

ARKISTOKAPPALE

M 17/Vrs-69/1

Matti Kontio

15.5.1969

RAPORTTITIEDOOTO
NO 788

VIRTASALMEN ALUEEN DRUMLINEISTA JA MOREENIAINEKSEN KUL-
KEUTUMISESTA

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
JOHDANTO	1
JÄÄTIKÖN LIIKE JA PLASTISUUS.....	2
YLEISTÄ DRUMLIINIALUEISTA JA DRUMLIINEISTA.....	4
Drumliinialueet ja niiden muodostumisolosuhteet...	4
Drumliinien syntyä käsittelevistä teorioista	6
VIRTASALMEN ALUE	10
Tutkimusalueen kuvaus	10
Kalliosydämet ja niiden muodostuminen	11
Drumliinien morfologiasta	15
Drumliinien aineksesta	16
Rakeisuusanalyysejä ja kivilaskuja	17
Suotlammen moreeninäytteiden rakeisuusana-	
lyysit ja vastaavat kivilaskut	17
Viitostien leikkaus	17
Nääringin leikkaus	18
Kaitaisten patjarakenne	19
Virmantauksen leikkaus	20
Päätelmiä drumliinien rakenteesta	21
Lohkarevastatutkimuksia	22
Hällinmäen vasta	22
Ruokojärven lohkarevasta ja kivilaskut	23
Suotlammen lohkarevasta	24
PÄÄTELMIÄ.....	26
Virtasalmen drumliinialueen muodostumisesta....	26
Aineksen kulkeutumisen selvittelyä	27
Lisätutkimusten tarpeellisuudesta	29
KIRJALLISUUTTA	31

TAULUKOISSA JA KUVISSA ESIINTYVÄT LYHENNYKSET

Kivilajit

1. amf = (sarvivälke) amfiboliitti
2. b = emäksiset kivet (kivilaskuissa=peridotiitti+gb=drgb)
3. diamf= diopsidiamfiboliitti
4. dr = dioriitti (kivilaskuissa=dr+kvdr=grdr)
5. drgb = dioriittigabro
6. gb = gabro
7. gn = (kivilaskuissa) kaikki gneissit+kvartsiitti
8. grankarsi = granaattikarsi
9. grdr = granodioriitti
10. karb = kalkkikivi
11. kgn = kiillegneissi
12. kvdr = kvartsidioriitti
13. kvmsgn= kvartsimaasälpägneissi
14. mlsk = mustaliuske
15. pgm = pegmatiitti
16. sngn = suonigneissi
17. unak = maasälpä-epidoottikivi

Rakeisuusfraktiot

∅

Sa = savi	0.002 mm
hHs = hieno hiesu	0.002-0.006 mm
kHs = karkea "	0.006-0.02 "
hHt = hieno hieta	0.02 -0.06 "
kHt = karkea "	0.06 -0.2 "
hHk = hieno hiekka	0.2 -0.6 "
kHk = karkea "	0.6 -2 "
hSr = hieno sora	2 -6 "
kSr = karkea "	6 -20 "

JOHDANTO

Tässä esityksessä on ollut tarkoituksena hieman valottaa olosuhteita Virtasalmen drumliinialueella varsinkin aineksen kulkeutumisen suhteen. Apuna tässä tutkimuksessa on käytetty erittäin yksityiskohtaista kallioperäkarttaa (L.Hyvärinen 1968), lohketutkimuksia, kivilaskuja ja raesuuruusanalyysyjä sekä myös syväkairauksissa havaittuja moreeninpaksuuksia.

Alueella tehdyt yli sata kivilaskua osoittavat, että aines seuraa kulkeutumisessaan tarkalleen jään liikesuuntaa, mutta kulkeutumismatkan pituus vaihtelee suuresti, mikä saattaa joutua sekä drumliininmuodostumisen mekanismista että myöskin havaintojen vaikeasta tulkittavuudesta. Kysymyksessä oleva alue muodostuu nimittäin kallioperältään erittäin voimakkaasti vaihtelevista kivilajeista, joten kivimateriaali voi muodostua varsin kirjavaksi.

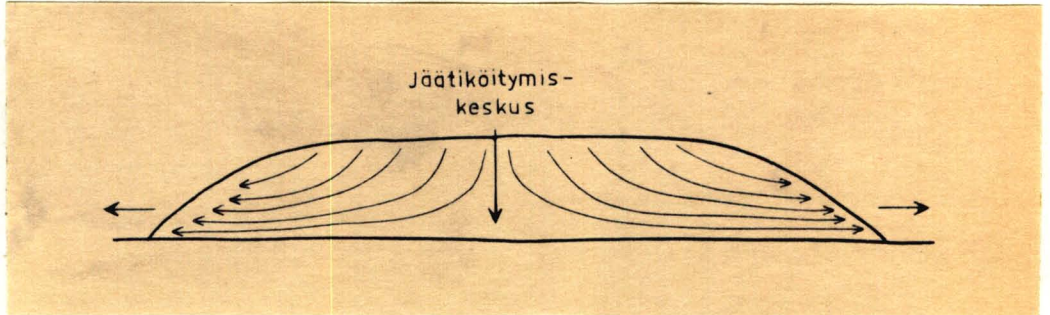
JÄÄTIKÖN LIIKE JA PLASTISUUS

Jäätiköityminen alkaa ilmaston kylmenemisellä, jota seuraa permafrost ja periglasiaaliset routailmiöt. Lumen määrä kasvaa sademäärän lisääntyessä jatkuvasti koko alueella ja kun lumikerros saavuttaa tarpeeksi suuren paksuuden, alkaa sen alaosa muuttua jääksi, joka yhtyy routaantuneen maan kanssa yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä preglasiaalinen maaperä käsittää edellisen jäätiköitymisen maalajien lisäksi myös rapautuneen kallioperän. Kun muodostunut jääkerros saavuttaa vaaditun paksuuden, muuttuu jään alaosa plastiseksi. Plastisuus mahdollistaa jään liikkumisen paine-erojen vaikutuksesta pienemmän paineen suuntaan.

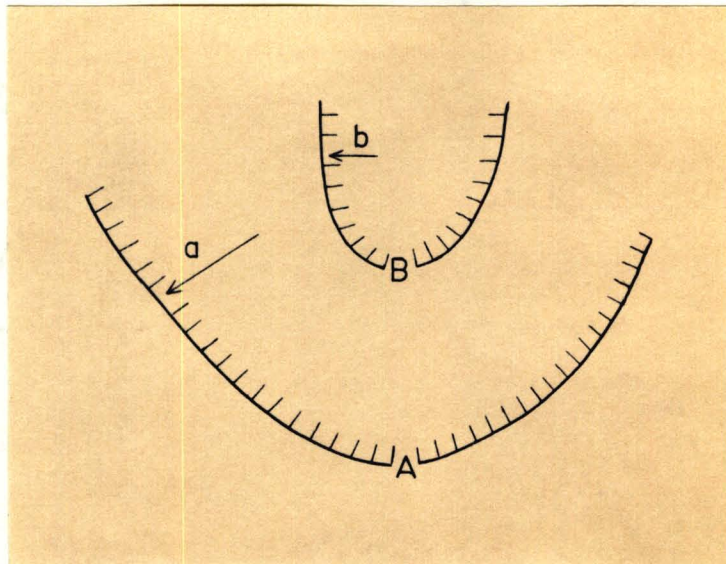
Jäätikön akkumulaatiokeskuksessa vaikuttava vertikaalipaine, mikä on suoraan verrannollinen jään paksuuteen, muuttuu horisontaalipaineeksi, joka on suuntautunut kohtisuoraan jäätikön reunoja vastaan (Kuvat 1 ja 2). Kokonaisuudessaan muistuttaa jään liike mekanismiltaan telaketjun liikettä, sillä on todettu, että moreenilla kuormattu alaosa pysyy lähes paikallaan alustan kitkan vaikutuksesta yläosan edetessä suuremmalla nopeudella. Lisäksi myötärinne auttaa jään liikettä horisontaalityöntönä ja helpottaa ylempien jääkerrosten liukumista alempien yli plastisena virtauksena.

Reunaosassa plastisuus pienenee vertikaalipaineen vähenemisen vaikutuksesta, mutta kasvaa toisaalta horisontaalipaineen kohdatessa patoavan jäykän jään reunan. Lämpötilan ja vesipitoisuuden kohoaminen vaikuttavat myös lisäävästi plastisuutta reunaosassa varsinkin jäätikön peräytymisvaiheessa.

Jään alaosan plastisuus auttaa sitä mukautumaan alustan topografiaan. Plastisuudessa esiintyy paikallisia variaatioita, jotka aiheuttavat epätasaisuutta jään virtauksessa. Näitä aiheuttaa



Kuva 1. Keskustassa vallitsevan vertikaalipaineen muuttuminen horisontaalipaineeksi.
FLINT
 (~~Holmes~~ 1964)



Kuva 2. Jään etenemissuunnan riippuvuus reunan suunnasta.
FLINT
 (~~Holmes~~ 1964)

mm. taipumus virrata prismoina. Runsas irtaimen aineksen määrä jäässä tekee myös sen liikkeen epätasaiseksi (Fairchild 1907 Ebersin 1926 mukaan) aiheuttamalla sulloumia ja liikkeen hidastumista (Russel 1895 Ebersin 1926 mukaan).

YLEISTÄ DRUMLIINIALUEISTA JA DRUMLIINEISTA

Drumliinialueet ja niiden muodostumisolosuhteet

Drumlinaatiota esiintyy aitona suurilla pohjamoreenialueilla (Fairchild 1907 Ebersin 1926 mukaan). Alueilla on havaittavissa selviä glasiaalieroosion merkkejä (Ebers 1926). Drumliinikentät ovat sijoittuneet pääasiassa suurten uomien tai alankojen yhteyteen (esim. Skotlannissa) (Taylor 1907 Ebersin 1926 mukaan). Haarauomilla, jotka ovat nykyään näkyvissä pitkinä järviketjuina (glaziale Rinneseen), näyttää olleen edullinen vaikutus drumlinaatioon, mitä on tapahtunut niitten välisillä kannaksilla. Kallioperän kivilaji ei näytä ratkaisevasti vaikuttaneen drumliinikenttien syntyyn, vaan pikemminkin liikkuvan jään luonne näillä alueilla on muovailut moreenipeitteen muodot (Reed, Galvin ja Miller 1962). Kallioperän topografia on sen sijaan saattanut vaikuttaa jäätikön fysikaalisiin ominaisuuksiin (Aronow 1959).

Alueen suurtopografia on vaikuttanut drumlinaatioon siten, että suurin osa drumliinialueista on asettunut heikosti kohoavalle alustalle (Fairchild 1907 ja Keilhack-Schucht-Wahnschaffe 1921 Ebersin 1926 mukaan), tasaiselle tai aivan heikosti alenevalle, mutta ei jyrkille rinteille. Drumliinien muotoon on alueen kaltevuus vaikuttanut siten, että voimakkaammin kohoavilla pinnoilla esiintyy lyhyitä korkeita drumliineja ja tasaisilla sekä heikosti viettäville matalampia pitkiä muotoja. Tämä on selitettävissä jään etenemisnopeuden ja samalla materiaalin kuljetuskyvyn vähenemisen perusteella kohoavalla rinteellä ja näiden kasvamisella laskevalla rinteellä (Ebers 1926 ja Fairchild 1907 Ebersin 1926 mukaan).

Ajallisesti kuuluvat drumliinit viimeisen (Würm-) jäätikön peräytymisvaiheessa tapahtuneiden voimakkaiden oskillaatioiden piiriin ja siinä jään reunavaiheeseen (Taylor 1907 Ebersin 1926 mukaan, Ebers 1926). Näin on ajateltavissa seuraavista syistä:

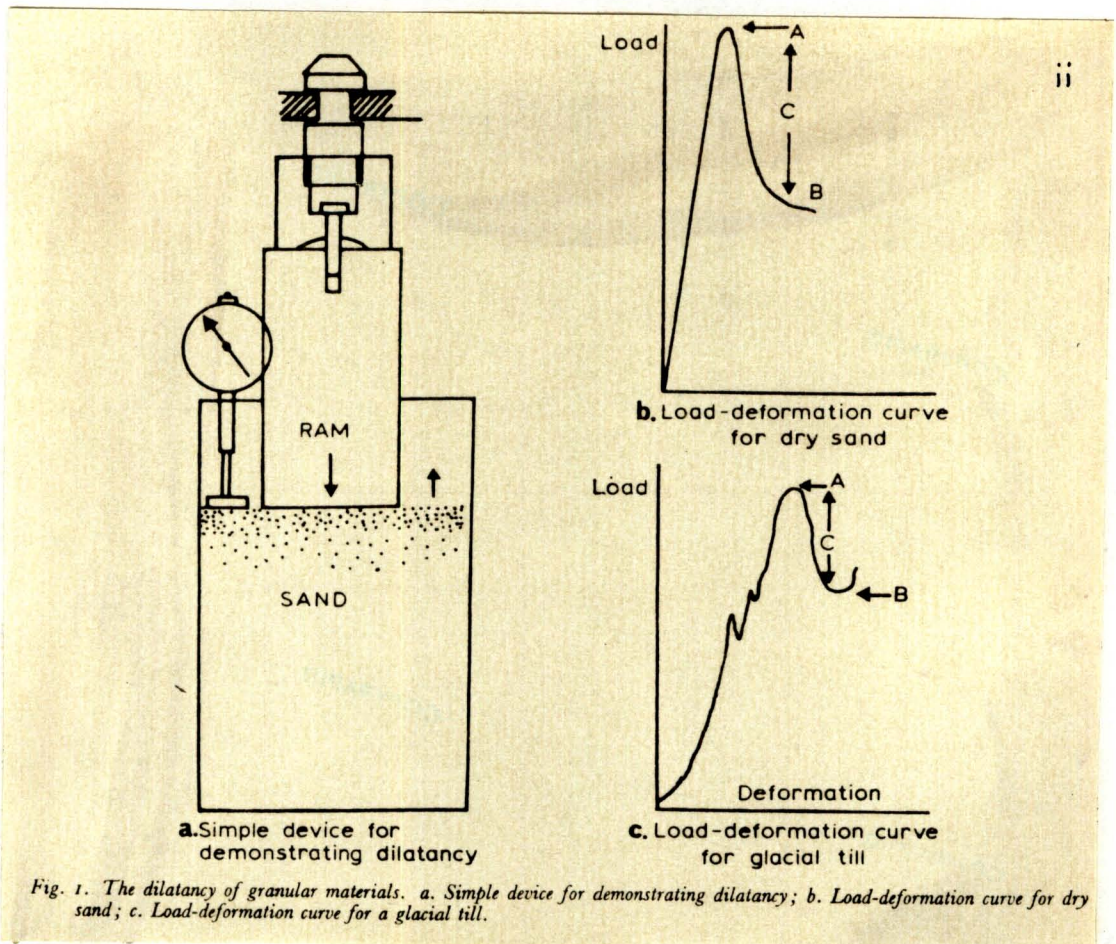
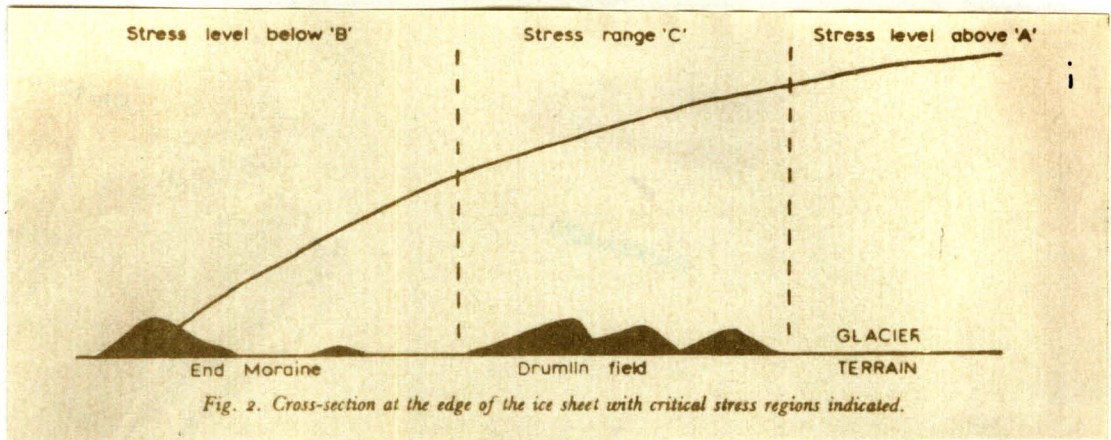
- 1) Horisontaalipaineen on täytynyt olla suhteellisen voimakas ja vertikaalipaineen vähäinen. Jotta näin olisi voinut olla, ei jäätikön peräytyminen ablaatiolla tule kysymykseen, jolloin myöskin horisontaalipaine on merkityksetön.
- 2) Plastisuuden on täytynyt säilyä huolimatta heikosta vertikaalipaineesta. Tällöin tulee kysymykseen patoava jään reuna, mitä vastaan oskillaation aiheuttama lisääntynyt horisontaalipaine työntää, ja mikä pakottaa paineen jossain määrin nousemaan vinosti ylöspäin (Wahnschaffe 1906 Ebersin 1926 mukaan).
- 3) Drumliiniparvien on havaittu leviävän radiaalisesti distaalisuuntaan. Tämä indikoi eteentyöntynyttä aktiivista jääkielekettä tai ympäristöään nopeampaa liikenopeutta, jossa etenemisliike suuntautuu reunoja vastaan.

Jään reunassa vallitseva korkeampi lämpötila verrattuna keskustaan sinänsä vaikuttaa plastisuuteen kohottavasti, minkä lisäksi sen aiheuttama suuri sulavesien määrä lisää myös plastisuutta kohottamalla jään vesipitoisuutta. Horisontaalipaineen säilyminen ja vertikaalipaineen väheneminen plastisuuden säilyessä ja mahdollisesti lisääntyessä patopaineen vaikutuksesta aiheuttaa jään alle ohuen öljykerroksen tapaisen helposti liikkuvan ja mukautuvan plastisen jään olomuodon, mikä muokkaa irtainta maa-ainesta kasaamalla ja kuluttamalla sitä. Kerroksen paksuus on suuruusluokaltaan 1-5 % jään paksuudesta. Tästä jään ja maa-aineksen muodostamasta disperssistä systeemistä on drumliinien kasautuminen kasautumiskeskuksien vaikutuksesta mahdollinen.

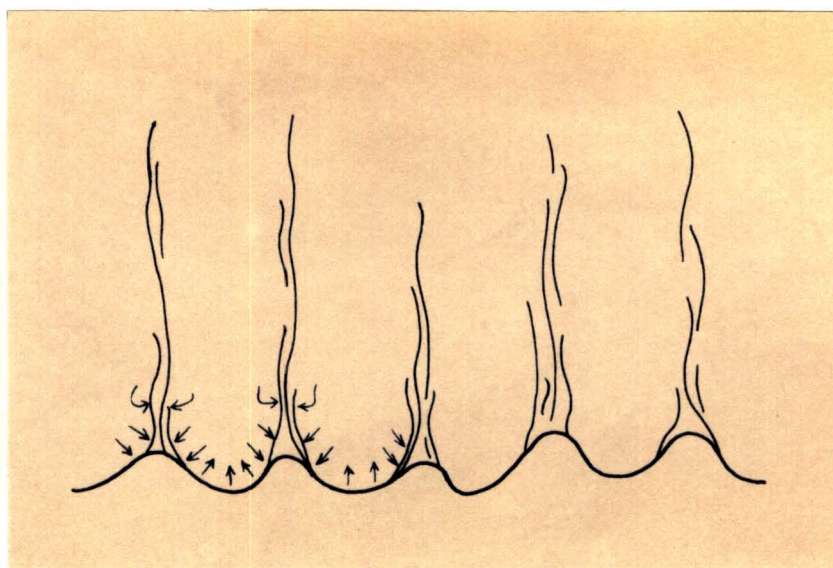
Tähän vaikuttaa myös moreenin erilainen käyttäytyminen eri paineolosuhteissa, mikä on todettu laboratoriokokeilla (Kuva 3; Smalley ja Unwin 1968). Samoin on eroosio helppoa maa-aineksen jäähän diffuusion vaikutuksesta tai jopa reologisena virtauksena lähinnä solifluktion tapaan. (Smalley 1966). Radiaalinen eteneminen suosii halkeama- ja heikkousteiden syntymistä ja pienentää jään etenemisvastusta lisäten samalla super- ja englasiaalisen aineksen mahdollisuuksia joutua subglasiaaliseksi (Kuvat 4 ja 5). Tällöin myös vesipitoisuuden kohoamisen mahdollisuus kasvaa (mm. Alden 1911). Työntövaiheita indikoivat lisäksi reunamuodostumat, joissa on tavattavissa ylyöntörakenteita. Drumliinialueet ovat yleensä sijoittuneet näiden taakse (mm. Ebers 1926). Myöhemmät oskillaatiovaiheet ovat tietenkin saattaneet aiheuttaa päätemoreenimuodostusta drumliinialueiden päälle, kun drumliineja muodostavat olosuhteet alueilla oli jo sivuutettu. Suomessa varsinaiset drumliiniparvet asettuvat Salpausselkävyöhykkeen taakse, mikä osoittaa edellä selostettujen olosuhteiden voineen olla meilläkin mahdolliset.

Drumliinien syntyä käsittelevistä teorioista

Drumliinien syntyä käsitteleviä teorioita on kahta päätyyppiä. Toiset pitävät drumliinien syntyä eroosion tuotteena, toiset taas deposition. Nämä teoriat tunnetaan myös nimillä destruktiivinen ja konstruktioiteoria. Nykyään ollaan taipuvaisia ajattelemaan, että drumliinit ovat osaksi eroosion tulosta ja osaksi deposition. Esimerkiksi Flint (1957 Aronowin 1959 mukaan) katsoo drumliinimuodon omaavien kohoumien koostuvan 100 %:sta kallioperää 100 %:in glasiaalimuodostumia.

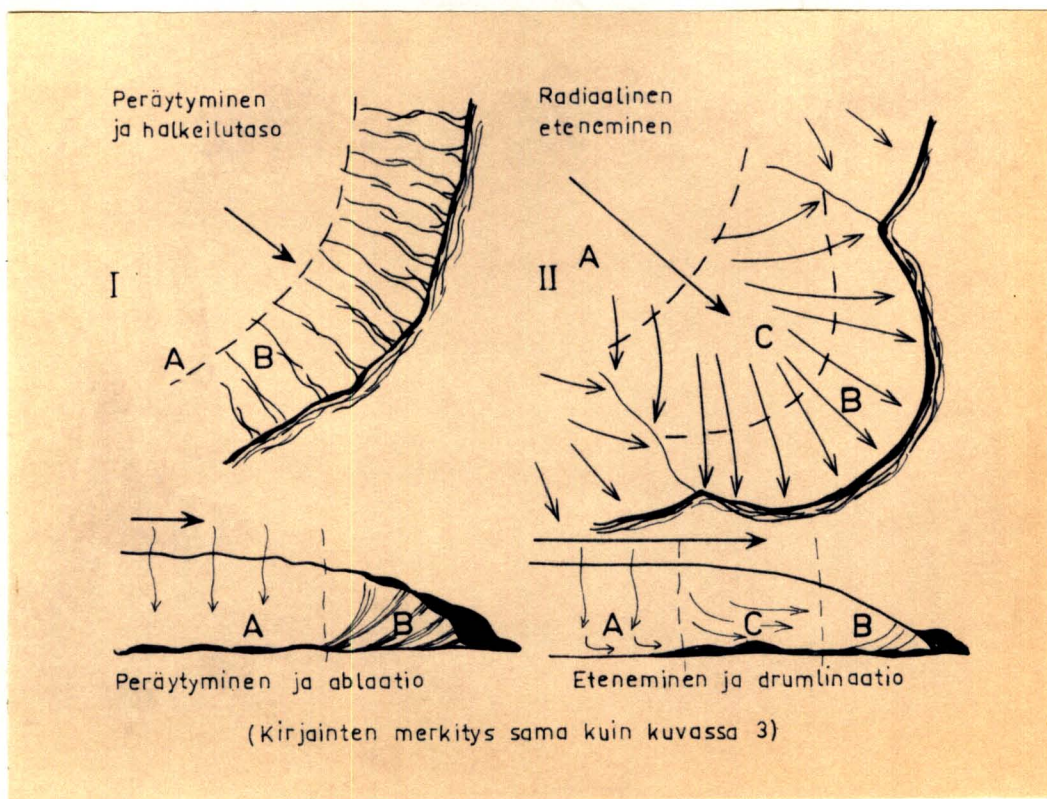


Kuva 3. Jään reunan paineolosuhteet (i) ja maa-aineksen kuoritusdeformaatio (A,B,C) (ii) (Smalley ja Unwin 1968).



Kuva 4. Halkeilutasojen muodostuminen peräytymisvaiheessa ja drumlinaatio etenemisvaiheessa (I II).

KUVAT VÄLTÄNEET PÄIKKÄÄ



Kuva 5. Vertikaalisissa heikkousoissa tapahtuva kasautuminen ja niiden välissä tapahtuva eroosio. (Poikkileikkaus jään etenemissuuntaa vastaan).

Puhtaan eroosioteorian mukaan drumliinin muoto on syntynyt myöhemmän jään työnnön kuljettaessa pois mahtavat edellisen etenemisen kasaamat pohjamoreenikerrostumat, jolloin drumliinit olisivat eroosiotähteitä (Lewis 1898 Ebersin 1926 mukaan). Jään alaisten sulavesien vaikutus on myös voinut tulla kysymykseen (Werth 1907 Ebersin 1926 mukaan).

Depositoteoria äärimmillään ei hyväksy mukaan ollenaan eroosiota. Drumliinit ovat sen perusteella kasautuneet paikalleen jään mukanaan kuljettamasta aineksesta niille ominaiseen muotoon. Virtaviivaiset moreenimuodot ovat näin olleen syntyneet kerrostumalla sivuilta ja ylhäältä päin. Kasvaminen muistuttaa (esim. Klebelsberg Ebersin 1926 mukaan) jossainmäärin keskimoreenin muodostumista tai myös joenpohjalla tapahtuvaa hiekkasärkkien kasvamista ja muovautumista pohjan epätasaisuuksien ja erilaisten virtausnopeuksien vaikutuksesta (Davis 1893 Ebersin 1926 mukaan). Erilaisia virtausnopeuksia voi jäässä syntyä silloin, kun jäämassoissa muodostuu niiden edetessä vertikaalisten virtauksensuuntaisten halkema- ja heikkoustasojen systeemi (Millis 1911 Ebersin 1926 mukaan), jotka aiheuttavat pohjajäässä hitaan liikkeen niitä vastaan ja näin myös kasautumisen (Kuva 5). Näiden tasojen muodostumiseen saattavat myötävaikuttaa alustan topografiset erot, lämpötilanvaihtelut, niinkuin sulamisvaihe, sekä edellä mainittu jään pyrkimys virrata liikkeensuuntaisina prismoina. Mahdollisesti runsas super- ja englasiaalinen aines liittyvät jollain tapaa yhteen näiden kanssa suurina keskimoreenimäärinä (Chamberlin ja Alden 1905 Ebersin 1926 mukaan), koska on ilmeistä, että drumlinaatio vaatii erityisen suuren materiaalmäärän (Ebers 1926). Superglasiaalinen aines on joutunut englasiaaliseksi ja siitä edelleen subglasiaaliseksi jäätikön päällä olleiden suurten uomien ja mainittujen heikkoustasojen

välityksellä (Wright 1889 Ebersin 1926 mukaan). Englasiaalisena jäässä oleva moreenikasauma voi hidastaa jään liikettä tai estää sen kokonaan, ja jos se on alustassaan kiinni tai lähellä sitä, se säilyttää asemansa ja kasvaa kontaktissaan jäätä vasten jäästä erkautuvan aineksen pidätyksellä, sillä ylikyllästetyssä olomuodossaan pohjamoreeni erkautuu helposti minkä tahansa nopeutta hidastavan tekijän vuoksi jäästä. Kun kerrostuminen on näin kerran alkanut, jatkuu se kasvaen progressiivisesti (Schnitter 1920 Ebersin 1926 mukaan). Kerrostuminen jäästä noudattaa dilatanttia systeemiä (Smalley ja Unwin 1968), toisin sanoen muoto säilyy tilavuuden kasvaessa pinnanmyötäisellä kerrostumisella (Thwaites 1946 Aronowin 1959 mukaan ja Fairchild 1907 Ebersin 1926 mukaan).

Pelkkä depositioteoria ei sen paremmin kuin eroosioteoriakaan pysty selvittämään drumliinin muodon kehitystä kokonaisuudessaan. Jäästä kasautumisen ohella tapahtuu aineksen suhteen myös jäähän takaisin tempautumista (Russell 1895 Ebersin 1926 mukaan). Näin muodostuu mahdollisimman vähän jään liikettä vastustava muoto. Toisin sanoen depositio ja eroosio yhtäaikaisina muovaajina mahdollistavat tämän pitkälle itsenäistyneen moreenimuodon syntymisen.

Drumlinaation alkaminen voi johtua, paitsi jään englasiaalisista moreenikasaumista, myös alustan epätasaisuuksista, joihin kysymykseen tulevat eroosioteorian yhteydessä mainitut eroosiotähteet, jotka saattavat muodostua moreenista, glasifluviaalisista aineksista, kallioperästä tai jopa kerrallista savesta (Fairchild 1907 ja Upham 1893 Ebersin 1926 mukaan). Suuret lohkariekit ja järkäleet saattavat toimia myös kasautumiskeskuksina (Hoppe ja Schytt 1953 Aronowin 1959 mukaan).

Aines, mikä kerrostuu eroosion tai deposition luoman

sydämen ympärille tai taakse, saattaa sekin olla joko eroosion välityksellä jo kerrostuneesta pohjamoreenista jäähän joutunutta tai jään sisältämää pohjamoreeniainesta (Aronow 1959). Siinä voi olla mukana jo peräytyneen jään eteen muodostuneita lajittuneita kerrostumia ja merisedimenttejä, jotka ovat mobiloituneet uuden jään ylityönnön vaikutuksesta.

Edellä esitetyt seikat puhuvat sen puolesta, että drumliinien synnyn syy on jään plastinen liike variaatioineen, mikä muovaa drumliinimuodon virtauksen suuntaiseksi liikkeen itsensä mukautuessa muodon aiheuttamiin muutoksiin virtauksessa. Tämä yhteisvaikutus ilmenee kasautumisen ja kulutuksen vaihteluina.

VIRTASALMEN ALUE

Tutkimusalueen kuvaus

Tutkimusalue sijaitsee Pieksämäen kaakkoispuolella. Varsinaisen suuren drumliinialueen muodostaa linjan Naarajärvi-Kantala-Kangasjärvi-Näärinki-Juva-Tuusjärvi-Lahnalah-ti-Maavesi-Ruokojärvi sisään jäävä alue. Tosin maaston voimakasta topografista suuntausta on myös Pieksämäen pohjoispuolella, mutta varsinaisia hyvien drumliinimuotojen alueita on vain Vehmaskylän tienoilla pohjoisessa, Virtasalmen kirkonkylän länsipuolella, Hällinmäki-Juva-tien suunnassa sen molemmin puolin ja Kaitaisten alueella.

Benjamin Frosterus toteaa Mikkelin maalajikartan selityksessä (1913), että karttalehden koillisosissa esiintyy tyypillisiä "selännemaisemia". Hän kirjoittaa, että "moreeniselänteet ovat usein jatkuneet suunnissa, jotka lankeavat yhteen uurteiden kanssa, ja ne lisäävät siten seudulle sitä luonnetta, joka on tunnusmerkkinä aikaisemmin selitetyle selännemaisemalle". Frosterus painottaa myös kallioperän ominaisuuksien vaikutuksen osuutta topografian muovautumisessa ja päättelee, että "kun on kysymys liuskeisista vuorilajeista, liuskepintojen asennolla on ollut varma merkitys".

Edellä esitetty pitää kyllä paikkansa Virtasalmen alueen suhteen. Pitkulaisten moreenimuotojen on 310-320 astetta, mikä edustaa myös uurrehavainnoista pääteltyä jäätikön etenemissuuntaa alueella. Vähäistä taipumusta radiaalisuuteen jään etenemisessä on havaittavissa. Tämä ilmenee siten, että alueen kaakkoisosassa uurre-suunnat, samoin kuin drumliinien pituusakseliin suunnatkin, noudattavat suuntaa 315-320 ja alueen koillisosassa suuntaa noin 315.

Kivilajin kulku kallioperässä noudattelee myös luosteista suuntaa. Kivilajin kaade on koko alueella melko pysty (50-90 astetta). Luonteenomaisia ovat luoteis-kaakkoissuuntaiset suprakrustisten kivilajien vyöhykkeet. Syväkiviä esiintyy liuskejaksoja katkovina ja pirstovina massiiveina (Hyvärinen 1968). Kalliopaljastumien esiintyminen on yleisempää alueen reunaosissa kuin keskustassa ja toisaalta se on erittäin yleistä diopsidiamfiboliitin yhteydessä. Kivilajien kontaktialueilla on myös runsaasti paljastumia samoin kuin eroosioalueillakin, joiksi voidaan lukea järviaaltaat ja -ketjut. Moreenimuodostumissa kallio leikkautuu usein esiin luoteispäässä, sivuilla ja päällä.

Kvartäärigeologisessa mielessä alue on supra-akvaattista pohjamoreenialuetta. Alue on ollut Baltian jääjärvi- ja Yoldia-merivaiheissa yhtenäisen jääpeitteen alla ja myöhemmissä Echineis-meri-, Ancylus-järvi- ja Litorina-merivaiheissa se on jo ollut kohonneena veden pinnan saavuttamattomiin. Harjujaksot seurailevat drumliinien välisiä laaksoja niiden suunnassa ja poikkeavat suunnasta vain länteen peräytyvän jään keskustaa kohti. Tämä osoittaa niiden syntyneen melkoisesti myöhemmässä vaiheessa kuin drumliinit. Toisaalta se osoittaa, että drumliinit ovat syntyneet kauempana jäätikön reunasta.

Kalliosydämet ja niiden muodostuminen

Niinkuin aikaisemmin on mainittu, esiintyy kalliosydämiä varsinkin alueen kummallakin laidalla, kun taas keskustassa (mm. Kaitaisten alueella) drumliinimuodot ovat ainakin päällisin puolin tarkasteltuna muodostuneet pääasiassa moreenimateriaalista.

Tähän on ollut nähtävästi vaikuttamassa kaksikin seikkaa. Ensiksikin kummallakin reunalla on eroosio ollut suurempi kuin keskialueella verrattuna kasautumisefektiin. Tämä on johtunut jään plastisuuseroista. Toiseksi alueiden kivilajierot ja tektonisten piirteiden poikkeavuus toisistaan saattavat aiheuttaa eroja jäätikön liikemekanismissa ja sen eroosio-ominaisuuksissa.

Kivilajierojen vaikutusta preglasiaaliseen rapautumiseen ja jään kulutukseen kuvaa aika hyvin eri kivilajisten alustojen moreenipeitteiden paksuuksien keskinäinen vertailu. Tätä on ollut mahdollista tehdä syväkairausten yhteydessä. Tosin on kysymys melko selektiivisestä tutkimuksesta, kun ottaa huomioon, että kairaukset on tehty malminetsintämielessä. Tämä saattaa johtaa siihen, että havaitut moreenipak-suudet poikkeavat yleisestä tapauksesta alustan kallioperän kiisuuntumien ja ruhjeisuuden vaikutuksesta. Tästä syystä on jätetty pois sellaiset tapaukset joissa voi kysymys olla preglasiaalisesta rapautumiskerroksesta tai resenttisestä rapautumasta. (Tällainen on mm. Särsälänniemen pohjoispuolella maaputken pituutena mitattu irtaimen kerroksen paksuus 40 m).

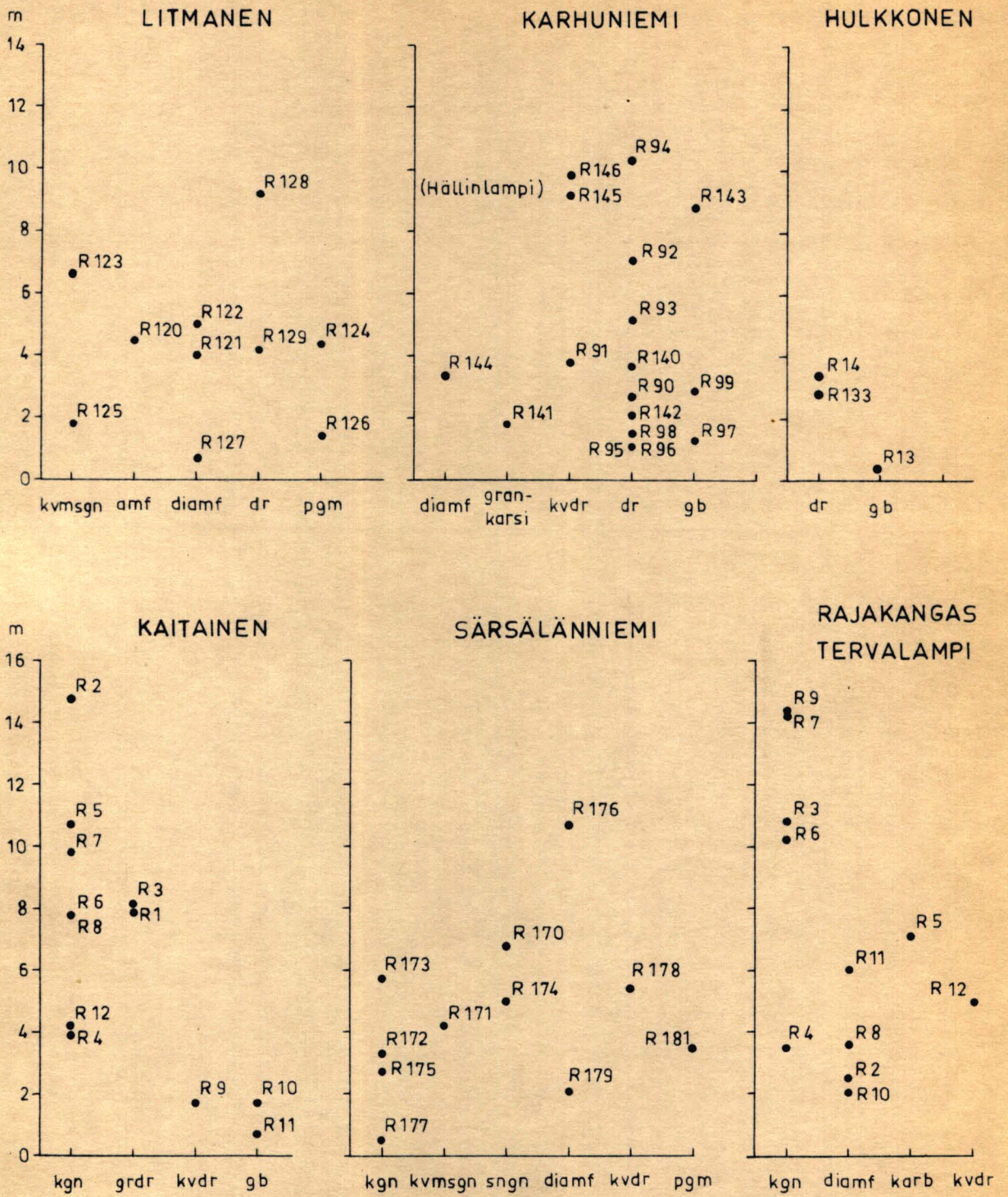
Rajakankaan ja Tervalammen alueet käsittävät kiillegneissiiä, kvartsimaasälpagneissiiä, diopsidiamfiboliittia ja kalkkikiveä. Särsälänniemen, Kaitaisten ja Valkeamäen alueet ovat pääasiassa kiillegneissiiä, kvartsi-maasälpagneissiiä, diopsidiamfiboliittia ja dioriittisarjan syväkiviä, joihin liittyy myös gabroja ja peridotititeja. Litmasen alue koostuu etupäässä diopsidiamfiboliitista ja dioriitista sekä kiillegneissistä, minkä lisäksi tavataan myös kvartsimaasälpagneissiiä ja pegmatiittijuonia verrattain paljon. Karhuniemen alue koostuu dioriitista, jossa on emäksisempiä erkaumia, sekä diopsidiamfiboliitista ja kiillegneissistä. Diopsidiamfiboliittiin liittyy myös granaattikarsimuodostumia.

Hulkkosen alue sijaitsee suuren dioriittimassiivin päällä, jossa on gabro-peridotiittimuodostumia.

Rajakankaan ja Tervalammen alueilla on selvästi havaittavissa kiillegneissin päällä huomattavasti enemmän moreenia kuin muiden kivilajien yläpuolella. Ainoastaan R4 (Kts. kuva no 6) näyttää tekevän poikkeuksen, mutta se on selvitettävissä sen perusteella, että kivilaji vaihtuu kiillegneissistä kvartsimaasälpägneissiksi ja siitä edelleen diopsidiamfiboliitiksi, joten kallioperä tässä kohtaa olisi myös tulkittavissa diopsidiamfiboliitiksi, mikä on kuvan mukaan verraten ohuen moreenin peittämä.

Särsälänniemessä kiillegneissi, kvartsimaasälpägneissi ja suonigneissi noudattelevat suunnilleen samaa moreenipaksuutta. Diopsidiamfiboliitti osoittaa melkoista hajontaa, mutta paksuumpi moreenipeite on selitettävissä R176:ssa suuremman rapautumisalttiuden perusteella verrattuna R177:än, sillä R176:ssa on grafiittia, magneettikiisua ja rikkikiisua. R170 sijaitsee muista kairauskohteista etempänä sisämaassa, joten sen melko suuri moreenipaksuus on selitettävissä suuremman kasautumisefektin perusteella.

Kaitaisten alue sijaitsee jäänkulkusuunnassa eteenpäin noin neljä kilometriä Särsälänniemestä. Täällä ovat moreenipaksuudet kasvaneet melkoisesti verrattuna Särsälänniemeen. Kiillegneissi näyttää täälläkin omaavan paksuimman moreenipeitteen. R2 poikkeaa eniten ylöspäin ja R4 ja R12 eniten alaspäin keskimääräisestä maakerroksen paksuudesta, joksi on katsottava R5:n ja R7:n noudattama syvyys. R2:ssa on rikkikiisua, joka on luultavasti edesauttanut rapautumista, ja R4 sekä R12 sijaitsevat emäksisten kivien kontaktissa, mikä seikka taas on ollut eduksi niiden rapautumiskestävyydelle. Kuvasta ilmene², että moreenipeite ohenee kivilajin emäksisyyden kasvaessa.



Kuva 6. Moreenipaksuuksien suhde alustan kallioperän kivilajeihin eri alueilla. (LASKETTU MAAPUTKIPITUUKSISTA)

NKoo-69

Litmasen alueella on taas havaittavissa, että kiillegneissi omaa paksumman moreenipeitteen kuin diopsidiamfiboliitti. Hajonta, mikä kuvasta ilmenee, on näennäistä, sillä R125, 126 ja 127 ovat eri paikasta kuin muut. Samoin on R129:n ja 128:n laita, sillä ne sijaitsevat luoteispuoleisella dioriittialueella.

Karhuniemi muistuttaa sikäli Kaitaisten aluetta, että emäksisten kivilajien päällä on ohut moreenipeite, joskin R143 muodostaa poikkeuksen tähän. Dioriittien suhteen vallitsee moreenipaksuuksissa suuria vaihteluja, mikä nähtävästi johtuu kivilajikombinaatioiden kirjavuudesta, sillä ainoastaan R93 voidaan lukea puhtaaksi dioriittireiäksi. Muut vaihtelevat dioriitista diopsidiamfiboliittiin ja gabroon sekä peridotiittiin. Kvartsidioriitin kohdalla on myöskin melkoista hajontaa, mutta tämä johtuu siitä, että R145 ja 146 sijaitsevat muista luoteeseen noin puolentoista kilometrin päässä Hällinlammen kaakkoispuolella. Hulkkosessa on gabron päällä ohut moreenipeite ja dioriitin päällä paksumpi, niinkuin muillakin alueilla on ollut melko säännöllisesti.

Yhteenvetona näistä erillaisista moreenipaksuuksista eri kivilajialustoille voidaan päätellä, että gneissit, samoin kuin kiisuja sisältävät kivet, ovat rapautuneet syvemmälle kuin diopsidiamfiboliitti ja syväkivet. Tämä saattaa johtua siitä, että gneissit kovempina kuin diopsidiamfiboliitti ovat rakoilleet ja murtuneet enemmän poimutuksissa, jolloin niihin on jäänyt rapautumista edistäviä rakoja. Tämän lisäksi gneisseissä on tavattavissa usein grafiittia ja rikkikiisua, mitkä auttavat preglasiaalista kemiallista rapautumista. Syväkivien hyvä rapautumiskestävyys johtuu luultavasti niiden homogeenisesta rakenteesta. Emäksisissä kivissä ei ole juuri lainkaan kehittyntä rakomuodostusta, joten tämä saattaa aiheuttaa eron happamien ja emäksisten kivien rapautumiskestävyiden välillä,

samoin vaikuttaa emäksisten kivien sitkeys ja kimmoisuus verrattuna happamampiin. Selvien eroosioaltaiden rannoilla, esimerkiksi Särsälänniemessä ja Karhuniemessä, moreenin paksuus on pienempi kuin syvemmällä sisämaassa, niinkuin Kaitaisissa ja Rajakankaalla.





Tektoniikan vaikutuksesta preglasiaalisen rapautumisen ja jäätikön kulutuksen eroihin antaa kuvan Vuorenmaan poikkeileikkaus (kuva 7). Kaakkoisosassa sijaitseva poimun synkliini on mahdollisesti rapautunut pitemmälle kuin antikliniossa, kun taas synkliinin koillispuolella oleva isokliininen kallioperä on korkeudeltaan jotakuinkin näiden kahden puolivälissä. Rapautumisefektin lisäksi on jäätikön eroosio saattanut vaikuttaa samaan suuntaan, jolloin drumliinin sydämen kiillegneissi on voinut säilyä kestävämmän diopsidiamfiboliitin suojassa.

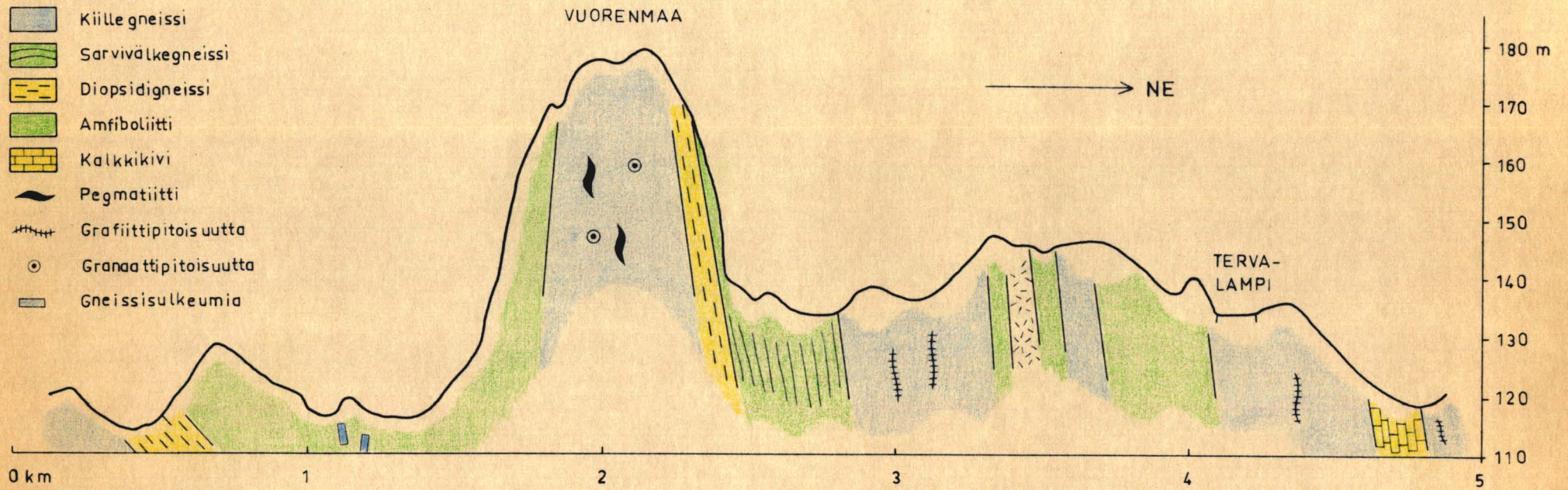
Drumliinien morfologiasta

Drumliinit voidaan jakaa muotonsa puolesta kolmeen pääryhmään (Chamberlin Ebersin 1926 mukaan), jotka ovat: a) lenticular or elliptical hills, b) elongated ridges ja c) mammillary hills (kuva 8).

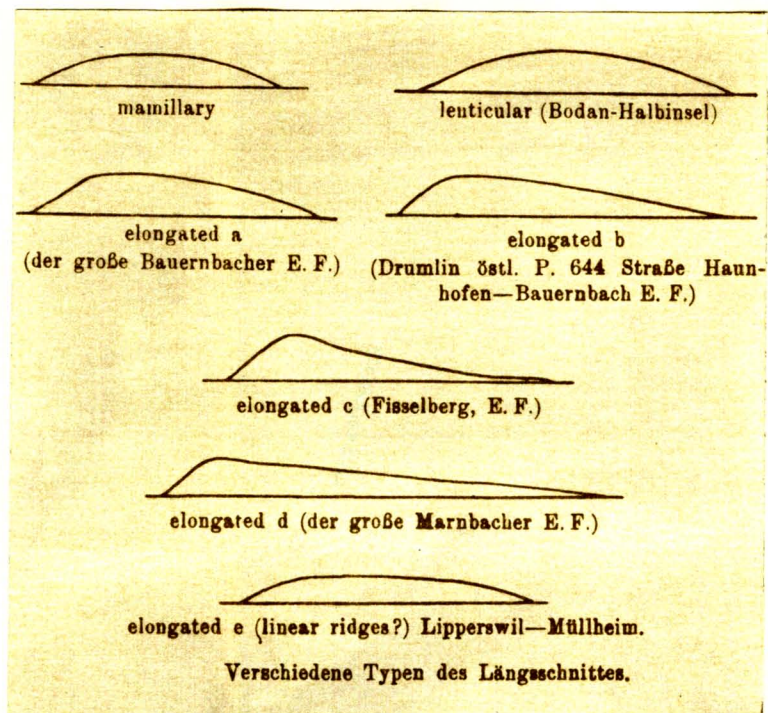
Virtasalmen alueella ovat parhaiten kehittyneet drumliinimuodot elongated ridges-tyyppisiä puolesta kilometristä kahteen tai kolmeen kilometriin pitkiä. Korkeudeltaan ne ovat 10-20 metriä ja niiden leveys vaihtelee yleensä 50 metristä 200 metriin. Poikkeuksina voi mainita Vuorenmaan suuren muodostuman (kuva 9), jonka laki kohoaa noin 50 metriä ympäristönsä yläpuolelle, ja Nääringin drumliinin, jonka muoto on lähinnä mammillary tai lenticular hill-tyyppiä. Elongated ridge-tyyppi edustaa nopeamman jään virtauksen olosuhteita kuin viimeksimainittu Nääringin muodostuman tyyppi (Ebers

S E L I T Y S

-  Dioriitti
-  Kiille gneissi
-  Sarvivälkegneissi
-  Diopsidigneissi
-  Amfiboliitti
-  Kalkkikivi
-  Pegmatiitti
-  Grafiittipitois uutta
-  Granaattipitois uutta
-  Gneissisulkeumia



Kuva 7. Tektoniikka ja topografia Vuorenmaan alueella.



Kuva 8. Erilaiset drumliinityypit kaavamaisesti esitettyinä (Ebers 1926).

Kuva 9. Vuorenmaa katsottuna lounaasta. Foto E. Halme.

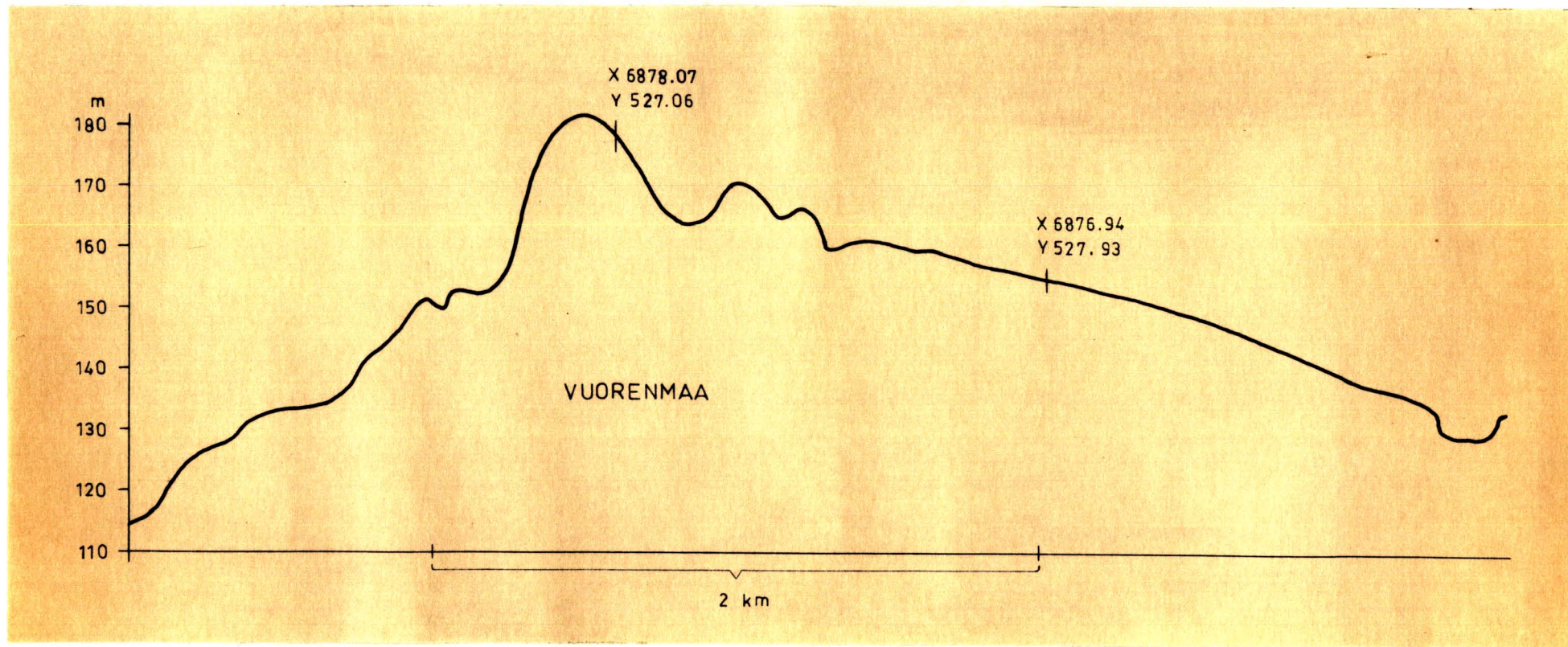
1926). Vuorenmaan muodostuman yläosa ei noudata yleistä drumliinialueen virtaviivaisuusperiaatetta, mikä saattaa joutua siitä, ettei jäätikön alaosan drumlinoiva vaikutus ole ulottunut niin korkealle (Smalley ja Unwin 1968) (kuva 10). Sen sijaan ylhäällä sivuilla on havaittavissa kevyttä flutingia samaan tapaan kuin normaaleilla pohjamoreenialueilla. Toinen samantapainen muodostuma kuin Vuorenmaa on Hällinmäki.

Drumliinien aineksesta

Alueelta on otettu 32 moreeninäytettä, joista on tehty raesuuruusanalyysit. Näistä laskettu keskiarvomoreeni sisältää eri lajitteita seuraavat määrät:

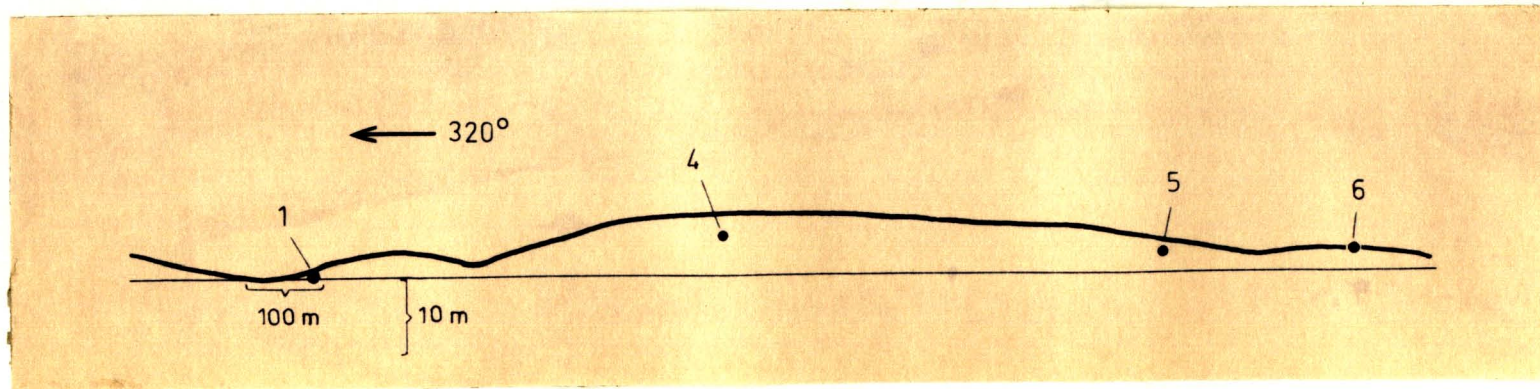
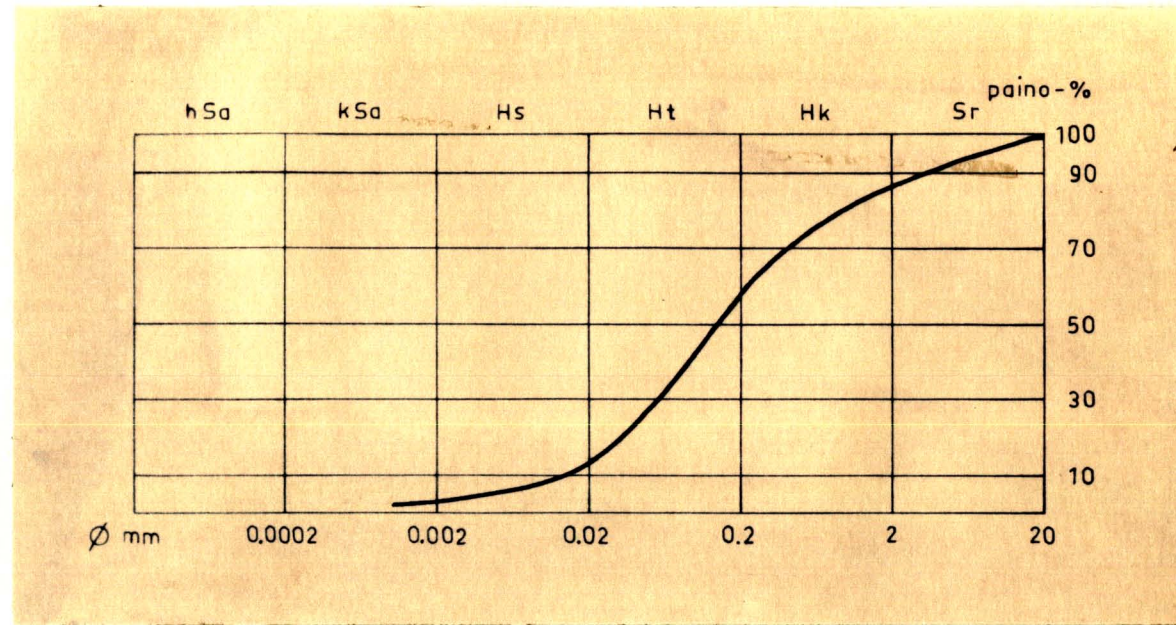
Sa	Hs	hHt	kHt	hHk	kHk	hSr	kSr	yht.
2,5%	10,5%	19%	26,5%	17%	11%	7%	6,5%	100,0%
		45,5		28		13,5		

Tämän perusteella keskiarvo on karkea hietamoreeni (kuva 11). Vallitseva raekoko on karkea hieta, ϕ 0,006-0,02 mm. Toiseksi eniten se sisältää hienohietalajitetta, ϕ 0,002-0,006 mm. Suunnilleen samanverran kuin hienoa hietaa sisältää keskiarvomoreeni hienoa hiekkaa. Rakeisuuskäyrässä hHt, kHt ja hHk muodostavat melkein suoran viivan. Näitä lajitteita onkin yhteensä 62,5 %. Tämän lisäksi seuraavaksi suurin ryhmä on karkea hiekka, jota on 11,0 %. Jos lasketaan yhteen hiekat ja hiedat, saadaan näiden yhteismääräksi 73,5 %. Hieno hieta + karkea hieta + hieno hiekka (+ osaksi karkea hiekka) edustaa jo moreenin monomineraalista ainesta. Tämän on osoittanut näytteiden fraktioiden lähempi tarkastelu. Kivilajihieissä on havaittu myös näitä samoja rakeisuusfraktioita vastaavat mineraalien raekoot vallitseviksi, joten syy-yhteys on ilmeinen.



Kuva 10. Vuorenmaan muodostuman profiili.

Kuva 11.
Alueen moreenien
keskiarvorakeisuus-
käyrä.



Kuva 12. Suotlammen drumliinin profiili ja näytteenottopaikat.

Rakeisuusanalyysit ja kivilaskuja

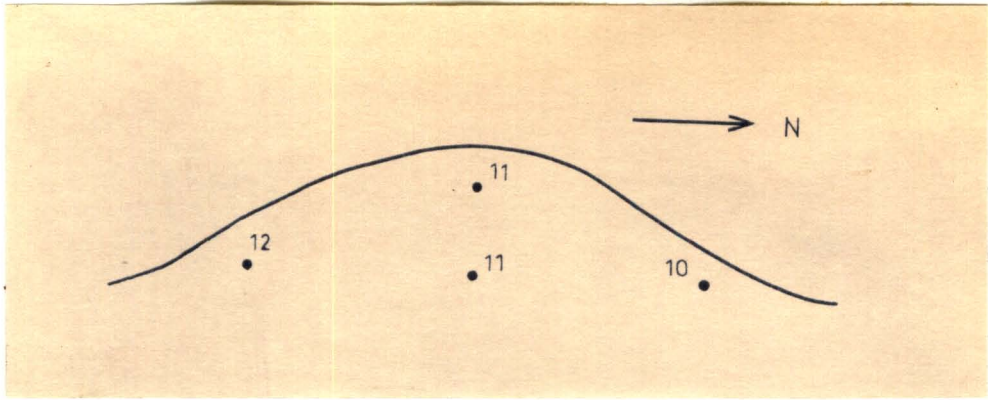
Suotlammen moreeninäytteiden rakeisuusanalyysit ja vastaavat kivilaskut (Kts. kuva 12)

Näytteiden rakeisuusarvoissa (taulukko 1) soran määrä näyttää seuraavan dioriittisen kivimateriaalin vaihteluja kivilaskuissa. Hiekka- ja hietafraktiot myötäilevät gneissien määriä. Tämä seikka saattaa olla sattuma tai se voi myös johtua alkuperäisten kivilajien mineraalirakeitten koosta, sillä dioriitteja alueella esiintyy aina porfyyrisiin karkeisiin muunnoksiin asti ja gneissit ovat melkoisen hienorakeisia vastaten lähinnä juuri hiekka- ja hietafraktioita karkeudeltaan. Toisaalta ainakin näytteiden 4 ja 5 osalta näyttävät rakeisuusarvot tukevan oletettua drumliininmuodostumisteoriaa, jonka mukaan aines muuttuu hienommaksi mentäessä distaalipuolelle.

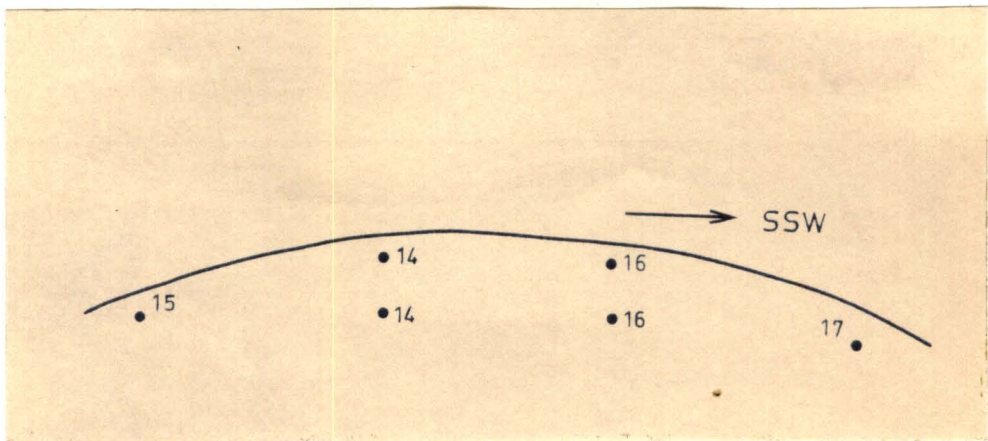
Viitostien leikkaus

Suhteellisesti karkeinta ainesta näyttää olevan drumliinin keskusta (taulukko 2), mutta melkein samanlainen on näytteen mukaan koillisen puoleinen sivu (kuva 13).

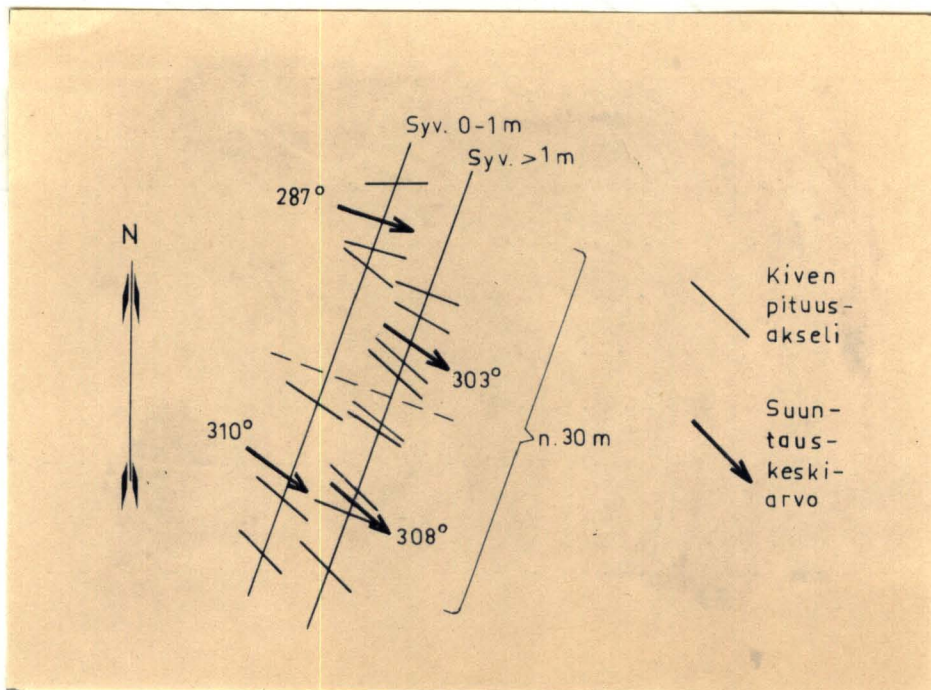
Vertikaalisuunnassa ilmenee kivilajikoostumuksessa pieniä eroja siten, että dioriittien määrä on ylemmässä kivilaskussa suurempi kuin alemmassa. Amfiboliittien suhteen on asia päinvastoin. Koska on ilmeistä, että ylempi moreeniosa on kauempaa tullutta ainesta kuin alempi, seuraa tästä, että dioriittialue on kauempaa näytteenottopaikasta kuin amfiboliitti-alue. Tässä tietenkin on oletettu, että drumliinin muodostuminen on tapahtunut yhtä voimakkaasti kummaltakin sivulta. Horisontaalisuunnassa on havaittavissa dioriittien vähenemistä lounaasta koilliseen amfiboliittien vähetessä keskustasta kummallekin puolelle. Lounaaseen väheneminen on kuitenkin suurempi kuin koilliseen. Kun otetaan huomioon rakeisuusarvojen vaihtelut samoissa näytteissä, voidaan olettaa, että keskimäisen ja koillispuolisen näytteen materiaali on kulkeutunut pienemmän matkan kuin lounais-



Kuva 13. Kaavamainen esitys Viitostien leikkauksesta.



Kuva 14. Kaavamainen esitys Nääringin leikkauksesta.



Kuva 15. Nääringin leikkauksen moreenilohkareiden suuntaus.

puolinen ja ylin materiaali. Tästä voi tehdä sen johtopäätöksen, että amfiboliitti suurimmaksi osaksi drumliinin keskiviuhan koillispuolella ja dioriitti enemmän sen kaakkoispuolella. Näin todellakin taitaa olla asianlaita kyseisellä alueella, joskaan mitään varmoja faktoja ei voida esittää, sillä kallioperäkarttaa ei ole aivan alueen näistä osista vielä tehty.

Se seikka, että raesuuruudeltaan aines jakautuu epäsymmetrisesti drumliinin poikkileikkauksen suhteen, saattaa johtua siitä syystä, että muodostuma on saanut aineksensa kasautumalla kahdesta eri jään lohkoista, joilla on ollut eri nopeus.

Nääringin leikkaus

Leikkaus on tehty lyhyen pyöreähkön muodostuman kärjen poikki. Se kulkee suunnassa 15 astetta ja on leveydeltään noin 30 metriä. Siitä on otettu kuusi näytettä (taulukko 3) ja tehty neljä kivilaskua (kuva 14).

Kun verrataan kivilaskuja (taulukko 4) ja raesuuruusanalyysijä toisiinsa, ei voi nähdä minkäänlaista yhteyttä niillä toisiinsa. Kivilaskut esittävät oikeastaan samaa kivilajisekoitus-suhdetta, ainoastaan laskussa 16/MKoo/68 (syv. 2,5 m) dioriitista ainesta on enemmän kuin muissa ja saman näytteen rakeisuusanalyysissä on saatu koko leikkauksen suurin hieroainepitoisuus. Raesuuruusanalyysit seuraavat samaa tendenssiä kuin viitostien leikkauksessa. Lounaissivu ja alaosa sisältävät enemmän hienoa ainesta kuin muut leikkauksen osat. Tämä voi olla, kuten jo aikaisemmin arveltiin, tulos drumliinimuodon kasaavan jään materiaalin epähomogeenisesta kasautumisesta raekoon suhteen.

Nääringin moreenileikkauksessa on pitkulaisten lohkkareiden asento jäätikön kulkusuuntaan nähden erittäin kaudniisti suuntautunut siten, että kivien pituusakseli on muodostuman pinnan suuntainen jään etenemissuunnassa. Tämän akselin ja toiseksi pisimmän akselin muodostama taso on useimmissa tapauksissa myöskin asettunut drumliinin pinnan suuntaiseksi. Lohkkareista (\varnothing 30-100 cm) on tehty suuntauslasku. Näitä on vain 15 kappaletta, mikä on varsin vähäinen määrä suuntauslaskun suorittamiseen, mutta tulos on sikäli mielenkiintoinen ja johdonmukainen, että sen voi esittää tässä (kuva 15).

NNE-puolen alle yhden metrin syvyydessä olevien kivien suuntauskeskiarvo on 287 astetta ja syvemmillä olevien 303 astetta. SSW-puolen vastaavat keskiarvot ovat pintaosassa moreenia 310 astetta ja syvemmillä 308 astetta. Tämä todistaa sen seikan puolesta, että jään virtaus mukautui luomansa moreenimuodon mukaiseksi. Tätä osoittaa jo mainittu isojen kivien mahdollinen konsentrinen asettuminen kerrostumisensa hetkellä vaikuttaneen muodostuman pinnan suuntaiseksi.

Kaitaisten patjarakenne

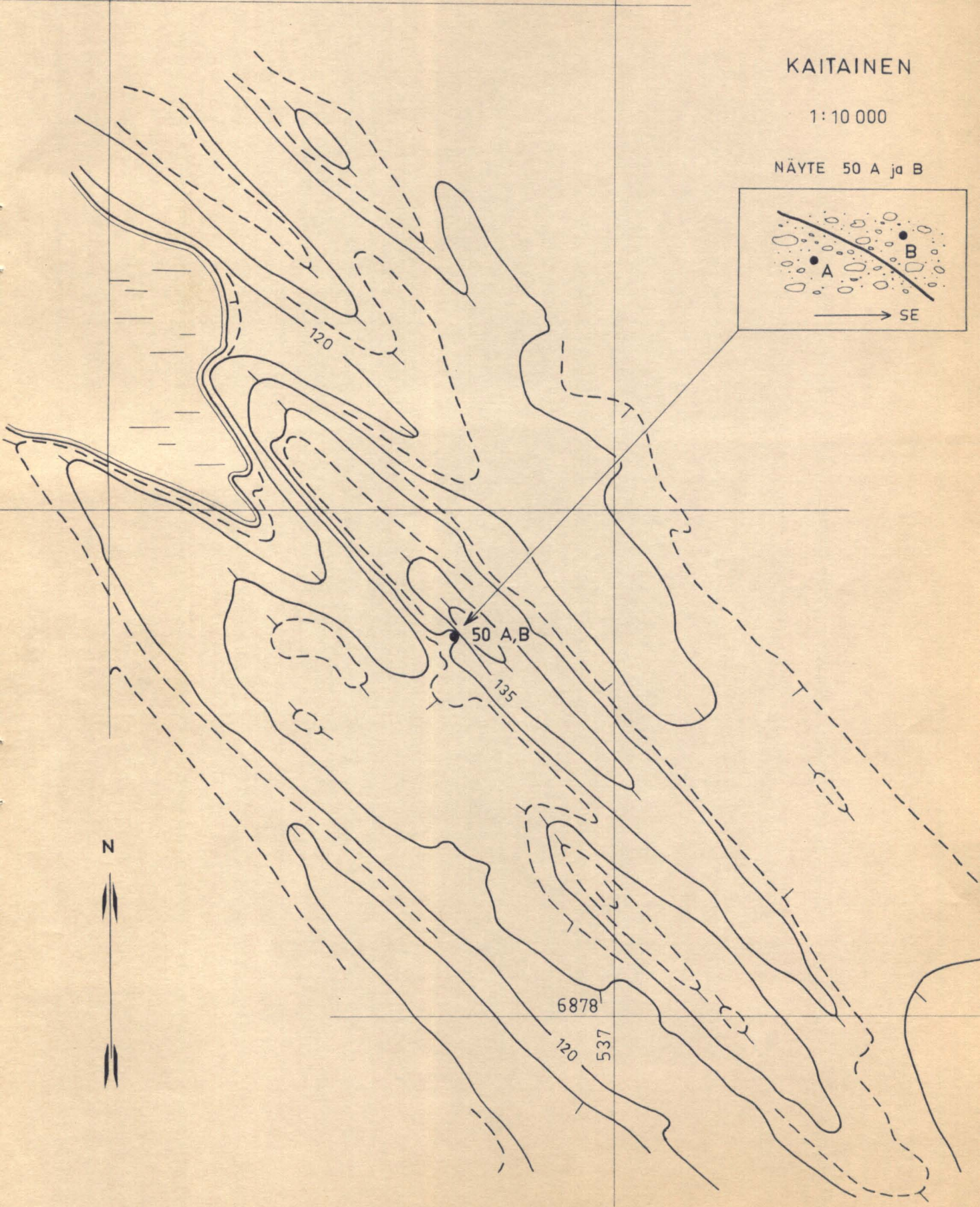
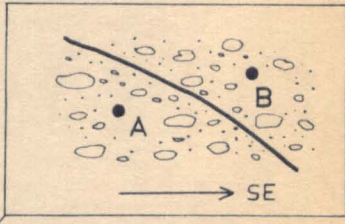
Kaitaisten eteläosassa on drumliinimuodostuman (elongated tai linear ridge) kupeessa monttu (kuva 16) josta on otettu täytemaata. Montun seinämissä on havaittavissa patjarakenne. Patjat ovat jonkin verran liukuneet toistensa suhteen sekä katkeilleet. Patjojen aines näyttää siltä kuin se olisi alunperin ollut yhtä ja samaa muodostumaa, joka sitten drumlinaation yhteydessä on katkeillut, halkeillut ja liukuillut

X = 6880
Y = 536

KAITAINEN

1:10 000

NÄYTE 50 A ja B



Kuva 16. Kaitaisten drumliini ja näytteenottopisteet (A ja B).

osiensa suhteen. Aines saattaa siten olla joko eroosiotähdettä, jos oletetaan drumlinaation tapahtuneen pääasiassa eroosion vaikutuksesta, tai primääriä drumliiniainesta (ts. drumlinaatiossa kerrostunutta tavaraa), mikä sitten myöhemmin plastisuuden kadottua jäästä on joutunut antamaan periksi etenevälle jälle. Toisaalta patjarakenne voi olla primääriä muodostumaa aineksen jäähän joutumisen vaiheesta (Virkkala 1952). Rakeisuuskäyrät ovat aivan samanmuotoiset, vaikka toinen näytteistä sisältää hienoa ainesta (Sa + Hs) kuusi prosenttia enemmän (taulukko 5). Näistä näyte 50 A on alemmasta, näyte 50 B ylemmästä patjasta.

Virmantauksen leikkaus

Virmantauksen leikkauksen muodostaa Kaitaisten leikkauksen tapaan maanottomonttu, mikä todistaa melkoisen vähäistä konsolidaatiota drumliiniaineksessa. Rakeisuusanalyysit on tehty kahdelta eri syvyydeltä otetusta moreeninäytteestä. Ylempi sisältää enemmän karkeaa ainesta kuin alempi (taulukko 6), mutta ei ratkaisevassa määrin. Hienon aineksen suhteen on asia päinvastoin. Kumpikin analyysi noudattaa suurinpiirtein alueen keskiarvomoreenin linjaa niin kuin edelliset Kaitaisten näytteetkin. Leikkauksessa moreenin pintakerroksessa on näkyvissä suuri järkäle, joka on asetunut drumliinin pinnan mukaiseen asentoon. Tämä näyttää olevan yleinen piirre alueella pintalohkareidenkin suhteen.

Päätelmiä drumliinien rakenteesta

Yleisenä piirteenä alueen moreenien rakeisuusarvoissa on havaittavissa suuri karkean hiedan ja yleensäkin hiedan määrä. Poikkeuksen muodostavat vain viitostien leikkauksen näytteet 10 ja 11 alempi, joissa pääpaino on kHk- ja Sr-lajitteilla. Patjarakenteita on varmasti runsaastikin alueella, mutta leikkauksia on harvanlaisesti, joten tutkimus jää näiltä osin melko vähiin. Nääringin leikkauksessa on moreenin rakenteessa jonkinlaista vaakasuoraa liuskeisuutta, mikä voi olla yhtä hyvin primääriä pohjamoreenirakennetta kuin sekundääriä työntö- tai paineliuskeisuutta. Drumliinimuodon reunaosassa on moreeni hieman poimuttunut, mikä viittaa sivupaineen olemassaoloon (muodon syntyessä tai jäätikön peräytyessä). Moreenin rakenne on erittäin hyvin suuntautunutta, mitä osoittaa mm. lohkaraitten paralleli asettuminen jäänkulkusuuntaan nähden. Rakeisuusanalyysit eivät tuo paljon valaistusta ainakaan tällä alueella drumliinien synnyn tutkimukseen. Kuitenkin saattaa olla niin, että leikkauksissa ei ole päästy tarpeeksi syvälle drumliinin sisempään rakenteeseen ja sen mahdolliseen sydämeen.

Suotlammen alueella kivilaskupisteiden 2 ja 3 kohdalla näytteen otto ei ollut mahdollista moreenin kivisyyden vuoksi. Kivet ovat lisäksi hyvin terävsärmäisiä, mikä saattaa johtua drumliinidiosta tai drumliininmuodostumismekanismista (Kts. kuva 21).

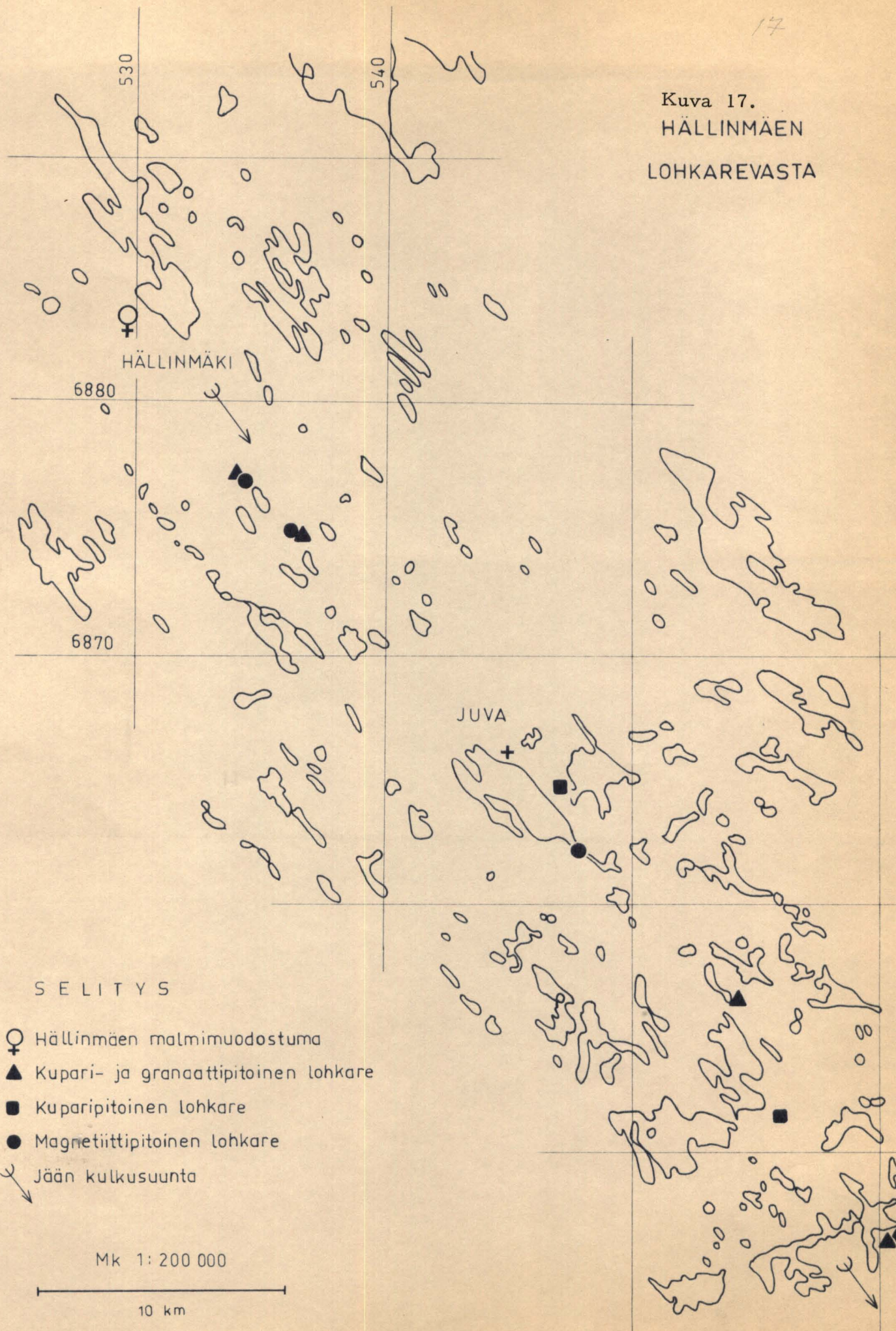
Lohkarevastatutkimuksia

Malminetsintätöiden yhteydessä on alueella huomattu, että lohkarevastat noudattavat erittäin hyvin jäänkulkusuuntaa. Kivilaskut, joita on tehty, osoittavat aineksen kulkeutumisen noudattavan ainakin moreenin pintaosassa tarkasti samaa suuntaa. Geokemiallinen tutkimus tukee myös tätä. Vaikeus onkin ollut aineksen kulkeman matkan selvittämisessä. Tästä esimerkkinä esitetään muutamia tutkimuksia, joita alueella on tehty.

Hällinmäen vasta

Hällinmäen malmista on löytynyt melko vähän lohkaraita. Lähtöpaikan korkea sijainti on lyönyt leimansa leviämistapaan siten, että vastan pituus on kasvanut erittäin suureksi. Kauimmaisat lohkareet, mitkä ovat todistettavasti läheneet esiintymästä, sijaitsevat 50 kilometrin päässä kaakkois-suunnassa noudattaen tarkoin havaittua jään kulkusuuntaa. Kivilajin kulutuskestävyys on luultavasti ollut myötävaikuttamassa asiaan, sillä lohkareet ovat granaattikarsikiviä. Vastan lohkareet on identifioitu niiden sisältämän kubaniitin perusteella, mitä ei ole tavattu muualta kuin Hällinmäen muodostumasta tällä alueella. Kulkeutumismatkan pituuteen saattaa olla vaikuttamassa edellä mainittujen korkean lähtöpaikan ja suuren kulutuskestävyyden lisäksi myös jäätikön kulkusuuntaa noudattava uurrejärvimuodostuma, toisinsanoen jäätikön raivaama laaksomuodostuma, mitä nyt indikoivat järviketjut (kuva 17).

Kuva 17.
HÄLLINMÄEN
LOHKAREVASTA

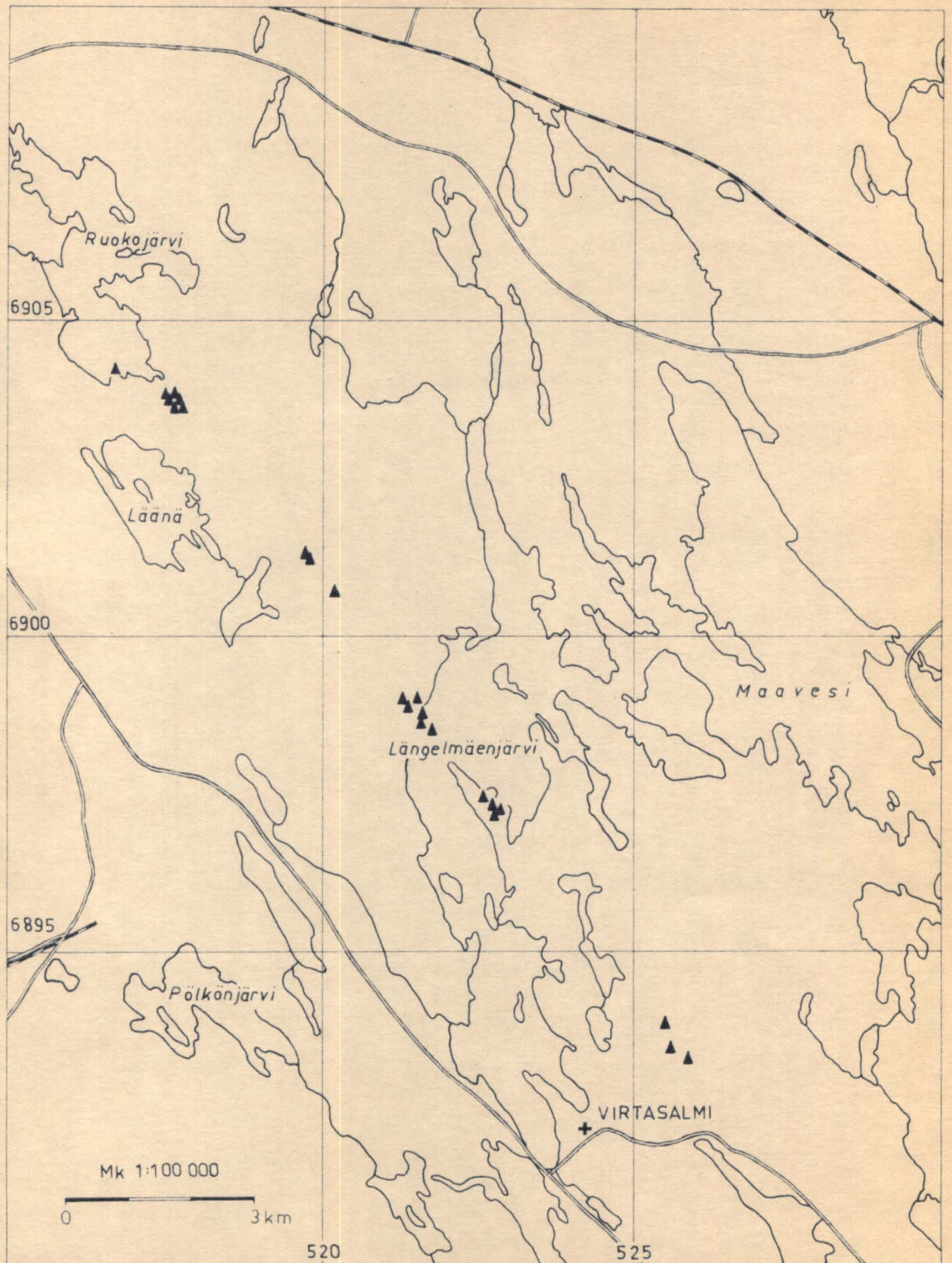


Ruokojärven lohkarevasta ja kivilaskut

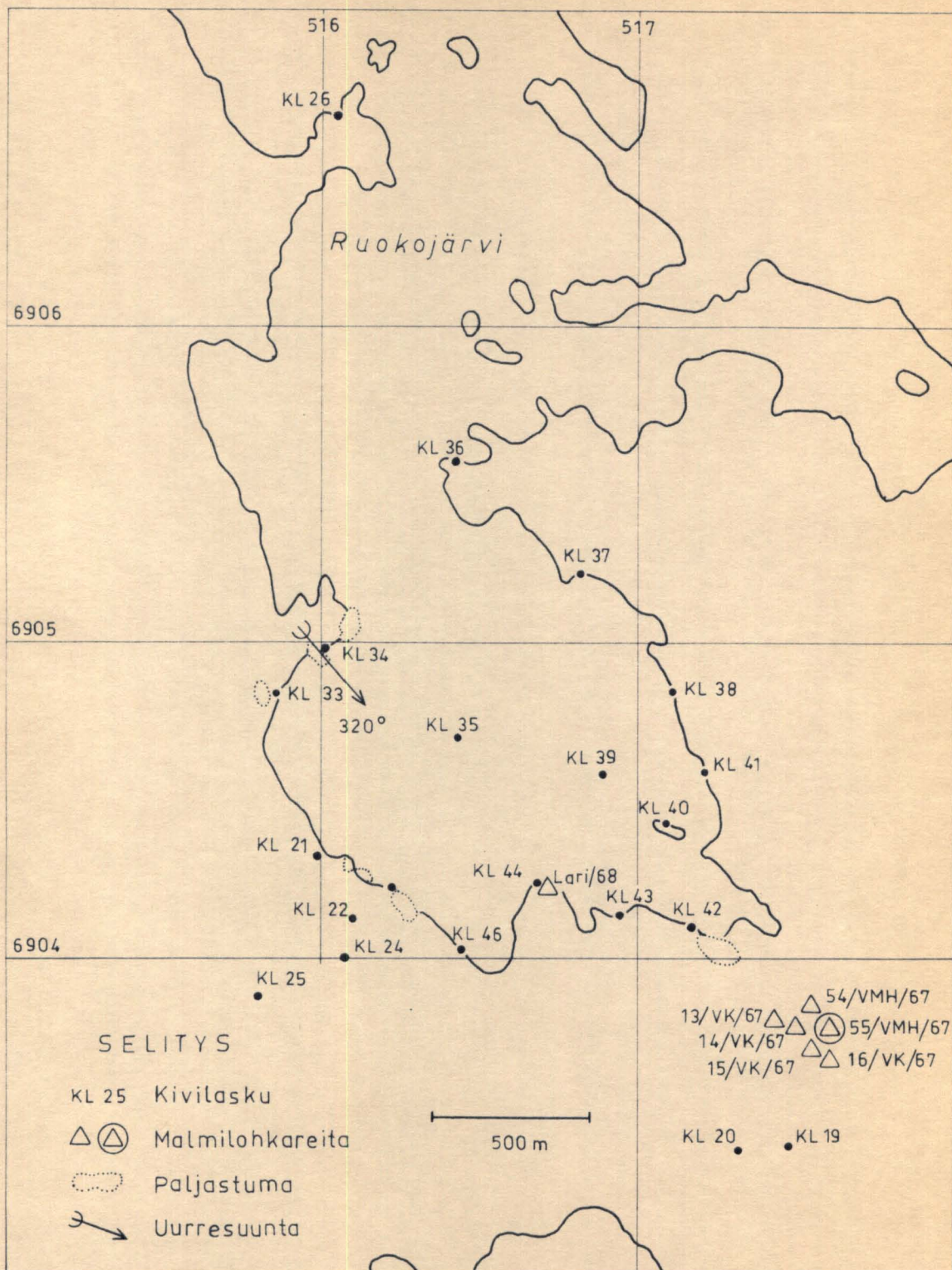
Tämä 13-14 kilometriä pitkä vasta on muodostunut peridotiittilohkareista. Hajonta on hyvin vähäinen sivusuunnassa jäänkulkusuuntaan nähden (kuva 18). Ensimmäinen lohkarekasauma sijaitsee noin puolen kilometrin päässä Ruokojärven rannasta moreenikohouman vastasivulla. Seuraavat kaksi lohkareta ovat tästä noin kolme ja puoli kilometriä kaakkoon. Sitten seuraa yksinäinen lohkare vähän yli puolen kilometrin päässä näistä. Kuusi seuraavaa lohkareta on tästä kahden-kolmen kilometrin päässä jonkinmoisena tihentymänä Längelmäenjärven ranta-alueella, minkä jälkeen vasta häipyi järveen. Lohkarevasta ilmestyy taas näkyviin toisella rannalla puolentoista kilometrin päässä edellisistä lohkareista, ei kuitenkaan vesirajassa, vaan 200-500 metrin päässä rannasta koivalla rinteellä. Viimeiset todistettavasti samaan vastaan kuuluvat lohkareet sijaitsevat neljän-viiden kilometrin päässä Längelmäenjärven rannasta Virtasalmen kirkonkylän koillispuolella.

Aivan Ruokojärven rannan välittömästä läheisyydestä on löytynyt samantyyppinen lohkare kuin vastan lohkareet, mutta se on sivussa lohkarevastian muodostamasta linjasta, joten sitä ei voi suoralta kädeltä lukea vastaan kuuluvaksi. Kuitenkin se, että mineralisaatio on sama kuin vastan lohkareissa, puhuu sen puolesta, että on kysymys samasta emäkalliosta.

Ruokojärven ympäristössä ja rannoilla kivilaskut osoittavat moreenin kivimateriaalin järven pohjois- ja itäpuolella koostuvan miltei pelkästään gneisseistä (kuva 19). Länsi- ja lounaispuolella tulee mukaan dioriittisiä kiviä, mutta ei täälläkään emäksisiä malmiutuneita lohkareita. Eteläsivulla tehdyissä kivilaskuissa sensijaan esiintyy mielenkiintoisempaa



Kuva 18. Ruokojärven lohkarrevasta.



Kuva 19. Ruokojärven kivilaskut.

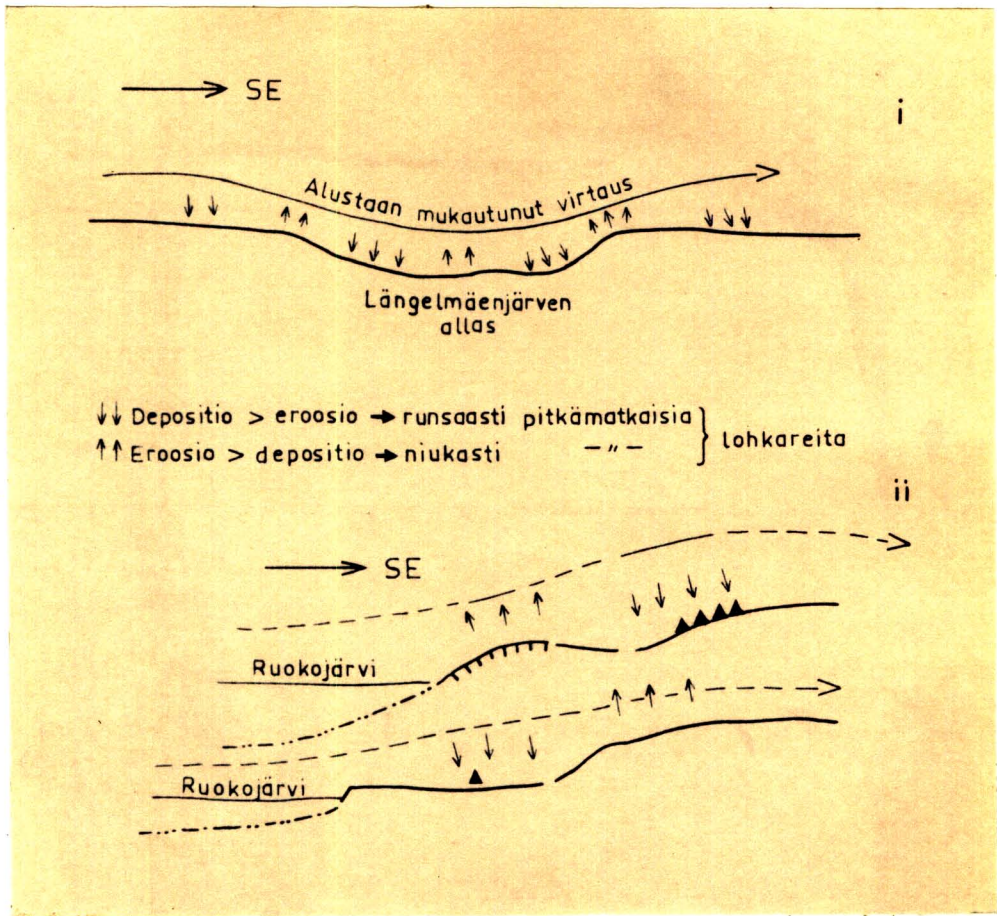
materiaalia (taulukko 7).

Kivilasku 44, mikä sisältää eniten emäksisiä lohkareita, joissa on myös havaittavissa kiisuuntumaa, on tehty rannalta vastan sivussa olevan lohkareen kohdalta. Emäksisiä lohkareita esiintyy hyvin kapealla, ehkä noin 20 metriä leveällä, alueella. Kivilaskussa 46 olevat emäksiset kivet eivät ole samantyyppisiä lohkareita kuin vastassa olevat, vaan ne ovat dioriittigabroja, joissa on jonkin verran kiisuuntumaa. Näyttää siltä, että sekä vastan lohkareet että yksinäinen rannalla oleva ja kivilaskuissa 44 ja 46 havaitut lohkareet ovat samaan dioriittimuodostumaan liittyvistä esiintymistä peräisin, vaikka tosin sen eri osista. Joka tapauksessa Ruokojärven lohkareevasta todistaa pitkää kulkeutumismatkaa ja pientä sivuhajontaa.

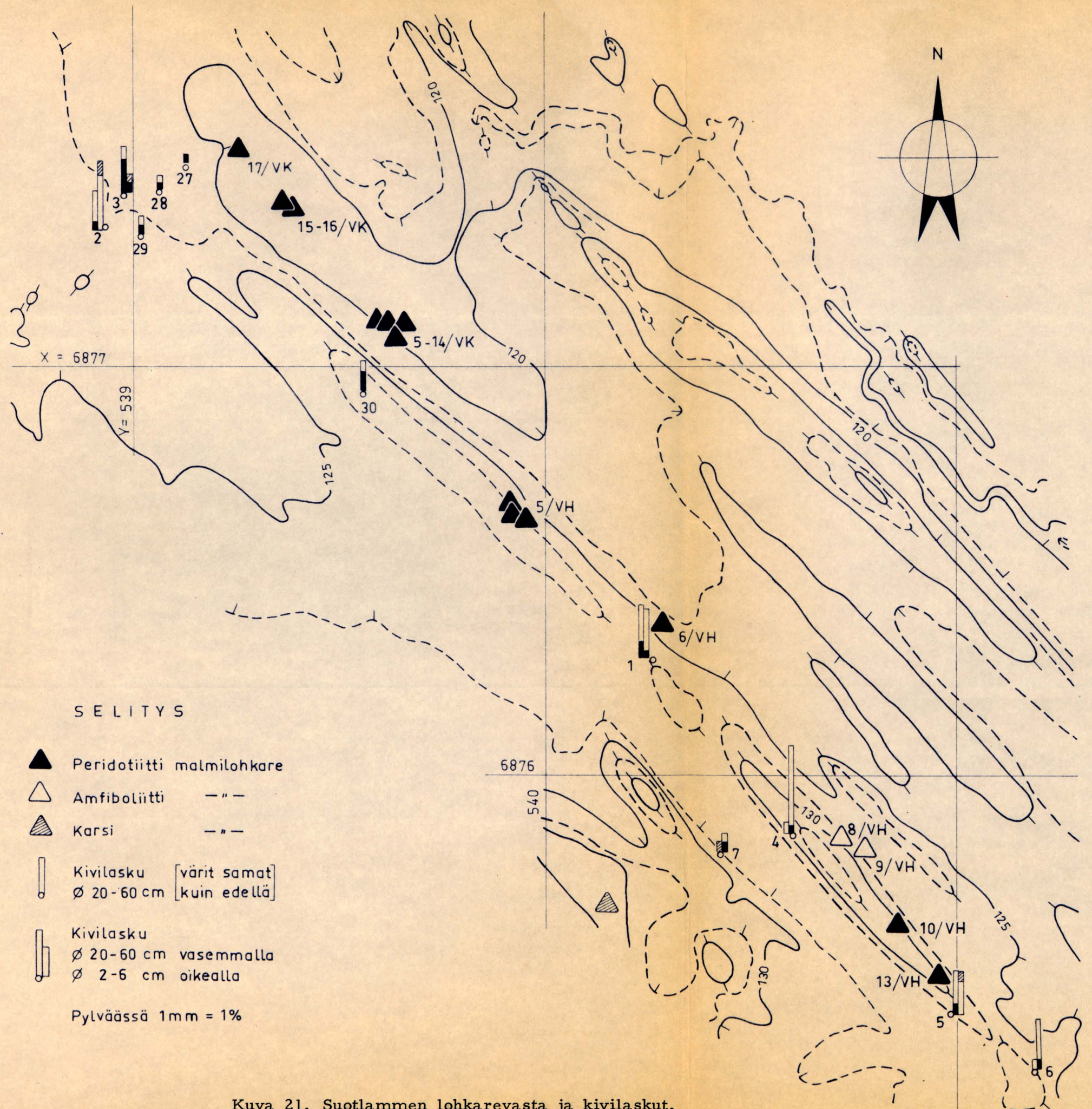
Lohkareevastan tihentymät Längelmäenjärven rannoilla saattavat johtua näissä paikoissa tapahtuneesta voimakkaasta eroosiosta, mikä on jarruttanut jään alaosan liikeno-
peutta, jolloin karkein aines (lohkareet ja järkäleet) ovat voineet kasautua alustalleen. Tämä sama seikka on saattanut olla vaikuttamassa vastan alkupäässäkin ensimmäisen lohkarekasau-
man muodostumiseen drumliinin proksimaalirinteelle (kuva 20).

Suotlammen lohkarevasta

Suotlammen vasta sijaitsee drumliinimuodostuman koillissivulla (kuva 21). Lohkareet ovat peridotiittia ja sisältävät jonkin verran pentlandiittia ja kuparikiisua. Lohkareet 5-14/VK, 6/VH, 10/VH ja 13/VH edustavat parempityyppistä malmimineralisaatiota kuin lohkareet 15-16/VK ja 17/VK sekä 5/VH. Lohkareet 8/VH ja 9/VH ovat amfiboliitteja, joissa on havaittavissa kiisuuntumaa. Peridotiiteissa on amfiboliitti-



Kuva 20. Mahdolliset depositio-eroosiosuhteet Ruokojärven vastan yhteydessä.



SELITYS

- ▲ Peridotiitti malmilohkare
- △ Amfiboliitti — " —
- ▨ Karsi — " —
- ⊏ Kivilasku [värit samat] [kuin edellä]
- ⊏ Kivilasku [vasemmalla] [oikealla]

Pylväässä 1mm = 1%

Kuva 21. Suotlammens lohkaresta ja kivilaskut.

sia osia, joten amfiboliittilohkareet voivat olla peräisin samasta muodostumasta kuin peridotiititkin.

Lohkareista 5-14/VK lohkareeseen 6/VH piirretty suora viiva poikkeaa hieman jäänkulkusuunnasta etelään. Samoin lohkareesta 6/VH lohkareisiin 10/VH ja 13/VH piirretty suora poikkeaa hieman enemmän etelään. Samalla, kun lohkareet ovat siirtyneet lähemmäs drumliinin keskilinjaa, ne ovat myös kohonneet vertikaalisuunnassa. Lammen ranta on käyrällä 120 metriä merenpinnan yläpuolella, miltä tasolta vasta kohoaa noin kahden kilometrin matkan aikana kymmenen metriä, käyrälle 130 metriä merenpinnan yläpuolella.

Kivilaskut seuraavat suunnilleen kivilajiprosenteissaan lohkarevastian piirteitä. Siitä, että emäksiset kivet kivilaskuissa eivät sisällä kiisuja, voidaan tehdä johtopäätös, että lohkareiden emäkallio on drumliinin keskilinjan koillispuolella. On olemassa lisäksi mahdollisuus, että lohkareet 5-14/VK ovat peräisin hiuksenhienosti lohkareiden 17/VK ja 15-16/VK linjan lounaispuolelta ja jonkinverran lähempää kuin viimeksimainitut. Lohkareiden 15-16/VK ja 17/VK mineralisaatiota vastaava kallioperä on syväkairauksella tavoitettu suoraan jään kulkusuunnassa luoteesta. Lohkarevastian suunnanmuutokseen saattaa olla drumliininmuodostumismekanismien lisäksi tai sen sijaan olla syynä paikallinen myöhemmän poikkeavan etenemissuunnan aiheuttama työntö. Tähän viittaa lyhyt päätemoreenipätkä vähän yli kilometrin päässä kaakossa viimeisestä lohkareesta (edellä käsitellyn Viitostien leikkauksen välittömässä yhteydessä).

PÄÄTELMIÄ

Virtasalmen drumliinialueen muodostumisesta

Virtasalmen alue on ollut jääkauden loppuvaiheessa suuren eteentyöntyvän jääkielekkeen keskustassa (kuva 22). Jäätikön liike on tällöin tapahtunut radiaalisen etenemisen muodossa (kuva 23; vrt. myös kuva 4). Jäätikön reunan erästä asemaa esittää toisen Salpausselän kaari Lahdesta Joensuuhun. Vaikka tämä ei kuvaa drumliinien muodostumisajankohdan jäänreunaa, niin kuitenkin se osoittaa radiaalisen etenemisen ja ympäristöä nopeamman jään liikkeen olemassaolon. Laatokan altaalla on ehkä ollut oma merkityksensä tämän kielekkeen muodostumisessa.

Se, että drumliineissa on usein tavattavissa kalliosydän, ei vielä ole aiheuttanut alkuperäistä drumlinaatiota. Drumlinaation vaatimuksena on yhtäjaksoinen jään virtaus samasta suunnasta (kuva 23). Virtasalmen alueella on kallioperän luoteiskaakkoissuuntainen yleissuuntaus mahdollistanut tällaisen jään etenemisen. Eteentyöntyvän jääkielekkeen muodostuminenkin voi olla osaksi tämän vaikutusta. Kalliosydänten vaikutus alkaa vasta drumlinaation tapahtuessa. Ne helpottavat aineksen kasautumista ja heikkousvyöhykkeiden syntymistä aiheuttamalla häiriöitä jään liikkeessä kuitenkin sitä täysin estämättä (pystykaade ja jään kulkusuunnan mukainen alustan topografia). Kalliosydämet ovat syntyneet nykyiselle eroosion vaikutuksesta viimeistään siinä vaiheessa, kun jää ennen drumlinaatiota on lähtenyt uudelleen etenemään, jolloin se on työntänyt kovaa reunaosaa edellään, koska oletettavasti drumliininmuodostuksessa jää on ollut liian plastista voidakseen kuluttaa kallioperää siinä määrin kuin ilmeisesti on tapahtunut.



Savikronologian perusteella laadittu kartta jäätikön reunan peräytymisestä Pohjois-Euroopassa. Luvut ovat nykyajasta taaksepäin laskettuja vuosia. Niiden kohdalla kulkevat käyrät näyttävät jäätikön reunan aseman. Kartan on piirtänyt ja vuosittanut Ebba Hult De Geer.

Kuva 22. Jäätikön reunan peräytyminen Pohjois-Euroopassa (Okko 1964).

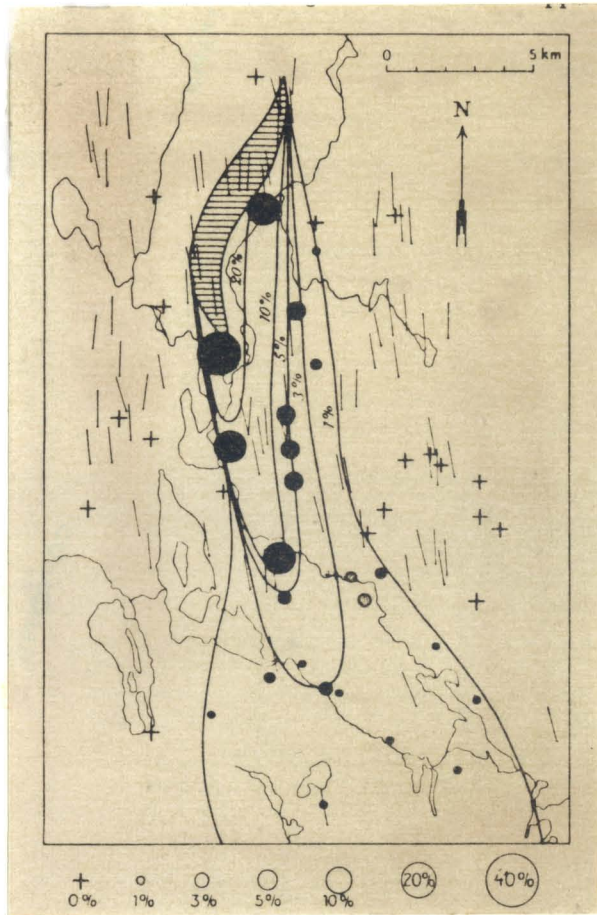


Kuva 23. Jäätikön liikkeen suunnat Suomessa jäätiköitymisen loppuvaiheessa (Okko 1964).

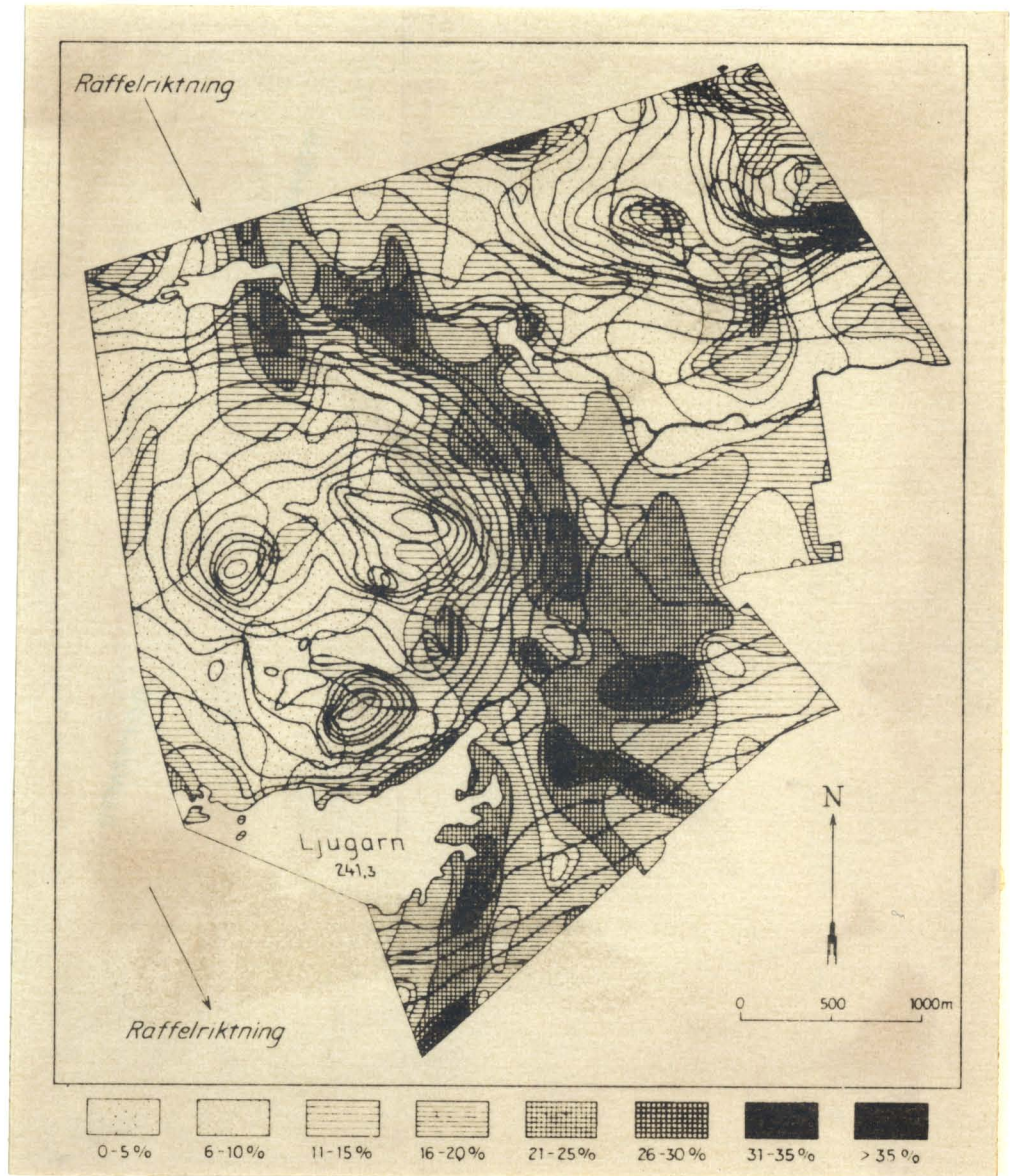
Voimakasta uudelleenetenemisvaihetta todistavat monet ylityöntöilmiöt toisen Salpausselän piirissä. Lisäksi Säämingissä (Ahvionniemessä) on lajittuneen aineksen päällä patjarakenteista moreenia kolmannen Salpausselän tienoilla.

Aineksen kulkeutumisen selvittelyä

Jäätikön liikkeen mekanismista johtuu, että moreeniaines pyrkii kohoamaan vertikaalisuunnassa etäisyyden kasvaessa emäkalliossa. Pinnalletuloetäisyys vaihtelee jonkinverran. Yleisimmin esitetyt arvot vaihtelevat puolen kilometrin kahta puolta kolmesta sadasta metristä (Grip 1953) kuu-teen-seitsemäänsataan metriin (Grip 1953, Hyvärinen 1958). Alustan topografiassa sopivasti kalteva proksimaalisivu voi pakottaa lohkarreit nousemaan pintaan jo aikaisemminkin moreenipeitteen ohetessa. Lohkareitten lähtöpaikan distaalinen asema alustan topografiassa saattaa toisaalta aiheuttaa sen, ettei lohkarreit lähde lainkaan tai ne etenevät ainoastaan lyhyen matkan moreenin alaosassa nousematta ollenkaan pintaan (Grip 1953). Lohkareet saattavat kulkeutua myös sivusuunnassa jäätikön yleiseen kulkusuuntaan nähden jään mu-
kautuessa topografisiin olosuhteisiin (kuva 24). Niinpä lohkarrevasta voi kiertää kohouman ja palata senjälkeen entiselle radalleen (kuva 25). Tämä voi myös johtua osittain siitä, että kohouma muuttaa jäätikön sen yli tapahtuvaa virtausta siten, että proksimaalipuolelle kasautuu lohkarreit, mutta kohouman laella tapahtuu eroosiota. Ylitettyään kohouman jään plastisuus palaa ja lohkarreit voi taas alkaa kasautua alustalle. Tämä tapahtuma on samanaikainen kuin edellämait-



Kuvat 24 ja 25. Vastan leviäminen topografian avautuessa (ylh.) ja jään liikkeen mukautuminen topografiaan (oik.) (Lundqvist 1935).



tu topografian kiertäminen.

Hienon aineksen suhteen levinneisyyden selvitys on vaikeampaa, koska se on ratkaisevasti pitempimatkaista kuin lohkareet ja lisäksi sekoittuminen on täydellisempää sekä pituussuunnassa että leveysuunnassa jäänkulkusuuntaan nähden. Monen sadan kilometrin päässä voi moreenin havaita sisältävän useita prosentteja emäkallion kiviainesta hiekka-, hieta- ja hiesulajitteissa (Gravenor 1951). Malmimineraalien kulutuskestävyys on usein pienempi kuin muun monomineraalisen hienon aineksen, mikä on muodostunut melkein pelkästään kvartsista ja maasälvistä. Tästä johtuu, että geokemialliset anomaliat pienenevät verraten nopeasti etäännyttäessä emäkalliosta ja siirtyvät moreenin hienompiin fraktioihin (Kauranne 1957). Lisäksi on usein vaikuttamassa malmiutumien pienialaisuus verrattuna ympäröiviin tyhjiin kivilajeihin, mikä pienentää malmimineraaliaineksen suhteellista määrää moreenissa. Aineksen viuhkaantuminen eli leviäminen sivusuunnassa mentäessä kauemmaksi emäkalliosta tuo myös mukanaan muita aineksia ja samanaikaisesti hajoittaa malmiainesta ympäristöön. Eri kivilajeilla ja eri tyyppisillä malmeillakin on erilainen emäkallion kulutettavuus. Tämä aiheuttaa myös oman efektinsä aineksen leviämiseen jo lähtöpaikalla.

Myös lähtöpaikan suhteellinen korkeus verrattuna ympäristöön (Gravenor 1951; vrt. myös Hällinmäen vasta) vaikuttaa leviämistapaan.

Drumliinialueella pätevät pääpiirteissään samat periaatteet kuin edellä on esitetty, mutta lisäksi täytyy ottaa huomioon jäänkulkusuunnassa havaittava topografian venyneyisyys. Tästä johtuu esimerkiksi lohkarevastojen melkoinen pituus ja sivusuunnassa mitättömän pieni hajonta. Samoin lohka-

reiden pinnalletuloetäisyys luultavasti säännöllisesti kasvaa. Drumliineissa itsessään oleva aines voi olla hyvinkin paikallista verrattuna niiden ulkopuolella olevaan ainekseen (drumliinit-depositio tai eroosiotähde, pitkittäislaaksot=eroosio). Hienon ja karkeamman aineksen kulkeutumisetäisyyksien ero myös mahdollisesti korostuu verrattuna normaaliin pohjamoreenialueeseen (jään erittäin suuri plastisuus drumliinialueiden muodostuessa).

Lisätutkimusten tarpeellisuudesta

Pienten kivien ja lohcareiden kivimateriaali eivät anna täyttä selvitystä moreenin koko mineraalikoostumuksesta. Tämän vuoksi olisi hyvä ottaa hienon aineksen tutkimus mukaan määrättäessä moreenin luonnetta niin petrografisesti kuin geokemiallisesti. Lisäksi olisi tutkittava mahdollisten preglasiaalisten rapautumakerrosten sisältämää materiaalia (Hällinmäessä suurin havaittu irtonainen maapeite yli 50 metriä paksu, Särslänniemen pohjoispuolella yli 40 metriä) ja verrattava tätä moreenimateriaaliin. Kivimateriaalin kulkeutumisetäisyyksien selvittämiseksi olisi mahdollista lähteä seuraamaan alueen luoteispuolella sijaitsevan graniittimassiivin aineksen leviämistä jäänkulkusuunnassa ja sen vähenemistä etäisyyden kasvaessa. Tässä voitaisiin ottaa huomioon eri raekoot ja erilaiset depositio-eroosio-vaihtelut.

Drumliinialueen muodostumisolosuhteiden selville saamiseksi olisi mahdollista tehdä konsolidaatiomäärityksiä alueella ja sen distaalipuolella. Tämä antaisi mahdollisesti kuvan jään plastisuudesta ja sen paksuudesta. Itse alueella voisi lisäksi keskittyä enemmän drumliinien sisäisen raken-

teen, niinkuin suuntauksen ja rakeisuuden vaihtelujen tutkimiseen.

Ilmakuvatulkinnat voivat antaa viitteitä mahdollisista erilaisista jään etenemissuunnista ja tektoniikan vaikutuksesta aineksen leviämiseen ja morfologiaan.

KIRJALLISUUTTA

- Alden, W.C. (1911) Radiation of glacial flow as an factor in drumlin formation. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 22.
- Aronow, S. (1959) Drumlins and Related Streamline Features in the Warwick-Tokio Area, North Dakota. *Am. Jour. Sci.*, vol. 257, March, no. 3.
- Ebers, E. (1926) Die bisherigen Ergebnisse der Drumlinforschung. Eine Monographie der Drumlins. *Neues Jahrbuch. B.*, Beilageband no. 53.
- Flint, R.F. (1964) *Glacial and Pleistocene Geology*. New York 1964.
- Frosterus, B. (1913) Suomen geologinen yleiskartta, lehti C 2 Mikkeli, maalajikartan selitys, suom. B.Aarnio. Helsinki 1913
- Gravenor, C.P. (1951) Bedrock source of tills in Southwestern Ontario. *Am. Jour. Sci.*, vol. 249, January.
- Grip, E. (1953) Tracing of glacial boulders as an aid to ore prospecting in Sweden. *Econ. Geol.*, vol. 48, Nr. 8, Dec.
- Hyvärinen, L. (1958) Lyijymalmin geokemiallisesta prosketoinista Korsnäsissä. *Toim. V.Marmo. Geologiliiton julk.no.1.*
- Hyvärinen, L. (1967) Virtasalmen alueen geologinen kartta (julkaisematon)
- Hyvärinen, L. (1968) Hällinmäen kuparimalmin geologiasta ja mineralogiasta. *Geologi* no 10.
- Kauranne, K. (1957) Malmimineraalit jäämyllyssä. *Geologi* no. 2.
- Lundqvist, G. (1935) Blockundersökningar, historik och metodik. *Sc. Ge. Und.*, Avhandlingar och uppsatser, Ser. C, N:o 390, Årsbok 29, N:o 5.
- Okko, V. (1964) Maaperägeologian osa kirjasta Suomen geologia, toim. K. Rankama. Helsinki 1964.
- Reed, B., Galvin, C.J., Jr. ja Miller, J.P. (1962) Some aspects of Drumlin Geometry. *Am. Jour. Sci.*, vol. 260, March, no. 3.
- Smalley, I.J. (1966b) Drumlin formation: a rheological model. *Science*, vol. 151, no. 3716.
- Smalley, I.J. ja Unwin, D.J. (1968) The formation and shape of drumlins and their distribution and orientation in drumlin fields. *Jour. Glaciology*, vol. 7, no. 51.
- Virkkala, K. (1952) On the bed structure of till in eastern Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande*, no. 157.

LIIKTEET

Liite 1. Kartta, johon on merkitty tutkimuskohteet.

Liite 2. Virtasalmen geologinen kartta (L. Hyvärinen 1967).

Liite 3. Tekstiin liittyvät taulukot 1-7.

LIITE 1. Virtasalmen alueen kartta.
Tutkimuskohteet rajattu vih-
reällä.
Mittakaava 1 : 200 000



LIITE 3.

Tekstiin liittyvät taulukot 1-7.

Suotlampi. Taulukko 1.

1/MKoo/68

Syvyys 1,0

Ø 20-60 cm

dr	39 %
b	4 "
amf	9 "
<u>gn(+mls)</u>	<u>48 "</u>
yht.	100 %

Ø 2-6 cm

dr	41 %
b	2 "
amf	10 "
<u>gn</u>	<u>47 "</u>
yht.	100 %

Rakeisuus

kSr	15 %
hSr	8 "
kHk	11 "
hHk	17 "
kHt	25 "
hHt	13 "
Hs	9 "
<u>Sa</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

4/MKoo/68

Syvyys 1,5 m

Ø 20-60 cm

dr	22 %
amf	2 "
<u>gn+misk</u>	<u>76 "</u>
yht.	100 %

Ø 2-6 cm

dr	19 %
b	1 "
amf	20 "
<u>gn+misk</u>	<u>60 "</u>
yht.	100 %

Rakeisuus

kSr	13 %
hSr	7 "
kHk	12 "
hHk	16 "
kHt	26 "
hHt	15 "
Hs	9 "
<u>Sa</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

5/MKoo/68

Syvyys 1,2 m

Ø 20-60 cm

dr	21 %
b	2 "
amf	8 "
<u>gn(+misk)</u>	<u>69 "</u>
yht.	100 %

Ø 2-6 cm

dr	9 %
amf	8 "
<u>gn(+misk)</u>	<u>74 "</u>
<u>karsi</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

Rakeisuus

kSr	5 %
hSr	7 "
kHk	11 "
hHk	20 "
kHt	33 "
hHt	15 "
Hs	7 "
<u>Sa</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

6/MKoo/68

Syvyys 1,2 m

Ø 20-60 cm

dr	26 %
amf	2 "
<u>gn(+misk)</u>	<u>72 "</u>
yht.	100 %

Ø 2-6 cm

dr	14 %
b	2 "
amf	10 "
<u>gn(+misk)</u>	<u>74 "</u>
yht.	100 %

Rakeisuus

kSr	10 %
hSr	8 "
kHk	14 "
hHk	19 "
kHt	26 "
hHt	14 "
Hs	7 "
<u>Sa</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

Viitostien leikkaus. Taulukko 2

10/MKoo/68		11/MKoo/68	
Syv. 1,5 m	Rakeisuus	Syv. 1,5 m	Rakeisuus
Ø 2-6 cm	Sr 48 %	Ø 2-6 cm	Sr 7 %
dr 9 %	Hk 30 "	dr 23 %	Hk 31 "
b 2 "	Ht 17 "	amf 11 "	Ht 57 "
amf 13 "	Hs 3 "	gn 66 "	Hs 4 "
<u>gn+misk 76 "</u>	<u>Sa 2 "</u>		<u>Sa 1 "</u>
yht. 100 %	yht. 100 %	yht. 100 %	yht. 100 %

11/MKoo/68		12/MKoo/68	
Syv. 4,0 m	Rakeisuus	Syv. 2,0 m	Rakeisuus
Ø 2-6 cm	Sr 47 %	Ø 2-6 cm	Sr 11 %
dr 13 %	Hk 33 "	Dr 20 %	Hk 42 "
b 1 "	Ht 15 "	b 2 "	Ht 41 "
amf 17 "	Hs 4 "	amf 4 "	Hs 5 "
gn 67 "	<u>Sa 1 "</u>	gn 74 "	<u>Sa 1 "</u>
yht. 100 %	yht. 100 %	yht. 100 %	yht. 100 %

Nääringin rakeisuusanalyysit. Taulukko 3

	14 yl.	16 yl	
	syv. 1,2 m	syv. 1,2 m	
	Sr 11 %	Sr 17 %	
	Hk 30 %	Hk 25 %	
	Ht 49 %	Ht 48 %	
	Hs 8 %	Hs 8 %	
	Sa 2 %	Sa 2 %	
15	14 al.	16 al.	17
syv. 1,8 m	syv. 3,0 m	syv. 2,5 m	syv. 1,0 m
Sr 12 %	Sr 9 %	Sr 6 %	Sr 4 %
Hk 27 %	Hk 30 %	Hk 15 %	Hk 22 %
Ht 51 %	Ht 51 %	Ht 61 %	Ht 59 %
Hs 9 % Sa 1 %	Hs 8% Sa 2%	Hs 16% Sa 2 %	Hs 12 % Sa 3%

Nääringin kivilaskut. Taulukko 4

14 ylempi		14 alempi		15	
syv. 1,2 m Ø 2-6 cm		syv. 3,0 m Ø 2-6 cm		syv. 1,8 m Ø 2-6 cm	
dr	26 %	dr	25 %	dr	26 %
b	3 "	b	4 "	amf	12 "
amf	9 "	amf	9 "	gn	51 "
gn	55 "	gn	51 "	mlsk	11 "
mlsk	5 "	mlsk	8 "		
unak	2 "	unak	2 "		
		muut	1 "		
<hr/>		<hr/>		<hr/>	
yht.	100 %	yht.	100 %	yht.	100 %

16 alempi

syv. 2,5 m Ø 2-6 cm	
dr	34 %
amf	9 "
gn	51 "
mlsk	6 "
<hr/>	
yht.	100 %

Kaitaisten rakeisuusanalyysit. Taulukko 5

näyte	no	syv. m	Sa	Hs	Ht	Hk	Sr
	50 A	5,5	5 %	15 %	50 %	25 %	5 %
	50 B	5,5	2 "	12 "	55 "	26 "	5 "

Virmantauksen rakeisuusanalyysit. Taulukko 6

näyte	no	syv. metriä	Sa	Hs	Ht	Hk	Sr
	13 yl.	1,5	2 %	12 %	47 %	27 %	12 %
	13 al.	4,5	4 "	18 "	51 "	23 "	4 "

Taulukko 7

KL 19

Ø yli 40 cm	
dioriitti	24 %
emäksiset	3 "
amfibol.	5 "
gneissit	64 "
<u>mustaliuske</u>	<u>4 "</u>
yht.	100 %

KL 20

Ø yli 40 cm	
dr	33 %
gn	66 "
<u>muut</u>	<u>1 "</u>
yht.	100 %

KL 42

Ø yli 40 cm	
dr	53 %
gn	47 "
<u>yht.</u>	<u>100 %</u>

KL 43

Ø yli 40 cm	
dr	49 %
gn	51 "
<u>yht.</u>	<u>100 %</u>

KL 44

Ø yli 40 cm	
dr	22 %
emäksiset	20 "
<u>gn</u>	<u>58 "</u>
yht.	100 %

KL 45

Ø yli 40 cm	
dr	30 %
gn	68 "
<u>mlsk</u>	<u>2 "</u>
yht.	100 %

KL 46

Ø yli 100 cm	
dr	41 %
emäksiset	5 "
<u>gn</u>	<u>54 "</u>
yht.	100 %