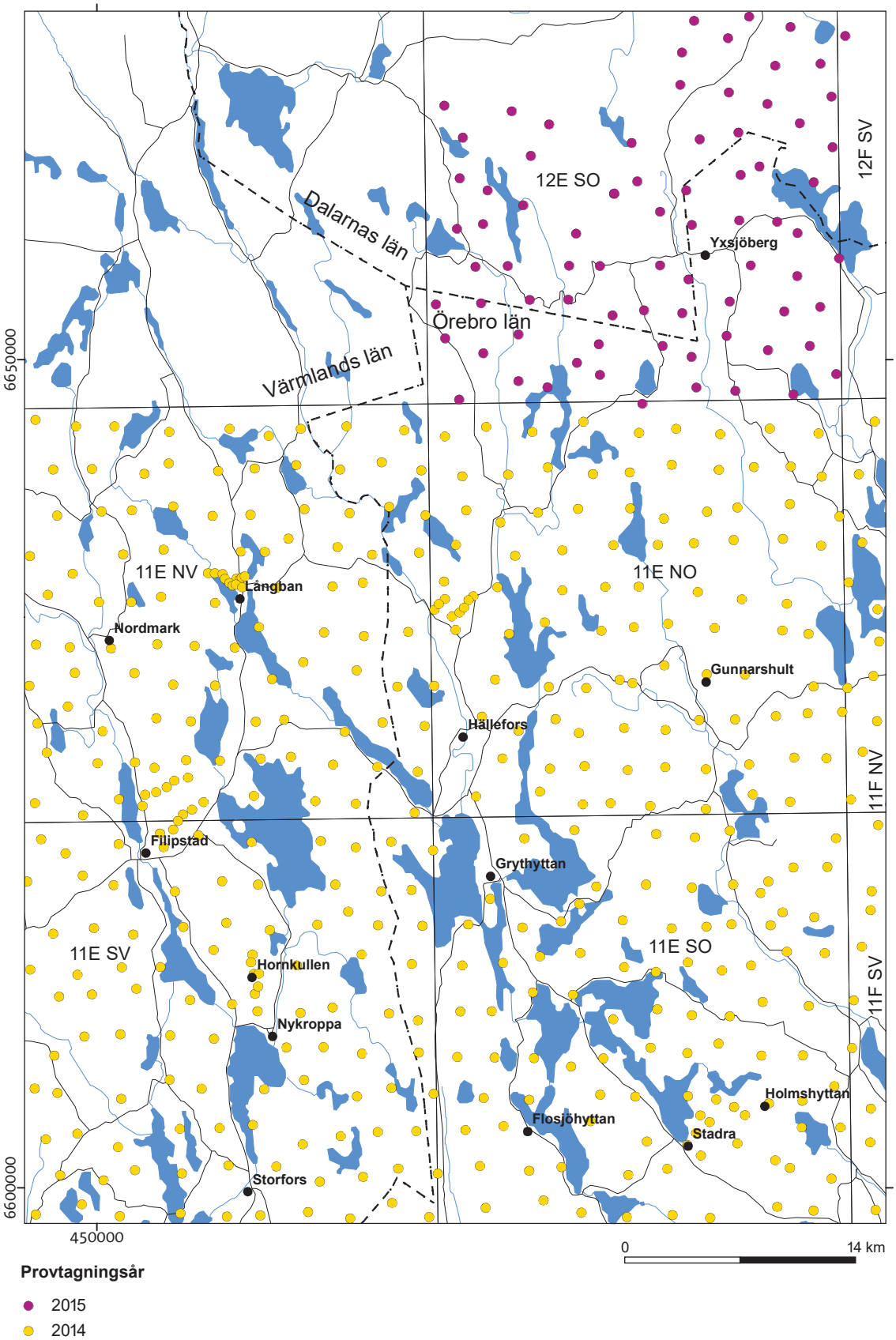
Kartorna över elementen samt pH (2014) baseras på moränprov som är tagna på ca 0,6–1,2 m djup och analyserade på finfraktionen (<0,063 mm). De har framställts för Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Eu, Fe, Ge, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Rb, Rh, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn och Zr.

Provtagningen gjordes av Harry Eriksson och Jo Uhlbäck. Utvärdering av data och rapportskrivning har gjorts av Madelen Andersson. Mikael Carlsson har gjort de geokemiska kartorna. Magnus Ripa och Colby Smith har skrivit avsnitten om berggrund och mineraliseringar respektive istiden under Weichsel. SGUs geokemiska laboratorium (Sten-Åke Ohlsson och Jo Uhlbäck) har utfört analyserna och för analyskvaliteten svarar George Morris. Ett stort tack till Gustaf Peterson och Anna Ladenberger som har granskat rapporten.

ANVÄNDNING AV DE MARKGEOKEMISKA KARTORNA

Markgeokemiska data används bland annat inom mineralprospektering, miljöövervakning, markforskning, skogsbruk, kommunal planering och medicinsk forskning. Eftersom provtypen i normalfall avspeglar den naturliga halten av grundämnen i marken kan de markgeokemiska resultaten med fördel användas som bakgrundsinformation vid undersökning av förorenad mark och bedömning av vattenkvalitet. Med teman som malmletning, försurning, recipientskydd och förorenad mark kan kartor och information tas fram anpassade till relevanta verksamhetsområden.

Kartorna ger information om den naturliga förekomsten av elementen i marken med avseende på det geologiska ursprunget. Antropogen påverkan, förutom i tätorter, bidrar ytterst sällan eller lite till de förekomster av metaller och andra element som uppmäts. I Sverige anses ett undantag från detta vara områden runt Falun, som förorenats av den långvariga gruvdriften vid Falu koppargruva (Ek m.fl. 2001). Endast om föroreningen är kraftig kan påverkan ses, och då i allmänhet bara i utsläppskällans omedelbara närhet. Sådana platser undviks i möjligaste mån vid provtagning.



Figur 1. Platser för regionala moränprov (n = 515) 2014 och 2015. Kartblad enligt koordinatsystem RT90.
Locations of regional till samples (n=515) 2014 and 2015. Map sheet according to coordinate system RT90.

Man kan däremot fråga sig hur omfattande spridningen till miljön varit och är av människans långvariga bruk av metaller. Redan för flera tusen år sedan bearbetades koppar och guld, till exempel till smycken, och under hela den förindustriella epoken har keramik, glas, vapen, färgämnen, smink och läkemedel tillverkats. Oavsiktlig och omfattande spridning av metaller har gjort att zink, tenn, bly, kobolt, kadmium, silver, arsenik, antimon med flera har cirkulerat i miljön under mycket lång tid. Det är främst i humus och ytlig jord man lokalt kan spåra antropogent tillskott av elementen. I djupare jordlager kan man generellt anta att mängderna av dessa element är så låga att de inte kan särskiljas från naturliga halter. Ett undantag utgör antropogent tillfört svavel som på grund av sin höga mobilitet kan nå större markdjup.

Förekomst av elementen och deras spridningsmönster i opåverkad morän och andra sediment bildar olika naturliga geokemiska provinser, man kan säga att den geokemiska statusen varierar. Till exempel innebär hög förekomst av nyttiga, basiska element i mineraljorden oftast att pH är relativt högt och att innehållet av vittringsbenägna mineral frigör tillräckligt med ämnen som växter och djur tillgodogör sig (Lundmark 1986). Den geokemiska statusen är därför god. Inom andra regioner kan i stället nyttiga element förekomma i låga halter eller med låg lakbarhet, samtidigt som pH kan vara lågt. Den geokemiska statusen är därmed betydligt sämre.

Många av de nyttiga spårämnena kan samtidigt vara skadliga för hälsan om de förekommer med höga halter eller i olika associationer. Höga elementhalter kan i vissa fall indikera mineralisering, vilket är av intresse vid malmprospektering, men kan också, speciellt i regioner med lågt pH, betyda att skadliga metaller riskerar att läcka ut till grundvattnet. Låga halter av ett essentiellt element i marken indikerar en risk för att en bristsituation kan uppstå eller redan råder.

PROVTYPEN MORÄN

Jordarten morän förekommer över så gott som hela Sverige. Totalt anses ca 75 procent av berggrunden vara täckt av morän (Sveriges Nationalatlas 1994). Moränen har generellt sett avsatts av flera inlandsisar, varav den senaste smälte för ca 14 000 år sedan i söder och ca 8 500 år sedan i norr. Isen eroderade berggrunden och transporterade iväg det nybrutna materialet tillsammans med varierande mängder äldre jordarter avlagrade före nedisningen.

Tre huvudtyper av morän förekommer (Dreimanis 1976): basalt deponerad morän (bottenmorän), utsmältningsmorän och flytmorän (ablationsmoräner). Basalt deponerad morän avsätts under en aktiv glaciär genom att material i princip skrapas av mot underlaget. Resultatet blir ofta en hårt packad morän med relativt få strukturer. Den är ganska homogen vad avser utseende, textur och innehåll. Materialet i en morän av denna typ kan ibland vara ganska korttransporterat och ger då i regel en bra spegling av den lokala berggrunden.

Utsmältningsmorän bildas när materialet sakta smälter fram ur is som vanligen är stagnant. Denna process kan medföra att moränen på vissa ställen tvättas ur på finmaterial och tunga mineral som sedan kan anrikas till exempel runt stenar. Moräntypen kan därför vara ganska inhomogen. Den kan 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 till exempel ett isberg. Den kan i detta sammanhang (geokemiska tolkningsmöjligheter) sägas ha samma egenskaper som utsmältningsmorän. Såväl utsmältningsmoräner som flytmoräner täcker ibland basalt deponerade moräner.

En basalt deponerad morän har vanligtvis en jämn eller regelbundet strömlinjeformad överyta. Utsmältningsmoräner och flytmoräner bildar ett mer oregelbundet småkulligt landskap (kullig morän) och kan innehålla olika strukturer med omväxlande grovt och finkornigt

material. Om utsmältningsprocessen sker långsamt blir dock resultatet en ganska massiv utsmältningsmorän som kan vara svår att skilja från en basalt deponerad morän. Oavsett moräntyp finns ofta ett samband mellan andelen finkornigt material i moränen och elementinnehållet – ju större andel finkornigt material desto högre elementhalt, men det finns undantag från detta. Moränens sammansättning kan sammanfattningsvis sägas avspegla såväl modermaterialet som de moränbildande processerna. För mer ingående diskussioner rörande olika moräntyper, strukturer och texturer se Krüger (1979).

Transportlängden, som är en viktig parameter vid framför allt morängeokemisk malmprospektering, kan för moräner variera kraftigt. Det är här viktigt att skilja på transportlängder för olika kornstorleksfraktioner i moränerna. Allteftersom eroderade bergartsfragment nöts ner, minskar förekomsten av en bergart i blockfraktionen medan representationen i finare fraktioner ökar. Olika bergarter har också olika förmåga att motstå vittring och nötning. Sedimentära bergarter, som skiffrar, nöts snabbt ner och finfraktioner kan därför påträffas ganska nära ursprungligt bergartsklyft. Magmatiska bergarter som graniter tål nötning bättre och de finaste fraktionerna kan ha transporterats betydligt längre.

Flera studier i Finland (Bouchard & Salonen 1990, Perttunen 1991, Sarala 2006) har visat att många moräner transporterats mindre än 20 km, och de flesta betydligt kortare. I Sverige visar undersökningar baserade på morängeokemi och blockspridning liknande resultat, med en transportlängd av ca 2–3 km i många områden (Sohlenius m.fl. 2009).

Trots att svårigheter vid tolkning ibland uppträder vad gäller komplexa bildningssätt för moräner och variationer i transportlängder finns få alternativ till denna provtyp om avsikten är att få en bild av berggrundens generella sammansättning. Morän ses som kompositprov av moderbergarterna.

PROVTYPEN SEDIMENT

De typer av sediment som ibland provtas för markgeokemiska undersökningar är huvudsakligen sorterade leror och finsediment (silt). Glaciala sediment avsattes i samband med inlandsisens avsmältning medan postglaciala avsattes efter. Sedimentationsprocesser för de senare pågår också fortfarande i sjöar och rinnande vatten. Eftersom det är vatten som transporterat material som sedimenterat, är kopplingen till en specifik bergart svår att avgöra. Sedimentationsprocessen i sig kan medföra anrikning av tunga mineral och därmed omfördelning av element. Effekter av vittring, med omformning av lermineral, och den miljö sedimenten avsatts i är andra påverkansfaktorer. Den kemiska sammansättningen av leror och andra finkorniga sediment gör därför att elementhalternas ursprung är mer komplex än vad gäller för morän.

METODIK

Provtagning

För karteringsändamål insamlas moränproven med kriterierna att de ska vara representativa för regionen och om möjligt vara av normal typ (så kallad sandig morän). Provtagningen sker förutsättningslöst, det vill säga att ingen hänsyn tas till förekomst av malmer, mineraliseringar eller bergartstyper, men potentiellt förorenade områden ska undvikas.

Kartor, vanligen i skala 1:50 000, används för att lägga ut ett rutnät med tämligen jämn fördelning av proven och om möjligt täckande tvärs mot de isrörelseriktningar som finns dokumenterade. Avståndet mellan proven är normalt ca 2,5 km, vilket innebär att det samlas in ungefär 15 prov 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, djupt gående markprocesser och underliggande sediment. Om B-horisonten eller svallkappan är för mäktig för att grävas igenom, där häll påträffas nära markytan eller där materialet är för blött för att kunna provtas, flyttas provpunkten något. Provdjupet varierar efter förhållandena men är normalt 0,6–1,2 m. Provet, som uppgår till ca 0,8 kg, tas sedan ett stycke ner i C-horisonten genom att material slås loss på några ställen i gropens botten. Analyserna från dessa prov utgör därför en relativt homogen och jämförbar statistisk population, där förutsättningarna för grundämnenas haltvariation bygger på olikheter i ursprunglig kemisk sammansättning.

Sedimentprov tas på 1 m djup med kannborr, men geografiskt har de ofta inte samma utbredning som moränprov. Provtagning görs endast när de anses vara representativa för en region. En stor skillnad mellan de båda provtyperna är att det är betydligt färre faktorer som påverkar moränens elementhalt än vad gäller sedimentens. Moränens C-horisont är så gott som uteslutande geologiskt relaterad och kan lättare kopplas till berggrunden.

Provberedning

Proven vakuumtorkas och siktas på nylonsiktar med maskvidder på 2 mm och 0,063 mm. Anledning till att proven fraktioneras före analys är att den så kallade finfraktionen (<0,063 mm) så gott som uteslutande innehåller monomineralkorn. Grövre fraktioner har korn som består av flera olika mineral, vilket ökar haltvariationen vid upprepad provtagning och analys. Det är därmed svårare att ta representativa prov och att få reproducerbarhet i analyserna om grövre fraktioner analyseras. Finfraktionen behöver inte heller malas före analys, vilket annars kan ge oönskad kontaminering av proven.

I samband med siktningen testas samtliga prov med saltsyra (HCl) för att detektera eventuellt kalkinnehåll. Fraktionerna över 0,063 mm samt den mängd material <0,063 mm som inte behövs för analyser arkiveras för eventuella framtida analyser.

Randomisering

Före analys görs en slumpvis ny numrering av proven, som tillsammans med 5 procent kontrollprov utgör populationen för analys. Randomiseringen görs för att undvika den systematiska variation i elementkoncentrationer som annars är vanlig vid ett laboratoriums analysering av provmaterial.

Analys

Analyser görs av morän med kornstorlek <0,063 mm (från tätorter även <2 mm) och av sediment med kornstorlek <2 mm med hjälp av flera olika analysmetoder.

Analys av proven görs efter partiell lakning av 5 gram prov med kungsvatten (aqua regia, A.R.) och av 2 gram prov med salpetersyra (7M HNO3) med plasmateknik (ICP-MS) vid SGU.

Jordarternas surhetsgrad anges efter en pH-bestämning av proven efter uppslamning av 4 gram prov i 20 ml avjoniserat vatten. Ytterligare en pH-mätning görs efter tillsats av utspädd svavelsyra (12,5 mM H2SO4). Med de båda mätningarna kan provets förmåga att motstå surt markvatten beräknas, det vill säga dess buffertkapacitet eller försurningsresistens. Värt att notera är att pH ofta ligger 0,5–1 enhet lägre i fraktionen <0,063 mm än pH mätt i fraktionen <2,0 mm. Detta beror med all sannolikhet på att den finare fraktionen innehåller fler partiklar per gram torkat prov vilket ger större sammanlagd partikelyta. Det är vid markpartiklarna de vätejoner har adsorberats som man mäter i det uppslammade provet. Fler vätejoner medför alltså lägre pH-värde. Efter svavelsyratillsats finns en distinkt skillnad mellan fraktionerna: finmaterialet buffrar snabbare och pH sjunker alltså mer för grovfraktionen. Skillnaden är i genomsnitt -0,4

enheter. Eftersom pH-skalan är logaritmisk innebär varje sänkning med en pH-enhet att halten vätejoner i lösningen ökar tiofalt.

Det sammanlagda antalet element som analyseras uppgår till 57. Parametrar som ingår i den geokemiska referenssamlingen är pH och pH1 (efter H2SO4-tillsats). Analyser efter lakning med 7M salpetersyra omfattar 52 element: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn och Zr. Efter lakning med kungsvatten analyseras 12 element: Ag, As, Au, Bi, Cd, Cu, Mo, Rh, Sb, Ta, Te och U.

Kvalitetskontroll

Vid all hantering av analyser är en omfattande kvalitetskontroll nödvändig. Mindre haltvariationer kan uppstå och uppstår i princip i varje enskilt skede vid en geokemisk kartering. Genom att undersöka dubbelprov (replikat) tagna i fält undersöks den så kallade totalvariansen. I denna ingår skillnader som uppkommer på grund av småskalig inhomogenitet i moräners sammansättning, som normalt är relativt liten (undantag för guld som uppvisar en så kallad kluster- eller nuggeteffekt), samt varianser uppkomna vid torkning, siktning, uppvägning, lakning och analys. Även analysvariansen undersöks med hjälp av internt standardprov. Det bör påpekas att enbart kännedom om analysvariansen inte är tillräcklig för att bedöma resultatens användbarhet vid geokemisk kartering. Totalvariansen är en minst lika viktig och i vissa fall bättre bedömningsgrund.

Utifrån statistisk och visuell granskning kan fel upptäckas och åtgärdas, och endast grundämnen med god eller tillfredsställande kvalitet offentliggörs. För att få jämförbara resultat från år till år i det fortlöpande analysarbetet finns även kontrollprov inlagda. I dagsläget utgör ca 10 procent av alla analyser någon form av kontrollprov. Kvalitetskontrollen påminner till stora delar om den som tillämpas vid Geologiska forskningscentralen i Finland (Salminen 1995). Randomiseringen av prov ökar ytterligare möjligheterna till kvalitetskontroll.

En svårighet vid kartframställning över stora områden är att hantera analyser gjorda vid olika tillfällen. Även om de enskilda årens kvalitetskontroller har lämnat godkända analyser kan andra problem uppstå till exempel med nivåskillnader i analysresultaten för en del element. Orsaken är oftast utvecklingen av analysinstrument som över åren ger allt säkrare analyser. En visuell kontroll av resultaten i kartform bör därför göras med jämförande av nya analysresultat kontra äldre.

DATABEHANDLING

De erhållna kemiska analysresultaten behandlas med olika statistiska metoder och plottas på kartor.

Percentilindelning

Statistisk indelning efter percentiler görs för att ta fram elementens bakgrundshalter i en region, se tabell 1. I tabellen används 10:e, 30:e, 50:e, 70:e, 90:e, 95:e och 99:e percentilen, där 50:e percentilen utgör medianvärdet. 90:e percentilen innebär att 10 procent av antalet analyser för ett specifikt element har halter som överstiger motsvarande analysvärde.

Övrig statistik

Statistisk korrelation mellan elementen (bivariat korrelation) visas med koefficienter enligt Spearmans rangkorrelation (bilaga 1). För att ytterligare belysa samband mellan element och att ge en sannolik förklaring till sambanden, har faktoranalys använts. Laddningarna (factor loadings)

Tabell 1. Beräknade percentiler (p10–p99) för regional och detaljundersökt morän (<0,063 mm). N = 530. Analysmetod: Lakning med salpetersyra eller kungsvatten (Au, Rh, Sb, Ta och Te) och analys med ICP-MS.

Calculated percentiles (p10–p99) for regional and detailed investigated till (<0,063 mm). N=530. Analytic method: Extraction by nitric acid or aqua regia (Au, Rh, Sb, Ta and Te) and analyzed by ICP-MS.

n = 530	enhet	p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	max
Ag	mg/kg	0,035	0,043	0,050	0,060	0,077	0,091	0,154	0,432
Al	mg/kg	4 202	5 336	6 343	8 003	11 811	14 135	18 199	24 688
As	mg/kg	0,50	0,63	0,78	0,98	2,05	3,23	7,95	17,57
Au	µg/kg	0,05	0,22	0,42	0,66	1,29	1,79	4,34	14,46
B	mg/kg	0,21	0,28	0,33	0,39	0,52	0,59	0,73	0,82
Ba	mg/kg	10	14	19	26	41	50	72	220
Be	mg/kg	0,27	0,35	0,43	0,53	0,84	1,06	2,16	8,19
Bi	mg/kg	0,09	0,11	0,14	0,19	0,30	0,41	1,19	67,29
Ca	mg/kg	992	1 361	1 556	1 820	2 257	2 449	3 422	5 528
Cd	mg/kg	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,22	0,73
Ce	mg/kg	30	38	46	56	79	98	158	254
Co	mg/kg	1,6	2,1	2,8	3,6	5,8	7,0	10,7	28,1
Cr	mg/kg	3,0	4,2	5,3	7,0	12,0	15,0	28,2	63,0
Cu	mg/kg	2,6	3,8	5,3	7,6	13,2	18,7	74,9	202,2
Dy	mg/kg	1,7	1,9	2,2	2,6	3,4	3,9	6,1	11,8
Er	mg/kg	1,0	1,1	1,2	1,4	2,0	2,3	3,5	6,7
Eu	mg/kg	0,31	0,36	0,40	0,46	0,59	0,67	0,95	1,55
Fe	mg/kg	3 833	4 990	6 350	8 089	11 124	13 766	26 315	42 131
Gd	mg/kg	2,5	2,9	3,3	3,8	5,2	5,7	8,3	14,9
Ge	mg/kg	0,052	0,060	0,070	0,080	0,108	0,119	0,180	0,243
Ho	mg/kg	0,33	0,38	0,42	0,50	0,68	0,78	1,21	2,32
K	mg/kg	140	253	385	614	1 213	1 667	3 622	7 852
La	mg/kg	12	15	17	20	26	30	46	66
Li	mg/kg	2,1	3,2	4,1	5,7	9,3	11,9	26,6	37,2
Lu	mg/kg	0,12	0,14	0,15	0,18	0,24	0,29	0,39	0,95
Mg	mg/kg	848	1 206	1 581	2 137	3 755	4 622	8 542	17 275
Mn	mg/kg	51	72	98	144	274	367	790	1 508
Mo	mg/kg	0,08	0,11	0,14	0,20	0,41	0,55	1,93	21,62
Na	mg/kg	29	39	49	60	87	106	165	212
Nb	mg/kg	0,69	0,97	1,22	1,48	2,07	2,48	3,66	5,45
Nd	mg/kg	11,1	13,3	15,5	18,2	24,8	29,8	46,5	69,6
Ni	mg/kg	2,1	2,8	3,3	4,4	7,2	8,6	17,4	75,9
P	mg/kg	216	350	425	500	662	756	1 036	1 432
Pb	mg/kg	3,9	5,5	6,9	9,2	16,3	24,5	62,9	377,9
Pr	mg/kg	3,18	3,73	4,27	4,95	6,38	7,37	10,36	16,57
Rb	mg/kg	2,17	3,58	5,21	8,08	15,96	22,41	44,07	95,14
Rh	µg/kg	2,7	4,6	6,0	7,6	11,1	13,0	28,6	74,4
Sb	µg/kg	44	54	64	82	158	263	645	1 292
Sc	mg/kg	1,36	1,64	1,92	2,21	2,99	3,63	4,95	6,04
Se	mg/kg	0,11	0,14	0,17	0,21	0,28	0,34	0,50	2,00
Sm	mg/kg	2,3	2,7	3,1	3,5	4,8	5,4	8,1	14,0
Sn	mg/kg	0,31	0,39	0,44	0,51	0,67	0,81	1,56	3,87
Sr	mg/kg	5,4	7,7	9,0	10,4	12,4	14,0	16,0	18,9

Tabell 1. Fortsättning.

n = 530	enhet	p10	p30	p50	p70	p90	p95	p99	max
Ta	µg/kg	7	16	25	37	58	70	95	123
Tb	mg/kg	0,32	0,37	0,41	0,48	0,66	0,74	1,11	2,17
Te	µg/kg	6,2	8,3	10,3	12,8	18,9	22,9	33,2	240,9
Th	mg/kg	6,6	8,2	9,5	11,2	16,1	20,4	27,7	49,8
Ti	mg/kg	425	536	603	692	865	972	1 297	1 833
Tl	mg/kg	0,03	0,04	0,05	0,08	0,15	0,20	0,46	1,62
Tm	mg/kg	0,13	0,15	0,17	0,20	0,27	0,32	0,45	0,98
U	mg/kg	1,15	1,44	1,73	2,19	3,37	4,07	7,97	38,19
V	mg/kg	8,06	9,84	11,30	13,72	18,65	21,17	29,79	59,86
W	mg/kg	0,09	0,12	0,15	0,20	0,33	0,46	1,85	27,35
Y	mg/kg	7,6	8,8	10,0	11,8	16,0	18,4	28,4	53,2
Yb	mg/kg	0,8	1,0	1,1	1,3	1,7	2,1	2,9	6,8
Zn	mg/kg	6	10	14	20	35	47	88	681
Zr	mg/kg	9	12	13	16	21	23	29	43
pH		4,8	5,0	5,1	5,3	5,5	5,7	6,3	7,4

mellan elementen har framställts både i en oroterad och i en roterad modell (Varimax rotated principal component analysis). Negativa och positiva faktorvärden är lika starka, och de är samtidigt motverkande. De sex första faktorerna med tillfredsställande förklaringsgrad (Expl Var/Eigenvalues) valdes. Den första faktorn är den med starkast förklaringsgrad, därefter faller förklaringsgraden. I en oroterad modell hamnar så gott som alla element i den första faktorn, med mer eller mindre starka laddningar. Orsaken är att den främst är en faktor för provtypen; elementen finns i moränen. Väljer man en roterad modell är denna självklara variabel underordnad, och istället får man fram starka förklaringsgrader för fler grupper av element.

Kartor

I bilaga 2 redovisas element och pH som kartor. Endast element med god analyskvalitet används för kartframställning. Att alla sällsynta jordartsmetaller inte plottas på karta förklaras av deras generellt enhetliga distributionsmönster. Kartor över lantan, cerium, neodym och europium får representera den lätta gruppen av sällsynta jordartsmetaller. Terbium, dysprosium och även yttrium representerar den tunga gruppen. Elementen i de båda grupperna har liknande kemiska egenskaper och de uppträder ofta tillsammans.

Färgkartorna är gjorda efter att de geografiskt oregelbundet placerade analysvärdena gjorts om till ett regelbundet punktnät (grid) med interpolerade värden. Den färgade ytan visar endast ett matematiskt beräknat värde, och ska därför behandlas med viss försiktighet. Metoden innebär också att den färgade ytan kommer att täcka områden mellan provtagningsplatserna.

Färgskalorna för markgeokemiska elementkartor är satta från grönt (låga halter för elementen, höga pH-värden) till rött (höga halter för elementen, låga pH-värden). Färgskalan är relativ och används för att kunna sätta olika geokemiska regioner i relation till varandra. Oberoende av färgskala är det viktigt att påpeka att höga halter eller andra värden inte automatiskt innebär att det finns någon risk för negativ miljöpåverkan. Klassindelningen med percentiler på färgkartorna grundar sig på denna rapports dataset för morän.

ELEMENTENS FÖREKOMST OCH RÖRLIGHET

Geologiska förutsättningar

Berggrundens kemiska sammansättning varierar beroende på de ingående bergarternas sammansättning och proportioner. Halterna av många metaller är jämförelsevis låga i de sura bergarter som dominerar den svenska berggrunden. I basiska bergarter finns däremot högre innehåll av bland annat järn, magnesium, kobolt, koppar, krom och nickel. Om skifferinslag finns blir halterna ofta betydligt högre eller mycket höga för en del spårämnen, till exempel uran. I tabell 2 visas huvudsaklig bergartstillhörighet för element i vanligt förekommande bergarter i Sverige.

Huvudskillnader mellan sura och basiska bergarter är generellt kiselhalterna, höga i sura bergarter och låga i basiska bergarter. Dessutom är magnesium- och järnhalterna höga i basiska bergarter och låga i sura bergarter vilket resulterar i att basiska bergarter i allmänhet är mörka och sura ljusa. I tabell 3 visas medelhalterna för element i olika vanligt förekommande bergarter i Finland (Koljonen 1992, Tauber 1988), vars bergarter är relativt lika jämfört med Sveriges.

Moräners innehåll av olika mineral beror till största delen på de ingående bergarternas varierande kemiska sammansättning. I tabell 4 visas det genomsnittliga innehållet i morän oavsett ingående bergarter. Tabellen baseras på markgeokemiska analyser av ca 25 000 moränprov från C-horisonten. Betraktar man viktsrelationen av grundämnena är det lätt att förstå varför man kallar en del huvudelement och andra spårämnen; en del förekommer helt enkelt i större mängd än andra. På det djup moränproven insamlas är förekomsten av organiskt material mycket liten, men i vissa fall kan djupa tunna rottrådar eller rester av sådana medföra att kol förekommer. I ett tidigare test av kolinnehållet i ett tiotal moränprov från Norrbotten visade det sig att kolinnehållet varierade mellan 0,05 och 0,70 procent (medianvärde 0,1 procent).

Olika bergarter har olika mineralinnehåll som ofta avslöjas i form av distinkta geokemiska elementmönster i moränen (Snäll & Ek 2000). Genom att studera geokemiska mönster kan man få en uppfattning om mineralinnehållet. Exempelvis indikeras basiska bergarter och diabaser av förhöjda halter av kalcium, järn, magnesium, kobolt, koppar, krom, nickel, vanadin med flera i moränen. Granitiskt och pegmatitiskt bergartsmaterial ger sig till känna som förhöjda halter av bland annat bly, uran, tenn, wolfram och molybden.

Elementmönstren visar naturligtvis också påverkan från den glaciologiska historien, till exempel från processer i samband med inlandsisutveckling. Moränen i ett område kan ha transporterats mer eller mindre långt och kan ha en något annorlunda sammansättning än den underliggande berggrunden. Tydligast syns detta där ett granitiskt berggrundsområde har en ovanliggande morän med inslag av basiska bergarter. Moränen har då högre halter av magnesium i en region som i övrigt har låg halt av magnesium. Det kan också finnas flera

Tabell 2. Bergarter med associerade element.
Rock types with associated elements.

Bergarter	Förhöjda halter
Granit	Au, Ba, Be, Bi, Cl, K, La, Mo, Pb, Rb, Sn, Th, Tl, U, W, Y, Zr
Kiselrika vulkaniska bergarter (ryolit, andesit m.fl.)	Ag, As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Zn
Kiselfattiga magmatiska bergarter (gabbro, basalt m.fl.)	Ca, Fe, Mg, Mn, P, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, S, Sr, Ti, V, Zn
Skiffer	Al, Ag, As, Au, Ba, Bi, Cd, Cl, Co, Cu, La, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Sn, Se, Th, Tl, U, W, Y, Zn

Tabell 3. Medelhalter av element i bergarter, sort: mg/kg.

Average concentrations of elements in rock types, unit: mg/kg.

Element	Ultramafiska bergarter[1]	Gabbro, basalt[1]	Skiffrar[1]	Graniter, granodioriter[1]	Sandstenar[1]	Kalkstenar[1]	Kol[2]
Aluminium	20 000	83 000	91 000	73 000	37 000	4 000	21 000
Antimon	0,1	0,2	1	0,3	0,05	0,15	2
Arsenik	0,7	0,7	13	3	0,5	1,5	10
Barium	5	330	550	600	300	90	250
Beryllium	0,3	1	3	5	0,7	0,5	1
Bly	0,05	4	22	20	10	5	20
Fosfor	220	1 200	800	750	30	350	150
Gallium	0,5			18	8	1	
Guld	0,0005			0,002	0,0005	0,0001	
Järn	94 000	86 000	55 000	20 000	10 000	5 000	10 000
Kadmium	0,05	0,2	0,25	0,1	<0,04	0,1	1
Kalcium	25 000	74 000	22 000	9 000	13 000	380 000	5 000
Kalium	5 000	8 000	27 000	33 000	11 000	3 000	3 500
Kisel	201 000	227 000	288 000	337 000	403 000	31 000	34 000
Klor	80			200	10	150	
Kobolt	110	45	20	4	0,3	0,1	10
Koppar	40	90	45	12	2	6	20
Krom	2 300	250	100	10	35	5	20
Kvicksilver	0,004	0,01	0,18	0,003	0,001	0,02	0,1
Lantan	1	6	40	50	20	6	10
Litium	2	10	60	30	10	5	30
Magnesium	208 000	64 000	16 000	5 000	7 000	4 000	2 600
Mangan	1 200	1 500	850	400	100	700	40
Molybden	0,3	1,2	2	1,5	0,3	0,3	3
Natrium	6 000	20 000	13 000	25 000	17 000	6 000	900
Nickel	2 000	130	70	5	2	5	20
Niob	1			18	10	0,1	
Rubidium	2	30	140	120	40	4	15
Selen	0,07	0,12	0,3	0,025	0,01	0,025	3
Silver	0,03	0,1	0,08	0,05	0,003	0,01	0,1
Strontium	10	400	250	220	100	500	150
Svavel	600	900	1 100	100	200	500	20 000
Tallium	0,05	0,18	1	1,1	0,4	0,05	3
Tenn	0,3			3,6	0,6	0,3	
Titan	3 000	10 000	6 000	3 000	1 500	400	1 000
Torium	0,05	2,2	12	15	5	2	2
Uran	0,02	0,5	3,2	4	1,3	1	2
Vanadin	80	260	130	70	20	15	40
Vismut	0,01	0,05	0,25	0,2	0,05	0,1	-
Wolfram	0,3			1,5	1	0,5	
Yttrium	2	20	30	35	15	4	3
Zink	60	100	100	50	20	40	50
Zirkonium	30			200	250	20	

[1] Koljonen (1992)

[2] Tauber (1988)

Tabell 4. Innehåll (i gram) av olika grundämnen i 1 kg svensk morän (C-horisont, fraktion <0,063 mm). Data från SGUs markgeokemiska databas.

Concentrations (in gram) of various elements in 1 kg swedish till (C-horizon, fraction <0,063 mm). Data from SGU's geochemical database.

Grundämne	gram/kg
Syre	478,4
Kisel	330,5
Aluminium	72,5
Järn	25,4
Kalium	24,2
Natrium	16,8
Kalcium	15,2
Magnesium	7,7
Titan	4,5
Fosfor	1,0
Barium	0,52
Zirkonium	0,46
Mangan	0,45
Strontium	0,17
Svavel	0,15
Rubidium	0,086
Klor	0,073
Vanadin	0,057
Zink	0,052
Krom	0,049
Bly	0,023
Kobolt	0,019
Nickel	0,016

Grundämne	gram/kg
Lantan	0,013
Koppar	0,012
Litium	0,011
Brom	<0,010
Wolfram	<0,010
Torium	0,007
Arsenik	0,006
Uran	0,003
Tenn	0,001
Beryllium	0,00041
Molybden	0,00039
Selen	0,00023
Antimon	0,00019
Tallium	0,00018
Silver	0,00015
Vismut	0,00011
Kadmium	0,00009
Guld	0,000001
Platina	<0,000001
Palladium	<0,000001
Övrigt (kol, väte, kväve, andra spårelement)	21,6
Summa	1000

moränbäddar i en region och den man provtar på en lokal kanske inte är samma moränbädd som på en annan lokal. Detta, tillsammans med att isen fört med sig såväl gamla jordarter som nybrutet bergartsmaterial och avsatt det som morän, gör att de geokemiska mönstren ibland kan vara komplexa och svårtolkade. De geokemiska elementmönstren kompletterar ofta den isrörelseriktning som indikeras av isräfflor och kan också vid mer noggranna studier användas som indikation på transportlängd av bergartsmaterial. Andra faktorer som kan påverka de geokemiska mönstren är tunna jordtäcken, deposition av svavel och andra luftburna havs-aerosoler och föroreningar samt hög nederbörd (Andersson 2006).

Markprocesser

Vertikalt i marken varierar den kemiska sammansättningen bland annat på grund av jordmåns-bildande markprocesser. Vilken typ av jordmån (markprofil) som bildas beror på ett flertal faktorer, bland annat jordart, mineralinnehåll, markanvändning, vegetation och klimat. Den vanligaste jordmånen i svensk skogsmark är podsol, som utvecklas i näringsfattiga marker (fig. 2). I dess översta mineraljordshorisont, blekjorden, har kemiska och biologiska processer lakat ur många element. Några av dessa, till exempel järn och aluminium, har fällts ut i den

Figur 2. Typisk provlokal i podsol från Värmland.
Typical sampling site in podzol from Värmland.

underliggande, ofta rostfärgade B-horisonten. Den kemiska sammansättningen i dessa båda markskikt beror främst på innehållet av primära (bergartsbildande) mineral och på sekundära mineral och föreningar som bildats vid vittring och urlakning. 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 ingen eller liten effekt på mineraljorden och grundämnena förekommer så gott som uteslutande i primära mineral. Undantag från detta är vissa sulfidmineral som är instabila ovan grundvattenytan. Metaller som frigjorts när dessa mineral vittrat har istället fastlagts i andra former, genom jonbytesprocesser (till exempel Cu^{2+} för K^{+} i biotit).

Lakbarhet och associationer

Ett mått på elementens rörlighet är deras lakbarhet, som varierar kraftigt beroende på vilka mineral de sitter bundna i. Hög lakbarhet för ett element anger att en procentuellt stor del av den totala tillgången på elementet blir lösligt vid en tillsats av syra, till exempel salpetersyra eller kungsvatten. 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. En beräkning av lakbarheten har tidigare gjorts för upp till ca 23 000 moränprov insamlade i hela riket för den regionala karteringen (Holmberg 2006). Tabell 5 visar hur lakbarheten för vanliga element varierar från någon procent för natrium till närmare 90 procent för fosfor och koppar.

Tabell 5. Lakbarhet (medianvärden) för några element. N = antal prov av morän (C-horisont, fraktion <0,063 mm), lakbarhet i % = (syralakad elementhalt/totalhalt) × 100. Data från SGUs markgeokemiska databas.

Leachability (median values) for some elements. N = number of till samples (C-horizon, fraction <0,063 mm), leachability (%) = (acid leached element concentration/total concentration) × 100. Data from SGU's geochemical database.

Element	N	Lakbarhet, %	Element	N	Lakbarhet, %
P	13 989	88	Co	23 283	25
Cu	23 283	87	Ca	23 283	19
Zn	23 283	69	Ti	23 283	18
Fe	23 283	61	Rb	7 287	16
Ni	23 283	60	Al	23 283	13
Mn	23 283	51	Ba	23 283	7
Mg	23 283	39	Sr	23 283	7
V	14 764	38	K	23 283	5
Pb	23 283	38	Na	23 283	1
Cr	14 764	29			

Olika markmineral har i naturen olika benägenhet att vittra sönder, 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, till exempel kalcit.

Ett och samma element kan uppträda i flera olika mineral och vara olika hårt bundet. Ett sådant element är kalcium som återfinns i flera av de nämnda mineralen, från den vittringsresistenta titaniten till den mycket lättvittrade kalciten. Kalium förekommer så gott som enbart i antingen de svårvittrade kalifältspaterna eller i mer lättvittrad biotit, medan magnesium främst finns i sådana mineral som vittrar tämligen lätt i hornbländegruppen och i mineral med stigande grad av vittringsbenägenhet enligt ovan. Variationer av lakbarheten för elementen i morän ger indirekt en uppfattning om provens mineralogiska sammansättning.

Tillgången av elementen beror alltså på mineralinnehållet från ursprungliga bergarter i moränen, och miljön som moränen befinner sig i, till exempel pH och oxiderande eller reducerande miljö. Förhållandet mellan olika element kan också avslöja något om mineralinnehållet i marken. Som exempel kan nämnas elementen kalcium och strontium som är 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 som innehåller 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. Detta innebär att andelen kalcium i förhållande till andelen strontium är högre i apatit och pyroxen, eftersom dessa mineral bildas först i den stelnande 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 (främst bör totalhalter av elementen användas i beräkningar), kan man därför också få en indikation på det mineralogiska innehållet i moränen, förutsatt att moränen inte består av en alltför komplex blandning av olika bergarter. I bilaga 3 ges en allmän beskrivning av elementens naturliga uppträdande.

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. Allt levande är beroende av ett flertal olika grundämnen för att upprätthålla vitala biologiska funktioner. För att organismerna inte ska bli lidande krävs en god balans av 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 och djur 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 människor konsumerar ofta härstammar från många olika håll varför den lokala markens påverkan inte blir så stark. Det bör betonas att vad gäller sambanden med hälsoeffekter är dessa komplexa och ibland svårutredda. Samband som trots allt har påpekats eller antagits i Sverige är bland annat mellan markradon och lungcancer, selenbrist och hjärtsjukdomar och mellan kadmium i dricksvatten och barndiabetes. Hårt dricksvatten, vatten som innehåller mycket kalcium och magnesium, anses däremot ha en positiv effekt genom ett samband med lägre frekvens uppkomna hjärt- och kärlsjukdomar. Dylika samband har konstaterats vara relativt vanliga internationellt (Karppanen 2002, Selinus m.fl. 2005). Även förekomst av uran i dricksvatten har identifierats som en riskfaktor (Kurttio m.fl. 2002, Rosborg m.fl. 2003), och källan till detta uran är berg- och jordartsrelaterad.

Av de analyserade elementen har följande dokumenterat skadliga effekter på levande organismer, om elementet förekommer i ”rätt” form och halterna är tillräckligt höga: arsenik, aluminium, antimon, kadmium, koppar, molybden, nickel, krom, kobolt, mangan, tallium, zink, bly, vanadin och uran. Det bör påpekas att även om halter av potentiellt skadliga element klassas som höga, innebär detta inte automatiskt att det finns någon risk för negativ miljöpåverkan. Dels kan elementen vara relativt hårt bundna till mineral, dels kan förekomst av element med antagonistisk effekt (till exempel kadmium–selen) påverka eventuella risker. För riskbedömningar behövs ingående undersökningar.

MILJÖGEOKEMI

För att kunna bedöma risker för miljön har Naturvårdsverket fastslagit generella riktvärden för förorenad mark. Dessa riktvärden baseras på analyser av jord med fraktion <2 mm, där metaller och metalloider är analyserade med salpetersyra eller kungsvatten (Naturvårdsverket 2009). Två riktvärden per parameter (metaller, metalloider, organiska miljögifter) finns. Det ena används för riskbedömning avseende mindre känslig markanvändning (MKM) och det andra, skarpare, avser känslig markanvändning (KM).

För miljögeokemisk bearbetning av markgeokemiska data används analysresultaten från salpetersyralakning respektive kungsvattenlakning (antimon och molybden). Riktvärdena för känslig markanvändning (KM-värden) är: antimon 12 mg/kg, arsenik 10 mg/kg, barium 200 mg/kg, bly 50 mg/kg, kadmium 0,8 mg/kg, kobolt 15 mg/kg, koppar 80 mg/kg, krom 80 mg/kg, kvicksilver 0,25 mg/kg, molybden 40 mg/kg, nickel 40 mg/kg, vanadin 100 mg/kg och zink 250 mg/kg (Naturvårdsverket 2016). Naturvårdsverket har även fastlagt generella riktvärden för direkt kontakt med jordmaterial. Gränsvärdet för arsenik vid hudkontakt med jord och damm ligger på 33 mg/kg i fraktionen <2 mm.

Tidigare undersökta analyser av fraktioner <0,063 mm och <2 mm från samma moränprov resulterade i att en metallhalt i moränfraktionen <0,063 mm kan multipliceras med faktor 0,7 för att erhålla teoretisk metallhalt i fraktionen <2 mm som direkt kan jämföras med

KM-värdet. Till exempel blir en arsenikhalt på 33 mg/kg i SGUs analyserade moränfraktion <0,063 mm omräknat till 23 mg/kg i fraktion <2 mm. Erfarenhetsmässigt vet man också att om en moränlokal har kraftigt förhöjd metallhalt är sannolikheten mycket stor för att finna ännu högre metallhalter i närområdet. Det är därför fullt möjligt att på de markgeokemiska kartorna använda KM-värden som jämförandevärden när man ska bedöma ett områdes metallbelastning. I stort innebär en analyserad moränfraktion <0,063 mm inget stort problem för jämförelse med KM-värden, då ett erhållet analysvärde som ligger nära eller över KM-värdet visar att moränen i området är en riskfaktor.

I moränområden med lågt pH är inslaget av lättlösliga kalciummineral mindre frekvent eller saknas. Det är välkänt att en del metaller har lätt för att frigöras vid sjunkande pH, liksom att andra element fastläggs. Kadmium, kobolt, mangan, nickel, tallium och zink är exempel på metaller som är lättrörliga i sur miljö. Generellt sett börjar de mobiliseras när markens pH understiger 6. I områden med höga metallhalter och låga pH-värden kan man därför befara att elementen kan ha börjat lösas ut och att de nått grundvattnet. Det kan ha till följd att dricksvattenkvaliteten i enskilda brunnar påverkas.

OMRÅDETS GEOLOGI

Berggrunden

En karta över undersökningsområdets berggrund visas i figur 3. Beskrivningen av berggrunden baseras på Lindström m.fl. (2000), Stephens m.fl. (2009) och Ripa m.fl. (2012). Berggrundens ålder och karaktär varierar något, och i grova drag är bergarterna yngre i väster än i öster. Ett viktigt inslag i berggrunden i områdets östra delar är ca 1 900 miljoner år gamla vulkaniska bergarter. Bergarterna är i allmänhet metamorfa, vilket betyder att de har omvandlats genom att de utsatts för höga tryck och temperaturer. Processen leder till grundämnesbyten och delvis förändrad mineralogi, textur och struktur.

Granitoid, syenitoid, pegmatit och vulkanit är kvartshaltiga bergarter. De består också av fältspater och oftast låga halter av mörka mineral som biotit och hornblände. Normalt sett är de alltså tämligen svårvittrade. Granitoider är bergarterna granit, granodiorit och tonalit. Den mineralogiska övergången från granit via granodiorit till tonalit innebär huvudsakligen att halten röd fältspat (kalifältspat) sjunker medan halten vit fältspat (plagioklas) stiger i ungefär motsvarande grad. Tonalit och granodiorit har oftast också lägre kvartshalt och högre halt mörka mineral (hornblände och biotit) än granit. Syenitoider, till exempel kvartsmonzonit och monzonit, domineras av fältspater, har lägre kvartshalt och högre halt mörka mineral än granitoider, vilket innebär en något högre vittringsbenägenhet än för de senare. Ett karaktäristiskt mineral i en del syenitoider är järnoxiden magnetit.

Metavulkaniter är tämligen kvartsrika. För övrigt består de av fältspater och oftast låga halter av mörka mineral som biotit och hornblände. Normalt är de alltså ganska svårvittrade. Intill mineraliseringar kan de dock lokalt innehålla järnsulfider som drastiskt ökar vittringsbenägenheten.

Mafiska och ultramafiska bergarter representerar kvartsfattiga eller helt kvartsfria bergarter. Mafiska (diabas, basalt, gabbro och diorit) och ultramafiska (peridotit) bergarter domineras av mörka mineral, som pyroxen, hornblände och olivin, samt av plagioklas, och de är mer vittringsbenägna än omgivande kvartsrikare bergarter. Ovanliggande jordarter kan därför vara näringsrika och gynnsamma för skogsbruket.

De klastiska sedimentära bergarterna domineras av gråvackor. Dessa avsattes ursprungligen i ett hav i form av omväxlande skikt i ungefär decimeterskala av sand och lera. De lerdomi-

nerade skikten består efter metamorfos till stora delar av glimrar medan de sandiga skikten består av kvarts med underordnad fältspat och glimmer. Ursprungligen lerdominerade delar är mer vittringsbenägna än sanddominerade. En möjlig kemisk skillnad mellan lerstenar och deras metamorfa motsvarigheter kan vara olika halter av exotiska tungmetaller som ursprungligen var adsorberade på lermineralen. Övriga klastiska avlagringar är sandstenar, lerstenar och konglomerat.

Vissa karbonatstenar, kalksten och dolomit, är i varierande grad magnesiumanrikade och växlar i sammansättning mellan kalcitdominerade och dolomitdominerade. Underordnat finns också magnesithaltig karbonatsten. Förekomsten av karbonatsten ger ofta överliggande jordarter bra buffertkapacitet mot försurning.

Associerade med metavulkaniter och karbonatstenar finns många av de järn- och sulfidmineraliseringar (med bland annat koppar, bly, zink, silver) som Bergslagsområdet är känt för. Välkända wolframmineraliseringar finns i skarn, ofta i kontaktzonen med graniter.

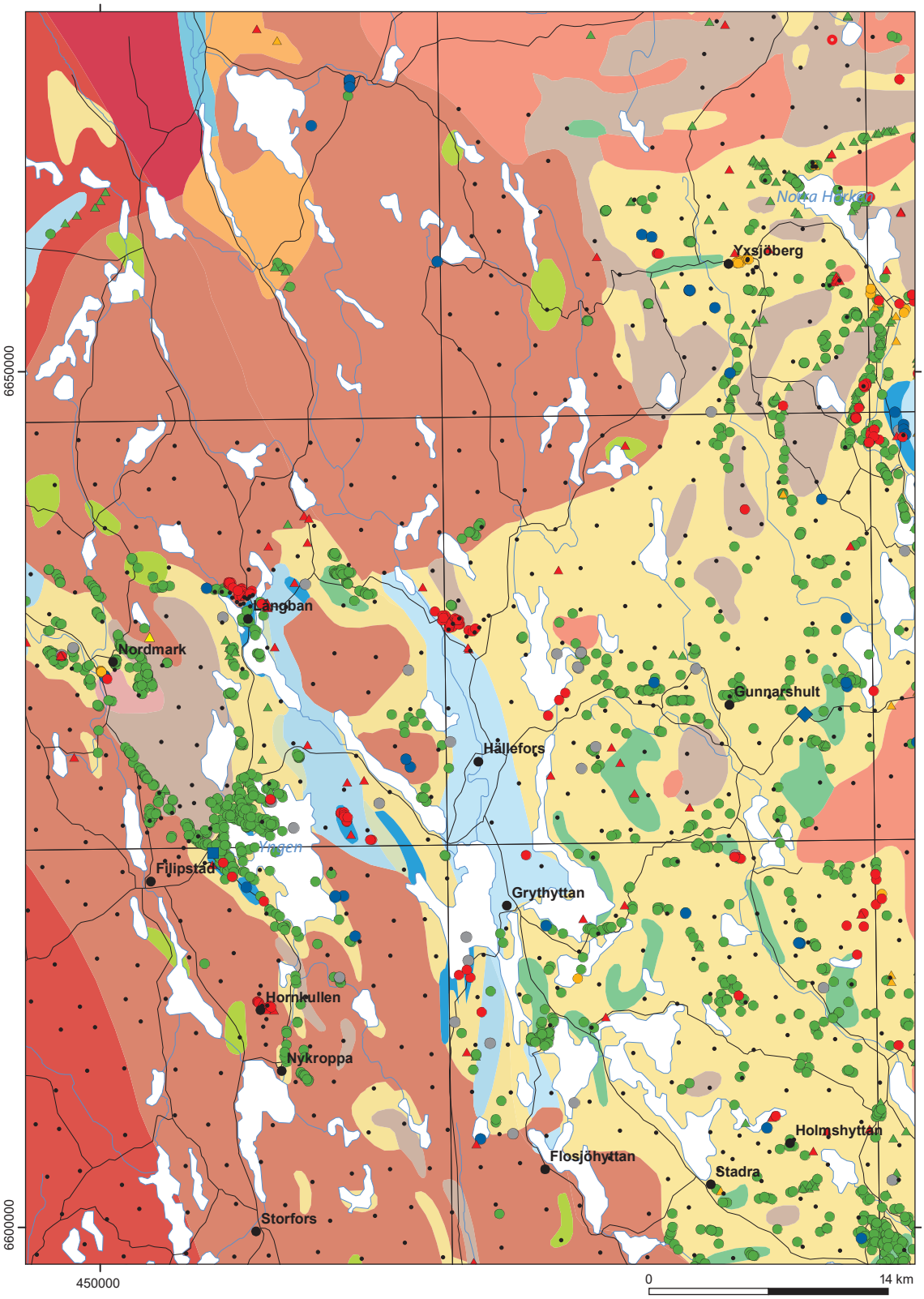
Genom nästan all ovan nämnd berggrund slår lokalt gångar av diabas och pegmatit. För överskådlighetens skull har dock inga gångbergarter markerats på kartan.

Berggrundens karaktär ligger delvis bakom det kraftigt kuperade landskapet. Generellt är det granitområdena som höjer sig över omgivande terränger. Yngre graniter har varierande topografi med kraftiga och branta sluttningar, medan äldre graniter i regel har jämnare och flackare sluttningar. Diabaser höjer sig också i terrängen, liksom ofta de karbonatrika partierna i metavulkanit. Metamorfosgraden hos bergarterna kan också ha bidragit till landskapets utveckling. Hög omvandlingsgrad har gett en bergart som generellt varit mer motståndskraftig mot erosion än den ursprungliga, vilket är orsak till att terrängen blivit mer kuperad. I landskapet har deformationszoner och förkastningslinjer som skär tvärs över bergartsgränser gett upphov till dalgångar och branter.

Mineraliseringar

Lokalt har det i berget genom speciella geologiska processer bildats anomala anrikningar av vissa mineral, så kallade mineraliseringar. I den mån de är någorlunda rikliga och innehåller vissa metaller, så att de kan brytas med ekonomisk vinning, kallas de malmer. Metallmineraliseringarna i området innehåller mest oxider av järn samt sulfider av koppar, zink och bly. Lokalt finns även guld, silver, wolfram och molybden. Brytvärt järn förekommer mest i oxidform som mineralen magnetit och underordnat hematit. Lokalt finns även järnsulfiderna pyrit och magnetkis. I de brytvärda mineralen och även som egna mineral i mineraliseringarna finns i många fall även andra grundämnen, som mangan, kobolt, nickel och arsenik. För den framtida gruvindustrin antas det metallogenetiska området Bergslagen med Riddarhyttan ha potential för utvinning av huvudsakligen koppar, silver, zink, bly, järn och sällsynta jordartsmetaller (Hallberg m.fl. 2012). I tabell 6 listas en del av de över 1 800 kända mineraliseringarna (metallfyndigheter och industrimineral) som finns i undersökningsområdet.

Ur morängeokemisk och miljöns synpunkt är mineraliseringar som innehåller järnsulfider (pyrit och magnetkis) intressanta. I kontakt med luftens syre och vatten samt i närvaro av i naturen närvarande bakterier av en viss typ reagerar nämligen dessa och bildar svavelsyra. Svavelsyran gör i sin tur så att övriga mineral bryts ner och att de ingående grundämnena, bland annat metaller, kan frigöras och transporteras, till exempel ut i grundvattnet. Alla sulfider kan oxideras och bilda svavelsyra, men närvaron av eventuella karbonatstenar i berggrunden intill en sulfidmineralisering kan dock motverka (buffra) den försurning som annars äger rum.



- Järnmalmsgruva, nedlagd
- Järnskärpning
- Järnmineralisering känd genom borrning
- Sulfidmalmsgruva, nedlagd
- Sulfidskärpning
- Sulfidmineraliserng, känd genom borrning
- Gruva, på annan metalloxid, nedlagd
- Annan metalloxidskärpning
- Ädelmetallskärpning
- Industrimineral, täkt i drift
- Industrimineral, nedlagd täkt
- Industrimineral, mineralisering
- Stenbrott, nedlagt
- Provtagningsplatser

Figur 3. Berggrundskarta och mineralfyndigheter. Förkortningar i teckenförklaringen: SO – Svekokarelska orogenen; SNO – Svekonorwegiska orogenen; ÖS – Östra Segmentet; PS – Postsvekokarelska bergarter. Källa: SGUs databaser Berggrund 1:1 M, Mineralresurser.

Bedrock map and deposits. Source: SGU databases Berggrund 1:1 M, Mineral Resources.

Tabell 6. Ett urval fyndigheter med råvarutillgångar i undersökningsområdet. En namngiven fyndighet kan inkludera olika mineraliseringstyper. Kartblad enligt koordinatsystem RT90. Källa: SGUs databas Mineralresurser.

Some deposits of raw material in the investigated area. A named deposit may include different kinds of mineralisations. Map sheet according to coordinate system RT90. Source: SGU's database Mineral Resources.

Fyndighet	Kartblad (RT90)	Delruta	Råvara	Kommun
Stora Rödbergsgruvan	10E	9j	Fe, Cu, REE	Nora
Östra Gyttorpsgruvan	10F	9a	Fe, REE, Cu, Mo	Nora
Limtjärnen	11E	0f	Cu	Karlskoga
Jakob Elas koppargruva	11E	0i	Fe, Cu	Nora
Stadra	11E	0i	Fe, Pb, Zn, Cu, Ag, W	Nora
Nybergsfältet	11E	0j	Fe, Cu, Au	Nora
Vaskebäcken	11E	1f	Cu, Zn, Pb, Ag	Hällefors
Rågrecksfältet	11E	1i	Fe, Cu, Pb, Zn	Nora
Sandbylet	11E	1j	Cu	Nora
Bälgsjön	11E	1j	Cu, Ag, W, Bi	Nora

Tabell 6. Fortsättning.

Fyndighet	Kartblad (RT90)	Delruta	Råvara	Kommun
Nybergsfältet	11E	1j	Fe, Cu, Au	Nora
Långbocken	11E	1j	W	Nora
Loka	11E	2f	Cu, Zn	Hällefors
Brunsjögruvan	11E	2f	Fe, Mn	Hällefors
Galtudden	11E	2g	Cu, W	Hällefors
Haggruvefältet	11E	2j	Fe, Cu	Nora
Hornkullen	11E	3c	Pb, Ag, Cu, Fe, Zn, Au	Filipstad
Hälltorp	11E	3f	Cu, Pb, Ag	Hällefors
Skathöjdens Silvergruvor	11E	3f	Pb, Zn, Ag	Hällefors
Koppargruvan	11E	3i	Cu	Nora
Lövnäset	11E	4c	Fe, Pb, Zn, Ag	Filipstad
Kobergs zinkgruva	11E	4c	Pb, Zn, Ag	Filipstad
Kotjärn	11E	4c	Zn, Pb	Filipstad
Björntjärn	11E	4c	Zn, Pb, Fe, W	Filipstad
Åskagens kvartsbrott	11E	4d	Bi, Be, kvarts	Filipstad
Sikforsområdet	11E	4f	Cu	Hällefors
Smedstorp	11E	4g	Cu, Fe	Hällefors
Örnviken	11E	4h	Cu, Fe	Hällefors
Limbergskullen	11E	4i	Cu	Hällefors
Långmossegruvan	11E	4j	Cu	Nora
Gåstjärngruvan	11E	4j	Cu, Ni	Nora
Annehill	11E	4j	Cu, Ni, Fe, W	Nora
Rörbergsgruvorna	11E	4j	Fe, Cu	Hällefors
namnlös	11E	4j	Fe, W	Hällefors
Rössberget	11E	4j	Fe, W, Mo	Nora
Finnhyttebergsfältet	11E	5b	Fe, Au	Filipstad
Persbergs malmtrakt	11E	5c	Fe, Cu	Filipstad
Getöns gruvor	11E	5c	Fe, Cu, Pb	Filipstad
Persbergs malmtrakt	11E	5c	Fe, Pb, Ag, Cu	Filipstad
St. Bjursjö torp	11E	5d	Cu	Filipstad
Älgön	11E	5d	Cu, Zn	Filipstad
Gruvåsen	11E	5d	Cu, Zn, Pb, Ag	Filipstad
Åbergstorp	11E	5d	Fe, Cu	Filipstad
Torskebäcksgruvan	11E	5d	Fe, Zn, Cu	Filipstad
Hungeltjärnsgruvan	11E	5d	Fe, Zn, Cu	Filipstad
Finnfalls koppargruva	11E	5e	Cu	Filipstad
namnlös	11E	5e	Cu, Zn	Filipstad
Dalbotorp	11E	5e	Pb, Zn, Ag	Filipstad
Tordismossen	11E	5g	Cu	Hällefors
Felixstället	11E	5h	Cu	Hällefors
Rombohöjden	11E	5h	Mo, W	Hällefors
Skropen	11E	5h	W, Cu	Hällefors
Stöpsjögruvan	11E	6a	Co, Cu, Ni	Filipstad

Tabell 6. Fortsättning.

Fyndighet	Kartblad (RT90)	Delruta	Råvara	Kommun
Dalen	11E	6b	Pb, Cu	Filipstad
Västra Vinsmossen	11E	6d	Cu, Zn, Fe	Filipstad
Pajsbergsfältet	11E	6d	Fe, Mn	Filipstad
Botjärnsgruvan	11E	6g	Cu	Hällefors
Sikforsområdet	11E	6g	Cu	Hällefors
Killingbergsfältet	11E	6h	Fe, Mo	Hällefors
Jakobsbergsgruvan	11E	7a	Mn, Fe	Filipstad
Silvbergsfallet	11E	7a	Pb, Zn, Ag	Filipstad
Ulrikagruvan	11E	7a	Zn	Filipstad
Grundsjön	11E	7b	Au	Filipstad
Nordmarks Odalsfält	11E	7b	Fe, Mn	Filipstad
namnlös	11E	7c	Cu, Pb, Ag	Filipstad
Långbans malmtrakt	11E	7c, 8c	Cu, Zn, Pb, Ag, Mn, Fe	Filipstad
Näset	11E	7c	Pb, Ag, Zn, Ni	Filipstad
Ljustjärnen	11E	7c	Zn, Pb, Mn	Filipstad
Rockberget	11E	7d	Cu	Filipstad
Vinerhöjden	11E	7f	Cu, Pb, Zn, W, Ag	Hällefors
Hällefors silvergruvor	11E	7f	Cu, Zn, Pb, Ag	Hällefors
Björnhöjds gruvorna	11E	8e	Cu	Hällefors
V. Gråshöjden	11E	8g	Mo	Hällefors
Västra Lövfallet	11E	8j	Cu, Fe	Ljusnarsberg
Lövsjön	11E	9h	Cu	Hällefors
Fallerslogstjärn	11E	9i	W	Ljusnarsberg
Drömgruvan	11E	9j	Cu, Pb	Ljusnarsberg
Stångfallesgruvorna	11E	9j	Fe, Cu, Pb, Ag, Mo	Ljusnarsberg
Hulta gruvor	11F	1a	Fe, W, wollastonite	Nora
Siggebohyttan	11F	2a	W	Lindesberg
Vasslandgruvan	11F	2a	Zn	Nora
Sparrberget	11F	3a	W	Nora
Nybergsfältet	11F	4a	Fe, Mn, W	Lindesberg
Silvergruvan	11F	4a	Pb, Zn, W, Ag	Nora
Salbotjärnen	11F	6a	Cu	Ljusnarsberg
Tallåsberget	11F	6a	Mo, W	Ljusnarsberg
Guldgruvan	11F	7a	Cu, Zn, Pb	Ljusnarsberg
Kaveltorpsfältet	11F	7a	Cu, Zn, Pb	Ljusnarsberg
Ljusnarsbergsfältet	11F	7a, 8a	Fe, Pb, Zn, Cu	Ljusnarsberg
Konstdammen	11F	7a	W	Ljusnarsberg
Krokfors	11F	7a	W, Cu	Ljusnarsberg
Olof Skräddartorp	11F	8a	Cu	Ljusnarsberg
Brusalagruvan	11F	8a	Cu	Ljusnarsberg
Klingsgruvan	11F	8a	Cu	Ljusnarsberg
Gångstigsgruvan	11F	8a	Cu, Zn, Pb	Ljusnarsberg
Norra Björkberg	11F	8a	W	Ljusnarsberg

Tabell 6. Fortsättning.

Fyndighet	Kartblad (RT90)	Delruta	Råvara	Kommun
Stora Krigstjärnsfältet	11F	9a	Fe, Mn, Cu, Zn, Pb	Ljusnarsberg
Båtens	11F	9a	W	Ljusnarsberg
Abborrtjärn	11F	9a	W	Ljusnarsberg
Storhöjdsfältet	12E	0i	Cu, Pb, Zn, As	Ljusnarsberg
Knapphöjden	12E	0i	Fe, W	Ljusnarsberg
Blybergsfältet	12E	0j	Fe, Pb	Ljusnarsberg
Svepargruvan	12E	0j	Pb, Zn, Ag	Ljusnarsberg
Sörbergshöjden	12E	1g	Bi, Cu, Au	Ludvika
Eriksgruvan	12E	1h	Pb, Zn, Cu, Bi, Te	Ludvika
Yxsjöfältet	12E	1i	W, Cu, fluorit	Ljusnarsberg
Tjurmossgruvan	12E	1j	Fe, W	Ljusnarsberg
Pingstaberg	12E	1j	Mo	Ljusnarsberg
Furubergsgruvan	12E	2i	Fe, Cu, W	Ljusnarsberg
Hästtjärnen	12E	2i	W, Mo, Fe	Ludvika
Sandudden	12E	2j	W, Mo	Ludvika
Vikröjningsgruvan	12E	3j	Cu	Ludvika
Olsjömossen	12E	4j	Zn, Pb, Cu	Ludvika

ISTIDEN I VÄRMLAND/BERGSLAGEN

Baserat på observationer av flertalet olika moränbäddar i Värmland/Bergslagen bör minst en nedisning under första eller andra Weichsel-stadialen (perioder med inlandsis) ha berört området innan den senaste maximala nedisningen. Det tydligaste tecknet på detta kommer från en mörk, blågrå, lerig morän som stratigrafiskt återfinns under en sandig morän från senaste Weichsel-stadialen. Denna mörka, leriga morän innehåller transporterade pollen med ett artinnehåll som indikerar interglaciala förhållanden. Detta har tolkats som att en inlandsis har omformat ett äldre (Eem) glacialt landskap (Robertsson m.fl. 2005). Den faktiska utbredningen av istäcket är praktiskt taget okänd, men den sydligaste observationen av denna mörka leriga morän är från Gräsmark i Värmland och Ingelsta utanför Stockholm. Isflödet i denna morän vid Gräsmark tros vara från väst. Dessa observationer stämmer väl överens med den regionala bilden, där den äldre nedisningen var betydligt kallare än den efterkommande, och bör därför ha lett till en mer extensiv isutbredning. Efter avsättningen av den mörka leriga moränen drog sig inlandsisen tillbaka till fjällen (Wohlfarth m.fl. 2011, Möller m.fl. 2013).

Klimatförändringar med tilltagande kallperioder ledde till att inlandsisen avancerade från fjällen mot dess största utbredning under Weichsel för 20 000 år sedan (senaste Weichsel-stadialen). Under denna fas sträckte sig inlandsisen ända till norra Polen och norra Tyskland. Det är deglaciationen av denna is under senaste Weichsel-stadialen som har haft den största påverkan på de kvartära avlagringarna i Värmland/Bergslagen-området.

Efter en isframstöt under Yngre Dryas för 11 500 år sedan, drog sig iskanten tillbaka. Den södra delen av Värmland/Bergslagen-området ligger under högsta kustlinjen (HK) och täcktes således av vatten vid denna tid. Lera och silt avsattes över moränen och flertalet moränryggar (så kallade De Geer moräner) avsattes i sprickor under den kalvande iskanten. Över HK skedde deglaciationen i en terrester miljö och de kvartära sediment som återfinns där domineras av morän som avsatts av den tillbakadragande inlandsisen.

Under deglaciationen var isen varmbottnad vilket påvisas med ett överflöd av glacialt strömlinjeformade moränformer och isräfflor. Både isräfflor och moränformer visar på ett liknande glaciationsförlopp. I Dalarna, Örebro och Västmanlands län rörde sig isen från nornordväst, i norra Värmland från norr och i södra Värmland rörde sig isen längs riktningen på Vättern, från nordost.

Se också bilaga 4: *Weichselian History of Värmland-Bergslagen*.

Morän

Det är berggrundens morfologi som i huvudsak bestämmer den ofta kraftigt kuperade topografin i undersökningsområdet. Den oroliga bergkullterrängen kan täckas av morän som på höjderna är ganska tunn, men mäktigare i dalgångarna. Området är till största delen beläget ovanför högsta kustlinjen som ligger ca 185–190 meter över havet (fig. 4). Denna nivå är också gränsen för tidigare havsvågors påverkan på terrängen. Moränområden under högsta kustlinjen har varit utsatta för svallning av vågrörelser, och finmaterial har sköljts ur och avsatts som sediment. Isdämda sjöar och tappningen av dem kan lokalt också ha påverkat moränen.

Det kvartära landskapet är varierande och uppvisar former som har bildats under flera glaciala faser. Inlandsisen (-isarna) har transporterat och deponerat morän och andra sediment. Olika morfologiska formationer bildades genom depositionen, av vattenströmning eller som effekter av isens erosion av underlaget. Drumliner och läsidesmoräner är långsträckta moränryggar i isens rörelseriktning och de har bildats under en bottensmältande is i rörelse. De är tydligt framträdande i landskapet och de förekommer oftast i terrängens höjdområden. Generellt är morän i terrängens höjdområden mer finkornig och har transporterats längre sträcka än morän som finns på lägre nivåer. Mindre tydlig i terrängen från marken är den glaciala lineation som dock avslöjas i den nya nationella höjddatabasen (NNH).

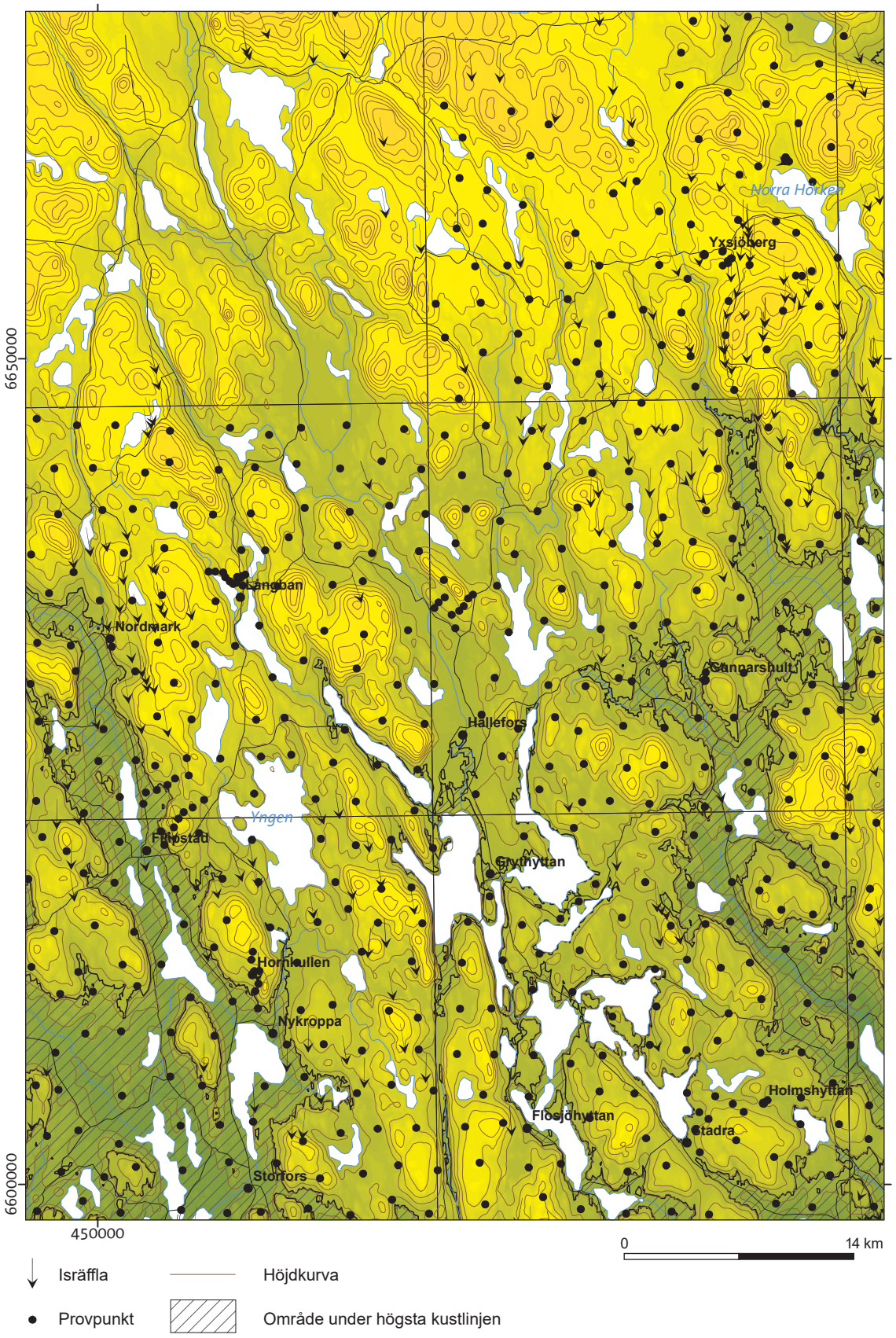
Avsmältningen av inlandsisen skedde i princip vinkelrätt mot isrörelsen. I undersökningsområdet försvann den sista isen i norr för ca 11 000 år sedan. Den smältande isen skapade ett landskap av oregelbundet placerade höjder och sänkor och bland annat bildades moränbacklandskap. Sådan kullig morän är vanligast i terrängens lågpartier och längs dalsidor. Moränen kan ha fått inslag av sorterade sediment särskilt i anslutning till isälvsavlagringar. Isälvssediment i form av grusavlagringar förekommer i en del dalgångar. Havs- och sjösediment har däremot inte någon stor utbredning och stora slättområden saknas.

Isräfflor i berggrundsytan har uppkommit då block och stenar fastfrusna i isens basala delar skrapat mot underlaget. Isräfflor finns dokumenterade i hela undersökningsområdet, och är tämligen enhetligt nordnordvästliga till nordliga. Räfflorna som anger rörelseriktningen hos en is, kan på en och samma bergyta ha olika riktningar som inte behöver vara samtidiga.

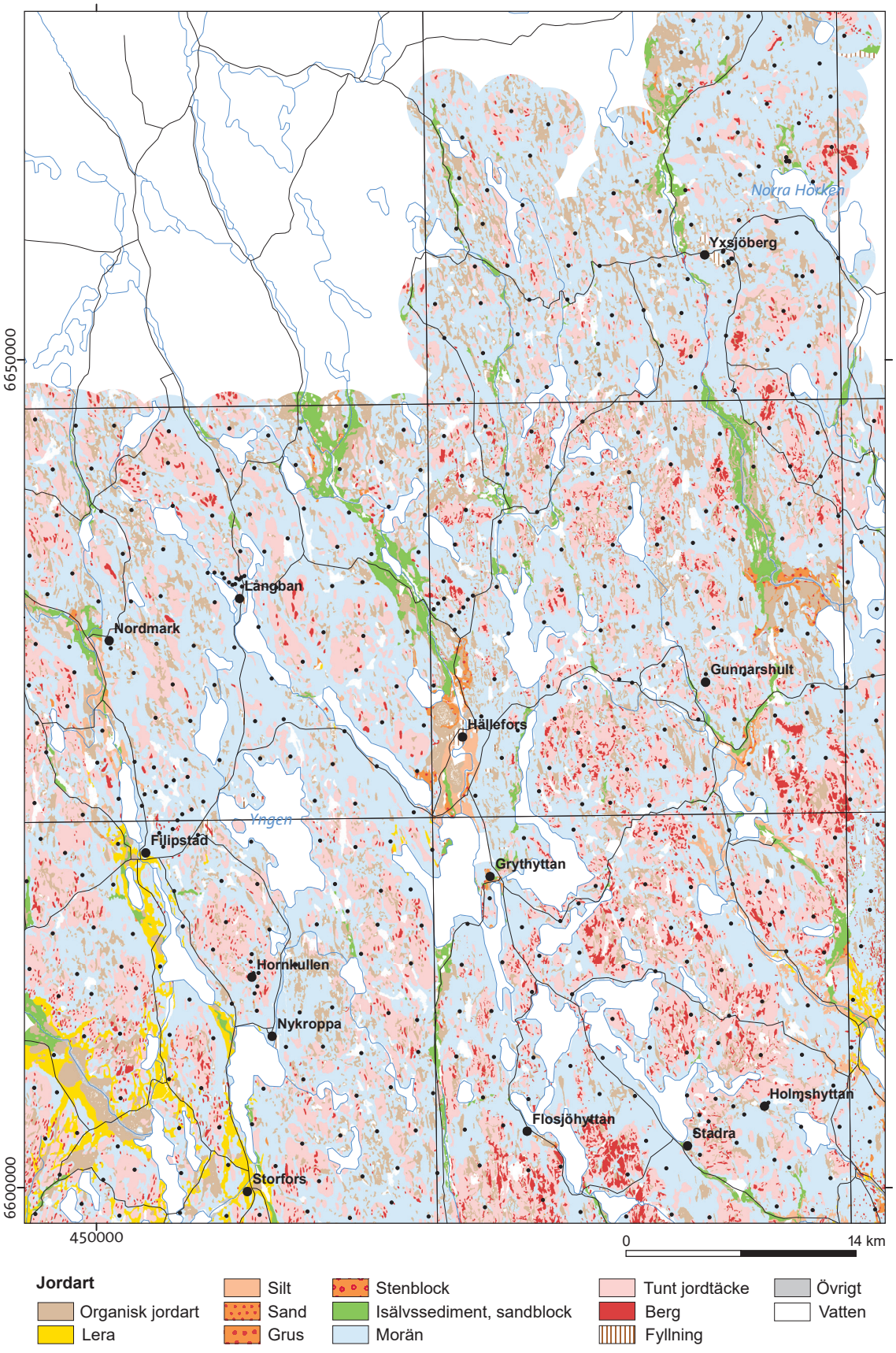
Djupvittrad, sprickig berggrund finns lokalt. I några områden söder om Filipstad förekommer saprolit, vilket tyder på att inlandsisen varit bottenfrusen och inte förmått erodera vittringsjorden. Morän- och svallsediment som delvis överlagrar saproliten visar även att dessa är äldre än från den senaste nedisningen (Svedlund & Hellström 2009).

Moränernas sammansättning domineras av lokala bergarter och de är generellt korttransporterade (Magnusson & Granlund 1928). Bergartsinnehållet gör att texturen hos moränerna varierar (Lundqvist 1940). Granitmoräner innehåller alla olika kornstorlekar, men yngre graniter lämnar ofta en mer blockrik morän till skillnad från morän från de äldre graniterna. Vulkanitmoräner är tämligen blockfattiga med stor andel sandigt, moigt material. Skiffermoräner kan i stort vara helt blockfria och ha en överrepresentation av mo och mjäla. Inslag av kalkiga bergarter gör moränen mer lerig.

Jordartskartan (fig. 5) domineras av den röda färgen som kännetecknar kalt berg men också tunna jordtäcken. Lokalt finns mindre områden med morän som inte framkommer i den generaliserade kartbi



Figur 4. Topografi, isräfflor och högsta kustlinjen (HK). Källa: Lantmäteriet, SGUs databaser Isräfflor, Högsta kustlinjen.
Topography, ice striae and the highest coastline (HK). Source: Lantmäteriet, SGU databases Isräfflor, Högsta kustlinjen.



Figur 5. Jordartskarta. Källa: SGUs databas Jordarter 1:100 K.

Soil map. Source: SGU database jordarter 1:100 K.

GEOKEMI I OMRÅDET – ELEMENTENS FÖREKOMST OCH ASSOCIATIONER

Det finns ett flertal faktorer som påverkar moränens kemiska innehåll. De viktigaste är berggrund och mineraliseringar, karaktären hos isen som avsatt moränen och skeenden och effekter under inlandsisens avsmältning, samt isrörelseriktning. Genomströmmande vatten och recent vittring kan också ha påverkat moränen, särskilt i tunna jordtäcken.

I undersökningsområdet har prov samlats in från 530 lokaler med morän, vara 15 stycken är i detaljundersökt område. De fältdata som redovisas i detta avsnitt grundar sig på 515 regionalt insamlade moränprov. Fältdata antecknas i samband med att provet tas, på den plats som också blir koordinatsatt. I texten anges elementkoncentrationer i moränen som höga eller mycket höga halter. Uttrycket är relativt och baseras bara på den analyserade populationen moränprov.

Enligt fältprotokollen är 67 procent av proven tagna i kuperad terräng men i olika typer av morän. 16 procent av samtliga prov är tagna i kullig morän (moränbacklandskap) och merparten således i ett glacialt strömlinjeformat landskap (bottenmorän), se figur 6.

Flest prov har tagits i bottenmorän och speciellt på de vulkanitdominerade områdena. Totalt har endast 89 moränprov tagits i kullig morän, de flesta i nordost och i sydväst. De har högre medianhalter för elementen i jämförelse med prov tagna i bottenmorän. Zirkonium avviker dock med något lägre median i den kulliga moräntypen. Höga koncentrationer återfinns däremot i båda moräntyperna, med undantag av Ag, As, Au, Be, Bi, Cd, Cu, Ho, Mn, Nb, Pb, Rh, Sb, Se, Sn, Te, Th, U och V som uppträder med höga analysvärden i bottenmoräner. Motsatsen gäller för Cr, Ni och P, som har högst koncentrationer i kullig morän.

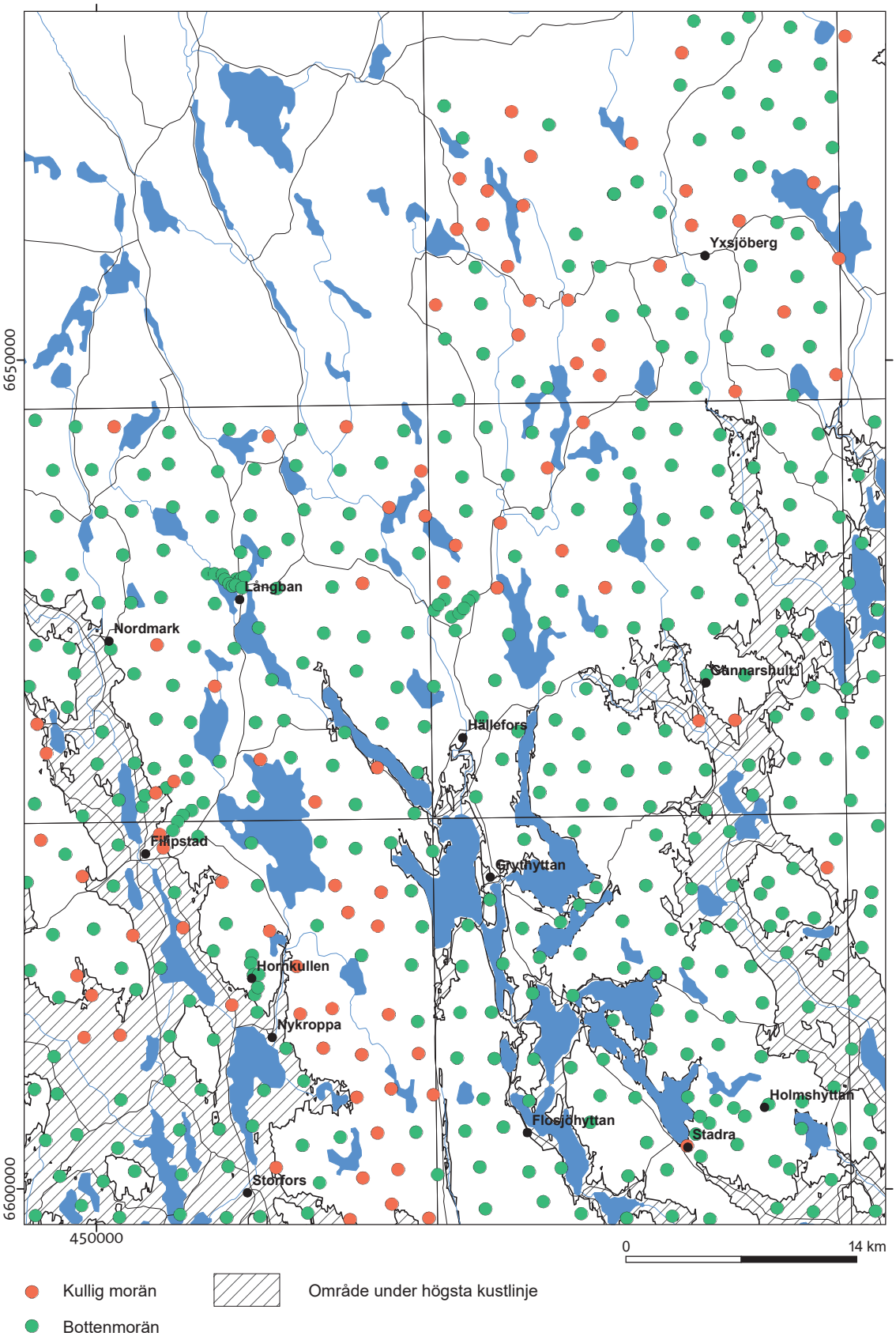
Blockfattiga områden återfinns utan undantag på provtagningsplatser i bottenmorän. Här finns också de högsta halterna av Al, As, Au, Bi, Cu, Fe, Mg, Mo, Na, Sb, Se, Te, Tl och W. Normalblockiga och rikblockiga områden återfinns både i bottenmorän och i kullig morän. De rikblockiga områdena undviks helst vid val av lokal för provtagning, eftersom det kan vara svårt att hitta ett bra läge för grävning. Det förhållandet avslöjas av antalet prov, endast 11 platser finns redovisade i rikblockig morän. Däremot är medianhalterna för de flesta elementen höga.

De flesta prov är insamlade i normal sandig morän. Grusig morän är provmaterial på 61 platser, och från 24 platser är moränen siltig. Den siltiga moränen har bara rapporterats från områden med bottenmorän. Generellt sett är det i grusig morän som de högsta medianhalterna finns och även höga koncentrationer och maximala värden av merparten element. I normal morän återfinns maximala analysvärden av Au, Bi, Ca, Ce, Cu, La, Mg, Nb, P, Rb, Ta, Ti och W. Siltig morän saknar höga koncentrationer av element.

Generellt har granitområdenas moräner (i väster) förhöjda halter av K, Mo, Pb, Rb, REE, U, W och Y. Moräner i vulkanitdominerade områden (i öster) har något förhöjt innehåll av mafiska komponenter som Mg, Cu och Ni. Glimmerrika metasediment i den centrala delen av området bidrar till förhöjda halter av ett flertal element.

I undersökningsområdet finns över 1 800 kända mineraliseringar. Många av dem, även med elementförhöjt sidoberg, ger också spår i moränen med förhöjda halter av Ag, As, Au, Bi, Cu, Mn, Mo, Pb, REE och Zn.

Med roterad faktoranalys av morändata framträder flera intressanta elementgrupperingar som avspeglar såväl bergtillhörighet som mineraliseringar (tabell 7). Faktor 1 innehåller sällsynta jordartsmetaller, Ge, Th och Y, och även K, Rb och Sc. Elementen kan kopplas till magmatiska och alkalina bergarter (granit och pegmatit) och hydrotermala mineraliseringar. Generellt avspeglas kvartsrika granitoider ganska bra med sammanhängande anomalier i morän i sydvästra delen av karterat område, till exempel av kalium. Anomalier av sällsynta



Figur 6. Moräntyp på provtagningsplatserna. Källa: SGUs Markgeokemiska databas.
Type of sampled till. Source: SGU database Markgeokemi.

jordartsmetaller (REE) ses bland annat i Långban-området, nordost och sydost om Nykroppa, en dryg mil nordost om Hällefors, i ett gruvområde vid Gunnarshult samt i anslutning till Stångfallsgruvorna, Sveparefältet och Blybergsfältet i östra kartbladskanten. Förhöjningar av särskilt den tunga gruppen (HREE) finns sydväst om Flosjöhyttan, sydsydost om Gunnarshult och i en punkt tillsammans med Ce i det nordöstra hörnet av undersökningsområdet. Den lätta (LREE) gruppens element dominerar anomalin vid Holmshyttan.

Faktor 2 karakteriseras av Au, Be, Bi, Cu, Sn, Te och W, som förklaras som en mineraliseringsgrupp knuten till järnoxid, skarn och till granitoider. Elementen grupperas främst i en kraftig anomali i nordost kring gruvområdena vid Yxsjöberg och Norra Hörken. Anomali av Cu, Bi, Te och W finns även sydost om Yxsjöberg, ungefär vid Stångfallsgruvorna och Sveparefältet. Mer eller mindre kraftiga anomalier finns i ett stråk från Långban mot Hällefors, Grythyttan och vidare söderut. Exempelvis har Cu, Bi, Te och Au förhöjningar i moränen i trakten av Hällefors och Bi och Au öster om Grythyttan.

Faktor 3 med Ag, As, Cd, Pb, Zn, Rh och Sb förklaras som en mineraliseringsgrupp knuten till sulfider och metasedimentära bergarter. Gruppen har kraftiga elementförhöjningar från Långbanfältet, Hällefors gruvfält, Grythyttefältet och vidare söderut. Det finns även anomalier bland annat vid Stångfallsgruvorna (Pb, Cd, Zn och Rh), Gunnarshult (Rh, As) och Holmshyttan (Pb, Ag).

Faktor 4 med Al, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Ni, Ti, V och Sc associeras till kiselfattiga bergarter som till exempel gabbro och diabas och till mineral som magnetit, hematit, ilmenit och biotit. Elementgruppen har måttliga förhöjningar i moränen i stora delar av området. Det finns även något större förhöjningar, bland annat vid Hällefors, öster om Storfors, norr och söder om Filipstad. En ganska kraftig punktanomali med Co, V, Ni, Cr finns vid gruvområdet vid Gunnarshult.

Faktor 5 med Ca, P och Sr har ganska svag förklaringsgrad, men förefaller vara knuten till fältspat, monazit och apatit i syenitoider och granitoider i norra delen av området.

Faktor 6 med enbart Nb och Ta har också svag förklaringsgrad, men kopplas till granit och pegmatit.

Tabell 7. Faktoranalys baserad på markgeokemiska data från området. Samband mellan elementen uttrycks som laddningar i en roterad beräkningsmodell (varimax rotated principal component analysis). Ju närmare faktorvärdet är till 1,0 (-1,0), desto större inverkan har elementet i respektive faktor.

Factor analysis based on data of till geochemistry in the area. Relations between elements are expressed as loadings with rotated calculation (varimax rotated principal component analysis. The closer factor loading 1,0 (-1,0), the greater impact of the element in each factor respectively.

Element	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6
Ag	0,37	0,20	0,69	0,30	-0,26	0,03
Al	0,29	0,05	0,14	0,80	-0,18	-0,23
As	-0,08	0,00	0,69	0,25	-0,07	0,17
Au	-0,02	0,42	0,24	0,09	-0,10	0,18
B	0,17	-0,06	0,06	0,56	-0,02	0,18
Ba	0,36	-0,07	0,16	0,54	0,10	0,42
Be	0,28	0,79	0,04	0,30	0,04	-0,20
Bi	-0,05	0,90	-0,04	-0,06	-0,07	0,10
Ca	0,20	0,05	-0,03	0,12	0,89	0,13

Tabell 7. Fortsättning.

Element	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6
Cd	0,23	0,06	0,83	0,09	0,16	-0,05
Ce	0,63	0,02	0,14	0,36	0,08	-0,24
Co	0,14	0,16	0,11	0,74	0,22	0,05
Cr	0,22	0,23	0,12	0,69	0,06	-0,11
Cu	0,08	0,66	0,24	0,23	0,16	-0,03
Dy	0,92	0,09	0,19	0,12	0,09	-0,07
Eu	0,82	0,07	0,12	0,27	0,11	0,06
Fe	0,38	0,27	0,29	0,74	-0,08	0,10
Ge	0,82	0,17	0,04	0,27	0,16	0,08
K	0,62	0,01	0,11	0,42	0,00	0,34
La	0,85	-0,01	0,11	0,28	0,16	0,11
Li	0,44	0,02	0,15	0,66	0,12	0,03
Mg	0,39	0,22	0,11	0,70	0,06	0,03
Mn	0,30	0,18	0,36	0,45	0,35	0,08
Mo	0,05	0,04	0,33	0,14	-0,27	0,02
Nb	-0,05	0,03	0,00	0,11	-0,18	-0,76
Nd	0,90	-0,01	0,12	0,18	0,15	0,09
Ni	0,04	0,08	0,13	0,70	0,18	-0,01
P	0,25	-0,10	0,01	0,12	0,71	0,08
Pb	0,32	0,12	0,85	-0,04	0,06	-0,16
Rb	0,66	0,01	0,18	0,41	0,07	0,30
Rh	0,29	0,36	0,69	0,17	0,21	0,10
Sb	-0,10	-0,02	0,64	0,29	-0,07	0,27
Sc	0,58	0,12	0,04	0,58	-0,20	-0,03
Sn	0,43	0,69	0,19	0,10	0,04	-0,24
Sr	0,12	-0,15	0,17	0,23	0,62	0,22
Ta	0,01	-0,05	-0,10	0,00	-0,11	-0,77
Te	-0,01	0,77	0,22	0,21	-0,22	0,04
Th	0,76	-0,02	0,09	0,30	-0,07	-0,04
Ti	0,36	0,00	0,13	0,66	0,07	-0,14
Tl	0,44	0,03	0,53	0,35	0,02	0,27
U	0,46	-0,02	0,01	0,18	0,05	0,03
V	0,23	0,13	0,16	0,77	0,08	-0,02
W	-0,03	0,93	-0,10	-0,01	-0,05	-0,01
Y	0,89	0,10	0,20	0,12	0,15	-0,05
Yb	0,85	0,14	0,25	0,09	0,09	-0,12
Zn	0,40	0,16	0,72	0,05	0,22	-0,14
Zr	0,49	0,17	0,22	0,38	-0,39	0,29

I ett flertal prospekteringskampanjer under senare delen av 1900-talet gjordes insamlingar av olika typer av provmaterial. Som underlag för kampanjerna användes ofta storregionala geokemiska undersökningar av tungmineral i morän (fig. 7) och av bäcktorv. I figuren används biogeokemiska data som är en modernare efterföljare till bäcktorv. Ett stort antal prospekteringsrapporter publicerades (tabell 8), baserade på undersökningar av geokemi, geofysik, berggrundens mineralsammansättning och kvartärgeologi. För att förstå moränmaterialets transport och avsättning gjorde man bland annat stratigrafiska undersökningar i morän. En sak som tydligt framkommer är hur morängenesen varierar över korta avstånd.

De skilda förutsättningarna vad gäller bland annat geologi och morängenes i undersökningsområdet, gör att det behöver studeras mer ingående. Som en inledning till det arbetet, beskrivs därför kortfattat de fem kartblad (11E NV, 11E SV, 11E SO, 11E NO och 12E SO) som undersökningsområdet omfattar. Tillhörande jordartskartor finns i bilaga 5.

11E NV

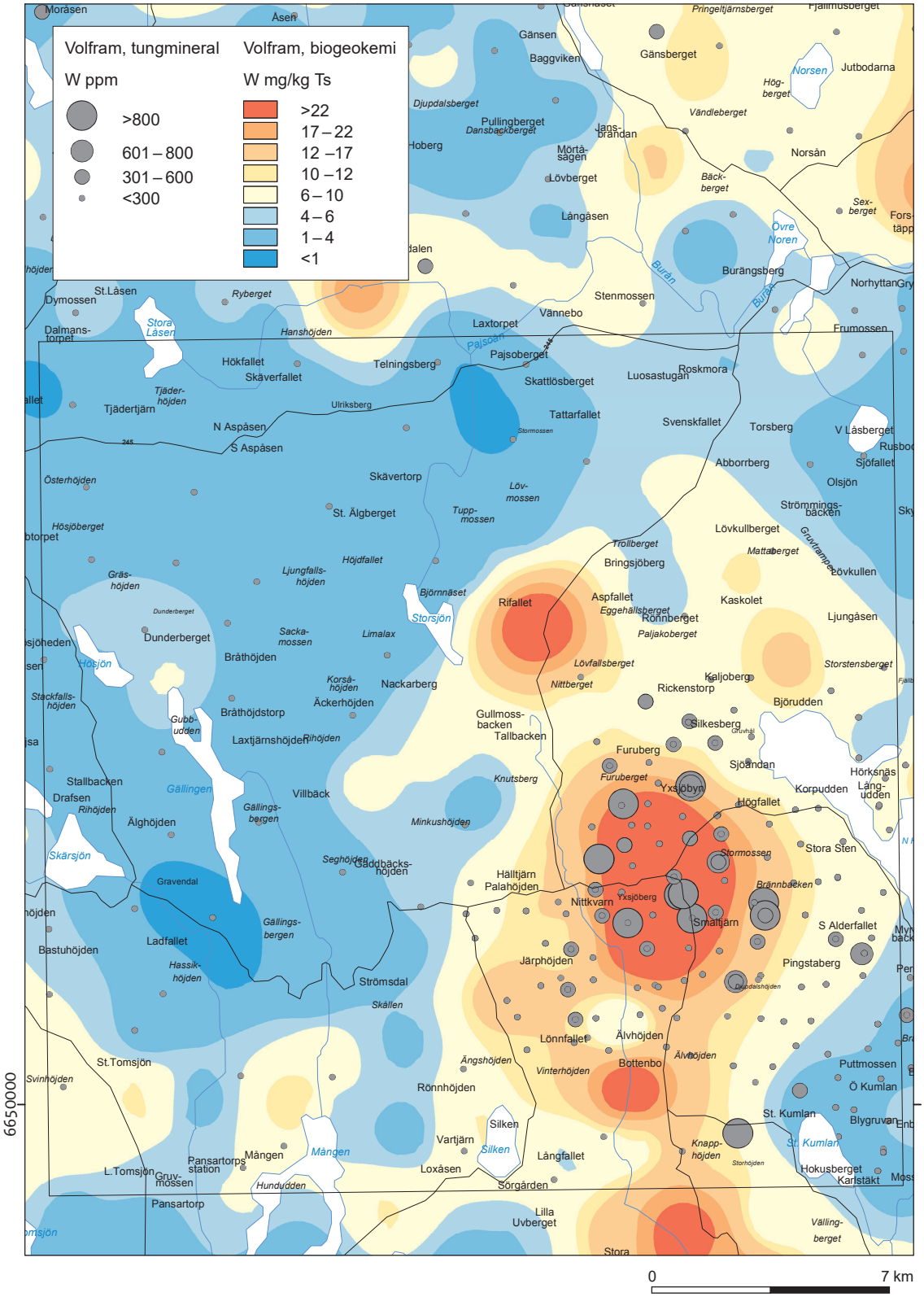
Största delen av området ligger över högsta kustlinjen (HK) utom en liten del runt sjöarna i sydväst med Nordmarksälven som ligger under HK. Även sjön Saxen och några mindre, intilliggande områden är under HK. Låga partier i terrängen finns främst i väster och i nordost runt älvarna med tillflöden. Bottenmorän och tunna jordtäcken dominerar jordartskartan. Moränbacklandskap förekommer spritt över kartbladet i terrängens lågpartier. På höjdområdena finns drumlinoida former och dessa liksom isräfflor visar enhetligt en isrörelseriktning från nordnordväst (Grånäs & Hedenström 2011). Se jordartskarta K 363 i bilaga 5.

I samband med prospekteringsinsatser vid Nordmark (väster och söder om Grundsjön) visade undersökningar av den inhomogena moränen att det ytligt (ner till 2 meter) finns ett relativt stort inslag av långtransporterat bergartsmaterial från Dalarna. Morän av lokal karaktär som avspeglade berggrundens variationer påträffades något djupare (Liikanen 1986).

Bergarterna i området avspeglas lokalt tämligen väl i de geokemiska elementmönstren, med till exempel förhöjda halter av element som Mg, Fe, Ni och Cr i morän över metavulkaniter och lägre halter av elementen i graniter. I nordväst finns dock mafiska bergarter som inte avspeglas i moränproven. Inte heller ger metavulkaniter och diabas från ett stråk nordväst om Nordmark via Stora Horssjön till sjön Yngen några spår i moränen. Sannolikt förklaras det av stor inblandning av andra bergarter i långtransporterad morän.

Det finns ett stort antal kända fyndigheter associerade till vulkaniter och karbonatstenar. Dominerar gör järnmineraliseringar associerade med skarn (Persberg, Nordmark, Långban och Gåsborn), samt sulfider med silver, bly, zink, och koppar (Långban, Hällefors silvergruvor i öster och Gruvåsens gruvor i söder). Fyndigheter med järnoxid respektive sulfider norr och sydost om Nordmark avspeglas inte i den provtagna moränen, vilket ges samma förklaring som för bergarterna. Övriga fyndigheter ligger i moräner med förhöjda elementhalter. Flera element har också höga eller maximala analysvärden på kartbladet: Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ge, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mo, Nd, Pb, Pr, Rb, Rh, Se, Sm, Sn, Tb, Te, Ti, Tl, Tm,Y, Yb, Zn och Zr.

Centralt på kartbladet ligger Långban, ett klassiskt mineralrikt distrikt med en mångfald gamla gruvor. Moränen har höga koncentrationer av vissa element i området. Exempelvis har sällsynta jordartsmetaller, bly, kadmium och zink på Hyttsjöns nordvästra strand höga eller maximala analysvärden. Mineral med sällsynta jordartsmetaller finns till exempel i Myssbergsgruvan och Lahäll-Getbergsgruvorna, öster om Hyttsjön, (E. Jonsson, muntlig kommunikation). Några kilometer öster om Långban har moränen koncentrationer av guld, vismut och arsenik, och här finns de högsta halterna av silver, tellur och molybden av samtliga prov.



Figur 7. Anomalier av wolfram i Yxsjöbergsområdet. Tungmineralanrikad morän (cirkelsymboler) och bäck-vatten-växter (färgad bakgrund). Källa: SGUs geokemiska databas.

Anomalies of tungsten in heavy mineral enriched till (circles) and in water plants (coloured background). Source: SGU database geochemistry.

Tabell 8. Prospekteringsrapporter relevanta för geokemin i området.

Prospecting reports relevant to the geochemistry in the area.

Titel	Kartblad	År	Författare
Rapport B 86-22, projektnr 3915, Kvartärgeologiska undersökningar Nordmark 1986	11E NV	1986	Liikanen, J.
Rapport B 91-10, Geokemiska undersökningar vid Nordmark	11E NV	1991	Mattsson, C.
Report No: B 85-6, Project No 3812. The Nora area 840901-841231	11E SO	1985	C-J Hardenby, C.-J. m.fl.
Rapport geok 82011. Geokemisk undersökning av tungmineral från krossade moränprov inom objekt Långbocken	11E SO	1982	Nilsson, B.
Rapport B91-7, Yxsjöberg, Au-W undersökning 1990	12E SO	1991	Andersson, L.-G.
Rapport B91-8, Yxsjöberg, Borrtraktorundersökning 1990	12E SO	1991	Andersson, L.-G.
Rapport Grb 171, Grävningar vid Yxsjöberg 1980	12E SO	1980	Vehkaperä, H.
Rapport Bsg 84-338. Projekt 3417. Prospektering i Yxsjöbergsområdet 1/7-31/12	12E SO	1983	Andersson, L.-G., m.fl.
Slutrapport B 86-10. Prospektering i Yxsjöbergsområdet. Stödetapp II	12E SO	1986	Andersson, L.-G. m.fl.
Rapport Grb 57. Sandudden nr I	12E SO	1979	Kontio, M. m.fl.
Grb 32. Slutrapport över kvartärgeologiska och geokemiska undersökningar i Sandudden. Projekt 30451	12E SO	1978	Vehkaperä, H.
Report no B 86-6. The alteration geochemistry of felsic metavolcanics and biotites from the Yxsjöberg area, Bergslaagen, sweden	12E SO	1986	Baker, J., H.
Rapport Bsg 302 Kvartärgeologisk karta över 12E Säfsnäs NO	12E NO	1983	Liikanen, J.
Rapport Grb 196, Regional kvartärgeologi Fredriksbergsområdet, 12E SV NV	12E SV, NV	1980	Vehkaperä, H.
Brap 83520. Storregionala geokemiska undersökningar 1981. Tungmineral		1983	Andersson, M.
Brap 81016. Storregionala geokemiska undersökningar 1978, 1979. Bäcktorv		1981	Ressar, H.
Brap 00023. Slutrapport överf prospekteringsarbeten utförda för AB Statsgruvor/LKAB i Bergslagen 1975/1976		1976	Berggrundsbyrån SGU
Prap 84529. Malmstyrande strukturer och lineament i Bergslagen		1984	Fors, K. m.fl.
Prap 86524. Malmbildande kriterier och urval av prioriterade målområden inom bergslagens vulkaniska-sedimentära bildningar		1986	Lilljequist, R.

Förhöjda manganhalter i morän förekommer där kända manganfyndigheter finns. Exempelvis vid och öster om Långban (Gåsborns gruvor), söderut vid Lervik och vid Nordmark. Några kilometer norr om Filipstad har moränen förhöjningar av REE, Li och Cr i ett område där Hökbergsgruvorna och Finnshyttebergsfältet ligger. Gruvområdet är rikt på fyndigheter med järnoxid i skarn. Här har även hittats koboltglans, guld och vismut. I fyndigheterna finns ett flertal värdmineral för REE, exempelvis fluorit.

Det finns i området halter av arsenik, bly och zink som överstiger (omräknade) gränsen för känslig markanvändning.

11E SV

Stora delar av moränerna i västra delen av området ligger under högsta kustlinjen. Högre terränger finns väster och sydväst om Filipstad, söder om sjön Daglösen samt i några mindre områden i sydväst. Störst sammanhängande område över HK finns öster om en linje från Filipstad, sjöarna Daglösen och Östersjön ner mot sydost till Storfors. Moränbacklandskap förekommer främst i de norra och östra delarna av kartbladet och oftast över HK och där moräntäcket är tunt. Kantiga block är ett vanligt inslag på kullarnas yta. Andra moränformer förekommer mycket sparsamt. Drumliner och moränryggar utsträckta i isrörelseriktningen finns endast i några höjdpartier väster om Filipstad, väster om sjön Yngen och i Hornkullen-området norr om Nykroppa (Svedlund 2010). Se jordartskarta K 200 i bilaga 5. Moräntypen under HK är nästan uteslutande bottenmorän, och många av de insamlade proven har stort inslag av silt.

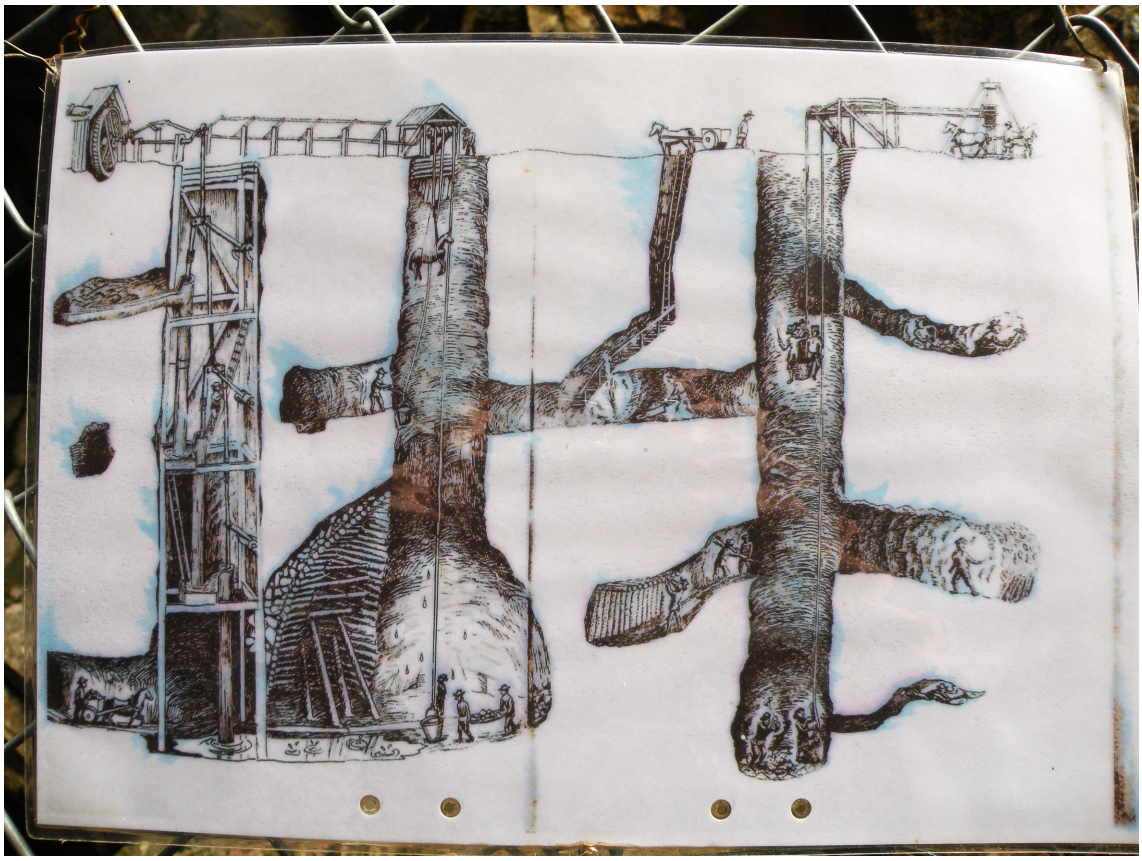
Kraftigt uppsprucken berggrund förekommer främst i östra halvan av området och stora, lokala block finns ofta på ytan (Svedlund 2010). Vittringsjord (saprolit) finns på ett flertal platser, och bland annat vid Daglösens östra strand finns ett sammanhängande område med djupvittrad gabbro och uppspruckna kvartsgångar. I svackor och låg terräng överlagras ofta vittringsjorden av tunn morän och svallsediment. Inlandsisen har inte förmått transportera bort vittringsjorden och inte heller skrapat bergytan. Isens eroderande förmåga har varit svag, vilket tyder på en bottenfrusen is. Generellt förefaller erosionen ha varit kraftigare i högre terränger (Svedlund & Hellström, 2009).

Graniter dominerar kartbladet, de äldsta utan pegmatitinslag. Metavulkaniter finns vid sjöarna Yngen och Torrvarpen och i spridda områden mot sydost. Ett flertal små massiv med mafiska bergarter finns från Filipstad mot Nykroppa och vidare mot sydost.

Det stora inslaget av granitoida bergarter i moränen, visar sig genom att medianhalterna av bland annat Ba, K, Mo, Pb, Rb, Tl och sällsynta jordartsmetaller är högst på detta kartblads område jämfört med de andra. Generellt saknar samtliga element kraftiga förhöjningar utom barium och uran som har sina maximala värden i ett prov från bottenmorän sydväst om Filipstad, i anslutning till en deformationszon i granitoiderna. Ett prov från kullig morän på Daglösens östra sida har högst nickelvärde av samtliga analyserade prov, och även kobolt och magnesium har förhöjda koncentrationer. Moränen knyter an helt till lokal gabbro. Halten av nickel överstiger (omräknad) gränsen för känslig markanvändning.

Jämfört med området 11E NV, så finns det färre kända mineralfyndigheter här. Liksom i norr anknyter de till metavulkaniter och karbonatstenar, huvudsakligen i ett stråk från Persberg till Nykroppa. Vanligast är mineraliseringar i skarn med järnoxid (till exempel Gåsgruvefältet), men det finns även en del sulfidförekomster. Exempelvis väster och sydväst om sjön Yngen där mineraliseringar med främst bly och zink finns, men silver, koppar och guld förekommer också. Vid Åskagen, som är ett nedlagt kvartsbrott i pegmatit vid sydöstra Yngen, förekommer vismut och beryllium men också mineral som thalenit och gadolinit som för sällsynta jordartsmetaller. Hornkullens gruvfält, strax norr om Nykroppa, har mineraliseringar med Pb, Ag, Cu, Fe, Zn, Au, Sb och As och även molybdenförande mineral kan påträffas.

Sulfidmineraliseringarna vid Hornkullen avspeglas inte särskilt starkt i moränerna. En orsak kan vara att de analyserade proven inte enbart representerar lokal morän i anslutning till fyndigheterna. Prov har insamlats i bottenmorän, som ibland har stort inslag av silt och troligen är uppblandad med långtransporterat bergartsmaterial. Hornkullens gruvfält är ett sådant område där man även finner drumlinoida former strax norr om provlokalerna. Kullig morän dominerar däremot provtagningstypen från öster om Yngen och söderut. Här ligger bland annat tidigare nämnda Åskagen och området har förhöjningar i moränen av flera element. Det granitiska inslaget av bergartsmaterial i moränerna visar sig på kartbilden av tenn som en allmän elementförhöjning.



Figur 8. Historisk gruvbrytning, sannolikt vid Hornkullen. Okänd konstnär. Foto: M Andersson.
Historical mining, likely at Hornkullen.

11E SO

I sydväst, söder och i nordost finns generellt terrängens höjdområden. Lägre partier finns i väster mellan sjösystemen från sjön Skärjen och norrut till Torrvarpen, och i öster i Rastälvens breda dalgång. Områdena ligger också under HK, liksom ett mindre område i sydost. Se jordartskartan i bilaga 5.

Om moränen i den sydöstra delen av kartbladets område står att läsa i Beskrifning till kartbladet Nora (Gumaelius, 1875) att ett ofta sandblandat krosstensgrus (dåtida benämning för morän) innehållande kantiga stenar överlagrar ett ganska allmänt förekommande så kallat bottengrus. Det sistnämnda karaktäriseras av sitt ”bergartsmjöl”, rundade och ofta repade stenar, frånvaron av större block och av sitt leriga utseende. Berghällarna under bottengruset är repade med generell räffelriktning från NNV. Beskrivningen av bottengruset skildrar en bottenmorän med inslag av mjuka bergarter som inlandsisen plockat upp och avsatt.

Längre västerut ingår allt mer kristallina skiffrar och graniter i de övre moränerna som är tämligen lösa med skarpkantiga stenar i grundmassan. Bottenmorän som är hårt packad har inte påträffats (Blomberg 1903). Moräntypen vid provtagning är över hela kartbladet bottenmorän. Moränprov från kullig morän finns bara från två lokaler, en i nordost och en vid Stadra i söder.

Berggrunden domineras av metavulkaniter, men diabasgångar, skarn och karbonater förekommer också över hela kartbladet. Moränen har förhöjda halter av natrium i den norra delen av metavulkanitområdet, medan kalium är förhöjt i den södra. Metavulkanitmoränerna har

lågt innehåll av kalcium och Magnusson & Granlund (1928) beskriver också metavulkaniten som extremt kalkfattig. Hela kartbladet har också mycket låga halter av fosfor. Vid Grythyttan och söderut, finns glimmerrik skiffer och gråvacka, som tillsammans med en mångfald mineraliseringar gett moränen högt innehåll av bland annat antimon, arsenik, bly, kadmium och zink. Exempelvis finns de högsta analysvärdena av antimon nordväst om Flosjöhyttan, i det kraftigt anomala området. Moränens förhöjda halter av tenn, torium och uran i sydväst avspeglar granitmorän.

Mineraliseringar med järnoxid och sulfider förekommer i stort sett över hela området, utom i granitområdena. Det finns kända fyndigheter med Pb, Zn, Ag, Cu, W, Bi, Au, Mn och Fe. Många av dessa avspeglas i moränens elementmönster. Uthålliga anomalier i moränen i väster av bland annat bly, zink, antimon och mangan kopplas till stråket med mineraliseringar. Moränerna i östra delen har förhöjningar av exempelvis wolfram, bland annat i anslutning till Sparrbergets wolframmineralisering i skarn. Av samtliga moränprov finns de högsta analysvärdena av guld och vismut vid sjön Sör-Älgen, i ett gruvområde sydost om Grythyttan.

I sydost, vid Stadra och Holmshyttan mellan sjöarna Rågrecken och Bälgsjön, finns förhöjningar av sällsynta jordartsmetaller, germanium, kalium, magnesium, molybden och wolfram. Här finns flera kända fyndigheter, bland annat Bälgsjöns sulfidmineralisering med Cu, Ag, Bi och W. Norr om Bälgsjön ligger Långbockens gruva med bland annat scheelit, blyglans och kopparkis. Söder om denna fyndighet togs ett prov i bottenmorän, men någon mineralisering avspeglas inte i analysvärdena. Strax utanför undersökningsområdets gränslinjer i sydost ligger Gyttorp med Östra Gyttorpsgruvan, en fyndighet i skarn som brutits på järnoxid. Här finns även sällsynta jordartsmetaller, koppar och molybden. Väster om Gyttorp ligger Stora Rödbergsgruvan, som också den är en fyndighet i skarn med järnoxid, koppar och sällsynta jordartsmetaller. Moränområdet norr om Gyttorp är förhöjt på flera element och täcker in Stribergs gruvfält, ett område med otaliga mineraliseringar, främst järnoxid i skarn.

11E NO

Moränområdena ligger huvudsakligen över högsta kustlinjen i det område som motsvaras av kartbladet 11E NO. Terränger under högsta kustlinjen finns runt Nittälven i öster, och i söder runt sjön Grängen mot nordväst och nordost. Storblockig morän är vanlig i mindre områden i den nordvästra respektive nordöstra delen av kartbladets granitområden. Den storblockiga moränen anses vara korttransporterad. Osammanhängande moränbacklandskap finns centralt och i dalgången längs Nittälven. Drumlinoida former förekommer sparsamt centralt i kartbladet och i norra kartbladskanten (Sundh 2011). Se jordartskartan K 364 i bilaga 5. För moränprovtagningen var bottenmorän den vanligaste moräntypen, men från en del lokaler främst norr om sjön Norr-Älgen, togs prov i kullig morän.

Bergarterna på kartbladet domineras av metavulkaniter med en del karbonatsten. Flera områden med granit och gnejsgranit finns i metavulkanitområdet, liksom mindre och större (i söder) mafiska intrusioner. Glimmerrik skiffer finns i sydväst. I nordväst finns den granitdomän som fortsätter norrut. Många, men spridda, fyndigheter med järnoxid och med sulfider finns bland annat i metavulkanitområdets södra halva och i nordost. I nordost avspeglas de många mineraliseringarna med höga halter i morän av särskilt koppar och molybden, till exempel finns maxvärdet av koppar (som omräknat också överstiger gränsen för känslig markanvändning) strax söder om Stångfallsgruvorna. Norr om Hällefors ligger gruvfältet Hällefors silvergruvor med Cu, Pb, Zn, Ag och lokalt W. Moränen har måttligt förhöjda halter här av bly, zink, silver, arsenik, antimon med flera.

Längre norrut finns en uthållig guldanomali med riktning från nordnordväst. Proven är tagna i bottenmorän i en region med stort inslag av storblockig morän enligt jordartskartan

i bilaga 5. Den södra delen av anomalin har även förhöjningar av sällsynta jordartsmetaller.

Vid ett gruvområde vid Gunnarshult (öster om Hällefors) har moränen höga halter av bland annat kobolt, koppar, molybden och nickel och det högsta analysvärdet av samtliga prov av kobolt och vanadin. Halten av kobolt överstiger (omräknat) gränsen för känslig markanvändning.

12E SO

Kartområdets terräng ligger över högsta kustlinjen. Moränbacklandskap finns i hela området och främst i lågområdena. Särskilt i väster är det också vanligt med storblockig morän på ytan av moränkullarna. Bottenmorän finns i vida sammanhängande områden från nordväst ner till sydost och har ett frekvent inslag av drumlinoida former. Drumlinerna är ofta blockfattiga, och har finkornigare textur än omgivande bottenmorän. Det finns en del kraftigt isälvseroderade områden, exempelvis norr om sjön Norra Hörken. Det finns också djupa isälvsrännor och kalspolade områden i nordost som tyder på tappning av lokala issjöar (Ek 2010). Se jordartskartan K 240 i bilaga 5. Knappt hälften av moränproven är tagna i kullig morän. Något mer än hälften av de tagna moränproven är således i bottenmorän. Båda moräntyperna uppträder relativt oordnat i kartområdet.

Det kan också förekomma flera moränbäddar, som till exempel i Yxsjöbergsområdet. Vid tidigare prospekteringsinsatser med stratigrafiska moränunderökningar påträffades två olika moränenheter. En nedersta, kompakt, sandig–moig morän i avsaknad av både malmblock och wolframmineral, som annars är vanligt i området. Ovanpå denna morän fanns en sandig, wolframanomal ablationsmorän med innehåll av mineraliserade block. Den undre moränen är således mer långtransporterad och den övre mycket lokal och avspeglar berggrunden (Andersson m.fl. 1984). Mer komplex moränstratigrafi finns i trakten av Yxsjöby, norr om Yxsjöberg. Här finns 3–4 olika moränenheter med skild textur. Den översta är lös, sandig och lokal medan de underliggande är hårt packade enheter med karaktäristiskt mer långtransporterat material (Andersson m.fl. 1986).

Växelvisa partier av varierande bergarter tillsammans med inlandsisens transport och avlagring av material ger ganska oregelbundna elementmönster i morän. Moräntypen påverkar också eftersom det är i korttransporterad, kullig morän som spåren av lokala bergarter är tydligast. I den sydöstra fjärdedelen av kartbladet finns metavulkanit och smala gångar av diabas. Där finns också inslag av äldre gnejsig granit. I det området har främst bottenmorän provtagits. Inga direkta elementassociationer finns till metavulkaniten. Resterande delar av området intas huvudsakligen av granitoider. Granitmoränerna har måttliga förhöjningar av bly och uran, och kartområdet har högst medianhalter i morän av natrium, niob, tantal och wolfram som associeras till graniter. I väster finns höga halter kalcium och fosfor i kullig morän. Där finns också mafiska bergarter och den kulliga moränen är sannolikt korttransporterad, vilket kan förklara förhöjningarna.

Mineraliseringar med mangan finns vid sjön Norra Hörken. Närmast fyndigheterna är manganhalten i bottenmorän måttligt förhöjd, men högre i prov från en kullig morän öster därom. De många mineraliseringar som finns är främst knutna till metavulkanitområdena. Det är huvudsakligen fyndigheter med järnoxid, men spridda sulfidförekomster finns också. Ett flertal mineraliseringar med koppar finns runt Hörken och Yxsjöberg. De avspeglas i moränen med en utbredd anomali av bland annat koppar, guld, beryllium, vismut, molybden, tenn, tellur och wolfram.

I en kullig morän på Norra Hörkens östra strand finns det högsta värdet av cerium av samtliga analyserade prov. Övriga sällsynta jordartsmetaller har måttliga analysvärden. Hallmanimgruvan, som brutits på järnoxid i skarn ligger några hundra meter västerut. Det finns ett flertal fyndigheter mellan Hörken och Grängesberg som brutits på järnoxid i skarn. Even-

tuella REE-bärande mineral är okänt, men längre österut, i Grängesbergs järnmalmsgruvor, har man hittat mineral med cerium och yttrium.

Under våren 2015 påbörjades en specialundersökning av ”Relationen mellan Mo-mineraliserade graniter av GP-typ och W-förande exoskarn av Yxsjöbergstyp i Bergslagen”. Man fokuserade på relativt detaljerad undersökning av berggrunden i Yxsjöberg, Pingstaberg och Sandudden. I samband med det inledande fältarbetet togs totalt 15 moränprov från de tre objekten (bilaga 6). Det uppmättes höga halter av wolfram, koppar, guld, vismut och tellur vid Yxsjöberg, molybden vid Pingstaberg samt koppar och wolfram vid Sandudden. De maximala analysvärdena av Bi, Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Te och W är högre än för den regionala analyspopulationen, men det måste beaktas att provmaterialet inte är helt jämförbart. Halten av koppar överstiger (omräknat) gränsen för känslig markanvändning.

SUMMARY

For more than 30 years the main goal at SGU has been to provide high quality, consistently sampled and analysed geochemical data. The objective of the programme is to quantify regional geochemical variations in glacially drifted till in order to provide data for mineral exploration, the mining industry, planning purposes, environmental research, agriculture, forestry and veterinary and human medical research (medical geology). Two methods have been used for the purpose. The biogeochemical method was based on plant roots and water moss sampled in small streams. In the other method, till and to a minor extent fine-grained sediment were used as sample medium. The sample density for both methods is 1 sample per 7 km^2.

The till samples were collected from the C-horizon of hand-dug pits in till, usually at a depth of 0.7–1.0 m. Sediments (if sampled) were collected with a hand driven drill at 1.0 m depth. After vacuum-drying, the samples were sieved stepwise to <0.063 mm and analysed for trace and major elements at the SGU laboratory. Partial leaching in Aqua Regia (a mixture of HCl and HNO3) and nitric acid (7M HNO3) combined with ICP-MS analysis was used. The <2 mm fraction of clay and other sediment samples were also analysed using the partial leach and ICP-MS technique. Acidity was determined in a suspended solution composed of a 4 g sample (<0.063 mm) and 20 ml distilled water. A quality control programme was used in order to monitor the sampling and analytical variance. Additional details regarding the geochemical mapping programmes carried out by SGU are provided by Lax & Selinus (2005) and Andersson et al. (2014).

The survey area for the present report covers approximately 3 100 km2. A total of 530 samples of till were collected for the current study in parts of Värmland, Dalarna and Västmanland. The bedrock is composed of granites, gneisses, pegmatites, metavolcanic rocks, carbonate rocks and greywacke.

The basement hosts a large variety of mineralisation of various origin, from iron ore deposits to base metal and precious metal deposits. Around 1 800 deposits of precious metals, sulphides and other oxides have been known in the studied region.

The study area located above the highest coastline is dominated by bedrock outcrops and rather thin till beds. Below the highest coastline, the till deposits are thicker.

During deglaciation, the till layer was modified by melted ice, especially to the south of the marginal zone of the ice sheet. The composition of the till was further affected by the waves of the adjacent sea when the land started to rise due to isostatic uplift. Clay and sediments may have been embedded into the till. In a steep terrain, processes of solifluction have locally reworked the original till.

The movement of the ice sheet was mainly north–south. The ice transport distances are

interpreted to be short in areas with hummocky till, but in other places, where basal till is adjacent, the transport distance could have been longer. More than one bed of till is often found. The glaciations and deglaciation history complicates the interpretation of the origin of geochemical signatures in the till. Combination of postdepositional processes, together with varying topography have created disrupted geochemical anomalies.

Principal geochemical features of the till in the area are governed by the bedrock geology, with concentrations of elements typically found in felsic rocks (e.g. K, Rb, Th, U and Y). Where mafic rocks occur, elements like Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Ti and V are elevated. In the vicinity of known mineralisation sites, concentrations of antimony, arsenic, bismuth, cadmium, copper, gold, molybdenum, lead, silver, tungsten and zinc are found in the till.

Statistical methods have been used to clarify relations between the elements. The use of factor analysis allowed grouping of elements in several associations. The strongest factor (1) with REE, Ge, Th, Y, K, Rb and Sc associates the elements to magmatic and alkaline bedrock and hydrothermal mineralisations. Factor 2 with Au, Be, Bi, Cu, Sn, Te and W can be explained by mineralisations in skarn and granitoides. Factor 3 with Ag, As, Cd, Pb, Zn, Rh and Sb links the elements to sulphides and metasedimentary rocks. Factor 4 with Al, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Ni, Ti, V and Sc is typical of mafic rocks and minerals like e.g. magnetite, hematite, ilmenite and biotite. Factor 5 with Ca, P, Sr can be explained by the presence of phosphate minerals such as apatite and monazite and plagioclase in alkaline rocks e.g. syenitoides in the northern part of area. Factor 6 with Ta and Nb is characteristic for late magmatic granite and pegmatite.

In several locations, the concentrations of arsenic, cobalt, copper, nickel, lead and zinc exceed the guideline values for contaminated land (Naturvårdsverket 2016).

REFERENSER

Andersson, L.G., Liikanen; J. & Öbrink, H. 1984: Prospektering i Yxsjöbergsområdet 1/7–31/12 1983. *Rapport Bsg 84-338*, 46 s.

Andersson, L.G., Edberg, L., Jonuks, R. & Linder, T. 1986: Slutrapport B 86-10 Prospektering i Yxsjöbergsområdet Stödetapp II., 68 s.

Andersson, M., 2006: Geokemiska kartan. Markgeokemi. Metaller i morän och andra sediment från Varberg till Lidköping. *Sveriges geologiska undersökning K 45*, 168 s.

Andersson, M., 2015: Markgeokemiska kartan. Markgeokemi i västra Svealand, tätortsgeokemi i Karlstad. *Sveriges geologiska undersökning K 508, 94* s.

Andersson, M., Jelinek, C., Ohlsson, S.-Å. & Selinus, O., 2007: Geokemiska kartan. Markgeokemi. Metaller i morän och andra sediment i Östra Mälardalen med Stockholm. *Sveriges geologiska undersökning K 77*, 157 s.

Andersson, M., Carlsson, M., Ladenberger, A., Morris, G., Sadeghi, M. & Uhlbäck, J., 2014: Geokemisk atlas över Sverige. *Sveriges geologiska undersökning ISBN 978-91-7403-258-1,* 208 s.

Björck, J., Andrén, T., Wastegård, S., Possnert, G. & Schoning, K., 2002: An event stratigraphy for the Last Glacial-Holocene transition in eastern middle Sweden: results from investigations of varved clay and terrestrial sequences. *Quaternary Science Reviews 21*, 1 489–1 501.

Blomberg, A., 1903: Beskrifning till kartbladet Loka, med karta 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Aa N:o 118,* 32 s.

Bouchard, M.A. & Salonen, V.-P., 1990: Boulder transport in shield areas. *I* R. Kujansuu, M. Saarnisto & A.A. Balkema: *Glacial Indicator Tracing.* Rotterdam, 87–107.

Dreimanis, A., 1976: Tills: Their origin and properties. *In* Legget (ed.): *Glacial till, an Interdisciplinary Study*. The Royal Society of Canada, Special publications No. 12. 412 s.

Ek, A., Löfgren, S., Bergholm, J. & Qvarfort, U., 2001: Environmental effects of one thousand years of copper production at Falun, central Sweden. *Ambio 30*, 2, 96–103.

Ek, B-M., 2010: Karta och Beskrivning till jordartskartan 12E Säfsnäs SO. *Sveriges geologiska undersökning K 240, 22 s.*

Grånäs, K. & Hedenström, A., 2011: Karta och Beskrivning till jordartskartan 11E Filipstad NV. *Sveriges geologiska undersökning K 363,* 17 s.

Gumaelius, O., 1875: Beskrifning till kartbladet Nora, med karta 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Aa N:o 56,* 46 s.

Hallberg, A., Bergman, T., Gonzalez, J., Larsson, D., Morris, G.A., Perdahl, J.A., Ripa, M., Niiranen, T. & Eilu, P., 2012: Metallogenetic areas in Sweden. *Geological Survey of Finland Special Paper 53*, 139–206.

Holmberg, J., 2006: Geokemiska kartan. Markgeokemi. Metaller i morän och andra sediment i Örebro län. *Sveriges geologiska undersökning K 41,* 75 s.

Karppanen, H., 2002: *Epidemiological studies on the relationship between magnesium intake and cardiovascular diseases*. The Magnesium Web Site <www.mgwater.com/estudies.shtml>. Åtkommen 23 september 2019.

Koljonen, T. (red.), 1992: *The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till*. The Geological Survey of Finland, Espoo

Krüger, J., 1979: Structures and textures in till indicating subglacial deposition. *Boreas 8*, 323–340.

Kurttio, P., Auvinen, A., Salonen, L., Saha, H., Pekkanen, J., Mäkeläinen, I., Väisänen, S.B., Penttilä, I.M. & Komulainen, H., 2002: Renal effects of uranium in drinking water. *Environmental Health Perspectives 110*, 4.

Lax, K. & Selinus, O., 2005: Geochemical mapping at the Geological Survey of Sweden. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis 5*, 337–346.

Liikanen J., 1986: Kvartärgeologiska undersökningar Nordmark 1986, *Rapport B 86-22*, 20 s.

Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund, 491 s.

Lundmark, J.-E., 1986: *Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk, del 1*. Skogsstyrelsen, 158 s.

Lundqvist, G., 1940: Bergslagens minerogena jordarter. *Sveriges geologiska undersökning C 433,* 87 s.

Lundqvist, J., 1958: Jordartskarta över Värmlands län Karta i skala 1:200 000 med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ca 38,* 229 s.

Magnusson, N.H. & Granlund, E., 1928: Beskrivning till kartbladet Filipstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 165,* 119 s.

Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1932: Beskrivning till kartbladet Nya Kopparberget. *Sveriges geologiska undersökning Aa 175,* 91 s.

Mattsson, C., 1991: Geokemiska undersökningar vid Nordmark, SGAB P-divisionen Bergslagen, *Prospekteringsrapport B 91-10*, 15 s.

Naturvårdsverket, 2009: Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning. *Naturvårdsverket, Rapport 5976,* 270 s.

Naturvårdsverket, 2016: *Tabell för generella riktvärden för förorenad mark*. Ersätter tidigare utgivna, <http//www.naturvårdsverket.se>. Publicerad 2016.

Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljökvalitet, Sjöar och vattendrag. *Naturvårdsverket, Rapport 4913,* 101 s.

Perttunen, M., 1991: The transport of till in southern Finland. *Geological Survey of Finland Special Paper 9*, 79–86.

Peterson, G. & Smith, C.A., 2013: Beskrivning av enheter i den geomorfologiska databasen över Sverige. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2013:3*, 18 s.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (red.), 2014: Chemistry of Europe's agricultural soils – Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set. *Geologisches Jahrbuch Reihe B102*, 528 s.

Ripa, M., Mellqvist, M., Ahl, M., Andersson, D., Bastani, M., Delin, H., Kübler, L., Nysten, P., Persson, L. & Thelander, T., 2012: Beskrivning till berggrundskartan Västra delen av Dalarnas län. *Sveriges geologiska undersökning K 382,* 106 s.

Rosborg, I., Nihlgård, B. & Gerhardsson, L., 2003: Mineralämnen och metaller i 20 kommunala dricksvatten i södra Sverige. *VA-Forsk Rapport 2003-17*, 64 s.

Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S.P., Fedotova, E., Gregorauskiene, V., Kashulina, G., Niskavaara, H., Polischuok, A., Rissanen K., Slenok, L., Tomilina, O. & Zhdanova, L., 2005: *Geochemical atlas of the Eastern Barents region*. Elsevier Verlag, 548 s.

Sarala, P., 2006: Ribbed moraine stratigraphy and formation in southern Finnish Lapland. *Journal of Quaternary Science 21*, 387–398.

Selinus, O., Alloway. B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U. & Smedley, P. (red.), 2005: *Essentials of medical geology. Impacts of the natural environment on public health*. Elsevier Academic Press, 812 s.

SGU 1976: *Slutrapport over prospekteringsarbeten utförda för AB Statsgruvor/LKAB i Bergslagen 1975/1976*. Sveriges geologiska undersökning Berggrundsbyrån 1976, 57 s.

Snäll, S. & Ek, J., 2000: Moräners mineralogi och kemi över vissa bergartstyper i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 104,* 166 s.

Sohlenius, G., Lax, K. & Ladenberger, A., 2009: Kan SGUs data användas för att uppskatta moränens transportlängd? *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2009:26*, 25 s.

Stegmann, B., 1994: Skogsmarkens försurningskänslighet i Älvsborgs län. *Länsstyrelsen i Älvsborgs län, Meddelande 1994:1,* 76 s.

Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, I., Persson, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*, 259 s.

Sundberg, A., Olsson, A. & Wik, N-G., 2004: Projekt Bergskraft, Industriella mineral och bergarter i norra delen av Örebro län. *Sveriges geologiska undersökning 08-966/2004*, 74 s.

Sundh, M., 2011: Karta och Beskrivning till jordartskartan 11E Filipstad NO. *Sveriges geologiska undersökning K 364,* 15 s.

Svedlund, J-O. 2010: Karta och Beskrivning till jordartskartan 11E Filipstad SV. *Sveriges geologiska undersökning K 200,* 16 s.

Svedlund, J-O. & Hellström, F., 2009: Djupvittrad berggrund och blockanhopningar i Filipstadsområdet. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2009:06,* 20 s.

Sveriges Nationalatlas, 1994: *Berg och Jord*. SNA.

Tauber, C., 1988: *Spurenelemente in Flugaschen*. Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, Germany, 469 s.

BILAGA 1. STATISTIK

Tabell 1. Spearmans rangkorrelationskoefficienter för elementkoncentrationer i morän (<0,063 mm). Antal analyser: 530.
Spearman's rank correlation coefficients in till (<0,063 mm). Number of analyses: 530.

Element	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi
Ag	1,00	0,52	0,49	0,29	0,28	0,38	0,36	0,11
Al	0,52	1,00	0,22	0,12	0,49	0,49	0,44	-0,02
As	0,49	0,22	1,00	0,33	0,16	0,25	0,05	0,02
Au	0,29	0,12	0,33	1,00	0,06	0,08	0,28	0,43
B	0,28	0,49	0,16	0,06	1,00	0,46	0,23	-0,03
Ba	0,38	0,49	0,25	0,08	0,46	1,00	0,16	-0,03
Be	0,36	0,44	0,05	0,28	0,23	0,16	1,00	0,61
Bi	0,11	-0,02	0,02	0,43	-0,03	-0,03	0,61	1,00
Ca	-0,09	-0,02	0,01	-0,01	0,07	0,26	0,17	-0,06
Cd	0,58	0,26	0,47	0,15	0,18	0,25	0,19	0,01
Ce	0,38	0,51	0,16	0,05	0,37	0,41	0,34	-0,01
Co	0,30	0,55	0,28	0,14	0,39	0,39	0,32	0,07
Cr	0,40	0,60	0,19	0,16	0,32	0,39	0,51	0,05
Cu	0,34	0,24	0,14	0,20	0,09	0,16	0,54	0,45
Dy	0,48	0,40	0,13	0,08	0,23	0,38	0,40	-0,01
Eu	0,44	0,48	0,16	0,07	0,30	0,47	0,34	0,01
Fe	0,65	0,76	0,36	0,25	0,37	0,55	0,49	0,17
Ge	0,39	0,39	0,10	0,10	0,19	0,39	0,41	0,02
K	0,40	0,45	0,14	0,08	0,27	0,60	0,20	0,01
La	0,41	0,44	0,14	0,08	0,32	0,50	0,26	-0,03
Li	0,47	0,66	0,19	0,08	0,50	0,61	0,37	-0,01
Mg	0,49	0,65	0,17	0,16	0,40	0,45	0,56	0,02
Mn	0,38	0,41	0,37	0,21	0,33	0,40	0,49	0,05
Mo	0,34	0,22	0,27	0,13	0,05	0,17	0,07	0,03
Nb	0,01	0,34	-0,03	0,00	-0,08	-0,20	0,15	0,05
Nd	0,41	0,38	0,13	0,07	0,31	0,46	0,26	-0,03
Ni	0,29	0,50	0,23	0,11	0,39	0,34	0,25	-0,01
P	0,00	0,07	0,07	-0,03	0,10	0,30	-0,04	-0,07
Pb	0,72	0,22	0,41	0,16	0,08	0,19	0,24	0,04
Rb	0,43	0,44	0,14	0,07	0,32	0,59	0,23	0,02
Rh	0,66	0,27	0,40	0,25	0,19	0,35	0,37	0,23
Sb	0,45	0,24	0,76	0,25	0,23	0,34	0,07	0,03
Sc	0,48	0,73	0,13	0,08	0,41	0,46	0,43	0,00
Sn	0,49	0,30	0,02	0,21	0,05	0,07	0,82	0,49
Sr	0,09	0,15	0,15	0,03	0,25	0,42	0,00	-0,11
Ta	-0,08	0,10	-0,08	-0,06	-0,19	-0,31	0,06	-0,05
Te	0,43	0,28	0,31	0,39	0,08	0,13	0,60	0,75
Th	0,45	0,48	0,12	0,06	0,36	0,38	0,28	-0,03
Ti	0,39	0,66	0,17	0,03	0,31	0,47	0,28	-0,01
Tl	0,64	0,40	0,43	0,20	0,22	0,57	0,17	0,04
U	0,27	0,27	0,06	0,03	0,27	0,59	0,22	0,00
V	0,44	0,68	0,25	0,10	0,40	0,51	0,36	0,06
W	0,09	0,05	-0,02	0,30	-0,04	-0,04	0,69	0,95
Y	0,46	0,37	0,13	0,09	0,21	0,39	0,41	-0,01
Yb	0,53	0,36	0,15	0,10	0,22	0,33	0,45	0,01
Zn	0,64	0,27	0,26	0,10	0,16	0,24	0,35	0,05
Zr	0,65	0,50	0,27	0,19	0,40	0,41	0,37	0,08

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

Element	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Dy	Eu
Ag	-0,09	0,58	0,38	0,30	0,40	0,34	0,48	0,44
Al	-0,02	0,26	0,51	0,55	0,60	0,24	0,40	0,48
As	0,01	0,47	0,16	0,28	0,19	0,14	0,13	0,16
Au	-0,01	0,15	0,05	0,14	0,16	0,20	0,08	0,07
B	0,07	0,18	0,37	0,39	0,32	0,09	0,23	0,30
Ba	0,26	0,25	0,41	0,39	0,39	0,16	0,38	0,47
Be	0,17	0,19	0,34	0,32	0,51	0,54	0,40	0,34
Bi	-0,06	0,01	-0,01	0,07	0,05	0,45	-0,01	0,01
Ca	1,00	0,11	0,16	0,26	0,18	0,17	0,27	0,28
Cd	0,11	1,00	0,31	0,22	0,23	0,30	0,39	0,35
Ce	0,16	0,31	1,00	0,44	0,35	0,22	0,67	0,65
Co	0,26	0,22	0,44	1,00	0,53	0,39	0,33	0,43
Cr	0,18	0,23	0,35	0,53	1,00	0,37	0,37	0,38
Cu	0,17	0,30	0,22	0,39	0,37	1,00	0,23	0,23
Dy	0,27	0,39	0,67	0,33	0,37	0,23	1,00	0,87
Eu	0,28	0,35	0,65	0,43	0,38	0,23	0,87	1,00
Fe	0,14	0,36	0,45	0,64	0,64	0,45	0,49	0,56
Ge	0,40	0,27	0,57	0,43	0,44	0,30	0,81	0,80
K	0,21	0,31	0,40	0,39	0,38	0,17	0,55	0,59
La	0,31	0,35	0,67	0,37	0,39	0,18	0,82	0,86
Li	0,25	0,31	0,50	0,50	0,59	0,23	0,47	0,49
Mg	0,27	0,29	0,46	0,61	0,70	0,33	0,46	0,52
Mn	0,44	0,48	0,45	0,51	0,52	0,33	0,45	0,48
Mo	-0,08	0,17	0,05	0,02	0,11	0,13	0,12	0,03
Nb	-0,17	0,00	0,18	-0,10	0,04	-0,03	0,01	-0,09
Nd	0,30	0,36	0,70	0,35	0,33	0,17	0,89	0,90
Ni	0,19	0,20	0,40	0,78	0,58	0,29	0,22	0,25
P	0,74	0,13	0,20	0,25	0,06	0,04	0,28	0,31
Pb	0,05	0,79	0,33	0,15	0,21	0,28	0,45	0,35
Rb	0,24	0,38	0,46	0,42	0,40	0,19	0,61	0,60
Rh	0,22	0,69	0,37	0,39	0,32	0,70	0,46	0,41
Sb	0,00	0,44	0,13	0,24	0,19	0,12	0,10	0,14
Sc	0,01	0,24	0,53	0,51	0,55	0,27	0,63	0,74
Sn	0,15	0,33	0,36	0,21	0,40	0,52	0,48	0,37
Sr	0,63	0,25	0,19	0,17	0,12	0,02	0,18	0,24
Ta	-0,21	-0,11	0,16	-0,08	0,02	-0,06	-0,01	-0,08
Te	-0,12	0,16	0,10	0,25	0,25	0,51	0,11	0,12
Th	0,11	0,24	0,63	0,32	0,29	0,12	0,70	0,58
Ti	0,16	0,28	0,47	0,45	0,45	0,22	0,40	0,48
Tl	0,17	0,50	0,36	0,35	0,35	0,22	0,49	0,44
U	0,19	0,06	0,42	0,12	0,18	0,08	0,45	0,35
V	0,19	0,28	0,40	0,70	0,62	0,38	0,38	0,50
W	-0,04	-0,02	0,02	0,08	0,12	0,54	0,02	0,03
Y	0,33	0,38	0,62	0,32	0,39	0,22	0,97	0,80
Yb	0,27	0,38	0,61	0,29	0,37	0,24	0,94	0,72
Zn	0,19	0,84	0,39	0,26	0,32	0,35	0,53	0,47
Zr	-0,12	0,28	0,38	0,35	0,42	0,24	0,50	0,52

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

Element	Fe	Ge	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
Ag	0,65	0,39	0,40	0,41	0,47	0,49	0,38	0,34
Al	0,76	0,39	0,45	0,44	0,66	0,65	0,41	0,22
As	0,36	0,10	0,14	0,14	0,19	0,17	0,37	0,27
Au	0,25	0,10	0,08	0,08	0,08	0,16	0,21	0,13
B	0,37	0,19	0,27	0,32	0,50	0,40	0,33	0,05
Ba	0,55	0,39	0,60	0,50	0,61	0,45	0,40	0,17
Be	0,49	0,41	0,20	0,26	0,37	0,56	0,49	0,07
Bi	0,17	0,02	0,01	-0,03	-0,01	0,02	0,05	0,03
Ca	0,14	0,40	0,21	0,31	0,25	0,27	0,44	-0,08
Cd	0,36	0,27	0,31	0,35	0,31	0,29	0,48	0,17
Ce	0,45	0,57	0,40	0,67	0,50	0,46	0,45	0,05
Co	0,64	0,43	0,39	0,37	0,50	0,61	0,51	0,02
Cr	0,64	0,44	0,38	0,39	0,59	0,70	0,52	0,11
Cu	0,45	0,30	0,17	0,18	0,23	0,33	0,33	0,13
Dy	0,49	0,81	0,55	0,82	0,47	0,46	0,45	0,12
Eu	0,56	0,80	0,59	0,86	0,49	0,52	0,48	0,03
Fe	1,00	0,59	0,68	0,53	0,72	0,76	0,53	0,31
Ge	0,59	1,00	0,70	0,83	0,50	0,67	0,52	0,09
K	0,68	0,70	1,00	0,68	0,61	0,60	0,40	0,18
La	0,53	0,83	0,68	1,00	0,58	0,52	0,48	0,06
Li	0,72	0,50	0,61	0,58	1,00	0,63	0,49	0,13
Mg	0,76	0,67	0,60	0,52	0,63	1,00	0,65	0,12
Mn	0,53	0,52	0,40	0,48	0,49	0,65	1,00	0,02
Mo	0,31	0,09	0,18	0,06	0,13	0,12	0,02	1,00
Nb	0,03	-0,10	-0,15	-0,10	0,01	-0,07	-0,16	0,17
Nd	0,47	0,84	0,63	0,96	0,52	0,48	0,47	0,02
Ni	0,53	0,32	0,30	0,27	0,48	0,59	0,42	0,05
P	0,19	0,33	0,30	0,37	0,35	0,12	0,22	0,01
Pb	0,33	0,27	0,24	0,32	0,25	0,24	0,37	0,22
Rb	0,68	0,70	0,94	0,72	0,69	0,56	0,46	0,13
Rh	0,53	0,40	0,35	0,42	0,35	0,37	0,47	0,22
Sb	0,36	0,05	0,16	0,13	0,23	0,18	0,45	0,19
Sc	0,67	0,64	0,52	0,64	0,49	0,68	0,39	0,12
Sn	0,45	0,52	0,27	0,33	0,31	0,54	0,40	0,07
Sr	0,17	0,17	0,20	0,36	0,29	0,15	0,34	-0,01
Ta	-0,09	-0,05	-0,17	-0,05	0,01	-0,09	-0,11	-0,02
Te	0,48	0,13	0,15	0,06	0,18	0,22	0,13	0,30
Th	0,53	0,63	0,59	0,70	0,63	0,41	0,36	0,10
Ti	0,69	0,42	0,55	0,52	0,60	0,53	0,38	0,15
Tl	0,70	0,50	0,76	0,54	0,59	0,43	0,42	0,37
U	0,26	0,27	0,26	0,35	0,48	0,21	0,16	0,21
V	0,75	0,41	0,45	0,44	0,57	0,60	0,42	0,15
W	0,20	0,07	0,01	-0,03	0,03	0,07	0,06	0,02
Y	0,49	0,80	0,55	0,80	0,49	0,47	0,47	0,16
Yb	0,46	0,72	0,47	0,69	0,48	0,43	0,42	0,18
Zn	0,39	0,40	0,33	0,42	0,37	0,40	0,49	0,07
Zr	0,59	0,52	0,50	0,50	0,39	0,58	0,39	0,14

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

Element	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Rb	Rh	Sb
Ag	0,01	0,41	0,29	0,00	0,72	0,43	0,66	0,45
Al	0,34	0,38	0,50	0,07	0,22	0,44	0,27	0,24
As	-0,03	0,13	0,23	0,07	0,41	0,14	0,40	0,76
Au	0,00	0,07	0,11	-0,03	0,16	0,07	0,25	0,25
B	-0,08	0,31	0,39	0,10	0,08	0,32	0,19	0,23
Ba	-0,20	0,46	0,34	0,30	0,19	0,59	0,35	0,34
Be	0,15	0,26	0,25	-0,04	0,24	0,23	0,37	0,07
Bi	0,05	-0,03	-0,01	-0,07	0,04	0,02	0,23	0,03
Ca	-0,17	0,30	0,19	0,74	0,05	0,24	0,22	0,00
Cd	0,00	0,36	0,20	0,13	0,79	0,38	0,69	0,44
Ce	0,18	0,70	0,40	0,20	0,33	0,46	0,37	0,13
Co	-0,10	0,35	0,78	0,25	0,15	0,42	0,39	0,24
Cr	0,04	0,33	0,58	0,06	0,21	0,40	0,32	0,19
Cu	-0,03	0,17	0,29	0,04	0,28	0,19	0,70	0,12
Dy	0,01	0,89	0,22	0,28	0,45	0,61	0,46	0,10
Eu	-0,09	0,90	0,25	0,31	0,35	0,60	0,41	0,14
Fe	0,03	0,47	0,53	0,19	0,33	0,68	0,53	0,36
Ge	-0,10	0,84	0,32	0,33	0,27	0,70	0,40	0,05
K	-0,15	0,63	0,30	0,30	0,24	0,94	0,35	0,16
La	-0,10	0,96	0,27	0,37	0,32	0,72	0,42	0,13
Li	0,01	0,52	0,48	0,35	0,25	0,69	0,35	0,23
Mg	-0,07	0,48	0,59	0,12	0,24	0,56	0,37	0,18
Mn	-0,16	0,47	0,42	0,22	0,37	0,46	0,47	0,45
Mo	0,17	0,02	0,05	0,01	0,22	0,13	0,22	0,19
Nb	1,00	-0,12	-0,05	-0,06	0,04	-0,16	-0,16	-0,07
Nd	-0,12	1,00	0,25	0,35	0,35	0,68	0,42	0,11
Ni	-0,05	0,25	1,00	0,14	0,14	0,34	0,32	0,23
P	-0,06	0,35	0,14	1,00	0,08	0,33	0,16	0,04
Pb	0,04	0,35	0,14	0,08	1,00	0,33	0,72	0,35
Rb	-0,16	0,68	0,34	0,33	0,33	1,00	0,42	0,17
Rh	-0,16	0,42	0,32	0,16	0,72	0,42	1,00	0,37
Sb	-0,07	0,11	0,23	0,04	0,35	0,17	0,37	1,00
Sc	0,02	0,62	0,34	0,01	0,23	0,48	0,32	0,11
Sn	0,12	0,35	0,18	-0,02	0,46	0,31	0,49	-0,01
Sr	-0,16	0,31	0,16	0,47	0,14	0,24	0,32	0,19
Ta	0,55	-0,06	-0,06	-0,02	-0,02	-0,17	-0,19	-0,17
Te	0,14	0,03	0,14	-0,03	0,22	0,12	0,39	0,26
Th	0,06	0,70	0,23	0,26	0,27	0,67	0,33	0,11
Ti	0,21	0,44	0,31	0,21	0,22	0,58	0,33	0,14
Tl	-0,11	0,49	0,32	0,31	0,55	0,81	0,58	0,37
U	0,03	0,38	0,09	0,25	0,15	0,27	0,18	0,06
V	0,03	0,38	0,48	0,20	0,24	0,47	0,42	0,21
W	0,12	-0,03	0,02	-0,06	0,01	0,01	0,22	-0,02
Y	-0,02	0,86	0,23	0,32	0,44	0,62	0,46	0,10
Yb	0,04	0,76	0,21	0,27	0,50	0,55	0,49	0,09
Zn	-0,05	0,45	0,24	0,14	0,87	0,44	0,72	0,25
Zr	-0,17	0,50	0,29	-0,18	0,27	0,48	0,40	0,33

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

Element	Sc	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl
Ag	0,48	0,49	0,09	-0,08	0,43	0,45	0,39	0,64
Al	0,73	0,30	0,15	0,10	0,28	0,48	0,66	0,40
As	0,13	0,02	0,15	-0,08	0,31	0,12	0,17	0,43
Au	0,08	0,21	0,03	-0,06	0,39	0,06	0,03	0,20
B	0,41	0,05	0,25	-0,19	0,08	0,36	0,31	0,22
Ba	0,46	0,07	0,42	-0,31	0,13	0,38	0,47	0,57
Be	0,43	0,82	0,00	0,06	0,60	0,28	0,28	0,17
Bi	0,00	0,49	-0,11	-0,05	0,75	-0,03	-0,01	0,04
Ca	0,01	0,15	0,63	-0,21	-0,12	0,11	0,16	0,17
Cd	0,24	0,33	0,25	-0,11	0,16	0,24	0,28	0,50
Ce	0,53	0,36	0,19	0,16	0,10	0,63	0,47	0,36
Co	0,51	0,21	0,17	-0,08	0,25	0,32	0,45	0,35
Cr	0,55	0,40	0,12	0,02	0,25	0,29	0,45	0,35
Cu	0,27	0,52	0,02	-0,06	0,51	0,12	0,22	0,22
Dy	0,63	0,48	0,18	-0,01	0,11	0,70	0,40	0,49
Eu	0,74	0,37	0,24	-0,08	0,12	0,58	0,48	0,44
Fe	0,67	0,45	0,17	-0,09	0,48	0,53	0,69	0,70
Ge	0,64	0,52	0,17	-0,05	0,13	0,63	0,42	0,50
K	0,52	0,27	0,20	-0,17	0,15	0,59	0,55	0,76
La	0,64	0,33	0,36	-0,05	0,06	0,70	0,52	0,54
Li	0,49	0,31	0,29	0,01	0,18	0,63	0,60	0,59
Mg	0,68	0,54	0,15	-0,09	0,22	0,41	0,53	0,43
Mn	0,39	0,40	0,34	-0,11	0,13	0,36	0,38	0,42
Mo	0,12	0,07	-0,01	-0,02	0,30	0,10	0,15	0,37
Nb	0,02	0,12	-0,16	0,55	0,14	0,06	0,21	-0,11
Nd	0,62	0,35	0,31	-0,06	0,03	0,70	0,44	0,49
Ni	0,34	0,18	0,16	-0,06	0,14	0,23	0,31	0,32
P	0,01	-0,02	0,47	-0,02	-0,03	0,26	0,21	0,31
Pb	0,23	0,46	0,14	-0,02	0,22	0,27	0,22	0,55
Rb	0,48	0,31	0,24	-0,17	0,12	0,67	0,58	0,81
Rh	0,32	0,49	0,32	-0,19	0,39	0,33	0,33	0,58
Sb	0,11	-0,01	0,19	-0,17	0,26	0,11	0,14	0,37
Sc	1,00	0,41	0,10	-0,05	0,22	0,51	0,60	0,35
Sn	0,41	1,00	0,00	0,05	0,47	0,36	0,33	0,26
Sr	0,10	0,00	1,00	-0,25	-0,11	0,18	0,41	0,27
Ta	-0,05	0,05	-0,25	1,00	0,02	0,12	0,09	-0,13
Te	0,22	0,47	-0,11	0,02	1,00	0,10	0,16	0,32
Th	0,51	0,36	0,18	0,12	0,10	1,00	0,50	0,53
Ti	0,60	0,33	0,41	0,09	0,16	0,50	1,00	0,52
Tl	0,35	0,26	0,27	-0,13	0,32	0,53	0,52	1,00
U	0,26	0,17	0,21	0,00	0,08	0,45	0,22	0,26
V	0,69	0,29	0,28	-0,08	0,28	0,36	0,76	0,45
W	0,05	0,56	-0,15	0,02	0,76	-0,01	0,02	0,00
Y	0,58	0,48	0,23	-0,01	0,12	0,68	0,40	0,52
Yb	0,54	0,55	0,16	0,01	0,15	0,70	0,36	0,50
Zn	0,32	0,54	0,19	-0,10	0,13	0,29	0,28	0,49
Zr	0,67	0,42	0,06	-0,28	0,25	0,55	0,34	0,37

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

Element	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Ag	0,27	0,44	0,09	0,46	0,53	0,64	0,65
Al	0,27	0,68	0,05	0,37	0,36	0,27	0,50
As	0,06	0,25	-0,02	0,13	0,15	0,26	0,27
Au	0,03	0,10	0,30	0,09	0,10	0,10	0,19
B	0,27	0,40	-0,04	0,21	0,22	0,16	0,40
Ba	0,59	0,51	-0,04	0,39	0,33	0,24	0,41
Be	0,22	0,36	0,69	0,41	0,45	0,35	0,37
Bi	0,00	0,06	0,95	-0,01	0,01	0,05	0,08
Ca	0,19	0,19	-0,04	0,33	0,27	0,19	-0,12
Cd	0,06	0,28	-0,02	0,38	0,38	0,84	0,28
Ce	0,42	0,40	0,02	0,62	0,61	0,39	0,38
Co	0,12	0,70	0,08	0,32	0,29	0,26	0,35
Cr	0,18	0,62	0,12	0,39	0,37	0,32	0,42
Cu	0,08	0,38	0,54	0,22	0,24	0,35	0,24
Dy	0,45	0,38	0,02	0,97	0,94	0,53	0,50
Eu	0,35	0,50	0,03	0,80	0,72	0,47	0,52
Fe	0,26	0,75	0,20	0,49	0,46	0,39	0,59
Ge	0,27	0,41	0,07	0,80	0,72	0,40	0,52
K	0,26	0,45	0,01	0,55	0,47	0,33	0,50
La	0,35	0,44	-0,03	0,80	0,69	0,42	0,50
Li	0,48	0,57	0,03	0,49	0,48	0,37	0,39
Mg	0,21	0,60	0,07	0,47	0,43	0,40	0,58
Mn	0,16	0,42	0,06	0,47	0,42	0,49	0,39
Mo	0,21	0,15	0,02	0,16	0,18	0,07	0,14
Nb	0,03	0,03	0,12	-0,02	0,04	-0,05	-0,17
Nd	0,38	0,38	-0,03	0,86	0,76	0,45	0,50
Ni	0,09	0,48	0,02	0,23	0,21	0,24	0,29
P	0,25	0,20	-0,06	0,32	0,27	0,14	-0,18
Pb	0,15	0,24	0,01	0,44	0,50	0,87	0,27
Rb	0,27	0,47	0,01	0,62	0,55	0,44	0,48
Rh	0,18	0,42	0,22	0,46	0,49	0,72	0,40
Sb	0,06	0,21	-0,02	0,10	0,09	0,25	0,33
Sc	0,26	0,69	0,05	0,58	0,54	0,32	0,67
Sn	0,17	0,29	0,56	0,48	0,55	0,54	0,42
Sr	0,21	0,28	-0,15	0,23	0,16	0,19	0,06
Ta	0,00	-0,08	0,02	-0,01	0,01	-0,10	-0,28
Te	0,08	0,28	0,76	0,12	0,15	0,13	0,25
Th	0,45	0,36	-0,01	0,68	0,70	0,29	0,55
Ti	0,22	0,76	0,02	0,40	0,36	0,28	0,34
Tl	0,26	0,45	0,00	0,52	0,50	0,49	0,37
U	1,00	0,23	0,01	0,46	0,50	0,12	0,20
V	0,23	1,00	0,09	0,37	0,34	0,33	0,41
W	0,01	0,09	1,00	0,01	0,05	0,03	0,08
Y	0,46	0,37	0,01	1,00	0,95	0,51	0,46
Yb	0,50	0,34	0,05	0,95	1,00	0,54	0,48
Zn	0,12	0,33	0,03	0,51	0,54	1,00	0,31
Zr	0,20	0,41	0,08	0,46	0,48	0,31	1,00

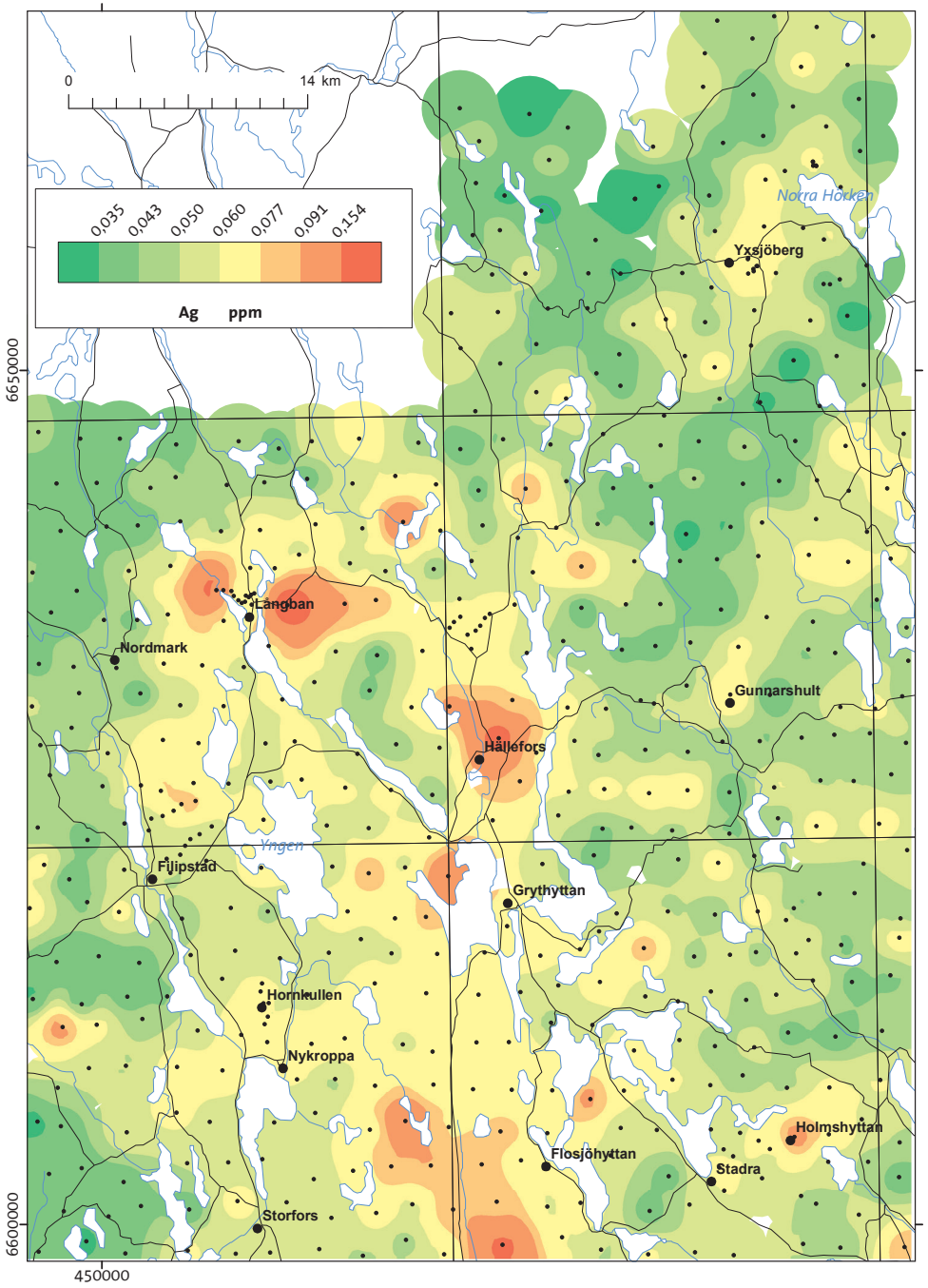
BILAGA 2. GEOKEMISKA KARTOR

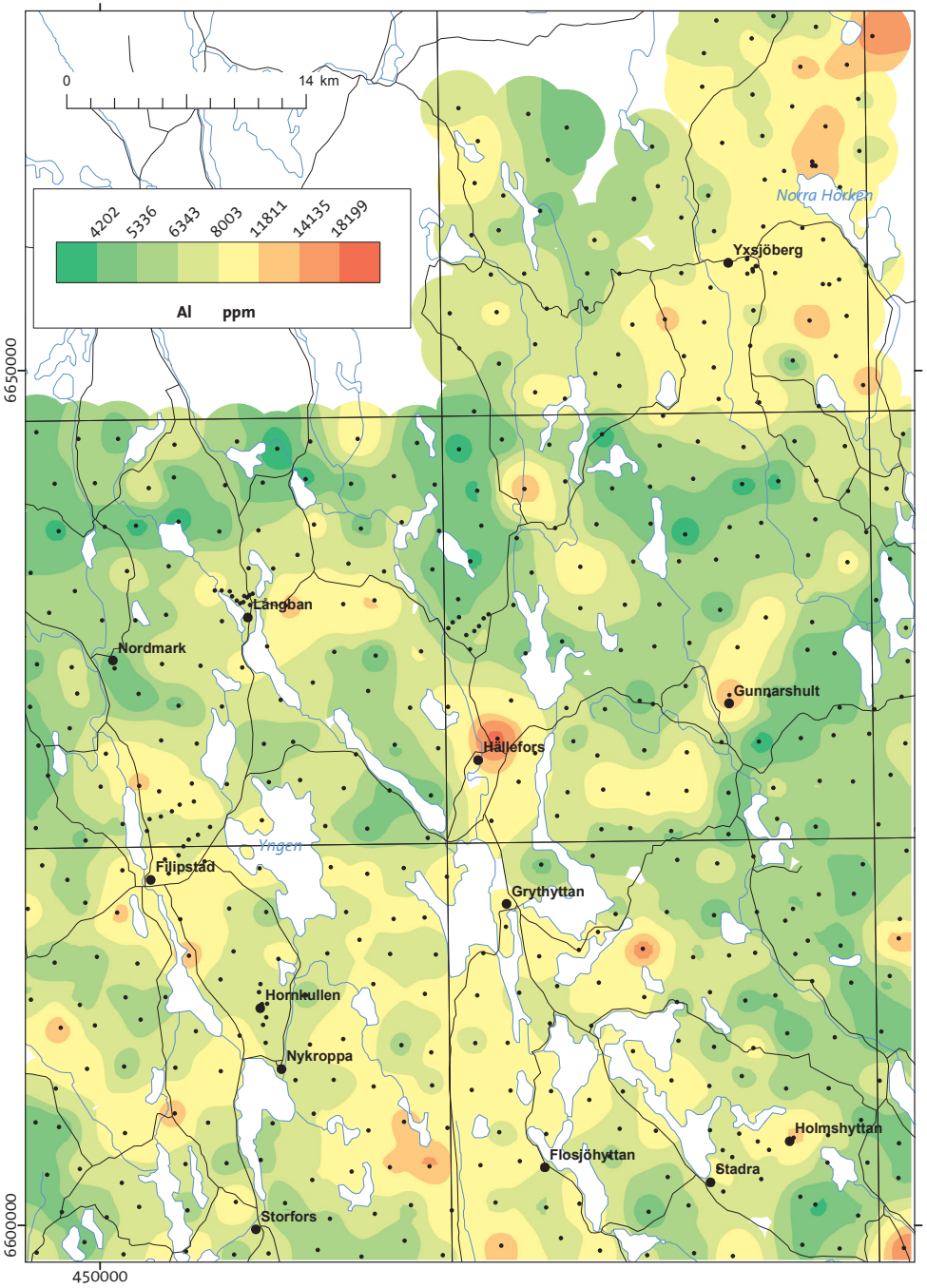
Kartor över förekomst och fördelning av element och pH i morän (<0,063 mm) baserade på analyser med ICP-MS efter partiell lakning. Karta över pH baseras på prov uppslammat i avjoniserat vatten.

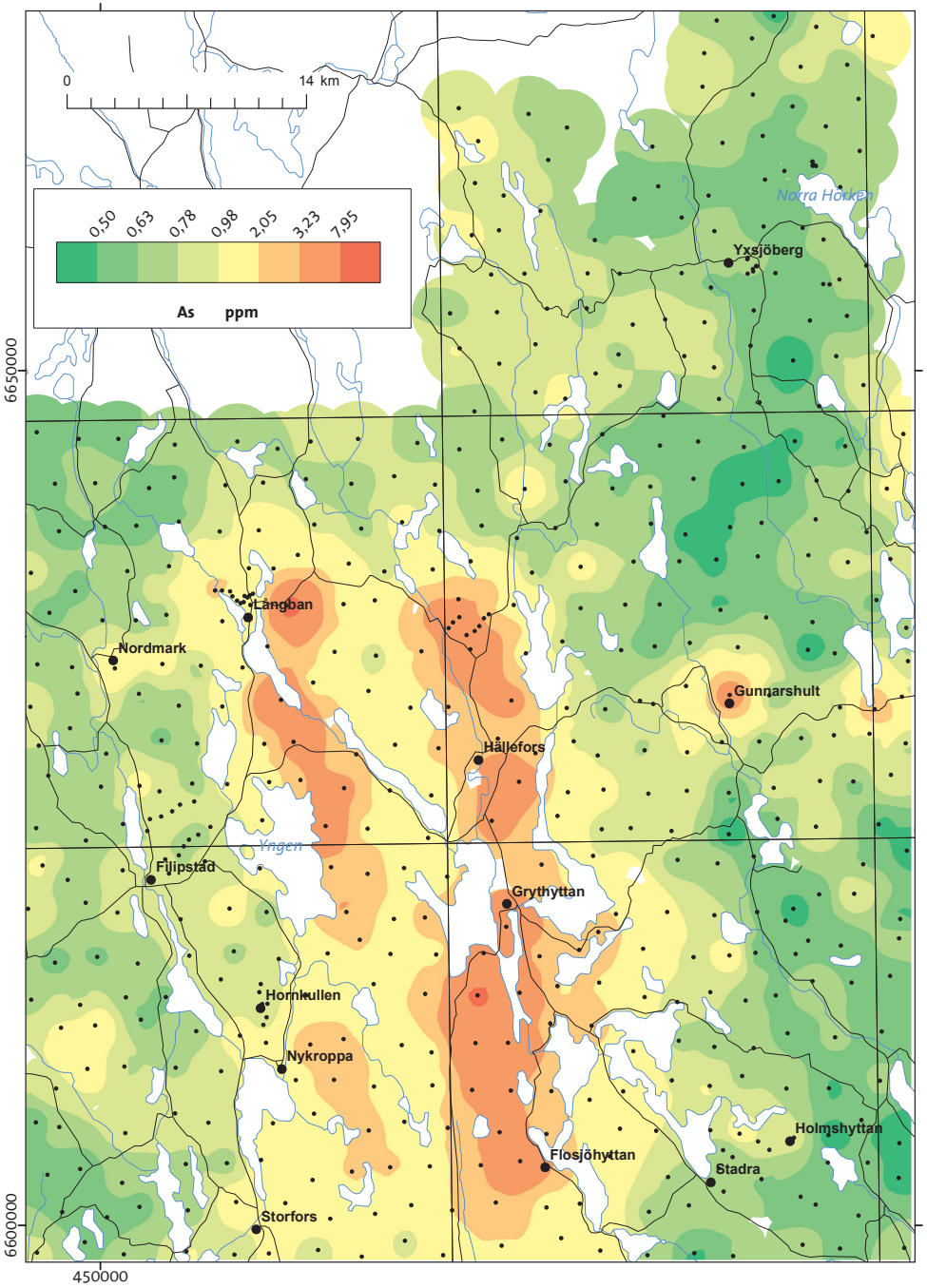
Maps of the presence and distribution of elements and pH in till (<0,063 mm) based on analyzes with ICP-MS after partial extraction. Map of pH is based on samples mixed with deionised water.

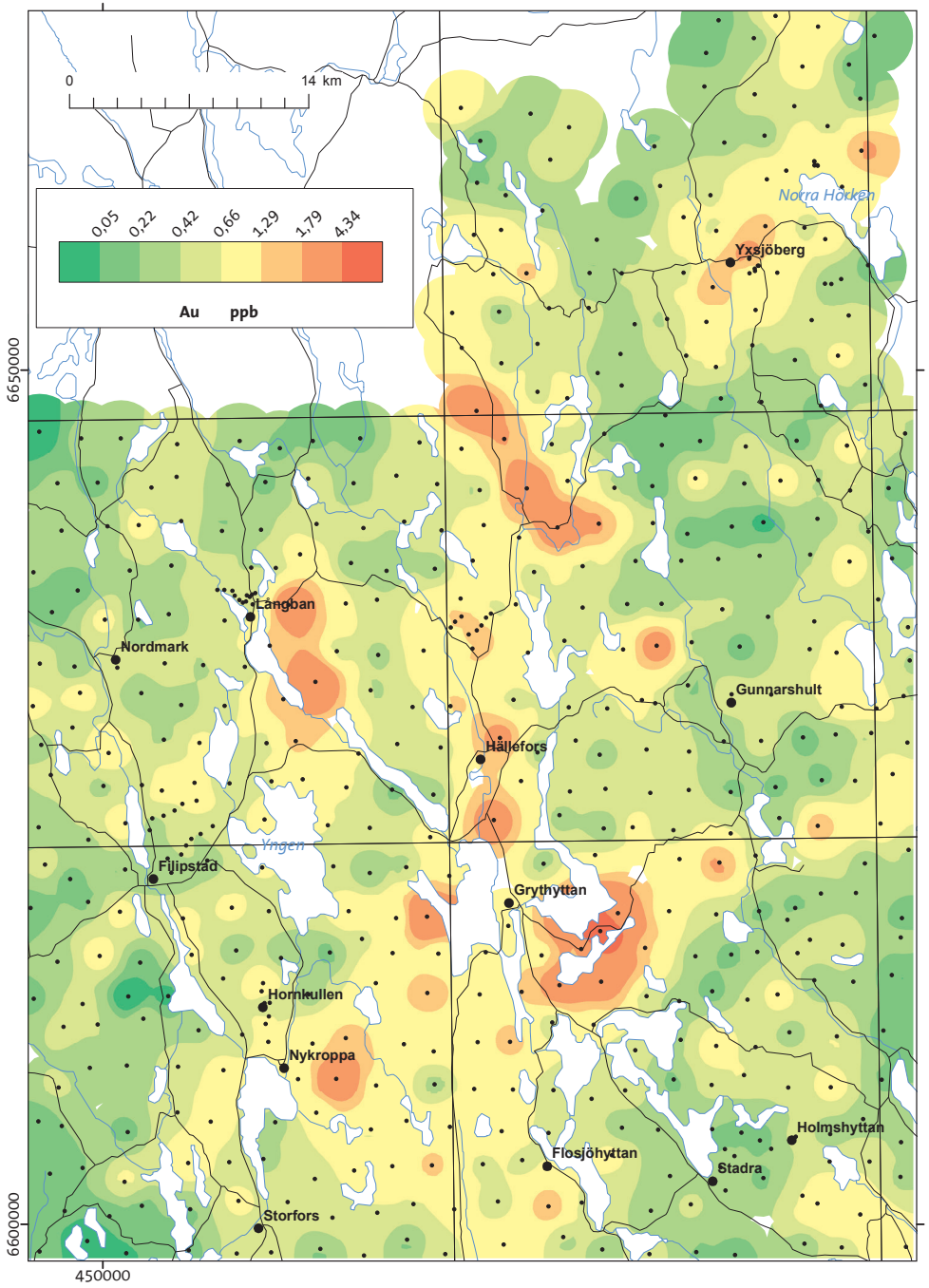
Lakning med salpetersyra (7M HNO3)/*Nitric acid extraction*: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Eu, Fe, Ge, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Tb, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn och Zr.

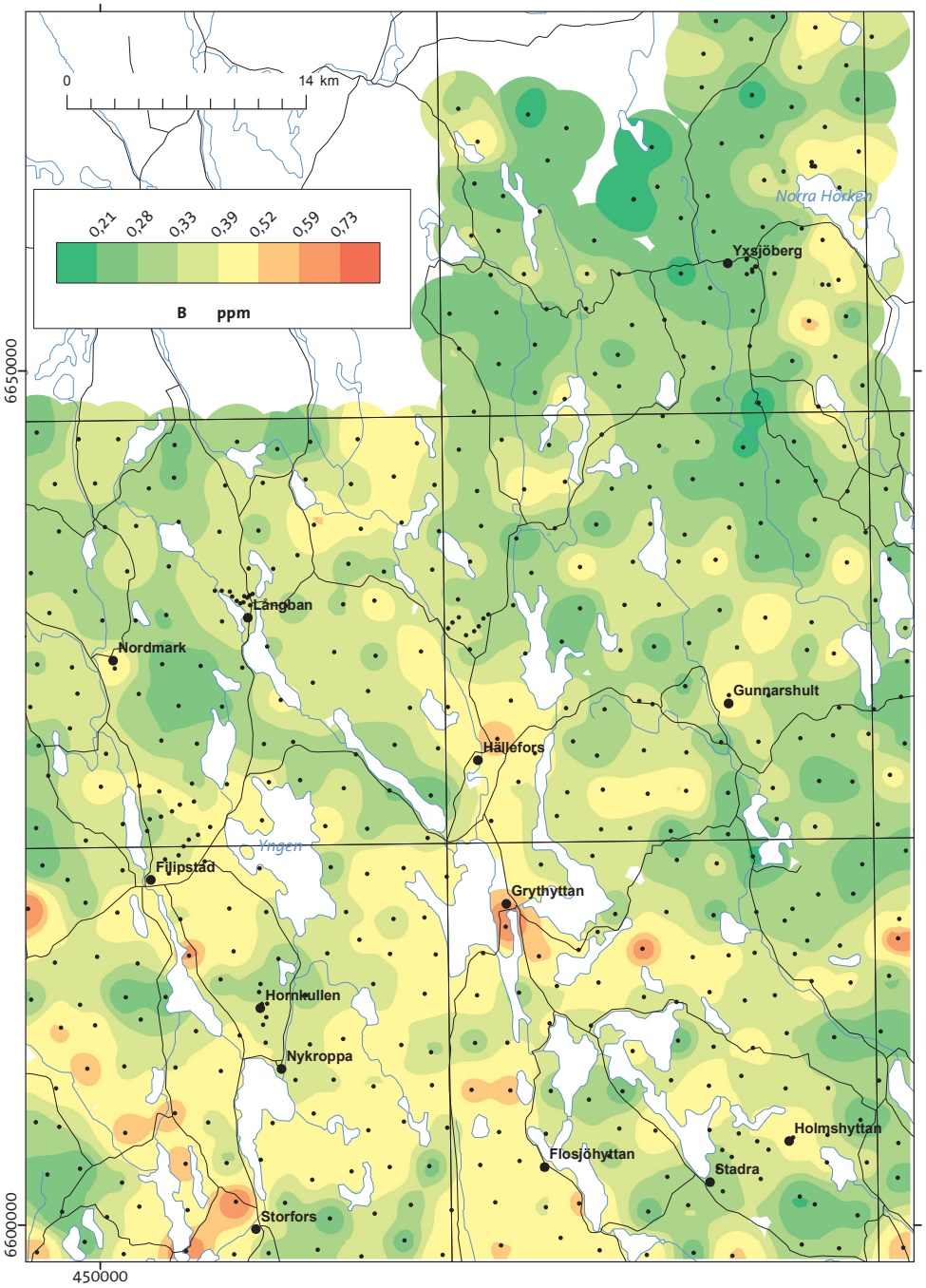
Lakning med kungsvatten (aqua regia, A.R.)/*Aqua Regia extraction*: Au, Rh, Sb, Ta och Te.

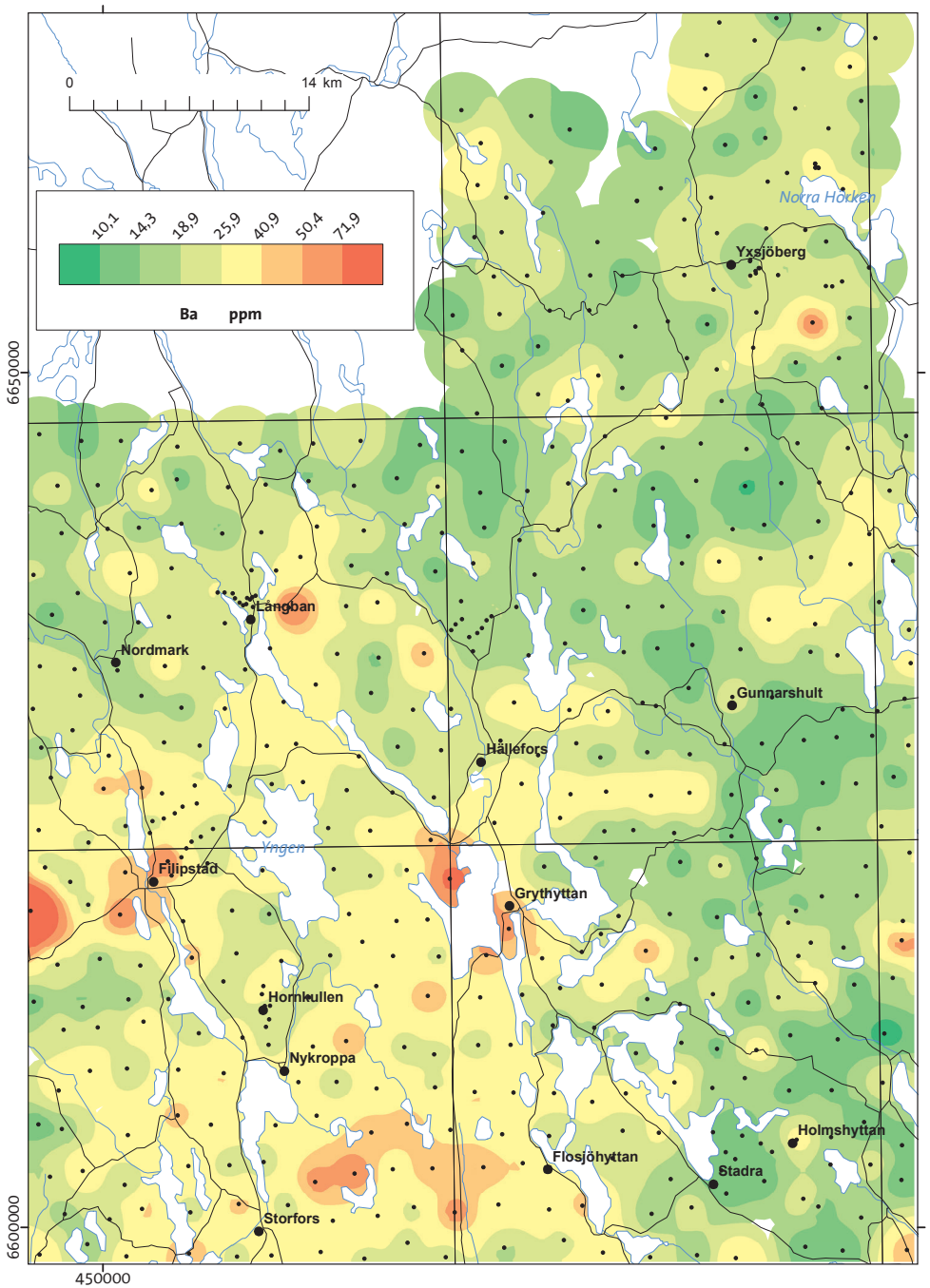


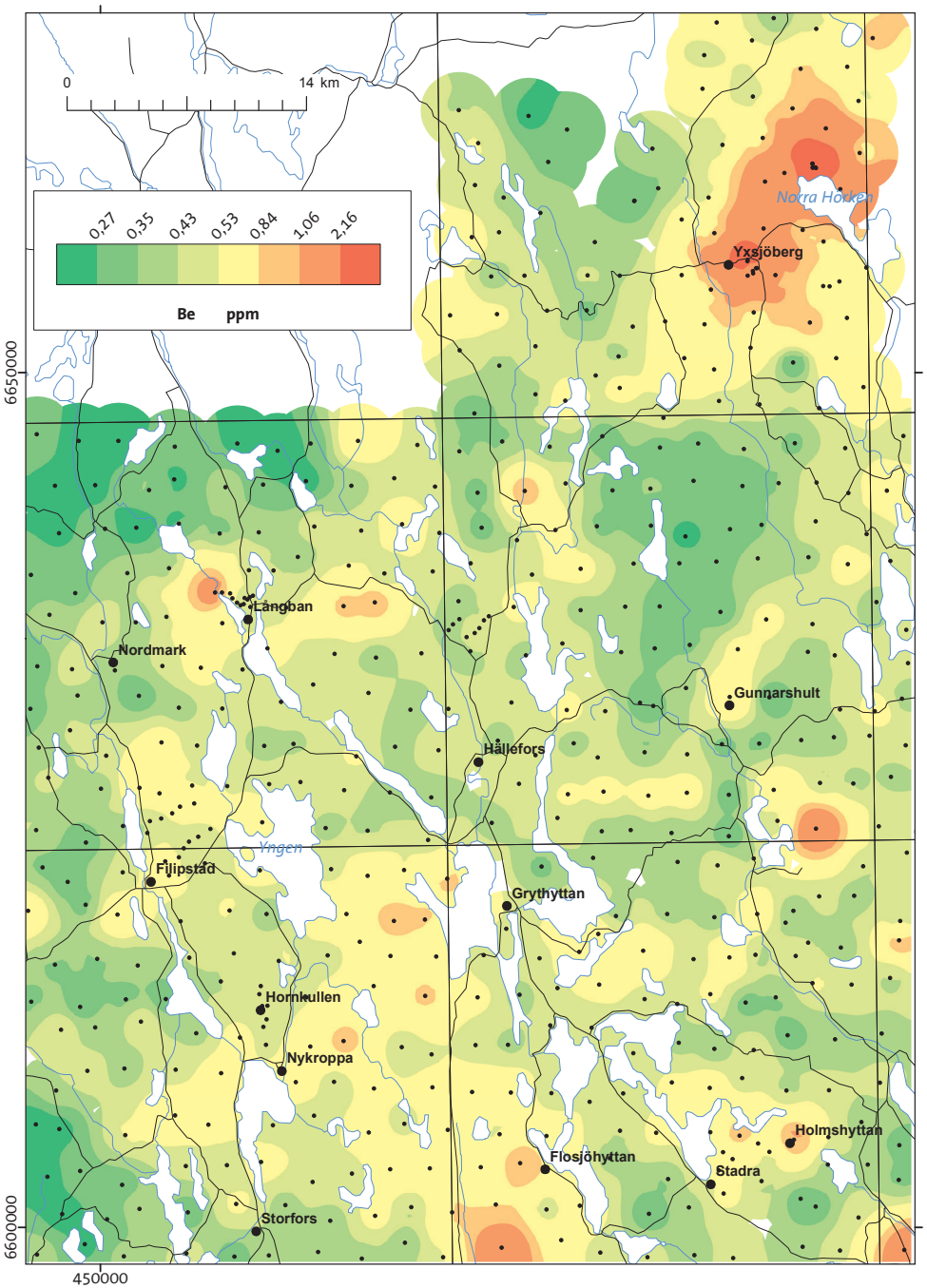

0
14 km
4202
5336
6343
8003
11811
14135
18199
Al ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

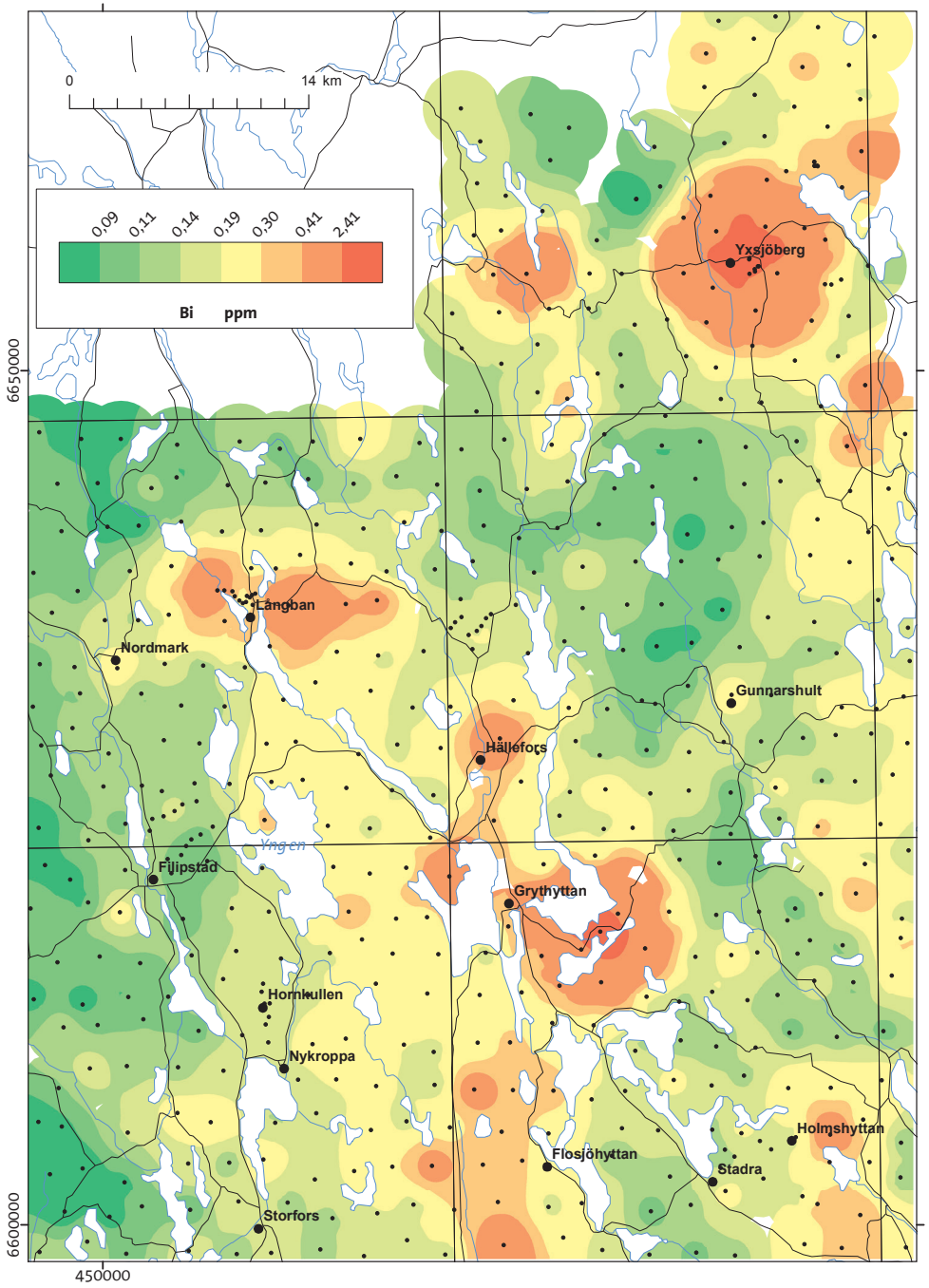

0
14 km
0,50
0,63
0,78
0,98
2,05
3,23
7,95
As ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

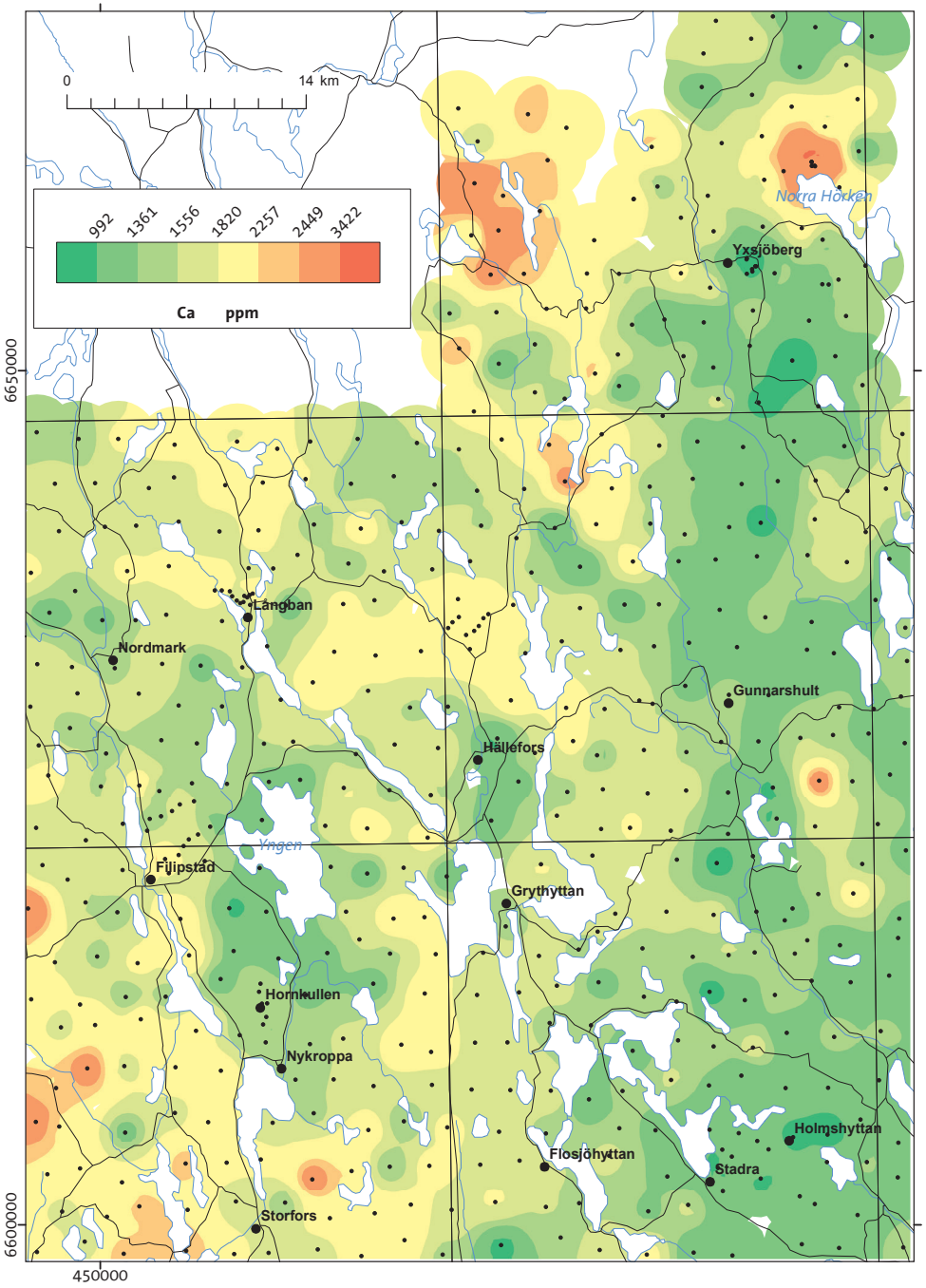

0
14 km
0,05
0,22
0,42
0,66
1,29
1,79
4,34
Au ppb
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

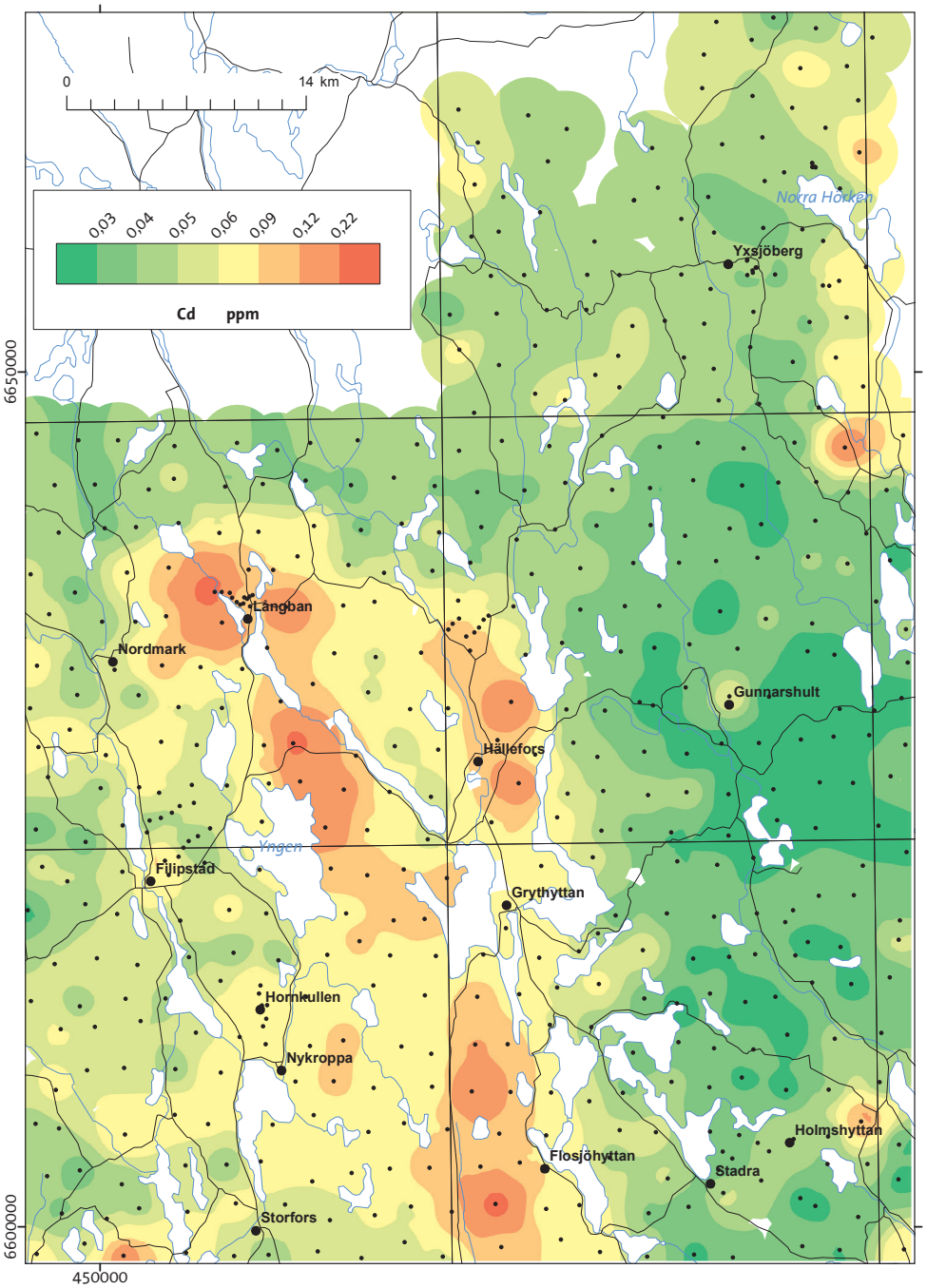

0
14 km
0,21
0,28
0,33
0,39
0,52
0,59
0,73
B ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

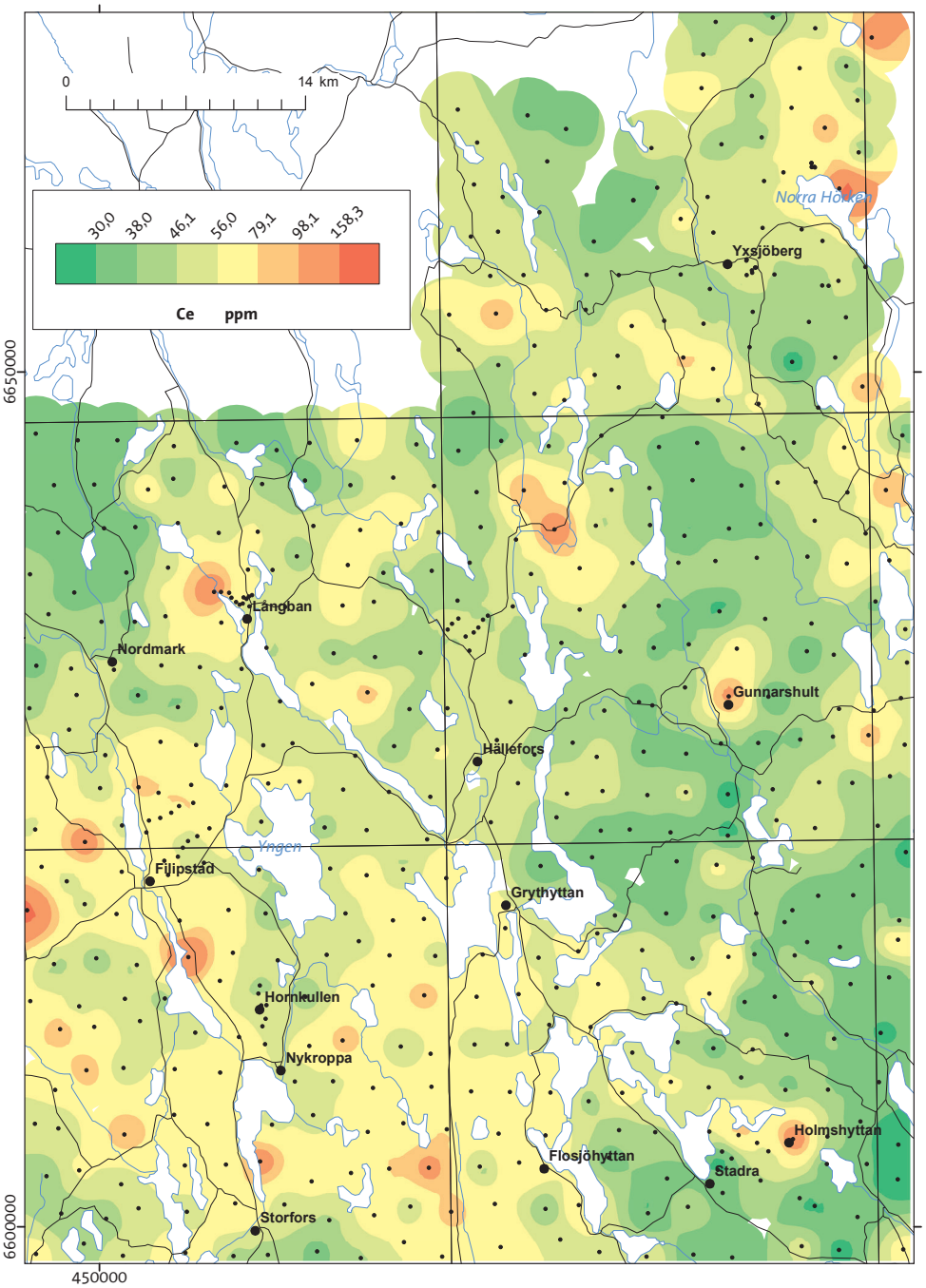

0
14 km
10,1
14,3
18,9
25,9
40,9
50,4
71,9
Ba ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

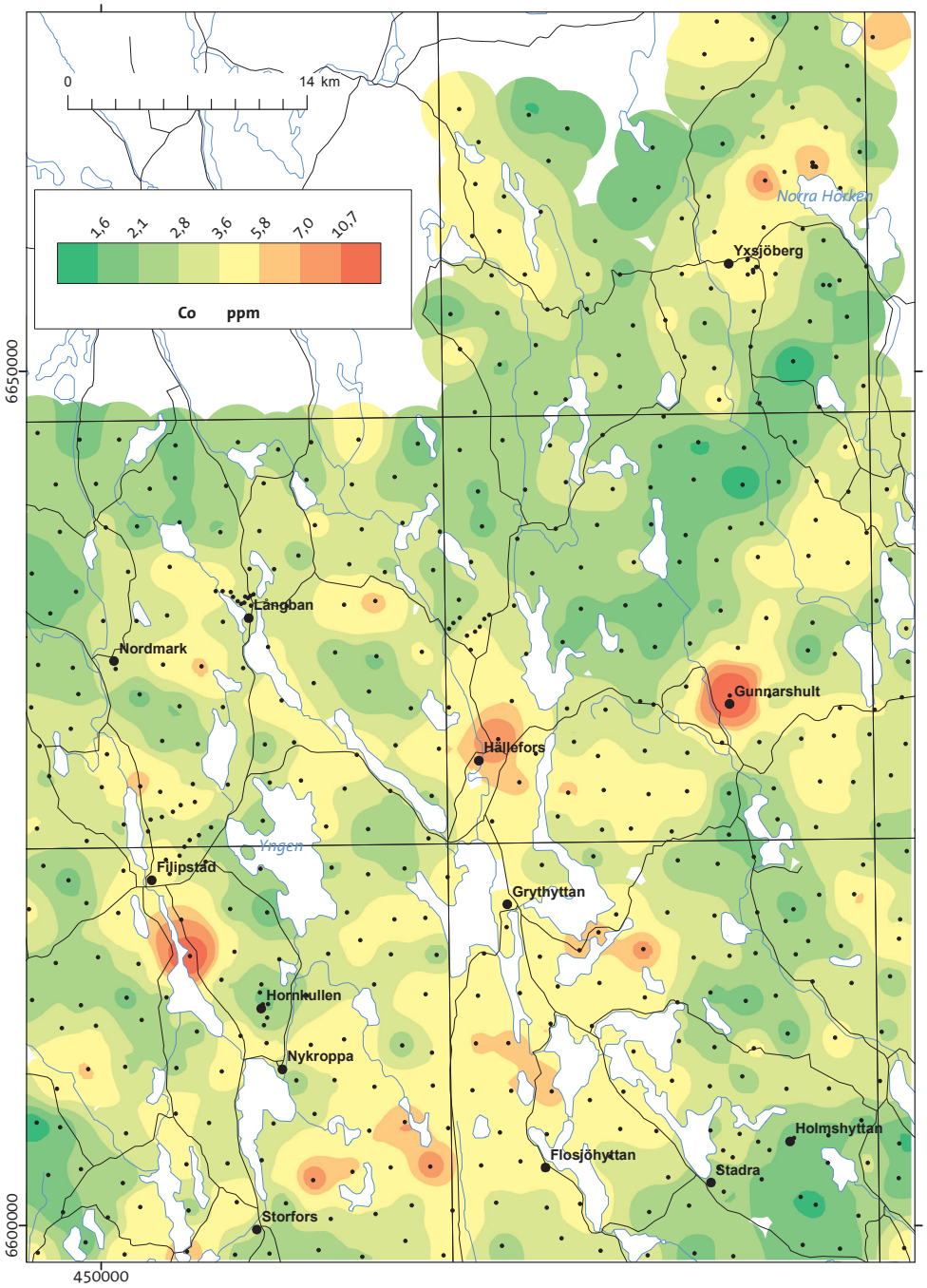

0
14 km
0,27
0,35
0,43
0,53
0,84
1,06
2,16
Be ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

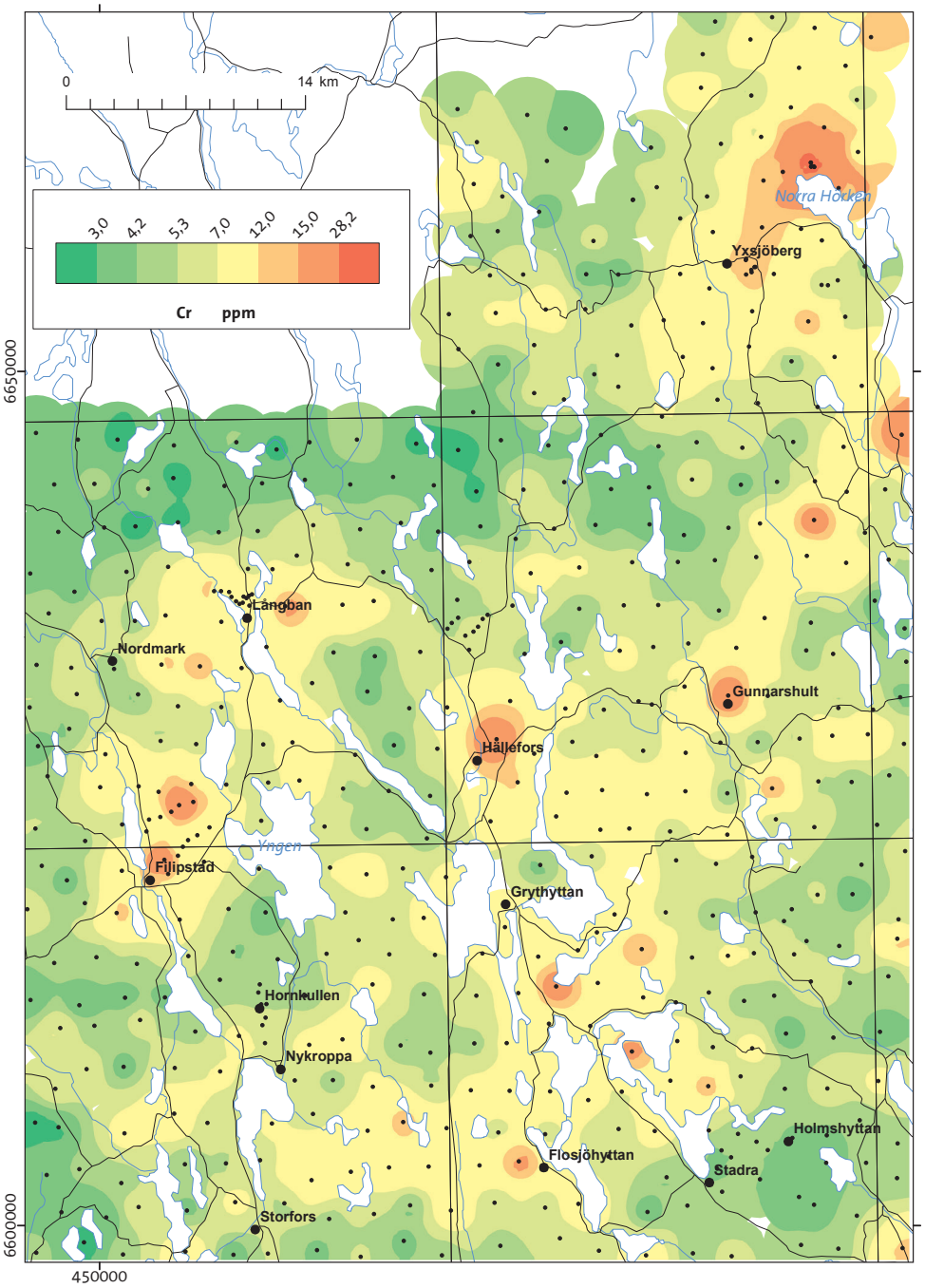

0
14 km
0,09
0,11
0,14
0,19
0,30
0,41
2,41
Bi ppm
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

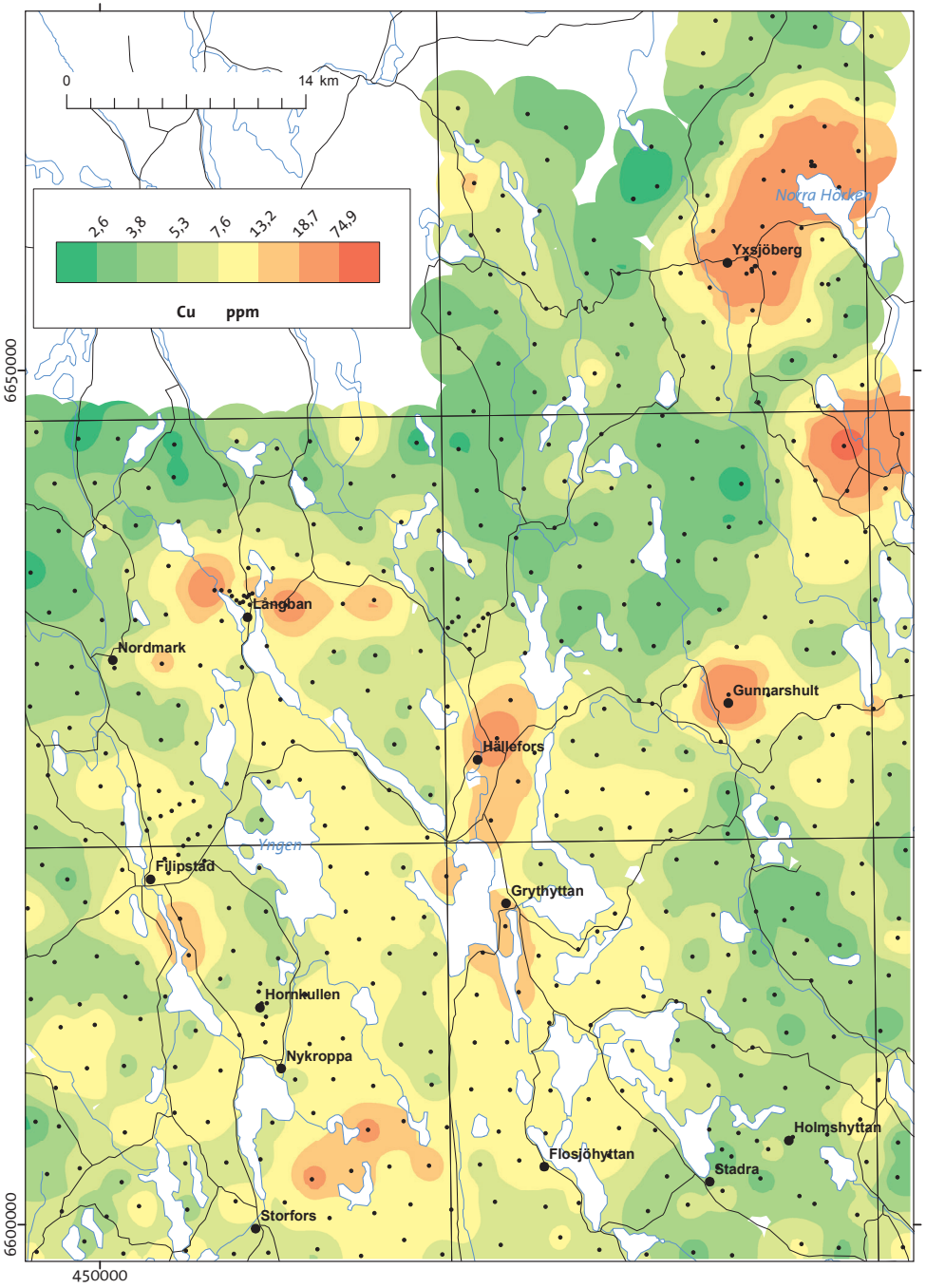

0
14 km
992
1361
1556
1820
2257
2449
3422
Ca ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Fjipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

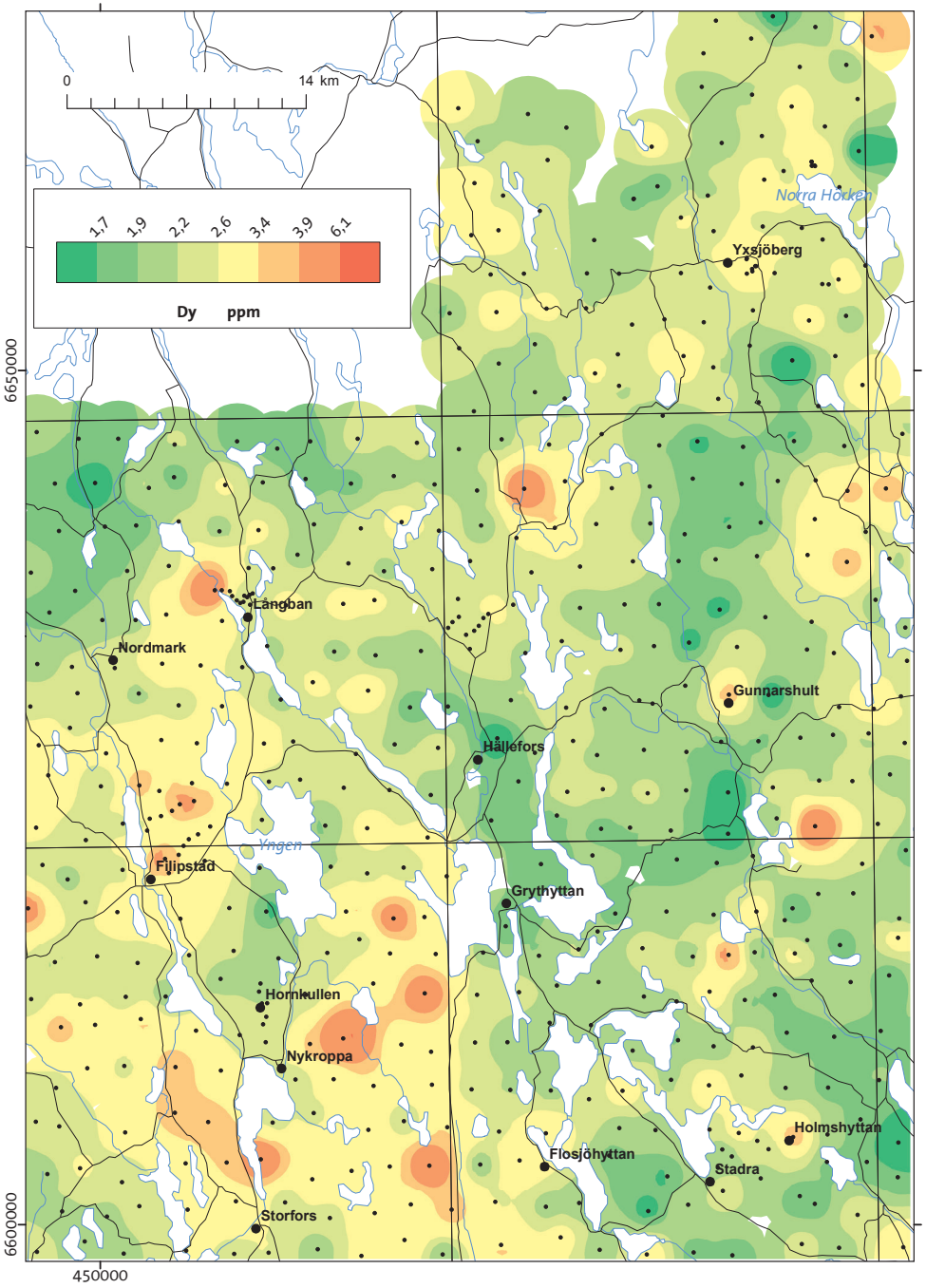

0
14 km
0,03
0,04
0,05
0,06
0,09
0,12
0,22
Cd ppm
Norra Hören
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

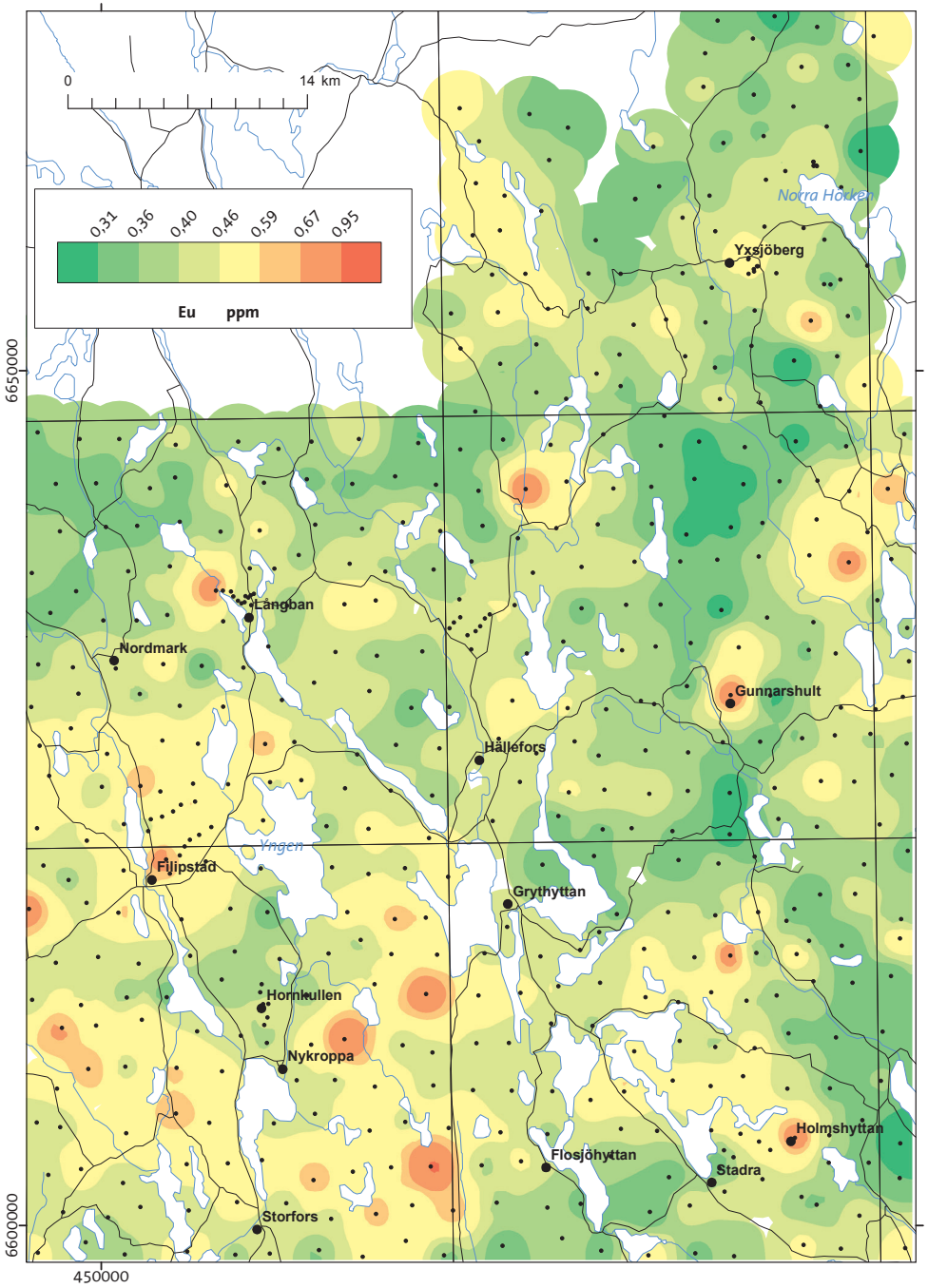

0
14 km
30,0
38,0
46,1
56,0
79,1
98,1
158,3
Ce ppm
Norra Hören
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

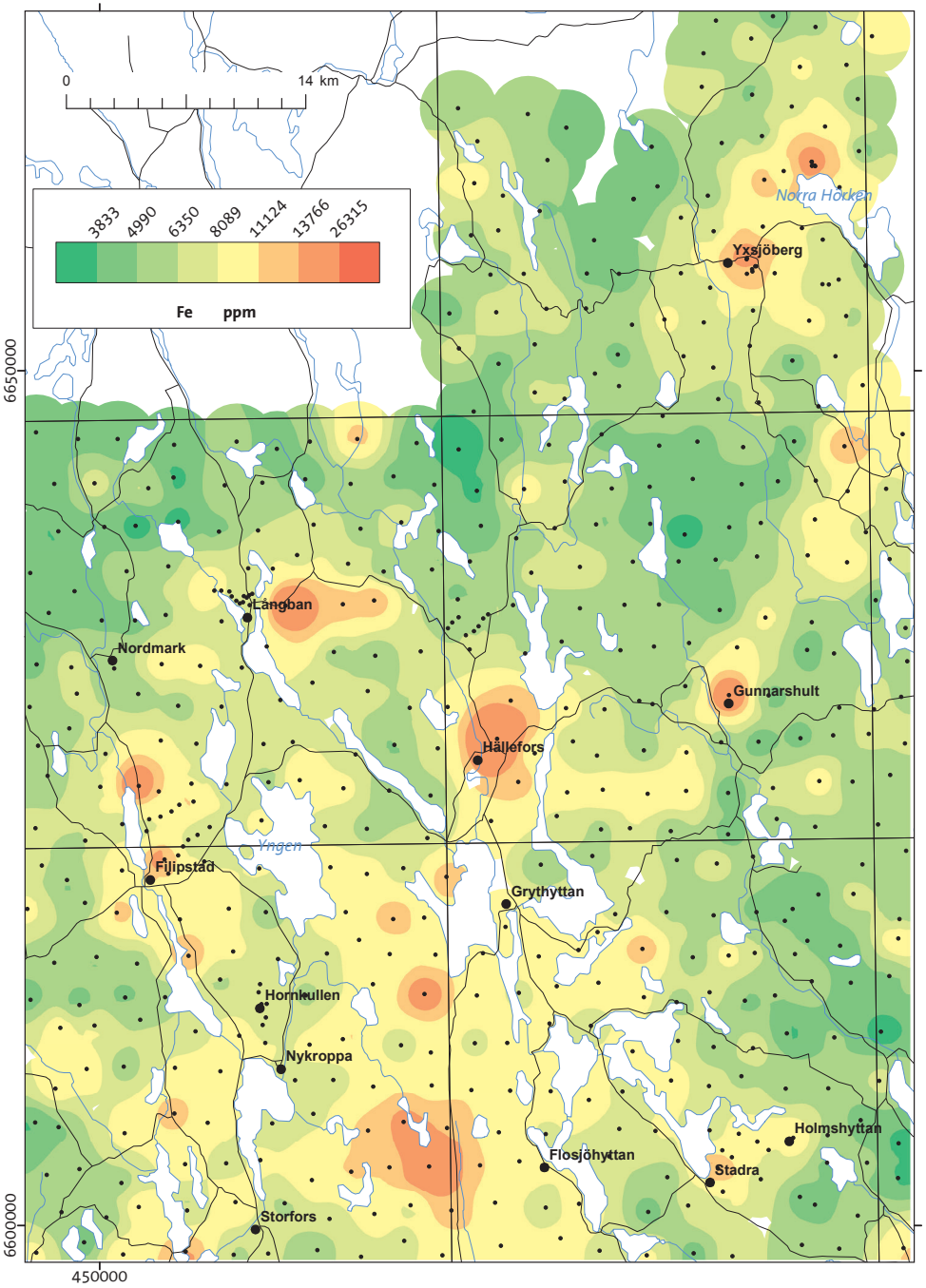

0
14 km
1,6
2,1
2,8
3,6
5,8
7,0
10,7
Co ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

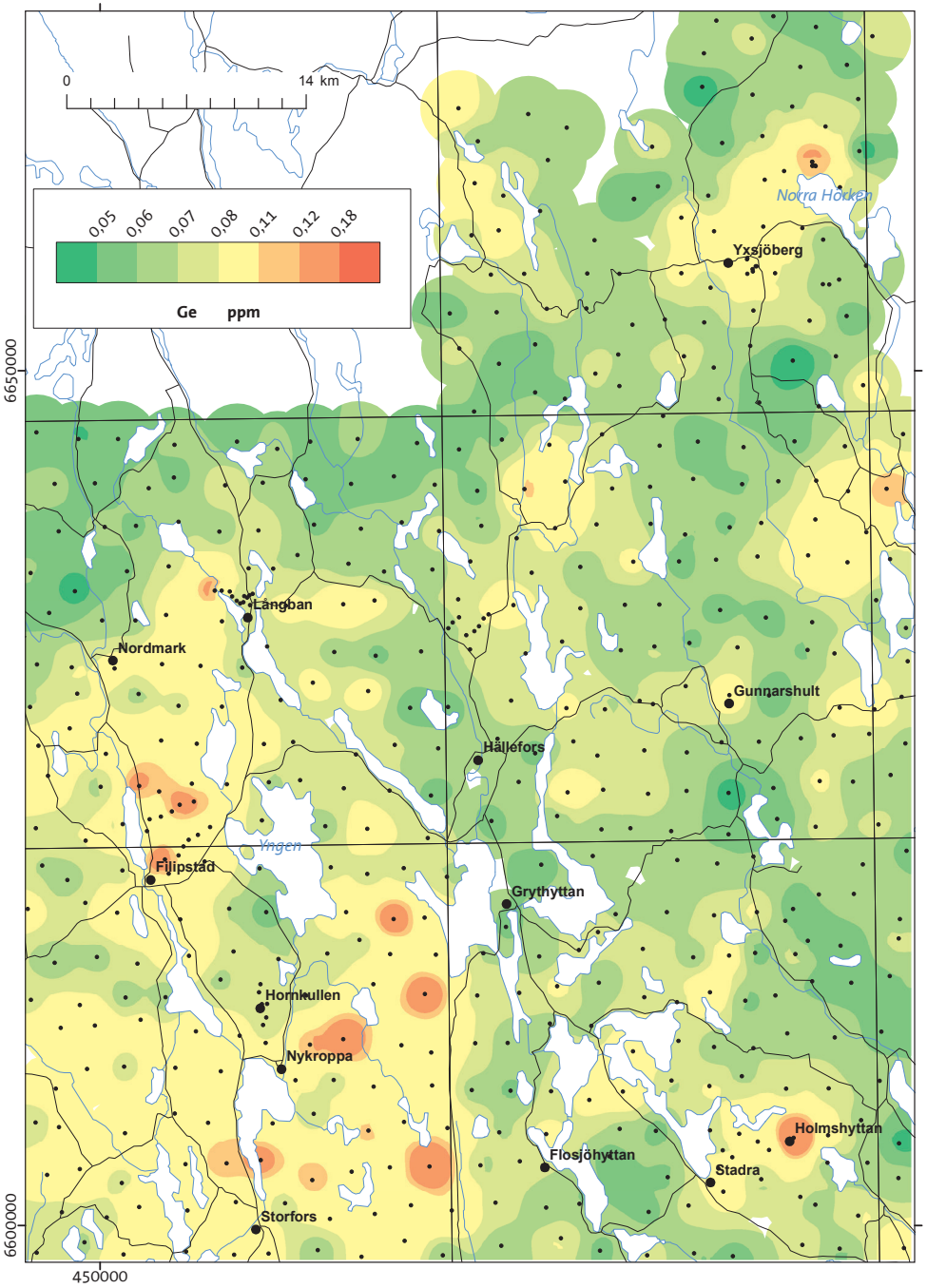

0
14 km
3,0
4,2
5,3
7,0
12,0
15,0
28,2
Cr ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

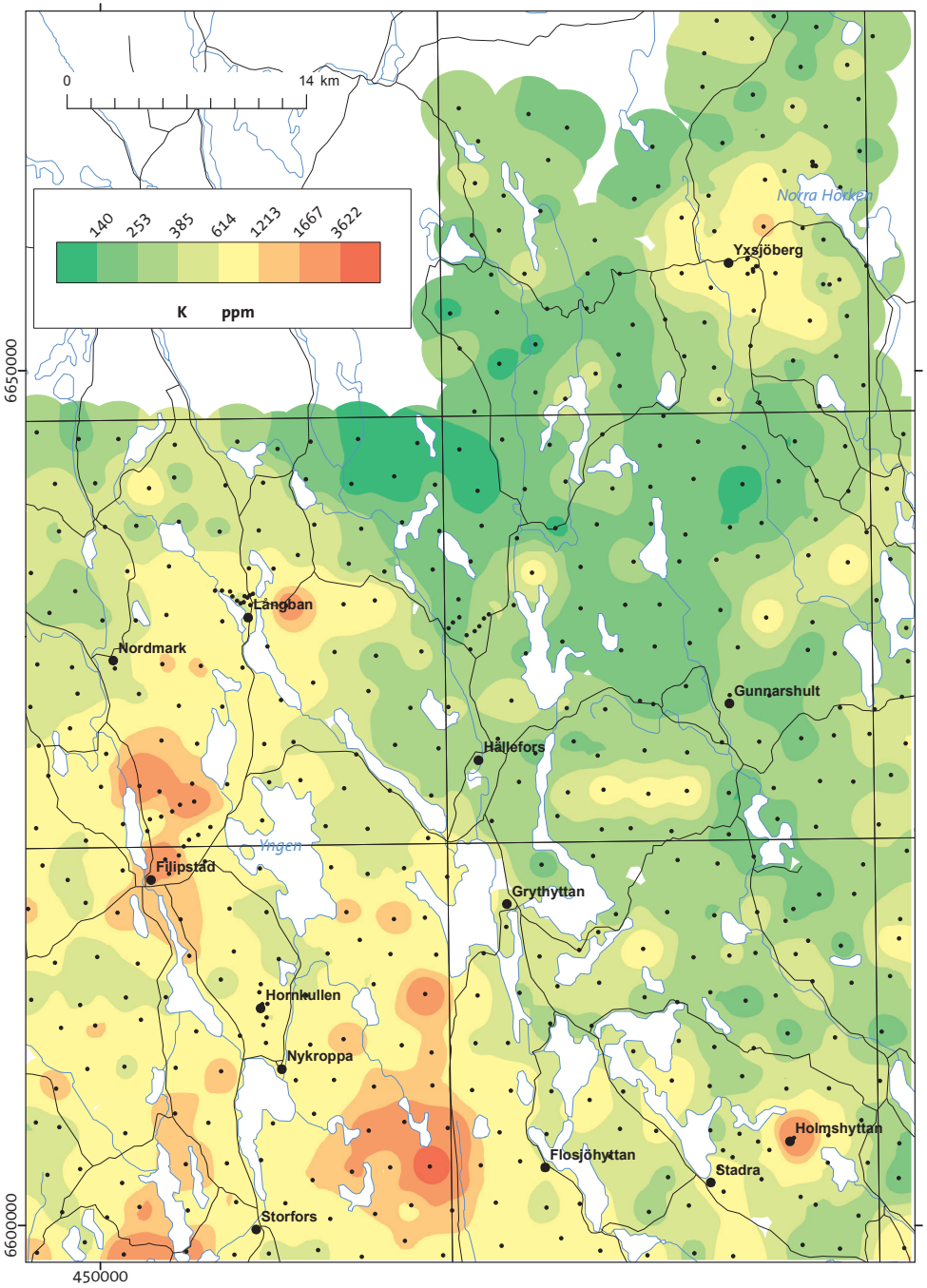

0
14 km
2,6
3,8
5,3
7,6
13,2
18,7
74,9
Cu ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Fjipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

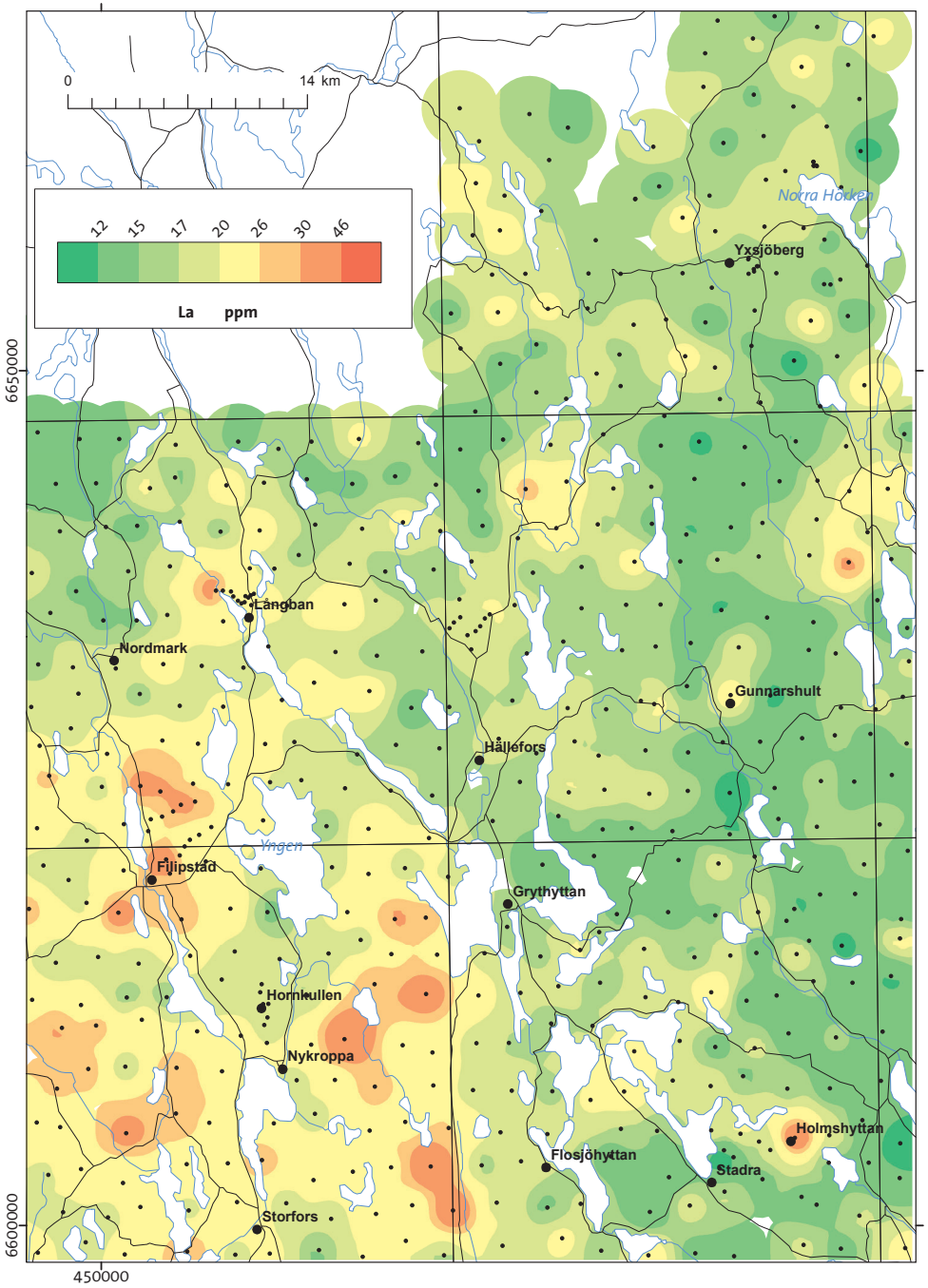

0
14 km
1,7
1,9
2,2
2,6
3,4
3,9
6,1
Dy ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Fjipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

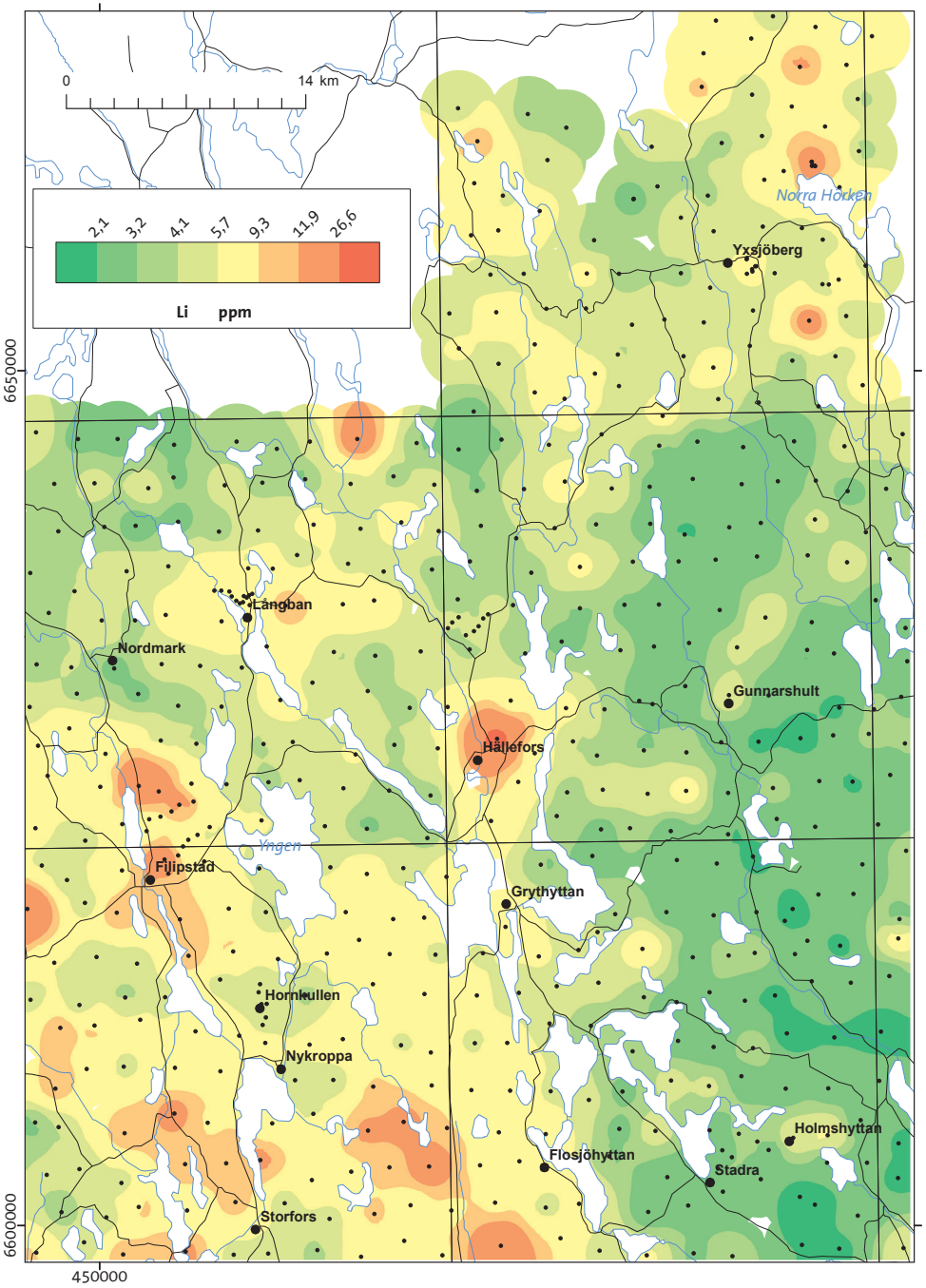

0
14 km
0,31
0,36
0,40
0,46
0,59
0,67
0,95
Eu ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynge
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

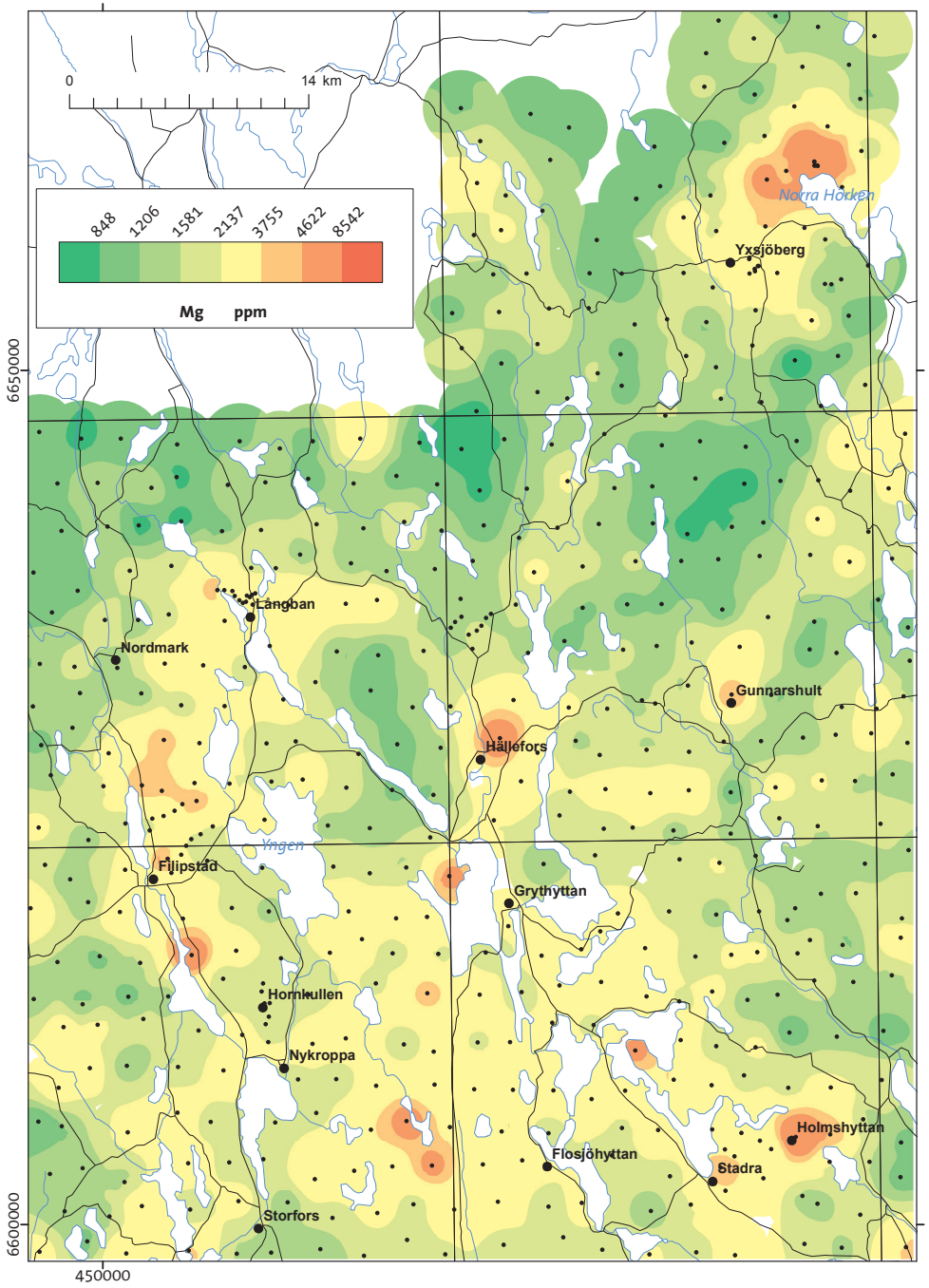

0
14 km
3833
4990
6350
8089
11124
13766
26315
Fe ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynge
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

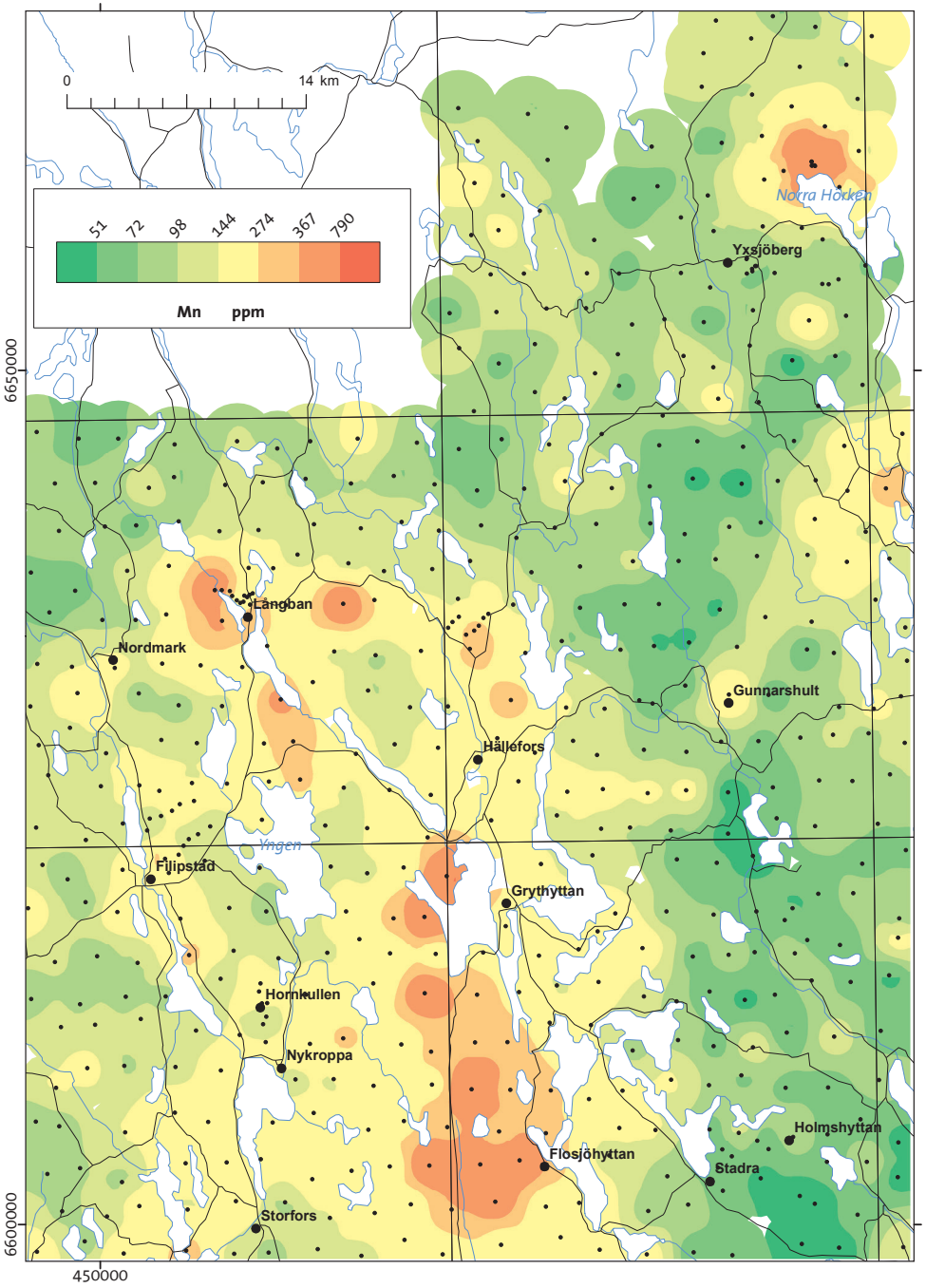

0
14 km
0,05
0,06
0,07
0,08
0,11
0,12
0,18
Ge ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

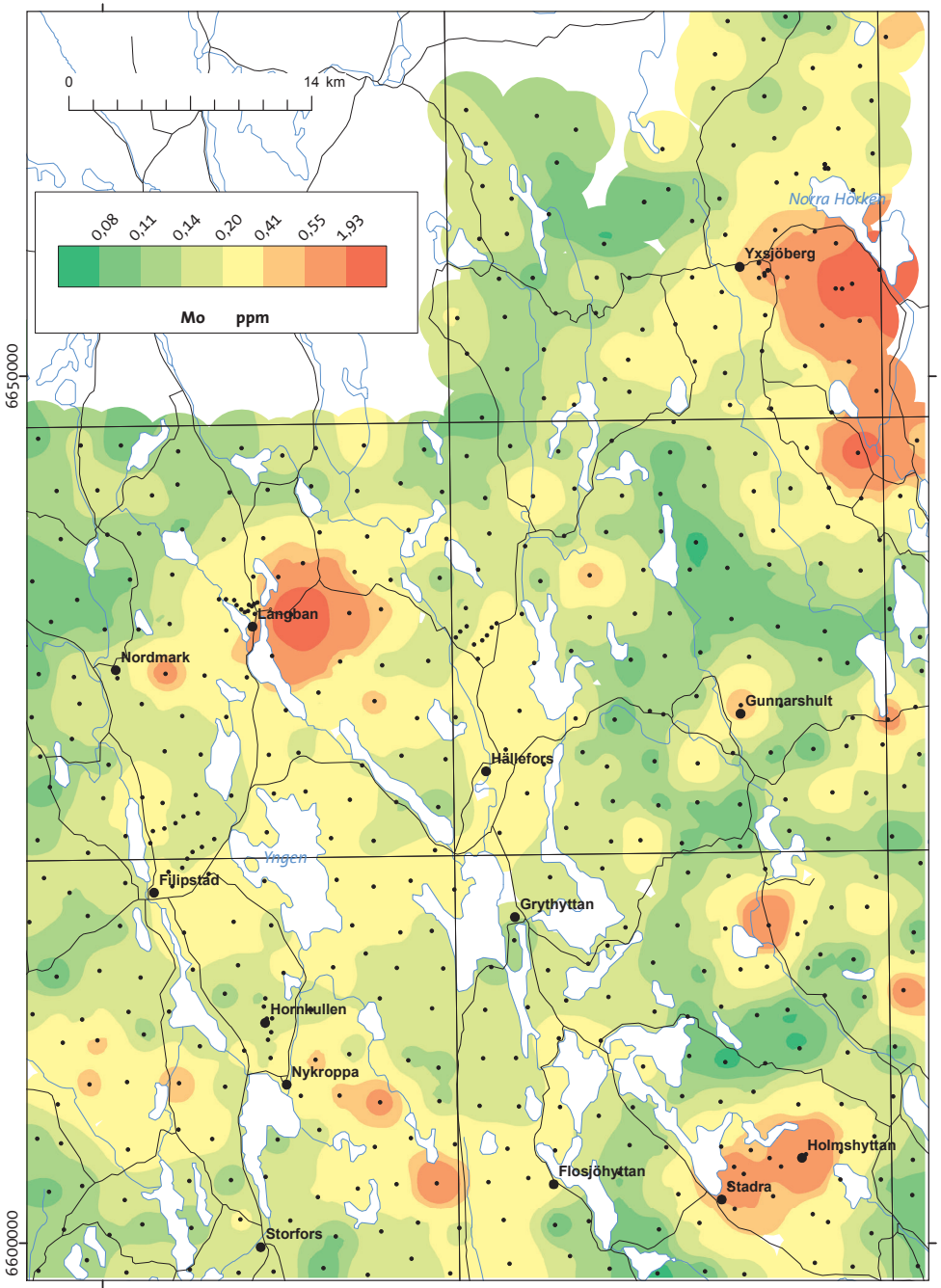

0
14 km
140
253
385
614
1213
1667
3622
K ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

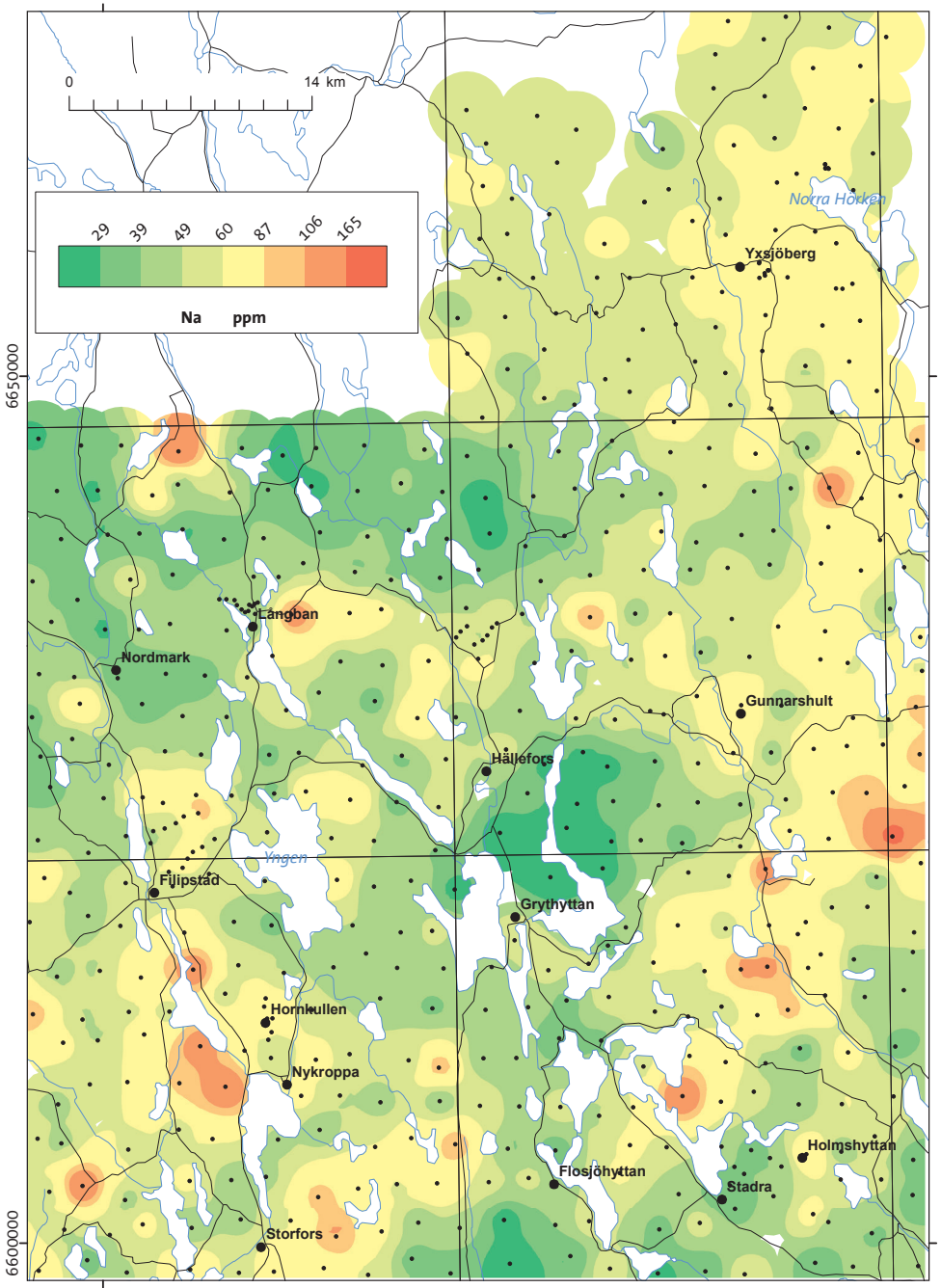

0
14 km
12
15
17
20
26
30
46
La ppm
Norra Horken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hållefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

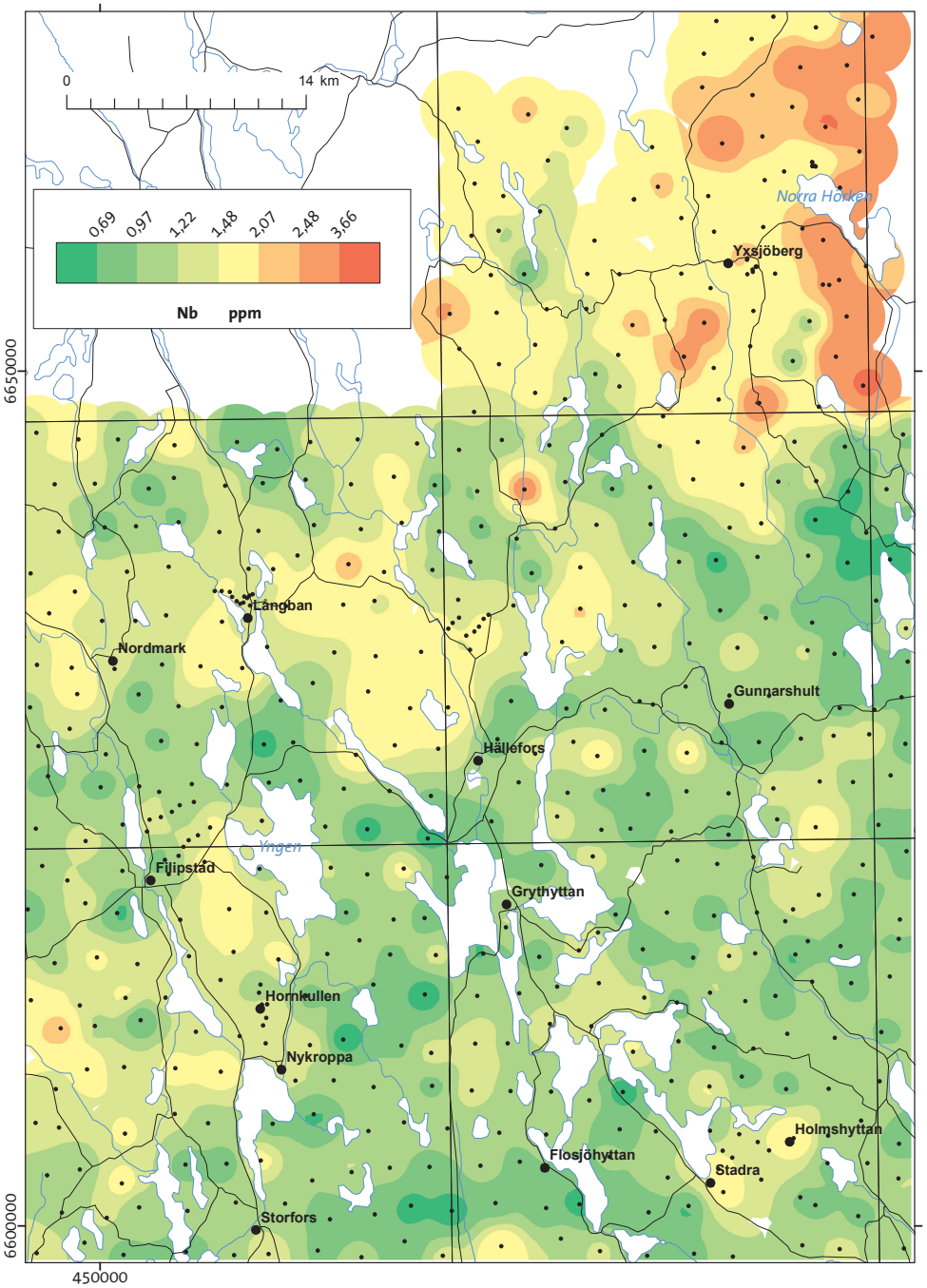

0
14 km
2,1
3,2
4,1
5,7
9,3
11,9
26,6
Li ppm
Norra Horken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hållefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

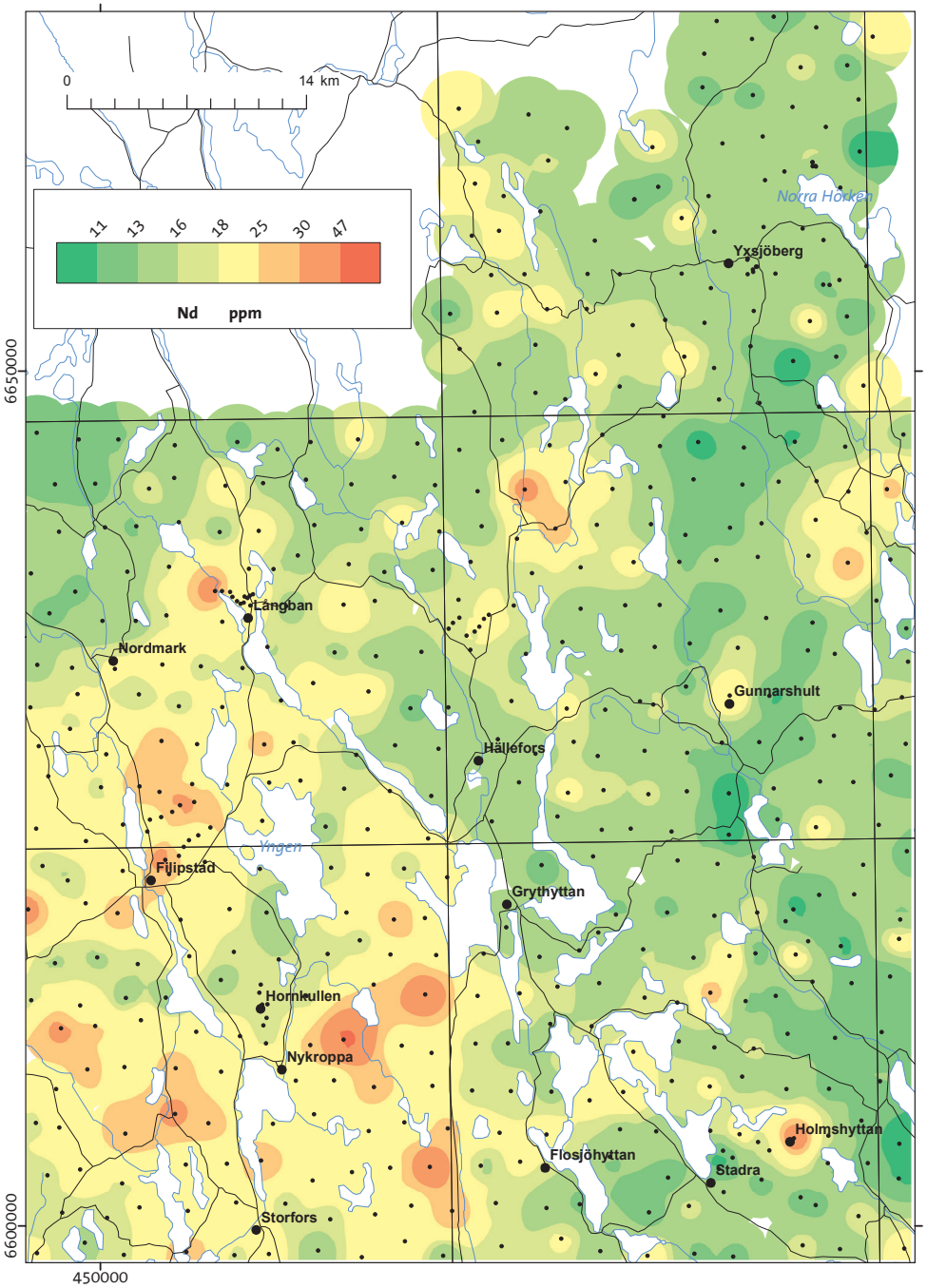

0
14 km
848
1206
1581
2137
3755
4622
8542
Mg ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

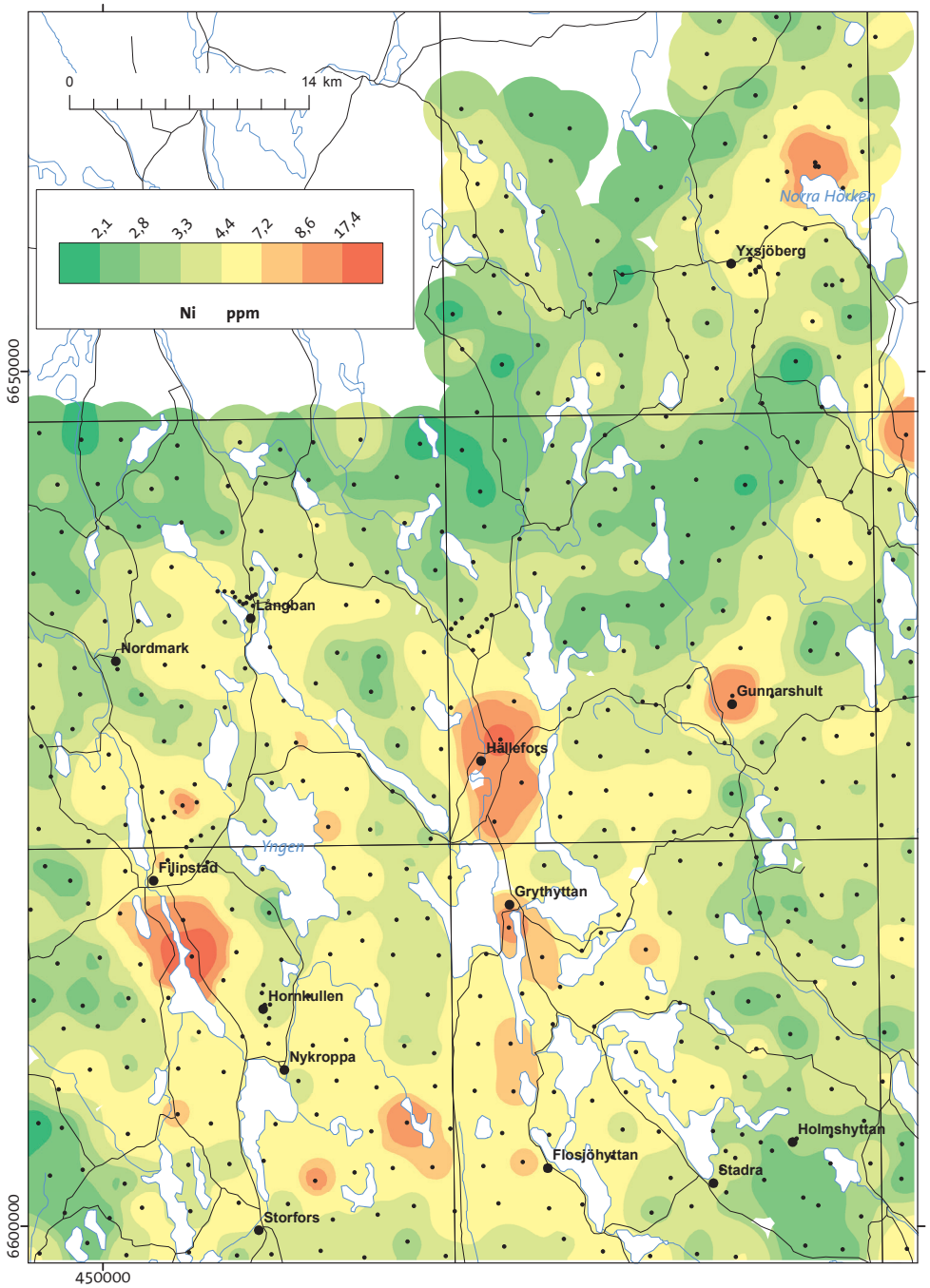

0
14 km
51
72
98
144
274
367
790
Mn ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

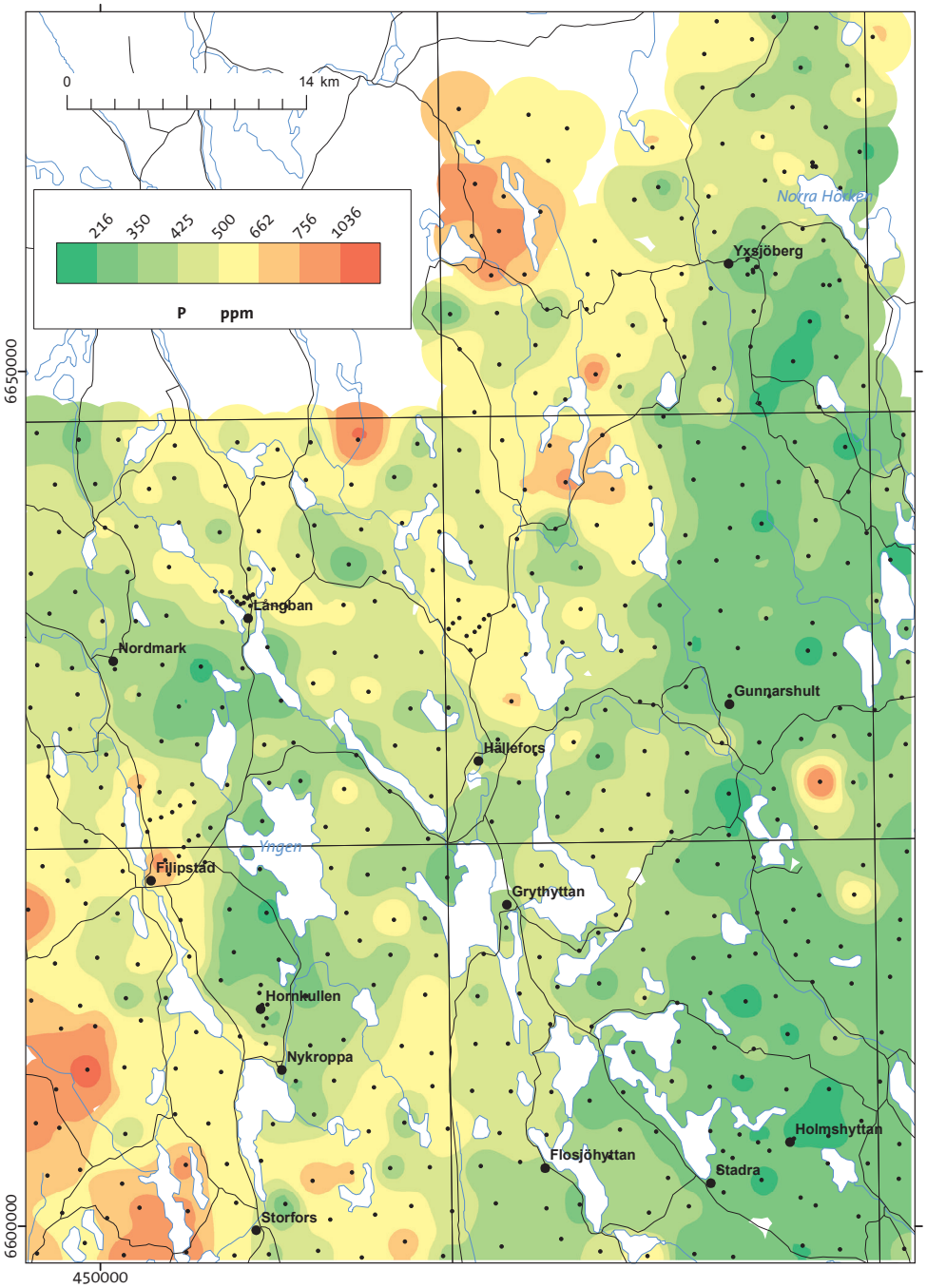

0
14 km
0,08
0,11
0,14
0,20
0,41
0,55
1,93
Mo ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

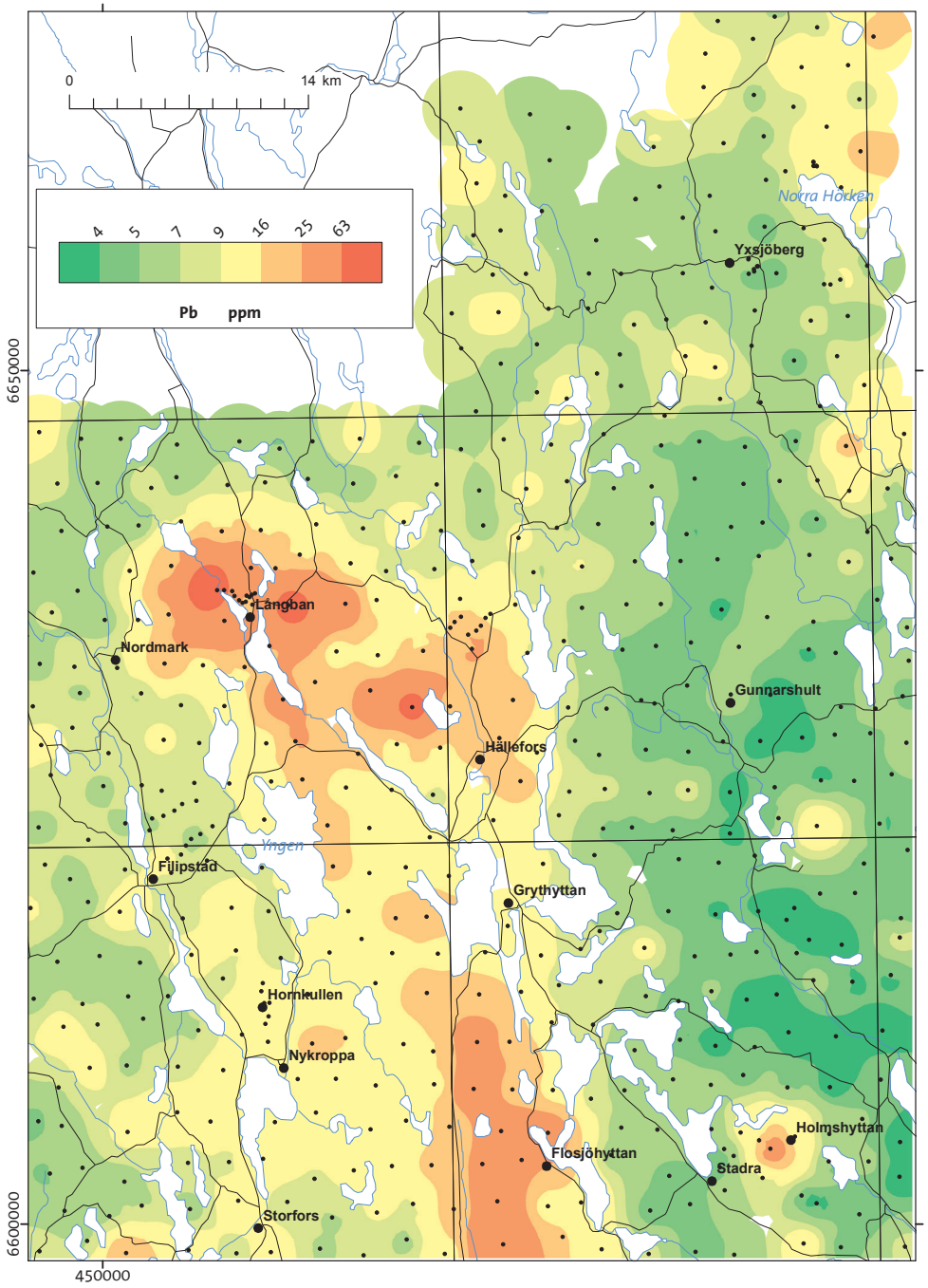

0
14 km
29
39
49
60
87
106
165
Na ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

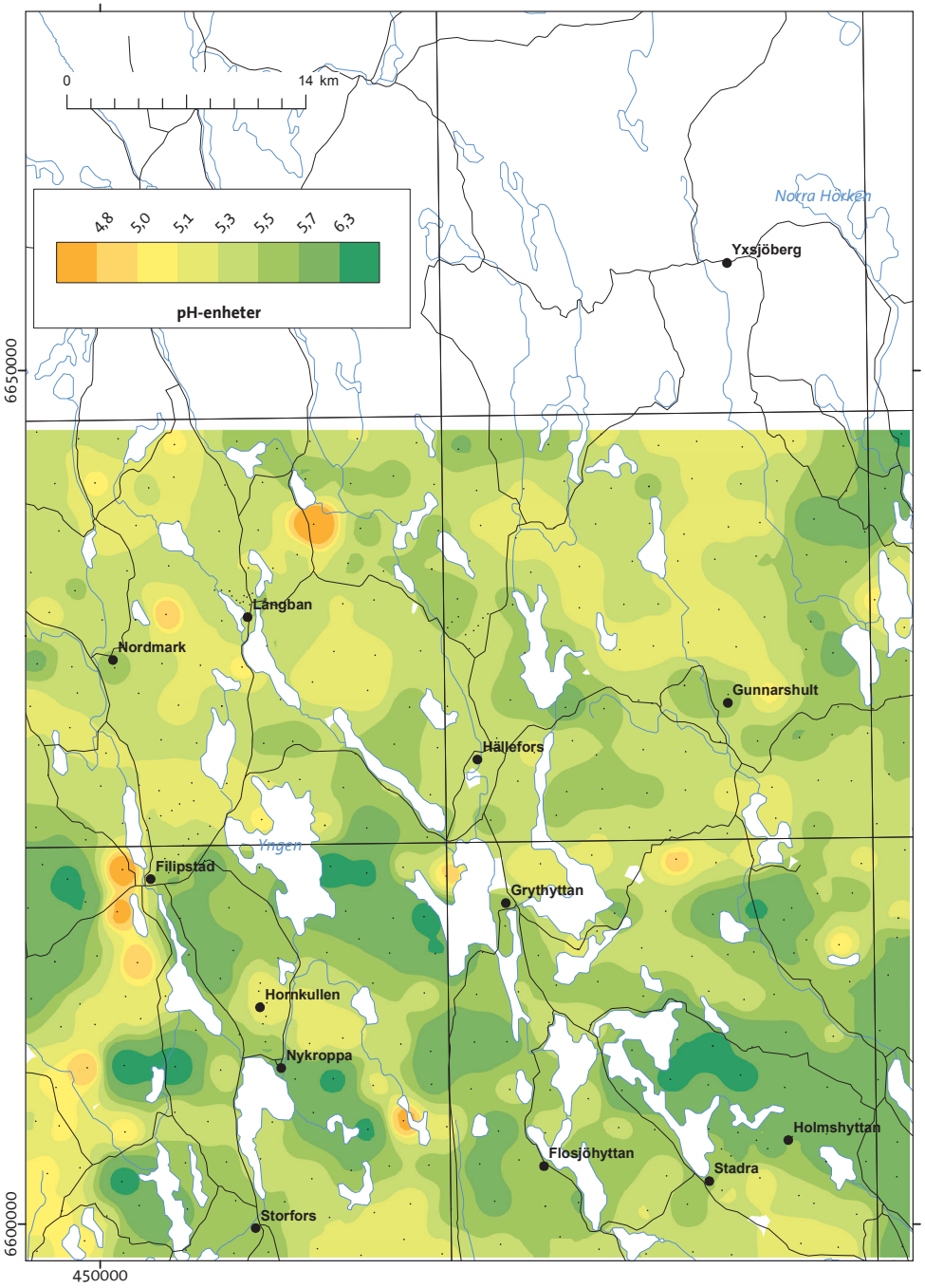

0
14 km
0.69
0.97
1.22
1.48
2.07
2.48
3.66
Nb ppm
Norra Höken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

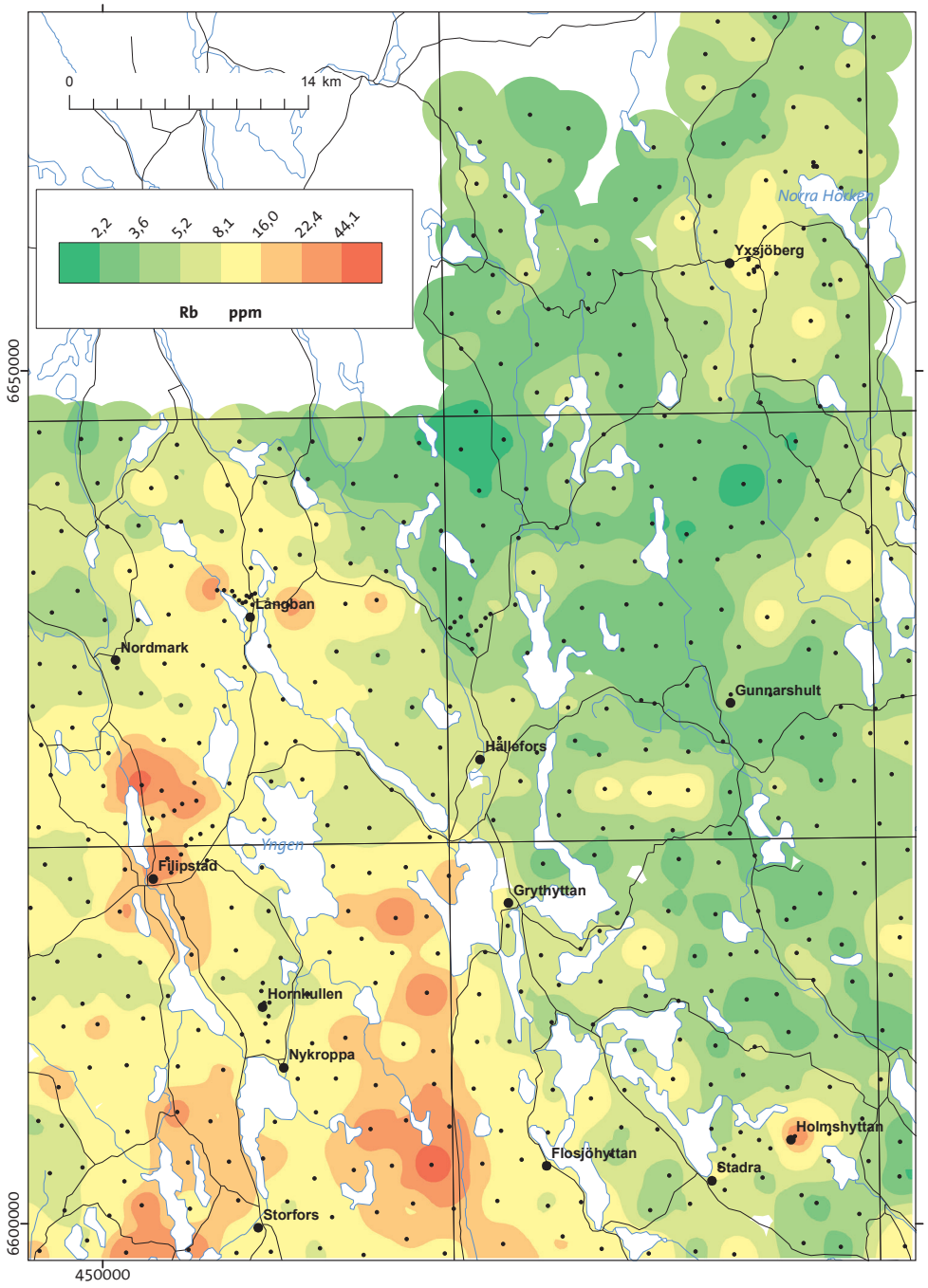

0
14 km
11
13
16
18
25
30
47
Nd ppm
Norra Höken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

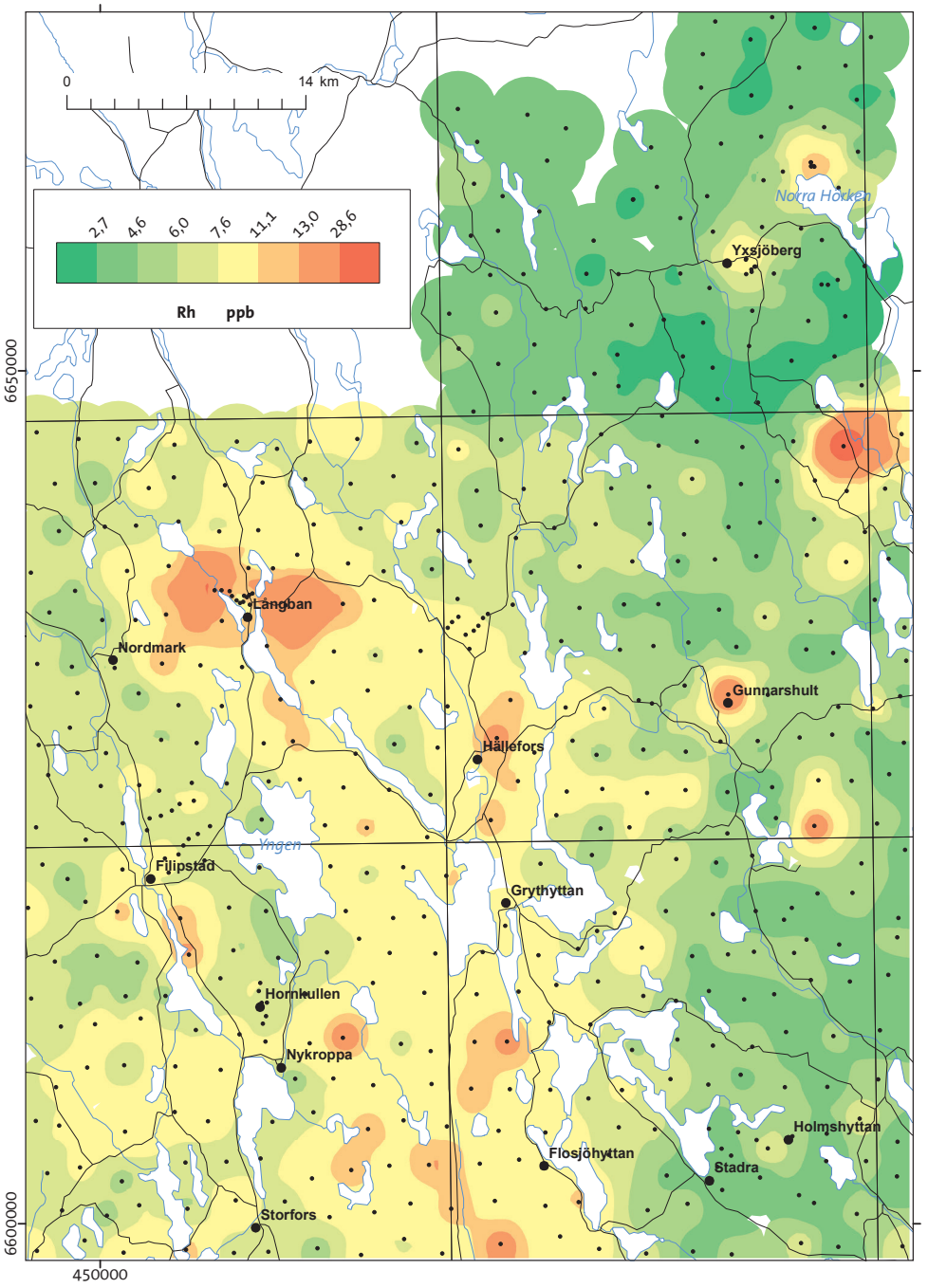

0
14 km
2,1
2,8
3,3
4,4
7,2
8,6
17,4
Ni ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

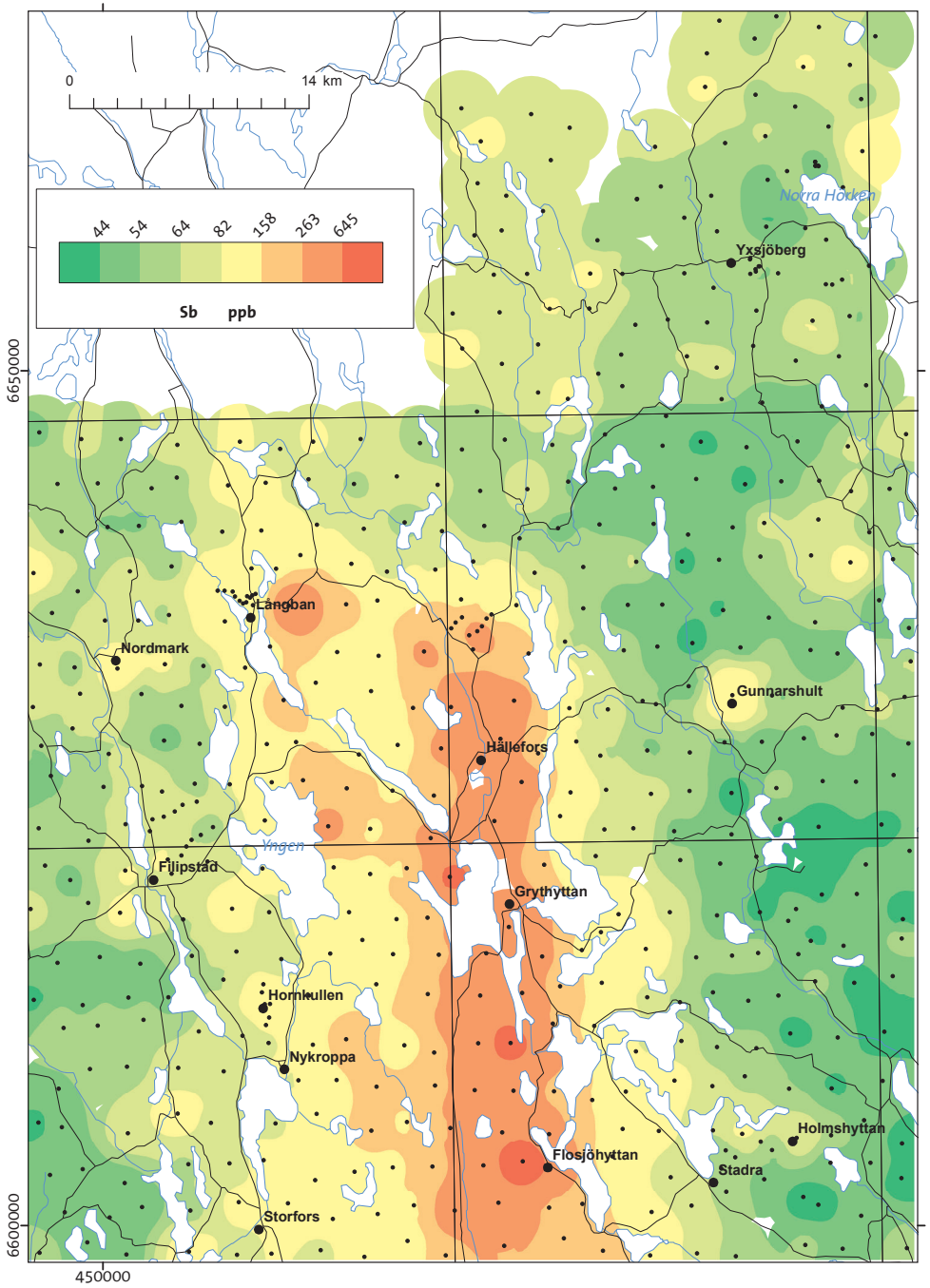

0
14 km
216
350
425
500
662
756
1036
P ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

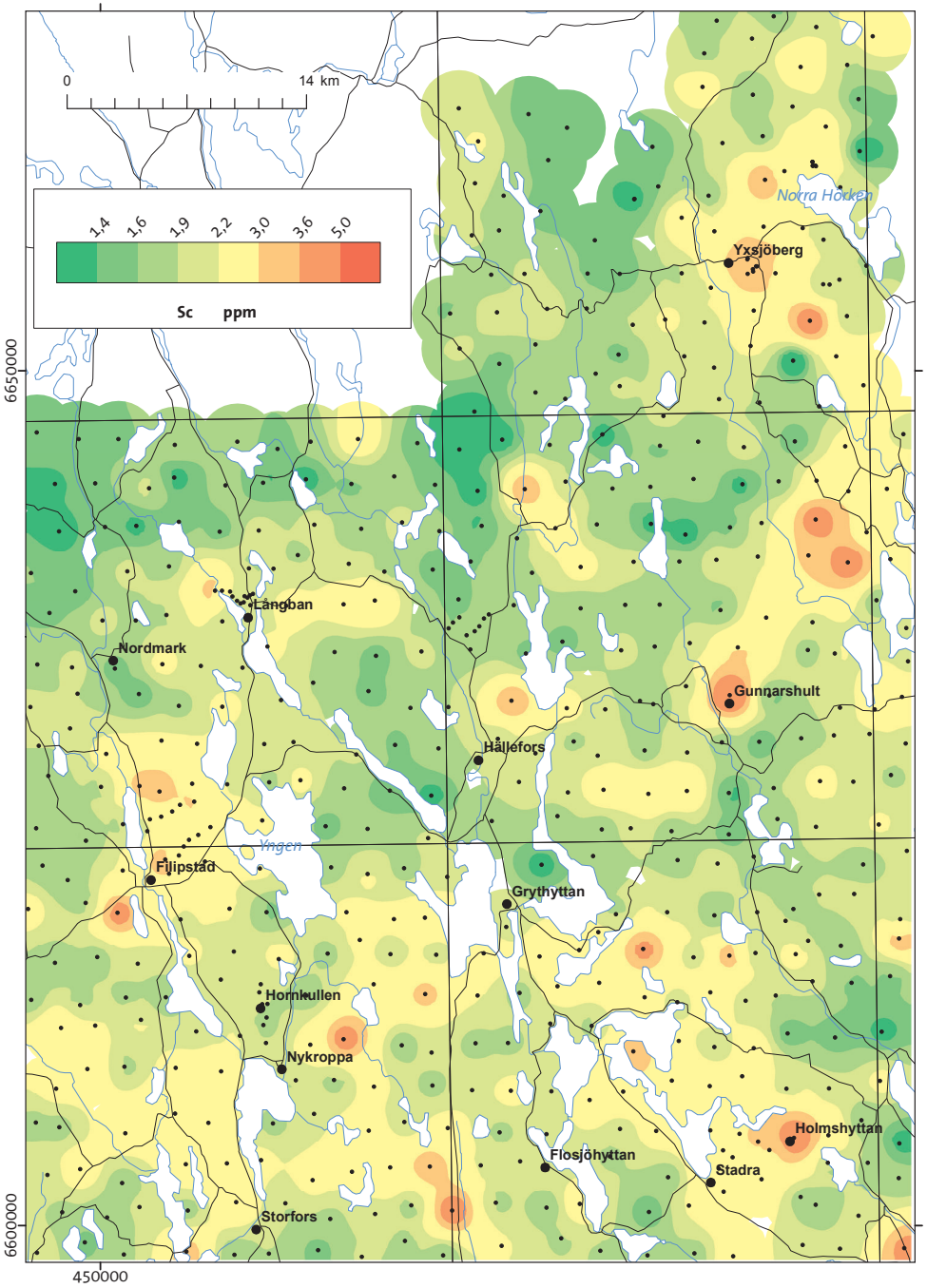

0
14 km
4 5 7 9 16 25 63
Pb ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

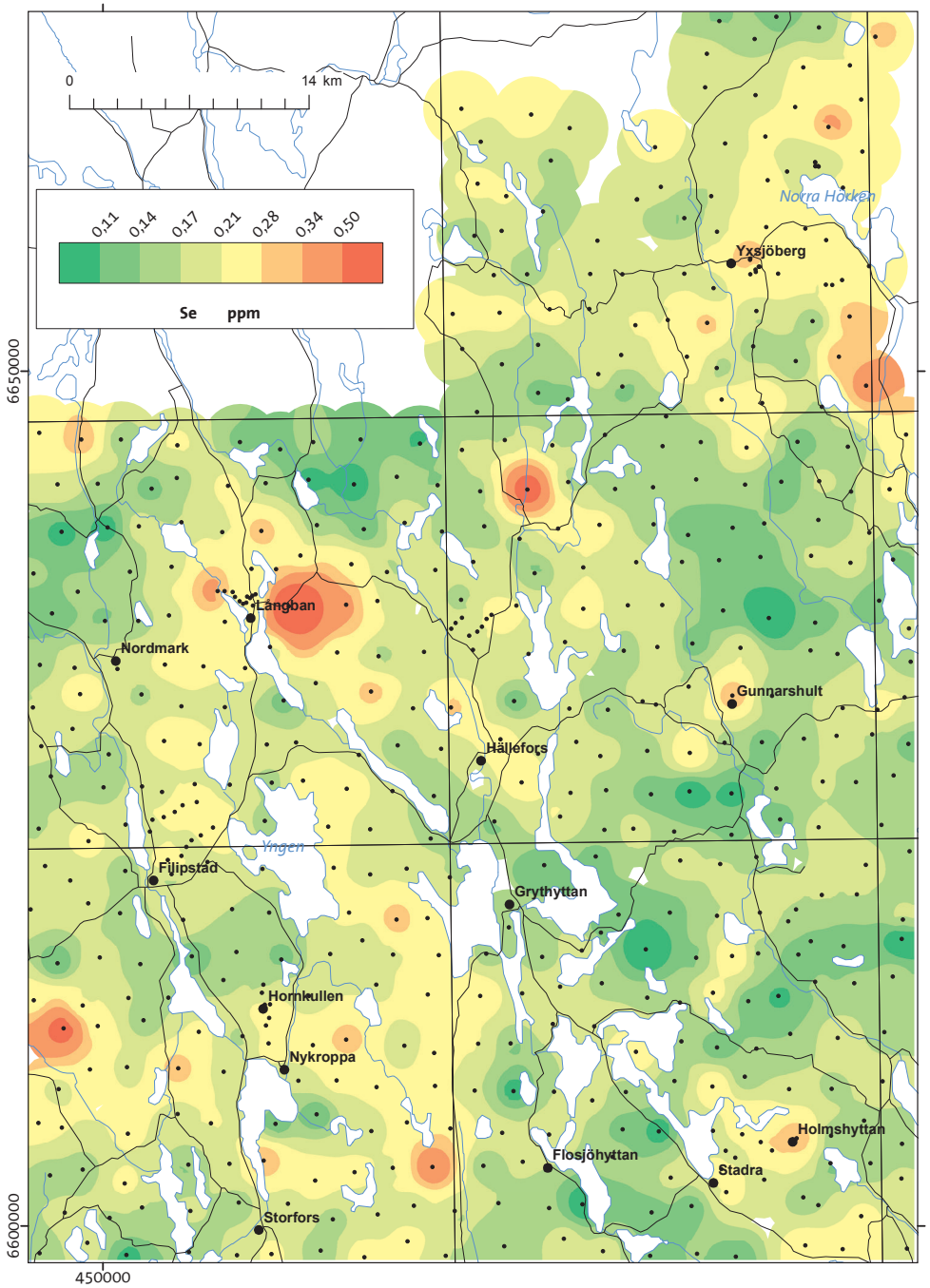

0
14 km
4,8 5,0 5,1 5,3 5,5 5,7 6,3
pH-enheter
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

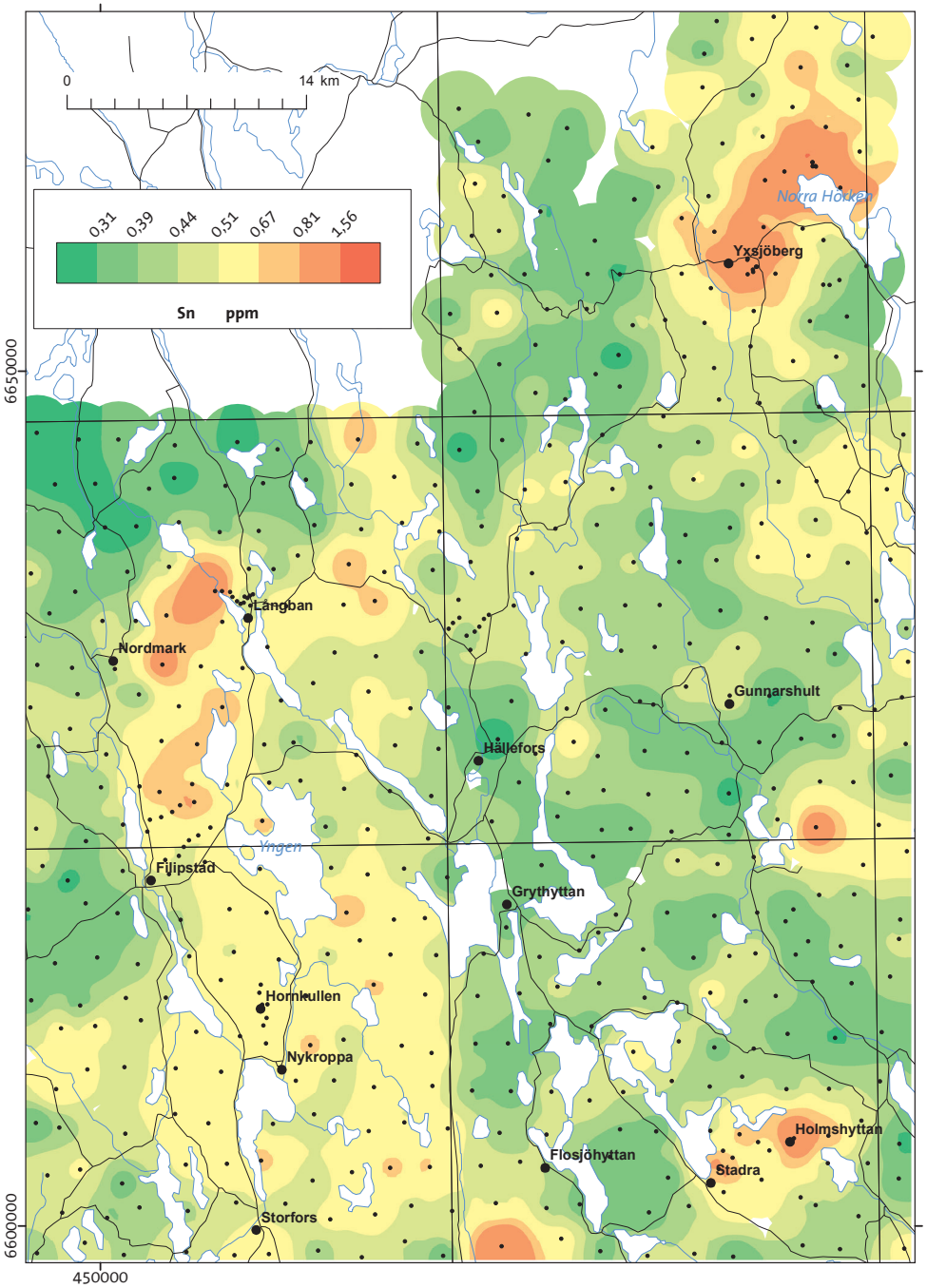

0
14 km
2,2
3,6
5,2
8,1
16,0
22,4
44,1
Rb ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

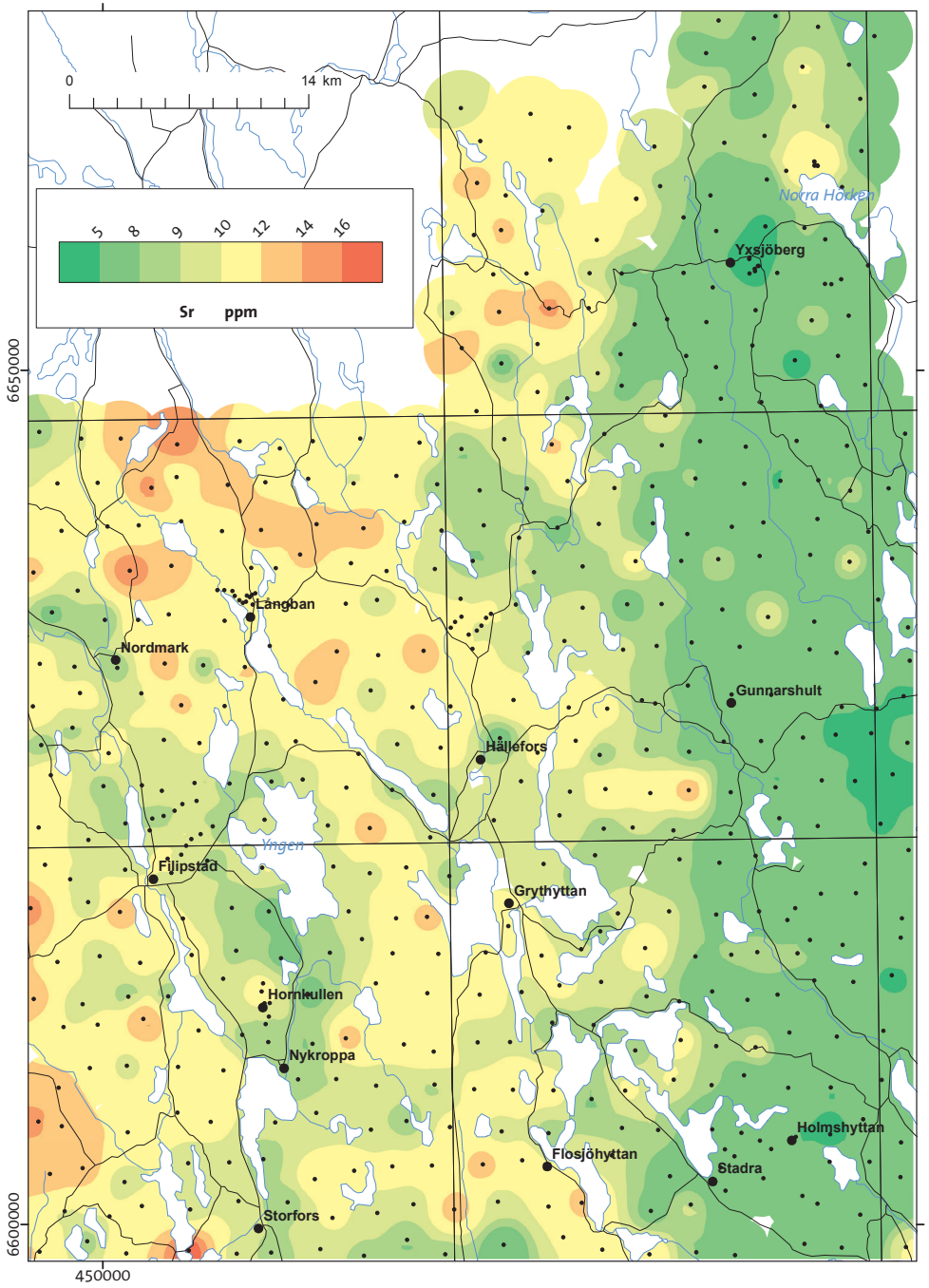

0
14 km
2,7
4,6
6,0
7,6
11,1
13,0
28,6
Rh ppb
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

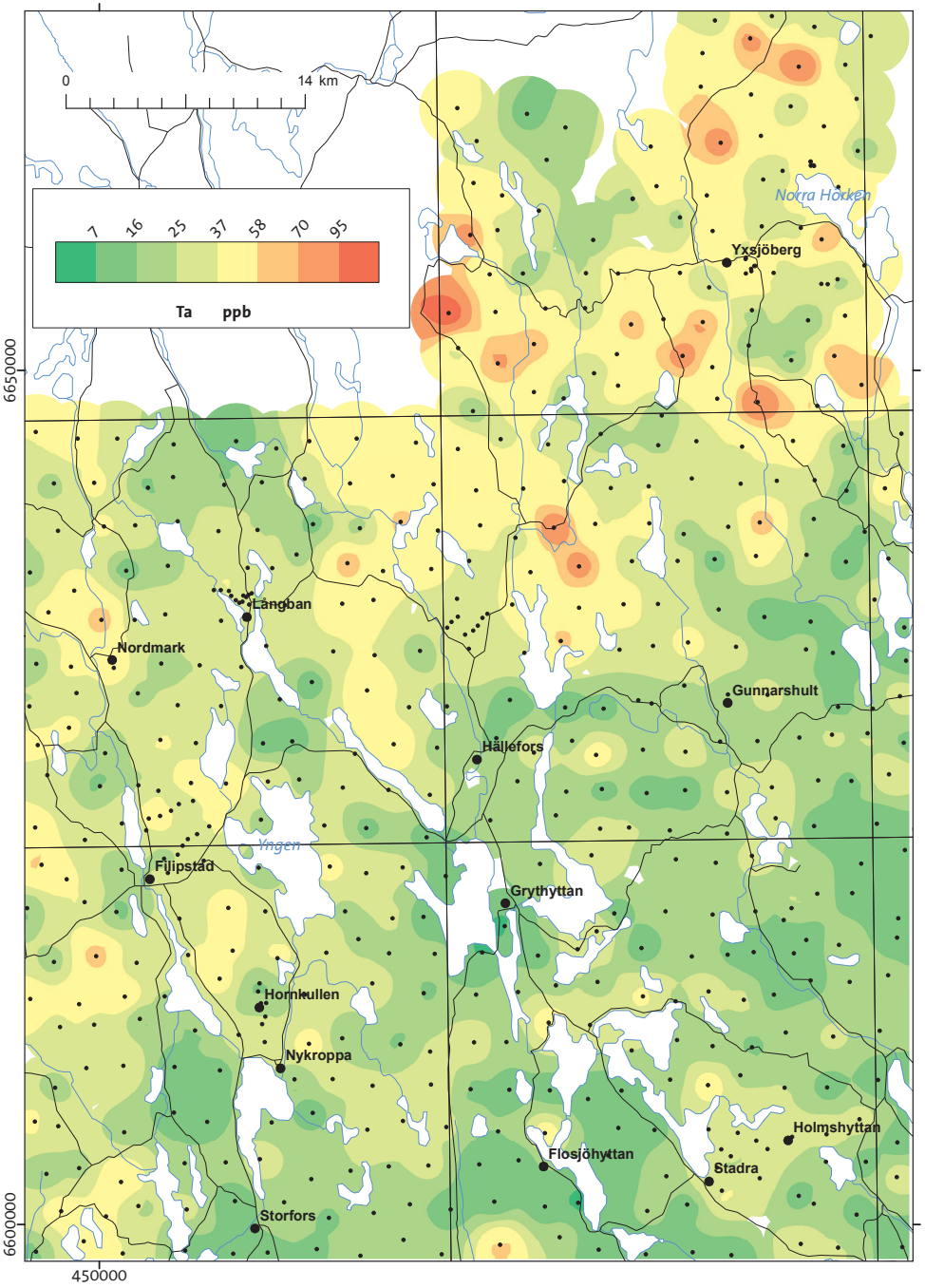

0
14 km
44
54
64
82
158
263
645
Sb ppb
Norra Hökern
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

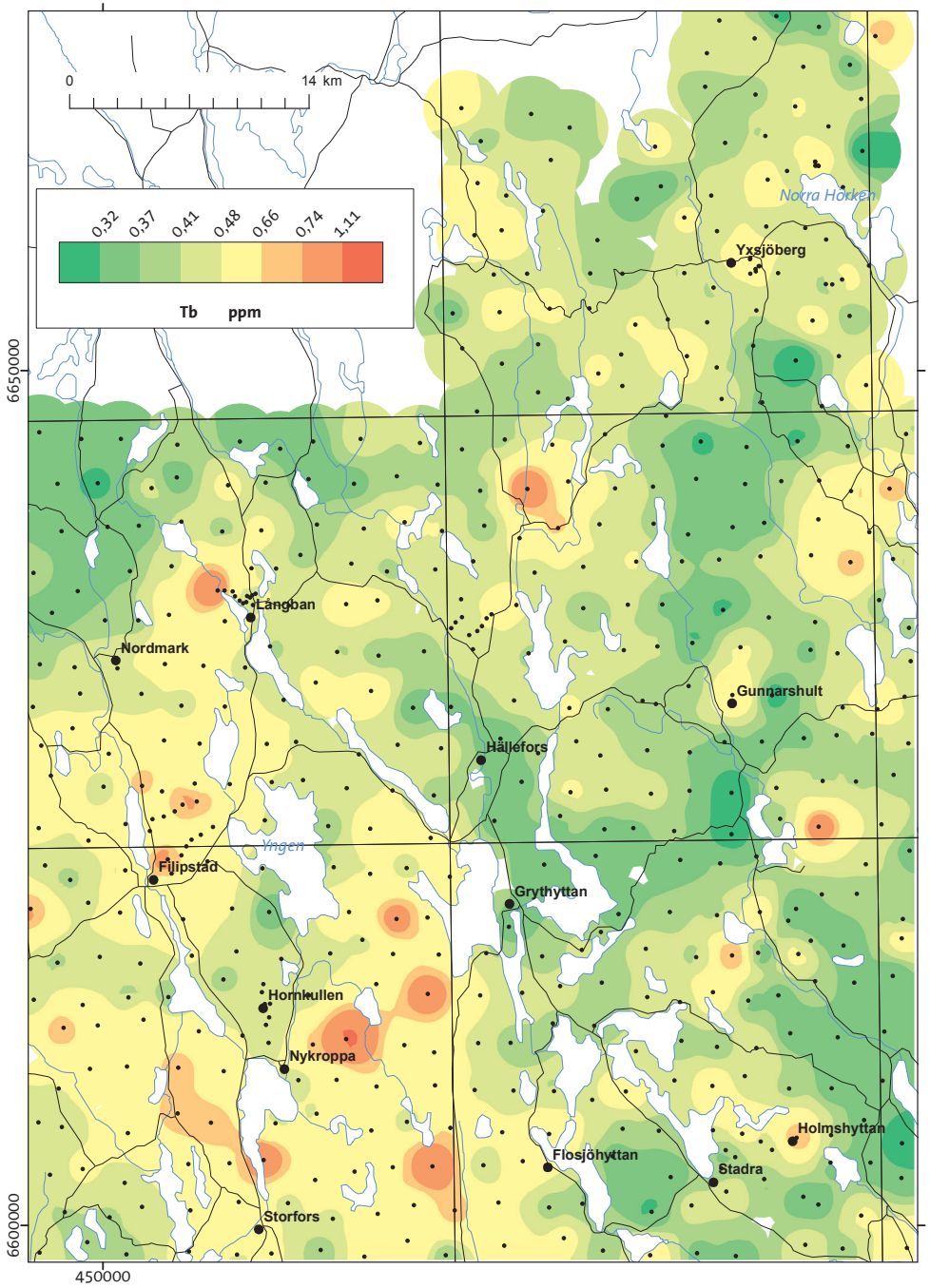

0
14 km
1,4
1,6
1,9
2,2
3,0
3,6
5,0
Sc ppm
Norra Hökern
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

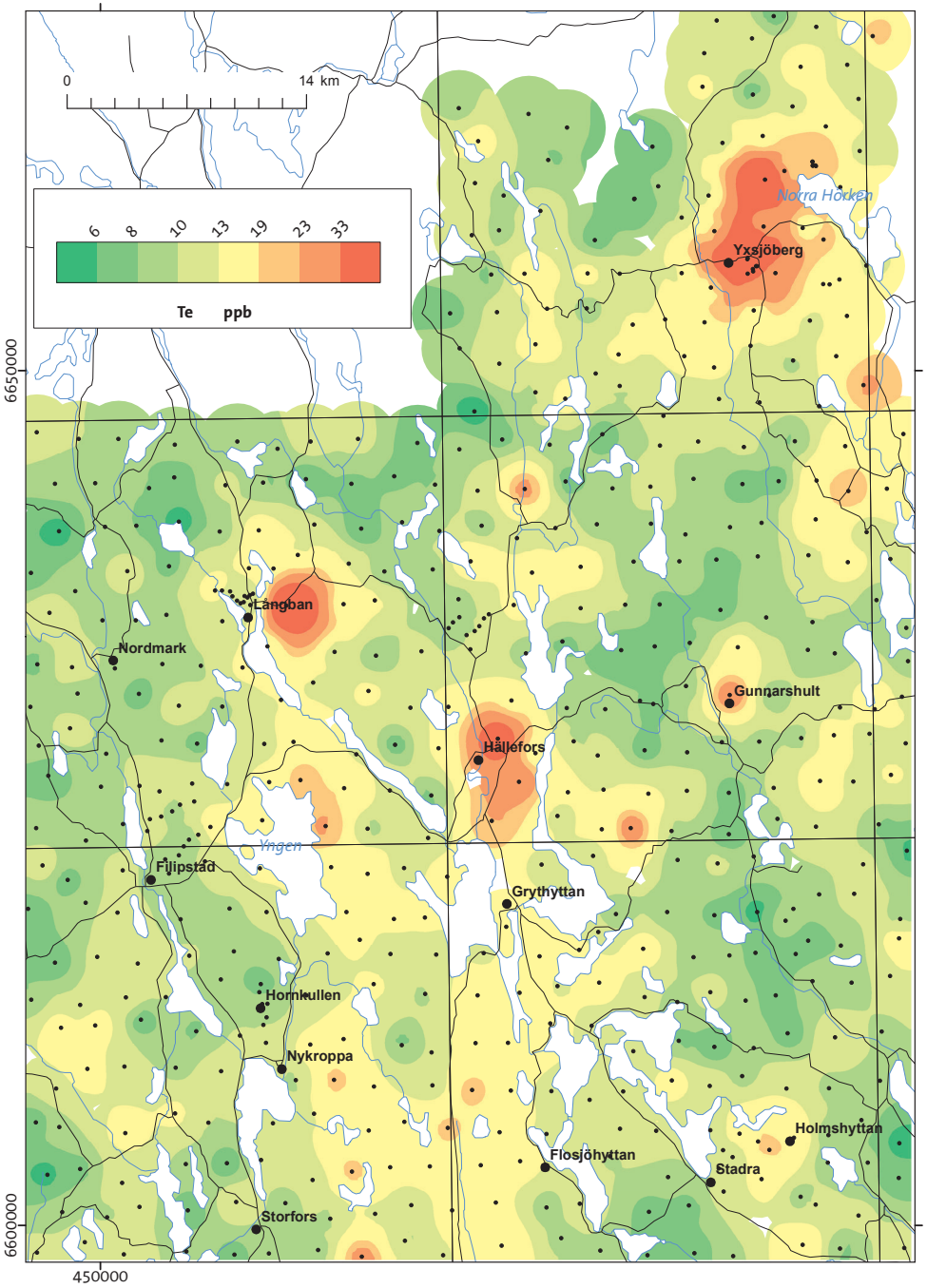

0
14 km
0,11
0,14
0,17
0,21
0,28
0,34
0,50
Se ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

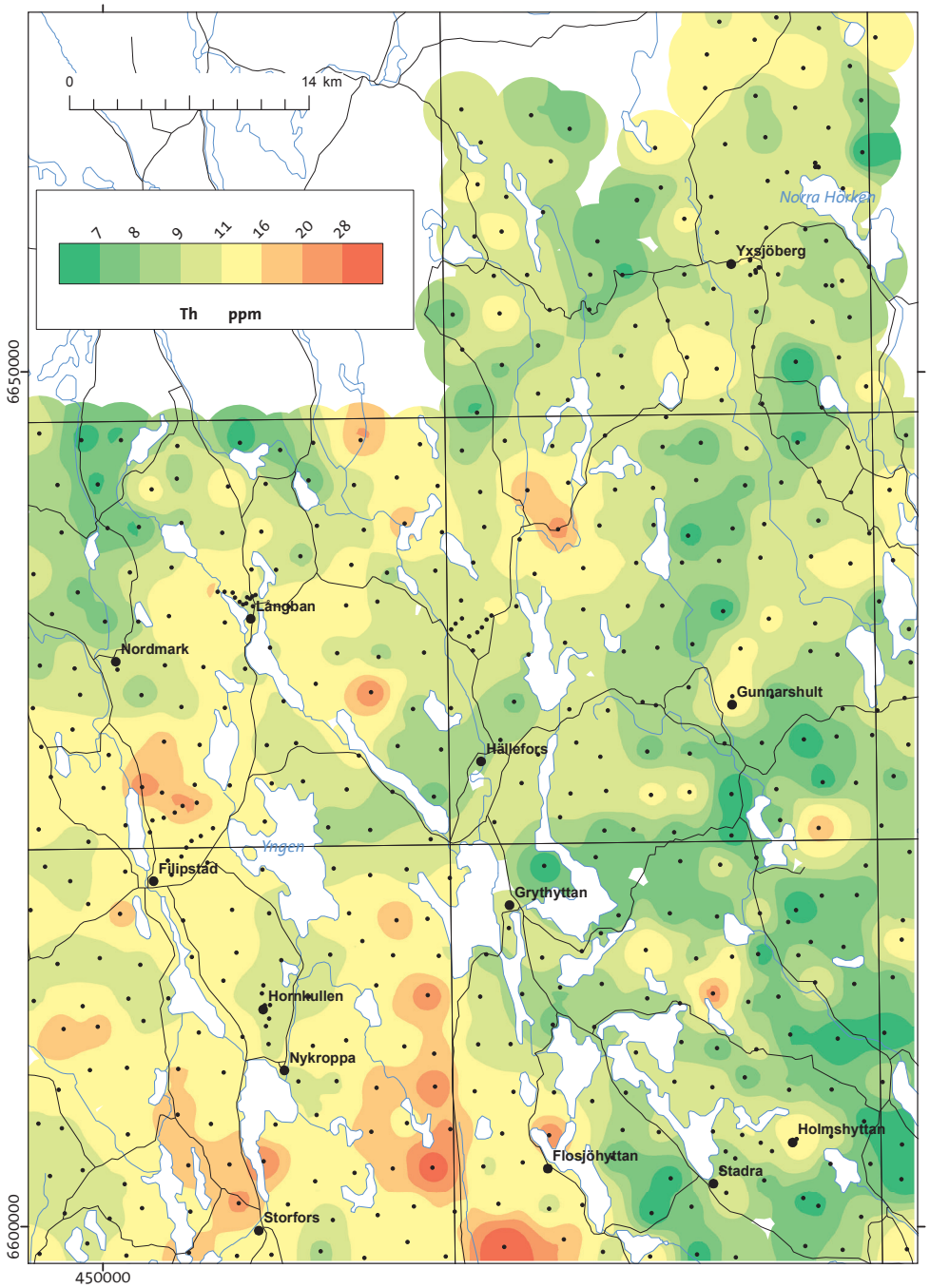

0
14 km
0,31
0,39
0,44
0,51
0,67
0,81
1,56
Sn ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

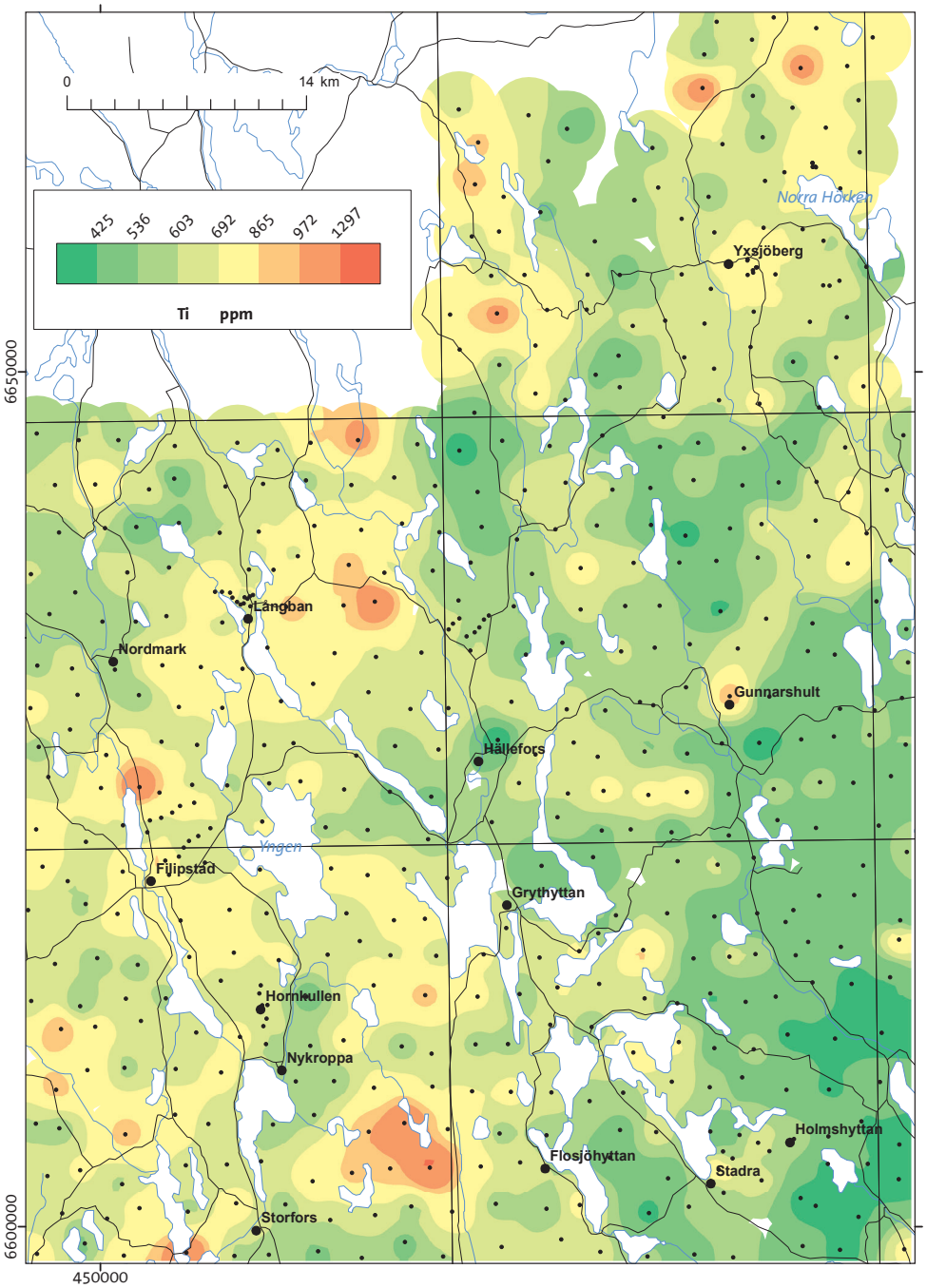

0
14 km
5 8 9 10 12 14 16
Sr ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

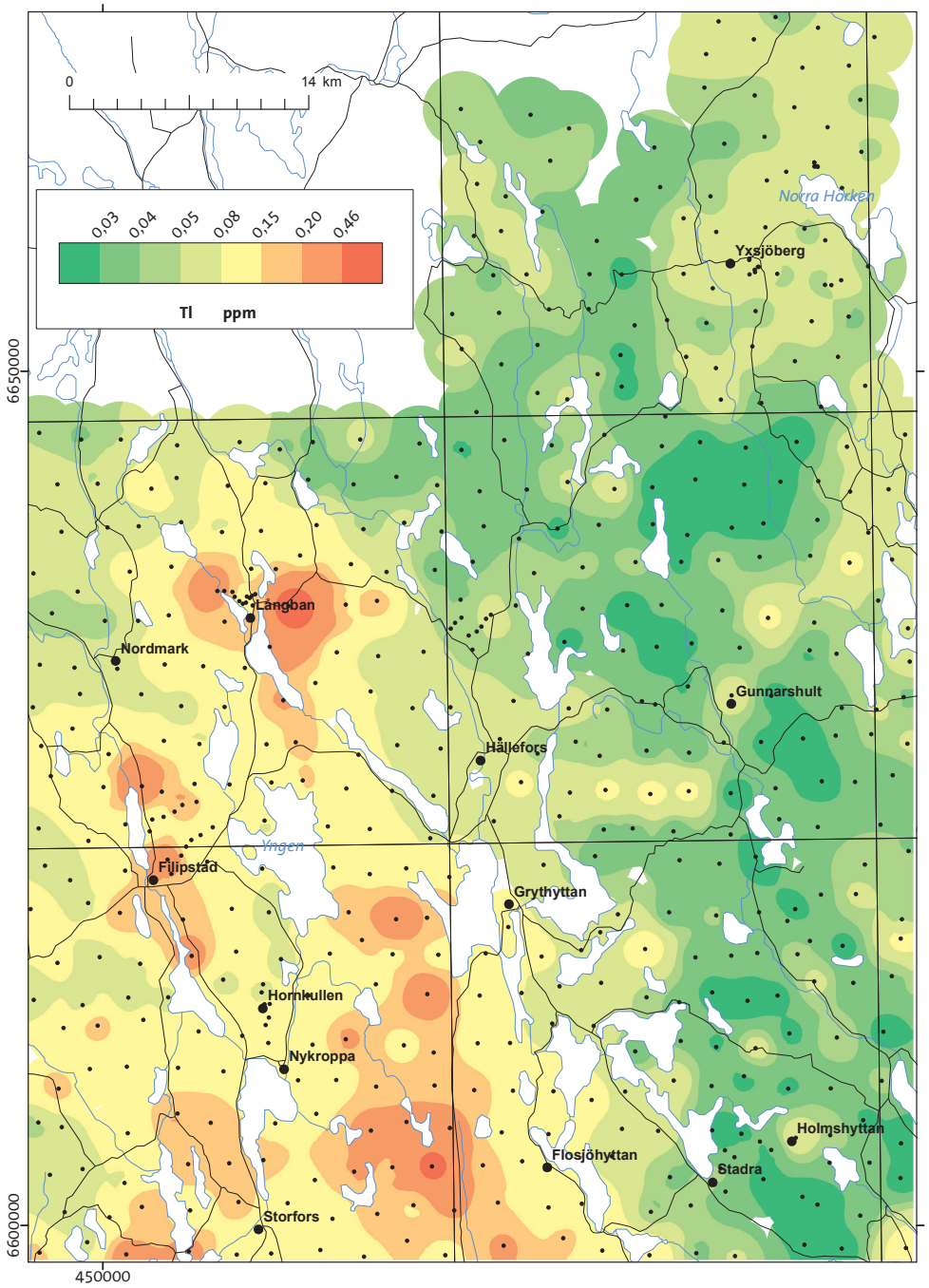

0
14 km
7 16 25 37 58 70 95
Ta ppb
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

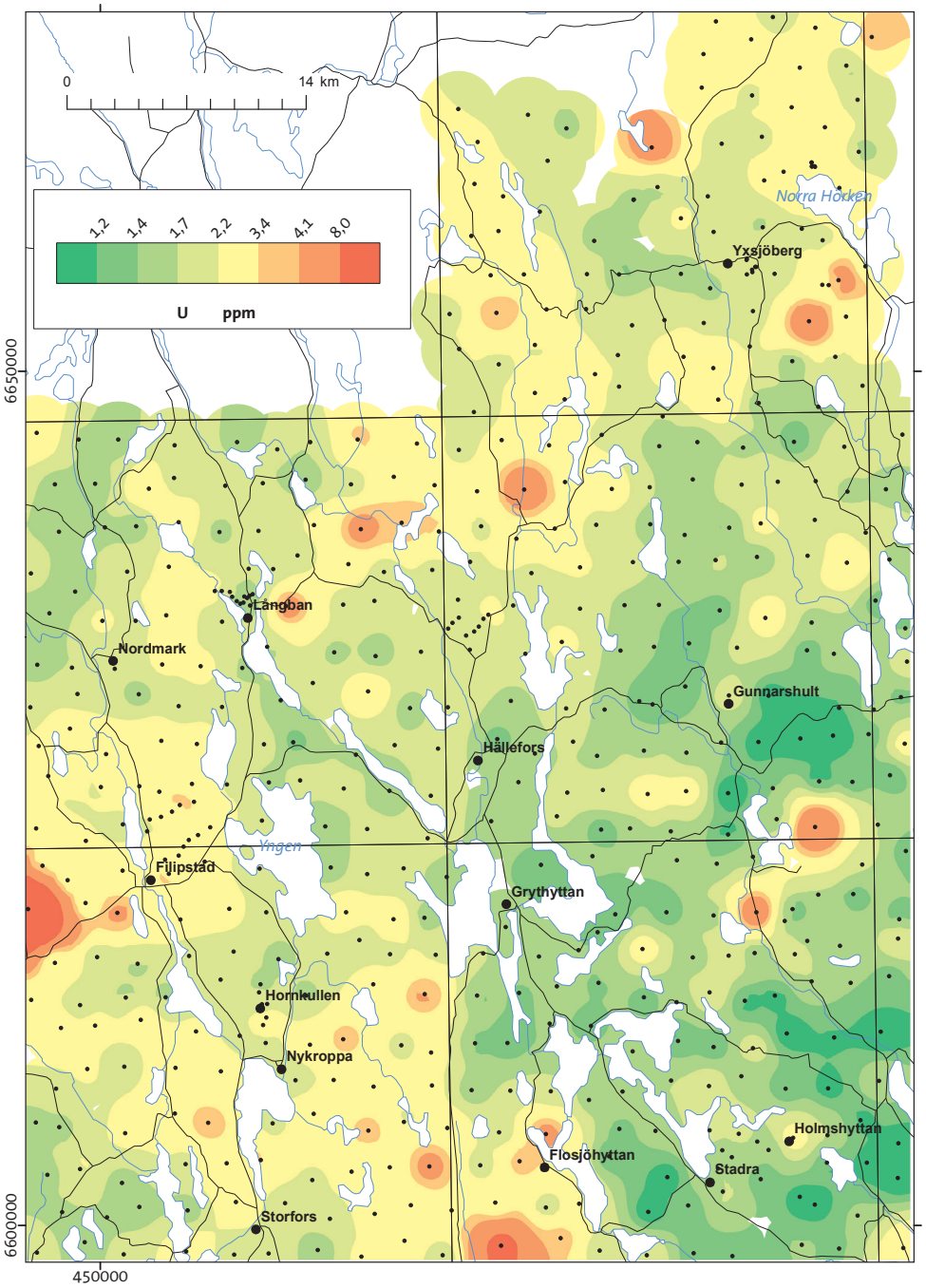

0
14 km
0,32
0,37
0,41
0,48
0,66
0,74
1,11
Tb ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

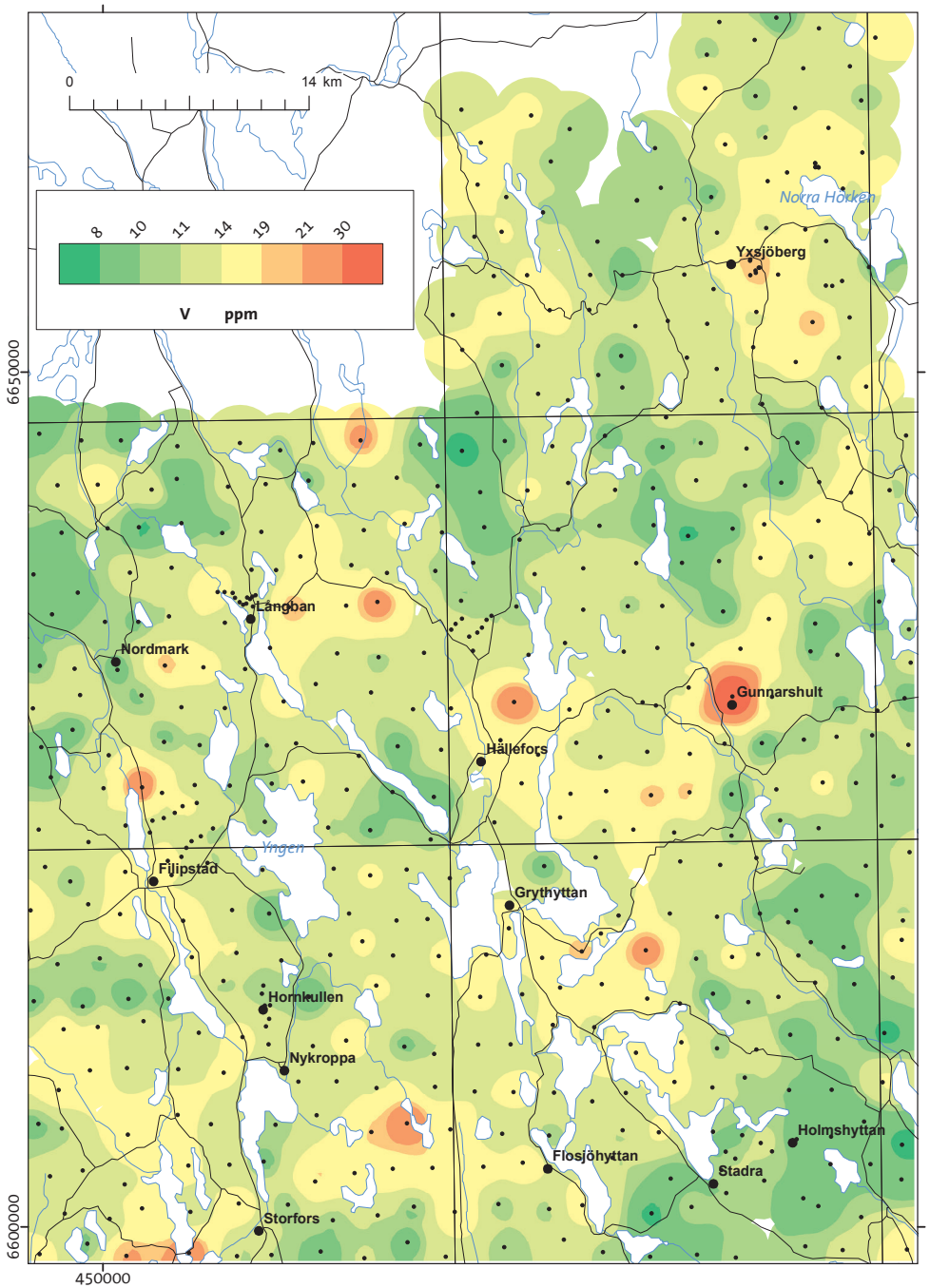

0
14 km
6
8
10
13
19
23
33
Te ppb
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

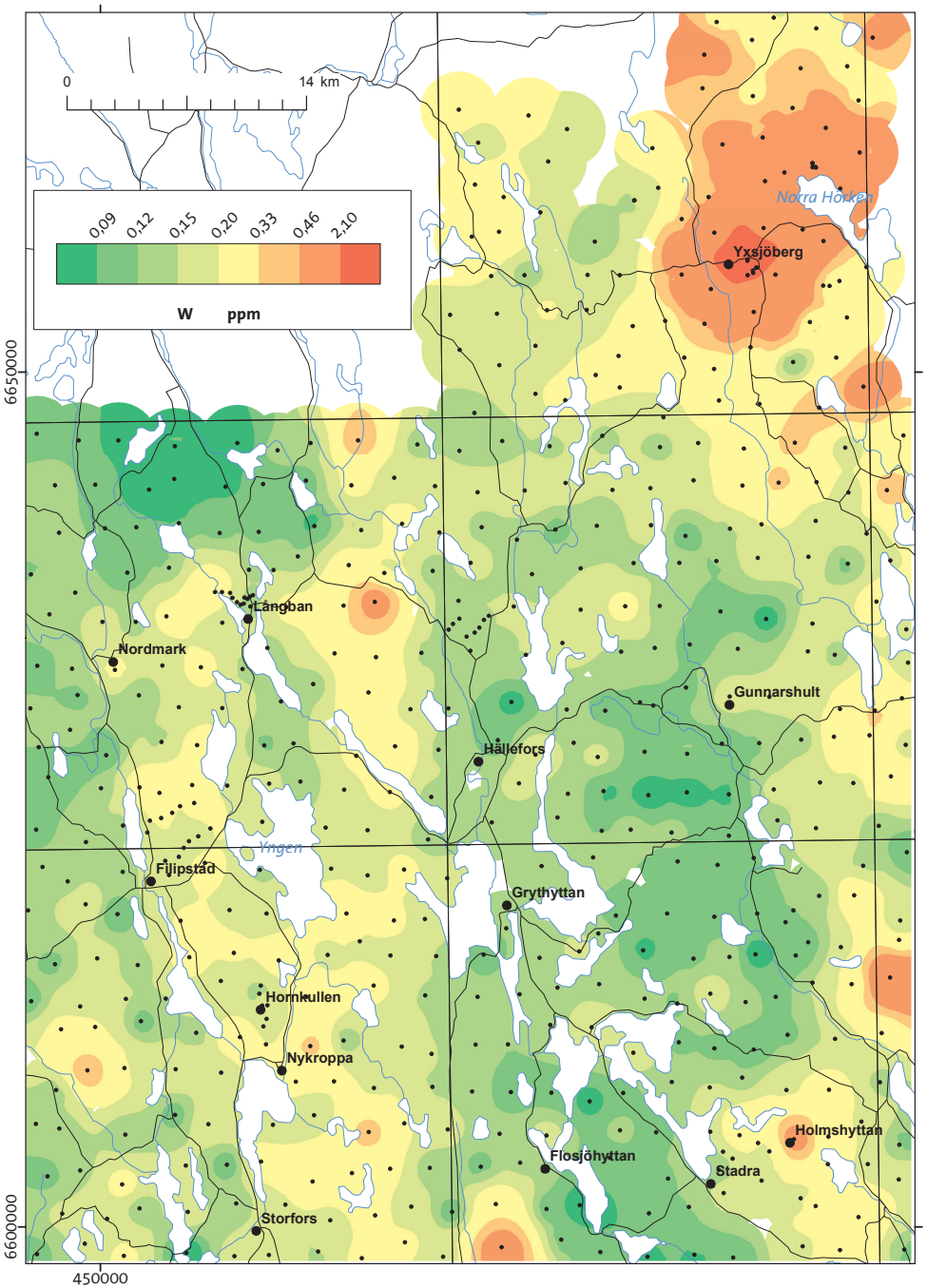

0
14 km
7 8 9 11 16 20 28
Th ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynnen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

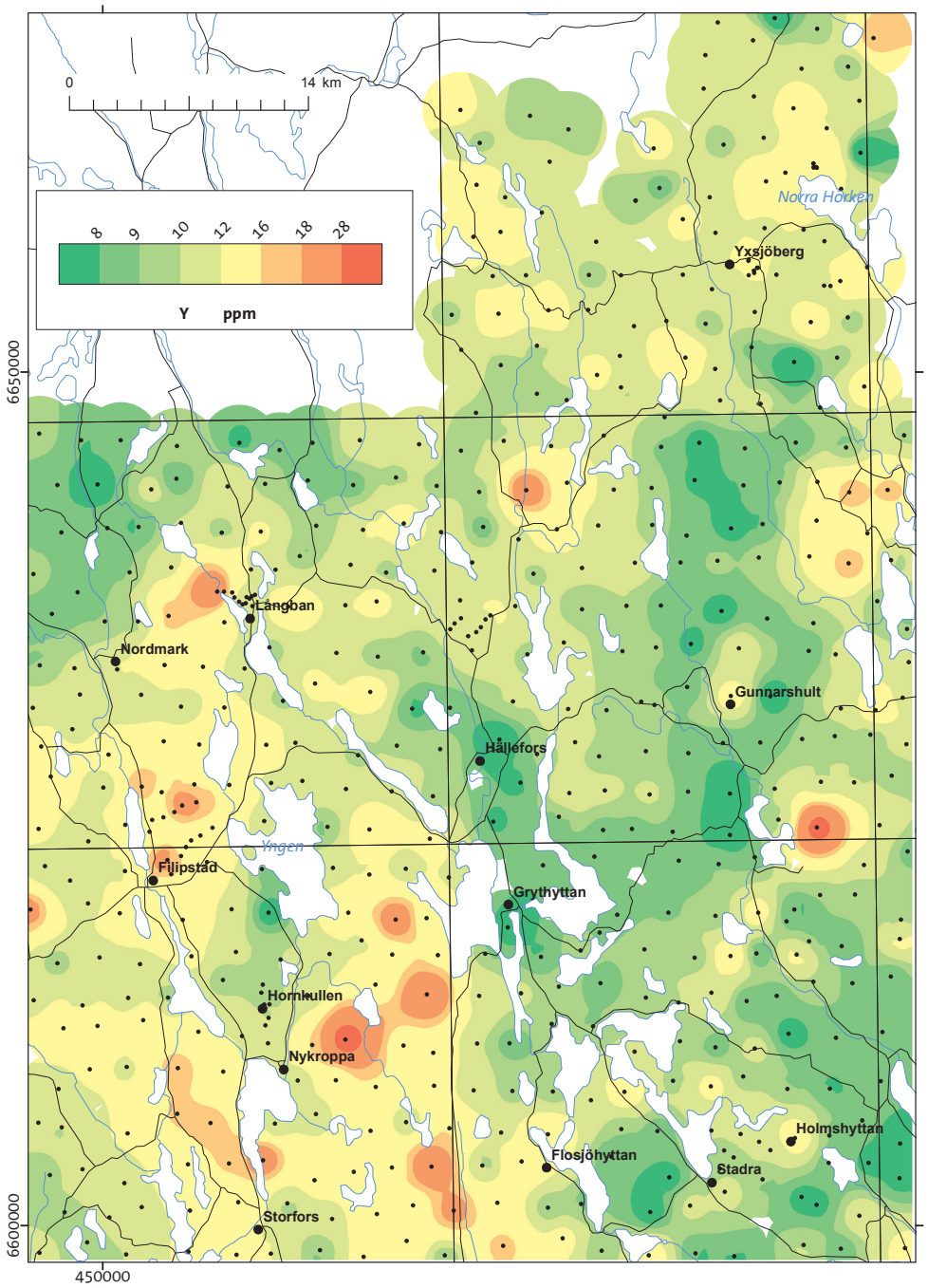

0
14 km
425 536 603 692 865 972 1297
Ti ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynnen
Fjugstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

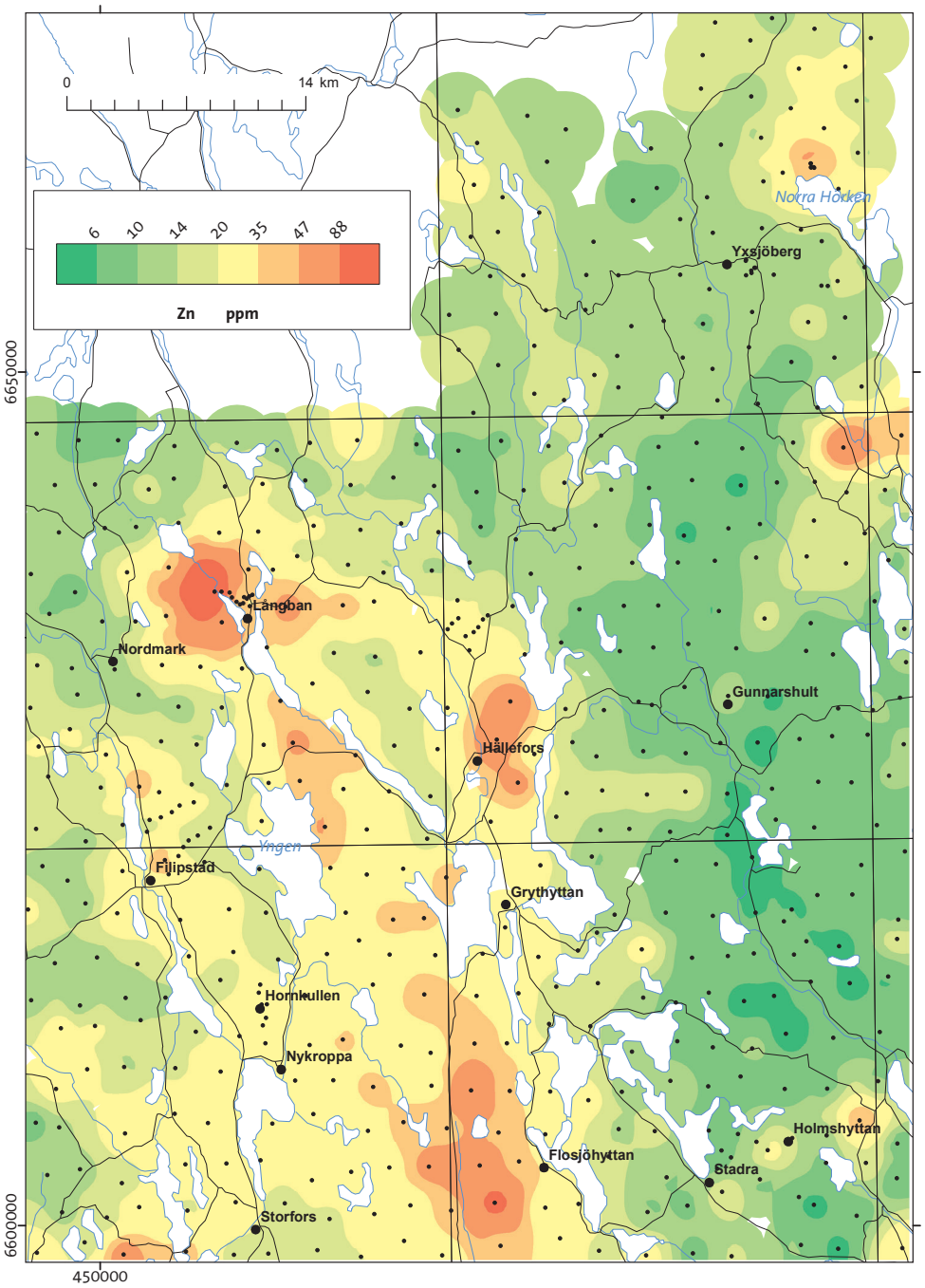

0
14 km
0,03
0,04
0,05
0,08
0,15
0,20
0,46
Tl ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

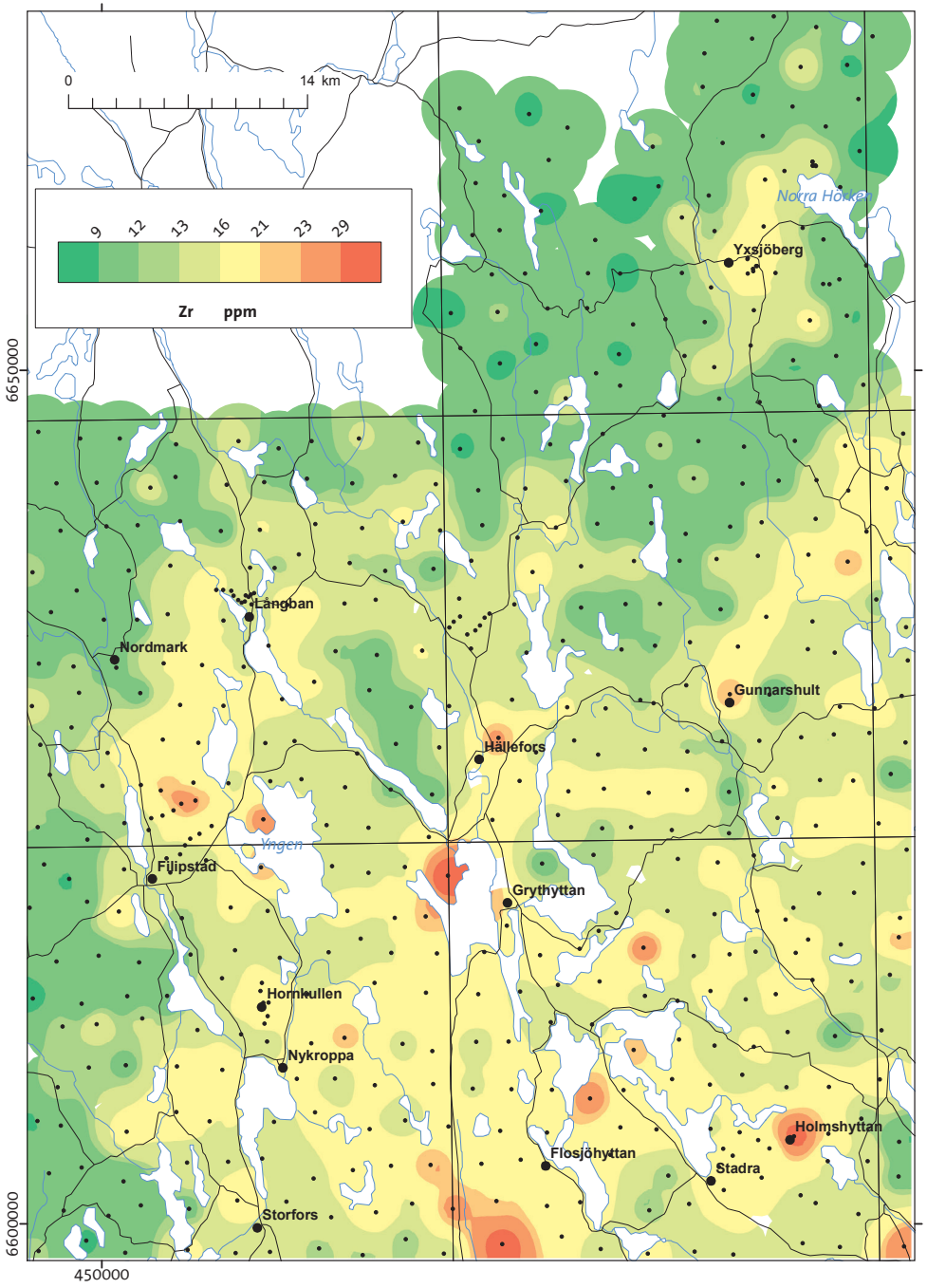

0
14 km
1,2
1,4
1,7
2,2
3,4
4,1
8,0
U ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ymgen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000


0
14 km
8 10 11 14 19 21 30
V ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000


0
14 km
0.09 0.12 0.15 0.20 0.33 0.46 2.10
W ppm
Norra Hökön
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000


0
14 km
8 9 10 12 16 18 28
Y ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000


0
14 km
6 10 14 20 35 47 88
Zn ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Yngen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000


0
14 km
9
12
13
16
21
23
29
Zr ppm
Norra Hörken
Yxsjöberg
Långban
Nordmark
Gunnarshult
Hällefors
Ynglen
Filipstad
Grythyttan
Hornkullen
Nykroppa
Holmshyttan
Flosjöhyttan
Stadra
Storfors
6650000
6600000
450000

BILAGA 3. ÖVERSIKTLIG ELEMENTBESKRIVNING

General description of elements

Bilagan ger en kort beskrivning över elementens huvudsakliga förekomstsätt och mobilitet.

Ag, Silver

Silver återfinns i ren form i naturen men är vanligast i sulfider och arsenider samt som spårelement i malmmineral som blyglans, kopparkis och zinkblände. Vulkaniska bergarter och vissa sedimentära bergarter (skiffer, sandsten) kan också ha höga silverhalter. Mobiliteten hos silver beror på redoxförhållande, pH och tillgången på halidjoner. I sura och oxiderande miljöer är silver mobilt. Metallen binder lätt till lerpartiklar och organiskt material samt fäller ut tillsammans med järn- och manganhydroxider.

Al, Aluminium

Aluminium är det tredje vanligaste grundämnet i jordskorpan. Det är ett huvudelement i många bergartsbildande mineral som fältspat, glimmer, amfibol och lermineral. Aluminium finns i både kristallina bergarter (granit, basalt), sedimentära bergarter (lerskiffer) och alkalina bergarter (syenit, anortosit). De senare visar vanligen de högsta aluminiumhalterna. Vittrade aluminosilikater (t.ex. kaolinit och illit) utgör huvudkomponenter i många jordar. Därför korrelerar höga aluminiumhalter med högt lerinnehåll. Sekundärt bildade aluminiumhydroxider (gibbsit, böhmit, diaspor) utgör de ekonomiskt viktigaste källorna till aluminium. Löslighet-en är starkt pH-beroende. Vanligen är aluminium relativt icke-mobilt men blir lösligt i sura (pH<5,5) och mycket alkalina miljöer (pH>8).

As, Arsenik

Arsenik visar hög affinitet till svavel och förekommer huvudsakligen i sulfidform, t.ex. som arsenikkis (FeAsS). I bergartsbildande mineral kan arsenik ersätta järn och aluminium. Därför förekommer spår av arsenik i vanliga silikater, exempelvis i fältspat. Många bergarter innehåller små mängder arsenik. Hydrotermala processer kan koncentrera arsenik, vilket kan leda till höga arsenikhalter i hydrotermalt omvandlade vulkaniska bergarter, lerskiffer, metamorf skiffer och i kol. Arsenik används som indikatorelement inom prospektering då det är ett grundämne som ofta förekommer tillsammans med epitermala och mesotermala malmfyndigheter, i synnerhet guld. Lösligheten för många arsenikföreningar är hög, medan mobiliteten i jord och sediment är begränsad på grund av den höga adsorptionen till lerpartiklar, järnoxyhydroxider och organiskt material.

Au, Guld

Guld förekommer i naturen i gedigen form men bildar även legeringar med silver och koppar (elektrum), tellurider (calaverit, sylvanit) och sällsynta kemiska föreningar med kvicksilver, koppar, antimon och vismut. Spår av guld och guldinklusioner kan hittas i vanliga sulfider som pyrit, zinkblände, blyglans och kopparkis samt i oxider som kromit och magnetit. Höga guldhalter återfinns huvudsakligen i basiska magmatiska bergarter som gabbro och diorit, i basiska till intermediära vulkaniska bergarter (basalt, andesit, trakyt) och i metasomatiska bergarter (t.ex. greisen). Guld förekommer i olika typer av hydrotermala och epitermala mineraliseringar associerade med kvartsrika sprickfyllnader och sulfidmineral, samt i vask-

avlagringar och i finkorniga sediment. Guld är inte särskilt mobilt, det är icke-reaktivt och har låg aktivitet i lösning med undantag för när det bildar komplex med cyanidjoner, Au(CN)2. Höga guldhalter har observerats i växter och humusrika jordar som överlagrar guldmineraliseringar.

B, Bor

Den huvudsakliga källan till bor är senmagmatiska bergarter, i synnerhet pegmatit. Bor bildar många mineral, det vanligaste är turmalin (som förekommer i pegmatit) och en grupp borater (t.ex. borax) som är vanliga evaporitutfällningar i mycket torra miljöer. Man kan hitta spår av bor i vissa bergartsbildande mineral, t.ex. muskovit, fältspat och lermineral. Även om bor inte visar hög löslighet från magmatiska mineral (som turmalin) kan det vara lättlösligt i jord och adsorberas lätt till lermineral (t.ex. illit), organiskt material och järn-aluminiumoxider. Sekundär anrikning av bor kan hittas i leror och karbonater, där marin lera innehåller höga halter på grund av de höga koncentrationerna i havsvatten. Anrikning av bor sker även i jord som är rik på organiskt material, speciellt i miljöer med lågt pH.

Ba, Barium

Barium bildar egna mineral, det vanligaste är baryt. Barium förekommer även i små mängder i bergartsbildande silikater som fältspat och glimmer i vilka det substituerar kalcium. Sura och alkalina bergarter kan innehålla höga bariumkoncentrationer (upp till 2000 ppm). Även sedimentära bergarter som är rika på kalifältspat, t.ex. arkos, kan ha höga bariumhalter. Barium kan anrikas i områden som omvandlats hydrotermalt eller där det finns mineraliseringar av basmetaller, speciellt Pb-Zn-sulfidmineraliseringar i kalksten och dolomit. Mobiliteten hos barium är låg och det fäller ofta ut som sulfat eller karbonat och anrikas i mangan- och fosforkonkretioner. Barium har en stark tendens att adsorberas till lera och järnoxider.

Be, Beryllium

Beryllium bildar sällsynta mineral som beryll och krysoberyll, som utgör ekonomiskt viktiga källor till beryllium. Dessa mineral finns huvudsakligen i senmagmatiska bergarter och i pegmatiter. Sekundär anrikning sker i finkorniga sediment rika på lermineral (lerskiffer) och kol. Beryllium är relativt mobilt vid lågt pH och har en stark tendens att adsorbera till lerpartiklar, organiskt material och järn-manganhydroxider.

Bi, Vismut

Vismut bildar sällan egna mineral (t.ex. bismit och bismutit) och förekommer oftast som ett spårelement i sulfider som blyglans, zinkblände och kopparkis. Vismut kan anrikas i sura magmatiska och vulkaniska bergarter. Sekundära koncentrationer av vismut finns i finkorniga sediment, leror och kol. Vismut uppträder tillsammans med Cu-, Zn-, Pb-, W-, Sn- och Au-mineraliseringar och används som indikatorelement vid guldprospektering. Vismut har låg mobilitet och tenderar att fälla ut tillsammans med järn-manganhydroxider. Det bildar också olösliga salter och adsorberas till organiskt material.

Ca, Kalcium

Kalcium är det femte vanligaste grundämnet i jordskorpan. Det uppträder huvudsakligen som katjon i en mängd olika mineral, t.ex. karbonater (kalcit, dolomit), sulfater (gips, anhydrit), fosfater (apatit) och silikater (plagioklas, amfibol, pyroxen). Kalcium är också den viktigaste

komponenten i kalksten, som till övervägande del består av kalcit. Mobiliteten är normalt hög, men är låg vid mycket högt pH.

Cd, Kadmium

Kadmium bildar sällsynta mineral som greenockit och kadmiumkarbonatet oktavit, men förekommer oftast i zinkblände och blyglans. Små mängder kadmium kan finnas i bergartsbildande mineral, t.ex. biotit och amfibol. De högsta kadmiumhalterna finns i sedimentära bergarter som lerskiffer och sandsten, samt i metamorf skiffer. Svartskiffer och kol kan innehålla mycket höga halter. Kadmium anrikas i organiskt material och i kol. Kadmium är mobilt vid oxiderande förhållanden och lakas från sulfider vid pH lägre än 8. Vid högt pH tenderar kadmium att fälla ut med karbonater. Mobiliteten är dock begränsad på grund av att kadmium gärna adsorberar till lerpartiklar och organiskt material samt fäller ut med järn-manganhydroxider. Den huvudsakliga källan till koncentrationer av kadmium i svensk morän är polymetalliska mineraliseringar (Zn, Pb, Cu, Ag) där kadmium förekommer i sulfider.

Ce, Cerium

Cerium är det näst lättaste men det vanligaste grundämnet bland de sällsynta jordartsmetallerna (rare earth elements, REE). Cerium bildar flera mineral, t.ex. monazit, xenotim, bastnäsit och cerit, och kan ersätta kalcium i fältspat. Mineral som innehåller cerium förknippas vanligtvis med granitoida bergarter, men höga koncentrationer av cerium kan också observeras i alkalina magmatiska bergarter. Cerium är inte särskilt mobilt men kan anrikas sekundärt i lerrika jordar eller adsorberas till järnoxider.

Co, Kobolt

Kobolt är en övergångsmetall med fysikaliska och kemiska egenskaper som liknar nickel. Kobolt bildar egna mineral, t.ex. koboltglans, och uppträder som spårelement i vanliga sulfider (t.ex. pyrit) och i bergartsbildande mineral som olivin, pyroxen och amfibol. De högsta kobolthalterna finns i ultrabasiska och basiska bergarter. Kobolt har hög mobilitet vid lågt pH och oxiderande förhållanden, samt låg mobilitet vid basiska och reducerande förhållanden. Mobilt kobolt koncentreras huvudsakligen i järn-manganoxider, leror och finkorniga sediment.

Cr, Krom

Krom är en vanlig övergångsmetall som förekommer i basiska och ultrabasiska bergarter. Krom bildar kromit och finns i små mängder i bergartsbildande mineral som amfibol, pyroxen, glimmer och granat. Vid vittring är mobiliteten hos krom vanligtvis låg, men i rörlig form koncentreras krom företrädesvis i leror.

Cu, Koppar

Koppar förekommer företrädesvis i sulfidform. Som spårelement kan det också finnas i glimmer, pyroxen och amfibol, och är därför vanligare i basiska bergarter som basalt och gabbro. Höga kopparhalter kan finnas i finkorniga sediment och metallen adsorberas lätt till lerpartiklar. Koppar är en basmetall som har stort ekonomiskt värde och det förekommer i många mineraliseringstyper, t.ex. porfyr-kopparmineraliseringar, vulkaniska sulfidmineraliseringar, polymetalliska gångförekomster och skarnmineraliseringar. Koppar är mobilt vid sura pH-förhållanden och fäller ut tillsammans med zink- och järnhydroxider. I jordar som är rika på organiskt material sker utfällning av koppar främst genom mikrobiell aktivitet.

Fe, Järn

Järn är ett av de vanligast förekommande grundämnena i jordskorpan och uppträder i mineral som oxider, sulfider och karbonater och är en huvudkomponent i silikat hos bergartsbildande mineral (t ex. olivin, amfibol, pyroxen och biotit). Järnhalten är hög i basiska och ultrabasiska bergarter jämfört med lägre halter i sura bergarter som granit. Även finkorniga sediment som lerskiffer kan ha högt järninnehåll. Lösligheten hos järn varierar med pH och Eh samt med mängden organiskt material. Lösligheten är låg vid oxiderande förhållanden och minskar med ökande pH. Järn har högre mobilitet vid reducerande förhållanden då järnet oftast är bundet i organiska komplex.

Ge, Germanium

Germanium bildar få egna mineral (t.ex. germanit) men är ett vanligt spårelement i Zn-, Pb- och Cu-sulfider och i bergartsbildande mineral som olivin, amfibol, fältspat och muskovit. Anrikning av germanium förekommer i senmagmatiska bergarter (pegmatit, greisen) och i hydrotermala mineraliseringar. Höga germaniumhalter återfinns i finkorniga sediment och i metamorfa motsvarigheter till dessa (skiffer, fyllit). Särskilt höga halter har observerats i kol och aska. Mobiliteten hos germanium är låg och ämnet adsorberas lätt till lermineral, järnoxider och organiskt material.

Hg, Kvicksilver

Kvicksilver förekommer huvudsakligen i sulfidform i hydrotermalt omvandlade vulkaniska och vulkanoklastiska bergarter. Gediget kvicksilver är sällsynt i naturen. Som spårelement kan det finnas i amfibol, fältspat, pyroxen, zinkblände och titanit. Sekundär anrikning sker i finkorniga sedimentära bergarter (svartskiffer) och kol. Inom mineralprospektering används kvicksilver ofta som indikatorelement vid prospektering efter Au-, Ag- och Sb-mineraliseringar. Kvicksilver har varierande mobilitet beroende på hur det förekommer i naturen. Det har en exceptionell tendens att bindas till organiskt material och i mindre skala till lermineral.

K, Kalium

Kalium är ett av de vanligaste grundämnena i jordskorpan. Kalium finns i en mängd olika mineral: bergartsbildande silikater (fältspat, glimmer), klorider (sylvit) och fyllosilikater (illit). Kalium anrikas i sura bergarter, inklusive alkalina och metamorfa bergarter, och i sandstenar och lerskiffer rika på fältspat. Vid vittring blir kalium lättlösligt och mobilt men har en hög tendens att adsorbera till lermineral. Extraherbarheten i kungsvatten är låg eftersom det mesta av kaliumet är bundet i vittringsbeständiga mineral som kalifältspat. Generellt är höga kaliumhalter vanliga i områden med granitiska och alkalina bergarter som är rika på kalifältspat och glimmer.

La, Lantan

Lantan tillhör de sällsynta jordartsmetallerna (rare earth elements, REE) och är det näst mest förekommande utav dessa. Lantan förekommer i accessoriska mineral som monazit, apatit och allanit och som ett spårelement i bergartsbildande mineral som biotit, pyroxen, fältspat och amfibol. Höga lantanhalter är typiska för magmatiska bergarter (granit, pegmatit) och alkalina bergarter. Sedimentära bergarter och sediment som innehåller tungmineral (t.ex. monazit) kan uppvisa mycket höga halter. Mobiliteten är låg hos lantan och adsorptionen till järnoxider, fosfater och lermineral är hög. Alla sällsynta jordartsmetaller har en tendens att ackumuleras i en basisk snarare än sur miljö och därför är lantankoncentrationen ofta hög i jord innehållande kalkhaltigt bergartsmaterial.

Li, Litium

Litium är en alkalimetall som återfinns i bergartsbildande mineral som biotit, fältspat och amfibol samt i lermineral. Litium bildar mineral som spodumen (pyroxen) och lepidolit (glimmer), vilka är karaktäristiska för senmagmatiska bergarter, t.ex. granit, aplit, pegmatit, greisen och kvartsådror. De högsta koncentrationerna av litium finns i alkalina till granitiska magmatiska bergarter, men lerskiffer, skiffer och finkorniga marina sediment kan också innehålla höga litiumhalter. I torra klimat fäller litium ut tillsammans med evaporitmineral. Mobiliteten hos litium är låg förutom vid lågt pH och adsorption sker främst till järnoxider, lermineral och organiskt material.

Mg, Magnesium

Magnesium är ett av de vanligaste grundämnena i den kontinentala jordskorpan. Det finns många olika magnesiummineral, från silikater och fosfater till karbonater och borater. Magnesium är ett huvudelement i bergartsbildande järn-magnesiummineral som olivin, biotit, amfibol och pyroxen. De högsta magnesiumkoncentrationerna hittas i ultrabasiska och basiska bergarter. Vid vittring är magnesium lättlösligt och mycket mobilt och kan via jonbyten fixeras till lermineral. Magnesium kan ersätta kalcium och ackumuleras i kalkhaltiga avlagringar.

Mn, Mangan

Mangan bildar många egna mineral (oxider, hydroxider, karbonater, silikater) och förekommer som ett accessoriskt grundämne i många bergartsbildande mineral, t.ex. granat, pyroxen, amfibol och olivin. I jonform (Mn2+) ersätter mangan Fe2+ och Mg2+ i järn-magnesiummineral och därför är mangan vanligt i basiska bergarter som basalt och gabbro. I sedimentära bergarter och sediment bildas sekundära manganoxider i form av mindre utfällningar på mineralkorn. Vid oxiderande förhållanden kan metallen anrikas i leravlagringar. Som Mn2+ är mangan mobilt vid lågt pH medan manganoxider och manganhydroxider generellt visar låg löslighet.

Mo, Molybden

Molybden förekommer huvudsakligen i sulfidform men bildar även andra föreningar (molybdater) med syre. Som ett spårelement finns molybden i pyrit, kopparkis, blyglans, zinkblände, volframit, scheelit, titanit och magnetit, samt i fältspat och biotit. Molybden anrikas i sura magmatiska bergarter, t.ex. i andesit, granit och pegmatit. Sekundär anrikning förekommer i vissa sedimentära bergarter, t.ex. i svartskiffer och i marina järn-mangannoduler. Molybden är mobilt vid alkalina förhållanden och lösligt i oxiderande miljöer. Vid alkalina förhållanden bildar molybden sekundära mineral och kan påträffas i finkorniga sediment. Molybden bildar lätt komplex med organiskt material (som vanligen också är sulfidrikt). Under sura förhållanden bryts molybdenmineral ned och kan koncentreras i finkorniga jordar och ler.

Na, Natrium

Natrium är ett av de vanligaste grundämnena i jordskorpan och det är en viktig komponent i många bergartsbildande mineral (fältspat, glimmer, amfibol). Natrium är också ett vanligt grundämne i evaporitavlagringar (t.ex. halit, mirabilit) och i leravlagringar. Natrium anrikas i sura, magmatiska bergarter, speciellt i alkalina bergarter (t.ex. syenit), och i sedimentära bergarter (som lerskiffer och sandsten). Den relativt låga mobiliteten hos natrium i morän och sediment beror på att det huvudsakliga värdmineralet albit är svårvittrat. Natrium som har lösts tenderar dock att hålla sig i lösning och kan adsorbera till lermineral med hög katjonbyteskapacitet.

Nb, Niob

Niob är ett sällsynt grundämne som vanligtvis förekommer i sura bergarter och i pegmatiter. Även alkalina bergarter kan innehålla höga niobhalter. Typiska mineral är pyroklor och columbit-tantalit-serien. Små mängder av niob kan finnas i biotit, rutil, ilmenit, titanit, kassiterit och zirkon. Sekundära anrikningar förekommer i lerskiffer och i metamorf skiffer. Niob visar låg mobilitet och uppträder huvudsakligen i vittringsresistenta mineral. Den vanligaste källan till niob i morän är glimmer, där biotit utgör det mest lösliga Nb-mineralet. Niob tenderar att anrikas i finkorniga jordar och sediment som överlagrar granit och pegmatit, men adsorberas vanligen inte till lerpartiklar.

Ni, Nickel

Nickel är ett grundämne som bildar många sulfid- och arsenidmineral. Som ett spårelement finns det i bergartsbildande mineral som olivin, pyroxen, amfibol, glimmer och granat, och i många vanliga sulfider (t.ex. pyrit och kopparkis). Ultrabasiska bergarter uppvisar ofta hög anrikning av nickel. Sekundära Ni-halter förekommer i lateritiska och lerrika avlagringar som täcker ultrabasiska bergarter. Nickel är mobilt vid surt pH och oxiderande förhållanden, mobiliteten är begränsad av samutfällningen av Fe- och Mn-hydroxid samt adsorptionen till lermineral.

P, Fosfor

Fosfor bildar egna mineral, fosfater, varibland de huvudsakliga är apatit och monazit. Små mängder av fosfor finns i bergartsbildande mineral som olivin, pyroxen, amfibol, granat, glimmer och fältspat. Basiska och alkalina bergarter innehåller vanligen högre fosforhalter än sura bergarter. Bland sedimentära bergarter innehåller svartskiffer och fosforiter de högsta koncentrationerna. Extraherbarheten hos fosfor är hög i kungsvatten (ca 80 %). I naturen är fosfor lösligt vid neutralt pH (7), mobilt under lätt sura förhållanden, samt olösligt vid väldigt låga respektive väldigt höga pH-förhållanden. Fosfor adsorberas till lerpartiklar, Fe-oxider, Al-hydroxider och organiskt material.

Pb, Bly

Bly är ett starkt kalkofilt grundämne som oftast förekommer i sulfidform, t.ex. blyglans (PbS), men även som sulfat (anglesit) och karbonat (cerussit). I spårmängder uppträder det i bergartsbildande och accessoriska mineral som fältspat, glimmer, zirkon, magnetit och apatit. Bly är en viktig handelsvara och förekommer i polymetalliska sulfidmalmer, ofta med zink, koppar och silver. Bly binder lätt till organiskt material och därför kan lerskiffer och kol innhålla höga Pb-halter. Mobiliteten är låg på grund av den starka adsorptionen till lerpartiklar, Fe-Mn-hydroxider och organiskt material.

Rb, Rubidium

Rubidium är ett relativt vanligt förekommande grundämne som huvudsakligen substituerar kalium i bergartsbildande och accessoriska mineral samt i lermineral (t.ex. glimrar, K-fältspat, lepidolit, zinnwaldit, carnallit, pollucit, illit, montmorillonit). På grund av den stora jonradien och oxidationstillståndet (+1) anrikas rubidium i sen-magmatiska bergarter, speciellt i utvecklade graniter och pegmatiter, i finkorniga sedimentära bergarter (t.ex. lerskiffer) och deras motsvarigheter (skiffer, paragnejs). Rubidium kan mobiliseras i hydrotermala miljöer, och höga koncentrationer påträffas ofta i närheten av hydrotermalt omvandlade magmatiska bergarter och i relation till porfyr-koppar-mineraliseringar. Rubidium har låg mobilitet i jord och sediment vilket är ett resultat av den höga adsorptionen till lerpartiklar.

Sb, Antimon

Antimon är ett starkt kalkofilt grundämne som sällan bildar egna mineral (t.ex. stibnit). Det förekommer vanligtvis som ett spårelement i sulfider (t.ex. blyglans, zinkblände och pyrit) men också i ilmenit och olivin (där antimon substituerar järn). Antimon används tillsammans med arsenik och vismut som indikatorelement för att finna guldmineraliseringar. Lerskiffer, slamsten och leriga bergarter kan innehålla höga antimonhalter. Antimon kan också anrikas i hydrotermalt omvandlade bergarter. Antimon är relativt lättlösligt och mobilt, speciellt under oxiderande förhållanden. Vid reducerande förhållanden minskar mobiliteten. Utfällning sker med Fe-hydroxider och organiskt material, och adsorptionsförmågan till lerpartiklar är hög.

Sc, Skandium

Skandium är en övergångsmetall som sällan bildar egna mineral (som thortveitit) och förekommer som ett spårelement i bergartsbildande mineral som amfibol, biotit, pyroxen, granat samt i accessoriska mineral som monazit. Basiska bergarter har vanligtvis högre skandiumhalter än sura bergarter. Alkalina bergarter (t.ex. karbonatit) kan också uppvisa högre skandiumhalter. Höga koncentrationer uppträder i finkorniga, sedimentära bergarter som lerskiffer och dess metamorfa motsvarighet skiffer. Hydrotermalt förändrade bergarter, skarn och relaterade mineraliseringar uppvisar ofta höga skandiumhalter. Sekundära anrikningar som har sitt ursprung i vittrade basiska bergarter hittas i laterit- och bauxit-avlagringar. Skandiums mobilitet i jord är låg, huvudsakligen på grund av den starka tendensen till att binda till lermineral och organiskt material.

Se, Selen

Selen bildar selenider, t.ex. clausthalit och crookesit, och förekommer i sulfider där det vanligen substituerar svavel (i pyrit, kopparkis och zinkblände). Selen är volatilt och vanligt i områden med vulkanisk aktivitet. Basiska bergarter och sulfidmineral utgör huvudsakliga källor till selen. Sedimentära bergarter rika på organiskt material (svartskiffer) och kol kan innehålla höga selenhalter. Mobiliteten hos selen är högre under oxiderande förhållanden men sjunker med sjunkande pH och är icke-mobilt i reducerande miljöer. Selenföreningar har en tendens att adsorberas till Fe-oxyhydroxider, lerpartiklar och organiskt material.

Sn, Tenn

Tenn bildar huvudsakligen mineralet kassiterit (SnO_2), vilket uppträder i granit, pegmatit, skiffer, hydrotermala sprickfyllnader, metasomatiska bergarter (t.ex. greisen) och vaskavlagringar. Tenn finns som spårelement i många bergartsbildande och accessoriska mineral som glimmer, amfibol, titanit, ilmenit och magnetit. Höga tennkoncentrationer finns i sura magmatiska bergarter, metamorf skiffer, lerskiffer och kol. Tenn är relativt icke-mobilt och fäller ut med Fe- och Al-hydroxider, samt adsorberar till lerpartiklar och bildar både lösliga och olösliga komplex med organiskt material. Mobiliteten är hög vid lågt pH.

Sr, Strontium

Strontium är ett relativt vanligt grundämne som substituerar kalcium, barium och kalium i bergartsbildande mineral som fältspat, plagioklas, gips, kalcit och dolomit. Strontium bildar egna mineral (strontianit och celestin) som förekommer i hydrotermalt omvandlade bergarter. Intermediära till basiska (speciellt alkalina) och hydrotemalt omvandlade bergarter tenderar att anrikas på strontium. Tillsammans med barium och magnesium utgör strontium ett vanligt

grundämne i bergarter rika på kalciumkarbonat. Vid vittring är strontium mycket mobilt, särskilt under sura förhållanden, och adsorberar vanligtvis till lermineral och binds i organiskt material.

Ta, Tantal

Tantal är ett litofilt grundämne som huvudsakligen förekommer som oxid (tantalit). Tantal finns också som spårelement i bergartsbildande mineral (biotit, pyroxen, amfibol) och i accessoriska mineral som titanit, ilmenit, rutil och zirkon, där det ofta substituerar titan, yttrium och sällsynta jordartsmetaller. Tantal förekommer tillsammans med niob i granit, pegmatit och alkalina bergarter. Höga tantalhalter finns i greisen och i hydrotermala spricksystem som är rika på tenn. Tantalit och pyroklor är de huvudsakliga tantalmineralen i mineraliseringar. Mineral som innehåller tantal är ofta vittringsbeständiga och mobiliteten av grundämnet är relativt lågt. Sekundär anrikning av tantal återfinns i tungmineralavlagringar (vaskavlagringar) och i finkorniga sedimentära bergarter (lerskiffer). Vid vittring bildar tantal lösliga komplex med organiska föreningar.

Te, Tellur

Tellur är en halvmetall med egenskaper som liknar de hos selen och svavel. I naturen uppträder tellur i sin rena form eller som tellurider, telluriter och arsenosulfider. Tellur bildar mineral tillsammans med vismut, koppar och ädelmetaller som guld, silver och platina. Många vanliga sulfider innehåller spårmängder av tellur, t.ex. pyrit, kopparkis och pentlandit. Inom mineralprospektering används tellur för att hitta guldmineraliseringar. Basiska bergarter innehåller högre tellurhalter än sura bergarter och sekundära koncentrationer av tellur har observerats i kol och inom oxidationszoner nära malmfyndigheter. Tellur har låg mobilitet i supergena zoner och kan adsorberas till Fe- och Mn-oxyhydroxider samt organiskt material.

Th, Torium

Torium är ett inkompatibelt grundämne som koncentreras i sen-magmatiska bergarter (graniter och pegmatiter). Finkorniga sedimentära bergarter (lerskiffer) och deras metamorfa motsvarigheter (skiffer, paragnejs) kan innehålla höga toriumhalter. Medan torium kan bilda oxider (thorianit) och silikater (thorit) förekommer det oftare som ett spårelement (tillsammans med uran) i accessoriska mineral som monazit, allanit, epidot, titanit och zirkon. Kemiskt följer torium kalcium och kan finnas i höga koncentrationer i kalksten. Torium oxiderar vid vittring och kan anrikas i reducerande miljöer samt adsorberas lätt till lerpartiklar och i något mindre utsträckning till organiskt material.

Ti, Titan

Titan är ett vanligt grundämne som bildar ett flertal mineral (ilmenit, rutil, titanit) som alla är vittringsbeständiga. Titan substituerar magnesium och järn i bergartsbildande silikater som pyroxen, amfibol, granat och glimmer. Basiska och ultrabasiska bergarter innehåller vanligtvis höga titanhalter och anrikning i lerskiffer är vanlig. Lösligt titan kommer vanligen från vittrade Fe-Mg-silikater i basiska bergarter. Adsorptionsförmågan till lerpartiklar är hög och titan fäller även ut med Fe-Mn-(hydro)oxider.

Tl, Tallium

Tallium förekommer vanligen i olika sulfider (blyglans, zinkblände, pyrit) och substituerar kalium i silikater (t.ex. fältspat, leucit, glimmer). De högsta talliumkoncentrationerna finns i

granit, metamorf skiffer, lerskiffer och kol. Talliummineral uppträder i hydrotermala miljöer (t.ex. lorandit, crookesit). Tallium kan anrikas i pegmatiter och i polymetalliska (Zn-Pb) mineraliseringar, och metallen används ofta som ett indikatorelement inom guldprospektering. Tallium är lösligt och frigörs vid vittring. Den låga mobiliteten hos tallium beror på dess tendens att adsorberas till lerpartiklar och organiskt material, och dess utfällning med Fe-Mn-oxider och -hydroxider. Vissa växter kan ackumulera tallium istället för makronäringsämnet kalium.

U, Uran

Uran är ett radioaktivt grundämne som tillhör aktiniderna. Uraninit är det vanligaste uranmineralet, men uran förekommer oftast som ett spårelement i accessoriska mineral som apatit, zirkon och monazit. I vanliga magmatiska bergarter hittas de högsta uranhalterna i granit och pegmatit samt i sura vulkaniska bergarter. Även svartskiffer som är rik på organiskt material tenderar att ha höga uranhalter. De flesta mineral som innehåller uran är vittringsresistenta, och i de fall uran avges blir det mobilt och adsorberas till lermineral, organiskt material och järnoxider samt binder till fosfater. Under oxiderande, sura till alkalina förhållanden är uran lösligt, men mobiliteten minskar i reducerande miljöer.

V, Vanadin

Vanadin är ett vanligt grundämne som bildar egna mineral (vanadater) och förekommer i järnrika mineral (t.ex. magnetit) och i bergartsbildande mineral (pyroxen, amfibol, glimmer). De högsta vanadinhalterna uppträder i basiska till ultrabasiska bergarter men finkorniga sedimentära bergarter (skiffer), kol och bauxit kan också uppvisa högre koncentrationer. Vanadin är mobilt i oxiderande miljöer och mindre mobilt vid lågt pH, reducerande förhållanden och vid metamorfa processer. Vanadin adsorberas till Fe- och Mn-oxider och -hydroxider, lermineral och organiskt material.

W, Wolfram

Wolfram är ett ganska sällsynt grundämne som förekommer i magmatiska bergarter (granit, pegmatit), metasedimentära bergarter (t.ex. grafitskiffer, fyllit) och finkorniga sedimentära bergarter (lerskiffer). Scheelit och wolframit utgör de ekonomiska källorna till wolfram och finns huvudsakligen i kvartsrika sprickzoner, pegmatiter och skarnmineraliseringar. De flesta wolframmineraliseringarna är ursprungligen av metasomatisk eller hydrotermal karaktär. Wolframmineral förekommer ofta i samband med kassiterit och fluorit. Små mängder wolfram finns i glimmer, magnetit och rutil. Wolfram används som indikatorelement inom prospektering för guld. De geokemiska egenskaperna hos wolfram liknar de hos molybden. Metallens löslighet är låg och wolframmineral är generellt olösliga vid sura pH-förhållanden. Frigjort wolfram är dock mobilt och adsorberas lätt till manganoxider och lerpartiklar. Höga wolframhalter i vissa svartskifferförekomster indikerar att det finns en tendens hos metallen att bindas till organiskt material.

Y, Yttrium

Yttrium är en övergångsmetall som traditionellt klassas som en av de sällsynta jordartsmetallerna, eftersom yttrium uppvisar många liknande kemiska egenskaper. Xenotim, monazit och gadolinit är vanliga mineral som innehåller yttrium. Som spårlement förekommer yttrium även i accessoriska mineral (zirkon, apatit, granat) och i bergartsbildande minerals som bitot och pyroxen. Yttrium förekommer i senmagmatiska bergarter som granit och pegmatit, al-

kalina bergarter (syenit) och hydrotermalt omvandlade bergarter. Sekundära koncentrationer i sedimentära bergarter beror på förekomsten av tunga mineral (zirkon, monazit). Yttrium är relativt mobilt och har hög tendens att adsorberas till lermineral och Fe- och Mn-oxider och -hydroxider.

Zn, Zink

Zink är ett kalkofilt grundämne som bildar ekonomiskt viktiga malmer med malmmineralet zinkblände. Zinkblände uppträder vanligtvis tillsammans med blyglans och andra sulfider. Zink bildar också zinkkarbonater (t.ex. smithsonit) och zinkoxider (t.ex. zinkit, gahnit). Som spårelement förekommer zink i många mineral, t.ex. i magnetit, pyroxen, amfibol, biotit, granat och dolomit. Zink tenderar att ackumulera i basiska bergarter, metamorf skiffer och i lerskiffer. I sedimentära bergarter finns zink i lermineral (t.ex. kaolinit), karbonater och i vittrad magnetit. Fe-Mn-noduler kan också innehålla höga zinkhalter. Då zink frigörs via vittring fäller det ut tillsammans med Fe-Mn-Al-oxyhydroxider och adsorberas till lerpartiklar och organiskt material. Zink har hög löslighet och är mobilt under oxiderande och sura förhållanden. Mobiliteten minskar med reducerande (bildning av zinkblände) och alkalina (bildning av karbonater) miljöer.

Zr, Zirkonium

Zirkonium är ett typiskt spårelement som förekommer främst i form av mineralet zirkon i granitiska och alkalina bergarter. Zirkonium finns i bergartsbildande mineral som klinopyroxen, amfibol, granat och glimmer, samt substituerar för titan i ilmenit, titanit och rutil. Mängden zirkonium i sedimentära bergarter beror på tungmineralfraktionen vilken kan vara hög i vissa sandstenar (t.ex. gråvacka och arkos). Zirkonium har låg löslighet och mobilitet, och extraherbarheten i kungsvatten är mycket låg (ca 1 %). Zirkonium från vittrade mineral som biotit, pyroxen och amfibol kan adsorberas till lerpartiklar och i viss mån till organiskt material.

BILAGA 4. WEICHSELIAN HISTORY OF VÄRMLAND-BERGSLAGEN

Colby A. Smith, Geological Survey of Sweden

Early and middle Weichselian overview

Until recently, the paradigm of Weichselian ice sheet extents in Fennoscandia included stadials during marine isotope stages (MIS) 5D and 5B, and nearly complete and continual ice coverage of Fennoscandia during MIS 4-2 (Lundqvist, 2004). This model was built using both stratigraphic (Lagerbäck 1988; Lagerbäck and Robertsson, 1988) and geomorphic (Kleman et al., 1997) evidence. The age control is based upon radiocarbon dates from organic bearing interstadial beds beneath the uppermost till (Lagerbäck and Robertsson, 1988). These infinite radiocarbon dates (~40 000) have been used to suggest an early Weichselian age for underlying deposits. Absolute ages beyond the range of radiocarbon were scarce thus creating a floating chronology beyond 40 000 years before the present.

A growing body of evidence now indicates large ice-free areas within Sweden during MIS 3. Interstadial deposits, dated using optically stimulated luminescence (OSL), at Pilgrimstad (Wohlfarth et al 2011) and Idre (Möller et al., 2013) indicate that the ice sheet must have been restricted to the mountains during at least the first half of MIS 3. OSL-dated sediments from Sokli bog in northern Finland also indicate ice-free conditions during the early part of MIS 3 (Helmens et al., 2007; Helmens et al., 2014). Additionally, Radiocarbon-dated mammoth remains from throughout central and southern Finland indicate ice-free conditions there until late MIS 3 (Ukkonen, et al., 1999). Taken together, these results suggest that after a MIS 4 advance ice was limited to the mountains during much of MIS 3.

Pre-late Weichselian ice extents in Värmland/Bergslagen

Based on the presence of multiple tills in Värmland/Bergslagen, at least one early or middle Weichselian ice advance affected the area. It has been suggested that an MIS 4 ice advance was the only Weichselian ice advance to reach Värmland prior to the MIS 2 advance that culminated with the last glacial maximum (LGM) (Robertsson et al., 2005). The most compelling evidence for this comes from a dark blue/gray clayey till located stratigraphically below the sandy LGM till. The dark clayey till contains a transported pollen assemblage indicative of interglacial conditions, which has been interpreted to indicate ice overrunning the Eemian landscape (Robertsson et al., 2005). Although the actual extent of MIS 4 ice is unknown, the southernmost descriptions of the dark clayey till come from Gräsmark in Värmland and Ingelsta near Stockholm (Fig. 1). The ice flow direction associated with the older till at Gräsmark is believed to be from the west (Robertsson et al., 2005). These findings are consistent with the regional picture described above because MIS 4 was much colder than the MIS 5 stadials and would have led to more extensive glaciation. After deposition of the dark clayey till, ice retreated into the mountains for much of MIS 3 based on ice-free conditions at Pilgrimstad and Idre (Wohlfarth et al., 2011; Möller et al., 2013).

Late Weichselian glacial history of Värmland/Bergslagen

During late MIS 3, the ice sheet expanded from the mountains and advanced to its greatest Weichselian extent. The LGM occurred about 20 000 years ago during MIS 2. The ice margin reached as far south as the Baltic States, northern Poland, and northern Germany. It is the retreat from the LGM during the late Weichselian that has most affected the surficial geology of the Värmland/Bergslagen area.

After the Younger Dryas readvance (Johnson and Ståhl, 2010), which culminated about 11 525 years ago (Björck et al., 2002), the ice margin retreated into the Värmland/Bergslagen study area. The southern part of Värmland was inundated by water from the North Sea during this time. Clay and silt were deposited above the till in a marine environment. The grounding line of the ice is marked by the presence of numerous DeGeer moraines in low-lying areas around Lake Vänern (Fig. 1). Above the highest post-glacial coastline, upland areas deglaciated in a terrestrial

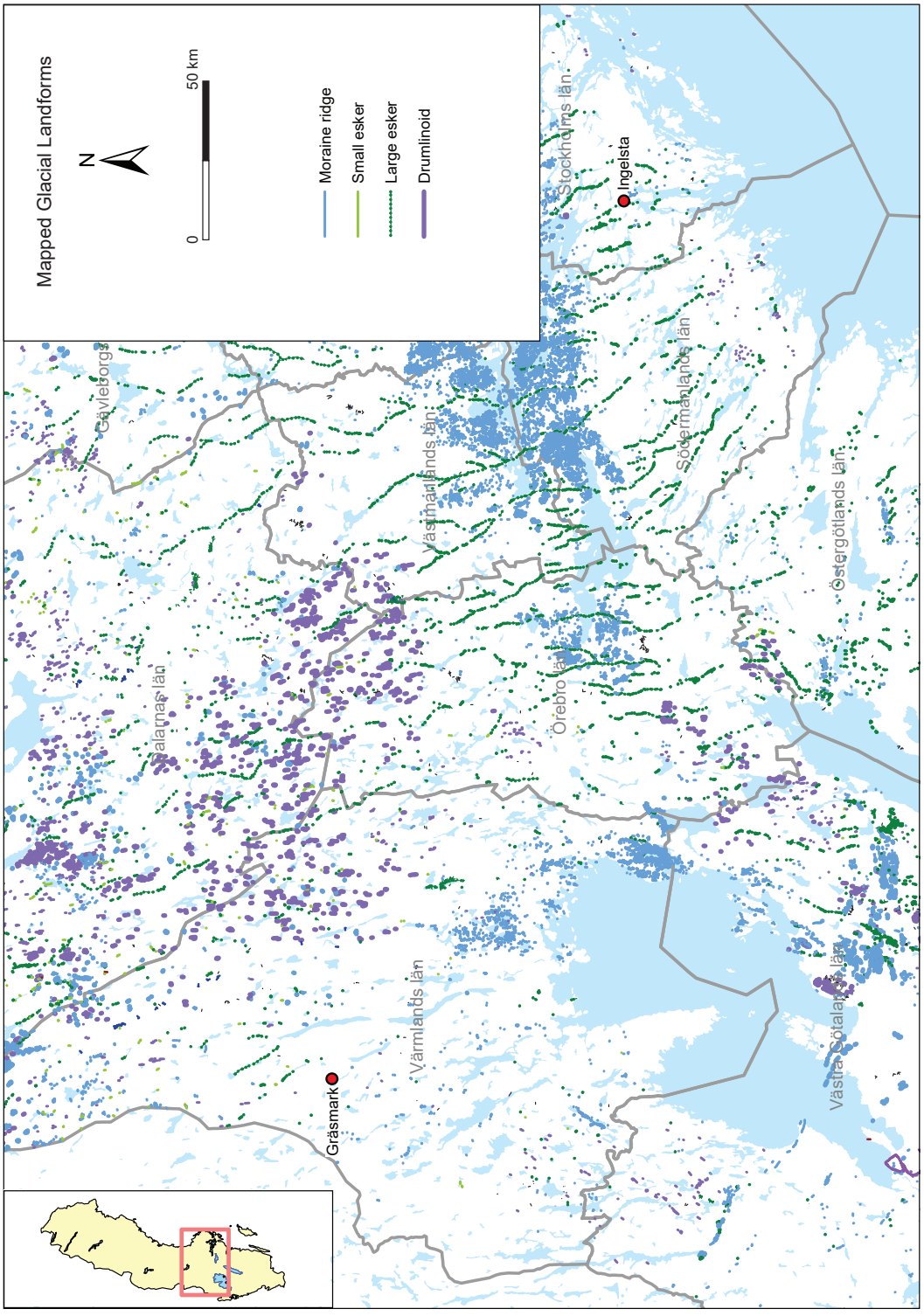


Figure 1. Landforms in Bergslagen.

setting, and the surficial sediments are dominated by till deposited by the retreating ice sheet.

During deglaciation the ice was warm-based as evidenced by an abundance of striations and streamlined landforms. Both striations and subglacial landforms show similar patterns of ice flow (Fig. 1 and Fig. 2). In Dalarnas län, Örebro län, and Västmanlands län, ice flowed from the north-northwest. In northern Värmland, ice flowed from the north, and in southern Värmland ice flowed from the northeast along the axis of Lake Vänern.

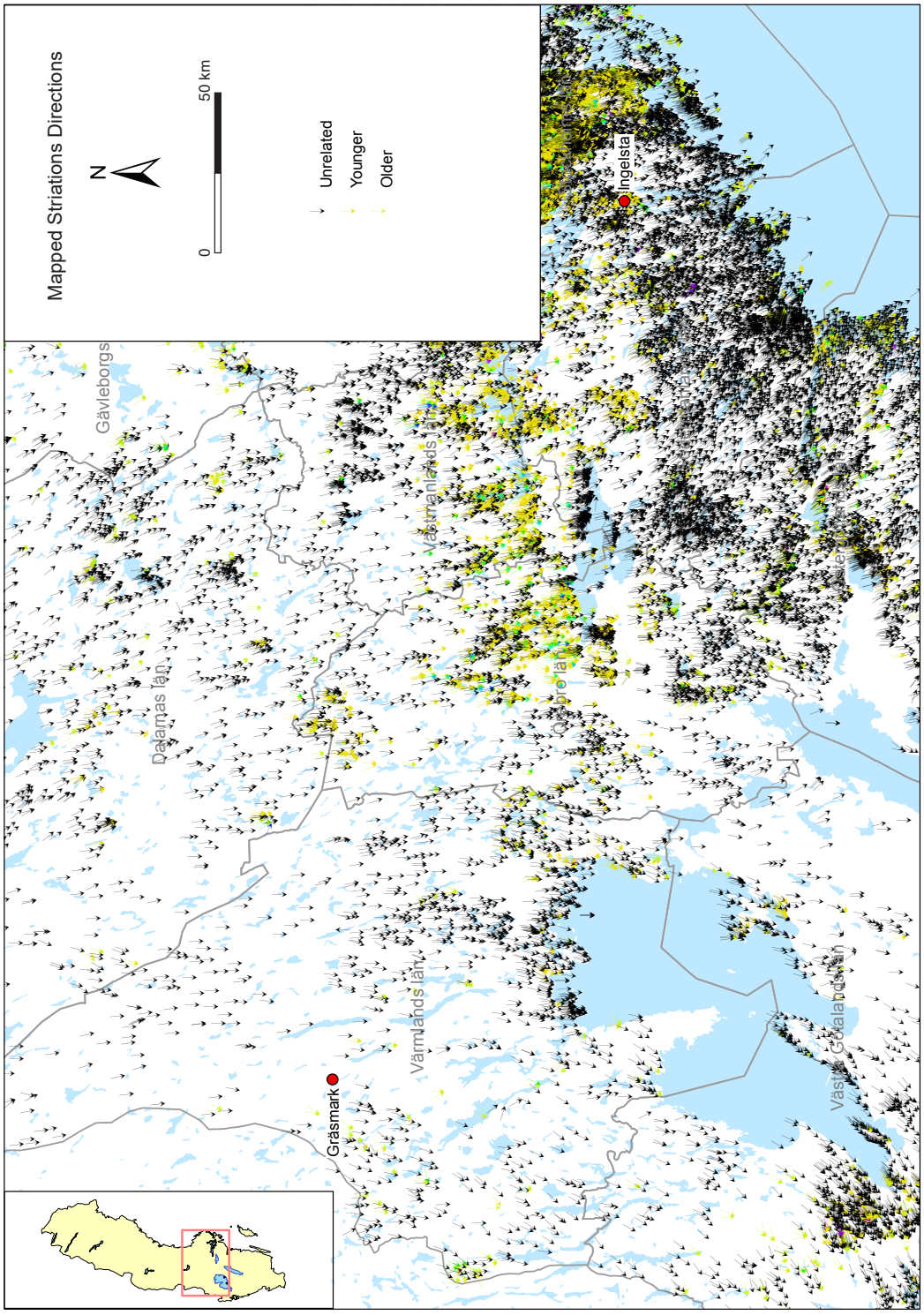


Figure 2. Striations in Bergslagen.

References

Björck, J., Andrén, T., Wastegård, S., Possnert, G., Schoning, K., 2002. An event stratigraphy for the Last Glacial-Holocene transition in eastern middle Sweden: Results from investigations of varved clay and terrestrial sequences. *Quaternary Science Reviews 21*, 1 489–1 501. doi:10.1016/S0277-3791(01)00115-9

Helmens, K.F., 2014. The last interglacial-glacial cycle (MIS 5-2) re-examined based on long proxy records from central and northern europe. *Quaternary Science Reviews 86*, 115–123. doi:10.1016/j.quascirev.2013.12.012

Helmens, K.F., Bos, J. a a, Engels, S., Van Meerbeck, C.J., Bohncke, S.J.P., Renssen, H., Heiri, O., Brooks, S.J., Seppä, H., Birks, H.J.B., Wohlfarth, B., 2007. Present-day temperatures in northern Scandinavia during the last glaciation. *Geology 35*, 987–990. doi:10.1130/G23995A.1

Johnson, M.D., Ståhl, Y., 2010. Stratigraphy, sedimentology, age and palaeoenvironment of marine varved clay in the Middle Swedish end-moraine zone. *Boreas 39*, 199–214. doi:10.1111/j.1502-3885.2009.00124.x

Kleman, J., Hattestrand, C., Borgstrom, I., Stroeven, A., 1997. Fennoscandian palaeoglaciology reconstructed using a glacial geological inversion model. *Journal of Glaciology 43*, 283–299. doi:10.1016/s0169-555x(96)00046-3

Lagerbäck, R., 1988. The Veiki moraines in northern Sweden- widespread evidence of an Early Weichselian deglaciation. *Boreas 17*, 469–486.

Lagerbäck, R., Robertsson, A.-M., 1988. Kettle holes- stratigraphical achives for Weichselian geology and palaeoenvironment in northernmost Sweden. *Boreas 17*, 439–468.

Lundqvist, J., 2004. Glacial history of Sweden. *Developments in Quaternary Science 2*, 401–412. doi:10.1016/S1571-0866(04)80091-5

Möller, P., Anjar, J., Murray, A.S., 2013. An OSL-dated sediment sequence at Idre, west-central Sweden, indicates ice-free conditions in MIS 3. *Boreas 42*, 25–42. doi:10.1111/j.1502-3885.2012.00284.x

Robertsson, A.-M., Lundqvist, J., Brunnberg, L., 2005. Dark clayey till in central and northern Sweden – microfossil content and stratigraphical importance. *GFF 127*, 169–178. doi:10.1080/11035890501273169

Ukkonen, P., Lunkka, J.P., Jungner, H., Donner, J., 1999. New radiocarbon dates from Finnish mammoths indicating large ice-free areas in Fennoscandia during the Middle Weichselian. *Journal of Quaternary Science 14*, 711–714. doi:10.1002/(SICI)1099-1417(199912)14:7<711::AID-JQS506>3.0.CO;2-E

Wohlfarth, B., Alexanderson, H., Ampel, L., Bennike, O., Engels, S., Johnsen, T., Lundqvist, J., Reimer, P., 2011. Pilgrimstad revisited – a multi-proxy reconstruction of Early/Middle Weichselian climate and environment at a key site in central Sweden. *Boreas 40*, 211–230. doi:10.1111/j.1502-3885.2010.00192.x

BILAGA 5. JORDARTSKARTOR

Jordartskartorna är framställda för skala 1:100 000. Kartorna K 200, K 240, K 363 och K 364 finns digitalt lagrade på SGU. Kartan för 11E SO är framställd med data från SGUs databas Jordarter 1:100 000.

The soil maps are produced in scale 1:100 000. Maps K 200, K 240, K 363 and K 364 are digitally stored at SGU. Source for the map 11E SO: SGU database Jordarter 1:100 000.

I. Jordartskartan, Soil map, 11E Filipstad NV. K 363 (Grånäs & Hedenström 2011).
II. Jordartskartan, Soil map, 11E Filipstad SV. K 200 (Svedlund 2011).
III. Jordartskartan, Soil map, 11E Filipstad SO.
IV. Jordartskartan, Soil map, 11E Filipstad NO. K 364 (Sundh 2012).
V. Jordartskartan, Soil map, 12E Säfsnäs SO. K 240 (Ek 2010).

Jordartskartan K 363
11E Filipstad NV

SGU
Sveriges geologiska undersökning

Denna karta ger en översiktlig bild av jordarternas utbredning nära markytan samt ett urval landformer. Gränserna mellan olika jordartsområden är i många fall ungefärligen redovisade. Kartan grundas i huvudsak på flygbildstolkning samt rekognoscering längs vägar. För kompletterande information om karteringsmetod och områdets jordarter hänvisas till kartbladsbeskrivningen.

- Torv / *Peat*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av torv / *Thin or discontinuous peat cover*
- Ravin / *Gully*
- Talus / *Talus*
- Älv- eller svämsediment, ler–silt / *Fluvial sediment, clay–silt*
- Älv- eller svämsediment, sand / *Fluvial sediment, sand*
- Flygsand, t.v., dyn, t.h. / *Aeolian sand, left, dune, right*
- Lera, t.v., lera–silt, t.h. / *Clay, left, clay–silt, right*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av lera–silt / *Thin or discontinuous cover of clay–silt*
- Postglacial sand / *Postglacial sand*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av postglacial sand–grus / *Thin or discontinuous cover of postglacial sand–gravel*
- Isälvssediment / *Glaciofluvial sediment*
- Isälvssediment; sand, t.v., grus, t.h. / *Glaciofluvial sediment; sand, left, gravel, right*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av isälvssediment / *Thin or discontinuous cover of glaciofluvial sediment*
- Åskrön / *Esker*
- Isälvsavlagring / *Glaciofluvial deposit*
- Isälvseroderat område / *Glaciofluvially eroded area*
- Isälvsränna, liten / *Glaciofluvial channel, small*
- Morän, t.v., moränbacklandskap, kullig morän, t.h. / *Till, left, hummocky moraine, right*
- Moränrygg, transversell mot isrörelsen / *Moraine ridge, transverse to ice flow*
- Drumlin eller liknande / *Drumlin or drumlinoid*
- Storblockig yta / *High frequency of large surficial boulders*
- Blockmark, t.v., jätteblock, t.h. / *Boulder deposit, left, giant boulder, right*
- Tunt eller osammanhängande jordtäcke på berg / *Thin or discontinuous soil cover on bedrock*
- Berggrund / *Bedrock*
- Berggrund / *Bedrock*
- Jättegryta / *Pot-hole*
- Fyllning / *Artificial fill*
- Isräfflor; yngst, äldre, äldst / *Glacial striae; youngest, older, oldest*

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-103-4

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2011
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala, Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: http://www.sgu.se

Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan
© Lantmäteriet. Ärende nr MS2009/08799

0 2 4 6 8 10 km
Skala 1:100 000

Referens till kartan: Gråhäs, K. & Hedenström, A., 2011: Jordartskartan 11E Filipstad NV, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 363.*
Reference to the map: Gråhäs, K. & Hedenström, A., 2011: Map of the Quaternary Deposits 11E Filipstad NV, scale 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 363.*

Jordartskartan K 200
11E Filipstad SV

SGU
Sveriges geologiska undersökning

Denna karta ger en översiktlig bild av jordarternas utbredning nära markytan samt ett urval landformer. Gränserna mellan olika jordartsområden är i många fall ungefärligen redovisade. Kartan grundas i huvudsak på flygbildstolkning samt rekognoscering längs vägar. För kompletterande information om karteringsmetod och områdets jordarter hänvisas till kartbladsbeskrivningen.

- Mossetorv *Bog peat*
- Torv *Peat*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av torv *Thin or discontinuous peat cover*
- Ravin *Gully*
- Talus *Talus*
- Älv- eller svämsediment *Fluvial sediment*
- Gyttjelera, lergyttja *Gyttja clay, clay gyttja*
- Lera *Clay*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av lera–silt *Thin or discontinuous cover of clay–silt*
- Postglacial sand *Postglacial sand*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av postglacial sand–grus *Thin or discontinuous cover of postglacial sand–gravel*
- Högsta kustlinjen *Highest coastline*
- Isälvssediment *Glaciofluvial sediment*
- Isälvssediment, sand *Glaciofluvial sediment, sand*
- Isälvssediment, grus *Glaciofluvial sediment, gravel*
- Åskrön *Esker*
- Isälvsränna, liten *Glaciofluvial channel, small*
- Morän *Till*
- Drumlin eller liknande *Drumlin or drumlinoid*
- Moränbacklandskap, kullig morän *Hummocky moraine*
- Storblockig yta *High frequency of large surficial boulders*
- Blockmark *Boulder deposit*
- Jätteblock *Giant boulder*
- Vittringsjord *Eluvium*
- Tunt eller osammanhängande jordtäcke på berg *Thin or discontinuous soil cover on bedrock*
- Berggrund *Bedrock*
- Berggrund *Bedrock*
- Fyllning *Artificial fill*
- Isräfflor; yngst, äldre, äldst *Glacial striae; youngest, older, oldest*

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-936-1

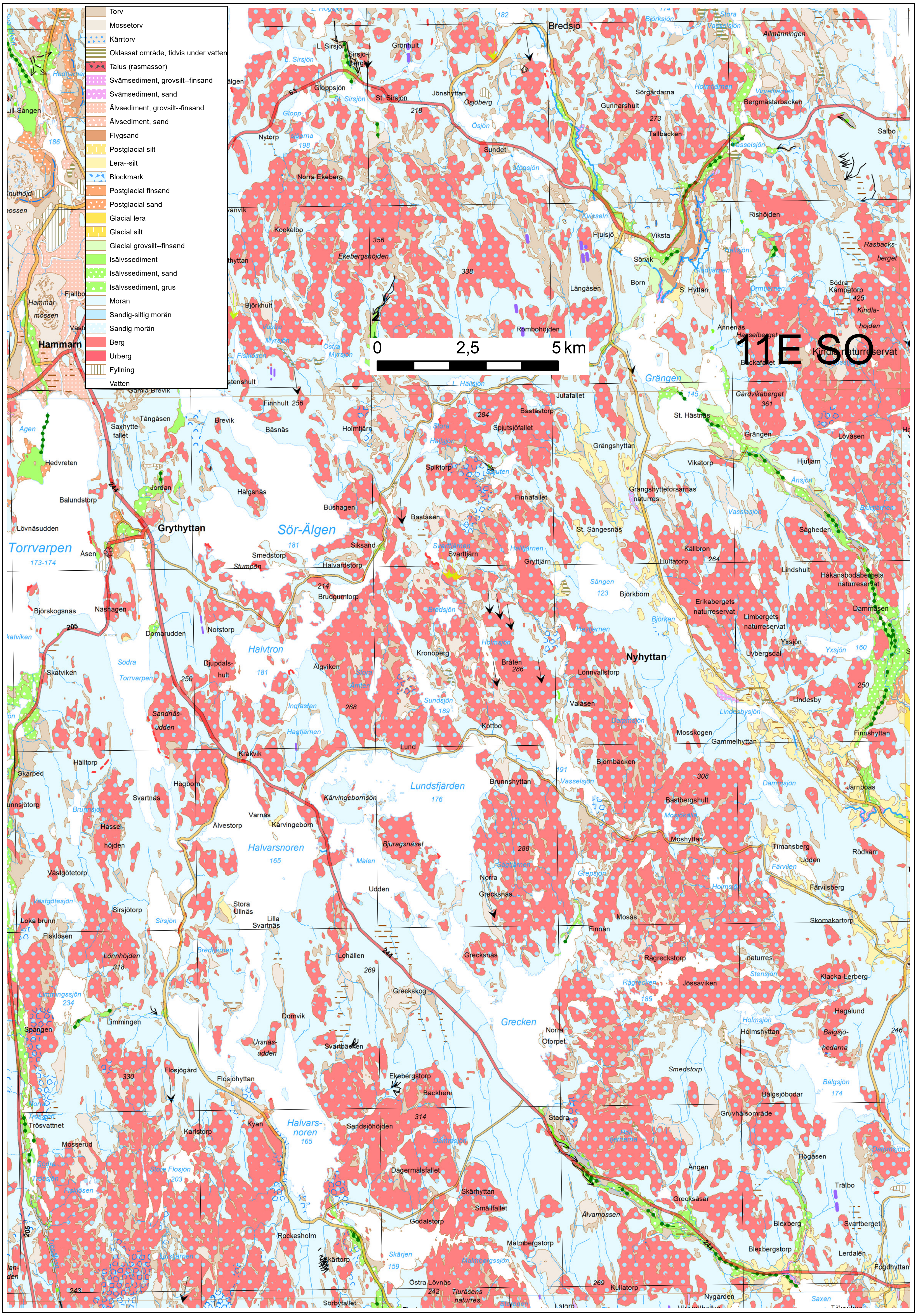
© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2011
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta. Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala, Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: http://www.sgu.se

Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan
© Lantmäteriet. Ärende nr MS2009/08799

0 2 4 6 8 10 km
Skala 1:100 000

Referens till kartan: Svedlund, J.-O., 2011: Jordartskartan 11E Filipstad SV, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 200.*
Reference to the map: Svedlund, J.-O., 2011: Map of the Quaternary Deposits 11E Filipstad SV, scale 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 200.*



11E SO
0 2,5 5 km
Torv
Mossetorv
Kärrtorv
Oklassat område, tidvis under vatten
Talus (rasmassor)
Svämsediment, grovsilt--finsand
Svämsediment, sand
Älvsediment, grovsilt--finsand
Älvsediment, sand
Flygsand
Postglacial silt
Lera--silt
Blockmark
Postglacial finsand
Postglacial sand
Glacial lera
Glacial silt
Glacial grovsilt--finsand
Isälvssediment
Isälvssediment, sand
Isälvssediment, grus
Morän
Sandig-siltig morän
Sandig morän
Berg
Urberg
Fyllning
Vatten
Bredsjö
Hammarn
Grythyttan
Torrvarpen
Sör-Älgen
Halvtron
Lundsfjärden
Halvarsnoren
Grecken
Grängen
Nyhyttan
Sången

Jordartskartan K 364
11E Filipstad NO

SGU
Sveriges geologiska undersökning

Denna karta ger en översiktlig bild av jordarternas utbredning nära markytan samt ett urval landformer. Gränserna mellan olika jordartsområden är i många fall ungefärligen redovisade. Kartan grundas i huvudsak på flygbildstolkning samt rekognoscering längs vägar. För kompletterande information om karteringsmetod och områdets jordarter hänvisas till kartbladsbeskrivningen.

- Mossetorv, t.v., torv, t.h.
  Bog peat, left, peat, right
- Tunt eller osammanhängande ytlager av torv
  Thin or discontinuous peat cover
- Sankmark, tidvis under vatten
  Marsh
- Ravin
  Gully
- Talus
  Talus
- Älv- eller svämsediment
  Fluvial sediment
- Älv- eller svämsediment; grovsilt–finsand, t.v., sand, t.h.
  Fluvial sediment; coarse silt to fine sand, left, sand, right
- Flygsand, t.v., dyn, t.h.
  Aeolian sand, left, dune, right
- Lera–silt
  Clay–silt
- Tunt eller osammanhängande ytlager av lera–silt
  Thin or discontinuous cover of clay–silt
- Postglacial sand
  Postglacial sand
- Tunt eller osammanhängande ytlager av postglacial sand–grus
  Thin or discontinuous cover of postglacial sand–gravel
- Glacial grovsilt–finsand
  Glacial coarse silt to fine sand
- Isälvssediment
  Glaciofluvial sediment
- Isälvssediment; sand, t.v., grus, t.h.
  Glaciofluvial sediment; sand, left, gravel, right
- Isälvssediment, sten–block
  Glaciofluvial sediment, stones–boulders
- Tunt eller osammanhängande ytlager av isälvssediment
  Thin or discontinuous cover of glaciofluvial sediment
- Åskrön, t.v., isälvsavlagring, t.h.
  Esker, left, glaciofluvial deposit, right
- Isälvseroderat område
  Glaciofluvially eroded area
- Isälvsränna; liten, t.v., stor, t.h.
  Glaciofluvial channel; small, left, large, right
- Övergiven fluvial fåra
  Abandoned fluvial channel
- Morän, t.v., moränbacklandskap, kullig morän, t.h.
  Till, left, hummocky moraine, right
- Moränrygg, transversell mot isrörelsen, t.v., moränrygg, t.h.
  Moraine ridge, transverse to ice flow, left, moraine ridge, right
- Drumlin eller liknande
  Drumlin or drumlinoid
- Storblockig yta
  High frequency of large surficial boulders
- Blockmark, t.v., jätteblock, t.h.
  Boulder deposit, left, giant boulder, right
- Berggrund, t.v., tunt eller osammanhängande jordtäcke på berg, t.h.
  Bedrock, left, thin or discontinuous soil cover on bedrock, right
- Berggrund
  Bedrock
- Fyllning
  Artificial fill
- Isräfflor; yngst, äldre, äldst
  Glacial striae; youngest, older, oldest

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-104-1

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2012
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala, Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: http://www.sgu.se

Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.

0 2 4 6 8 10 km
Skala 1:100 000

Referens till kartan: Sundh, M., 2012: Jordartskartan 11E Filipstad NO, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 364.*
Reference to the map: Sundh, M., 2012: Map of the Quaternary Deposits 11E Filipstad NO, scale 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 364.*

Jordartskartan K 240
12E Säfsnäs SO

SGU
Sveriges geologiska undersökning

Denna karta ger en översiktlig bild av jordarternas utbredning nära markytan samt ett urval landformer. Gränserna mellan olika jordartsområden är i många fall ungefärligen redovisade. Kartan grundas i huvudsak på flygbildstolkning samt rekognoscering längs vägar. För kompletterande information om karteringsmetod och områdets jordarter hänvisas till kartbladsbeskrivningen.

- Torv — *Peat*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av torv — *Thin or discontinuous peat cover*
- Talus — *Talus*
- Älv- eller svämsediment — *Fluvial sediment*
- Dyn — *Dune*
- Lera–silt — *Clay–silt*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av lera–silt — *Thin or discontinuous cover of clay-silt*
- Glacial grovsilt–finsand — *Glacial coarse silt to fine sand*
- Isälvssediment — *Glaciofluvial sediment*
- Isälvssediment; sand, t.v., grus, t.h. — *Glaciofluvial sediment; sand, left, gravel, right*
- Tunt eller osammanhängande ytlager av isälvssediment — *Thin or discontinuous cover of glaciofluvial sediment*
- Åskrön — *Esker*
- Isälvsavlagring — *Glaciofluvial deposit*
- Isälvseroderat område — *Glaciofluvially eroded area*
- Isälvsränna, liten — *Glaciofluvial channel, small*
- Isälvsränna, stor — *Glaciofluvial channel, large*
- Morän, t.v., moränbacklandskap, kullig morän, t.h. — *Till, left, hummocky moraine, right*
- Moränrygg, transversell mot isrörelsen — *Moraine ridge, transverse to ice flow*
- Moränrygg — *Moraine ridge*
- Drumlin eller liknande — *Drumlin or drumlinoid*
- Storblockig yta — *High frequency of large surficial boulders*
- Blockmark — *Boulder deposit*
- Jätteblock — *Giant boulder*
- Vittringsjord — *Eluvium*
- Berggrund, t.v., tunt eller osammanhängande jordtäcke på berg, t.h. — *Bedrock, left, thin or discontinuous soil cover on bedrock, right*
- Berggrund — *Bedrock*
- Källa — *Spring*
- Fyllning — *Artificial fill*
- Isräfflor; yngst, äldre, äldst — *Glacial striae; youngest, older, oldest*

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-977-4

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2010
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala, Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: http://www.sgu.se

Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan
© Lantmäteriet. Ärende nr MS2009/08799

0 2 4 6 8 10 km
Skala 1:100 000

Referens till kartan: Ek, B.-M., 2010: Jordartskartan 12E Säfsnäs SO, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 240.*
Reference to the map: Ek, B.-M., 2010: Map of the Quaternary Deposits 12E Säfsnäs SO, scale 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 240.*

BILAGA 6. ANALYSRESULTAT FRÅN NYCKELOMRÅDE

Tabell 1. Fält- och analysdata från detaljundersökta områden vid Yxsjöberg, Pingstaberg och Sandudden. Morän (<0,063 mm). Analysmetod: Lakning med salpetersyra eller kungsvatten (Au, Rh, Sb, Ta och Te) och analys med ICP-MS.

Field and analytical data from detailed investigation at Yxsjöberg, Pingstaberg och Sandudden. Till (<0,063 mm). Analytic method: Extraction by nitric acid or aqua regia (Au, Rh, Sb, Ta and Te) and analyzed by ICP-MS.

	N	6655801	6656098	6655922	6656102	6656578
	E	488199	488404	488173	488363	487874
	Id-nr	1545:014	1545:015	1545:005	1545:006	1545:007
	objekt	Yxsjöberg	Yxsjöberg	Yxsjöberg	Yxsjöberg	Yxsjöberg
	lokal	12	13	4	5	6
	djup	0,7 m	0,6 m	0,7 m	0,7 m	0,7 m
	jordart	normal Δ	normal Δ	normal Δ	normal Δ	sandig Δ, diamikt
	färg, övrigt	gråbrun, en del rundat mtrl. Vulk.	brun, B/C, krön	krön	höjdläge sso gruvan	lokalt omvandlat (vitt), påverkat
Ag	ppm	0,08	0,09	0,06	0,07	0,10
Al	ppm	12 341	14 211	12 241	10 113	3 883
As	ppm	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7
Au	ppb	0,1	1,0	0,1	0,2	7,8
B	ppm	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
Ba	ppm	19	28	29	22	7
Be	ppm	1,2	0,8	1,5	1,3	8,2
Bi	ppm	0,2	0,4	0,1	0,3	67,3
Ca	ppm	694	710	630	929	857
Cd	ppm	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03
Ce	ppm	70	48	52	56	35
Co	ppm	7,2	3,6	6,1	4,2	5,6
Cr	ppm	20	14	17	15	11
Cu	ppm	78	22	22	28	155
Dy	ppm	3,4	2,1	2,9	3,6	1,9
Er	ppm	1,9	1,2	1,7	2,0	1,1
Eu	ppm	0,53	0,38	0,50	0,50	0,41
Fe	ppm	17 966	13 858	13 426	10 778	20 579
Gd	ppm	3,7	3,1	3,8	4,5	2,4
Ge	ppm	0,10	0,09	0,12	0,10	0,08
Ho	ppm	0,65	0,42	0,59	0,72	0,37
K	ppm	1 006	588	1 884	2 003	553
La	ppm	17	17	19	19	12
Li	ppm	7	5	7	7	3
Lu	ppm	0,24	0,15	0,20	0,23	0,16
Mg	ppm	4 758	3 346	4 688	4 037	1 726
Mn	ppm	71	56	67	62	181
Mo	ppm	0,89	0,84	0,48	0,55	0,50
Na	ppm	69	63	72	79	60
Nb	ppm	1,8	2,2	1,6	1,9	2,1
Nd	ppm	15	12	17	18	10
Ni	ppm	7	5	7	7	1
P	ppm	193	221	390	363	139
Pb	ppm	4	5	4	5	7
Pr	ppm	4,1	4,0	4,6	4,9	2,7
Rb	ppm	9	8	14	13	9
Rh	ppb	13	4	4	6	31
Sb	ppb	56	55	39	49	93
Sc	ppm	4,9	3,5	4,8	3,6	1,7
Se	ppm	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4
Sm	ppm	3,4	2,8	3,5	4,0	2,2
Sn	ppm	0,9	0,9	0,8	0,6	3,8
Sr	ppm	4	4	3	4	2
Ta	ppb	67	88	81	71	6
Tb	ppm	0,57	0,40	0,52	0,63	0,34
Te	ppb	32	23	25	27	241
Th	ppm	12	11	11	11	6
Ti	ppm	1 216	969	927	761	534
Tl	ppm	0,05	0,05	0,07	0,06	0,08
Tm	ppm	0,28	0,17	0,23	0,27	0,17
U	ppm	2,2	1,7	1,9	2,0	1,7
V	ppm	30	22	26	18	17
W	ppm	1,2	2,1	1,9	1,7	27,4
Y	ppm	14	10	13	15	8
Yb	ppm	1,8	1,1	1,4	1,7	1,1
Zn	ppm	9	11	10	11	26
Zr	ppm	21	17	19	20	21

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation.

	N	6656503	6655650	6655033	6655317	6662206
	E	487856	487876	492657	493237	491669
	Id-nr	1545:008	1545:009	1545:004	1545:003	1545:001
	objekt	Yxsjö	Yxsjö	Pingstaberg Kalkåsgruvan	Pingstaberg	Sandudden Björuddsgruvan
	lokal	7	8	3	2	1
	djup	0,7 m	0,7 m	0,7 m	x	0,5 m
	jordart	gr-sandig Δ	normal Δ	normal Δ	tunn, ful Δ	sandig Δ
	färg, övrigt	brunt, i kanten av isälvspåverkat omr	gråbrun	brungrå, bra prov	10m s Mo-förande gruvhål, dåligt prov, blött	brun, B/C, kv, bergkristall, olik den undre , ganska packad
Ag	ppm	0,08	0,05	0,04	0,05	0,08
Al	ppm	24 688	5 115	12 489	13 143	19 619
As	ppm	0,9	0,5	0,7	0,8	0,5
Au	ppb	0,1	0,1	0,0	0,2	1,6
B	ppm	0,3	0,2	0,4	0,5	0,7
Ba	ppm	12	11	29	32	29
Be	ppm	2,1	0,7	0,7	1,0	5,9
Bi	ppm	0,3	0,6	0,2	0,2	0,3
Ca	ppm	609	1 477	1 567	1 438	5 528
Cd	ppm	0,06	0,03	0,08	0,12	0,05
Ce	ppm	77	27	56	58	100
Co	ppm	3,8	2,6	2,4	2,3	8,3
Cr	ppm	14	7	7	8	40
Cu	ppm	15	11	4	5	8
Dy	ppm	5,0	2,1	2,1	3,8	4,0
Er	ppm	2,7	1,2	1,1	2,3	2,5
Eu	ppm	0,84	0,33	0,36	0,37	0,61
Fe	ppm	18 549	7 071	7 350	9 413	21 374
Gd	ppm	5,2	2,8	2,6	4,2	5,4
Ge	ppm	0,12	0,08	0,06	0,07	0,18
Ho	ppm	0,94	0,42	0,39	0,78	0,82
K	ppm	493	720	326	716	512
La	ppm	18	13	14	18	24
Li	ppm	10	5	4	10	21
Lu	ppm	0,30	0,15	0,15	0,32	0,35
Mg	ppm	4 253	2 039	1 255	1 494	17 275
Mn	ppm	55	51	86	87	1 508
Mo	ppm	0,57	0,17	0,47	21,6	0,21
Na	ppm	71	62	82	73	58
Nb	ppm	3,1	1,8	3,4	3,2	1,2
Nd	ppm	21	13	11	16	22
Ni	ppm	3	4	3	4	16
P	ppm	365	383	359	416	495
Pb	ppm	5	5	7	13	8
Pr	ppm	5,5	3,3	3,3	4,6	5,1
Rb	ppm	5	6	5	9	8
Rh	ppb	2	3	2	4	6
Sb	ppb	52	57	52	77	46
Sc	ppm	4,8	2,0	2,1	2,4	4,4
Se	ppm	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2
Sm	ppm	5,3	2,6	2,4	3,7	4,4
Sn	ppm	1,1	0,5	0,4	0,4	2,7
Sr	ppm	2	6	8	9	16
Ta	ppb	17	23	21	7,4	41
Tb	ppm	0,85	0,39	0,36	0,66	0,70
Te	ppb	21	15	16	21	20
Th	ppm	19	9	8	12	12
Ti	ppm	980	464	715	752	1 021
Tl	ppm	0,03	0,05	0,05	0,07	0,06
Tm	ppm	0,38	0,17	0,16	0,35	0,37
U	ppm	3,1	1,4	1,7	8,4	2,9
V	ppm	24	10	13	16	26
W	ppm	3,6	0,7	0,2	0,2	1,0
Y	ppm	18	9	9	21	22
Yb	ppm	2,4	1,0	1,0	2,3	2,5
Zn	ppm	11	9	16	21	96
Zr	ppm	24	14	10	14	19

Tabell 1. Fortsättning.

Continuation..

	N	6662206	6661951	6661997	6661987	6661978
	E	491669	491859	491827	491671	491671
	Id-nr	1545:002	1545:012	1545:013	1545:010	1545:011
	objekt	Sandudden Björuddsgruvan	Sandudden	Sandudden	Sandudden Kartonggruvan	
	lokal	1	10	11	9	9
	djup	1 m	0,7 m	0,9 m	0,5 m	0,7 m
	jordart	sandig Δ	sandig Δ	sandig Δ	sandig Δ	mkt sandig Δ
	färg, övrigt	brun, C-hor, vulk., ganska packad	brun, sulf	brungrå, sulf	brun, lösare o kantigare än under	brun, lös överst
Ag	ppm	0,07	0,04	0,06	0,07	0,05
Al	ppm	12 235	7 855	6 891	23 418	13 260
As	ppm	0,4	0,9	0,6	0,7	0,5
Au	ppb	2,0	0,7	0,6	1,1	0,3
B	ppm	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3
Ba	ppm	28	23	23	35	29
Be	ppm	4,2	1,3	1,9	4,1	1,8
Bi	ppm	0,4	0,2	0,3	0,5	0,3
Ca	ppm	4 677	1 646	4 144	2 166	3 214
Cd	ppm	0,04	0,03	0,06	0,05	0,04
Ce	ppm	64	50	67	97	56
Co	ppm	7,8	2,9	3,8	11,7	7,3
Cr	ppm	29	7	10	63	36
Cu	ppm	30	6	202	60	72
Dy	ppm	3,2	2,1	2,6	2,8	2,7
Er	ppm	2,0	1,2	1,6	1,8	1,6
Eu	ppm	0,53	0,35	0,41	0,39	0,42
Fe	ppm	18 283	7 510	10 313	20 805	13 660
Gd	ppm	4,3	2,8	3,8	3,4	3,4
Ge	ppm	0,18	0,07	0,14	0,08	0,10
Ho	ppm	0,65	0,41	0,51	0,58	0,52
K	ppm	644	344	326	223	439
La	ppm	23	12	18	16	19
Li	ppm	12	7	5	28	9
Lu	ppm	0,29	0,15	0,21	0,24	0,22
Mg	ppm	11 562	1 329	2 206	9 614	7 170
Mn	ppm	843	144	620	702	463
Mo	ppm	0,26	0,17	0,24	0,43	0,42
Na	ppm	49	62	68	77	60
Nb	ppm	0,5	1,3	1,1	3,0	2,0
Nd	ppm	20	12	16	12	15
Ni	ppm	11	4	7	29	18
P	ppm	485	401	611	406	626
Pb	ppm	12	7	9	16	11
Pr	ppm	5,0	3,5	4,4	3,4	4,3
Rb	ppm	10	5	5	4	7
Rh	ppb	10	3	34	11	14
Sb	ppb	55	54	60	44	39
Sc	ppm	2,9	2,0	1,8	3,5	2,4
Se	ppm	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Sm	ppm	3,9	2,8	3,4	2,8	3,2
Sn	ppm	2,3	0,7	1,4	1,5	1,2
Sr	ppm	14	8	12	10	11
Ta	ppb	8	58	18	118	56
Tb	ppm	0,59	0,39	0,49	0,48	0,47
Te	ppb	25	17	20	31	20
Th	ppm	11	9	10	13	11
Ti	ppm	798	559	576	993	744
Tl	ppm	0,06	0,10	0,06	0,06	0,06
Tm	ppm	0,29	0,17	0,22	0,26	0,23
U	ppm	4,0	2,0	2,0	4,5	5,2
V	ppm	20	11	12	26	19
W	ppm	0,7	1,4	4,0	3,0	1,3
Y	ppm	19	9	13	15	15
Yb	ppm	2,0	1,1	1,5	1,8	1,6
Zn	ppm	59	16	28	64	32
Zr	ppm	16	11	12	16	13