



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Suomugrafiittiesiintymät ja niiden malminetsintä Suomessa

Juha Stenberg

Geotieteiden tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö

Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

Suomugrafiittiesiintymät ja niiden malminetsintä Suomessa

Juha Stenberg

Oulun yliopisto, Geotieteiden tutkinto-ohjelma

Luomontieteiden kandidaatin tutkielma

Työn ohjaaja yliopistolla: Jukka-Pekka Ranta

Tämän kandidaatin tutkielman tavoitteena oli luoda lyhyt kirjallisuuskatsaus grafiitin suomumaisesta olomuodosta eli suomugrafiitista ja siihen liittyvästä malminetsinnästä Suomessa. Suomugrafiitti on noussut kuluneen vuosikymmenen aikana esille johtuen sen tärkeästä roolista yksityisautoilun sähköistämässä tarvittavien litiumioniakkujen anodien raaka-aineena. Fossilisista polttoaineista asteittainen luopuminen yksityisautoilussa on globaali ilmiö ja siksi paine vaihtoehtoisissa ratkaisuissa käytettävien raaka-aineiden tarjonnan lisäämiselle kasvaa kiihtyvällä tahdilla. Tässä tutkielmassa käsitellyt aiheet ovat grafiitin yleiset ominaisuudet ja rakenne, grafiittiesiintymät eri geologisissa ympäristöissä ja niiden muodostumismekanismit, tunnetut grafiittiesiintymät Suomessa, grafiitin käyttökohteet ja grafiittiin liittyvän malminetsintä ja sen nykytila Suomessa.

Suomen kallioperän geologiset olosuhteet ovat laajoilla alueilla suotuisat suomugrafiitin esiintymiselle ja potentiaali kaivostoiminnalle on suuri. Suomugrafiittia muodostuu pääasiassa hiilipitoisen aineksen joutuessa amfibliitti- tai granuliittifasiesta vastaaviin paine- ja lämpötilaolosuhteisiin. Suomesta on historian aikana louhittu vain pieniä määriä grafiittia ja sen käyttökohteet ovat teknologisen kehityksen myötä muuttuneet merkittävästi. Grafiittiin liittyvä malminetsintä on ollut verrattain pienimuotoista eikä erityisesti suomugrafiittiin kohdistuvaa malminetsintää ole tehty ennen 2000-lukua.

Asiasanat: grafiitti, malminetsintä, geofysiikka

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	1
SISÄLLYSLUETTELO	2
1 Johdanto	3
2 Grafiitin rakenne ja ominaisuudet	4
3 Teolliset käyttökohteet	5
3 Grafiittiesiintymien synty.....	6
4 Isäntäkivet	8
5 Historialliset grafiittikaivokset ja esiintymät suomessa	9
6 Malminetsintämenetelmät	10
7 Malminetsinnän Nykytila	12
LÄHDELUETTELO	14

1 JOHDANTO

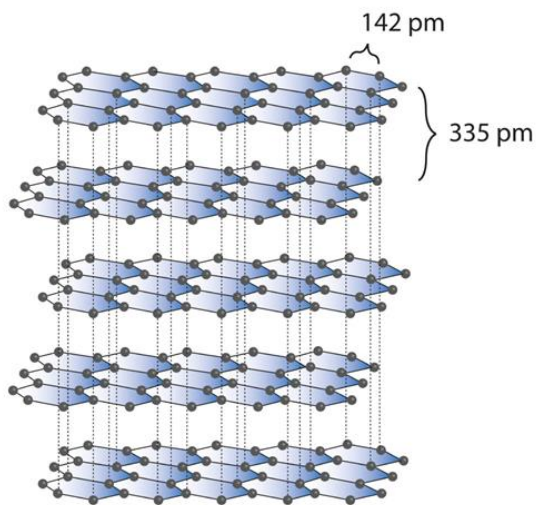
Grafiitti (C) on hiilen kiteinen polymorfinen muoto. Grafiitin nimi tulee kreikan kielen sanasta grafein ja sen nimesi saksalainen geologi Abraham Gottlob Werner vuonna 1789 sen jälkeen, kun molybdeniitin ja lyijyhohteen eroavaisuudet havaittiin. Grafiitin kiderakenne ja muut rakenteelliset ominaisuudet saatiin määriteltyä vasta 1900-luvulla röntgendiffraktiolla Rosalind Franklinin toimesta juuri ennen hänen urauurtavaa DNA:n rakenteen tutkimustaan (Beysac ja Rumble 2014).

Grafiitin kysyntä ja siihen liittyvä malminetsintä ovat kasvaneet kiihtyvällä tahdilla kuluneen vuosikymmenen aikana. Kysynnän kasvu johtuu pääasiassa akkuteollisuuden tarpeesta ja grafiitin malminetsinnän kasvu johtuu kysynnän ohjaaman hinnannousun lisäksi Suomessa muiden maiden ja Euroopan Unionin poliittisista päätöksistä lisätä omavaraisuusastetta grafiitin suhteen. Euroopan komissio on ylläpitänyt Euroopan Unionin talouden kannalta kriittisten raaka-aineiden luetteloa vuodesta 2010 alkaen ja viimeisin päivitys luetteloon on annettu vuoden 2023 keväällä. Yksi luettelon mineraaleista on luonnon grafiitti eli suomugrafiitti (Euroopan komissio 2023).

Grafiittiesiintymiä muodostavien geologisten prosessien johdosta grafiittia esiintyy laajasti Suomessa esiintyvien liuskeisten sedimenttikivien ja metamorfisten kivilajien yhteydessä. Edesmennyt suomalainen geologi Aarne Laitakari on listannut laajassa Suomen mineraalihakemistossaan grafiitin jossain muodossa esiintyväksi 170 kunnan alueella (Hytönen 1999).

2 GRAFIITIN RAKENNE JA OMINAISUUDET

Grafiitin kiderakenne koostuu päällekkäisistä heksagonisista yhden atomin paksuisista grafeenikerroksista (Kuva 1). Nämä kerrokset pysyvät yhdessä heikoilla van der Waalin voimilla, mikä antaa grafiitille sen tunnusomaisen liukkauden sekä pehmeuden ja tekee siitä erinomaisen materiaalin kuivavoiteluaineissa. Luonnossa grafiitti esiintyy usein epätäydellisenä vedyn, hapen, typen ja rikin korvatesa hiilen kidehilassa. (Beny-Bassez ja Rouzaud 1985).



Kuva 1. Grafiitin kiderakenne. Kovalenttisella sidoksella toisiinsa kiinnittyneet aromaattiset hiilirenkaat ja heikoilla Van Der Waalin voimilla kiinnittyneet kerrokset. Lähde: Quantum Graphite Limited.

Grafiitti on vahvasti anisotropinen mineraali mikä saa aikaan sen fysikaaliset ominaisuudet. Elektronidelokalisaatio grafeenikerroksissa saa aikaan korkean kerrosten suuntaisen sähkönjohtavuuden ja vastavuoroisesti kerrosten poikkisuuntaisesti grafiitti toimii eristeenä sähkönjohtavuudelle. Grafiitti on erittäin tulenkestävä ja kemiallisesti pysyvä mutta kemiallinen reaktiivisuus kasvaa rakenteessa epäjärjestyksen ja heteroatomien määrän kasvaessa. Muita fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ovat matala lämpölaajenemiskerroin, korkea lämmönjohtavuus ja sublimaatiopiste, kohtalaisen alhainen tiheys ja korkea korroosion ja lämpöshokin sietokyky. (Beysac ja Rumble 2014; Simandl ym. 2015).

3 TEOLLISET KÄYTTÖKOHTEET

Grafiitin fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista johtuen sillä on merkittävä vaikutus globaaliin talouteen ja jokapäiväiseen elämään. Grafiitilla on tärkeä rooli erilaisissa teollisissa prosesseissa ja tuotteissa kuten esimerkiksi kuivavoiteluaineissa, tulenkestävissä kohteissa, valumuoteissa, teräksen valmistuksessa, erilaisten akkujen elektrodeissa sekä ydinvoimaloiden neutronihidasteina. Kasvava kysyntä ja hinta on johtanut lisääntyneeseen kiinnostukseen uusien Suomen grafiittiesiintymien etsinnässä ja tunnettujen esiintymien hyödyntämisessä (Ahtola ja Kuusela 2015).

Grafiitin metalliset ja epämetalliset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet tekevät siitä raaka-aineena käyttökelpoisen lukuisiin eri teollisiin ja teknologisiin käyttökohteisiin. Grafiitin pääasiallisia käyttökohteita ovat jarruhihnat, tulenkestävät materiaalit ja teräksenvalmistus (Robinson ym. 2017). Muita käyttökohteita ovat akkujen elektrodit, hiiliharjat sähkömoottoreissa, valimotuotteet, polttokennot ja korkean lämpötilan kuivavoiteluaineet. Lisäksi grafiitti muodostaa interkalaatioyhdisteitä alkalimetallihöyryjen kanssa, yleensä kaliumin, litiumin, rubidiumin ja cesiumin kanssa, missä metalli-ionit asettuvat grafiitin grafeenikerrosten väliin. Interkalaatioyhdisteitä käytetään esimerkiksi energiateollisuudessa suprajohteina ja kemian teollisuudessa pelkistiminä (Robinson ym. 2017).

Nykyisten vakiintuneiden käyttökohteiden lisäksi grafiitista on kuluneen vuosikymmenen aikana muodostunut tärkeä tutkimuskohde grafeenin valmistuksessa. Grafiitista voidaan erilaisilla fysikaalisilla ja kemiallisilla menetelmillä erotella grafeenikerrokset toisistaan. Grafeenin valmistus on pysynyt pitkään laboratoriomittakaavassa ja sen massatuotantoa on tutkittu paljon. Grafeenin on arveltu mullistavan tulevaisuudessa useita teknologiahaaroja ja sen kaikkia käyttökohteita ei vielä tunneta (Islam ym. 2021).

3 GRAFIITTIESIINTYMIEN SYNTY

Useat sedimenttikivet sisältävät hiiltä biologista alkuperää olevien orgaanisten yhdisteiden muodossa. Geologisen historiansa aikana nämä yhdisteet ovat saattaneet joutua esimerkiksi kontaktimetamorfoosin tai hautautumisen yhteydessä korkeisiin lämpö- ja paineolosuhteisiin, joissa niiden rakenne ja koostumus ovat muuttuneet. Tämän muodonmuutoksen voi yksinkertaistettuna esittää kaksivaiheisena prosessina, jossa hiiliyhdisteiden karbonisoitumista seuraa grafitisoituminen.

Karbonisoitumisvaihe vastaa kivihiihen hiiliytymistä tai kerogeenin muuntumista ja tapahtuu diageenettisessä hautautumisessa sedimenttialtaissa. Tämä vaihe sisältää materiaalin murtumista, sarjan rapautumisreaktioita, jotka tuottavat pienempiä molekyylejä ja muodostavat hiilivetyjä. Ensin muodostuu öljy, jota seuraa maakaasu, jonka jälkeen jäljellä on hiilipitoinen kiinteä jäännösainekas, joka puolestaan voi muuttua kivihieksi (Vendenbroucke ja Largeau 2007). Tämän tapahtumasarjan aikana hiilipitoinen jäännösainekas rikastuu progressiivisesti hiilestä, jonka aromaattisuus kasvaa epäpuhtauksien poistuessa. Hiilivedyt usein kulkeutuvat pois, kun taas kiinteä jäännösainekas jää isäntäkiveen ja voi näin altistua edelleen hautautumiselle ja metamorfoosille, minkä seurauksena se voi kokonaan grafitisoitua (Buseck ja Beyssac 2014).

Grafitisoitumisen tuotteita tavataan pääasiassa metasedimenttisissä kivissä, joissa orgaanisen hiilen esiintyminen on alun perin ollut runsasta, joskin osa vaikuttavimmista grafiittiesiintymistä ovat seurausta hiilipitoisten fluidien saostumisesta (Rumble 2014). Grafitisoitumista tapahtuu myös luonnon ääri-ilmiöissä kuten maanjäristyksissä. Grafiittista hiiltä on raportoitu sekä aktiivisissa, että fossiilisissa siirroksissa ympäri maailman. Niiden arvellaan syntyneen isäntäkiven sisältämän orgaanisen hiilen mobilisoituessa fluidien ja kiviaineksen vuorovaikutuksessa tai in situ - grafitisoitumisessa kitkalämmön vaikutuksesta (Kuo ym. 2014).

Grafiitin hiilen alkuperän määrittäminen on olennaista esimerkiksi tutkittaessa jälkiä maapallon varhaisimmista elämänmuodoista. Vanhimmat löydetty grafiitinäytteet ovat 3,7–4,1 miljardin vuoden ikäisiä ja näin ollen niiden sisältämän hiilen syngeneettisyyden

tutkiminen on ollut tärkeässä roolissa tutkittaessa elämän alkamisen ajankohtaa (Stüeken ym. 2023). Grafiitin molaarista C/N-suhdetta on useissa varhaisemmissa tutkimuksissa pidetty diagnostisena työkaluna grafiitin hiilen biogeenisyyttä määriteltäessä (Hayes ym. 1983), mutta Stüekenin tutkimusryhmän mukaan on viitteitä siitä, että paikoin hydrotermisen grafiitin C/N-suhde voi olla yhtenevä arkeisissa kivissä esiintyvän biogeenisen grafiitin kanssa ja siksi isäntäkivien K-silikaattien typpipitoisuuden tarkastelu olisi käyttökelpoisempi lähestymistapa (Stüeken ym. 2023). Syngeneettisen ja hydrotermisen grafiitin erottaminen toisistaan on tärkeää, koska sillä on suora vaikutus fluidin koostumusten määrittämiseen ja hydrotermisten fluidien ymmärtämisessä grafiitin muodostuksessa. Hiili-isotooppisuhteet ovat merkittävä työkalu grafiitin muodostumistavan määrittämisessä (Buseck ja Beyssac 2014).

Kiteisen suomugrafiitin muodostumiseksi niin sedimenttisen hiilen kuin hydrotermisen hiilisaostumankin on altistuttava riittävän korkeille lämpötila- ja paineolosuhteille. Suomugrafiitin kidekoko kasvaa sellaisissa olosuhteissa, jotka vastaavat ylempää amfiboliittifasiesta ja alemmaa granuliittifasiesta. On toistaiseksi epäselvää, onko lämpötila vai paine suomugrafiitin kidekokoja enemmän määrittävä tekijä, mutta pääsääntöisesti lämpötilalla ajatellaan olevan suurempi rooli kidekoon kontrollina ja paineen puolestaan spekuloidaan kontrolloivan kiteytymisen mekaanisia prosesseja ja mahdollistavan ne (Buseck ja Beyssac 2014).

4 ISÄNTÄKIVET

Taloudellisesti hyödynnettävissä olevat grafiittiesiintymät liittyvät useimmiten metamorfisiin kiviin, kuten paragneisseihin, liuskeisiin, kiillepitoisiin kvartsiitteihin ja marmoreihin. Nämä kivilajit edustavat kohtalaisen usein korkean lämpötilan amfiboliittifasiesta tai granuliittifasiesta ja niiden protoliitti on sedimenttistä alkuperää. Metamorfoosiasteen kasvu vaikuttaa suoraan grafiitin suomukokoon ja puhtauteen ja siten lisää esiintymän taloudellista kannattavuutta. Maantieteellisesti grafiittiesiintymät esiintyvät usein lähellä toisiaan eli klustereina (Ahtola ja Kuusela 2015). Maailmasta löytyy ainoastaan kaksi tunnettua vulkaanisissa kivissä esiintyvää grafiittiesiintymää, joista toinen sijaitsee Borrowdalessa Luoteis-Englannissa (Barrenechea ym. 2012).

Mustaliuske on yleinen grafiittia sisältävä kivilaji Suomessa. Mustaliuskeen päämineraalit ovat kvartsi, kiilteet, grafiitti ja sulfidimineraalit. Mustaliuskeet voidaan jaotella rautasulfidi- ja grafiittipitoisuuksiensa perusteella kolmeen luokkaan: 1) mustaliuskeet, joissa muutamia prosentteja grafiittia ja rautasulfideja, 2) grafiittisulfidiliuskeet, joissa runsaasti rautasulfideja mutta vaihtelevia määriä grafiittia ja 3) grafiittiliuskeet, joissa runsaasti grafiittia ja vain hieman tai ei yhtään rautasulfideja (Marmo 1960). Grafiitti on mustaliuskeissa useimmiten pölymäistä tai hienosuomuista mutta myös karkeampaa suomukokoa esiintyy korkeamman metamorfoosiasteen mustaliuskeissa (Ahtola 2015).

5 HISTORIALLISET GRAFIITTIKAIVOKSET JA ESIINTYMÄT SUOMESSA

Kokonaisuudessaan Suomesta tunnetaan Suomen mineraalien hakemiston perusteella grafiittiesiintymiä noin 170 kunnan alueelta (Laitakari 1967). Laitakari on hakemistoaan edeltäneessä vuoden 1925 grafiittiesiintymiä käsittelevässä julkaisussaan kuvannut 120 esiintymää, joista valtaosa sijaitsee Etelä-Suomessa ja Savossa. Näistä 16:sta löytyy maininta suomugrafiitista. Suomessa on ollut historiallisesti vain muutamia, toiminnaltaan pienehköjä grafiittikaivoksia ja aktiivista grafiittiin keskittyntä kaivostoimintaa on ollut 1760-luvun ja vuoden 1947 välillä. Hyödynnettyjä esiintymiä on ollut yhteensä 30 ja näistä kolmannes sijaitsee nykyisen Venäjän alueella. Suomessa sijaitsevien esiintymien kokonaislouhinta on ollut yhteensä noin 14 000 t ja malmia rikastettu noin 1800 t (Ahtola ja Kuusela 2015). Louhintaa on tehty hyvin pitkälti käsivoimin ja malmin rikastaminen on suoritettu louhoksen yhteydessä. Malmi tai rikaste kuljetettiin hevosilla tai pienillä proomuilla, mikäli kaivos sijaitsi saarella tai vesistön äärellä. Yleensä esiintymistä hyödynnettiin vain helposti louhittava ja rikastettava osuus, minkä jälkeen toiminta lopetettiin.

Historiallisista esiintymistä merkittävin on Mäntyharjun Kärpälässä sijaitseva esiintymä, josta sen toiminnan aikoina kokonaislouhinta 10 000 t, josta on rikastettu 600 t malmia. Malmin ja rikasteiden tonnimääriä tarkastellessa on selvää, että kyse on ollut pääasiassa hyvin pienistä, mutta pitoisuuksiltaan erittäin grafiittirikkaista esiintymistä. Mäntyharjun Kärpälän esiintymän keskimääräinen hiilipitoisuus on 39 % (Ahtola & Kuusela 2015).

Esiintymät ovat pääsääntöisesti kiillegneississä olevia pieniä grafiittirikkaita linssejä, mutta antavat silti viitteitä kulloisenkin alueen olevan isäntäkiven ja metamorfoosiasteen suhteen otollisia grafiitin ja suomugrafiitin esiintymiselle (Ahtola ja Kuusela 2015). Muutamia tunnettuja esiintymien sijainteja ovat Haapamäki (Heinävesi), Kärpälä, Laivonsaari (Kuopio), Pekola (Heinävesi), Ilmajoki, Juuka, Kiihtelysvaara, Kitee, Kolari, Lapua, Leppävirta, Luhanka, Merijärvi, Mäntyharju, Pertunmaa, Ristiina, Savonlinna, Tornio, Tuusniemi, Utajärvi, Vammala ja Ylitornio (Laitakari 1967).

6 MALMINETSINTÄMENETELMÄT

Grafiitin malminetsintä on monelta osin samanlaista, kuin monen metallisen malmimineraalin etsintä ja perustuu pääasiassa sen korkeaan sähkönjohtavuuteen. Johtuen grafiitin korkeasta sähkönjohtavuudesta, ovat geofysikaaliset malminetsintämenetelmät toimiva tapa etsiä grafiittiesiintymiä ja kartoittaa niiden laajuutta.

Geofysikaalisista menetelmistä sähkömagneettiseen induktioon (EM) perustuvat menetelmät toimivat usein erinomaisesti. Erilaisilla EM-menetelmillä voidaan suorittaa grafiittiesiintymän geofysikaaliset tutkimukset maasto-, lento- ja reikämittauksina (Scogings, 2015). Norjan Vesterålenin saaristossa sijaitsevassa Jemestadissa on tutkittu ja louhittu grafiittiesiintymiä 1800-luvun lopulta saakka ja alueen esiintymiä on kartoitettu useaan otteeseen. Vuonna 1987 Norjan geologian tutkimuskeskus suoritti 3800 lentokilometrin geofysiikan lentomittaukset mikä laajensi grafiittipotentialisen alueen pinta-alaa 50 prosenttia (Gautneb ja Tveten 2000).

Sähkömagneettista induktiota hyödyntävien menetelmien ohella magnetometrinen mittausta on usein käyttökelpoinen, sillä grafiittimalmeihin liittyy usein sulfidimineralisaatiota erityisesti mustaliuskeiden osalta (Marmo, 1960). Grafiittimalmien sulfideista yleisimmät ovat pyriitti ja magneetikiiisu ja erityisesti magneetikiiisu luo magnetometrimittauksissa selkeän kontrastin ympäröivään isäntäkiveen, esimerkiksi gneissiin (Marmo, 1960). Lisäksi Raisjärvellä sijaitseva Geologian tutkimuskeskuksen Emaksen tutkimusalueella havaittiin suomugrafiittia sisältävän mustaliuskeen uraanipitoisuuden korreloivan grafiittipitoisuuden kanssa siltä osin, kun grafiittipitoisuus oli $>4\%$ minkä vuoksi radiometrisiä mittausten menetelmiä voitiin hyödyntää. Kohonneet uraanipitoisuudet eivät kuitenkaan sulkeneet pois $<4\%$ grafiittipitoisuuksia (Kuusela ym. 2022).

Grafiittipitoisten mustaliuskeiden petrofysikaalisiin ominaisuuksiin geofysiikan mittausten kannalta vaikuttavat pääasiassa grafiitin ja rautasulfidien määrä ja tekstuuri. Mustaliuskeiden grafiitin lisäksi myös niissä usein esiintyvä magneetikiiisu on hyvä johde (Marmo, 1960). Magneetikiiisu vaikuttaa sähkönjohtavuuden lisäksi merkittävästi

myös kiven magneettisiin ominaisuuksiin. GTK:n tutkimusten perusteella voi olettaa magneettikiisun läsnäolon merkitsevän anomaalisten grafiittipitoisuuksien (useita kymmeniä prosenteja) harvenemista. Rikkaita grafiittiosueita voi kuitenkin löytyä hienorakeisen magneettikiisuverkon seasta (Niskanen ym. 1992).

VLF- ja VLF-R -menetelmiä on käytetty Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla liuskejaksojen mittaamisessa hyvällä menestyksellä. Menetelmässä käytetään 10–30 kHz taajuusalueella toimivien voimakkaiden radioasemien aikaansaamaa sähkömagneettista kenttää ja sillä voidaan paikantaa ympäristöstä johtavuudeltaan ja eristävyydeltään eroavia kerroksia ja kivilajirajoja. Näiden mittausten syvyysulottuvuus vaihtelee laajasti tutkimusalueesta riippuen 50 metristä 200 metriin (Niskanen ym. 1992).

Omapotentiaalimenetelmällä mitataan potentiaalienttiä, jotka johtuvat erilaisista sähkökemiallisista ilmiöistä. Rautasulfidit ja grafiitti saavat aikaan voimakkaita potentiaalienttiä, kun johdemineralisaatiossa tapahtuu hapetus-pelkistys-reaktioita. Paksupeitteiset suot ja savimaat pienentävät anomaliaa ja anomaliaan vaikuttaa lisäksi pohjavesipinnan sijainti ja maapeitteen laatu. Keski-Pohjanmaalla on käytetty liuskealueiden mittauksissa omapotentiaalimenetelmää kangasmaastoissa johteiden laadun arviointiin ja jatkuvuuden kartoittamiseen (Niskanen ym. 1992).

Geofysiikan lisäksi malminetsinnässä käytetään perinteistä lohkekartoitusta. Grafiitin ollessa pehmeä materiaali, eivät grafiittirikkaat lohkareet kestä jäätikön kuljetusta kovinkaan hyvin, ja tämän vuoksi grafiittipitoisuudeltaan merkittävien grafiittilohkareiden kuljetusmatkat ovat usein verrattain lyhyitä ja lohkareiden voi olettaa olevan paikallisia (Saltikoff 1985). Suomesta tunnetaan kuitenkin yksi poikkeuksellinen tapaus Padasjoen kunnan Toritussa, jossa kaksi erittäin grafiittirikasta lohketta löytyi lähes kilometrin päästä lähimmästä sähkönjohdeanomaliasta (Marmo 1988).

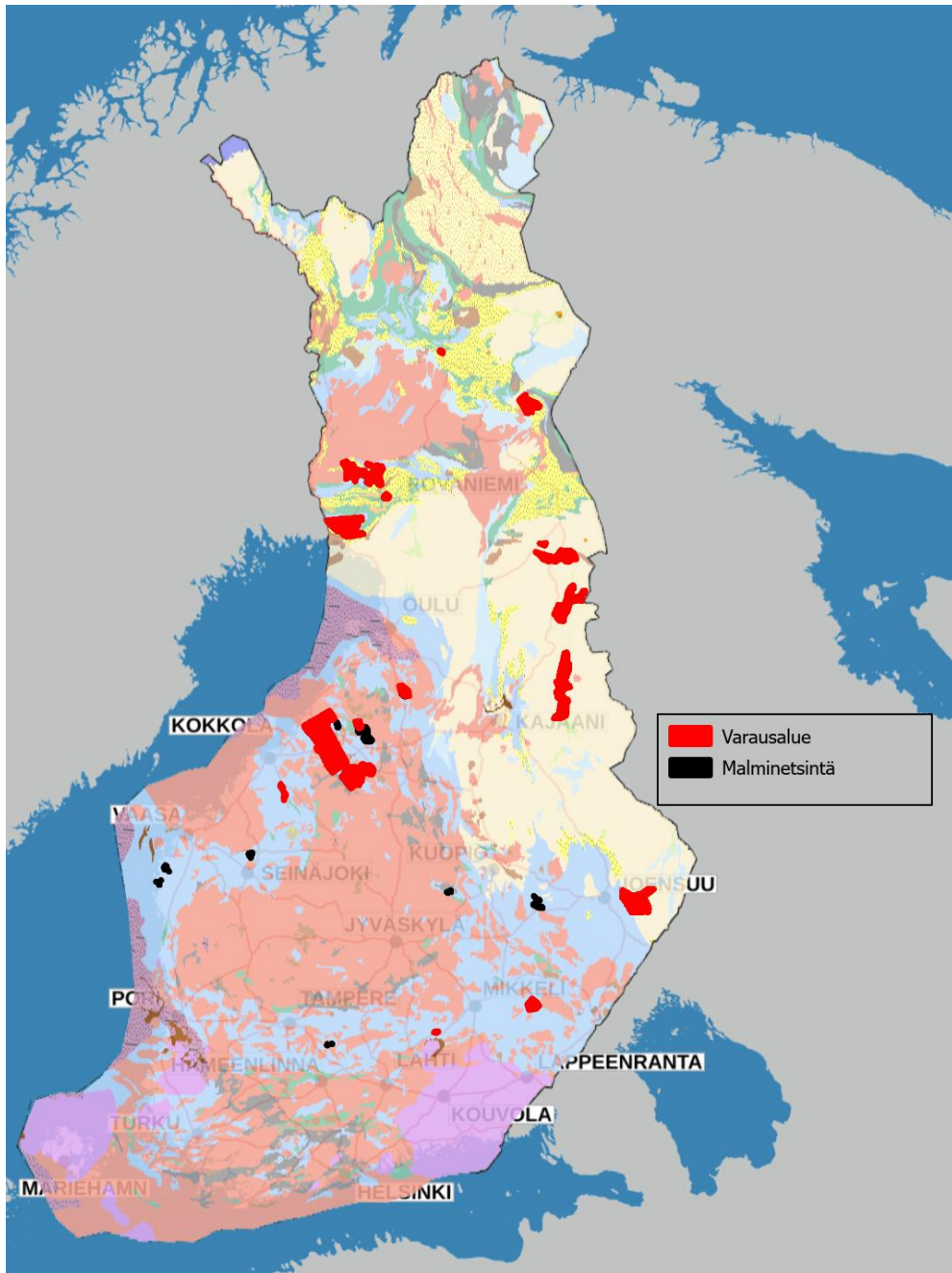
Grafiitin lohkekartoitus on yleisesti suhteellisen suoraviivaista, sillä sulfidirikkaat ja grafiittipitoiset kivet erottuvat yleensä selkeästi muista alueen kivistä ruosteisuutensa vuoksi. Grafiittipitoisuuden kasvaessa epäpuhtauksien, esimerkiksi sulfidien, suhteellinen määrä kuitenkin pienenee mikä hankaloittaa grafiittipitoisten lohkareiden silmämääräistä etsimistä ruosteisuuden perusteella.

7 MALMINETSINNÄN NYKYTILA

Suomessa on ollut kuluneen vuosikymmenen aikana nähtävissä merkittävää kasvua ja kiinnostusta grafiitin etsintään sen jälkeen, kun Euroopan komissio määritteli grafiitin kriittiseksi mineraaliksi EU:n taloudelle (Euroopan komissio 2023). Malminetsintää tekevien yritysten ja tahojen määrä on kasvanut kiihtyvällä tahdilla ja viimeisen neljän vuoden aikana grafiitin ja muiden akkumineraalien malminetsintää on tehty myös eri tahojen yhteistyönä osana laajempaa BATCircleksi nimettyä konsortiota.

BATCircle perustettiin vuonna 2019 ja sitä koordinoi Aalto yliopisto. Se on Suomeen keskittyvä akkumetallien ja -mineraalien kiertotalouden konsortio, joka pyrkii edistämään kaivosalan, metalliteollisuuden ja akkukemikaaliteollisuuden tuotannon prosesseja ja parantamaan litiumioniakkujen kierrätettävyyttä. Konsortion tavoitteena on myös vahvistaa eri yritysten ja tutkimusorganisaatioiden välistä yhteistyötä Suomessa. Alkuperäinen BATCircle toimi vuosien 2019 ja 2021 välillä ja sen jälkeen on perustettu 1.5.2021 aloittanut kolmivuotinen jatkoprojekti nimeltä BATCircle2.0.

Vuonna 2023 grafiitin malminetsintä on kohdistunut pääasiassa Itä-Suomen arkeiselle alueelle, Peräpohjan liuskejaksolle ja Pohjanmaan liuskejaksolle. Yksittäisiä tutkimuskohteita on myös Keski-Suomen graniittialueella (Kuva 2).



Kuva 2. Grafiittiin joko kokonaan tai osittain kohdistetut varausalueet ja malminetsintä-lupa-alueet vuonna 2023. Lähde: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2023

LÄHDELUETTELO

Peter R. Buseck ja Olivier Beyssac, 2014. From organic matter to graphite – graphitization. *Elements*, Vol. 10 p. 421-426

Euroopan komissio, 2023. European Commission, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report p. 3

Gilpin R. Robinson, Jane M. Hammarstrom ja Donald W. Olson, 2017. Graphite. Chapter J of *Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply* p. 4

Rumble, 2014. Hydrothermal graphitic carbon. *Elements*, Vol 10 p. 427-433

Ahtola T ja Kuusela J, 2015. Esiselvitys Suomen grafiittipotentialista. Geologian tutkimuskeskus.

Barrenechea JF, Luque FJ, Ortega L, Rodas M, Millward D, Beyssac O, 2012. Graphite morphologies from the Borrowdale deposit (NW England, UK): Raman and SIMS data. p. 3.

Krauss, UH, Schmidt, HW, Taylor, HA, ja Sutphin, DM 1989, *International Strategic Minerals Inventory summary report; natural graphite*

Kuo, 2014. Gouge graphitization and dynamic fault weakening during the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake. *Geology* 42: p. 47-50

Eva E. Stüeken, Kristoffer Szilas, Vincent J. van Hinsberg, 2023. Evaluating the biosignature potential of nitrogen concentrations in graphite and associated K-silicates. *Chemical Geology* Volume 617

Hayes, J.M., Kaplan, I.R., Wedeking, K.W., 1983. Precambrian organic geochemistry, preservation of the record. In: Schopf, J.W. (Ed.), *Earth's Earliest Biosphere - its Origin and Evolution*. Princeton University Press, Princeton, NJ, p. 93–134

Vendenbroucke and Largeau, 2007. Kerogen origin, evolution and structure. *Organic Geochemistry* 38: p. 719-833

Aminul Islam, Biswajyoti Mukherjee, Krishna Kant Pandey, Anup Kumar Keshri, 2021. Ultra-Fast, Chemical-Free, Mass Production of High Quality Exfoliated Graphene. *ACS Nano*.

Scogings A, 2015. Graphite exploration – the importance of planning. *Industrial Minerals Joulukuu 2015*: s. 42

Gautneb H ja Tveten E, 2000. The geology, exploration and characterisation of graphite deposits in the Jennestad area, Vesterålen, northern Norway. *Norjan Geologian Tutkimuskeskus: NGU-BULL 436, 2000* – s. 67-68

Marmo V, 1960. On the sulphide and sulphide-graphite schists of Finland. *Geologinen tutkimuslaitos*.

Kuusela J, Nygård H, Salvador D, Al-Ani T, Kujasalo J, Leväniemi H, Thurman N, Hulkki H, Taivalkoski A, Lehto T, Kuva J. Indications of flake graphite and Ni–Co–Au mineralization in metavolcanic sequences in Emas, Kruunupyy, western Finland. *Geological Survey of Finland, Open File Research Report 44/2022*: s. 23

Niskanen M, Salmirinne H, Pernu T, Gehör S, 1992. Keski-Pohjanmaan GRAFIITTI-projektin geofysikaaliset tutkimukset. Oulun yliopisto.

Saltikoff B, 1985. Lohkare-etsijän opas. *Geologian tutkimuskeskus*. s. 22.

Marmo J, 1988. Grafiittitutkimukset Padasjoen Toritussa vuonna 1987. *Geologian tutkimuskeskus*.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2023. <https://tukes.fi/karttatiedostot-rss-atomfeed/ina> (18.04.2023).