



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**SVEKOFENNINEN MAGMATISMI,  
SUPRAKRUSTISET KIVET JA TEKTONIIKKA  
SAVON VYÖHYKKEELLÄ**

Markus Tuppurainen

GEOTIETEIDEN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2021

# TIIVISTELMÄ

Svekofenninen magmatismi, suprakrustiset kivet ja tektoniikka Savon vyöhykkeellä

Markus Tuppurainen

Oulun yliopisto, Geotieteiden tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2021, 16 s, 1 liite

Työn ohjaaja yliopistolla: Kari Strand

Varhainen svekofenninen magmatismi ja tektoniikka muovasivat Savon vyöhykkeelle ominaiset gabrot, gneissit, migmatiitit ja tonaliitit. Näiden kivien deformaatio oli monivaiheinen prosessi. Savon vyöhykkeen kivet eroavat muista svekofennisistä muodostumista synty-ympäristönsä perusteella. Ne kerrostuivat merellisissä syvän veden ympäristöissä tai vulkaanisissa kaarissa. Tässä työssä keskitytään analysoimaan kirjallisuuden pohjalta näiden kaikkien kivien syntyä, kehitystä ja nykyistä asemaa Savon alueella. Kivien tutkimisessa on käytetty isotooppiajantamis- ja geokemiallisia menetelmiä, joiden avulla on pyritty erottamaan juuri varhaisimman magmatismin synnyttämät kivet. Ajoittamisessa on keskitytty 1930–1880 Ma ikäisiin suprakrustisiin kiviin. Nämä ovat Savon vyöhykkeellä suurelta osin metasedimenttejä tai metavulkaniitteja. Tutkimuksissa on havaittu näiden kivien muodostavan kolme toisistaan poikkeavaa seuruetta. Tarkastelun kohteena ovat myös Savon vyöhykkeen mafiset- ultramafiset intruusiot ja niissä esiintyvät malmipotentialit mineralisaatiot. Näistä mineralisaatioista tärkeimpiä ovat Ni-Cu ja PGE -mineralisaatiot. Intruusiodien luokittelussa on käytetty sovelletusti Nardett'in luokitteluasteikkoa, geokemiallista luokittelua ja U-Pb-ajantamismenetelmää.

# SISÄLLYSLUETTELO

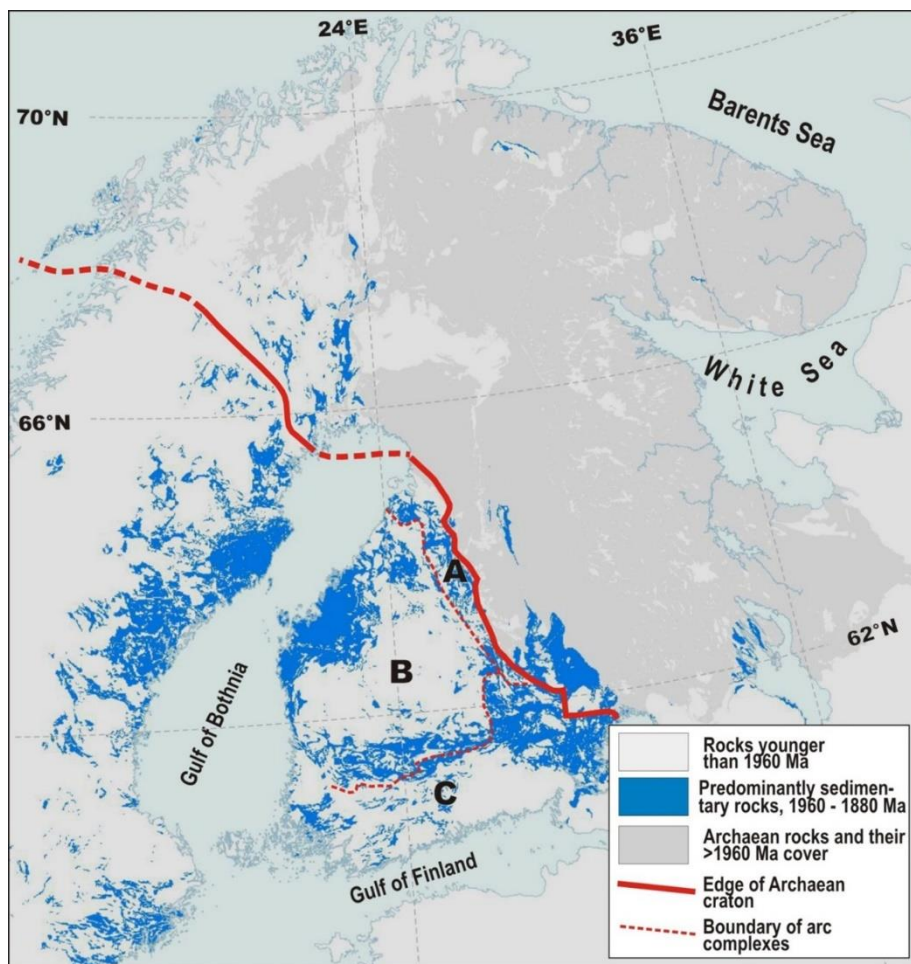
1. Johdanto .....	4
2. Geologinen tausta.....	5
2.1 Svekofenninen orogenia.....	5
2.2 Suprakrustien muodostuminen.....	5
3. Aineisto .....	8
4. Savon vyöhyke .....	9
4.1. Synty-ympäristö ja tektoninen kehitys.....	9
4.2. Suprakrustisten kivien ikä, asu ja geokemia .....	10
4.3. Mafiset ja ultramafiset intruusiot .....	11
5. Yhteenveto .....	13
Lähdeluettelo.....	15

## LIITEET:

Liite 1. Taulukko Svekofennisten kivien iät Savon vyöhykkeellä

## 1. Johdanto

Svekofenninen vulkanismi ja tektoniikka ovat eräitä olennaisimmista kallioperäämme muovanneista geologisista tapahtumista. Näiden tapahtumien kautta syntyivät Keski-Suomelle ominaiset turbidiittiset sedimentit, vulkaaniset kivet ja migmatiitit. Nämä kivet kävivät läpi mm. useita metamorfoosivaiheita, joista osa tapahtui korkeassa paineessa ja lämpötilassa. Kun näitä kiviä on ajoitettu, tutkittu geokemiallisesti ja rakenteellisesti, on pystytty erottamaan kolme toisistaan poikkeavaa aluetta. Nämä ovat Savon vyöhykkeen primitiivinen kaarikompleksi (A), Keski- ja Länsi-Suomen akreetiokaarikompleksi (B), sekä Etelä- ja Länsi-Suomen akreetiokaarikompleksi (C) (Kuva 1). Tässä kirjoitelmassa keskitytään primitiiviseen kaarikompleksiin eli Savon vyöhykkeeseen kirjallisuuskatsauksen pohjalta.



Kuva 1. Fennoskandian kilven 1960-1880 Ma ikäiset paleoproterotsooiset kivet Koistinen et al. (2001) mukaan (Melezhik, Hanski 2012)

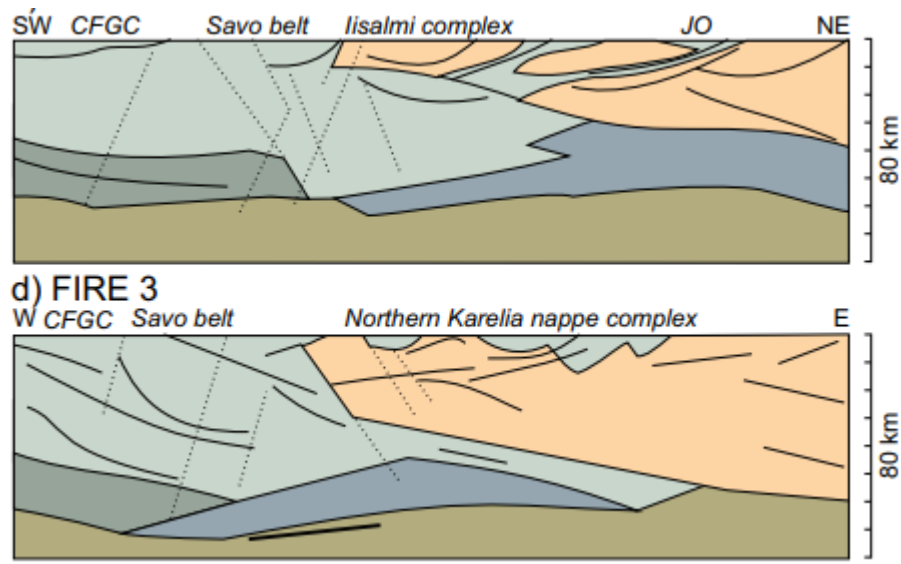
## **2. Geologinen tausta**

### **2.1 Svekofenninen orogenia**

Svekofennidisen orogenian varmistettu historia alkaa noin 1950 Ma vuotta sitten. Laattatektoniikan vaikutuksesta ja merellisen kuoren muodostumisesta on todisteena Jormuaan ofioliitti. Zirkonien ikäjakaumassa ja geokemiassa on merkkejä vielä vanhemmasta noin 2100 Ma vuotiaasta mantereesta, mutta tällaista ei kuitenkaan olla toistaiseksi löydetty (Vaasjoki et al. 2005). Vanhimmat svekofenniset primitiiviset saarikaarityypin vulkaniitit ovat noin 1930 Ma vuoden ikäisiä. Lapin granuliittialueelta tehtyjen havaintojen perusteella, on todettu subduktiota kuitenkin tapahtuneen jo tätä aikaisemmin (Vaasjoki et al. 2005). Nuoremmat, pitkälle kehittyneen saarikaaren vulkaniitit ovat noin 1910–1890 Ma ikäisiä. Näihin aikoihin olivat svekofennidit kiinnittyneet arkeeseen mantereeseen. Tektonisen vahventumisen jälkeen vaipasta purkautui magmaa tähän törmäysvyöhykkeeseen aiheuttaen kuoren osittaista sulamista ja laajaa korkeanasteen metamorfoosia (Korsman, Koistinen 1998). Lisäksi syntyi poikkeuksellisen paksu mantereellinen kuori. Tästä kuoresta on edelleen jäljellä huomattava määrä, vaikkakin siitä on rapautunut useita kilometrejä ainesta.

### **2.2 Suprakuorustien muodostuminen**

Savon liuskejakso rajoittuu idästä arkeeseen kratoniin ja karjalaisiin muodostumiin. Lännessä ja etelässä aluetta rajaavat nuoremmat svekofenniset muodostumat, josta nähdään yleiskatsaus kuvassa 2. Savon vyöhykkeelle ovat ominaisia lukuisat hiertovyöhykkeet. Yleisimpiä kiviä ovat kiillegneissit, jotka sisältävät vulkaanisia kiviä, kiilteistä grafiittia, mustaliuskeita ja karbonaattikiviä. Alueen keskiosien vulkaaniset kivet kuuluvat kahteen joukkoon. Nämä ovat bi-modaalinen 1920 Ma ikäinen joukko ja 1890-1880 Ma ikäinen mafinen/intermediaaninen joukko. Alueella esiintyy myös 1920 Ma ikäisiä gneissisiä tonaliitteja ja 1890-1880 Ma ikäisiä granitoideja. (Vaasjoki et al. 2005)



Kuva 2. Savon vyöhykkeen tektoniikkaa. CFGC: Keski-Suomen granitoidi kompleksi, JO: Jormuan ofioliitti (Lahtinen et al. 2009 mukaan).

Svekofenniset suprakrustit ovat pääosin turbidiittivirtauksista kerrostuneita sedimenttejä. Nämä metamorfoituivat korkeassa lämpötilassa ja paineessa fylliiteiksi, kiilleliuskeiksi, kiillegneisseiksi ja migmatiiteiksi (Kähkönen 1998). Metasedimenttien lisäksi esiintyy metavulkaniitteja, joiden koostumus vaihtelee merkittävästi. Simonen (1964) arvioi svekofennidisten suprakrustien olevan 80 % kiillerikkaita liuskeita, migmatiitteja ja gneissejä. Lisäksi esiintyy emäksisiä ja intermediäärisiä metavulkaniitteja (amfiboliitteja, metabasaltteja) noin 13 %. Felsisiä liuskeita (leptiittejä kvartsi-maasälpäliuskeita) on noin 6–7 %. Lopuksi karbonaattikiviä ja kvartsiitteja voi esiintyä pieniä määriä. Näistä suprakrusteista voidaan kuitenkin erottaa kolme erilaista pääseuruetta. Näitä ovat metavulkaniittirikas metasedimenttejä sisältävä seurue, metasedimenttivaltainen seurue ja felsisiä liuskeita, gneissejä sekä karbonaattikiviä sisältävä seurue. Näistä ensin mainitussa seurueessa esiintyy paljon pyroklastisia ja vulkaanisia kiviä. Nämä kivet kerrostuivat osin veteen ja osin maalle. Emäksisten, intermediäärien ja happamien kivien osuudet vaihtelevat alueittain huomattavasti, paikoin metavulkaniitit muodostavat bimodaalisia seurueita (Kähkönen 1998). Kemiallisesti nämä kivet muistuttavat nykyisillä vulkaanisilla kaarilla syntyviä kiviä. Tästä voidaan päätellä niiden syntyneen vulkaanisella kaarella tai lähistöllä.

Toisena mainittua seuruetta hallitsevat turbidiittiset metasedimentit, mutta myös mustaliuskeita ja metaserttejä esiintyy. Lisäksi seurueessa on dolomiitteja ja metavulkaniitteja. Nämä vulkaniitit ovat tyypillisesti emäksisiä meren pohjaan purkautuneita tyynylaavoja. Tämän tyyppin seurueet sijoittuvat nykyisessä kallioperässä ensin mainittujen seurueiden alueiden väliin ja muodostavat monimutkaisia metasedimenttivaltaisia alueita. (Kähkönen 1998).

Viimeisenä mainitussa seurueessa esiintyy pääosin felsisiä liuskeita ja gneissejä. Lisäksi esiintyy kiillegneissejä ja -liuskeita. Nämä felsiset kivet muodostavat paikoittain bimodaalisia seurueita ja niillä on sekä kaarivulkanismille, että valtameren selänteille ominaisia piirteitä. Tämän seurueen kivet syntyivät vaihtelevissa ympäristöissä (Kähkönen 1998).

Svekofennidisten suprakrustien deformaatio on monivaiheinen ja pitkä prosessi. Tämä on havaittavissa migmatiitti- ja gneissialueilla, joilla varhaisimman makaavan poimutuksen yhteydessä syntyi voimakas akselitasoinen poimutus. Nämä poimutukset deformoituiivat edelleen ja ovat nykyään asennoltaan vaihtelevia. Kuitenkin yleisesti kerroksellisuuksien ja liuskeisuuden suunta Savon vyöhykkeellä on luoteen ja pohjoisen välillä, mutta kaareilee voimakkaasti. Tästä esimerkkinä on Pielaveden alue, jota hallitsevat pitkänomaiset akselitasoltaan pohjois-eteläsuuntaiset anti- ja synformit. Näiden poimujen tyyli vaihtelee avoimien ja tiukkojen välillä sekä akselitasot viettävät 50-80 astetta idän puolelle tai ovat pystyjä. Näitä muodostumia leikkaavat joukko luode-kaakkosuuntaisia siirroksia ja hirtovyöhykkeitä. Lisäksi on etelä-pohjois-suuntaisia siirroksia. (Kähkönen 1998)

### **3. Aineisto**

Svekofennistä orogeniaa on tutkittu melko laajasti, mutta sen varhaisinta vaihetta ei niinkään. Pääasiallisena aineistona tässä työssä on käytetty teosta Precambrian geology of Finland, key to the evolution of the Fennoscandian shield (Lehtinen et al. 2005). Kokoelma sisältää geologien ja geofyysikoiden kirjoittamia katsauksia Suomen kallioperän historiasta. Erityisesti on perehdytty tämän työn kannalta olennaisimpiin lukuihin. Kirjan luvussa yksi on käyty läpi Suomen geologian yleiskuvaa, nimeämiskäytäntöjä ja alueellisia yleispiirteitä. Luvussa kahdeksan on kuvailtu tarkasti svekofennisiä suprakrusteja, niiden luonnetta, rakennetta ja synty-ympäristöä. Luvussa yhdeksän on käsitelty svekofennidien mafisia- ja ultramafisia intruusioita ja se toimikin tässä työssä aiheen pääasiallisena lähteenä.

Aihetta tukevana julkaisuna on hyödynnetty myös kirjaa Suomen kallioperä – 3000 vuosimiljoonaa. Teoksessa on käsitelty Suomen kallioperän tutkimuksen historiaa ja geologian peruskäsitteistöä. Katsauksesta sai myös hyvän kokonaiskuvan svekofennidisestä poimutuksesta ja siihen liittyvistä suprakrusteista. Lisäksi tässä työssä on perehdytty soveltuviin Geologian tutkimuskeskuksen julkaisuihin svekofennidisestä kallioperästä Savon vyöhykkeellä.



## 4. Savon vyöhyke

### 4.1. Synty-ympäristö ja tektoninen kehitys

Savon vyöhykkeen suprakrustiset kivet, kuten suurin osa svekofennidien suprakrusteista, ovat kerrostuneet merellisessä syvän veden ympäristössä tai vulkaanisissa kaarissa. Täällä syntyi paksuja turbidiittikerroksia. Nämä turbidiitit ja vulkaniitit poimuttuivat myöhemmin svekofennisessä orogeniassa. Tarkkaa aikaa ei tunneta, mutta arvioidaan, että Savon vyöhykkeen turbidiitit ja vulkaniitit olisivat ensin törmänneet ja muodostaneet ns. Keiteleen mikromantereen, joka myöhemmin noin 1910–1900 Ma törmäsi arkeeseen kratoniin (Kähkönen 1998). Tässä lienee tapahtunut pidempiaikaista deformaatiota ja metamorfoosia. Kun svekofennidit olivat kiinnittyneet arkeeseen mantereeseen, nousi lämpötila ja paine Savon vyöhykkeellä leukotonaliitti-migmatiitti-alueelle. Myöhemmin noin 1880 Ma vuotta sitten tapahtui magmapulssi ja lämpötilan noustessa saavutettiin granuliitti-fasieksen paine-lämpötilaolot (Kähkönen 1998).

Savon vyöhykkeen seurannoista pidetään esimerkkinä Pielaveden ja Pyhäsalmen seudun kiviä. Tämä kerrossarja alkaa merenalaisilla metabasalteilla. Näiden päälle kerrostui paljon syvänmeren turbidiitteja. Nämä sisältävät satunnaisia välikerroksia, joissa on grafiitteja sekä vulkaanisia kerroksia. Tämä yksikkö vaihtuu Savijärven sarjaksi, joka kerrostui matalammassa vedessä. Se koostuu karbonaattikivistä, serteistä, happamista vulkaniiteista, uraani-fosforisedimenteistä, kvartsiraitaisista rautamuodostumista sekä mustaliuskeista. Tästä seuraava Säviän sarja on kaupallisesti mielenkiintoinen, sillä tähän laajaan bi-modaaliseen vulkaniittiseurueeseen liittyy massiivisia sulfidimalmeja sekä kordieriitti-antofylliitti-gneissejä. Viimeisen sarjan nuorimman yksikön muodostaa Koivujoen sarjan turbidiittiset sedimentit. Näissä välikerroksina esiintyvät vulkaniitit on ajoitettu noin 1890–1880 Ma ikäisiksi. Nämä edustavat hyvin myös muita Svekofennidien alueella tavattavia, kehittyneemmän kaarivulkanismin synnyttämiä vulkaniitteja. Savon alueen metavulkaniitit edustavat epäkypsää saarikaariympäristöä ja tämä bi-modaalinen vulkanismi liittyy saarikaaren hetkittäiseen repeämiseen. Pyhäsalmen, Pielaveden ja Rautalammin seudulla tavataan lisäksi gneissimäisiä tonaliitteja. Näiden sisältämät zirkonikiteet on ajoitettu noin 1930–1920 Ma ikäisiksi. Harvinaisen ikänsä takia nämä tonaliitit ovat kiinnostavia svekofennidien kehitystä pohdittaessa, mutta niiden luonne on edelleen epäselvä. (Kähkönen 1998)

## 4.2. Suprakrustisten kivien ikä, asu ja geokemia

Svekofennisiä kiviä käsiteltäessä U-Pb -isotooppiajoituksella, tulevat lähes kaikki iänmäärittämisessä käytettävät zirkonikiteet kaari-vulkanismityypin sarjoista. Kuten aiemmin mainittiin, Savon vyöhykkeen vulkaaniset kivet ajoittuvat noin 1930–1920 Ma vuoden ikäisiksi ja ovat tällöin muita svekofennidien alueella tavattavia vulkaanisia kiviä vanhempia. Nämä muut vulkaaniset kivet ajoittuvat noin 1905–1880 Ma vuoteen. On huomioitava, että näitä nuorempiakin vulkaanisia kiviä esiintyy Savon vyöhykkeellä (Kähkönen 1998). Tämän vyöhykkeen plutoniset kivet antavat saman ikähaarukan 1930–1920 Ma vuotta. Tarkemmin Savon vyöhykkeen kivien ikähaarukasta taulukossa 1 (liitteenä).

Savon vyöhykkeen kivet ovat yleisimmin migmatisoituneita kiillegneissejä (Kuva 3A), jotka ovat alkuperältään hiekkakiviä tai grauvakoita. Lisäksi esiintyy kvartsi-maasälpäkiilteitä ja amfiboliitteja. Myös grafiitti-kiilteet ovat paikallisesti yleisiä ja haittaavat alueen gravitaatio- ja magneettimittauksia. Alueen vulkaaniset kivet ovat paikoittain esiintyviä, mutta sisältävät potentiaalia massiivisiin sulfidimalmeihin, ja ovat tämän takia taloudellisesti kiinnostavia. Paikoittain on säilynyt muutamia tyynylaavoja (Kuva 3B).



A



B

Kuva 3. Savon vyöhykkeen suprakrustisten kivien rakennetta. A Migmatisoitunut kiillegneissi, Ruukki. B Tyynylaava, Pyhäsalmi. Kuvat: A Jukka Kousa, B Yrjö Kähkönen (Kähkönen 2005).

Pielavesi/Pyhäsalmi -seudun kiviä pidetään hyvin Savon vyöhykettä kokonaisuudessaan edustavina. Virtasalmen alue taas edustaa tätä rakenteellisesti hyvin. Tämän alueen tasollisten rakenteiden kaateet ovat suurelta osin luoteis- ja pohjois-suuntaisia, toisin kuin Saimaan ja Pirkanmaan alueella, jossa nämä ovat itä-koillis-suuntaisia (Kähkönen 1998). Virtasalmen alueen kivet koostuvat pääosin amfiboliittisista vulkaanisista kivistä, kiillegneisseistä, migmatiiteista, kiilleliuskeista ja paikoin runsaista mafisista ja felsisistä vulkaanisista kivistä. Suurelta osin tämän alueen kivien primäärit rakenteet ovat tuhoutuneet uudelleenkiteytymisen ja deformaation vaikutuksesta. Kuitenkin esimerkiksi joitain tyynylaavojen, tuffien ja laavatunnelien rakenteita on säilynyt pienemmän rasituksen alueilla (Kähkönen 1998). Nämä vulkaaniset kivet ovat kemiallisesti subalkalisia thoeliittisia basaltteja ja andesiitteja. Ne ovat kemiallisesti lähempänä merellisen tasangon laavoja kuin kaarivulkanismin synnyttämiä basaltteja. Maantieteellisesti ja geologisesti Virtasalmen alue on Savon vyöhykkeen pääalueen sivuhaara. Tällä alueella ovat sedimenttiset karbonaatit yleisimpiä ja vulkaaniset kivet eivät ole kaarityypisiä. Alueen mafiset kivet saattoivat kasaantua repeämä- tai marginaaliallas olosuhteissa. Toisaalta on mahdollista, että kivet olivat osana merellisen tasangon oloja. Tässä tapauksessa Virtasalmen alueen kivet olisivat mielenkiintoinen osa Savon vyöhykettä (Kähkönen 1998).

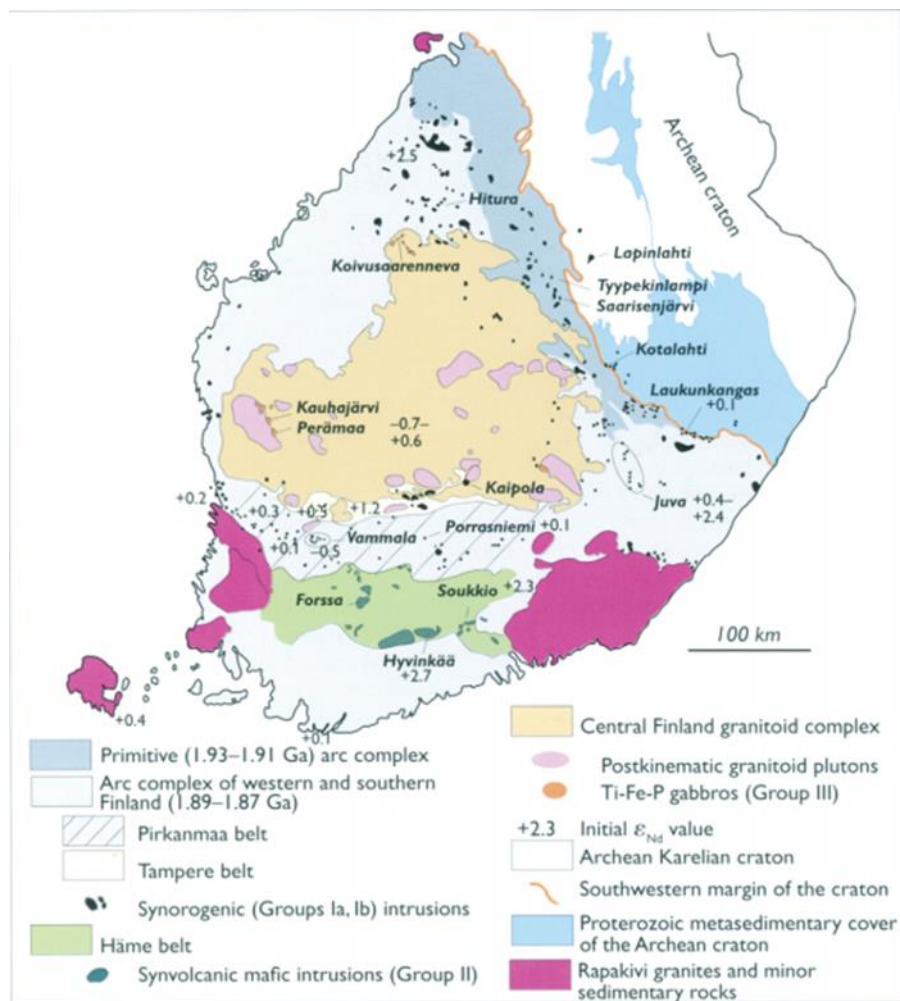
### **4.3. Mafiset ja ultramafiset intruusiot**

Svekofennidien poimutuksen synorogeenisessä vaiheessa syntyi paljon mafisia ja ultramafisia intruusioita. Näiden luokittelua vaikeuttaa orogenian aikaiset ja sitä seuranneet metamorfoosit, kuten eroosio, uudelleenkiteytyminen, intruusiota ympäröivien kivien uudelleenjärjestyminen ja assimilaatio kohonneissa lämpötilaoloissa. Tarkka luokittelu on kuitenkin tärkeää, sillä nämä intruusiot antavat mahdollisuuden vaipan materiaalin tutkimukselle. Lisäksi ne sisältävät usein Ni-Cu-PGE sulfidi, Ti-Fe-V oksidi tai apatiitti -mineralisaatioita, jotka ovat taloudellisesti merkittäviä (P. Peltonen 2005). Svekofennidisten mafisten-ultramafisten intruusioiden sijainteja on esitetty kuvassa 4. Nämä intruusiot voidaan luokitella melko hyvin isotooppi-än, geokemian ja petrologian perusteella. Jos käytetään Naldrett:n luokittelua, kuuluvat kaikki Svekofenniset intruusiot luokkaan 4 (Peltonen 2005). Luokan 4 intruusiot ovat syndeformatiivisia, pirstaloituneita, osittain metamorfoituneita ja osoittavat primäärisen

hydrologisen fasiuksen läsnäoloa. Näin ollen tämä luokittelu on riittämätön svekofennisille intruusioille. Niitä tarkemmin tutkittaessa, on U-Pb menetelmällä saatu eroteltua kolme ikäryhmää: 1885 Ma, 1880 Ma ja 1875 Ma vuotta (Perttunen 2005). Kaikkien taloudellisesti merkittävien mineralisaatioiden on havaittu sijoittuvan 1880 Ma ryhmään. Ikää ei voida kuitenkaan pitää ainoana luokittelumenetelmänä. Geotektonisten yksiköiden pohjalta svekofenniset intruusiot jaetaan tarkemmin kolmeen ryhmään: Länsi-Suomen kaarikompleksin sisäisiin, Etelä-Suomen kaarikompleksin sisäisiin ja Keski-Suomen granitoidikompleksin sisäisiin intruusioihin. Länsi-Suomen kaarikompleksin sisäiset intruusiot jaetaan arkeaisen kratonin läheisyydessä oleviin sekä Tampereen ja Pirkanmaan vyöhykkeillä oleviin intruusioihin (Peltonen 2005). Savon vyöhykkeen kannalta merkittäviä ovat ainoastaan kratonin läheiset intruusiot. Näitä tavataan sekä vanhemmassa primitiivisessä kaarikompleksissa että nuoremmassa kehittyneessä kaarikompleksissa. Lisäksi osa sijoittuu jopa arkeaisen kratonin puolelle. Useat näistä intruusioista sisältävät Ni-Cu-mineralisaatioita.

## 5. Yhteenveto

Svekofennidinen kallioperä muodostaa suuren osan Suomen alueen kallioperästä (Kuva 4). Tämä muodostui noin 1300 Ma vuotta siten svekofennisessä orogeenissa. Näissä tapahtumissa syntyi suuri määrä graniitteja, turbidiittisia sedimenttejä ja migmatiitteja. Nämä metamorfoituivat myöhemmin synnyttäen Savon vyöhykkeelle tyypillisiä kiillegneissejä, tonaliitteja ja metavulkaniitteja. Lisäksi alueella ovat yleisiä grafiittikiilteet.



Kuva 4. Yksinkertaistettu Keski- ja Etelä-Suomen geologinen kartta, jossa erityyppiset mafiset-ultramafiset intrusiot muokattuna Korsman et al. (1997) ja Rämö et al. (2001) mukaan (Peltonen 2005).

Svekofennisessä orogeniassa syntyi poikkeuksellisen paksu mantereinen kuori. Paine ja lämpötila kasvoivat huomattavasti. Nämä vastasivat metamorfoosin huippuvaiheessa ylemmän amfiboliittifasiuksen lämpötila-paineolosuhteita. Svekofennidien alueella tavataan useita kivilajiseurueita. Näitä ovat 1) metavulkaniittirikas metasedimenttejä sisältävä seurue, 2) metasedimenttivaltainen seurue sekä 3) felsisiä liuskeita, gneissejä ja sedimenttisyntyisiä karbonaatteja sisältävä seurue. Savon vyöhykkeen kivet ovat noin 1930–1882 Ma ikäisiä. Ne eroavat muista svekofennidisistä kivistä synty-ympäristönsä perusteella. Ne syntyivät primitiivisessä saarikaariympäristössä. Tästä on todisteena mm. alueella esiintyvä bi-modaaliset seurueet.

Svekofennidisen orogenian aikana syntyi huomattavia määriä mafisia-ultramafisia intruusioita. Ne luokitellaan Svekofennidien alueella ikänsä perusteella kolmeen ryhmään. Nämä ovat 1885 Ma, 1880 Ma ja 1875 Ma ikäiset ryhmät. Näistä mielenkiintoisin on 1880 Ma ikäryhmä. Tämä ryhmä sisältää kaikki taloudellisesti merkittävät Ni-Cu-PGE, apatiitti, tai Ti-Fe-V-oksidi -mineralisaatiot. Nämä intruusiot luokitellaan ikänsä lisäksi vielä geotektonisen luokittelun avulla: Länsi-Suomen kaarikompleksi, Etelä-Suomen kaarikompleksi ja Keski-Suomen granitoidikompleksin sisäiset intruusiot. Länsi-Suomen kaarikompleksin sisäiset intruusiot jaetaan vielä tarkemmin arkeisen kratonin läheisiin ja Tampere-Pirkanmaa vyöhykkeen sisäisiin intruusioihin. Savon vyöhykkeellä on vain kratonin läheisiä intruusioita. Useat näistä intruusioista sisältävät Ni-Cu mineraalisaatioita ja ovat taloudellisesti mielenkiintoisia.

## Lähdeluettelo

Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wenneström, M., Korhonen, J. 2001. Geological Map of the Fennoscandian Shield, Scale 1:2 000 000, Espoo, Trondheim, Upsala, Moscow.

Korsman, K., Koistinen, T., 1998. Luku 3 Suomen kallioperän yleispiirteet. Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa. Helsinki, Suomen Geologinen Seura ry., 375 s.

Kähkönen, Y., 2005. Chapter 8 Svecofennian supracrustal rocks. *Developments in Precambrian Geology* 14, 343–405. doi:10.1016/S0166-2635(05)80009-X

Kähkönen, Y., 1998. Luku 7 Svekofenniset liuskealueet. Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa. Helsinki, Suomen Geologinen Seura ry., 375 s.

Lahtinen, R., Korja, A., Nironen, M., & Heikkinen, P. (2009). Palaeoproterozoic accretionary processes in Fennoscandia. Sivut 237-256 julkaisussa P. A. Cawood, & A. Kröner (Eds.), *Earth accretionary systems in space and time*. (Geological Society Special publication; No. 318)

Lehtinen, M., Nurmi, P. A., & Rämö, O. T. (Eds.) (2005). *Precambrian geology of Finland: key to the evolution of the Fennoscandian shield*. (Developments in Precambrian geology; No. 14). Elsevier Scientific Publ. Co.

Melenzik V.A. Hanski. E.J. 2012. The Early Palaeoproterozoic of Fennoscandia: Geological and tectonic settings. Sivut 33-38 julkaisussa: V. Melezhik, A. R. Prave, A. E. Fallick, L. R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E. J. Hanski (Editors). *Reading the archive of earth's oxygenation: Vol. 1, Palaeoproterozoic of Fennoscandia as context for the Fennoscandian arctic Russia – drilling early earth project*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Mikkola P., Lukkarinen H., Luukas J., 2016. Suomenjoen kartta-alueen 3241 kallioperä ja kivilajiyksiköt [verkkodokumentti]. Geologian Tutkimuskeskus. Arkistoraportti 29/2016. Saatavissa: [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/29\\_2016.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/29_2016.pdf) [viitattu 20.2.2021]. 29 s.

Nironen, M., 2017. GUIDE TO THE GEOLOGICAL MAP OF FINLAND – BEDROCK 1:1 000 000. Teoksessa: Nironen, M., (toim.) Bedrock of Finland at the scale 1:1 000 000 – Major stratigraphic units, metamorphism and tectonic evolution. Espoo: Geological Survey of Finland, S. (41-76).

Peltonen, P., 2005. Chapter 9 Svecofennian mafic-ultramafic intrusions. *Developments in Precambrian Geology* 14, 407–441. doi:10.1016/S0166-2635(05)80010-6

Rämö, O. T., Vaasjoki, M., Mänttari, I., Elliott, B., & Nironen, M. (2001). Petrogenesis of the post-kinematic magmatism of the Central Finland Granitoid Complex I; radiogenic isotope constraints and implications for crustal evolution. *Journal of Petrology*, 42, 1971-1993.

Vaasjoki, M., Korsman, K., Koistinen, T., 2005. Chapter 1 Over view. *Developments in Precambrian Geology* 14, 1–17. doi:10.1016/S0166-2635(05)80002-7



Taulukko 1. Svekofennisten kivien iät Savon vyöhykkeellä (Kähkönen 2005) mukaan.

Vyöhyke/Sijainti	Kivilaji	Ikä	Lähde	Kommentit
<b>Pyhäsalmen alue:</b>				
Kettuperä	Gneissinen tonaliitti	1930 ± 15 Ma	Lahtinen, Huhma 1997	subvulkaaninen
Riitavuori	Ryoliitti	1921 ± 2 Ma	Kousa et. al 1994	
Pyhäsalmi	Plagioklaasi-porfyryri	1875 Ma	Helovuori 1979	Minimi-ikä koko zirkonifraktiosta
<b>Pielaveden alue:</b>				
Kotajärvi	Dioriitti/laava	1882 ± 2 Ma	Salli 1983	
Vihanti	Plagioklaasi-porfyryri	1978 ± 17 Ma	Vaasjoki, Sakko 1988	hypabyssal
<b>Virtasalmen alue:</b>				
Joroinen	Ryoliitti	1906 ± 4 Ma	Vaasjoki, Sakko 1988	
	Gneissinen tonaliitti	1903 ± 10 Ma	Huhma 1986	