GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
MTM
Espoo, Rovaniemi 21.6.2018 71/2018

Meltaus-Tiukuvaara alueen olemassa olevien kohteellisten geokemiallisten aineistojen laatuarvio ja käyttökelpoisuus mineraalipotentiaalin kartoituksessa

Helena Hulkki ja Anne Taivalkoski

Geologian tutkimuskeskus | Geologiska forskningscentralen | Geological Survey of Finland
Espoo • Kokkola • Kuopio • Loppi • Outokumpu • Rovaniemi
www.gtk.fi • Puh./Tel. +358 29 503 0000 • Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

21.6.2018

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS **KUVAILULEHTI**

21.06.2018 / Dnro

Tekijät Helena Hulkki Anne Taivalkoski	Raportin laji Arkistoraportti Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus
Raportin nimi Meltaus-Tiukuvaara alueen olemassa olevien kohteellisten geokemiallisten aineistojen laatuarvio ja käyttökelpoisuus mineraalipotentiaalin kartoituksessa	
Tiivistelmä Geologian tutkimuskeskuksessa on tuotettu erilaisia moreeniaineistoja useiden vuosikymmenten aikana. GTK:n tietokannoista löytyvät myös Outokumpu Oy:n luovuttamat vanhat aineistot sisältäen Rautaruukki Oy:n ja Lapin Malmin aineistot. Geokemiallisia näytteitä on vuosien saatossa kerätty useilla eri tavoilla, näytteiden esikäsittelyt ovat vaihdelleet ja myös analyysimenetelmät ovat muuttuneet. Tästä johtuen GTK:n tietokannoissa oleva moreenigeokemiallinen aineisto on varsin heterogeenistä ja siten sen käytettävyys on haasteellista. Tämän raportin tarkoituksena oli selvittää kohteellisten geokemiallisten aineistojen laatua ja käytettävyyttä esim. mineraalipotentiaalin arvioinnissa sekä selvittää millaisia toimenpiteitä vaaditaan, jotta eri aikakausina kerättyjen moreeniaineistojen geokemiallista informaatiota voidaan hyödyntää. Esimerkkialueina käytettiin Meltauksen ja Tiukuvaaran alueiden kohteellisia moreeniaineistoja. Lisäksi raportin loppuun on listattu ne seikat, jotka raportin laadinnan yhteydessä havaittiin vaikeuttavan kohdentavien moreeniaineistojen käyttökelpoisuuden ja laadun arviointia. Tässä raportissa esille tulleiden seikkojen perusteella voidaan todeta, että moreenigeokemiallisen aineiston laaduntarkistukseen ja jatkokäsittelyyn tarvittavan perustiedon saanti GTK:n tietojärjestelmistä sekä tiedon analysointi on aikaa vievää ja vaatii asiantuntemusta niin geokemiasta kuin tietokantojen sisällöstä ja haku-kriteereistä. Lisäksi todettiin, että moreenigeokemiallisen tiedon jalostaminen esim. mineraalipotentiaalin arviointia varten laajoilta alueilta vaatii runsaasti henkilötyökuukausia. Siten kohteellisten moreenigeokemiallisten aineistojen tuotteistaminen esim. mineraalipotentiaalin arviointia varten tai tällaisen palvelun tarjoaminen ulkopuoliselle taholle on hyvin kallista.	
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) geokemia, moreeni, iskupora, mineraalipotentiaali	
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Lappi, Kittilä, Rovaniemi, Meltaus, Tiukuvaara	
Karttalehdet T442, T444, U431-U434, U441, U443, U414, U423	
Muut tiedot	

Arkistosarjan nimi Arkistoraportti		Arkistotunnus 71/2018	
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Julkisuus

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

21.6.2018

74	Suomi		Julkinen
Yksikkö ja vastuualue MTM		Hanketunnus 50402-2006721, 50402-2006621	
Allekirjoitus/nimen selvennys Helena Hulkki		Allekirjoitus/nimen selvennys Anne Taivalkoski	

Sisällysluettelo

Kuvailulehti

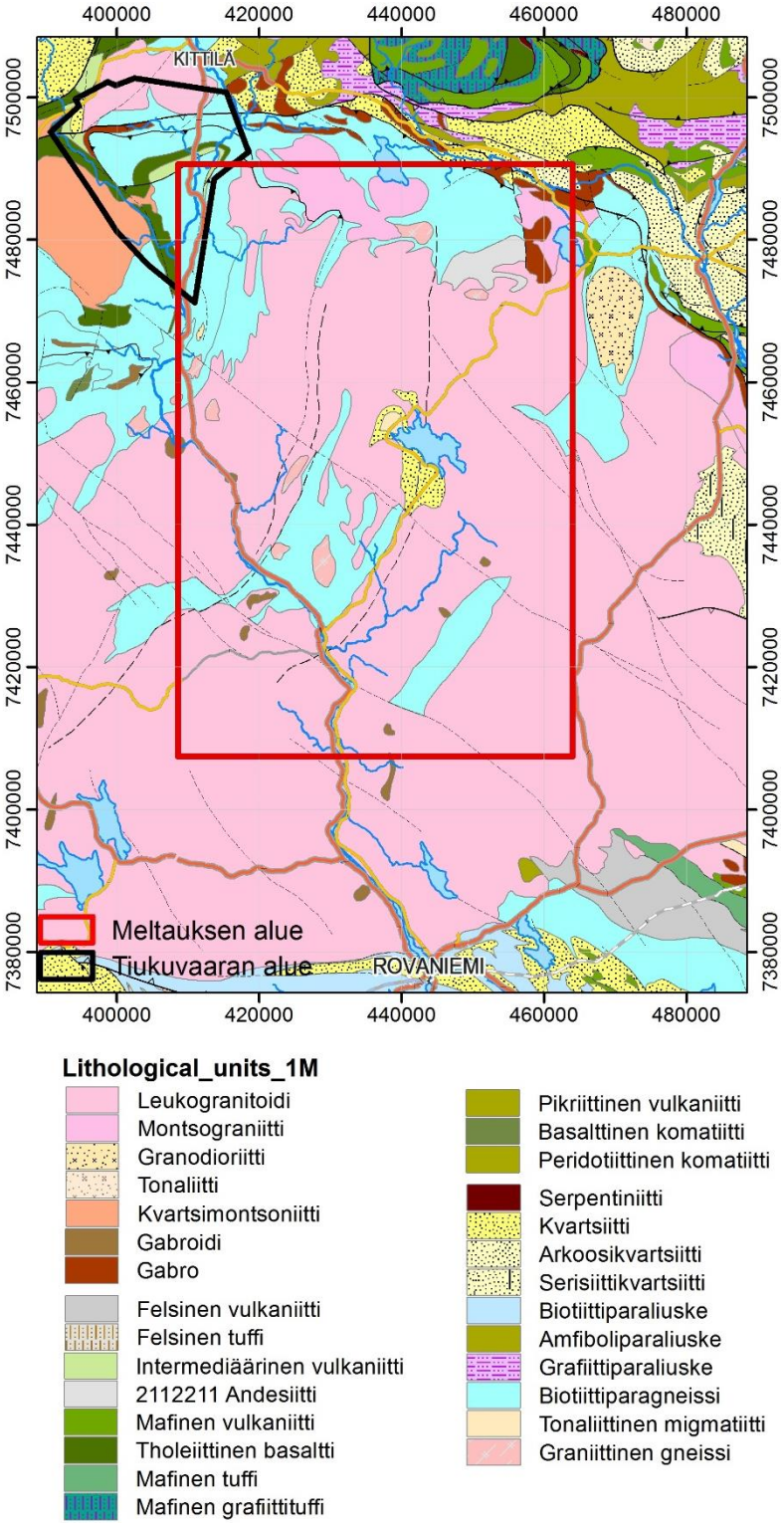
1 Johdanto 1
2 Kohdealueiden ja aineistojen kuvaus 3
2.1 Meltaus 3
2.1.1 Kallio- ja maaperä 3
2.1.2 Aikaisemmat tutkimukset 5
2.1.3 Moreeni- ja rapakallioaineistot 5
2.2 Tiukuvaara 9
2.2.1 Kallio- ja maaperä 9
2.2.2 Aikaisemmat tutkimukset 12
2.2.3 Moreeni- ja rapakallioaineistot 12
3 Tilastolliset tunnusluvut ja EDA-tarkastelu 15
3.1 Meltaus 16
3.1.1 Kohteelliset tihennysaineistot 16
3.1.2 Kieringin 3711-karttalehden harvapiste- ja kohdentava aineisto 22
3.2 Tiukuvaara 28
4 QA / QC 43
4.1 Meltaus 43
4.1.1 Kohteelliset tihennysaineistot 43
4.1.2 Kieringin 3711-karttalehden harvapiste- ja kohdentava aineisto 46
4.2 Tiukuvaara 51
5 Mineraalipotentiaali 54
5.1 Meltauksen alueen mineraalipotentiaalista 54
5.2 Tiukuvaaran alueen mineraalipotentiaalista 64
6 Yhteenveto ja johtopäätökset 70
7 LIITE 1 73

1 JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskuksessa on tuotettu erilaisia moreeniaineistoja useiden vuosikymmenten aikana. Tänä aikana geokemiallisia näytteitä on kerätty useilla eri tavoilla, näytteiden esikäsittely on vaihdellut ja myös analyysimenetelmät ovat muuttuneet. Tulostiedostojen laatu vaihtelee ja niistä puuttuu usein erilaisia tulosten tulkintaan ja eri aineistojen yhdistettävyyteen liittyviä metatietoja: esikäsittelymenetelmät, analysoitu fraktio, määritysrajat, analysoitu maalaji tai näytesyvyys. Tänä päivänä GTK:n tietokannoista löytyvät myös Outokumpu Oy:n luovuttamat vanhat aineistot sisältäen Rautaruukki Oy:n ja Lapin Malmin aineistot. Tästä johtuen GTK:n tietokannoissa oleva moreenigeokemiallinen aineisto on varsin heterogeenistä ja siten sen yhdistettävyys ja käytettävyys on haasteellista. Kuitenkin usein ajatellaan, että moreenigeokemiallisten aineistojen yhdistettävyys on nopeaa ja yksinkertaista jopa ilman aineiston sisällön- tai laaduntarkastelua.

Tämä raportti käsittelee Meltaus-Tiukuvaaran alueen olemassa olevien kohteellisten geokemiallisten aineistojen laatua sekä käytettävyyttä mineraalipotentiaalin arvioinnissa. Esimerkkialueiksi valittiin Meltauksen ja Tiukuvaaran kohteet, koska molemmilta alueilta on olemassa erilaisia moreenigeokemiallisia aineistoja eri aikakausilta. Lisäksi Tiukuvaaran alue on osa käynnissä olevaa Au-projektin (50402-20067) kohdevyöhykettä, kun taas Meltaus, yhtenä ”unohdettuna alueena”, haluttiin nostaa esille.

Raportin tarkoituksena on tuoda esille, millaisia toimenpiteitä vaaditaan, ennen kuin eri aikoina ja eri tavoilla kerättyjä moreeniaineistoja voidaan yhdistää toisiinsa ja voiko niitä ylipäänsä yhdistää. Tämän tarkastelun perusteella on raportin loppupuolella arvioitu Meltauksen ja Tiukuvaaran mineraalipotentiaalia. Lisäksi liitteeseen 1 on listattu ne seikat, jotka raportin laadinnan yhteydessä havaittiin vaikeuttavan kohdentavien moreeniaineistojen käyttökelpoisuuden arviointia.



***Kuva1**. Meltauksen ja Tiukuvaaran tutkimuskohteet 1:1 000 000 kivilajikartalla.*

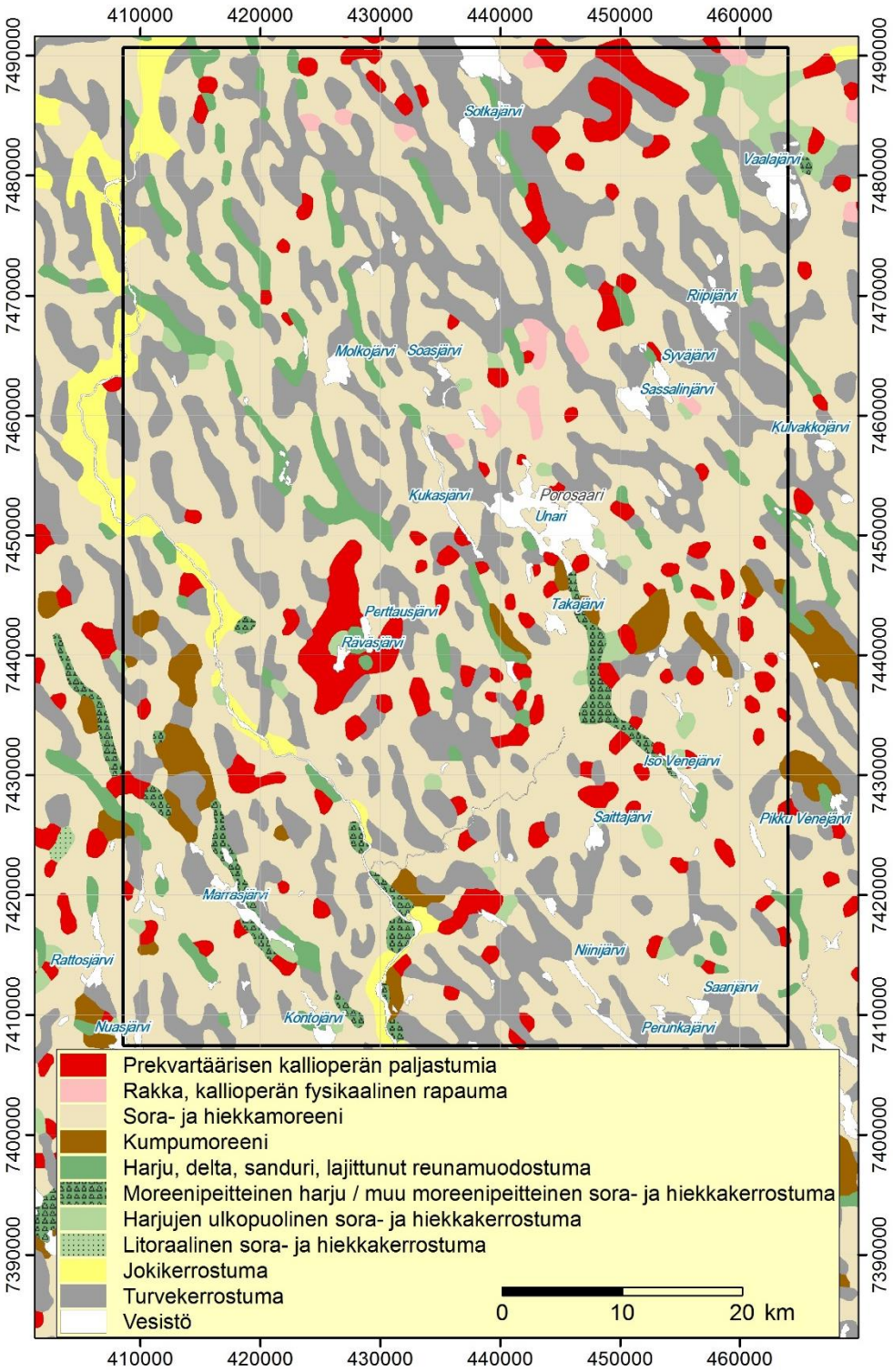
2 KOHDEALUEIDEN JA AINEISTOJEN KUVAUS

2.1 Meltaus

2.1.1 Kallio- ja maaperä

Meltauksen alue kuuluu nk. Keski-Lapin granitoidikompleksiin, joka pohjoisosaltaan rajautuu Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeeseen. Granitoidikompleksin geologia on varsin huonosti tunnettu. DigiKP-kallioperäkartan mukaan alue on hyvin heterogeeninen koostuen erilaisista osin gneissimäisistä tai migmatiittisista granitoideista mafisista intruusioista, kvartsi-maasälpävaltaisista liuskeista ja mafisista vulkaniiteista (Kuvat 1 ja 3). Aluetta halkovat lukuisat kaakko-luode–suuntaiset ja alueen pohjoisosissa myös koillis-lounas-suuntaiset siirrokset.

Meltauksen alueen maaperä koostuu 1:1 000 000-mittakaavaisen maaperäkartan mukaan pääasiassa sora- ja hiekkamoreenista sekä turvekerrostumista (Kuva 2). Alueella esiintyy kohtalaisen paljon lajittuneita maa-aineksia pieninä pääosin kaakko-luode-suuntaisina harjujaksoina. Alueen länsiosia peittävät Ounasjoen jokikerrostumat. Paljastumia on jonkin verran alueen eteläosissa ja aivan pohjoisosissa. Alueen maapeitteen paksuus on tyypillisesti 4-6 m, mutta voi vaihdella suuresti lyhyelläkin matkalla (Lehmuspelto et al. 2009). Alueelle tehtyjen kohdentavien geokemian aineistojen perusteella alueelta on kohtalaisen runsaasti havaintoja paksuista maapeitteistä: syvin rapakallioksi merkattu näyte on yli 23 m:n syvyydeltä alueen keskiosista. Erityisesti alueen keskiosista on runsaasti moreenihavaintoja (ja joitakin rapakalliohavaintoja) yli 10 m:n syvyydestä kaakko-luode-suuntaiselta jaksolta (Kuva 31). Lajittuneista kerroksista on havaintoja 2 metrin syvyydeltä aina 17 metriin asti. Yhdestä havaintopisteestä Meltauksen pohjoispuolelta on 4 m:n syvyydeltä hiekkahavainto ja sen alta 7 metristä moreeni, jonka alta 10 metristä sorahavainto ja sen alta taas moreenihavainto. Alueella näyttäisi olevan useita moreenikerroksia, joiden välissä toisinaan esiintyy lajittuneita kerroksia (Rahkola 1982, Lauri et al. 2013). Siten matalalta otettujen moreeninäytteiden geokemia ei välttämättä heijasta alla olevaa kallioperää.



***Kuva 2**. Meltauksen alueen maaperäkartta (1: 1000000). Tutkimusalue on rajattu kuvaan mustalla suorakaiteella.*

2.1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Meltauksen tutkimusalue on kallioperältään ja malmipotentiaaliltaa varsin huonosti tunnettu. Tämä johtuu siitä, että granitoidialuetta on aikoinaan pidetty malmipotentiaaliltaan varsin mielenkiinnottomana, eikä alueella ole tämän vuoksi juurikaan tutkimuksia suoritettu. Pääosin suoritetut tutkimukset on tehty GTK:n toimesta; kallioperäkartoitusta alueen pohjoisosissa J. Väänäsen toimesta (1: 100 000 karttalehdet 2733 ja 3711, KKJ-karttalehtijako) ja kallioperä- ja malmitutkimusta T. Mutasen ja Hi-tech-hankkeen (2141007) toimesta alueen etelä- ja keskiosissa liittyen granitoidialueen appiniitti-intruusioihin (Mutanen 2011, Sarapää et al. 2013). Meltauksen alueen mineraalipotentiaalia on käsitelty myös Keski-Lapin alueen mineraalipotentiaalia selvittäneessä GTK:n hankeessa 2551011 (Lauri et al. 2013), mutta selvitys on perustunut jo olemassa olevaan aineistoon eikä hankkeessa ole tuotettu uutta tietoa Meltauksen alueelta.

Malminetsintää on tehty alueen koillisosassa jonkin verran yksityisten henkilöiden tai yhtiöiden toimesta. Alueen koillisosista ovat yksityishenkilöt (L. Holman ja B. Moilanen) etsineet kuparia, nikkeliä ja kobolttia 1950-luvulla ja Terra Mining Oy kultaa 1990-luvun loppupuolella (ei raportoitu) sekä AA Sakatti Mining Oy nikkeliä ja kuparia 2014 - 2016 (Mikkola and Reynolds 2016). Tällä hetkellä alueen koillisosassa on varauksia Magnus Minerals Oy.llä (Au, Ni, Cu, PGE) ja Altius Finland Oy:llä (Au, Ni, Cu, PGE, Ag) sekä malminetsintälupahakemus Aurion Resources Oy:llä (Au, Ni, Zn, Cu, PGE, Ag, Pb).

GTK on suorittanut Meltauksen alueella kohdentavaa geokemiallista maaperänäytteenottoa 1980-luvulla (Lehmuspelto ja Vuojärvi 1988, 1990; Lehmuspelto et al. 2009). Lähtökohtana geokemiallisille tutkimuksille oli Pohjoiskalottiprojektin geokemian osaprojektin tulokset, joiden mukaan Meltauksen alueella on selvä Au-U-anomalia. Tämän anomalian tutkimiseksi geokemian osasto perusti hankkeen S/86/402/Meltaus, jonka toimesta maaperänäytteitä otettiin ensimmäisessä vaiheessa tiheydellä 1 näyte / 4 km^2 (nk. harvapistenäytteenottoa). Myöhemmin näytteenottoa tihennettiin valituilta kohteilta. Näiden tutkimusten tuloksia on esitetty aikaisemmin raporteissa Lehmuspelto ja Vuojärvi 1988 ja 1990, sekä Lehmuspelto et al. 2009 ja Lauri et al. 2013.

2.1.3 Moreeni- ja rapakallioaineistot

Meltauksen rajatulla kohteella maaperän geokemiallinen tutkimus on aloitettu jo 70-luvulla nk. linjamoreeniohjelman näytteenottona, jota Meltauksen kohteelta on tehty vain osin alueen pohjoisosista. Kieringin karttalehdellä 3711 alueen koillisosissa suoritettiin linjamoreeniohjelmaa varten esitutkimus vuonna 1982-1983, jolloin alueelta otettiin maaperänäytteitä tutkimuskaivannoista ja Cobralla. Nämä näytteet on osin analysoitu uudestaan vuonna 2012 (tilaus 221133, Taulukko 1). Alueellisen geokemiallisen kartoitusohjelman (nk. harvapiste) näytteitä on alueelta kerätty vuosina 1982-1991. Myös jo aikaisemmin alueelta kerättyjä maaperänäytteitä käytettiin yhdistettynä harvapisteaineistossa. Alueelta on otettu jonkin verran myös purosedimenttinäytteitä 70- ja 80-luvulla, mutta esim. raportissa S/41/2643/2/90 mainittujen purosedimentti- ja sammalnäytteiden tuloksia ei ole saatavilla (tai niitä ei ole löydetty) GTK:n tietokannoista.

Tihennettyä eli kohteellista näytteenottoa on alueella suoritettu vuosina 1983-1990. Kohteellisia näyte-eriä on yhteensä 15 kpl (Taulukko 1).

Meltauksen kohteelta on kohdentavia näytteitä 2570 pisteestä yhteensä 4818 kpl (Taulukko 1) eli yhdestä yksittäisestä pisteestä on saatettu ottaa useita näytteitä eri syvyyksiltä (kts. Lehmuspelto ja Vuojärvi 1990). Maaperänäyteaineistot koostuvat useista eri lajikkeista (moreeni, rapakallio ja lajittuneet maa-ainekset) ja siten aineistot on ”siivottava” ennen analyysitulosten käsittelyä. Näytteenotot on toteutettu linja-, verkko- ja/tai verkkomaisena hajapistenäytteenottona (Kuva 3).

Kohdentavien näyte-erien näytteet ovat suurelta osin moreeniainesta (tilaus 39188 pelkästään rapakalliota) ja vähemmässä määrin rapakalliota tai lajittuneita aineksia. Moreeninäytteet (myös lajittuneet) on pääsääntöisesti esikäsitelty seulomalla hienofraktioon ennen analysointia. Rapakallionäytteitä on vähän ja niiden esikäsittely on ollut kirjavaa (Taulukko 1). Tästä johtuen rapakallionäytteiden analyysituloksia on vaikea tulkita tai vertailla keskenään ja niitä voikin usein käyttää vain ilmentämään kallionpinnan syvyyttä.

Meltauksen alueen kohdentavat näyte-erät on kerätty ja analysoitu suhteellisen lyhyellä aikavälillä ja siksi näyte-erien analysoitu alkuainesisältö on yhdenmukaista eli näyte-eristä on analysoitu yleensä Au:n lisäksi Co, Cu, Ni, Mn, Pb ja Zn (Taulukko 1). Analysoituja alkuaineita näissä vanhemmissa näyte-erissä on hyvin vähän verrattuna 2010-luvun analyyseihin, joissa analysoituja alkuaineita voi olla yli 40 (esim. tilaus 221133; Taulukko 1). Huomioitavaa on, että näistä vanhemmista näyte-eristä ei ole analysoitu tavallisimpia kullan seuralaisalkuaineita, lukuun ottamatta satunnaisia Te-tai As-määrityksiä.

Maaperänäytteiden analysoinnissa on eri aikoina käytetty eri analyysikoodeja, mutta koodien analyysimenetelmät vastaavat pääosin toisiaan (Pohjola 2009):

> Au ja Te (menetelmät A80, 519A, 519U ja 521U); kuningasvesiuutoksesta AAS-laitteistolla grafiittiuunitekniikalla (GFAAS) 1 g:n punnituksesta ja menetelmän 521U osalta 5 g:n punnituksesta
>
> Co, Cu, Ni, Mn, Pb ja Zn (menetelmät A62, 511A); kuningasvesiuutoksesta AAS-laitteistolla liekkitekniikalla (FAAS)

Kieringin alueen harvapistenäytteet sekä vuonna 2012 analysoidut näytteet on analysoitu myös kuningasvesiuutoksesta, mutta määritykset on tehty ICP-AES (menetelmä 511P), ICP-OES ja ICP-MS-tekniikalla (menetelmät 515 P ja M). Analyysimenetelmien osalta erilliset näyte-erät ovat vertailukelpoisia toistensa suhteen, mutta analyysimenetelmien kehittymisen johdosta määritysrajojen ja todennäköisesti myös analyysien tarkkuudessa esiintyy vaihtelua.

Vanhojen aineistojen osalta (myös muiden kuin Meltauksen tapauksessa) alkuaineiden määritysrajat eivät ole sähköisissä aineistoissa aina saatavilla tai pääteltävissä ja lisäksi analyysiaineistoissa esiintyy alkuaineitten pitoisuussarakkeissa erilaisia merkintöjä (esim. 0, 0<, 0>, 0#, ”numeroarvo”!, -1x), joiden merkitys ei aina ole selvillä. Osalle merkintöjä löytyy selostus alueellisen ja kohteellisen moreeniaineiston metatiedoista:

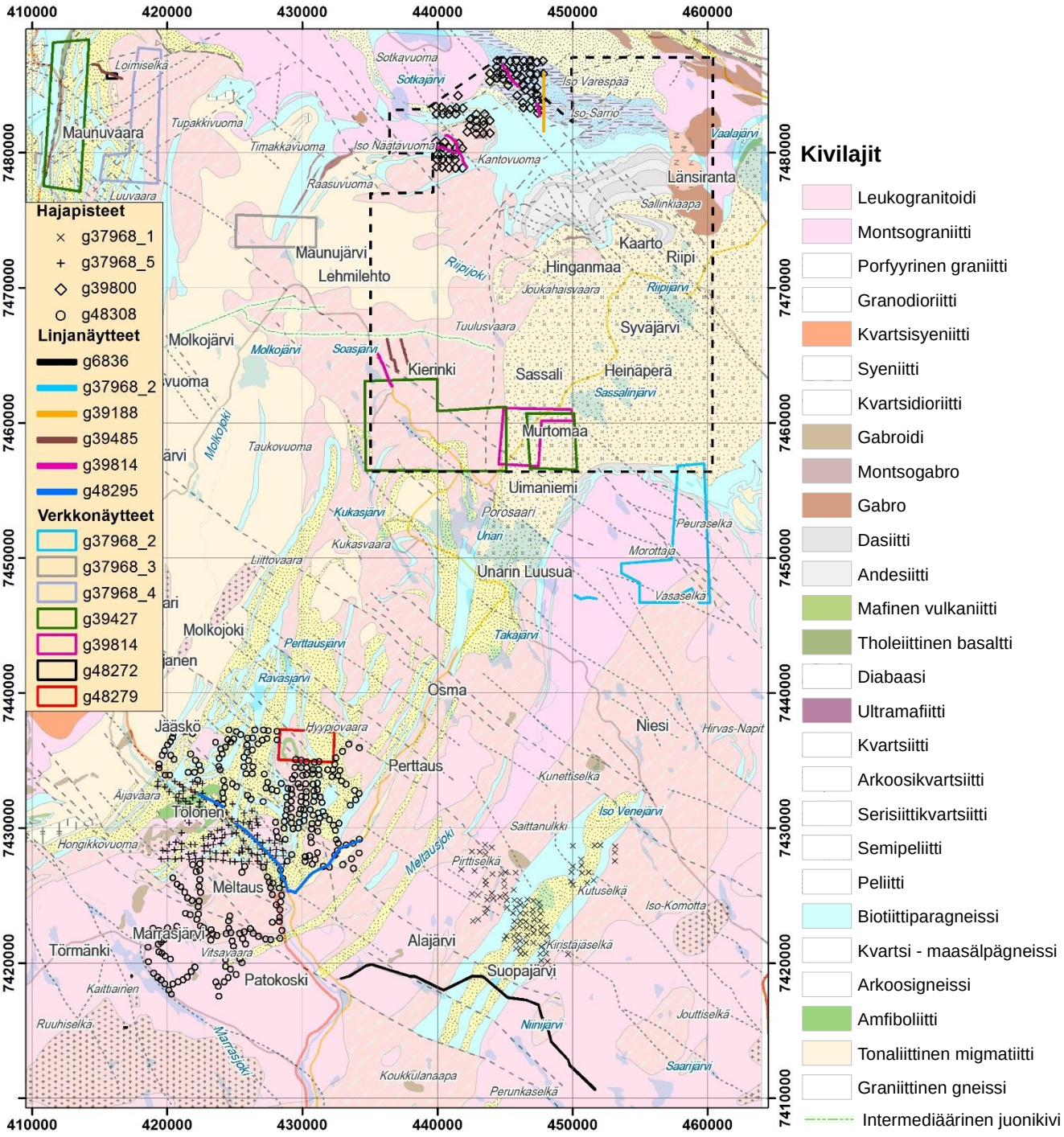
http://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/regional_till_geochemistry.html,

http://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/gtk_detailed_till_geochemistry.html

Huomioitavaa on, että 0-arvon esiintyminen pitoisuussarakkeessa voi merkitä useaa asiaa:

- pitoisuus on alle määritysrajan, määritysraja ei ole tiedossa
- näytettä ei ole analysoitu kyseisen alkuaineen suhteen
- näyte analysoitu, mutta pitoisuus ei ole tiedossa
- 0-arvo on sarakkeessa tiedonsiirrossa tapahtuneesta virheestä johtuen

Tässä raportissa on keskitytty Meltauksen alueen osalta kohdentavien tihennysnäytteenottojen geokemiallisten moreeniaineistojen käsittelyyn. Rapakallionäytteiden vähyydestä ja niiden esikäsittelyn kirjavuudesta johtuen rapakallioaineistoa on käytetty vain ilmentämään kallionpinnan syvyyttä. Alueen koillisosista Kieringin karttalehdeltä 3711 on uudelleen analysoitu näytteitä (tilaus 221133), jotka kerättiin linjamuotoiseen moreeninäytteenottoon tähtäävän esitutkimusprojektin aikana (Rahkola 1982). Näistä näytteistä aikoinaan koostettujen nk. harvapistenäytteiden ja uudelleen analysoitujen alkuperäisten näytteiden analyysituloksia on myös tarkasteltu ja verrattu keskenään.



***Kuva 3**. Meltauksen kohdealueen hajapiste-, linja- ja verkkonäytteenotto analyysierittäin DigiKp kallioperäkartalla. Kieringin analyysierän 221133 alue rajattu kuvaan katkoviivalla.*

***Taulukko 1**. Meltauksen alueen geokemialliset aineistot tilausnumeroittain. Taulukossa on esitetty eri analyysitilausten kokonaisnäytemäärät, kokonaispistemäärät sekä näytemäärät ja analysoitu fraktio maalajeittain, myös analysoidut alkuaineet, käytetty analyysimenetelmä ja määritysrajat, mikäli se on ollut tiedossa tai pääteltävissä. Analyysit on tehty GTK:n omassa laboratoriossa ja vuoden 2007 jälkeen Labtium Oy:n laboratoriossa.*

Tilausnr	Näytteenotto / Analysoitu	Näytemäärä / pistemäärä	Näytemäärät maalajeittain, fraktio				Analysoidut alkuaineet ja käytetty menetelmä							Määritysraja, ppm
			Mr	Rp	Hk/Sr	Ka /Lo	Au	Te	Ni, Co, Cu, Zn, Pb, Mn	Mo	W	Ag	As	
6836	1984 / 1985	109 / 53	107, P	2, P ja J	-	-	A80 (=519A)	-	A62 (=511A)	A62 (=514A)	A60	-	-	toden. Au 0.001 ja W 1,
39188	1985 / 1986	31 / 31	-	31, J	-	-	519A	-	511A	-	-	511A	511A	Au 0.01, Ag 0.1, As 10,
39800	1983-84 / 1987-88	89 / 89	87, P	2, P	-	-	519A	519A	511A	514A	405C	-	-	toden. Au 0.0001, Mo 1, W 0.1
48272	1988 / 1989	120 / 120	101, P	6, P tai L	10 / 3 Si, P	-	519U	-	511A	-	-	-	-	Au 0.001, muut 1
39814	1987 / 1989	599 / 256	499, P	100, P ja L	-	-	519U	519U	511A	-	405C	-	-	Au ja Te 0.001 ja W 0.1
48279	1988 / 1989	593 / 414	471, P	114, P ja L	5 / 1, P	1, T / 1, P	519U	-	511A	-	-	-	-	Au 0.001
39427	1987 / 1990	614 / 316	572, P	42, P ja L	-	-	519U	-	-	-	-	-	-	Au 0.001
39485	1986 / ?	427 / 216	399, P	26, P ja L	2, P	-	519U	-	-	-	-	-	-	Au 0.001
37968_1	1987 / 1990	228 / 102	186, P	42, P ja J	-	-	519A	-	511A	-	-	-	-	Au 0.001
37968_2	1987 / 1990	268 / 107	237, P	28, P ja J	2 / 1, P	-	519A	-	511A					Au 0.001, Co 1
37968_3	1987 / 1990	106 / 48	92, P	14, P ja J	-	-	519A	-	511A					Au 0.001
37968_4	1987 / 1990	184 / 96	176, P	2, P ja J	5 / 1, P	-	519A		511A					Au 0.001
37968_5	1988 / 1990	217 / 123	201, P	16, P ja J	-	-	519A	-	511A	-	-	-	-	Au 0.001
48295	1989 / 1990	647 / 306	577, P	68, P ja L	2, P	-	[1)]511A	-	511A	-	-	-	-	Au 0.001
48308	1990 / 1990	586 / 293	532, P	48, P ja L	5 / 1, P	-	[1)]511A	[1)]511A	511A	-	-	-	-	Au 0.0001 ja Te 0.001
	yhteensä:	**4818 / 2570**	**4237**	**541**	**38**	**2**								
[2)]**Harvapiste**	1983-86 / 1987-89	116-117	116-117, P	-	-	-	519U	519U	511P (ei Pb)	-	-	-	-	Au 0.0001
[3)] **221133**	1982-83 / 2012	247 / 236	228, P	19, P?	-	-	521U	515M	515P, 515 M; Pb	515M	515M	515M	515P	Au; 0.0005, Ag, Mo, Pb; 0.01, Te; 0.002, W; 0.05, As; 2, Co, Cu, Mn, Ni, Zn; 1

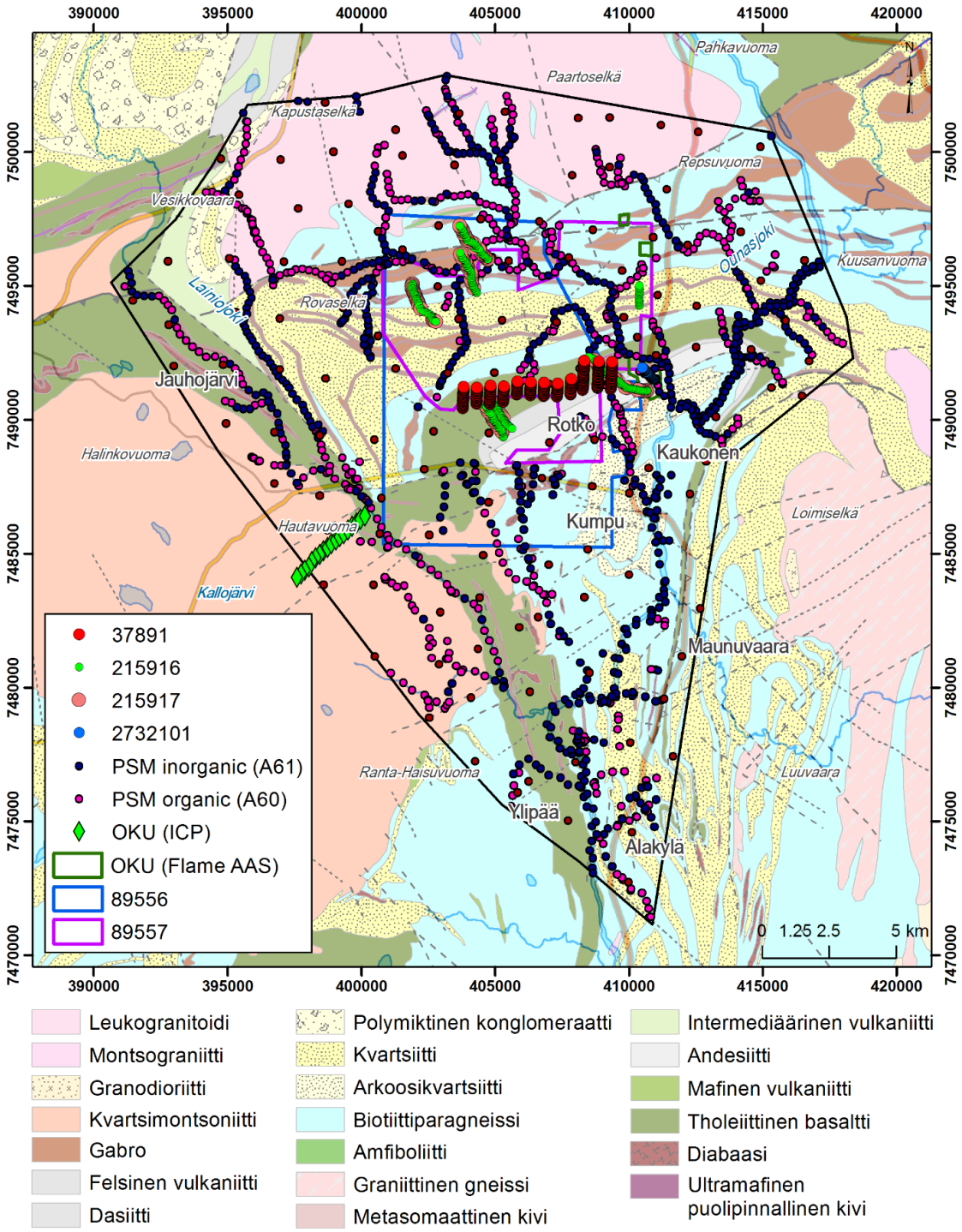
1) toden. oikea menetelmäkoodi on 519A
2) pääosin aikaisemmin (Kieringin karttalehden 3711 alueelta) otetuista näytteistä yhdistetty, analysoitu myös: 511P; Al, Ba, Ca, Cr, Fe, K, La, Li, Mg, P, Sc, Sr, Th, Ti, V, Y, Zr, 519U; Pd, yht. 25 alkuainetta,
3) uudelleen analysoidut Kieringin karttalehden 3711 näytteet, analysoitu myös: 515M; Bi, Cd, Pt, Sb, Se, Th, Tl, U, 515P; Al, B, Ba, Be, Ca, Cr, Fe, K, La, Li, Mg, Na, P, S, Sc, Sr, Ti, V, Y, Zr, 521U; Pd, yht. 41 alkuainetta

2.2 Tiukuvaara

2.2.1 Kallio- ja maaperä

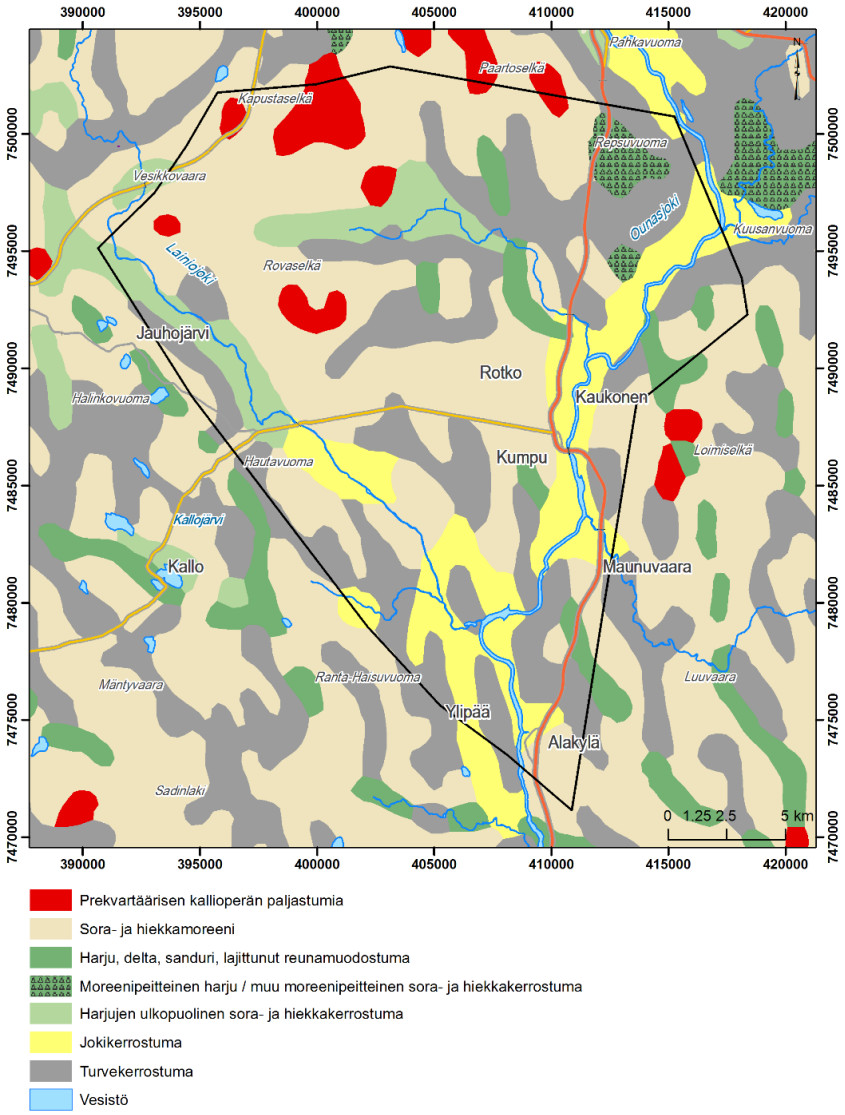
Tiukuvaaran alueella kallioperää on kartoitettu GTK:n (Pentti Rastaan (1984)) toimesta. Keinänen et al. (2012) on kuvannut lyhyesti Tiukuvaaran kohteen kallioperää (Kuva 4). Alueen liuskeet ovat happamia – emäksisiä ja komatiittisia metavulkaniitteja, joiden päällä on kiilleliuskeita ja kvartsiitteja. Montsoniitteja on alueen lounaisosassa. Venejoki -siirros kulkee

alueen pohjoisosassa lähes länsi-itä suuntaisesti. Tarkemmin Kittilän vihreäkivialueen geologiaa on kuvannut Lehtonen et al. (1998) Lapin vulkaniittiprojektin tutkimusraportissa.



***Kuva 4**. Tiukuvaaran alueen DigiKP-kallioperäkartalla alueen verkkomaiset ja linjamuotoiset moreeninäytteenottopisteet sekä mineraaliset ja orgaaniset purosedimenttinäytepisteet.*

Tiukuvaaran alueella maaperä koostuu pääasiassa moreenista ja turvekerrostumista (maaperäkartta 1:1 000 000, Kuva 5). Jokikerrostumat ovat luonnollisesti sijoittuneet Ounasjoen sekä Lainiojoen ympäristöön. Ounasjoella jokikerrostumat voivat olla yli 20 m paksuja (Koivisto 1978), kun taas Lainiojoella ne ovat ohuemmat, mutta ulottuvat laajalle (Laine 1977). Harjut alueella ovat luode-kaakkosuuntaisia. Lisäksi esiintyy myös jonkin verran moreenipeitteisiä harjuja tai muita peitteisiä sora- ja hiekkakerrostumia. Kalliopaljastumat sijoittuvat pääasiassa kohteen pohjoisosaan. Maapeitteen paksuus vaihtelee parhaimmillaan 15-19 metrin välillä. Rapakallionäytteitä sen sijaan on otettu jopa yli 20 metrin syvyydeltä. Koska näytteenotto on keskittynyt Kaukosen kylän ympäristöön, ei kohdealueeksi valitun Tiukuvaaran muilta alueilta ole tarkempia tietoja maapeitteen paksuuksista.



***Kuva 5**. Tiukuvaaran alueen maaperäkartta (1:1 000 000). Tarkasteluun valittu alue on rajattu mustalla.*

2.2.2 Aikaisemmat tutkimukset

Tiukuvaaran alue sijoittuu Keski-Lapin vihreäkivialueelle, joka on ollut malminetsinnän kiinnostuksen kohteena pitkään. Geologian tutkimuskeskus on tehnyt alueella alueellista moreenigeokemian näytteenottoa (nk. Harvapiste) sekä mineraalista että orgaanista purosedimenttinäytteenottoa. Lisäksi kohdentavaa linjamoreeninäytteenottoa on tehty karttalehdillä 2731, 2732 ja 2734. Esitutkimuksista alueella ovat raportoineet ainakin Lehmuspelto (1975), Äyräs (1975) ja Koivisto (1978). 1970-luvun lopulla suoritettiin Cobra-näytteenottoa kahdelta eri linjalta rikki-, magnetiitti- ja kuparikiisua sisältävän gabronäytteen jäljittämiseksi (Auranen 1977). Näitä näytteitä ja analyysituloksia ei löydy GTK:n tietokannasta. Kaukosen Isovaarassa tehtiin malminetsintätöitä 1988-1992 kuparimalmin etsimiseksi (Keinänen 1993). Kairausten lisäksi tutkimuksiin kuului myös moreeninäytteenottoa, johon tilaus 37891 liittyy. GTK:lla on ollut valtaus myös Hangasselkä 1:ksi nimetyssä kohteessa Tiukuvaaran alueen pohjoisreunalla, mutta raporttia ei löydy Hakku-palvelusta. Vuosina 2005-2010 Tiukuvaaran alueen tutkimukset sisälsivät geofysiikan matalalennon, moreenigeokemian näytteenottoa (tilaukset 89556, 89557 ja 215917), tutkimusmontutusta, kairausta ja lisäksi MMI-näytteenottoa (Keinänen et al. 2012). Tutkimusten pohjana oli alueelle tehty malmipotentiaalimallinnus.

GTK:n lisäksi Outokumpu Oy on tehnyt rikkikiisun etsintää 1960-luvun alussa alueen eteläosassa, mutta töiden tuloksia ei ole raportoitu. RTZ Mining and Exploration Ltd on tehnyt alueen pohjoisosissa timantinetsintää 1990-luvun puolivälissä (Sims 1996).

Tällä hetkellä Tiukuvaarassa on malminetsintälupahakemukset AA Sakatti Mining Oy:llä (mm. Au, Ni, Cu, Pd, Pt) ja Sakumpu Exploration Oy:llä (Au, Cu).

2.2.3 Moreeni- ja rapakallioaineistot

Tiukuvaaran alueella (Kuva 4) näytteenottoa on tehty 1970-luvulta aina 2000-luvulle asti. Eri näyte-eriä kohteeksi rajatulta alueelta löytyy 11 kpl (Taulukot 2 ja 3), jotka käsittävät iskupora-aineistojen lisäksi purosedimenttiaineistot sekä alueellisen geokemiallisen kartoitusaineiston eli harvapisteaineiston. Lisäksi Tiukuvaaran alueelta löytyy kattava linjamoreeniaineisto, joka sisältää 2847 näytettä 1634 näytepisteestä. Tämä aineisto sisältää moreeninäytteiden emissiokvantometrillä tehdyt analyysit pääasiassa 1970-luvulta. Linjamoreeniaineistoa ei ole listattu em. taulukoihin.

Suurin osa Tiukuvaaran alueen moreeniaineistoista on GTK:n tuottamaa, mutta alueella on myös Outokummun aineistoja. Koska näytteenottoa on tehty useina eri vuosikymmeninä, käytetyt analyysimenetelmät vaihtelevat. Myös analysoitujen alkuaineiden määrä vaihtelee: vanhemmista näytteistä on analysoitu vain perusmetallit, kun taas uudemmista näytteistä analysoitujen alkuaineiden määrä on huomattavasti suurempi. Kulta on analysoitu viidessä näyte-erässä. Näytteiden syvyys- sekä maalajitiedot ovat saatavilla kaikista muista aineistoista, mutta ei alueellisesta harvapiste aineistosta.

Tiukuvaaran alueen moreeniaineistot kunnostettiin tilauksittain niin, että tilauksista poistettiin muut kuin moreeneiksi luokitellut näytteet. Vanhemmissa aineistoissa on hyvin tavallista, että rapakallionäytteet on esikäsitelty ja analysoitu samalla menetelmällä kuin moreeninäytteet. Lisäksi näytteiden mukana on hiekka- ja sora- tai joskus myös kallionäytteitä. Pääasiassa moreeninäytteiden analyysit on tehty P-fraktiosta eli <0.06 mm fraktiosta. Tilausten 89556 ja 89557 näytteiden esikäsittely on ollut poikkeava. Tilauksen 89556 näytteet on ensin seulottu asiakkaan toivomaan fraktioon, jonka jälkeen ne on jauhettu karkaistussa hiiliteräsastiassa. Tilauksen 89557 näytteet puolestaan on ensin murskattu, jonka jälkeen ne on jauhettu. Outokummun aineistosta ei selviä, mikä fraktio näytteistä on analyysiin käytetty. Outokummun ICP – analytiikalla analysoitujen Kallon näytteiden tuloksissa on useiden alkuaineiden pitoisuus 0. Tästä ei ole tietoa, onko alkuaineen todellinen pitoisuus ollut nolla tai onko kyseistä alkuainetta analysoitu ollenkaan tai onko 0-arvo tullut tiedonsiirron yhteydessä. Outokummun aineistoista puuttuvat lisäksi laatumerkit (määritysrajat).

Rapakallionäytteitä on Tiukuvaaran alueelta saatavissa reilut 350 kpl. Niistä on vaihtelevasti analysoitu P-fraktio. Tilausten 89556 ja 89557 esikäsittely rp-näytteille on ollut sama kuin mr-näytteille. Muutamista näytteistä on analysoitu sekä P- että J-fraktiot eli hienoaines ja jauhettu näyte. OKU-aineistoista ei käy ilmi, mikä fraktio analyysiin on käytetty.

Käytetyt analyysimenetelmät maaperänäytteillä ovat olleet osittain samoja kuin Meltauksen alueellakin (kts. luku 2.1.3): 511A sekä jalometalleille käytetyt 519U ja 521U. Tilausten 215916 ja 215917 näytteet on analysoitu menetelmällä 511PM: kuningasvesiuutos ja määritykset ICP-AES ja ICP-MS – menetelmillä. Menetelmässä 704P on tehty 25 g alinäytteestä Fire Assay sulatus ja näyte on analysoitu ICPOES – tekniikalla. Orgaaniset purosedimenttinäytteet on analysoitu menetelmällä A60 (suolahappoliuos ja AAS-laitteisto liekkitekniikalla) ja mineraaliset purosedimentit menetelmällä A61 (typpihappoliuos ja AAS-laitteisto liekkitekniikalla).

Tarkasteluun valittujen alkuaineiden pitoisuudet on puolitettu, mikäli alkuaineen pitoisuus on ollut alle määritysrajan. Määritysrajan laatumerkkinä on käytetty < -merkkiä, mutta myös > -merkkiä (ainakin tilaus 37891). Linjamoreeniaineistossa < -merkkiä on käytetty laajasti ainakin Zn-, Pb – ja Ag – tuloksissa kaikkien pitoisuusarvojen kohdalla, joten tässä tapauksessa kyseessä ei todennäköisesti ole alle määritysraja -merkki. Lisäksi tässä aineistossa esiintyy * -merkki, jonka merkitys ei ole tiedossa. Tiukuvaaran alueelta valitussa purosedimenttiaineistossa ei ollut laatumerkkejä. Vain osalle laatumerkeistä löytyy selitys (kts. luku 2.1.3).

***Taulukko 2**. Tiukuvaaran geokemiallisen aineiston tilausnumerot ja näytemäärät maalajeittain sekä analysoitu fraktio, mikäli tiedossa. PS = purosedimentti, RPMR = rapakalliomoreeni. Analyysit on tehty GTK:n omassa laboratoriossa ja vuoden 2007 jälkeen Labtium Oy:n laboratoriossa.*

				Näytemäärät maalajeittain, fraktio					
Paikka	**Tilausnumero**	**Näytteenotto/analysoitu**	**Näytemäärä**	**HK/SR/SI**	**RP**	**MR**	**Seka**	**RPMR**	**PS**
Tiukuvaara	ei saatavilla	1975, 1978 / ei tiedossa	637	-	-	-	-	-	mineraalinen, <0.17 mm
Tiukuvaara	ei saatavilla	1975, 1978 / ei tiedossa	715	-	-	-	-	-	orgaaninen
Tiukuvaara	2732101	1978 / 1979	58	11 P/	8, P ja J	39 P	-	-	-
Tiukuvaara	215917	2008 / 2009	114	-	114 T?	-	-	-	-
Tiukuvaara	215916	2008 / 2010	234	-	-	234 P	-	-	-
Tiukuvaara	37891	1990 / 1990	505	-	76 P	429 P	-	-	-
Tiukuvaara	89557	2006 / 2008	258	1 /	51	252	-	-	-
Tiukuvaara	89556	2005 / 2008	264	-	15	249	-	-	-
Tiukuvaara	OKU flame aas	1980? / ei tiedossa	274	22/20/2	16	173	32	7	-
Kallo	OKU ICP	1995? / ei tiedossa	18	-	2	9		7	
Tiukuvaara	Alueellinen gk-kartoitus	1977-84, 1991 / 1987-88	123	-	-	123 P	-	-	-
		Yhteensä:	4585	34/20/2	282	1507	32	14	

***Taulukko 3**. Tiukuvaaran geokemiallisten aineistojen käytetyt analyysimenetelmät tilauksittain sekä analysoidut alkuaineet määritysrajoineen, mikäli tiedossa.*

Tilausnumero	Menetelmä	Alkuaine (määritysraja, ppm)	Huom
Mineraalinen purosedimentti	A61	Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb, Zn	Fe analyysejä ei KL 273112, 273109, 273111, 273401, 273402
Orgaaninen purosedimentti	A60	Ag, As, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Mo, Pb, Zn	Fe analyysejä ei KL 273112, 273109, 273111, 273401, 273402
Orgaaninen purosedimentti	900N	U (1 ppm)	
2732101	A61	Co, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn	
215917	704P	Au (0.01), Pd (0.01)	
215917	511M	Te (0.006), Ag (0.01), Be (0.05), Bi (0.01), Ce, In (0.02) Sb (0.03), Se, Th, W (0.05), Yb, As (5),	
215917	511P	Al, B (5), Ba, Ca, Cd (1), Co (1), Cr, Cu, Fe, K, La, Li (1), Mg, Ni, P (50), Mn, Na, Mo, Pb (5), Rb (1), S (20), sc, Ti, V, Y, Zn (1), Zr (1), U	
215916	521U	Au (0.001), Pd (0.002)	
215916	511M	Te (0.006), Ag, Be, Bi (0.01), Ce, In (0.02), Sb (0.03), Se, Th, W, Yb, U	
215916	511P	Al, As (5), B (5), Ba, ca, Cd (1), Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Ni, P, Mn, Na, Mo, Pb (5), Rb, S (20), Sc, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr,	
37891	511A	Ag (0.1), As (10), Co, Cu, Ni, Pb, Zn	
89557	521U	Au (0.001), Pd (0.002), Te (0.005)	
89557	511P	Ag (1), Be (0.5), Sb (20), Al, As (10), B (5), Ba, Ca, Cd (1), Co, Cr, Cu, Fe, K (200), La, Li (2), Mg, Ni, P, Mn, Na, Mo (2), Pb (10), S (20), Sc (0.5), Sr, Ti, V, Y, Zn	
89556	521U	Au (0.0005), Pd (0.0005), Te (0.002)	
89556	511P	Ag (1), Be (0.5), Sb (20), Al, As (10), B (5), Ba, Ca, Cd (1), Co (1), Cr, Cu, Fe, K (200), Mg, Ni, P (5), Mn, Na, Mo (2), Pb (10), S (20), Sc, Sr (1), Ti, V, Y, Zn (1)	
OKU aineisto	Flame AAS	Co, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn	Analysoitu fraktio ei tiedossa
OKU aineisto	ICP	Cu, Zn, Ni, Co, Sb, Al, Cr, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Sr, Li, Be	Analysoitu fraktio ei tiedossa
Alueellinen gk-kartoitus	519U	Au, Pd (0.0001), Te	
Alueellinen gk-kartoitus	511P	Th, Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Ni, P, Mn, Sc, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr	

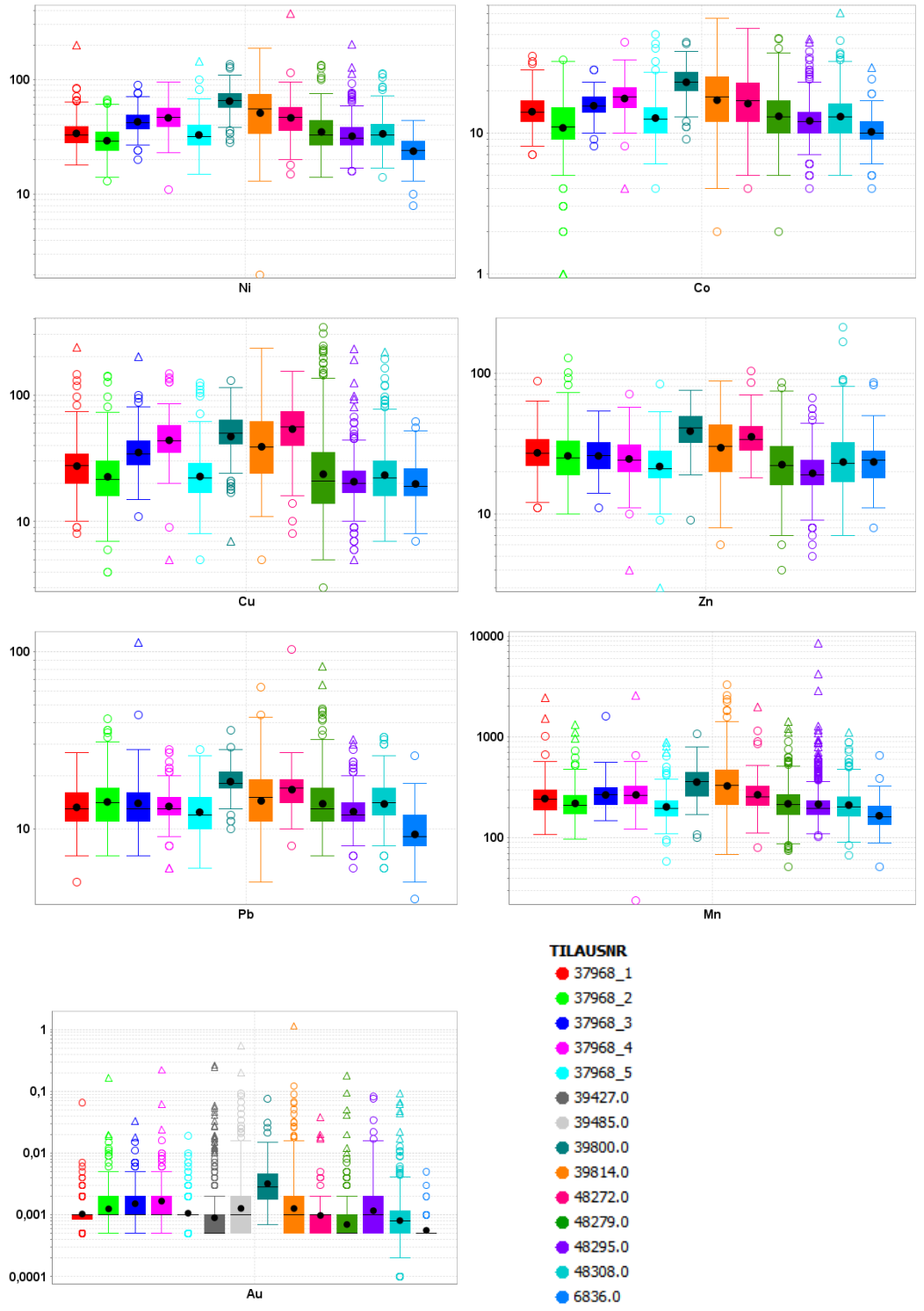
3 TILASTOLLISET TUNNUSLUVUT JA EDA-TARKASTELU

Aineistojen luonnetta ja rakennetta voidaan tarkastella tilastollisten tunnuslukujen ja erilaisten diagrammien avulla (EDA-tarkastelu). Näiden perusteella voidaan tehdä jonkinasteisia päätelmiä aineistojen laadusta, luotettavuudesta ja niiden yhdistettävyydestä suuremmiksi kokonaisuuksiksi.

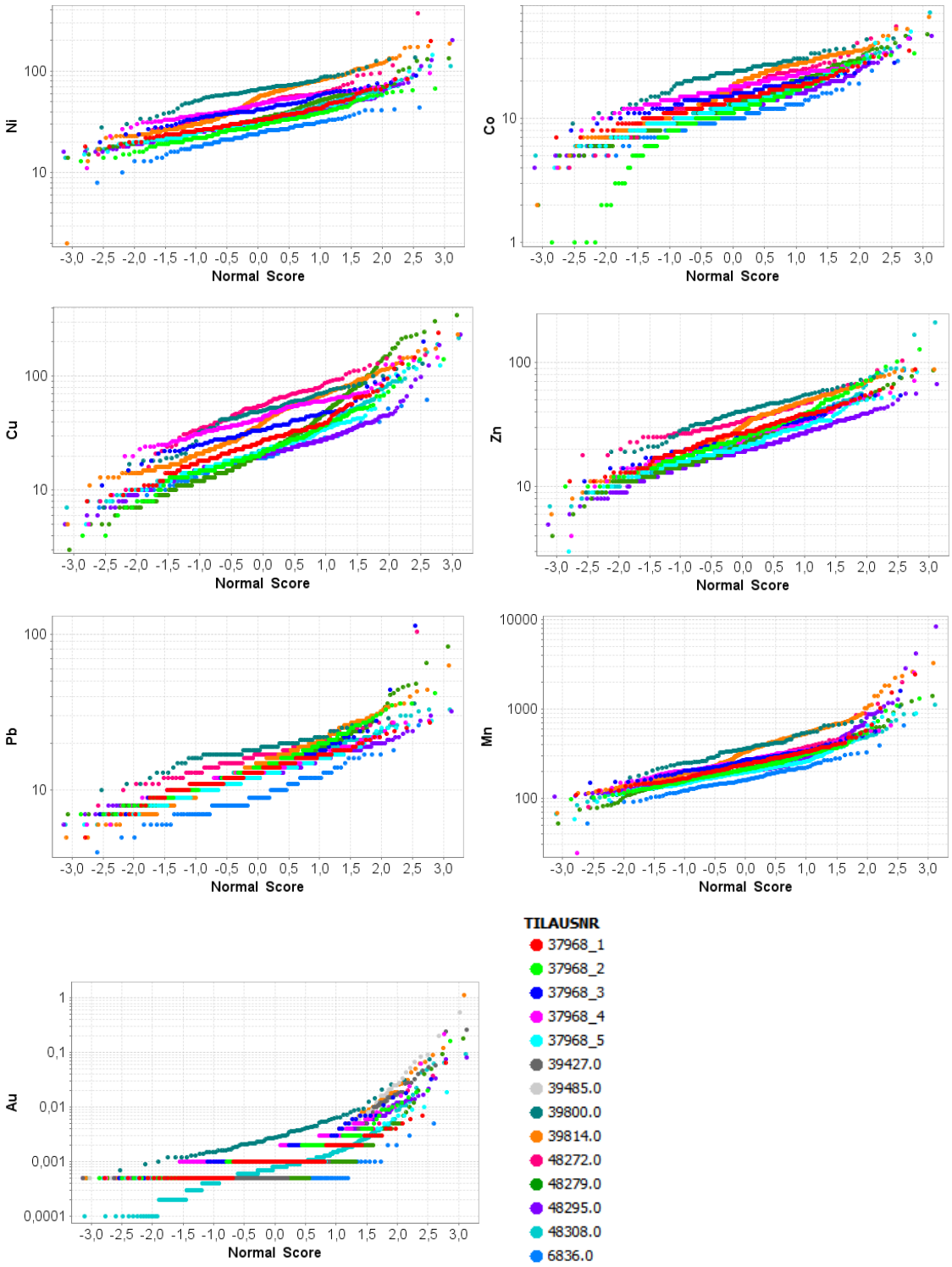
3.1 Meltaus

3.1.1 Kohteelliset tihennysaineistot

Tarkasteltaessa alueen kohteellisten analyysierien moreeninäytteitä havaitaan, että analysoitujen alkuaineiden pitoisuustasoissa ei ole suurta vaihtelua eri analyysierien kesken Kuvat 6 ja 7) ja että jakaumat ovat lognormaalisia, jota ilmentää lähes suora viiva probability-plotilla. Tosin esim. Co:n probability-plotissa näkyy analyysierän 37968_2 kohdalla alaosan putoaminen mikä kertonee, että Co:n todellinen luotettava määritysraja olisi korkeampi kuin 1 ppm. Porrasmainen propability-plotin viiva viittaa siihen, että tulokset on esitetty liian pyöristettyinä arvoina ja kyseessä ei ole analyyttinen virhe. Huomioitavaa on, että analyysierän 39800 metallipitoisuudet näyttävät olevan selvästi keskimäärin korkeammat ja esim. kullan (ja myös Te) mediaanipitoisuus on kolme kertaa korkeampi kuin muissa analyysierissä. Tämän erän näytteistä lähes puolet on kerätty ”erikoisen” kiille-kloriittiliuskeen alueelta (peliitti ja semipeliitti Kuvassa 3) ja erilainen kivilaji voi selittää paremminkin tasoeroa muihin kuin esim. että kyseessä olisi analyysimenetelmästä johtuva tason nousu muihin analyysieriin verrattuna. Toisaalta, näyte-erän 6836 metallipitoisuudet ovat sinkkiä lukuun ottamatta keskimäärin alhaisemmat kuin geologisesti vastaavalta alueelta otetussa näyte-erässä 37968_1 tai alueen muissa näyte-erissä (Kuva 6). Näyte-erä 6836 on vanhin analysoitu näyte-erä ja lievä tasoero voi johtua käytetystä analyysimenetelmästä (Taulukko 1). Yksittäisten analyysierien tilastollisia tunnuslukuja ei ole esitetty tässä yhteydessä, koska ne on kerrottu aikaisemmassa arkistoraportissa (Lehmuspelto et al. 2009). Yhteenvetona voidaan todeta, että Meltauksen alueen yksittäiset analyysierät voidaan sellaisenaan yhdistää suuremmaksi kokonaisuudeksi sillä niiden välillä ei näytä esiintyvän esikäsittelystä tai analyysimenetelmistä johtuvia tasoeroja. Tämä johtunee pitkälti siitä, että analyysit on pääosin tehty muutaman vuoden sisällä käyttäen samoja analyysimenetelmiä ja esikäsittelyjä (Taulukko 1).



***Kuva 6**. Meltauksen kohteellisten analyysierien boxplotit (Tukey), pitoisuudet ppm. Perusmetallianalyysit puuttuvat kahdesta tilauksesta (39427 ja 39485).*



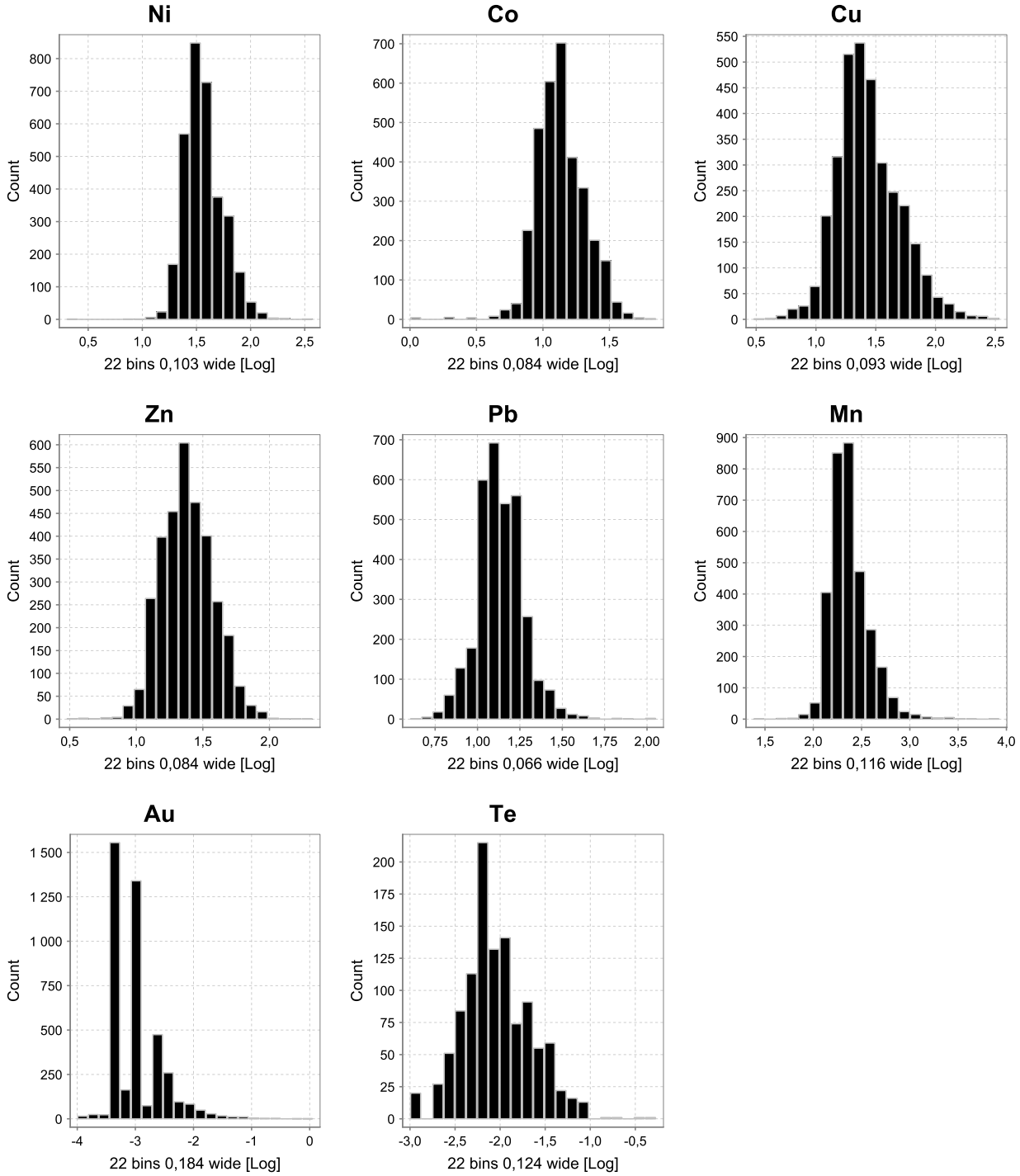
***Kuva 7**. Meltauksen kohteellisten analyysierien logaritmiset probability plotit, pitoisuudet ppm. Perusmetallianalyysit puuttuvat kahdesta tilauksesta (39427 ja 39485)*

Meltauksen alueen kohteellisten analyysierien (yht. 14 tilausta) moreeniaineksen analyysitulokset on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi ja tämän kokonaisuuden tilastolliset tunnusluvut ja logaritmiset histogrammit on esitetty Taulukossa 4 ja Kuvassa 8. Alueen metallipitoisuudet ovat keskimäärin alhaiset (Taulukko 4) ja siten alueen kvartsi-maasälpävaltaisille kiville (granitoidit ja sedimentit) luonteenomaisia. Toisaalta, alueella esiintyy joitakin korkeita metallipitoisuuksia, jotka eivät selity kvartsi-maasälpävaltaisilla kivilajeilla. Korkeat metallipitoisuudet (esim. max 374 ppm Ni) eivät välttämättä tarkoita mineralisoitumista, vaan ne voivat ilmentää mafisten kivien esiintymistä alueella laajemmin kuin mitä näkyy DigiKp kallioperäkartalla (amfiboliitteja Meltauksen kylän pohjoispuolella). Lisäksi, tutkimusalueen etelä- ja keskiosista, aina Molkojärven korkeudelle asti, on tehty havaintoja appiniitti-intruusioista. Appiniittien geokemia on varsin poikkeuksellinen ”normaaleihin” kiviin verrattuna (Mutanen 2011) ja siten niiden esiintyminen alueella voisi selittää Meltauksen moreeniaineiston korkeat metallipitoisuudet. Muihin analysoituihin alkuaineisiin verrattuna kulta muodostaa poikkeuksen, sillä se on Meltauksen alueella selvästi anomaalinen. Lähes jokaisessa analyysierässä on poikkeuksellisen korkeita Au-pitoisuuksia. Alueen anomaalisuus kullan suhteen tulee hyvin esille jo alueellisessa harvapisteaineistossa (Kuva 29). Meltauksen alueen mineraalipotentiaalia on laajemmin käsitelty ja kommentoitu luvussa 5.

Taulukko 4**). Meltauksen yhdistetyn kohteellisen moreeniaineiston tilastolliset tunnusluvut, pitoisuudet on esitetty ppm:na ja syyvyystieto dm:nä.*

	Depth	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Mn	Au	Te
Count	4237	3263	3263	3263	3263	3263	3263	4236	1117
Minimum	3	2	1	3	3	4	24	0.0001	0.001
Maximum	232	374	71	342	211	113	8470	1.1400	0.537
Range	229	372	70	339	208	109	8446	1.1399	0.536
Mean	37	40	15	33	27	14	272	0.0028	0.014
Median	25	35	13	25	24	13	219	0.0010	0.008
Standard Deviation	26	20	7	27	14	6	249	0.0219	0.024
Skewness	2.13	3.42	1.65	3.49	2.52	4.80	14.99	38.39	12.54
Interquartile Range	29	19	7	21	15	6	123	0.0012	0.011
25 percentile	20	28	11	18	18	11	176	0.0005	0.005
75 percentile	49	47	18	39	33	17	299	0.0017	0.016
95 percentile	90	76	28	79	51	23	542	0.0070	0.041
98 percentile	110	94	33	114	63	28	727	0.0160	0.067
99 percentile	133	111	36	143	76	32	1020	0.0316	0.078

**) Taulukon koonnissa huomioitavaa: Moreeniaineiston kulta-analyyseissä on erilaisia määritysrajoja; usein 0.001 ppm, mutta tilauksissa 48308 ja 39800 se on 0.0001 ppm. Tilaus 48308 sisältää runsaasti arvoja, jotka ovat välillä 0.0001-0.001 ppm ja lisäksi 7 näytettä on < 0.0001 ppm. Nämä arvot on säilytetty laskettaessa tilastollisia tunnuslukuja. Tilauksessa 39800 on todennäköisesti kullan määritysraja <0.0001, koska aineistossa on kaksi arvoa alle 0.001. Näitä arvoja ei ole muutettu. Tilauksen 6836 kultasarakkeessa on runsaasti nolla-arvoja, joiden on oletettu merkitsevän, että pitoisuus on alle määritysrajan. Määritysrajan on tässä tilauksessa oletettu olleen <0.001 eli nolla-arvot on korvattu 0.0005 arvoilla (nk. puolitetuilla arvoilla) tilastolukuja laskettaessa. Te:a on analysoitu vain kolmesta analyysierästä, joissa alle määritysrajan (<0.001 ppm) on yhteensä vain 5 arvoa, joita ei ole puolitettu.*



***Kuva 8**. Meltauksen yhdistetyn kohteellisen moreeniaineksen logaritmiset histogrammit.*

Pearsonin, ja varsinkin Spearmanin, korrelaatiokertoimien mukaan analysoitujen alkuaineiden keskinäinen korrelaatio lukuun ottamatta kultaa on voimakasta (Taulukko 5).

Metallien voimakas keskinäinen korrelaatio voi viitata siihen, että niiden pitoisuusjakaumaa kontrolloi pääosin jokin yksittäinen tekijä, esim. kivilajikoostumus. Tosin, mahdollinen mineralisoituminen näiden metallien suhteen ei ole tämän perusteella poissuljettua. Kulta-pitoisuuksilla ei näytä olevan minkäänlaista korrelaatiota muiden analysoitujen alkuaineiden kanssa. Lehmuspelto ja Vuojärvi (1988) toteavatkin raportissaan mm. seuraavaa: *”Mikään tähän mennessä analysoiduista alkuaineista ei ole osoittautunut yksiselitteisesti kullan seuralaisalkuaineeksi, eniten kultaa sisältävissä näytteissä ovat muiden alkuaineiden pitoisuudet usein jopa poikkeuksellisen alhaise*t ”. Tämä kommentti liittynee alueen harvapisteaineiston tuloksiin. Kulta ei välttämättä esiinny alueella yksinään sillä on huomioitava, että tavallisimpia kullan seuralaisalkuaineita (As, Bi, Sb, Se, Te) ei ole yleensä analysoitu tai esim. Kalotti-projektissa Meltauksen alueella havaittua mahdollista Au-U yhteyttä ei voida varmentaa kohteellisista aineistoista puuttuvien U-analyysien takia.

***Taulukko 5**. Meltauksen alueen analysoitujen alkuaineiden Pearson ja Spearman korrelaatiokertoimet.*

Pearson	**Ni**	**Co**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**Mn**	**Au**	**[1)]Te**
Ni	1.00	0.77	0.55	0.55	0.44	0.40	0.05	0.37
Co	0.77	1.00	0.71	0.74	0.57	0.50	0.06	0.41
Cu	0.55	0.71	1.00	0.57	0.56	0.32	0.05	0.38
Zn	0.55	0.74	0.57	1.00	0.56	0.38	0.01	0.27
Pb	0.44	0.57	0.56	0.56	1.00	0.31	0.01	0.23
Mn	0.40	0.50	0.32	0.38	0.31	1.00	0.05	0.18
Au	0.05	0.06	0.05	0.01	0.01	0.05	1.00	0.04
Te	0.37	0.41	0.38	0.27	0.23	0.18	0.04	1.00
Spearman								
Ni	1.00	0.82	0.73	0.65	0.62	0.70	0.11	0.67
Co	0.82	1.00	0.79	0.78	0.70	0.81	0.12	0.74
Cu	0.73	0.79	1.00	0.72	0.62	0.68	0.17	0.75
Zn	0.65	0.78	0.72	1.00	0.73	0.73	0.04	0.67
Pb	0.62	0.70	0.62	0.73	1.00	0.62	-0.01	0.59
Mn	0.70	0.81	0.68	0.73	0.62	1.00	0.11	0.61
Au	0.11	0.12	0.17	0.04	-0.01	0.11	1.00	0.27
Te	0.67	0.74	0.75	0.67	0.59	0.61	0.27	1.00

[1)] Huom Te-analyysejä vain kolmesta analyysierästä

EDA-tarkastelu perusteella Meltauksen moreeniaineistot näyttäisivät olevan kunnossa tai ainakin eri analyysierien tulokset on yhdistettävissä yhdeksi kokonaisuudeksi ja siten aineistoa voidaan käsitellä yhtenäisenä. Tosin, alkuaineanalyysien todellisia laatuominaisuuksia eli esim. toistettavuutta ja analyysitarkkuutta voidaan arvioida vain laboratorio- ja kenttäduplikaattien sekä standardinäytteiden avulla.

3.1.2 Kieringin 3711-karttalehden harvapiste- ja kohdentava aineisto

Kieringin karttalehdeltä 3711 on uudelleen analysoitu vuonna 2012 näytteitä (tilaus 221133), jotka kerättiin 1980-luvun alussa linjamuotoiseen moreeninäytteenottoon tähtäävän esitutkimusprojektin aikana (Rahkola 1982). Näitä näytteitä on analysoitu aikaisemmin nk. harvapisteaineiston koostenäytteinä (Salminen 1995). Kuvaan 3 rajatulta karttalehden 3711 alueelta on olemassa 228 vuonna 2012 uudelleen analysoitua näytettä ja pääosin niistä yhdistelemällä koostettuja harvapistenäytteitä 117 kpl (Taulukko 1). Koska kyseessä on samat näytteet (tosin harvapistenäytteet koostenäytteitä), on nyt mahdollista vertailla 1980-luvun loppupuolen ja 2010-luvun analyysituloksia keskenään. Näistä aineistoista on määritetty useita alkuaineita (Taulukko 1), mutta tässä yhteydessä on tarkasteltu vain niitä alkuaineita, joita on käsitelty kohteellisten aineistojen yhteydessä. Karttalehden 3711 harvapisteaineiston ja tilauksen 221133 analyysitulosten tunnusluvut on esitetty taulukossa 6.

***Taulukko 6**. Karttalehden 3711 harvapisteaineiston ja tilauksen 221133 tilastolliset tunnusluvut, pitoisuudet on esitetty ppm:na ja syyvyystieto dm:nä.*

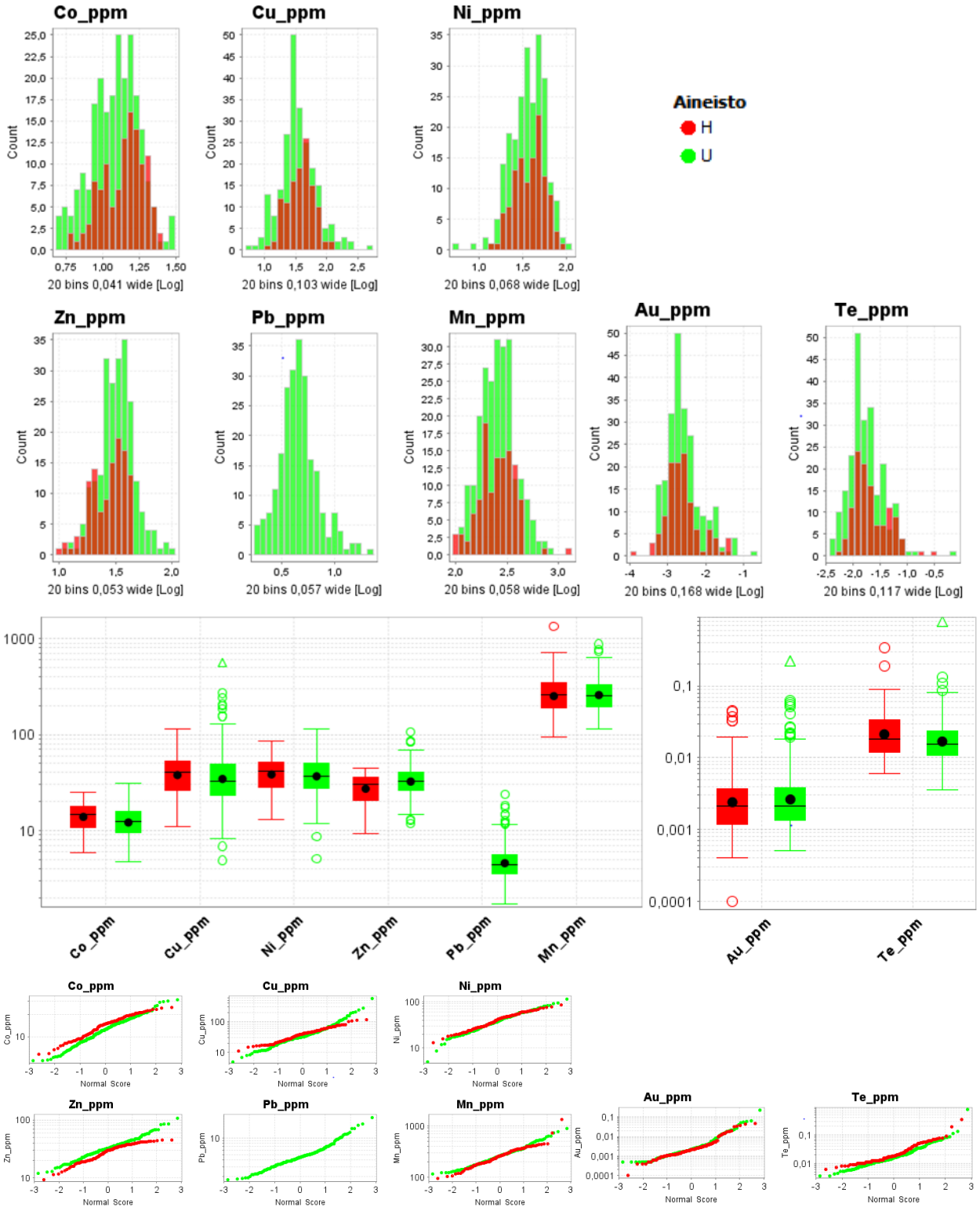
	Depth	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Mn	Au	Te
Harvapiste									
Count	-	116	116	116	116	0	116	117	117
Minimum	-	13	6	11	9		94	<0.0001	0.006
Maximum	-	85	25	114	45		1340	0.0456	0.340
Range	-	72	19	103	36		1246	0.0455	0.334
Mean	-	41	15	42	29		275	0.0048	0.030
Median	-	41	15	40	30		258	0.0021	0.018
Standard Deviation	-	15	4	21	9		140	0.0081	0.038
Skewness	-	0.44	0.11	1.13	-0.08		4.08	3.40	5.73
Interquartile Range	-	23	7	26	16		155	0.0026	0.022
25 percentile	-	28	11	26	20		189	0.0012	0.012
75 percentile	-	52	18	52	36		344	0.0038	0.034
95 percentile	-	68	22	80	43		430	0.0205	0.072
98 percentile	-	77	24	110	44		629	0.0409	0.154
99 percentile	-	84	25	114	45		1235	0.0452	0.313
Tilaus 221133									
Count	228	228	228	228	228	228	228	222	228
Minimum	5	5	5	5	12	2	114	<0.0005	0.004
Maximum	100	115	31	561	107	24	880	0.2260	0.781
Range	95	110	26	556	95	22	766	0.2255	0.777
Mean	36	40	13	45	35	5	279	0.0061	0.025
Median	35	37	12	32	32	4	256	0.0022	0.016
Standard Deviation	15	17	5	51	13	3	120	0.0173	0.054
Skewness	0.59	0.86	0.88	5.88	1.63	2.82	1.66	9.88	12.62
Interquartile Range	20	23	6	26	14	2	134	0.0025	0.013
25 percentile	25	27	9	23	26	3	196	0.0013	0.011
75 percentile	45	51	16	49	40	6	330	0.0039	0.024
95 percentile	60	72	21	122	58	11	523	0.0211	0.063
98 percentile	67	82	27	203	75	15	633	0.0532	0.082
99 percentile	81	93	30	262	85	18	760	0.0624	0.126

Koska harvapisteaineiston (HP) näytteet ovat koostettuja näytteitä, pitäisi HP-aineiston alkuaineiden pitoisuusjakaumien olla tilauksen 221133 alkuainejakaumien ”sisällä”. Tämä siksi, että koostenäytteet edustavat keskimääräistä pitoisuutta yhdistetyissä näytteissä eli näytteiden yhdistely tasoittaa pitoisuusvaihtelua. EDA-diagrammien tarkastelun perusteella näin pääosin onkin, mutta Co:n ja Te:n pitoisuusjakaumat näyttäisivät siirtyneen hivenen

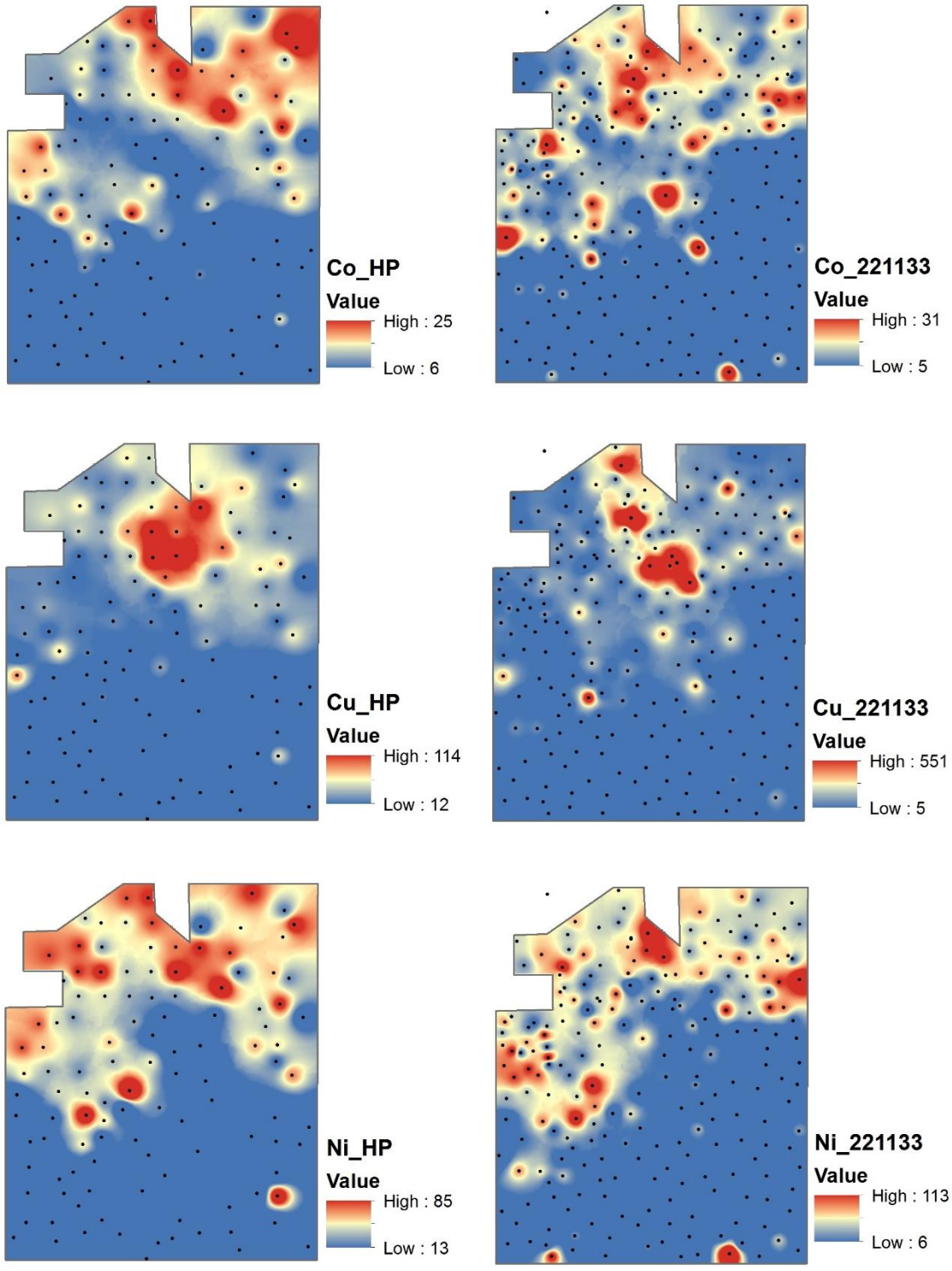
oikealle eli korkeammalle pitoisuustasolle verrattuna tilauksen 221133 jakaumiin (Kuva 9). Todennäköisesti vuonna 2012 analysoitujen näytteiden alkuainepitoisuudet ovat tarkempia ja luotettavampia, tähän perusten harvapisteaineiston Co- ja Te-pitoisuudet olisivat hivenen liian korkeita verrattuna todellisiin pitoisuuksiin (tilauksen 221133 Co- ja Te-pitoisuuksiin). Lisäksi, harvapisteaineiston Zn-pitoisuuksien jakauma on Kieringin karttalehdellä 3711 vasemmalle vino, mikä ei ole tyypillistä metallisille alkuaineille.

Harvapisteaineiston ja tilauksen 221133 alkuainepitoisuuksien spatiaalinen jakauma on samantapainen (Kuvat 10 ja 11): Kummassakin aineistossa korkeimmat Co-, Cu-, Ni- ja Zn-pitoisuudet keskittyvät Kieringin karttalehden 3711 luoteisosiin ja korkeimmat Te-pitoisuudet alueen koillisosiin. Harvapisteaineiston spatiaalinen Au-pitoisuusjakauma näyttäisi painottavan alueen länsiosaa, kun taas tilauksen 221133 korkeimmat Au-pitoisuudet näyttäisivät keskittyvän alueen keskusosiin. Huomioitavaa on, että aineistojen spatiaalisia jakaumia voidaan tarkastella vain yleisellä tasolla. Tämä johtuu siitä, että tilauksen 221133 analyysitulokset antavat selkeästi yksityiskohtaisemman kuvan alueesta, koska näytepisteitä on lähes kaksinkertainen määrä verrattuna harvapisteaineistoon. Lisäksi, harvapisteaineiston pistepaikat eivät ole todellisia, vaan paikat ovat määräytyneet yhdisteltävien näytteiden keskimääräisen sijainnin mukaan. Au-tuloksia vertaillessa on muistettava myös nk. hippuefekti, sillä sen vaikutus analyysituloksiin ja niiden toistettavuuteen voi olla merkittävä (kts. luku 4.1.2).

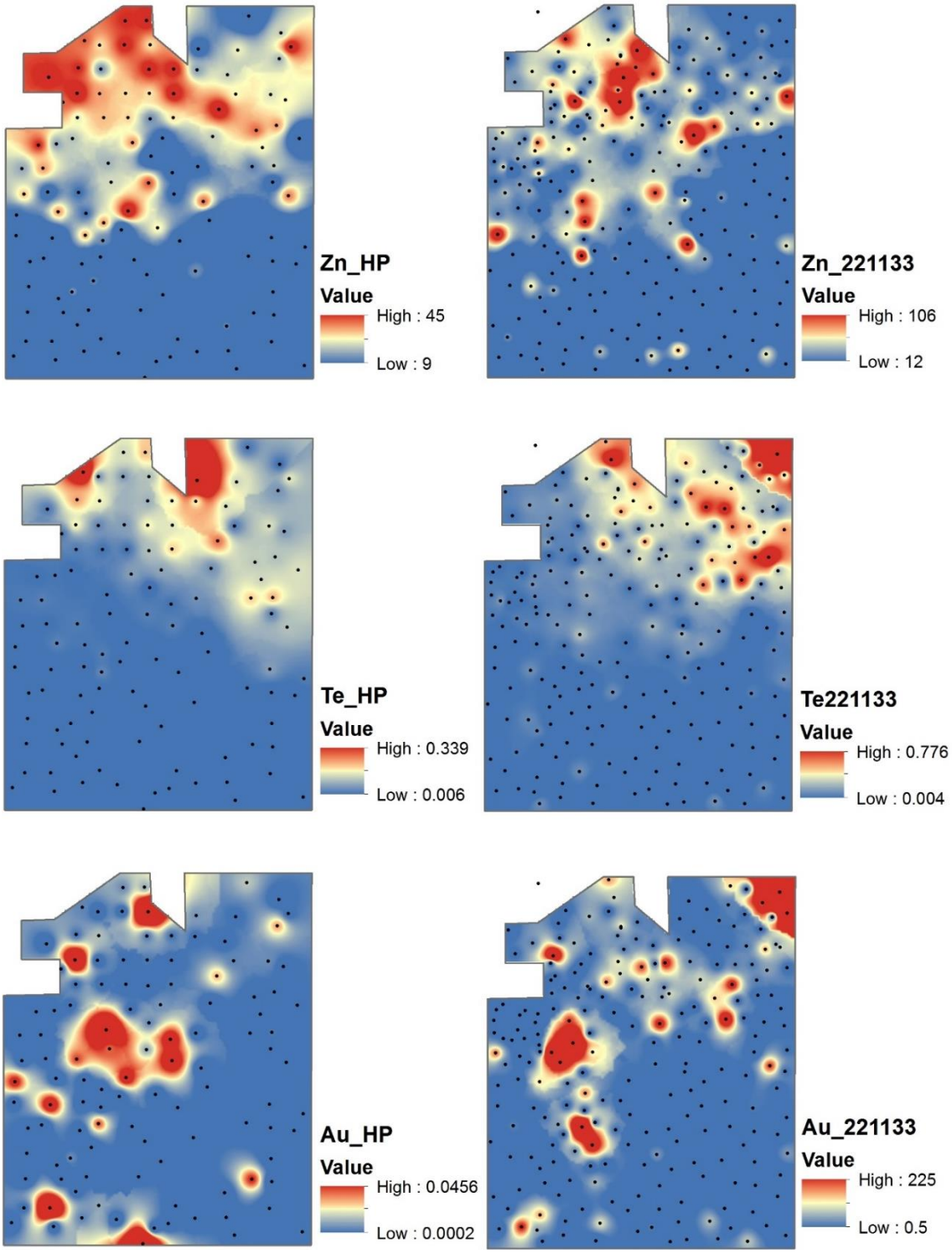
Yhteenvetona voisi todeta, että vaikka harvapisteaineiston joidenkin alkuaineiden pitoisuusjakaumissa on ”poikkeavuuksia”, niin alkuaineiden spatiaalinen jakauma antaa kuitenkin samantapaisen informaation kuin tämän päivän analyysilaitteistolla saataisiin aikaan. Tosin, Au muodostaa poikkeuksen johtuen Au-tuloksiin vaikuttavasta hippuefektistä.



***Kuva 9**. Kieringin karttalehden 3711 harvapisteaineiston (H) ja tilauksen 221133 (U) vertailua; logaritmiset histogrammit, boxplotit ja probability plotit.*



***Kuva 10**. Harvapisteaineiston (vasemmalla) ja tilauksen 221133 (oikealla) moreenin Co-, Cu- ja Ni-pitoisuudet (ppm) on esitetty IDW-interpoloituna. Kuvissa on myös näkyvissä alueen näytepisteverkko.*



***Kuva 11**. Harvapisteaineiston (vasemmalla) ja tilauksen 221133 (oikealla) moreenin Zn- ja Te (ppm) sekä Au-pitoisuudet (ppb) on esitetty IDW-interpoloituna. Kuvissa on myös näkyvissä alueen näytepisteverkko.*

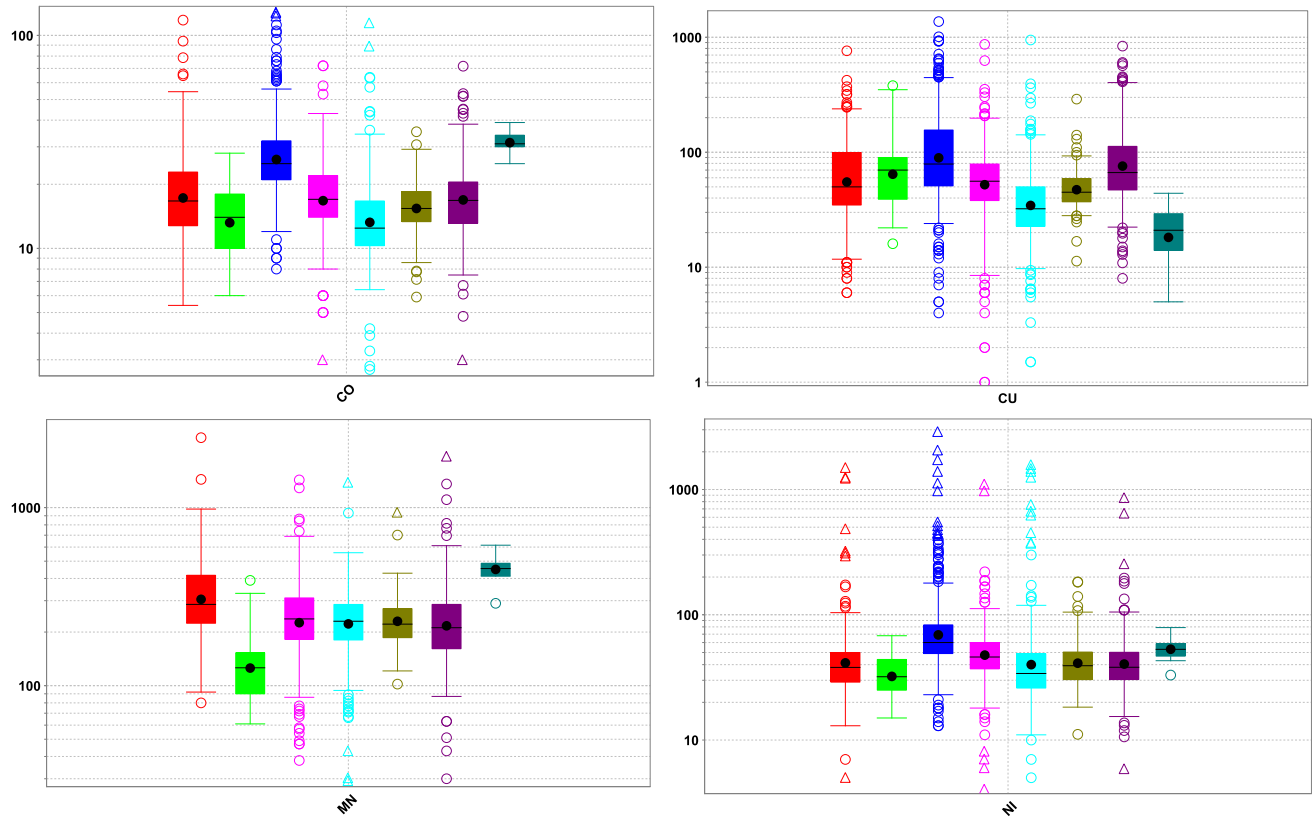
3.2 Tiukuvaara

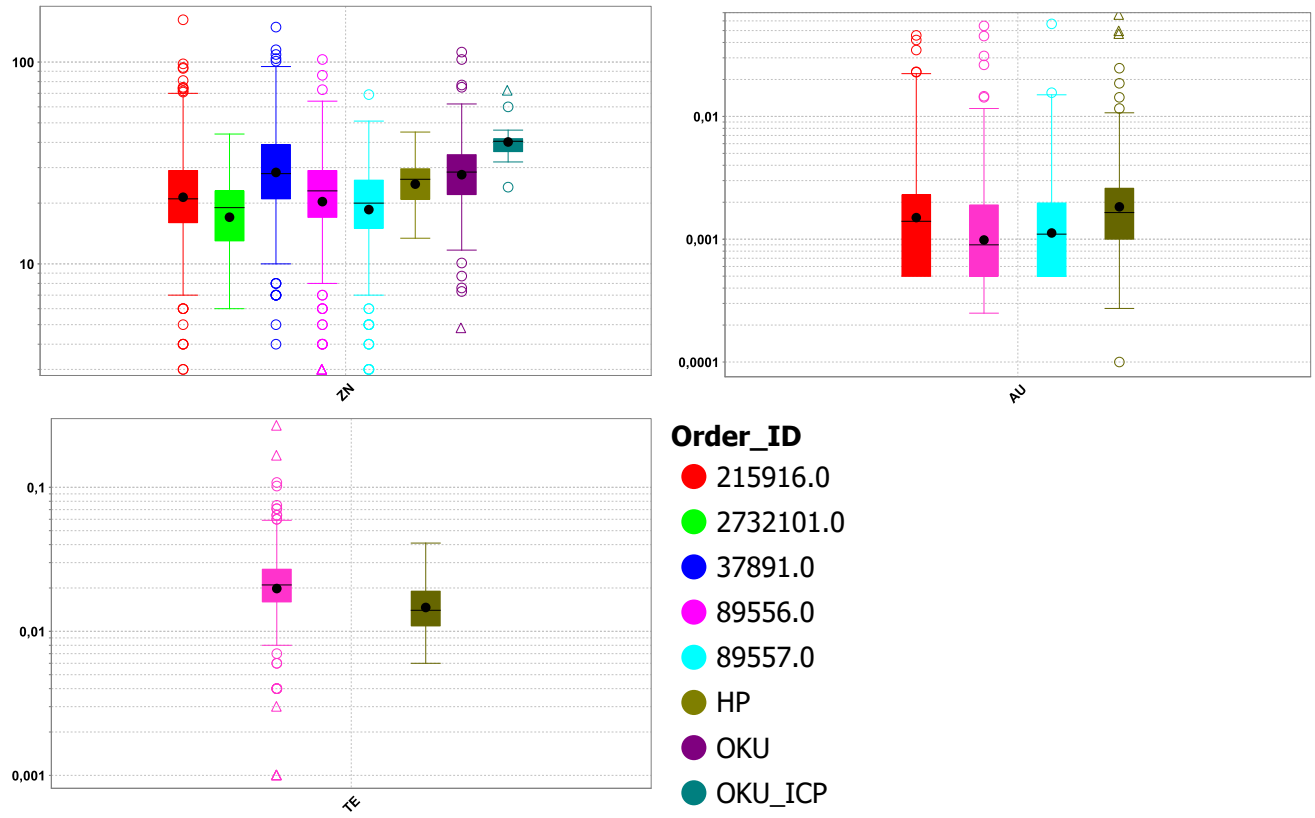
Tiukuvaaran alueelta analysoiduista moreeninäytteiden alkuaineista tarkasteluun valittiin vain perusmetalleista Co, Cu, Ni, Zn ja Mn sekä Au ja Te. Alkuainevalintaan vaikutti se, että vanhemmista aineistoista on saatavilla analyysitieto vain perusmetalleista. Vaikka Au:a ja Te:a ei ole analysoitu kaikissa aineistoissa, otettiin ne mukaan tarkasteluun, koska Tiukuvaaran kohde sijaitsee Au-potentiaalisella alueella. Pb jätettiin tarkastelusta pois, koska sen pitoisuudet ovat aineistoissa usein alle määritysrajan.

Tilauksista 2732101, 215916 ja 37891 sekä harvapisteaineiston moreeninäytteet on analysoitu P- eli <0.063 mm fraktiosta (Taulukko 2) ja tilauksiin 89556 ja 89557 on käytetty seulottua ja jauhettua fraktioita tai pelkästään jauhettua fraktiota. Laatikkojanakaavioista (Kuva 12) nähdään, että perusmetallien pitoisuudet ovat korkeimmillaan tilauksessa 37891, jossa moreenin P-fraktio on analysoitu menetelmällä 511A. Myös Outokummun aineiston ICP-analytiikalla analysoitujen näytteiden metallipitoisuudet ovat korkeita, mutta tästä tilauksesta ei ole tietoa, mistä fraktiosta analyysit on tehty. Tilauksen 89557 perusmetallien pitoisuustaso jää alhaiseksi, joka johtuu todennäköisesti näytteiden metallipitoisuuksia laimentavasta esikäsittelystä. Tilauksen 2732101 alkuaineiden alhainen pitoisuustaso voi johtua 1970-luvulla käytetystä menetelmästä (A61).

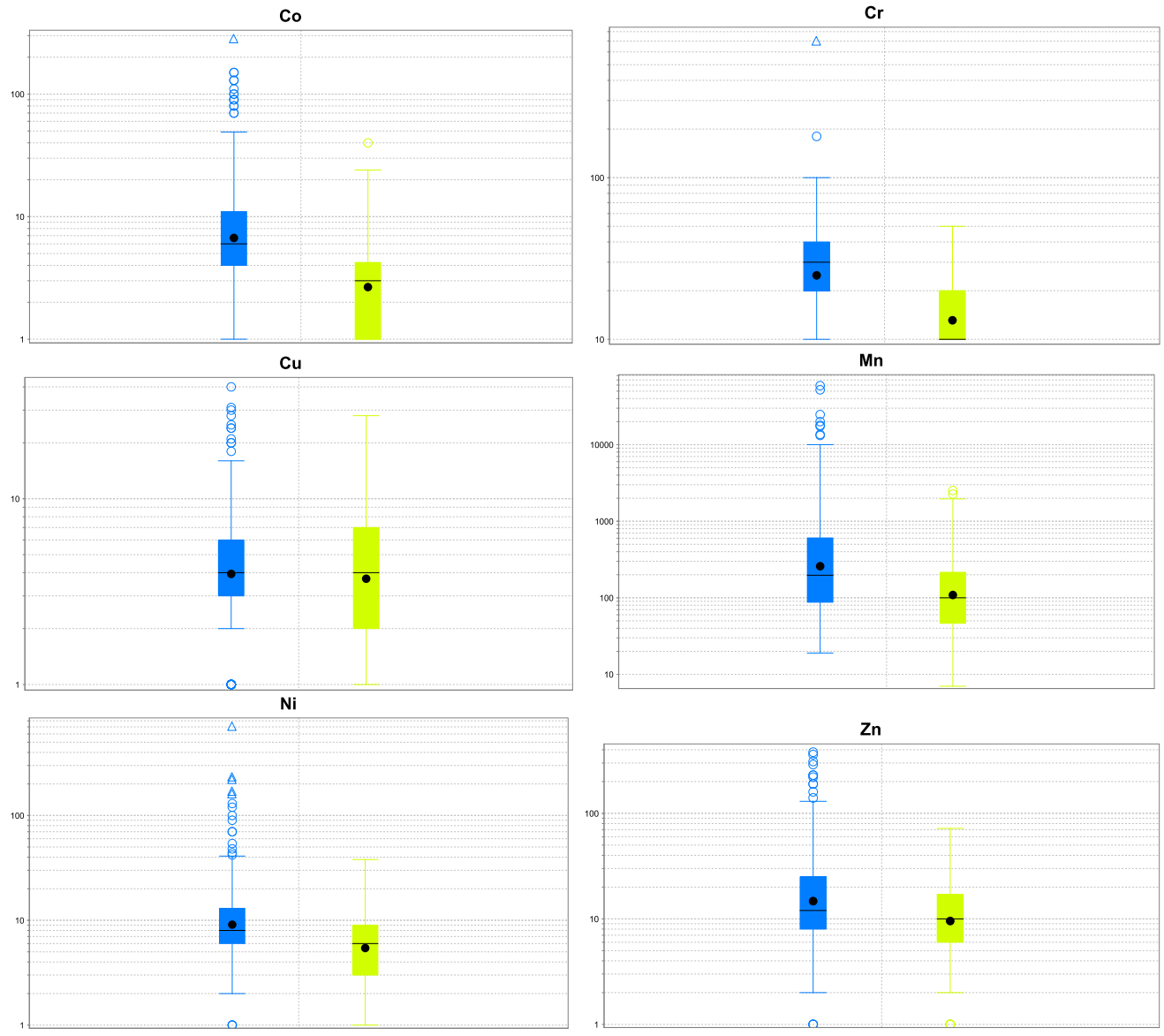
Mineraalisissa purosedimenteissä eri vuosina tehdyt analyysit sekä eri karttalehdiltä otetut näyte-erät erottuvat boxploteissa (Kuva 13). Vuonna 1978 otettujen näytteiden pitoisuustaso tarkastelluilla alkuaineilla kuparia lukuun ottamatta on alhaisempi kuin vuonna 1975 kerätyillä näytteillä. Varsinainen analysointiajankohta ei ole tiedossa, mutta oletettavaa on, että näytteet on analysoitu hyvin pian näytteenoton jälkeen. Myös eri karttalehtien (2731, 2732, 2734) välillä on selviä tasoeroja. Karttalehdellä 2732 pitoisuustaso on korkein. Karttalehdellä 2731 näytteenotto on suoritettu vuonna 1978, toisilla vuonna 1975. Fe on määritetty vain karttalehdeltä 2732 otetuista näytteistä. Orgaanisten purosedimenttien tuloksissa eri vuosien väliset erot eivät ole yhtä suuria.

21.6.2018





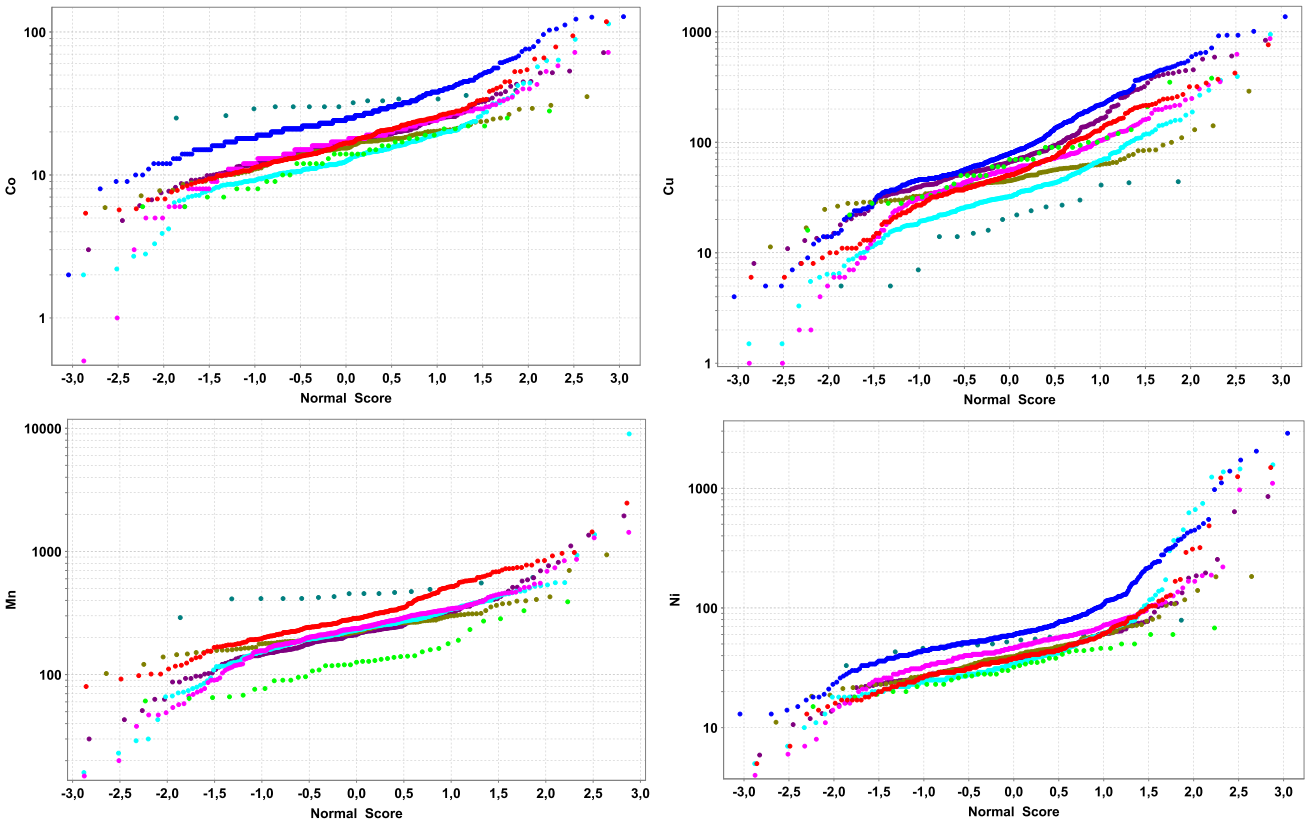
***Kuva 12**. Tiukuvaaran moreeniaineiston eri analyysierien boxplotit (Tukey), logaritminen y-akseli pitoisuudet ppm.*

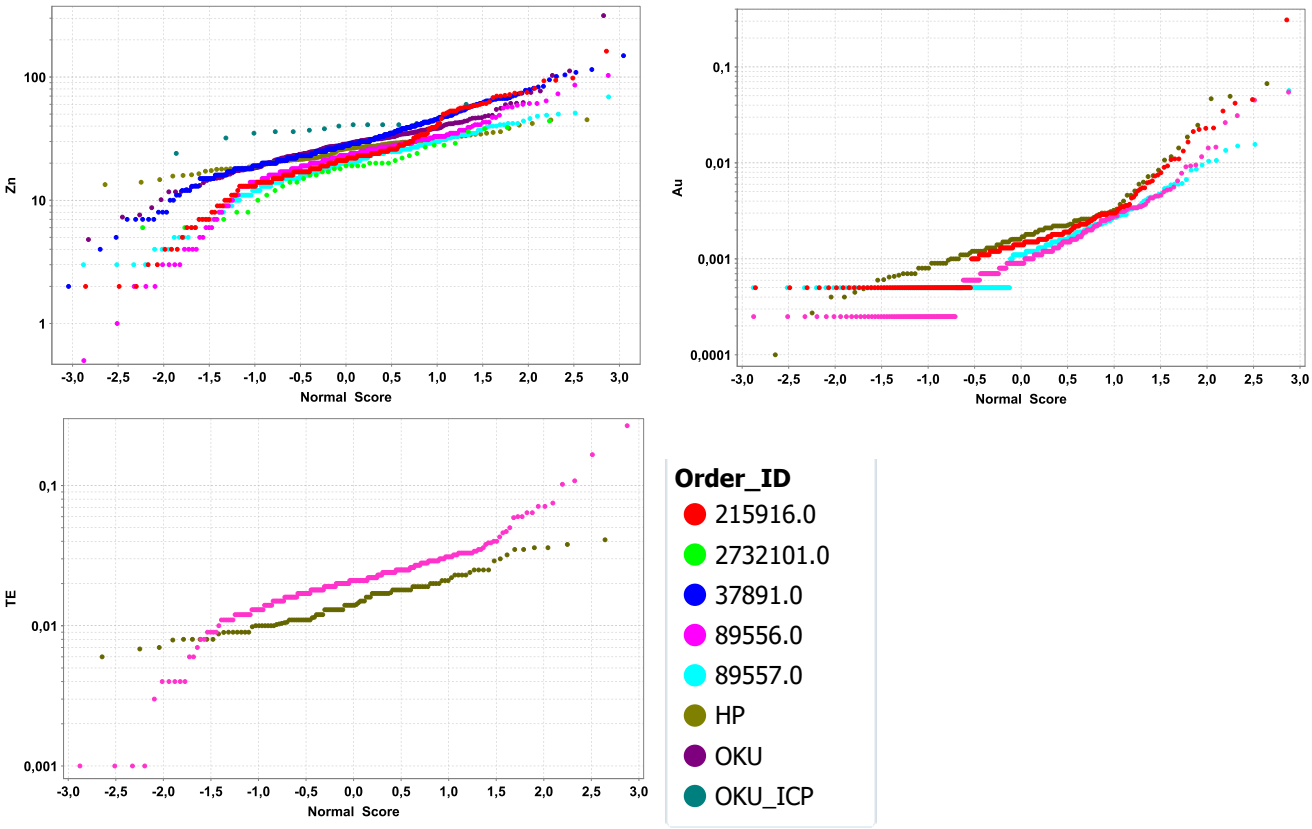


***Kuva 13**. Tiukuvaaran mineraalisten purosedimenttien laatikkojanakaaviot. Sinisellä v. 1975 ja keltaisella v. 1978 kerätyt näytteet.*

Moreeniaineiston probability ploteissa erottuvat myös tilauksen 37891 muita korkeammat perusmetallipitoisuudet (Kuva 14), etenkin Ni-, Cu ja Co-pitoisuuksissa. Useissa analyysierissä Cu-pitoisuudet taittuvat jyrkästi n. 20-30 ppm:n kohdalla. Tämä voi johtua esim. siitä, että todellinen alkuaineen määritysraja on annettua arvoa korkeampi. Zn, Au- ja Te-pitoisuuksissa näkyy useissa analyysierissä liian voimakkaasta pyöristämisestä johtuva aineiston epäjatkuvuus (pitoisuuksien porrastuminen) alhaisissa pitoisuuksissa. Histogrammien perusteella perusmetallit ovat lognormaaleja (Kuva 15).

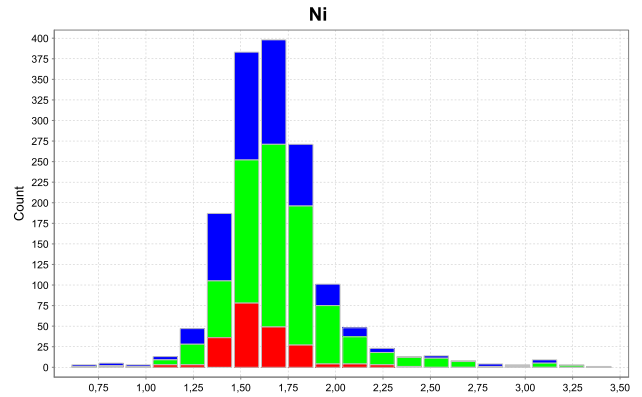
21.6.2018

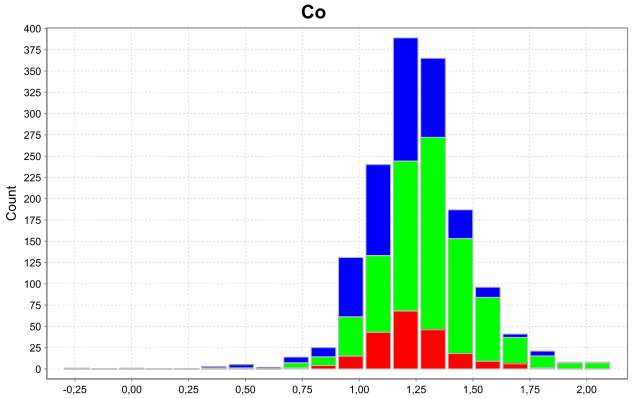

Co
100
10
1
Cu
1000
100
10
1
Mn
10000
1000
100
Ni
1000
100
10
-3,0 -2,5 -2,0 -1,5 -1,0 -0,5 0,0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0
Normal Score

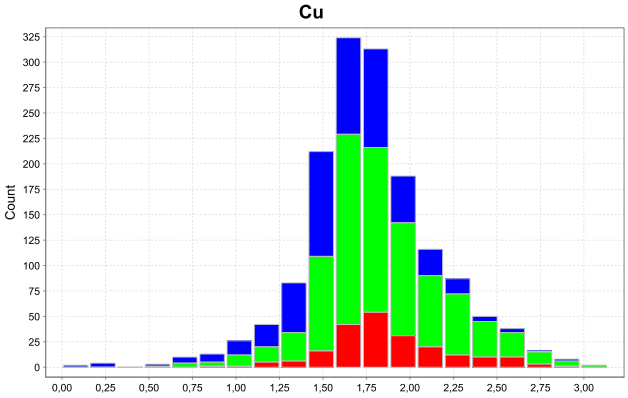


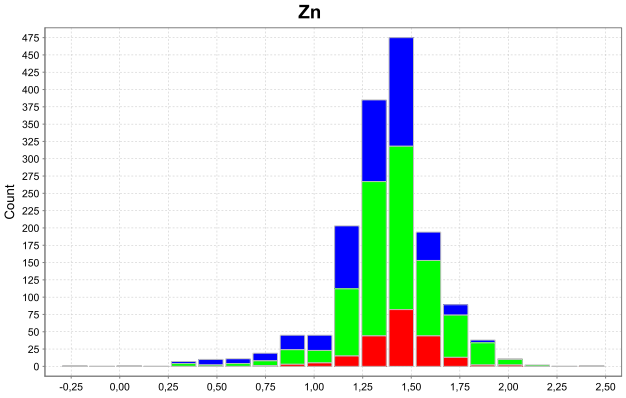
***Kuva 14**. Tiukuvaaran moreeniaineiston eri analyysierien probability plotit, pitoisuudet ppm. Logaritminen y-akseli muut alkuaineet paitsi Au.*

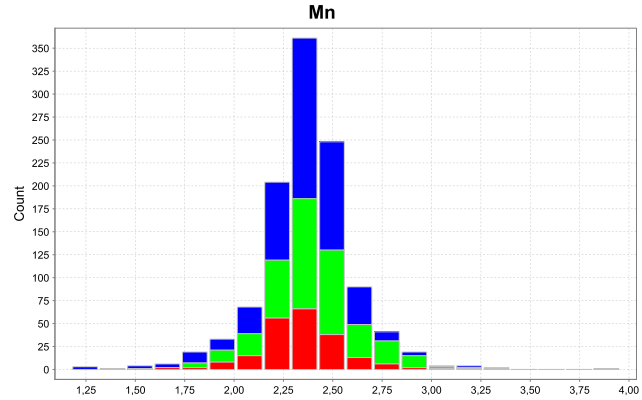
21.6.2018

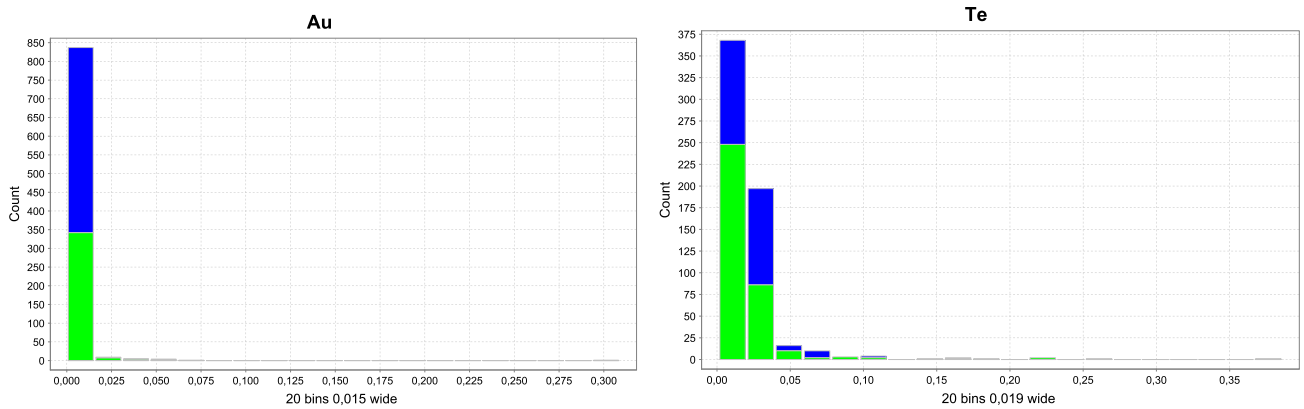






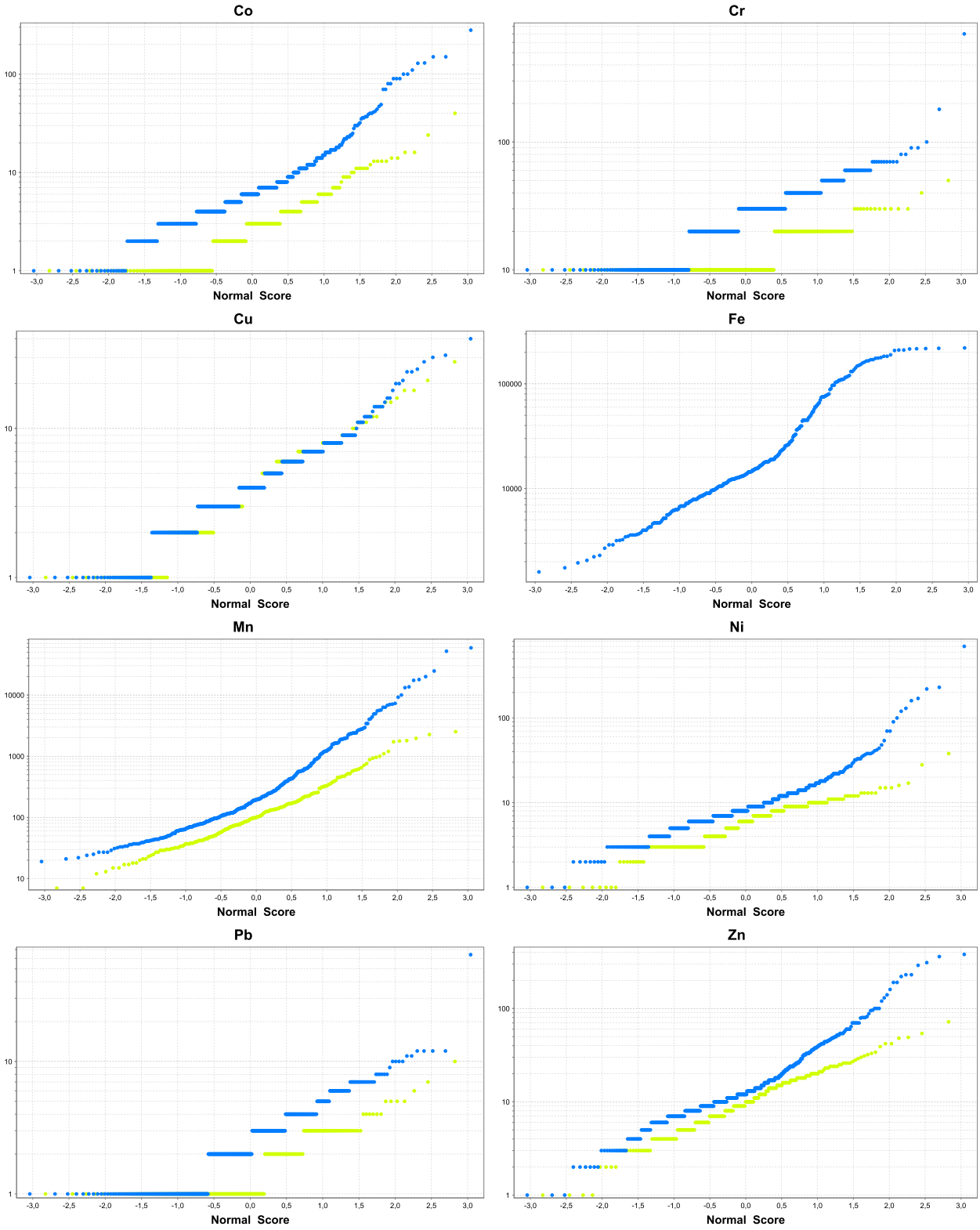




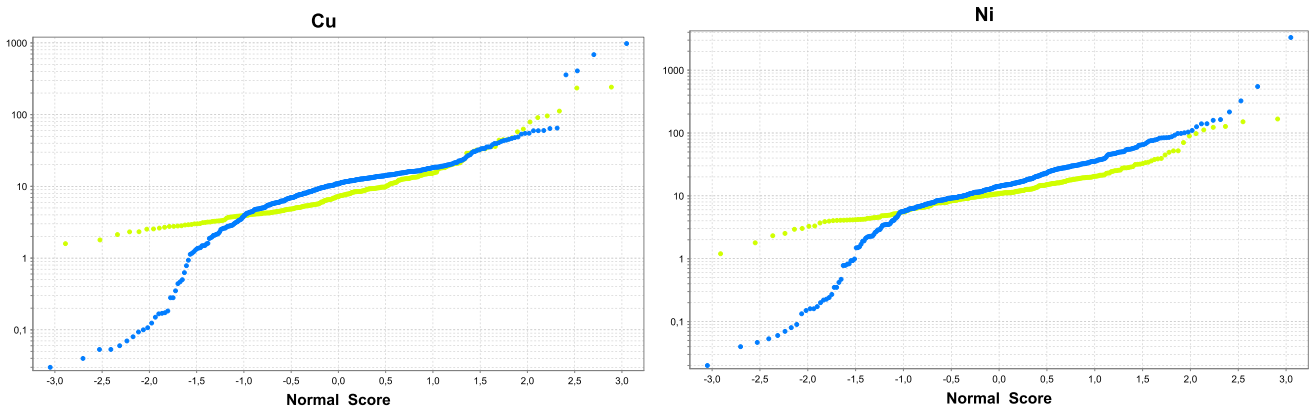


***Kuva 15**. Tiukuvaaran alueen moreeniaineistojen histogrammit logaritmisina lukuun ottamatta Au ja Te. Näytteet, joista on analysoitu P-fraktio, on merkitty vihreällä ja sinisellä ne näytteet, joille fraktion on merkitty T-kirjaimella GTK:n tietokannassa. Punaisella on merkitty ne näytteet, joista ei ole tietoa, mikä fraktio on analysoitu.*

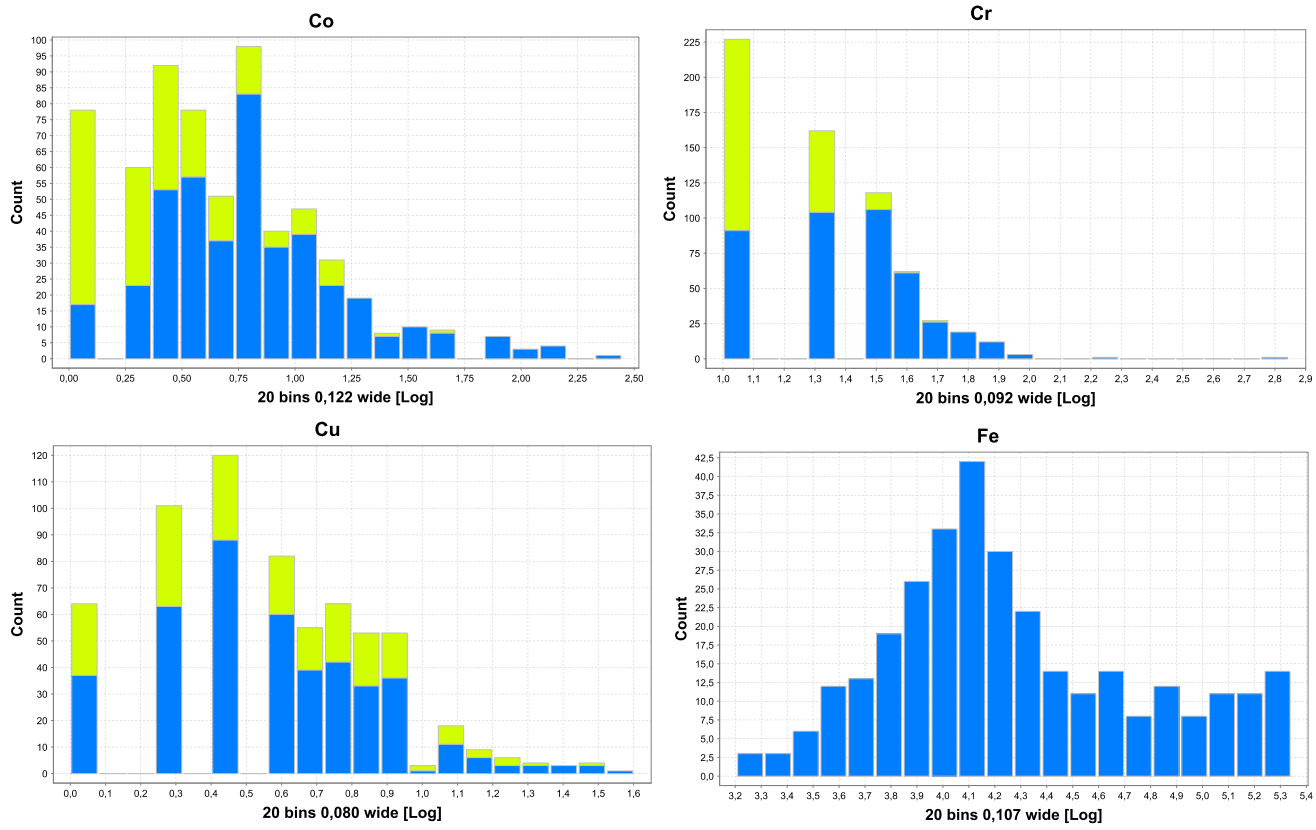
Mineraalisen purosedimenttiaineiston probability plotit näyttävät, miten eritasoisia eri vuosina tehdyt analyysit ovat kuparia lukuun ottamatta. Tässä aineistossa porrastus kuvaajissa näkyy selvästi alhaisissa pitoisuuksissa lukuun ottamatta rautaa ja mangaania (Kuva 16). Orgaanisessa purosedimenttiaineistossa analytiikan aiheuttamaa porrastusta ei ole samalla tavalla havaittavissa, mutta kuvaajissa näkyy selkeä taivekohta matalissa pitoisuustasoissa (Kuva 17). Histogrammien perusteella mineraalisessa purosedimenttiaineistossa kaikki alkuaineet eivät ole lognormaalisti jakautuneita, vaan osa on oikealle vinoja (esim. Cr, kuva 18). Orgaanisessa purosedimenttiaineistossa histogrammien perusteella alkuaineiden jakaumat ovat pääasiassa vasemmalle vinoja (Kuva 19) lukuun ottamatta kuparia ja nikkeliä.

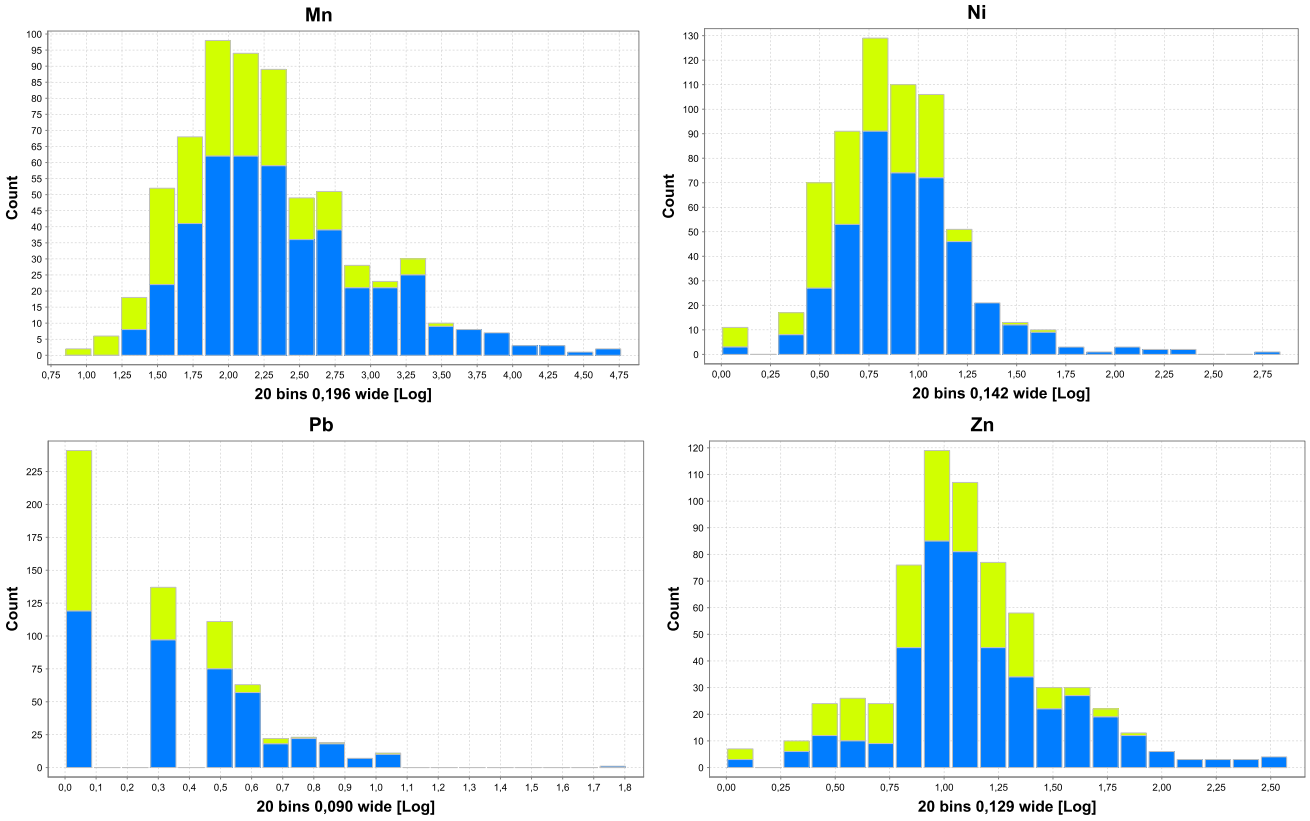


***Kuva 16**. Tiukuvaaran mineraalisten purosedimenttien logartmiset propbability plot kuvaajat.*

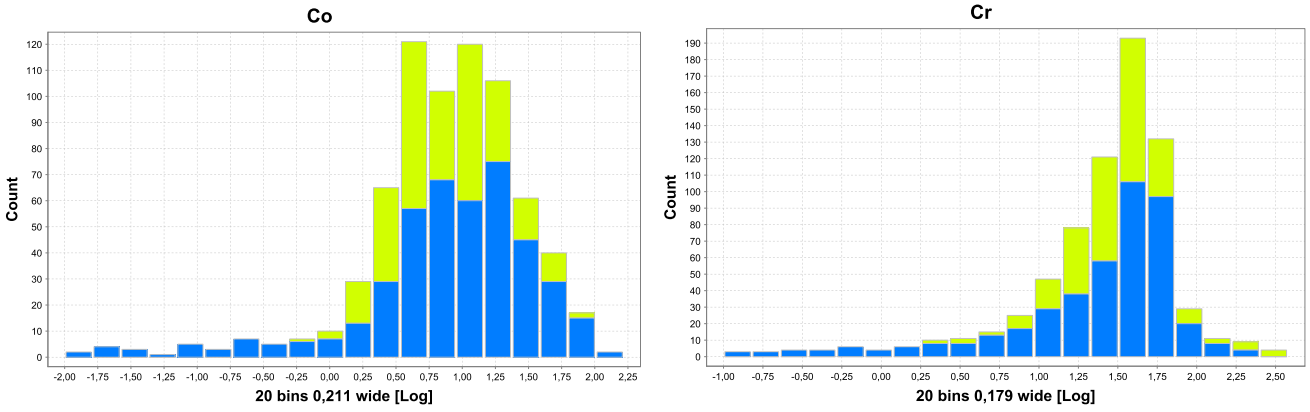


***Kuva 17**. Kuparin ja nikkelin probability plot kuvaajat esimerkkeinä Tiukuvaaran orgaanisten purosedimenttien aineisosta.*





***Kuva 18**. Logartimiset histogrammit Tiukuvaaran mineraalisesta purosedimenttiaineistosta.*



***Kuva 19**. Esimerkki vasemmalle vinoista logaritmisista histogrammeista Tiukuvaaran orgaanisessa purosedimenttiaineistossa.*

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että Tiukuvaaran alueen moreenigeokemian aineistot ovat perusmetallien (Ni, Cu, Co, Zn) osalta pitoisuustasoltaan niin samanlaisia, että samasta fraktiosta ja saman esikäsittelyn omaavat aineistot voidaan yhdistää. Pitoisuustasoissa on kuitenkin eroja lyijyn ja mangaanin tuloksissa. Au on analysoitu vain neljässä eri tilauksessa,

mutta niiden pitoisuustasot vaikuttavat hyvin samanlaisilta. Te:n pitoisuuksissa on enemmän eroja eri erien välillä. Mineraalisten ja orgaanisten purosedimenttiaineistoja ei pidä yhdistää moreeniaineistoihin, sillä analysoitu materiaali on täysin erilainen. Pitoisuustason lisäksi purosedimenttien alkuainekoostumukseen vaikuttavat paikallisen kallioperän ja moreenin lisäksi myös vedessä tapahtuvat erilaiset prosessit.

Tilastollisia tunnuslukuja tarkasteltaessa moreeniaineisto jaettiin esikäsittelyn ja analysoidun fraktion perusteella kolmeen osaan: omat tunnusluvut laskettiin sekä P- että molemmista T-fraktioista (Taulukot 7 ja 8). Mikäli analyysiin käytetty fraktio ei ollut tiedossa, jätettiin näyte pois tilastosta. Perusmetallien maksimipitoisuudet aineistossa ovat erittäin korkeita. T-fraktioiden (tilaukset 89556 ja 89557) alkuaineiden pitoisuudet ovat pääasiassa pienempiä, mikä johtuu todennäköisesti siitä, että pitoisuuksia laimentavaa materiaalia on P-fraktiota huomattavasti enemmän mukana analyysissä. Tästä huolimatta myös T-fraktion perusmetallien maksimipitoisuudet ovat korkeita. Koko aineistosta tarkasteltuna Tiukuvaaran moreeninäytteet on otettu keskimäärin 37 dm:n syvyydeltä (Taulukko 7). Mineraalisen ja orgaanisen purosedimenttiaineiston tilastolliset tunnusluvut Tiukuvaaran kohteelta on esitetty taulukoissa 9 ja 10.

***Taulukko 7**. Tiukuvaaran moreenigeokemiallisten aineistojen tilastolliset tunnusluvut (ppm) näytteistä, joista on analysoitu P-fraktio. Syvyyden (dm) tilastolliset tunnusluvut on laskettu koko moreeniaineistosta.*

	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Au	Te	DEPTH
n	824	824	824	702	824	395	356	357	2166
Min	2	4	5	1	2	61	0.0001	0.003	2
Max	128	1370	2880	63	162	2470	0.309	0.386	190
Mean	24	104	81	10	29	297	0.004	0.023	43
Median	21	62	50	12	25	254	0.0015	0.017	37
SD	15	126	177	7	17	202	0.018	0.031	26
Skewness	3	4	10	1	2	4	15.1	7.3	1
IR	12	67	32	13	15	139	0.002	0.010	34
Range	126	1366	2875	62	160	2409	0.309	0.383	188
25 perc	15	43	36	3	19	190	0.001	0.012	24
75 perc	27	110	68	15	34	329	0.002	0.022	58
95 perc	48	349	191	20	63	680	0.011	0.048	92
98 perc	67	486	410	25	77	837	0.033	0.104	105
99 perc	96	649	1076	29	95	966	0.048	0.204	122

***Taulukko 8**. Tilausten 89556 (punaisella) ja 89557 (vihreällä) moreeninäytteiden tilastolliset tunnusluvut (ppm).*

	Co		Cu		Ni		Pb		Zn		Mn		Au		Te	
n	249	252	249	252	249	252	249	252	249	252	249	252	249	252	249	0
Min	1	2	1	2	4	5	5	5	1	3	15	16	0.00	0.00	0.00	NaN
Max	72	114	868	947	1100	1570	241	61	103	69	1430	9010	0.05	0.06	0.27	NaN
Mean	19	15	73	50	61	74	7	5	24	21	261	282	0.002	0.002	0.02	NaN
Median	17	12	56	32	46	34	5	5	23	20	237	230	0.001	0.001	0.02	NaN
SD	9	11	81	75	93	190	15	4	13	10	156	567	0.01	0.00	0.02	NaN
Skewness	2	5	6	8	10	6	15	16	2	1	3	15	7.08	10.03	7	NaN
IR	8	6	41	27	23	23	0	0	12	11	129	105	0.00	0.00	0.01	NaN
Range	72	112	867	946	1096	1565	236	56	103	66	1415	8994	0.05	0.06	0.27	NaN
25 perc	14	10	38	23	37	26	5	5	17	15	182	181	0.00	0.00	0.02	NaN
75 perc	22	17	79	50	60	49	5	5	29	26	311	286	0.00	0.00	0.03	NaN
95 perc	32	32	198	142	111	152	12	5	48	40	466	467	0.01	0.01	0.05	NaN
98 perc	43	56	304	262	186	742	15	5	61	48	737	556	0.01	0.01	0.08	NaN
99 perc	65	75	490	378	595	1408	32	5	80	50	1077	1138	0.04	0.02	0.14	NaN

***Taulukko 9**. Tiukuvaaran mineraalisen purosedimenttiaineiston tilastolliset tunnusluvut. Pitoisuudet ppm:nä. Sinisellä vuonna 1975 ja keltaisella vuonna 1978 kerätyt näytteet.*

	Co		Cr		Cu		Fe		Mn		Ni		Pb		Zn	
n	426	210	424	208	429	211	312	0	429	213	428	213	424	211	429	213
Min	1	1	10	10	1	1	1600	NaN	19	7	1	1	1	1	1	1
Max	280	40	700	50	40	28	220000	NaN	59000	2520	700	38	64	10	380	72
Mean	12.1	3.8	30.8	14.3	5.1	4.9	37237	NaN	1161.2	222.1	15.1	6.6	3.2	1.8	25.6	12.7
Median	6	3	30	10	4	4	14550	NaN	197	100	8	6	2	1	12	10
SD	23.2	4.3	37.2	6.7	4.4	3.8	50804	NaN	4457.4	369.4	39.9	4.3	3.7	1.2	42.5	10.2
Skewness	6.2	4.1	14.1	1.8	3.4	2.2	2.1	NaN	9.5	3.8	13.0	2.6	11.0	2.6	5.1	2.1
IR	7	3.25	20	10	3	5	30825	NaN	517.5	169	7	6	3	1	17	11
Range	279	39	690	40	39	27	218400	NaN	58981	2513	699	37	63	9	379	71
25 perc	4	1	20	10	3	2	8550	NaN	87.5	46.5	6	3	1	1	8	6
75 perc	11	4.25	40	20	6	7	39375	NaN	605	216	13	9	4	2	25	17
95 perc	40	12.4	60	30	12	12	170000	NaN	4650	939	36.6	13	7	4	80	31.3
98 perc	94.6	15.6	70	30	20.4	17.5	210000	NaN	11280	1792	94.2	15.7	10	5	190	46.3
99 perc	130	23.1	90	39.1	27.1	20.6	216870	NaN	19370	2218	167	26.5	12	6.88	272	53.3

***Taulukko 10**. Tiukuvaaran orgaanisen purosedimenttiaineiston tilastolliset tunnusluvut. Pitoisuudet ppm:nä. Sinisellä vuonna 1975 ja keltaisella vuonna 1978 kerätyt näytteet.*

	Co		Cr		Cu		Fe		Mn		Ni		Pb		Zn	
n	436	274	436	279	436	258	366	0	436	279	436	278	436	257	436	266
Min	0.0	0.5	0.1	2.2	0.0	1.6	307.6	NaN	0.3	10.5	0.0	1.2	0.0	1.4	0.2	1.9
Max	165.2	86.7	206.6	379.0	978.3	242.0	327735	NaN	38905	15300	3311	167.0	83.0	27.8	308.8	144.0
Mean	16.1	11.3	37.4	41.4	17.9	13.0	37646	NaN	1305	981.2	31.5	15.9	8.3	7.1	50.7	30.8
Median	9.9	7.7	34.6	32.9	10.9	7.2	18632	NaN	329	292.0	14.2	10.9	7.1	5.4	35.6	23.4
SD	19.0	12.3	30.2	46.9	62.5	24.4	48889	NaN	4146	2104	162.1	20.1	7.1	4.7	51.7	26.8
Skewness	2.7	2.7	1.8	4.5	12.1	6.9	2.5	NaN	6.6	3.9	19.2	4.8	3.9	1.9	2.0	1.4
IR	16.5	9.7	38.4	24.9	9.6	8.2	37073	NaN	700	601.0	19.9	9.3	6.0	5.2	56.0	33.8
Range	165.2	86.2	206.5	376.8	978.3	240.4	327427	NaN	38904	15290	3311	165.8	83.0	26.4	308.6	142.1
25 perc	4.1	3.8	14.3	19.8	5.8	4.4	7795	NaN	113	133.0	8.0	7.6	4.2	3.9	14.0	9.8
75 perc	20.6	13.5	52.7	44.7	15.4	12.6	44868	NaN	813	734.0	27.9	16.8	10.1	9.1	70.0	43.6
95 perc	53.9	38.1	86.6	104.0	39.5	36.4	140290	NaN	4773	6170	79.6	38.7	20.5	15.2	158.9	90.4
98 perc	80.1	51.2	130.5	210.8	59.6	88.8	201362	NaN	12929	9414	129.4	103.8	29.3	25.1	220.7	111.0
99 perc	82.7	61.9	161.7	326.4	249.6	162.4	246828	NaN	28445	11120	196.7	132.0	35.8	26.6	253.4	118.3

Taulukossa 11 on esitetty sekä Pearsonin että Spearmanin korrelaatiokertoimet moreeninäytteiden tarkasteluun valituilta alkuaineilta, mutta vain niistä näytteistä, joista on analysoitu P-fraktio. Kertoimet ovat pieniä molemmilla menetelmillä tarkasteltuna. Spearmanin korrelaatiokertoimien perusteella voidaan kuitenkin nähdä Co korrelaatio Cu:n, Ni:n, Pb:n ja Mn:n kanssa. Näytteitä, joista Au on analysoitu, on vähän verrattuna perusmetallianalytiikkaan, eikä kullan korrelaatiota muiden alkuaineiden kanssa voida tarkastella.

Mineraalisessa purosedimenttiaineistossa (taulukko 12) Co korrelaatio Fe:n, Mn:n, Ni:n ja Zn kanssa näkyy sekä Pearsonin että Spearmanin korrelaatiokertoimissa. Samoin Zn:n korrelaatio Fe:n, Mn:n ja Ni:n kanssa. Spearmanin korrelatiokertoimet tuovat lisäksi esiin Ni vahvan korrelaation muiden perusmetallien kanssa. Orgaanisen purosedimenttiaineiston korrelaatiot eri alkuaineiden välillä ovat vähäisiä etenkin Pearsonin korrelaatioita tarkasteltaessa (taulukko 13), mutta Spearmanin korrelaatioita tarkasteltaessa nousevat esiin Co, Ni ja Zn korrelaatiot muiden alkuaineiden kanssa.

Taulukko 11. *Pearson ja Spearman korrelaatiokertoimet näytteistä, joista on analysoitu P-fraktio.*

Pearson	**Co**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**	**Mn**	**Te**
Co	1	0.34	0.69	0.44	0.29	0.54	0.098
Cu	0.34	1	-0.014	0.28	0.4	0.28	0.4
Ni	0.69	-0.014	1	0.16	0.015	0.35	0.001
Pb	0.44	0.28	0.16	1	0.28	-0.073	0.25
Zn	0.29	0.4	0.015	0.28	1	0.43	0.098
Mn	0.54	0.28	0.35	-0.073	0.43	1	-0.013
Te	0.098	0.4	0.001	0.25	0.098	-0.013	1
Spearman	**Co**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**	**Mn**	**Te**
Co	1	0.6	0.73	0.58	0.4	0.53	0.15
Cu	0.6	1	0.3	0.36	0.47	0.48	0.15
Ni	0.73	0.3	1	0.5	0.12	0.17	0.24
Pb	0.58	0.36	0.5	1	0.35	-0.16	0.26
Zn	0.4	0.47	0.12	0.35	1	0.62	0.085
Mn	0.53	0.48	0.17	-0.16	0.62	1	0.14
Te	0.15	0.15	0.24	0.26	0.085	0.14	1

Taulukko 12*. Mineraalisen purosedimenttiaineiston Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiokertoimet.*

Pearson	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
Co	1	0.16	0.23	0.51	0.63	0.79	0.3	0.84
Cr	0.16	1	0.25	0.012	0.062	0.28	0.15	0.086
Cu	0.23	0.25	1	0.081	0.24	0.19	0.29	0.24
Fe	0.51	0.012	0.081	1	0.34	0.25	0.15	0.51
Mn	0.63	0.062	0.24	0.34	1	0.4	0.19	0.7
Ni	0.79	0.28	0.19	0.25	0.4	1	0.19	0.73
Pb	0.3	0.15	0.29	0.15	0.19	0.19	1	0.33
Zn	0.84	0.086	0.24	0.51	0.7	0.73	0.33	1
Spearman	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
Co	1	0.56	0.52	0.85	0.75	0.76	0.59	0.77
Cr	0.56	1	0.49	0.36	0.38	0.62	0.31	0.34
Cu	0.52	0.49	1	0.36	0.33	0.74	0.37	0.45
Fe	0.85	0.36	0.36	1	0.85	0.55	0.37	0.81
Mn	0.75	0.38	0.33	0.85	1	0.56	0.42	0.8
Ni	0.76	0.62	0.74	0.55	0.56	1	0.51	0.63
Pb	0.59	0.31	0.37	0.37	0.42	0.51	1	0.52
Zn	0.77	0.34	0.45	0.81	0.8	0.63	0.52	1

***Taulukko 13**. Orgaanisen purosedimenttiaineiston Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiokertoimet.*

Pearson	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Co	1	0.11	0.043	0.47	0.57	0.11	0.29	0.67
Cr	0.11	1	0.2	-0.1	0.022	0.072	0.13	0.071
Cu	0.043	0.2	1	-0.077	-0.014	0.071	0.087	-0.019
Fe	0.47	-0.1	-0.077	1	0.37	0.051	0.24	0.37
Mn	0.57	0.022	-0.014	0.37	1	0.082	0.19	0.45
Ni	0.11	0.072	0.071	0.051	0.082	1	0.064	0.11
Pb	0.29	0.13	0.087	0.24	0.19	0.064	1	0.35
Zn	0.67	0.071	-0.019	0.37	0.45	0.11	0.35	1
Spearman	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Co	1	0.4	0.4	0.64	0.78	0.61	0.39	0.74
Cr	0.4	1	0.56	0.11	0.25	0.59	0.28	0.33
Cu	0.4	0.56	1	-0.031	0.19	0.73	0.36	0.35
Fe	0.64	0.11	-0.031	1	0.66	0.27	0.33	0.53
Mn	0.78	0.25	0.19	0.66	1	0.42	0.29	0.62
Ni	0.61	0.59	0.73	0.27	0.42	1	0.36	0.52
Pb	0.39	0.28	0.36	0.33	0.29	0.36	1	0.49
Zn	0.74	0.33	0.35	0.53	0.62	0.52	0.49	1

4 QA / QC

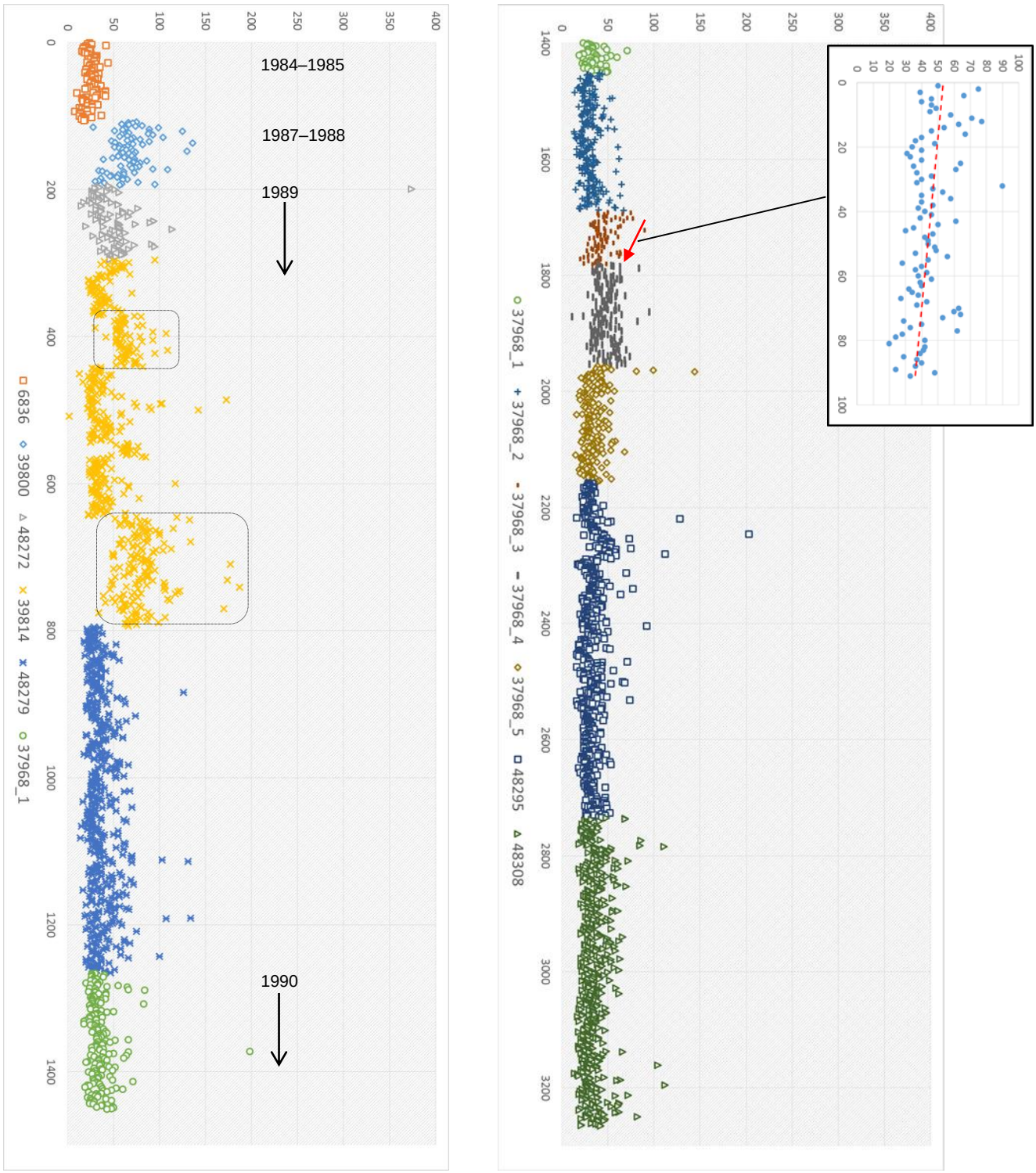
4.1 Meltaus

4.1.1 Kohteelliset tihennysaineistot

Meltauksen moreeniaineiston analysoitujen alkuaineiden toistettavuutta ja analyysitarkkuutta ei voida arvioida, koska laadunvarmistusnäytteet eli laboratorio- ja kenttäduplikaatit sekä standardi- tai referenssinäytteet puuttuvat tai niiden analyysejä ei ole saatavissa. Ainoastaan analyysilaitteistosta mahdollisesti aiheutuvaa esim. pitoisuustason systemaattista nousua tai laskua (drifting-ilmiö) voidaan arvioida nk. aikasarja-kuvaajalla. Aikasarja-kaaviossa näytteiden alkuainepitoisuudet on esitetty näytteiden analysointijärjestyksessä. Meltauksen alueen geokemiallisen aineiston osalta on oletettu, että näytteet on analysoitu näytteenotossa käytetyssä numerointijärjestyksessä, koska laboratorionanalyysien ID-numeroita ei ole saatavissa GTK:n sähköisistä järjestelmistä. Meltauksen geokemiallisen aineiston Ni-pitoisuudet on esitetty aikasarjakuvaajalla analyysierittäin analysointivuoden mukaan kuvassa 20.

Meltauksen alueelta analysoitujen alkuaineiden osalta ei ole varmuudella todettavissa analyysierien sisäisiä alkuaineiden pitoisuustasojen trendejä tai tasoeroja, jotka voitaisiin

tulkita analyysilaitteistosta johtuviksi. Ainoastaan analyysierän 37968_3 kohdalla näkyy systemaattinen pitoisuustason lasku kaikkien analysoitujen alkuaineiden osalta, joka ei selity geologisilla tekijöillä, vaan johtunee analyysilaitteistosta (esim. Ni; Kuva 20). Ennen vuotta 1990 analysoiduissa näyte-erissä esiintyy joidenkin alkuaineiden kohdalla pitoisuustason nousua tai laskua, mutta nämä selittyvät pääosin näytteenottoalueen kivilajivaihteluilla (perustuu oletukseen, että näyteaines edustaa pohjamoreenia, joka heijastaa alla olevaa kallioperää). Analyysierän 39814 metallipitoisuuksissa (esim. Ni Kuva 20) on havaittavissa selviä sisäisiä tasoeroja, jotka johtuvat siitä, että moreeninäyteaineisto on kerätty neljältä kivilajikoostumukseltaan erilaiselta alueelta. Osa analyysierän 39814 näytteistä (pisteviivalla rajatut kuvassa 20) on kerätty samalta alueelta kuin analyysierän 39800 näytteet ja näiden näytteiden keskimääräinen alkuaineiden pitoisuustaso vastaa analyysierän 39800 pitoisuustasoja, esim. korkeahko keskimääräinen Ni-pitoisuus (kuva 20). Luvussa 3.1.1 todettu analyysierän 6836 alkuaineiden alhaisempi pitoisuustaso muihin analyysieriin verrattuna näkyy nyt aikasarjakuvaajalla verrattain hyvin (Kuva 20).



***Kuva 20**. Ni-pitoisuudet (ppm) analyysierittäin näytteiden analysointijärjestyksessä, myös analyysierien analysointivuosi on merkattu kuvaan.*

4.1.2 Kieringin 3711-karttalehden harvapiste- ja kohdentava aineisto

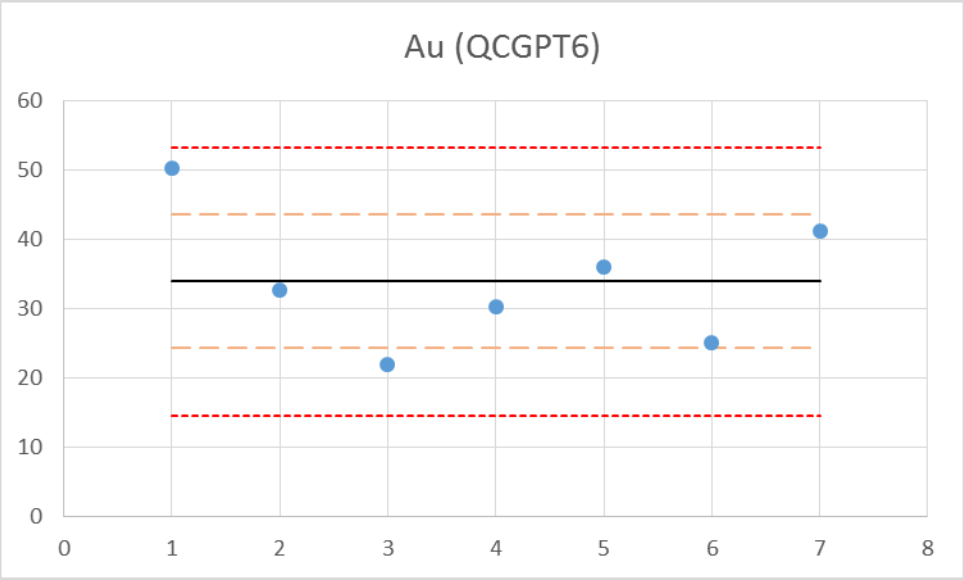
Laadunvarmistusnäytteiden analyysituloksia on käytettävissä tilauksen 221133 osalta, mutta ei harvapisteaineiston osalta. Tilauksen 221133 osalta on saatavissa analyysiduplikaattien ja Labtium Oy:n standardinäytteiden analyysituloksia, joiden perusteella voidaan arvioida analyysien toistettavuutta. Analyysitulosten tarkkuutta ei voida arvioida, koska laboratorion käyttämien laadunvarmistusnäytteiden todelliset pitoisuudet kuningasvesiliuotukselle eivät ole tiedossa. Uusintanäytteiden eli analyyttisten duplikaattien analyysitulokset on otettu tilaajalle toimitetusta analyysilistauksesta, jossa kuitenkaan ei ole kaikkia duplikaattituloksia! Toisaalta, GTK:n Web Lanttu työkalulla saa kaikki olemassa olevat duplikaattitulokset LIMS-tietokannasta, mutta joidenkin alkuaineiden (Bi, Sb, Se, Te) kohdalla tulokset ovat alkuperäisistä tuloksista pyöristettyjä arvoja ja siten niitä ei voi käyttää. Labtium laboratorion referenssinäytteiden tulokset on saatavissa usein vain tilaajalle toimitetusta analyysilistauksesta, mutta Haavi- ja Web Lanttu-sovelluksen kautta niitä näyttäisi löytyvän vain vaihtelevasti.

Labtium Oy:n referenssinäytteistä laskettiin variaatiokertoimet (Coefficient of variation CV% eli relative standard error RSD%,), joiden avulla voidaan arvioida analyysien toistettavuutta. RDS%-arvojen mukaan analyysien toistettavuus, ainakin tarkasteltujen alkuaineiden osalta, on hyvä (Taulukko 14) ja vain Au:n RSD-arvo (ja osin Te) ylittää 20 %:a, jota voidaan pitää jonkinlaisena luotettavuusrajana. Toisaalta, esim. Au:n toistettavuus on kohtalaisen hyvä, jos tuloksia tarkastellaan graafisesti eli käyttäen x-chart-kuvaajaa (Kuva 21). X-chart-kuvaajasta nähdään, että referenssinäytteen Au-pitoisuudet ovat (luotettavuusrajana pidetyn) kahden keskihajonnan päässä toisistaan, vaikka laskettu RSD%-arvo on >20%:a referenssinäytteelle QCGPT6. Referenssinäytteistä QCG310-7 ja QCGLG307-4 on Au:n suhteen olemassa vain 2 analyysiä, joten niiden perusteella analyysien toistettavuuden arviointi ei ole luotettavaa.

***Taulukko 14**. Labtiumin laadunvalvonta näytteistä lasketut RSD %-arvot (= 100 x keskihajonta / keskiarvolla), N = analyysien määrä, kpl*

Laadunvalvontanäytteet, Labtium	Au	[1)]As	Bi	Sb	Te	U	Co	Cu	Ni	Zn	N
QCG310-7	11.5	-	17.8	16.9	17.3	18.3	1.3	9.7	3.3	1.5	4, Au; 2
QCGLG307-4	3.9	-	8.6	8.0	19.9	15.0	2.3	2.3	2.5	2.1	8, Au; 2
QCGPT6	28.5	-	8.6		25.0	16.9	3.2	5.7	4.9	4.8	4, Au; 7

[1)] arvot < määritysrajan

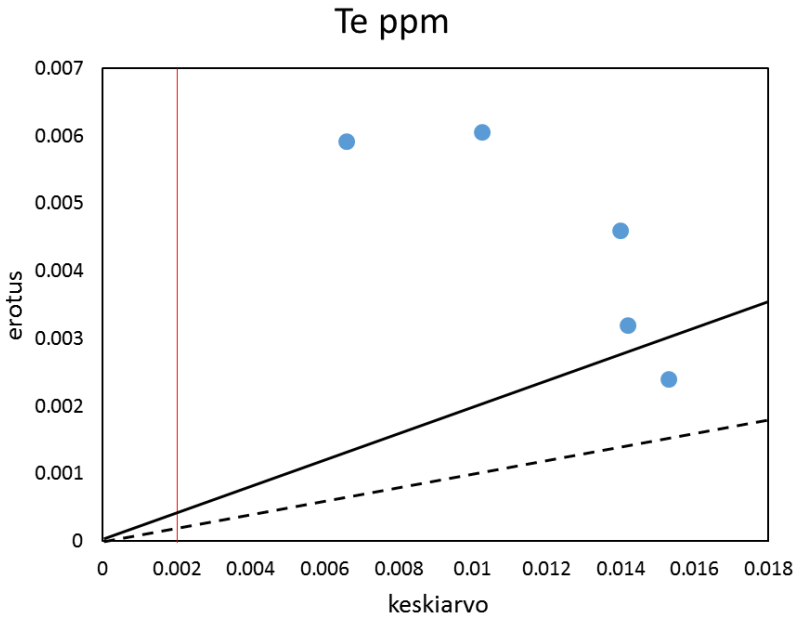


***Kuva 21**. Labtium Oy:n laadunvarmistusnäytteen QCGPT6 Au-pitoisuudet x-chart -kuvaajalla. Mustalla viivalla on esitetty analyysierän QCGPT6-näyttestä määritettyjen Au-pitoisuuksien keskiarvo. Oranssit katkoviivat esittävät analyysierän vaihteluvälin (keskihajonnan) ± 1SD ja punaiset katkoviivat ± 2SD, Au-pitoisuus on ppb.*

Analyysiduplikaateista eli uusinta-analyysipareista laskettiin mittausepävarmuus prosenttiarvoina tietyille valituille alkuaineille (Taulukko 15). Mittausepävarmuusarvojen mukaan normaalinanalyysin ja uusinta-analyysin pitoisuusarvot poikkeavat hyvin vähän toisistaan eli analyysien toistettavuus on hyvä lukuun ottamatta Au ja Te. Au-analyysien toistettavuus on huonoa, mikä todennäköisesti johtunee nk. hippuefektistä, sillä uusinta-analyysi tehdään erillispunnituksesta. Varsinaisten näytteiden Au-pitoisuuksien toistettavuus näyttäisi olevan selvästi huonompi kuin Labtium Oy:n käyttämän referenssinäytteen toistettavuus. Te-pitoisuuksien toistettavuus on usein huonompi kuin esim. perusmetallien, mutta tilauksen 221133 osalta on todettava, että suuri mittausepävarmuus pääosin johtuu uusintanäytteiden alhaisesta pitoisuustasosta (Kuva 22). Alkuaineiden pitoisuuksien toistettavuus on yleisesti huono lähellä määritysrajaa.

***Taulukko 15**. Yksittäisten uusintanäyteparien mittausepävarmuus (100 x |analyysiparin erotus| / analyysiparin keskiarvo) on esitetty % -arvoina.*

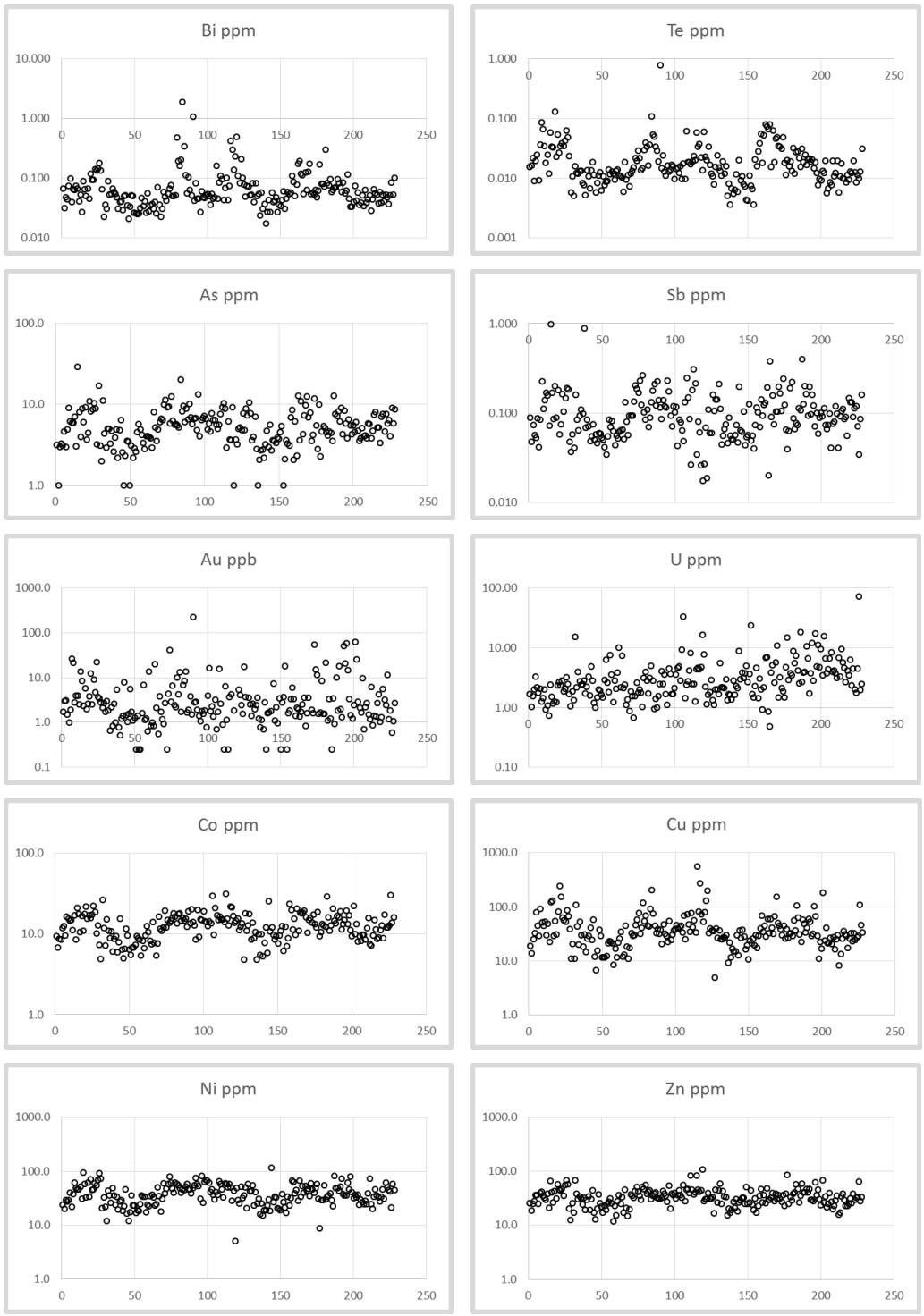
Analyyttiset duplikaatit	Au	As	Bi	Sb	Te	U	Co	Cu	Ni	Zn
	56.5	-	5.2	1.0	15.7	3.8	0.6	2.2	1.9	0.0
	165.3	3.2	0.7	5.3	58.9	4.4	0.8	1.7	0.9	18.4
	9.1	6.1	4.7	13.5	32.9	0.9	7.6	4.0	4.1	9.1
	-	6.8	0.7	3.9	89.8	0.0	1.8	0.5	2.4	1.6
	144.4	2.2	4.3	6.0	22.5	2.0	1.7	1.2	1.2	0.3
	74.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	70.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	65.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	58.2	-	-	-	-	1.9	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-
Keskiarvo	**72.1**	**4.6**	**3.1**	**6.0**	**44.0**	**2.1**	**2.5**	**1.9**	**2.1**	**5.9**



***Kuva 22**. Uusinta-analyysien Te-pitoisuudet esitettynä Thompson and Howarth -kuvaajalla. Vaaka-akselilla ovat näyteparien Te-pitoisuuksien keskiarvot ja pystyakselilla näyteparien pitoisuuksien (ppm) erotukset. Punaisella viivalla on merkitty määritysraja ja musta yhtenäinen viiva esittää 20 %:n ja musta katkoviiva 10 %:n mittausepävarmuutta.*

Aikasarjakuvaajien perusteella ei tarkasteltavien alkuaineiden osalta varmuudella havaittu alkuaineiden pitoisuuksissa analyysilaitteistosta johtuvia systemaattisia tasoeroja tai trendejä (Kuva 23). Tosin, pientä ”aaltoilua” on aikasarjakuvaajissa havaittavissa, mikä johtunee siitä, että näytteitä ei ole laitettu analyysiin satunnaisessa järjestyksessä ja siten ”aaltoilu” voi johtua analyysilaitteistosta tai voi ilmentää alueen luonnollista geokemiallista vaihtelua.

Laadunvarmistusnäytteiden perusteella tilauksen 221133 analyysituloksissa ei ole havaittavissa laadullisia ongelmia. Ainoastaan Au- ja ehkä Te-pitoisuuksien luotettavuudessa on huomautettavaa. Toisaalta, Au-pitoisuuksien huono toistettavuus johtuu kullalle tyypillisestä hippuefektistä ja Te-pitoisuuksien luotettavuus on todettu huonoksi kun liikutaan pienissä pitoisuuksissa, lähellä Te:n määritysrajaa.

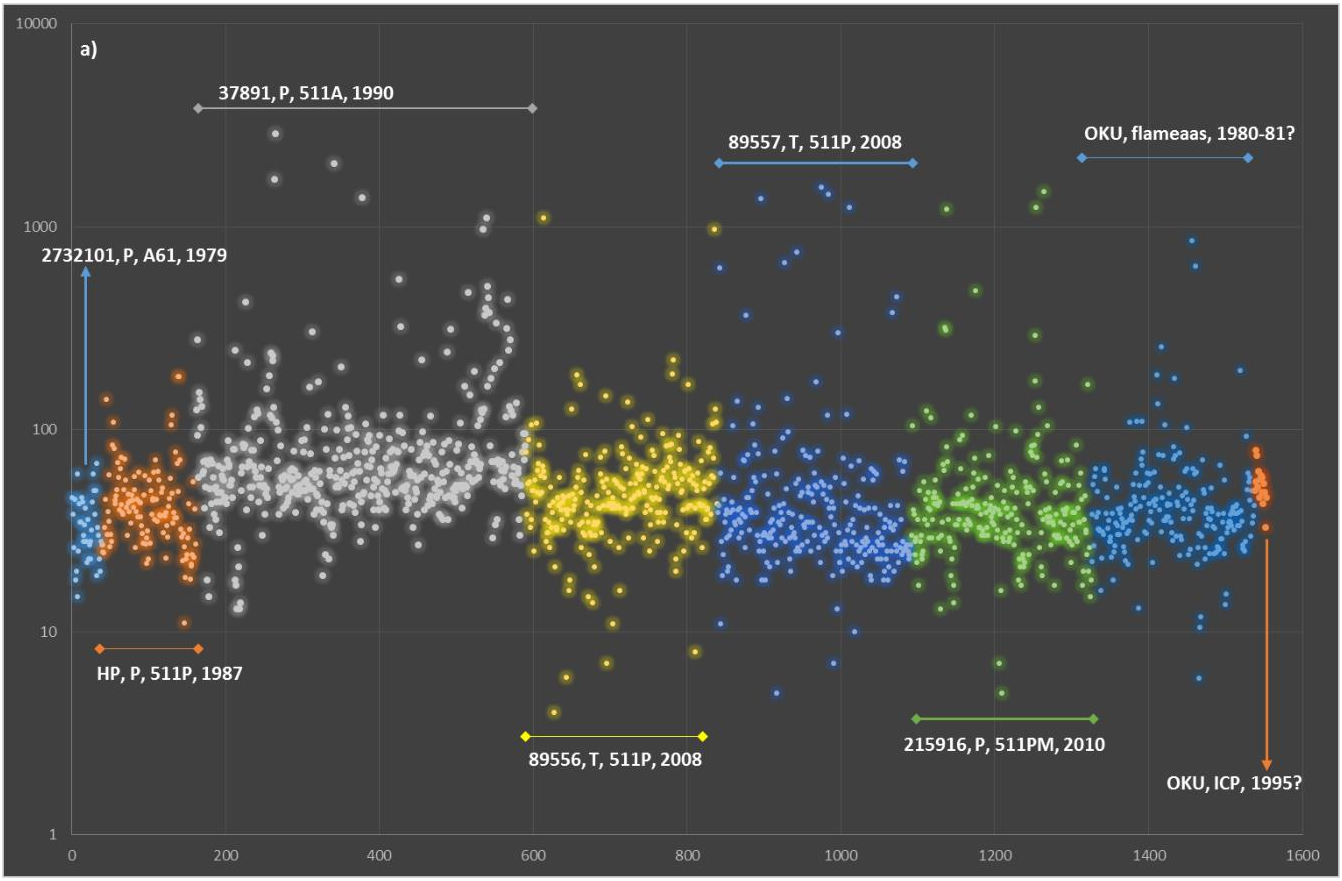


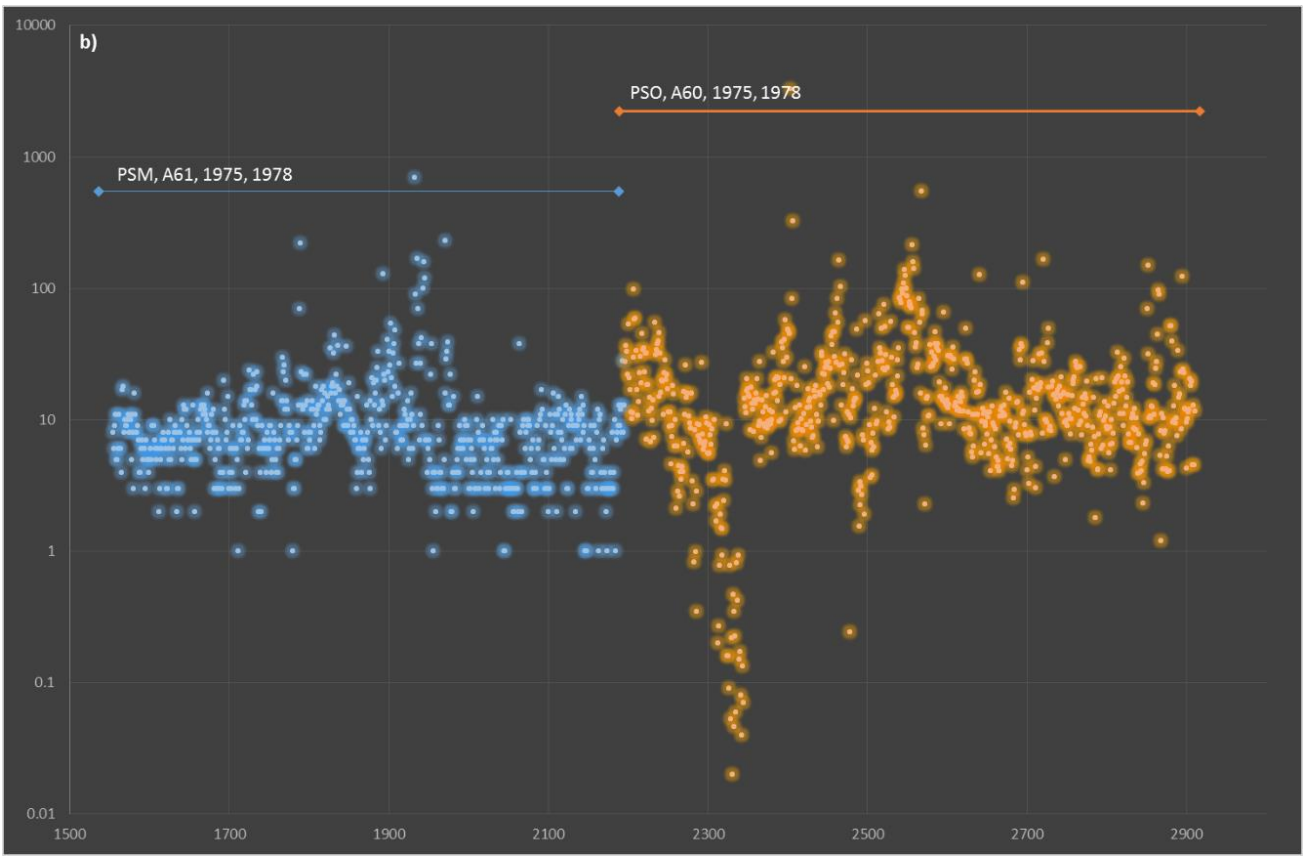
***Kuva 23**. Tilauksen 221133 Bi-, Te-, As-, Sb-,Au-, U-, Co-, Cu-, Ni ja Zn-pitoisuudet (ppm) näytteiden analysointijärjestyksessä. Y-akselilla on logaritminen asteikko.*

4.2 Tiukuvaara

Kuten Meltauksen alueella, myöskään Tiukuvaaran kohteen kaikista moreeniaineistoista ei löydy tietoa uusinta-analyyseistä, kenttärinnakkaisnäytteistä tai erilaisista laadunvarmistusnäytteistä. Tämä johtuu hyvin todennäköisesti siitä, että moreeniaineisto Tiukuvaaran alueella on kerätty, analysoitu ja käsitelty eri tavoin vuosien aikana. Aineiston laatua tarkasteltiin aikasarjakuvaajalla, jossa näytteiden alkuainepitoisuudet on esitetty näytteiden analysointijärjestyksessä (kuva 24a). Analysointijärjestyksen on oletettu olevan sama kuin näytetunnusjärjestys, sillä tarkempaa tietoa kaikkien erien analyysijärjestyksestä ei ole saatavilla. Kaikissa aineistoissa esiintyy hajontaa, mutta tämä johtunee siitä, että moreeninäytteiden lähdealueen kivilajit vaihtelevat näytteenottoalueella. Kuvaajan perusteella (Kuva 24a) nikkelin pitoisuustaso vaihtelee eri vuosina ja eri menetelmillä sekä myös eri fraktioilla.

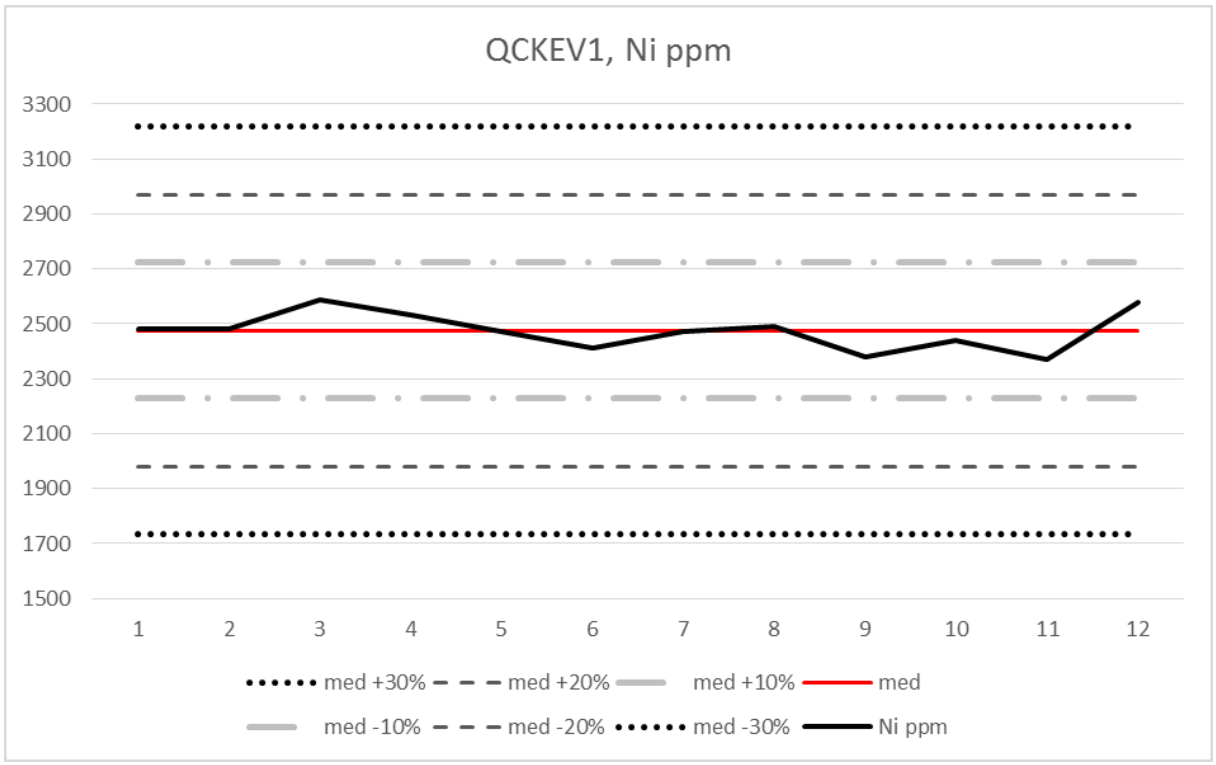
Mineraalisen purosedimenttiaineiston (PSM) Ni-pitoisuudet ovat pääasiassa alhaiset, joka voi johtua käytetystä vanhahkosta analyysitekniikasta (kuva 24 b). Orgaanisessa purosedimenttiaineistossa (PSM) puolestaan Ni-pitoisuustaso tippuu selvästi näyte-erän alussa (kuva 24 b), joka on samalla karttalehden raja.

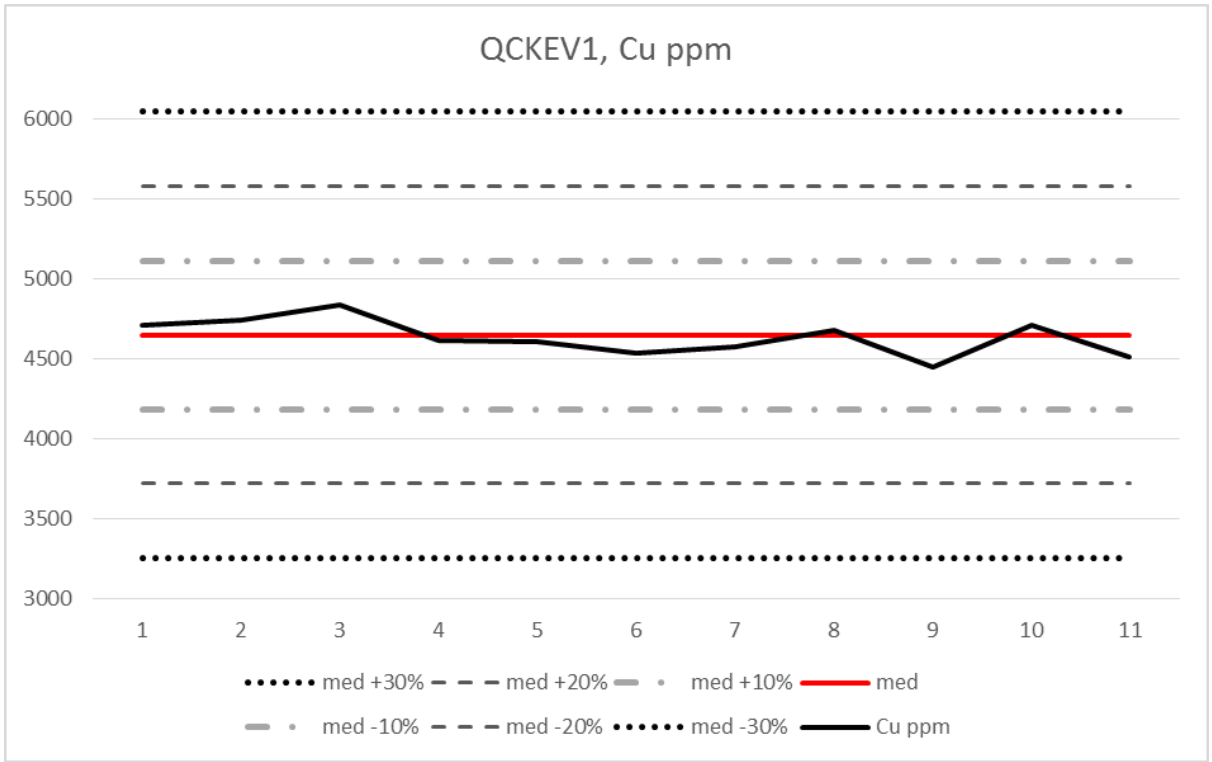




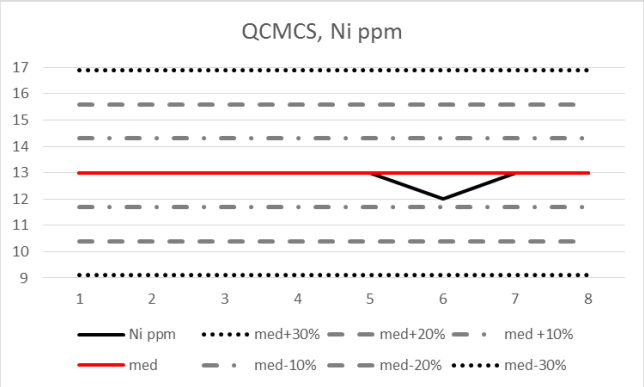
***Kuva 24**. Ni-pitoisuudet esitettynä Tiukuvaran alueen eri moreeninäytteenottoerien oletetun analyysijärjestyksen (a) sekä alueen mineraalisten ja orgaanisten purosedimenttien oletetun analyysijärjestyksen (b) mukaan. Molemmissa kuvaajissa on logaritminen y-akseli.*

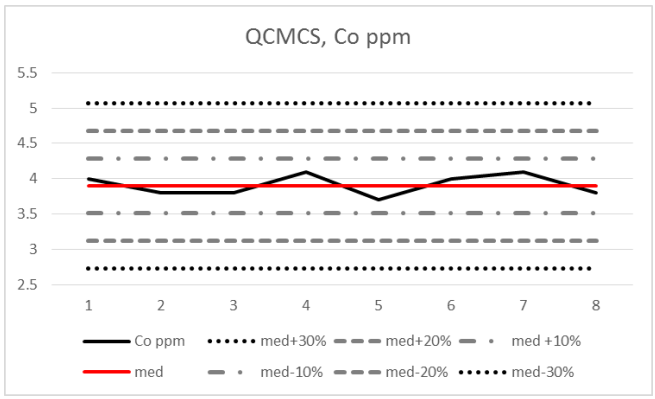
Analyysien laatua tarkasteltiin laboratorion laadunvarmistusnäytteistä tilauksista 89556 ja 215916. Laadunvarmistusnäytteistä laskettiin mediaanipitoisuus sekä ±30%, ±20% ja ±10% *mediaaniarvo, jotka esitettiin x-chart –kuvaajassa yhdessä alkuaineen varsinaisten analyysitulosten kanssa. Laadunvarmistusnäytteen QVKEV1 (analysoitu 12 kertaa näyte-erässä 89556) Ni- ja Cu-pitoisuudet (Kuva 25) laskevat hieman viimeisissä analyyseissä, mutta pysyvät selvästi ±10% mediaaniarvojen sisällä. QCMCS näyte on analysoitu kahdeksan kertaa tilauksessa 215916 (Kuva 26). Tämän laadunvarmistusnäytteen Ni-pitoisuudet pysyvät tasaisena. Co-pitoisuudet heiluvat hieman, mutta pysyvät selvästi ±10% mediaaniarvon rajojen sisäpuolella. Sen sijaan Cu-pitoisuudet ovat kolmella analyysikerralla lähes 20 % mediaania alhaisemmat.

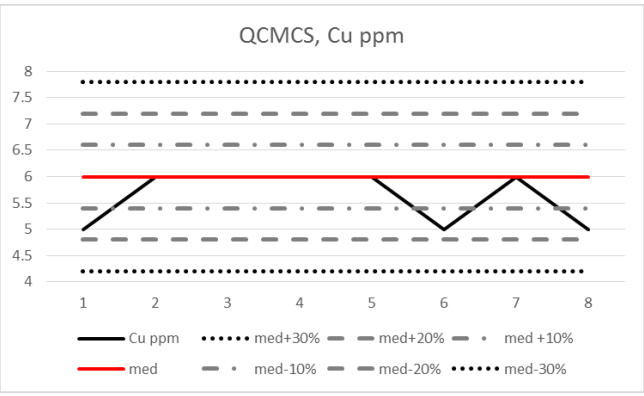




***Kuva 25**. Ni- ja Cu-pitoisuudet (ppm) QCKEV1 laadunvarmistusnäytteessä (tilaus 89556) X-chart kuvaajassa esitettynä.*







***Kuva 26**. Ni-, Co- ja Cu-pitoisuudet (ppm) QCMSV laadunvarmistusnäytteessä (tilaus 215916) X-chart kuvaajassa esitettynä.*

Tiukuvaaran alueen uudemmista aineistoista voidaan tarkastella toistettavuutta laaduntarkkailunäytteiden perusteella. Laaduntarkkailunäytteiden Ni- ja Cu:n tulosten perusteella tulosten toistettavuus on ollut hyvä tilauksissa 89556 ja 215916. Vanhempi aineisto on voitu tarkastella vain aikajanatarkastelulla, jolla voidaan nähdä vain laitteistosta, mutta myös alla olevasta kallioperästä mahdollisesti johtuva aineiston luonnollinen vaihtelu.

5 MINERAALIPOTENTIAALI

5.1 Meltauksen alueen mineraalipotentiaalista

Meltauksen alueen mineraalipotentiaalia on aikaisemmin arvioitu tarkastelemalla erikseen yksittäisten näyte-erien antamia tuloksia (Lehmuspelto ja Vuojärvi 1990, Lehmuspelto et al. 2009, Lauri et al. 2013). Keski-Lapin mineraalipotentiaalin arviointia koskevassa raportissa (Lauri et al. 2013) on yksittäisten näyte-erien geokemian tuloksia tarkasteltu tarkemmin ja mm. verrattu suhteessa kohdealueen geologiaan ja rakenteisiin. Tässä raportissa Meltauksen alueen kohteelliset moreeninäyte-erät on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi, josta on määritetty anomaliset näytteet. Malmipotentiaalia on arvioitu yhdistetyn aineiston anomaalisten näytteiden perusteella huomioiden myös anomaalisten näytteiden

näytteenottosyvyys. Tässä yhteydessä on tarkasteltu alueen anomaalisia Ni-, Co-, Cu-, Zn-, Pb- ja Au-pitoisuuksia. Te on jätetty huomioimatta, koska Te-analyysejä on tehty vain kolmesta analyysierästä.

Meltauksen alueen mr-aineistosta on määritetty anomaaliset näytteet (outliers) perustuen log-muunnellun aineiston Tukey laatikko-jana –kuvaajien (boxplot) kynnysarvoon (Taulukko 16). Kynnysarvo määräytyy kaavalla Q3 + (1.5 x IQR), jossa IQR= Q3-Q1eli 75 ja 25 persentiilien välinen erotus.

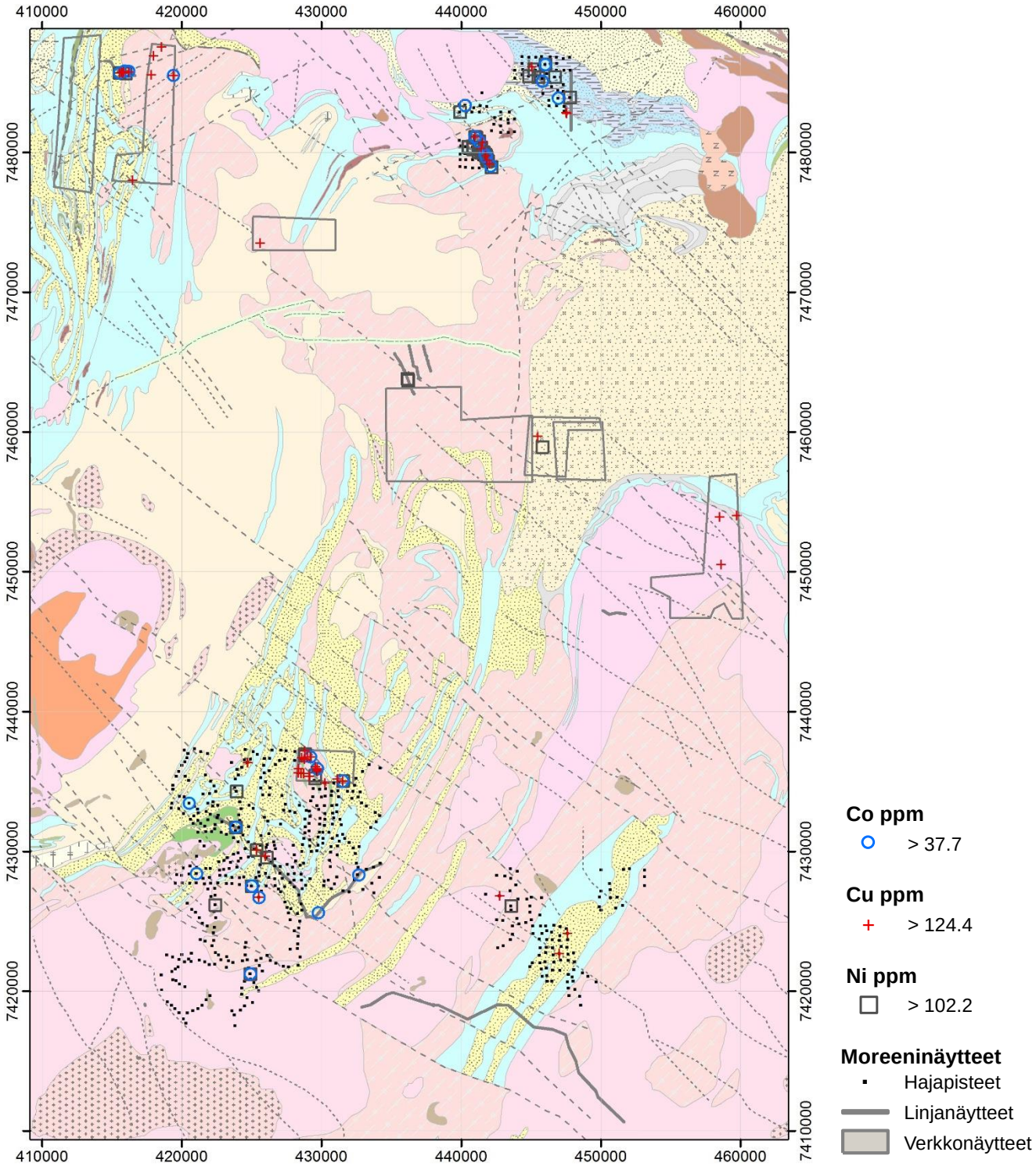
Co-, Cu- ja Ni-anomaaliset näytteet näyttäisivät keskittyvät kolmelle alueelle; Meltauksen pohjoispuolelle (Hyypiövaara), tutkimusalueen koillisosaan Sotkajärven kaakkois- ja itäpuolelle ja tutkimusalueen luoteisnurkkaan Maunuvaaran pohjoispuolelle (Kuva 27). Samoille alueille tulee paikoin myös Zn- ja Pb-anomalioita (Kuva 28). Anomaaliset metallipitoisuudet näillä alueilla voivat mahdollisten mineralisaatioiden ohella ilmentää myös alueen kvartsi-maasälpävaltaisista kivistä poikkeavaa kivilajikoostumusta; mafiset intruusiot tai vulkaniitit.

Alueen merkittävin mineraalipotentiaali sisältyy kultaan (Kuva 29). Meltauksen alueella kulta on selvästi anomaalinen, sillä lähes jokaisessa analyysierässä on poikkeuksellisen korkeita moreenin Au-pitoisuuksia (max. 1.14 ppm). Alueen anomaalisuus kullan suhteen tulee hyvin esille jo alueellisessa harvapisteaineistossa, jonka mukaan Meltauksen alueelle tulee lukuisia pistemäisiä Au-anomalioita (Kuva 29). Nämä anomaliat muodostavat koillis-lounais- ja kaakko-luode -suuntaisia jonoja, jotka ovat samansuuntaisia alueen vallitsevien siirrossuuntien kanssa.

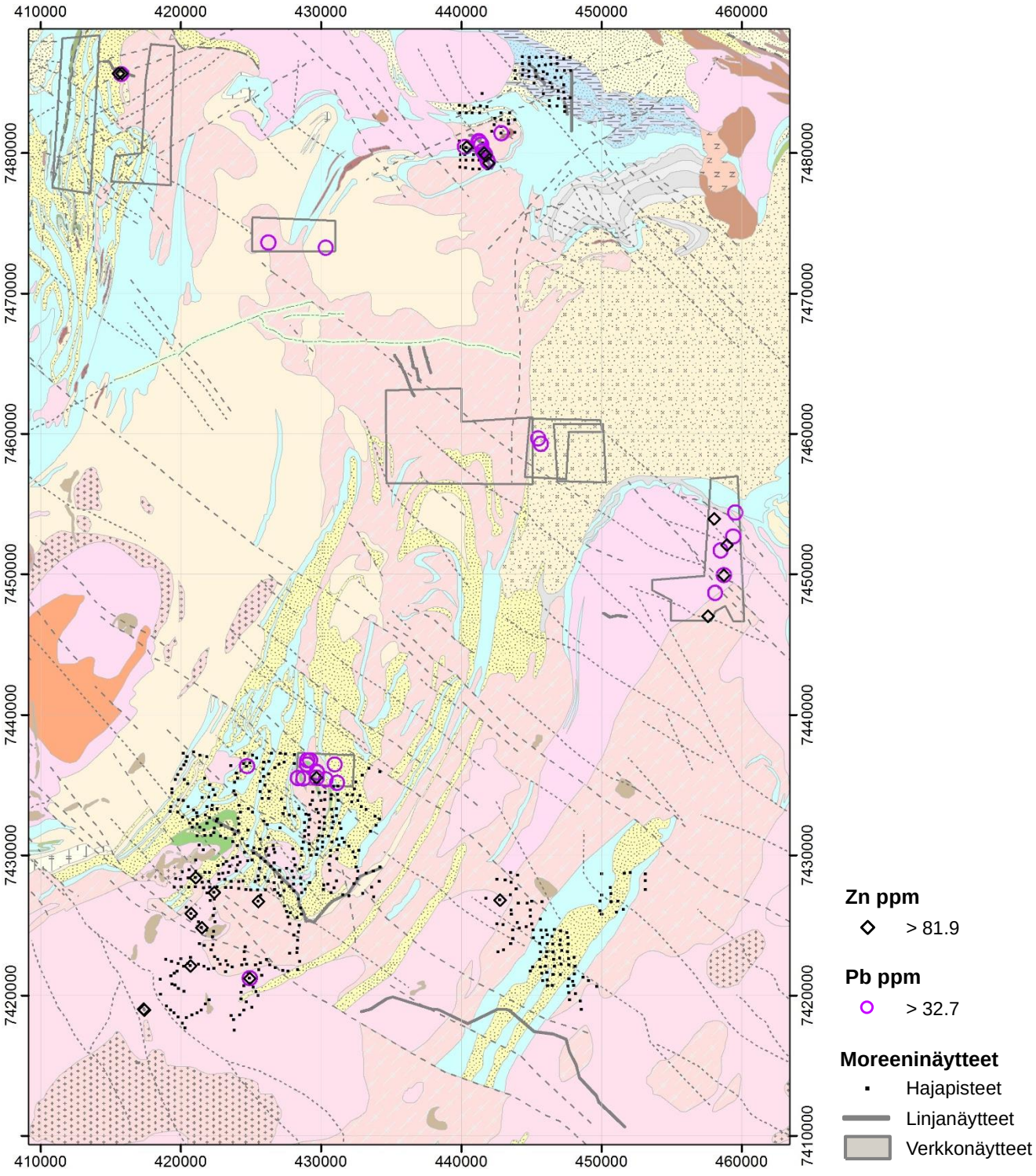
Yllämainittuihin Co-Ni-Cu-Zn-Pb-anomaalisiin kohteisiin liittyy Au-anomalioita, mutta vaikka ne osuvat samoille alueille, eivät ne useinkaan osu samoihin näytepisteisiin. Kohteellisten geokemian aineistojen mukaan eniten Au-anomalioita on alueen keskiosissa Morottajan, Kieringin ja Maunuvaaran alueella, jossa ei juurikaan esiinny muita metallianomalioita (Kuvat 27-29). Nämä piirteet ovat yhdenmukaisia sen seikan kanssa, että perusmetalleilla näyttäisi olevan voimakas numeerinen korrelaatio keskenään, mutta kullalla ei ole korrelaatiota muihin analysoituihin metalleihin (Taulukko 5). Ainut merkittävä rapakallionäytteiden Au-pitoisuus (L-fraktiossa) on kvartsiittisessa kivilajissa Meltauksen pohjoispuolella Hyypiövaaran alueella (tn. 48279, nr. 8831626 067; 274 ppb Au, syvyys 6.7 m).

***Taulukko 16**. Analysoitujen alkuaineiden Tukey laatikko-jana kuvaajiin perustuvat kynnysarvot (threshold), pitoisuudet ovat ppm.*

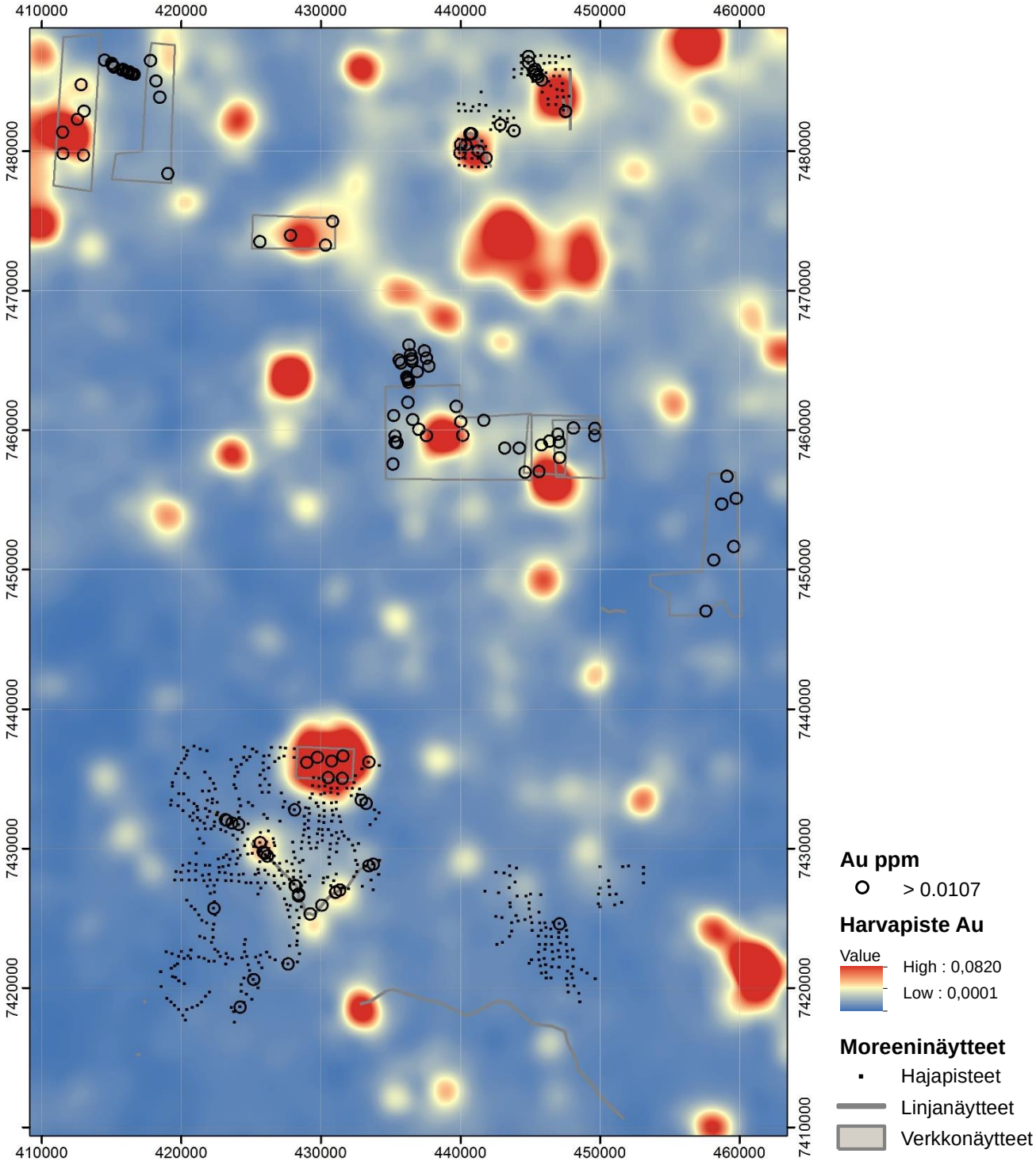
	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Mn	Au	Te
Upper Outlier Threshold	102.2	37.7	124.4	81.9	32.7	662	0.0107	0.092



***Kuva 27**. Tukey laatikko-jana kuvaajien perusteella määritettyjen Co-, Cu- ja Ni-anomaalisten näytteiden sijoittuminen DigiKp kallioperäkartalla.*



***Kuva 28**. Tukey laatikko-jana kuvaajien perusteella määritettyjen Zn- ja Pb-anomaalisten näytteiden sijoittuminen DigiKp kallioperäkartalla.*



***Kuva 29**. Tukey laatikko-jana kuvaajien perusteella määritetyt Au-anomaalisten näytteet. Pohjakuvana on moreenin harvapisteaineiston IDW-interpoloitu kultakartta.*

Meltauksen alue sijoittuu nk. jäänjakaja-alueelle, jossa moreeniaineksen (pohjamoreenin) on oletettu olevan hyvin paikallista. Tutkimusalue sijoittuu Ounasjoen laaksoalueelle ja siten maapeitteen paksuus voi olla huomattava. Maaperänäytteenoton mukaan varsinkin alueen keskiosissa, alueella missä on eniten Au-anomalioita, on runsaasti havaintoja paksuista yli 10 metrin maapeitteistä (Kuva 31). Lisäksi, alueelta on havaintoja lajittuneista kerroksista (sora, hiekka, siltti) usealta eri syvyydeltä (max. 17 m). Alueen näytepisteistä on otettu useita näytteitä eri syvyyksistä, mutta Au-anomaliat keskittyvät melko läheltä maanpitaa otettuihin näytteisiin (esim. puolet Au-anomaalisista näytteistä, joissa Au-pitoisuus on yli 30 ppb, on noin 2 metrin syvyydestä, Kuva 30). On siis sangen mahdollista, että tutkimusalueen Au-anomaliat eivät ole kovin paikallisia, sillä osa anomalisista moreeninäytteistä ei ole otettu alimmasta moreenipatjasta, eivätkä siten edusta pohjamooreenia.

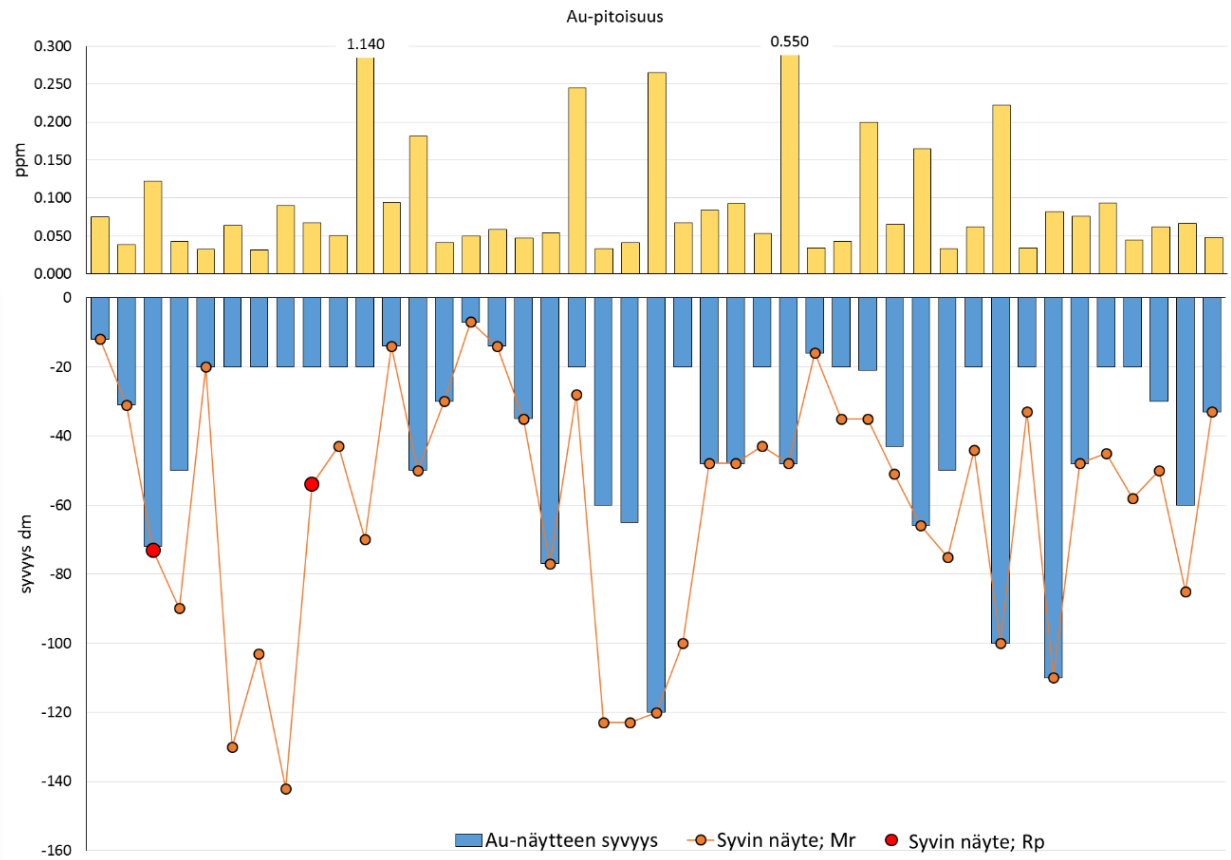
Mineraalipotentiaalin suhteen mielenkiintoisia alueita voisivat olla aikaisemmin mainitut monimetallianomaaliset (Co-Ni-Cu-Zn-Pb-Au) kohteet Meltauksen pohjoispuolella (Hyypiövaara), Sotkajärven läheisyydessä ja Maunuvaaran pohjoispuolella. Hyypiövaaran alue on erityisen mielenkiintoinen, sillä siellä on aikaisemmin mainitun Au-pitoisen Rp-näytten lisäksi useita Au-anomalioita moreenissa; esim. mainitusta Rp-näytteestä noin 700 m länteen on näytteen 8831675014 P-fraktiossa 94 ppb Au ja lisäksi L-fraktiossa esintyy tumman kvartsin ja graniitin sekarakeita (Lehmuspelto ja Vuojärvi 1990). Lisäksi, Hyypiövaaran, Sotkajärven ja Maunuvaaran alueilla on rp-havaintojen mukaan paikoin kallionpinta alle 5 metrin syvydessä. Toisaalta, moreenin korkein kultapitoisuus (1.14 ppm) on Sotkajärven eteläpuolelta 2 m:n syvyydestä otetussa näytteessä, mutta tässä pisteessä maapeitteen paksuus on näytteenoton mukaan kuitenkin >7 m (Kuva 30).

Alueen keskiosien Au-anomalioihin on syytä suhtautua varauksella. Näihin anomalioihin ei näytä kohteellisten moreeniaineistojen mukaan liityvän muita metalleja ja anomaliat ovat siten ”gold-only” –tyyppisiä. Toisaalta on muistettava, että varsinaisia kullan seuralaisalkuaineita ei ole tässä yhteydessä analysoitu ja perusmetallien puuttuminen voi merkitä vain kiisuköyhää Au-mineralisoitumista. Kuitenkin, alueen paksu maapeite mahdollisesti useine eri kerroksineen viitannee siihen, että anomalian lähdealue voi olla hyvinkin kaukana, jos anomaalinen näyte on otettu maapeitteen yläosista. Alueen keskiosissa, esim. Kieringin alueella, on kuitenkin Au-anomaalisia moreeninäytteitä otettu läheltä kallionpintaa perustuen rp-havaintoihin ja siten Au-lähde voisi olla paikallinen.

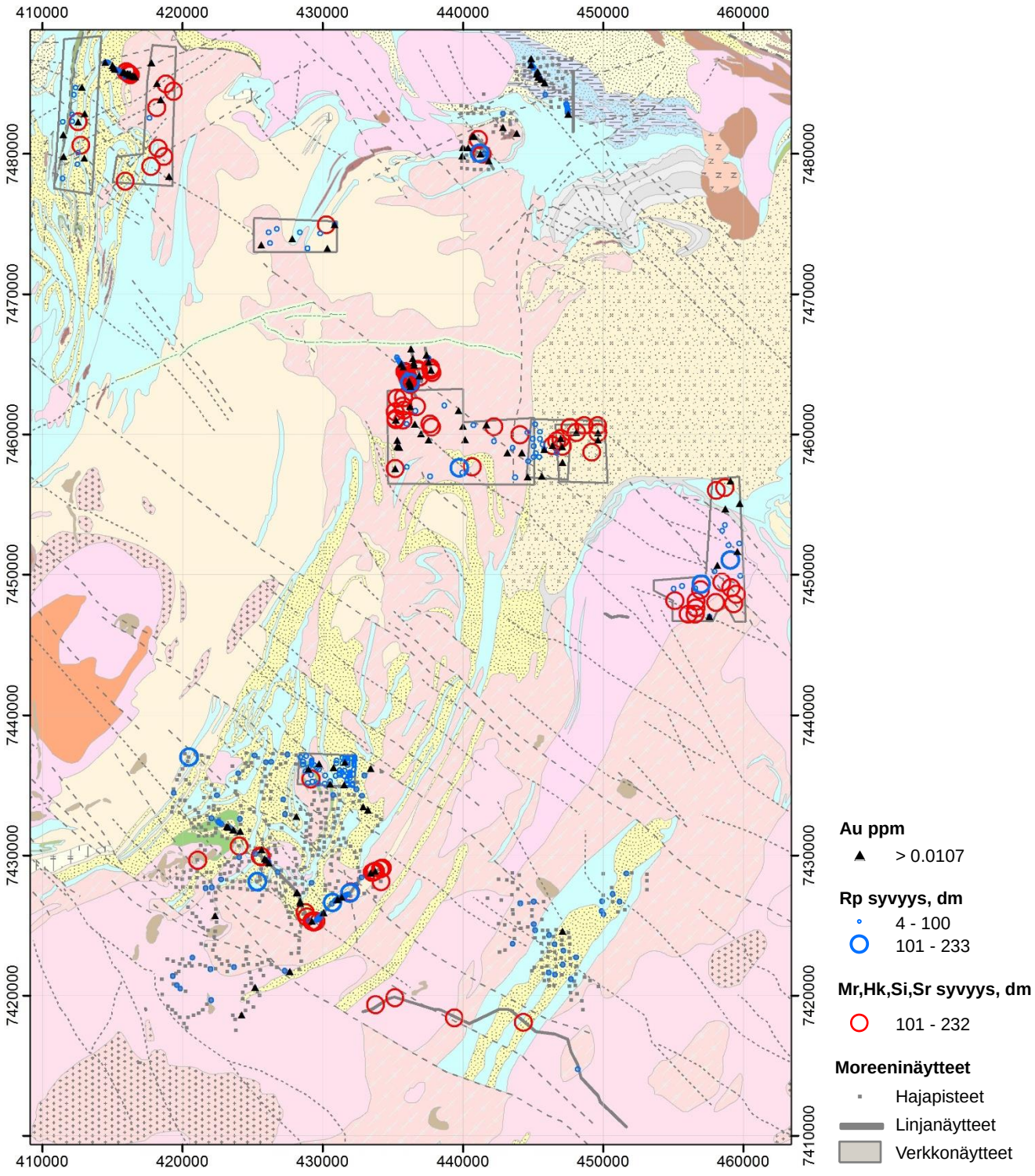
Kohteellisissa moreeniaineistoissa ei ole analysoitu Au:n seuralaisalkuaineita, mutta tilauksessa 221133 ne ovat mukana. Tämä tarjoaa mahdollisuuden arvioida Kieringin kylän ja Sotkajärven alueen kohteellisten aineistojen Au-anomalioita suhteessa tavallisimpiin Au:n seuralaisalkuaineisiin (Kuva 32). Tilauksen 221133 Au-, As-, Bi-, Sb-, Te- ja U-pitoisuudet on luokiteltu vain kahteen luokkaan siten, että nk. ”high background” alue (= pitoisuusarvot >Q3; Carranza 2009) eli kyseisen alkuaineen kohonnut paikallinen tausta tulee esille. Kieringin kylän alueella ei esiinny (kuvan 32 lounaisnurkka) Au-anomalioihin liittyvää paikallista kohonnutta taustaa As, Sb, Bi- tai Te suhteen, mutta kylläkin U:n suhteen. Lehmuspellon ja Vuojärven (1988) raportissa on todettu Au-U yhteys, mutta U:n kohonnut paikallinen tausta Kieringin karttalehdellä 3711 näyttäisi seurailevan alueen graniittista gneissiyksikköa ja voi siten ilmentää paremminkin kivilajia kuin kullan seuralaisuutta. Sotkajärven läheisyydessä (kuvan 32 luoteisnurkka) Au-anomalioihin liittyy kohonnut As-, Bi-, Sb- ja/tai Te-tausta.

Tämän perusteella Meltauksen tutkimusalueen keskusosien Au-anomaliat olisivat, ainakin osin, ”gold only” –tyyppisiä eli Au-anomalian lähdealue ei sijaitse välttämättä aivan lähialueella, mutta Sotkajärven läheisyydessä esiintyvät anomalit voivat olla paikallisia. Mielenkiintoinen piirre Kieringin karttalehden 3711 alueella on kullan seuraisalkuaineiden vyöhykkeellisyys; kohonneen lounais-kaakkosuuntaisen Bi-taustan (myös Cu, kts. ja vrt. kuva 10) ympärillä on As-Sb (Kuva 32). Tämä voi heijastaa kallioperän piirrettä ja/tai voi osin johtua alueen vallitsevasta jäätikön kuljetussuunnasta 300-330° (Rahkola 1982).

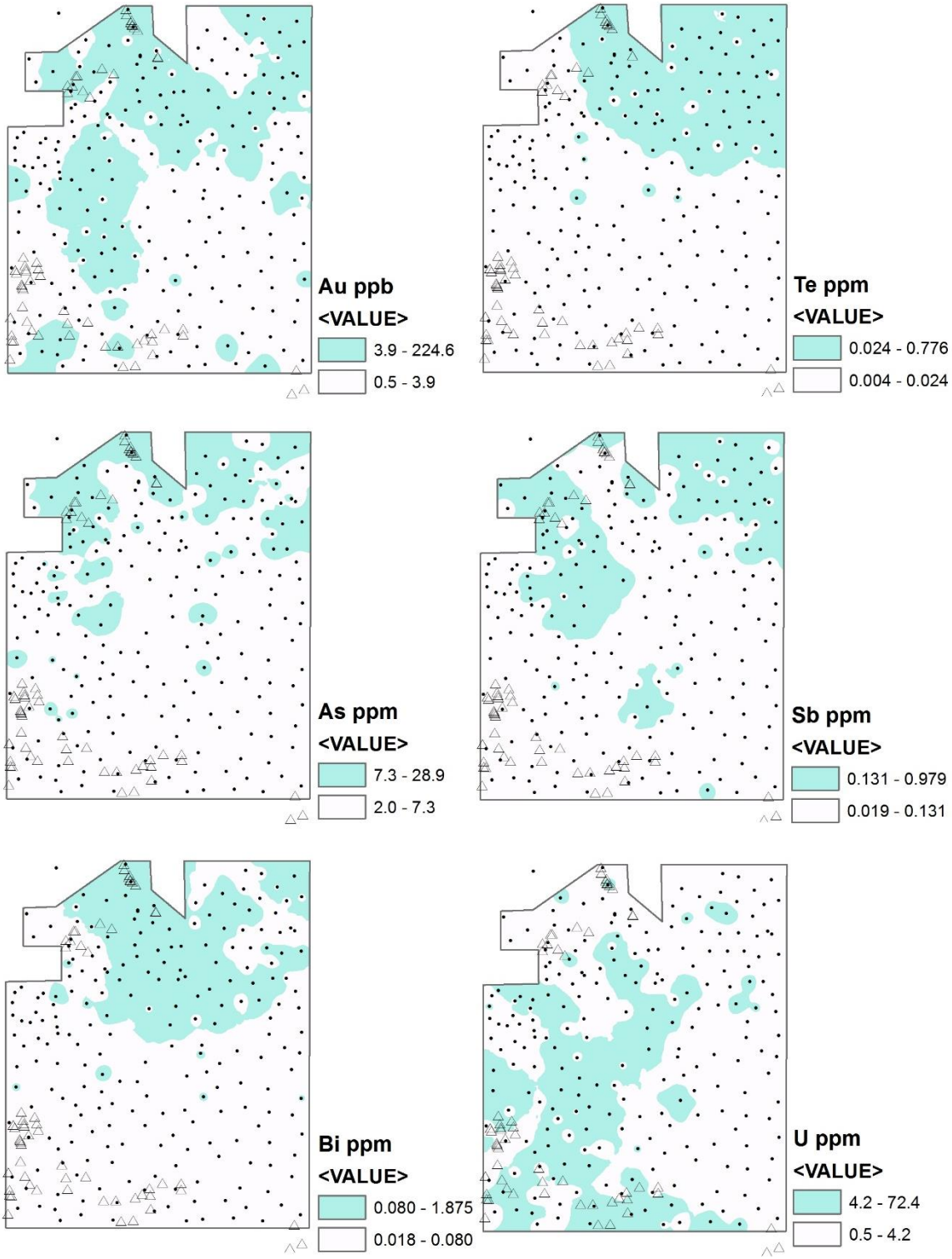
Yleisesti ottaen voidaan todeta, että Meltauksen tutkimusalueella olisi hyvä selvittää Au-anomalisiksi todettujen kohteiden maaperän stratigrafia ja kallionpinnan syvyys, jotta todettujen Au-anomalioiden paikallisuuteen voitaisiin ottaa kantaa. Lisäksi on huomioitava, että Au-kohteita voi jää havaitsematta, jos näytteet pääsääntöisesti on otettu paksun maapeitteen alueella liian matalalta syvyydeltä eivätkä ne siten edusta pohjamoreenia. Meltauksen alueen kohteellisen moreeninäytteenoton mediaanisyvyys on vain 2.5 m ja noin 75 %:a näytteistä on otettu < 5 metrin syvyydestä (Taulukko 4).



***Kuva 30**. Yli 30 ppb:tä kultaa sisältävien moreeninäytteiden kultapitoisuus, näytteenottosyvyys ja kyseisten näytepisteiden syvimmät näytteet.*



***Kuva 31**. Anomaaliset Au-pisteet, rapakallionäytteiden sijainti ja ottosyvyys sekä kohteet, joissa maaperänäytteenoton mukaan maapeitteen paksuus on yli 10 metriä.*

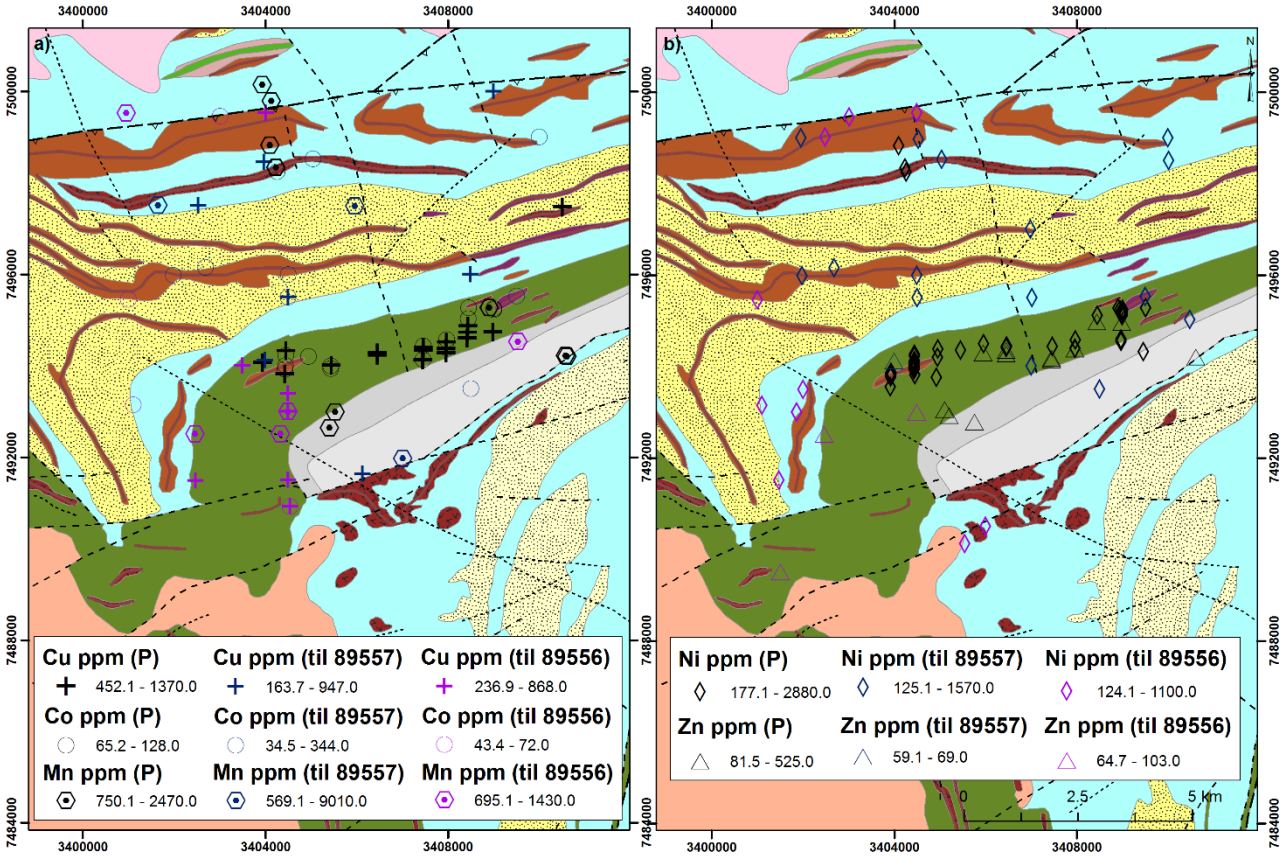


***Kuva 32**. Au:n ja mahdollisten seuralaisalkuaineiden IDW-interpoloitu pitoisuusjakauma (tilaus 221133). Vihreät alueet edustavat nk. "high background" aluetta. Kolmiot ovat alueelle osuvien kohteellisten näytteenottojen (kts. Kuva 3) Au-anomalioita (Au > 0.0107 ppm).*

5.2 Tiukuvaaran alueen mineraalipotentiaalista

Tiukuvaaran moreeniaineistojen tarkastelun perusteella on yhdistetty alueen P-fraktioista tehdyt analyysit yhteen tauluun. Tarkasteluun valituilta alkuaineilta on logaritmisten laatikkojanakuvaajien perusteella määritetty kynnysarvo (*upper inner fence*), joka erottaa aineiston taustapitoisuudet sekä anomaaliset pitoisuudet (Carranza 2009). Tilausten 89556 ja 89557 osalta kynnysarvot on tarkasteltu erikseen, sillä niiden esikäsittelymenetelmät poikkeavat P-fraktiosta ja tilaukset on esikäsitelty myös keskenään eri tavalla. Kohdentava moreeninäytteenotto on Tiukuvaaran alueella keskittynyt vain rajatun alueen keskiosiin.

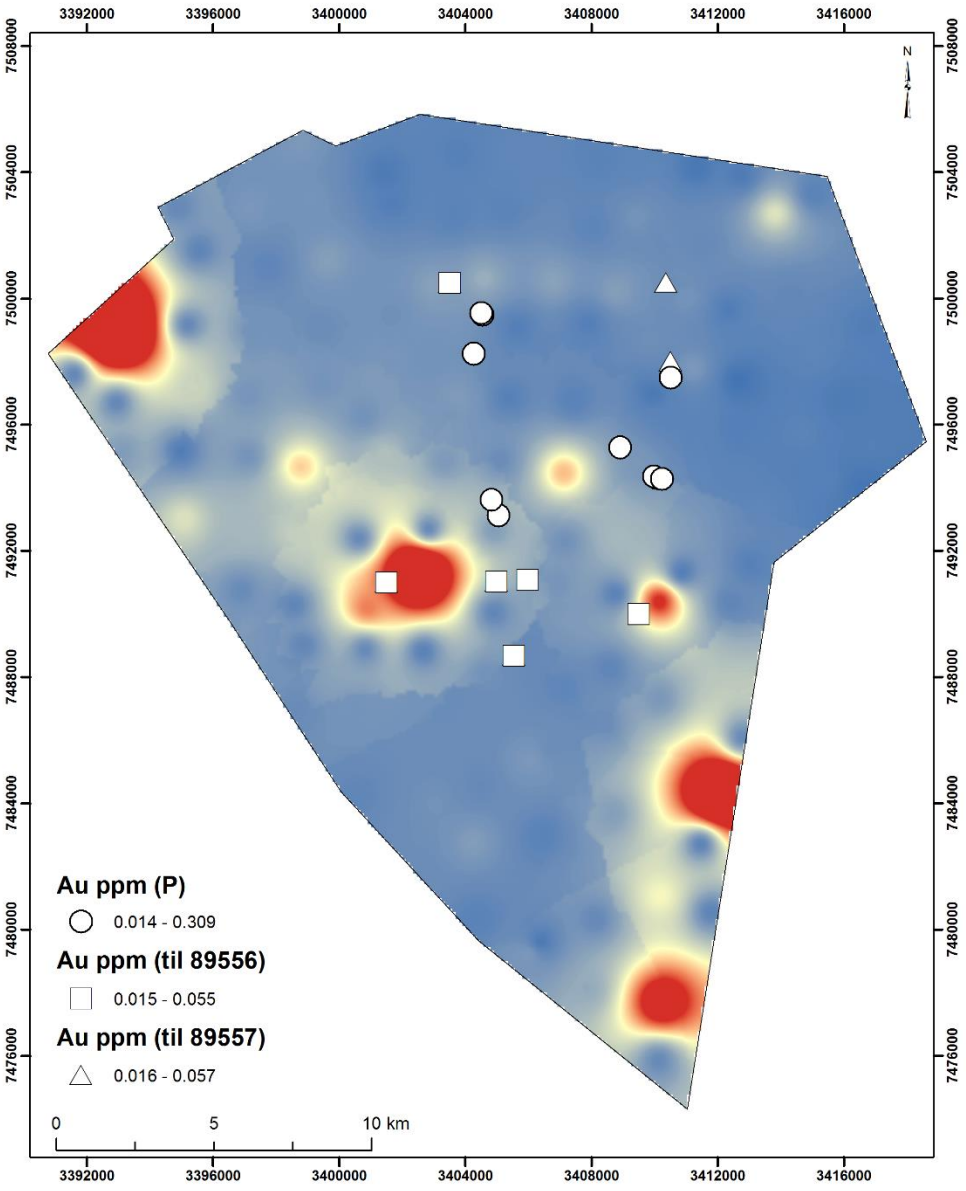
Perusmetallien (Cu, Co, Ni, Zn, kuva 33) anomaaliset pitoisuudet sijoittuvat Tiukuvaaran alueen keskiosiin, jossa kivilaji on emäksistä ja intermediääristä vulkaniittia. Pitoisuudet voivat täten ilmentää kivilajia, mutta ainakin Ni pitoisuudet yltävät parhaimmillaan lähes 2900 ppm eri menetelmillä (511A ja 511PM) analysoituna. Gabrojen ja mafisten juonikivien kohdalla pitoisuudet ovat korkeita.



*Kuva **33**. Cu, Co, Mn, Ni ja Zn:n laatikkojanakuvaajan perusteella määritetty anomaaliset pitoisuudet P-fraktiossa sekä tilauksissa 89556 ja 89557 Tiukuvaaran kohteessa.*

Kultapitoisuuksien kynnysarvo määriteltiin myös erikseen P-fraktiolle sekä tilauksille 89556 ja 89557 samalla tavalla kuin edellä on kuvattu perusmetalleja tarkasteltaessa. Tähän päädyttiin sen vuoksi, että laatikkojanakuvaajien Q3 korkean tausta-arvon raja olisi jäänyt liian alhaiseksi, eikä riittäviä eroja aineistoissa olisi saatu esille. Koska moreeniaineisto on keskittynyt Tiukuvaaran keskiosaan, ei etelä- ja pohjoisosista voida tarkastella alueen Au-potentiaalia. P-fraktion tapauksessa Au:n mediaanipitoisuus on alhainen; 0,0015 ppm (Taulukko 7). Parhaimmat P-fraktion Au–pitoisuudet liittyvät tilaukseen 215916 ja sijoittuvat alueen itäosaan. Parhaimmillaan Au-pitoisuus yltää yli 300 ppb:n. Muutoin korkeat pitoisuudet (>0,013 pm Au) sijoittuvat linjoille pääasiassa yksittäisinä pisteinä (Kuva 34).

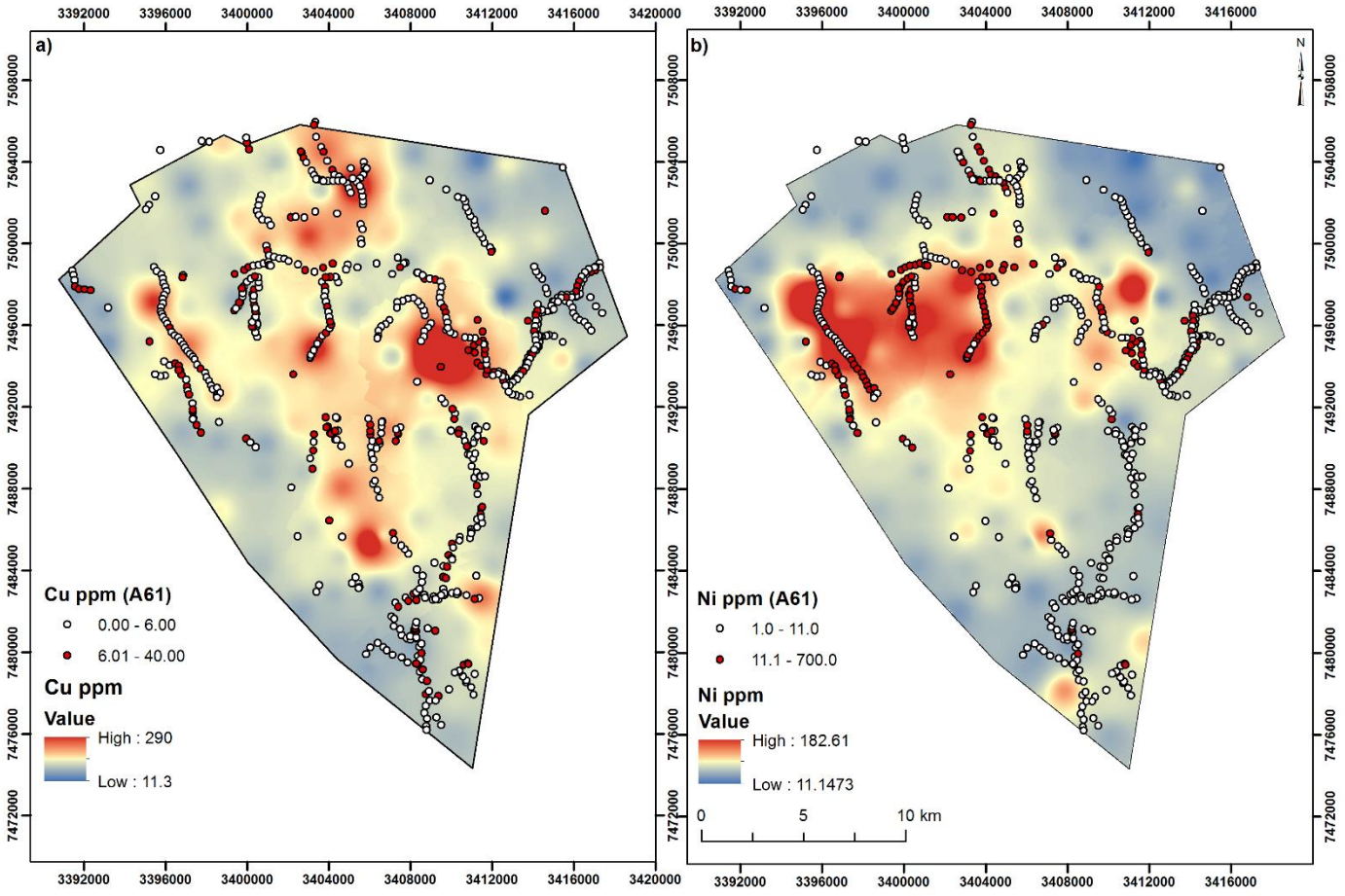
Tilauksissa 89556 ja 89557 Au-pitoisuudet jäävät luonnollisesti alhaisemmaksi, sillä jauhettu aines laimentaa pitoisuuksia näytteessä. Näiden tilausten mediaani Au-pitoisuus jää molemmissa tilauksissa hyvin alhaiseksi, vain 0,001 ppm:ään. Molempien tilausten Au-tuloksissa kynnysarvon (upper inner fence) ylittävät pitoisuudet sijoittuvat alueelle hajanaisesti, eivätkä juurikaan vastaa alueellisen moreenigeokemian Au-tuloksia (Kuva 34).



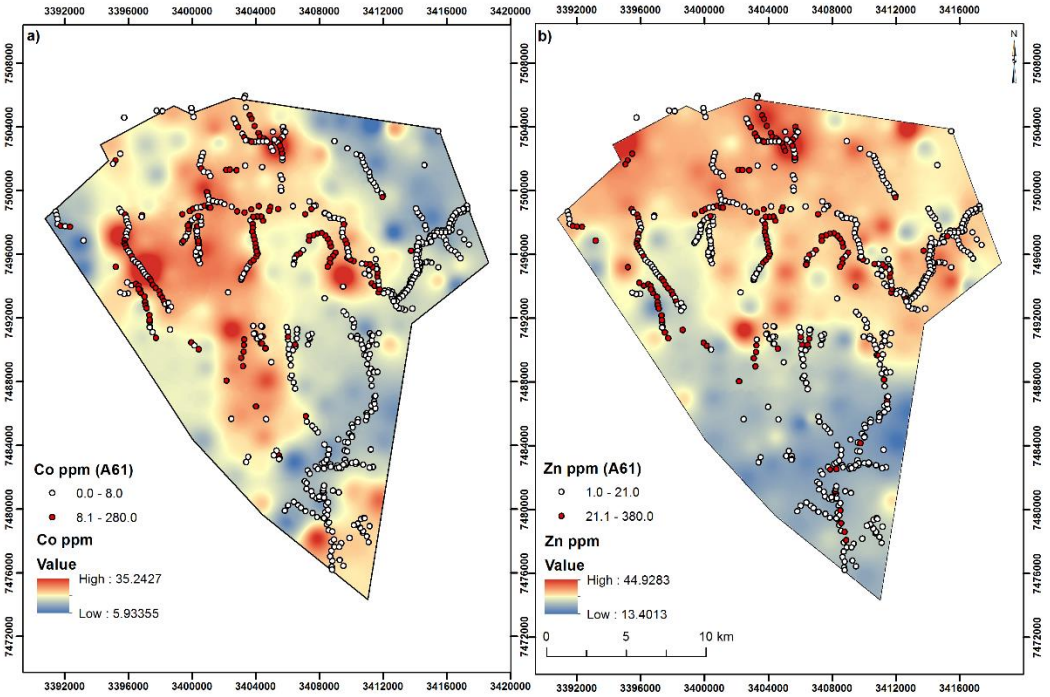
***Kuva 34**. Anomaaliset (upper inner fence) Au-pitoisuudet Tiukuvaaran kohteen moreeninäytteissä. Taustana alueellisen moreenigeokemian interpoloidut (IDW) Au-pitoisuudet (ppm).*

Mineraalisista purosedimenttiaineistoista määritettiin laatikkojanakuvaajilla korkean taustapitoisuuden (high background) raja, jona pidetään Q3:sta (Carranza 2009), jonka perusteella pitoisuudet jaettiin kahteen eri luokkaan. Tausta-aineistoksi kuviin laitettiin kunkin tarkasteltavan alkuaineen alueellisen moreenigeokemian interpoloidut pitoisuudet. Mineraalinen purosedimenttiaineisto heijastele yllättävän hyvin alueellisen moreenigeokemian piirteitä tarkastelluilla alkuaineilla (Kuvat 35-37). Aineiston tarkastelussa havaittu pitoisuustasoero eri vuosien välillä on samalla myös karttalehtiraja, mutta

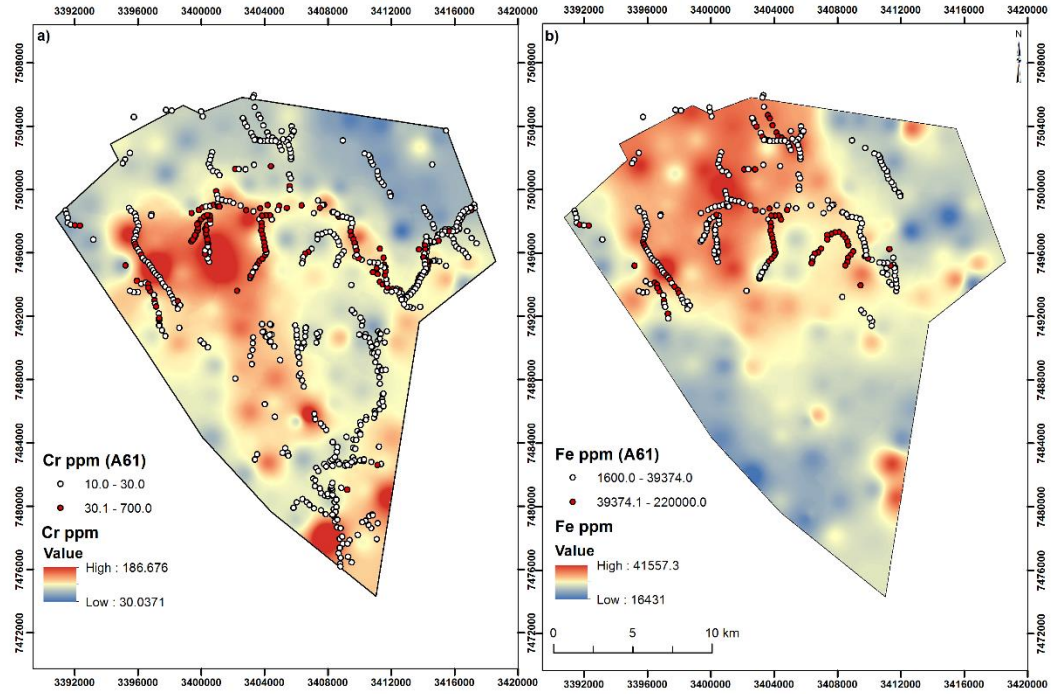
alkuaineiden (Cu, Ni, Cr, Fe, Co) tasoero voi kuvastaa myös kivilajeja, sillä pohjoisosassa on enemmän mafisia vulkaniitteja sekä gabroja kuin eteläosassa.



***Kuva 35**. Cu- ja Ni-pitoisuudet mineraalisessa purosedimenttiaineistossa. Pohjalla alueellisen moreenigeokemian interpoloidut (IDW) Cu-pitoisuudet (a) ja Ni-pitoisuudet (b).*



***Kuva 36**. Co- ja Zn-pitoisuudet mineraalisessa purosedimenttiaineistossa. Pohjalla alueellisen moreenigeokemian interpoloidut (IDW) Co-pitoisuudet (a) ja Zn-pitoisuudet (b).*



***Kuva 37**. Cr- ja Fe-pitoisuudet mineraalisessa purosedimenttiaineistossa. Pohjalla alueellisen moreenigeokemian interpoloidut (IDW) Cr-pitoisuudet (a) ja Fe-pitoisuudet (b).*

Tiukuvaaran alueella moreeniaineisto on keskittynyt tähän raporttiin rajatun alueen keskelle, jossa kivilajit ovat pääasiassa emäksisiä vulkaniitteja. Olemassa oleva moreeniaineisto tuokin hyvin esille kohteen kivilajit, jotka ovat potentiaalisia Cu ja Ni suhteen (Kuva 33). Näiden alkuaineiden pitoisuudet ovat aineistossa paikoitellen hyvin korkeita. 2000-luvulla tehty iskuporanäytteenotto on harva (pisteväli n. 500 m), jolloin kiinnostavia kohteita alueella, jossa moreenin kuljetus on lyhyt, voi jäädä huomaamatta. Näin karkea pisteväli on kuitenkin perusteltu, kun tehdään näytteenottoa aikaisemmin vähemmän tutkitulla alueella, jolloin tulosten perusteella voidaan kohdentaa jatkotutkimukset kiinnostaville kohteille. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi emäksisen vulkaniitin kontakti, jossa Cu-pitoisuus T-fraktiossa on liki 900 ppm. T-fraktion korkeat Ni-pitoisuudet (> 1000 ppm) osuvat alueen gabrojuoniin. Linjamuotoinen aineisto on jo varsin tiheä (pisteväli n. 30 m) ja antaa kuvan Tiukuvaaran moreenigeokemiasta suhteellisen pieneltä alalta. Koska Tiukuvaaran alueella kivilajit vaihtelevat huomattavasti, korostuvat emäksiset kivet eivätkä välttämättä niiden sisällä olevat anomaaliset pitoisuudet tule selvästi esille. Tämän vuoksi olisi syytä käsitellä aineistoa jakamalla sitä karkeasti kivilajien mukaan, jolloin poikkeavat pitoisuudet tulisivat selvimmin esille myös happamissa kivissä ja toisaalta emäksistä kivien selvästi korkeammista taustapitoisuuksista voidaan erottaa anomaaliset pitoisuudet.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä raportissa esille tulleiden seikkojen perusteella voidaan todeta, että kohteelliset moreeniaineistot ovat vaihtelevasti yhdistettävissä yhdeksi kokonaisuudeksi. Tästä hyvänä esimerkkinä käy Meltauksen ja Tiukuvaaran alueet. Meltauksen kohteelliset näyte-erät voitiin yhdistää ja käsitellä yhtenä kokonaisuutena, mutta Tiukuvaaran tapauksessa tämä ei ollut mahdollista, vaan ne piti käsitellä erillisinä. Vaikka tietyn alueen kohteellisia näyte-eriä ei voi käsitellä yhtenä kokonaisuutena, niin ne voidaan kuitenkin visualisoida samaan karttakuvaan. Tämä on kuitenkin varsin aikaa vievää prosessi, varsinkin jos kohdealueen aineisto jakautuu useaan näyte-erään (batchiin).

Kohteellisia moreenigeokemian aineistoja voidaan hakea GTK:n tietokannoista joko Haavi – työkalulla tai WebLantulla. Haavilla voidaan hakea sekä vanhoja (1971-2012) että uusia aineistoja. Exceliin avautuvassa tulostiedostossa on havaittu erilaisia puutteita ja ristiriitauksia verrattuna alkuperäiseen tilaajalle toimitettuun analyysilistaukseen. Myös tulosten tulkintaan vaikuttavan metadatan ulossaatavuus Haavi-sovelluksella vaihtelee hakutavan mukaan. WebLantulla voidaan hakea analyysitilauksia tilausnumerolla vuodesta 2000 eteenpäin. WebLantun käytön huono puoli on se, että tilausnumero on tiedettävä, jotta analyysien haku onnistuu ja lisäksi tulosten tulkintaan tarvittavaa metadataa ei saa sieltä. Moreenigeokemiallisen aineiston laaduntarkistukseen ja jatkokäsittelyyn tarvittavan perustiedon saanti GTK:n järjestelmistä sekä tiedon analysointi vaatii tällä hetkellä kärsivällisyyttä sekä asiantuntemusta niin geokemiasta että tietokantojen sisällöstä ja haku-kriteereistä.

Kohteelliset moreeniaineistot ovat usein pienialaisia, jolloin niiden käyttö alueellisen mineraalipotentiaalin arvioinnissa ei ole mahdollista. Kuitenkin kohteellisten aineistojen analyysituloksia voi visualisoida yhdessä alueellisten moreenigeokemiallisten aineistojen kanssa, kuten tässä raportissa on tehty. Näin saadaan lisäinformaatiota alueen mahdollisesta mineraalipotentiaalista.

Käytännössä tämä raportti osoittaa, että moreenigeokemiallisen tiedon jalostaminen esim. mineraalipotentiaalin arviointia varten laajoilta alueilta vaatii runsaasti henkilötyökuukausia. Siten tuotteistaminen tai tällaisen palvelun tarjoaminen ulkopuoliselle taholle on hyvin kallista ja siten ei ole edes välttämättä järkevää.

KIRJALLISUUSLUETTELO

Carranza, E. J. M. 2009. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. Elsevier, Amsterdam. 368 p.

Gustavsson, N., Noras, P. ja Tanskanen, H. 1981. Seloste geokemiallisen kartoituksen tutkimusmenetelmistä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, S/43/S43/0000/1/1981.

Hulkki, H. ja Peltoniemi-Taivalkoski, A. 2013. Mäkärän rapakallio- ja moreeninäytteiden geokemiallisten tulosten arviointi ja tulkinta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 130/2013, 86 s.

Lauri, L., Konnunaho, J., Lepistö, S., Peltoniemi-Taivalkoski, A., Salmirinne, H., Sandgren, E., Sarala, P. ja Törmänen, T., 2013. Keski-Lapin Mineraalipotentiaalin arviointi 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 104/2013.

Keinänen, V. 1993. Tutkimustyöselostus valtausalueella Kaiv.RN. 4441/1 vuosina 1988-92 suoritetuista malmitutkimuksista Kittilässä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M06/2732/-92/1/10.

Keinänen, V., Lahti, I., Karinen, T. ja Sarala, P. 2012. Tutkimustyöselostus Kittilän Tiukuvaarassa suoritetuista kultatutkimuksista vuosina 2005-2012. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 37/2011.

Koivisto, T. 1978. Esitutkimusraportti, karttalehti 2731. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/42/2731/1/1978.

Laine, J. 1977. Esitutkimusraportti: karttalehdet 2714 ja 2732. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/42/2732/1/1977

Lehtonen, M., Airo, M-L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Räsänen, J. ja Virransalo, P. 1998. Kittilän vihreäkivialueen geologia. Lapin vulkaniittiprojektin raportti. Summary: The stratigraphy, petrology and geochemistry of the Kittilä greenstone area, northern Finland. A report of the Lapland Volcanite Project. Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 140. 144 s., 1 liite.

Lehmuspelto, P. 1975. Esitutkimukset karttalehdellä 2734+3712 vuonna 1975. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/42/2734+3712/1/1975.

Lehmuspelto, P. ja Vuojärvi, P., 1988. Hankkeen S/86/402/Meltaus raportti 1986-1988. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/41/2643/1/88.

Lehmuspelto, P. ja Vuojärvi, P., 1990. Hankkeen S/86/402/Meltaus loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/41/2643/2/90.

Lehmuspelto, P., Pohjola, R. ja Peltoniemi-Taivalkoski, A., 2009. Meltauksen geokemiallisten aineistojen tarkastelua. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S49/ 2009/38.

Mikkola, A. and Reynolds, C. 2016. 2016 Exploration Relinquishment Report (Mosku Regional Project - AA Sakatti Mining Oy) Mikkola, Mine reg No: ML2014:0118. AA Sakatti Mining Oy, exploration report.

Mutanen, T., 2011. Alkalikiviä ja appiniitteja. Raportti hankkeen Magmatismi ja malminmuodostus II toiminnasta 2002 - 2005. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 9/2011.

Pohjola, R. 2009. Geokemiallisten moreeniaineistojen esikäsittely- ja analyysimenetelmien kuvaukset. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S44/2009/71.

Rahkola, P. 1982. Esitutkimusraportti. KL 3711 Kierinki. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, arkistoraportti S/42/3711/1/1982.

Rastas, P. 1984. Kallioperäkartta 1 : 100 000, Karttalehti: 2732. Geologian Tutkimuskeskus.

Salminen, R. (toim.) 1995. Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982-1994. Summary: Regional Geochemical Mapping in Finland in 1982-1994. Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 130.

Sarapää, O., Ahtola, T., Al-Ani, T., Grönholm, S., Karvinen, A., Kärkkäinen, N., Lahti, S., Lintinen, P., Torppa, A. ja Turunen, P. 2013. Hi-tech-metallitutkimukset Suomessa vuosina 2009-2012. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 161/2013.

Sims, K. 1996. Malminetsintää valtausalueilla Latvavuoma 1-3 Kaiv.Rek.nr 5593/1-3. Valtausraportit.

Äyräs, M. 1975. Raportti Geologian tutkimuskeskuksen Geokemian osaston auger-kairauksista Kittilässä vuonna 1975. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/41/2732/1/1975.

7 LIITE 1

Alla on lueteltu yksityiskohtaisemmin joitakin ongelmia ja puutteita, joita havaittiin tätä raporttia tehtäessä ja jotka hankaloittavat moreeniaineistojen laaduntarkastelua ja käyttökelpoisuuden arviointia:

- GTK:n tietojärjestelmiin tallennetuissa moreenigeokemiallisissa aineistossa näytteiden maalaji vaihtelee -> tiedostoista siivottava pois muut kuin moreeninäytteet ennen jatkokäsittelyä

- Näyteaineistoissa esikäsittelyt erilaisia, analysoitu eri fraktioita (moreeni usein seulottu <0.06 mm), myös jauhettu tai näyte kokonaan analyysiin -> erotettava erilaiset esikäsittelyt sekä eri analysoidut fraktiot, ei samaan aineistokäsittelyyn

- Analyysimenetelmät ovat olleet erilaisia, pääsääntöisesti kuitenkin käytetty osittaisuutosta, mutta analyysimenetelmien kehittymisen johdosta määritysrajojen ja todennäköisesti myös analyysien tarkkuudessa esiintyy vaihtelua -> alkuaineiden pitoisuustasoissa esiintyy keinotekoista vaihtelua

- Analysoitujen alkuaineiden määrä suppea vanhoissa aineistoissa (koskee niin GTK kuin OKU), uusissa aineistoissa laajempi -> rajoittaa käytettävyyttä, koska tarvittavia alkuaineita ei kaikista aineistoista välttämättä löydy ja esim. usein Au:n seuralaisalkuaineita ei ole analysoitu

- Laboratorion standardinäytteiden, uusinta-analyysien ja/tai blankkonäytteiden analyysitulokset puuttuvat tai niitä ei löydy tai ei saa haettua tietokannoista -> analyysien laadun arviointia ei voi tehdä tai se on puutteellista

- Moreeninäytteen suhde kallionpintaan ei usein tiedossa ja joskus myös näytteen syvyystieto puuttuu -> vaikeuttaa tulkintaa ja käytettävyyttä (tosin kallionpinnan syvyyden saa toisinaan rapakallio-näytteistä sekä kairarei'istä) eli näytteet eivät välttämättä ole vertailukelpoisia edes yksittäisen näyte-erän sisällä, vaan näytteet saattavat edustaa eri moreenikerroksia (kts. esim. Hulkki ja Peltoniemi-Taivalkoski, 2013)

- Analyysitulokset ovat tietokannoissa sellaisessa muodossa, ettei analysoiduista näytteistä aina saa tarvittavaa "rividataa" (esim. tilausnumero / batch-tunnus, laboratorion ID-tunnus)

- Aineistojen haku nykyisistä tietokannoistakannoista tarvittavine tietoineen hankalaa, sillä aineistoa pitää hakea useista eri paikoista -> kohdealueen aineiston haku aikaa vievää ja vaatii asiantuntemusta

- Negatiiviset ja 0-arvot sekä muut erikoismerkinnät (nk. laatumerkit) analyysitulosten tiedostoissa -> merkitys ei kaikkien merkkien osalta tiedossa tai se on muuttunut aikojen saatossa

-Kohteelliset moreeniaineistot ovat usein pienialaisia ja hajallaan (ei voi interpoloida) -> soveltaminen alueellisessa mineraalipotentiaalin arvioinnissa (esim. alueellisessa prospektiivisuusmallinnuksessa) on hankalaa

- Todellisten anomaliarajojen tai kynnysarvojen määrittäminen on hankalaa moreeniaineistoista, kun kallioperä on heterogeenistä (vrt. happamat / emäksiset kivilajit) -> vaatii moreeniaineiston käsittelemisen kivilajikohtaisesti eli on aikaa vievää

-Erillisten näyte-erien (batch) yhdistäminen (jos muutoin mahdollista) yhdeksi kokonaisuudeksi vaatii sen, että jokainen alkuaine tarkastellaan erikseen, jotta mahdolliset laatu- ja tasoerot huomataan -> aikaa vievää

-Moreeniaineistojen sisältämien rapakallionäytteiden esikäsittelymenetelmät vaihtelevat suuresti (enemmän kuin moreeninäytteiden) -> rapakallioaineistot eivät ole yhdistettävissä toisiinsa eli rapakallionäytteiden käytettävyys heikkoa (ilmentävät usein vain kallionpinnan syvyyttä)