

VII

ANTROPOGEENI GEOLOGIA

TALLINN 1961

MINERALOOGILISE MEETODI KASUTAMISE VÕIMALUSEST MOREENIDE UURIMISEL EESTIS

A. RAUKAS

Viimaste aastate jooksul on mineraloogilis-petrograafilisi meetodeid stratigraafiliste ja paleogeograafiliste küsimuste lahendamisel järjest rohkem rakendatud. Asendamatuiks on osutunud need meetodid nn. tummade setete korreleerimisel ja nende geneesi selgitamisel. Kuna ka meie pleistotseeni setted sisaldavad paleontoloogilist materjali vähe, on antud setete tundmaõppimisel väga suure tähtsusega nende mineraloogia, litoloogia ja veeriste petrograafia uurimine.

Eesti NSV moreenide detailse litoloogilise iseloomustuse on andnud K. Orviku (Orвику, 1958a). Peaaegu täiesti puuduvad aga andmed Eesti moreenide kristalse veerismaterjali petrograafilise iseloomu ja peenemate fraktsioonide mineraloogilise koostise kohta. Mõningale mineraloogilis-petrograafilise koostise erinevusele Eesti ja Läti rissi ning vürmi jääaja moreenides viitab A. Dreimanis (1947). Kagu-Eesti moreenide kristalsete veeriste petrograafilise iseloomustuse andis 1957. a. V. Petersell¹. Kaudseid järeldusi kristalse veerismaterjali leviku kohta Eesti moreenides võib teha H. Viidingu tööde (1955, 1957) alusel. Üksikuid andmeid moreenide mineraloogilise ja veeriste petrograafilise iseloomu kohta esineb ka mõningates teistes töödes, kuid nende hulk on väike. Rohkearvuliselt teostas moreenide mineraloogilisi analüüse 1958/1959. aastatel Eesti Geoloogia Valitsuse Peipsi rühm, kuid kahjuks on nende andmed seni veel läbi töötamata.

Eesti moreenide mineraloogilist koostist on viimastel aastatel uurinud ka artikli autor. Käesolevas artiklis püütakse selgitada, kuivõrd moreenide mineraloogilise koostise kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid erinevusi ning mineraaliterade morfoloogiat on võimalik kasutada stratigraafiliste küsimuste lahendamiseks. Töös kõrvutatakse omavahel ilmselt erivanuseid moreene, selgitades seejuures, kas mineraalide kvantitatiivsed hulgad neis on statistiliselt oluliselt erinevad või mitte. Kahjuks ei olnud autoril kasutada materjali moreenidest, mis kahtluseta oleksid valdai jäätumise vanemad. Loomulikult vähendab see tunduvalt käesoleva uurimuse väärtust.

Töö käigus asetati pearõhk moreenide peenliivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogia uurimisele. Teostatud 86 analüüsist selgus, et valdavateks mineraalideks selles fraktsioonis on kvarts, päevakivid, karbonaadid ja vilgud. Raske fraktsiooni ($e > 2,89$) mineraalide sisaldus on

¹ V. Petersell. Moreenidest Eesti NSV kagurajoonides. Diplomitöö. Tartu Riikliku Ülikooli geoloogia kateeder. 1957.

harilikult alla 1%. Raskestes fraktsioonides domineerivad mitmesugused maakmineraalid (magnetiit, ilmeniit, hematit, limoniit, püriit), küünekiivid ja granaat. Kokku on autor Eesti moreenides kindlaks teinud 51 erinevat mineraali ja mineraalirühma.

Erinevatest Eesti NSV regioonidest kogutud moreeniproovide mineraloogilise koostise kvalitatiiyses iseloomus pole märgata kuigi suuri erinevusi. Selgesti märgatavad on aga kvantitatiivse koostise erinevused, mis on tingitud eelkõige aluspõhja mõjust moreenidele. Nii väheneb moreenides seaduspäraselt lõuna suunas karbonaatide sisaldus, suureneb aga kvartsi ja päevakivide hulk. Seejuures kasvab kvartsi hulk lõuna suunas kiiremini kui päevakivide hulk. Viimane seaduspärasus on ühest küljest tingitud devoni liivakividest, milles kvarts teravalt päevakivide üle valitseb. Teisest küljest võib aga arvata, et päevakivide suhteline vähenemine vabariigi lõunarajoonides on osaliselt tingitud pikema transpordi kestel toimunud keemilisest ja mehhaanilisest murenemisest, millele päevakivid on allunud tunduvalt kergemini kui kvarts.

Peale eespool märgitu esineb mineraalide kvantitatiivses levikus veel rida seaduspärasusi. Nii näiteks on Ida-Eestis levivad moreenid kõrgema maakmineraalide sisaldusega kui Lääne-Eesti moreenid (fraktsioonides 0,1—0,25 mm keskmised sisaldused vastavalt 32,09 ja 26,29% rasketest mineraalidest), kusjuures eriti kõrge on maakmineraalide hulk Peipsi järve ümbruskonnas.

Selgepiirilised on püriidi esinemise seaduspärasused. Eriti kõrge on püriidisaldus klindieelses sinakashallis moreenis (fraktsioonides 0,1—0,25 mm moodustab püriit keskmiselt 32,19% rasketest mineraalidest, samal ajal kui kogu vabariigi moreenide kohta on selle keskmiseks sisalduseks 5,17%). Suhteliselt rohkesti on märgata püriiti ka meie lääneosaartel (Mõntu — 14,50%) ja põhjaranniku lähedal asuvates hallides moreenides (Pärtliorg — 18,81%). Teistes vabariigi rajoonides püriit kas täielikult puudub või tema hulk ei ületa 1—2%. Niisugune püriidi jaotumine viitab sellele, et püriit Eesti moreenides on valdavalt allohtigeenne ja pärineb tõenäoliselt meie ala kambriumi, alamordoviitsiumi ja siluri (jaani lade) kivimeist, mis on sageli kõrge püriidisaldusega.

Analoogilisi seaduspärasusi on ka teiste mineraalide esinemispildis.

Sellised moreenide mineraloogilises koostises esinevad seaduspärasused loovad omakorda eeldused stratigraafiliste küsimuste edukaks lahendamiseks.

Moreenide uurimine on aga väga komplitseeritud küsimus. Kujutab ju moreen endast heterogeenset setet, mille omadused ja koostis kõiguvad võrdlemisi suurtes piirides juba ühes ja samas paljandis. Selleks et selgitada, milline moreeni omadustest on kõige püsivama iseloomuga, kasutatakse käesolevas töös kahe paljandi detailse analüüsi tulemusi.

Üks kirjeldatavaist paljandeist asub Tallinn—Viljandi maantee ääres Navesti ülesõidukoha lähedal. Maantee õgvendamisel tekkinud süvendis paljandub siin keskmiselt 2,5 m paksuses hele punakaspruun saviliivakas põhimoreen, mis lasub naroova lademe (D₂nr) liivakividel. Moreeni katab fluvioglatsiaalsed liivad. Vertikaalprofiilis poolemeetriste vahemaadega on siit võetud 3 proovi (esimene 0,5 m, teine 1,0 m ja kolmas 1,5 m sügavuselt) K. Orviku (1958a) poolt soovitatud metoodika alusel (tabelid 1, 2, 3).

Granulomeetriliselt koostiselt on kõik proovid lähedased (tab. 1). Proov nr. 1 on teistest mõnevõrra jämedateralisem. See on tõenäoliselt tingitud moreeni osalisest läbipesemisest ja peenemate koostisosade väljakandumisest moreeni settimise käigus.

Tabel 1

Moreeni kruusa- (1—20 mm) ja liivafraktsiooni (0,1—1 mm) granulomeetrilise analüüsi tulemused Navestist

	Proov nr. 1	Proov nr. 2	Proov nr. 3
10 mm	31,74%	25,41%	20,79%
7 mm	11,20%	6,57%	8,70%
5 mm	10,00%	9,92%	11,57%
3 mm	13,02%	14,79%	13,67%
2 mm	10,28%	13,00%	13,47%
1 mm	23,76%	30,31%	31,80%
	<hr/> 100,00%	<hr/> 100,00%	<hr/> 100,00%
0,5 mm	4,42%	5,68%	3,20%
0,25 mm	43,64%	39,84%	34,78%
0,10 mm	51,94%	54,48%	62,02%
	<hr/> 100,00%	<hr/> 100,00%	<hr/> 100,00%

Kruusafraktsiooni (10—5 mm) litoloogilised erinevused on juba märgatavalt suuremad, kusjuures punktmeetodil võetud proov siiski võrdlemisi hästi iseloomustab kogu paljandit (tab. 2).

Tabel 2

Kruusafraktsiooni (10—5 mm) litoloogilise analüüsi tulemused Navestist

	Proov nr. 1	Proov nr. 2	Proov nr. 3
Kristalsed kivimid	17,0	25,0	31,0
Karbonaatsed kivimid	79,0	72,0	67,5
Devoni liivakivid	1,0	—	—
Muud	3,0	3,0	1,5
	<hr/> 100,0%	<hr/> 100,0%	<hr/> 100,0%

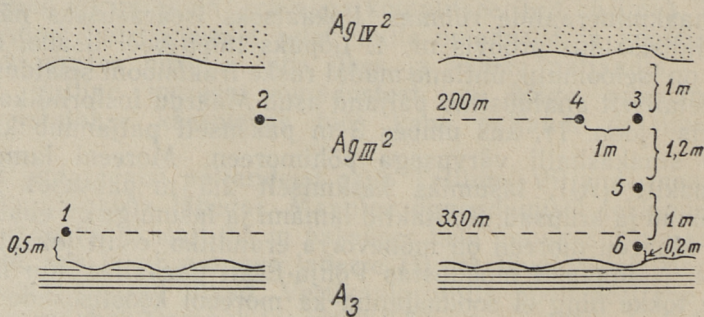
Tabelis 3 on antud liivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogilise analüüsi tulemused samast paljandist. Sellest nähtub, et suuri kõikumisi ei esine ka proovide mineraloogilises koostises.

Proov nr. 1 on teistest karbonaatsete kivimite poolest rikkam, mis peegeldub ka mineraloogilistes analüüsides. Suhteliselt hea on ühtlus granaadi, küünekivide ja samuti ka teistes mineraalirühmades. Märgatavad on kõikumised maakmineraalide rühmas. Lokaalseks iseärasuseks näib olevat kõrge biotiidisisaldus proovis nr. 1. Lõpuks tuleb veel lisada, et kõigile proovidele on iseloomulik ühtlane madal raske fraktsiooni sisaldus.

Teine detailselt analüüsitud paljand asub Maardu fosforiidikaevanduse peakarjääris (joon. 1), kus umbes 3 m paksuselt paljandub klindieelne liivsavikas sinakashalli värvusega põhimoreen. Moreeni lamamiks on diktüoneemakilt (A_3), lasumiks keskmiselt 2,5 m paksuses Litorina-mere (?) liivad ja kruusad. Kontaktid lamami ja lasumiga on ebateravad ja lainelised. Maardu moreen on mõnevõrra erandliku, osalt lokaalmoreense iseloomuga. Nähtavasti moodustas Põhja-Eesti paekallas siin mandrijää liikumisele tõkke ning ei soodustanud ka moreeni koostisosade ühtlustumist kogu kompleksi piirides. Selliseid suuri kõikumisi tüüpilises põhimoreenis harilikult ei esine, siin aga torkavad need silma juba esialgsel makroskoopilisel vaatlemisel. Nii valitsevad veeriste seas kohati diktüoneemakilda tükid (eriti moreeni allosas), kohati lubjakivid, kohati kristalsed kivimid. Seejuures ei ole viimaste levikupildis võimalik esile tõsta erilisi seaduspärasusi. Järske kõikumisi moreeni litoloogilises koostises kinnitavad kruusafraktsiooni litoloogilised seeriaanalüüsid (tab. 4).

Liivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogilise analüüsi tulemused Navestist

	Proov nr. 1	Proov. nr. 2	Proov nr. 3
Kerge fraktsioon ($e < 2,89$)			
Kvarts	70,0	76,5	76,5
Päevakivid	13,5	17,0	15,0
Karbonaadid	13,0	5,0	7,0
Muskoviit	1,0	1,0	0,5
Biotiit	2,5	0,5	1,0
	100,0%	100,0%	100,0%
Raske fraktsioon ($e > 2,89$)			
Maakmineraalid	8,00	20,25	17,00
Granaat	17,50	15,75	13,75
Küünekivid	36,75	43,25	42,00
Pürokseenid	2,25	4,25	5,25
Biotiit	19,00	2,25	2,00
Muskoviit	1,25	0,75	0,75
Kloriit	0,75	0,75	0,75
Karbonaadid	2,50	0,75	0,75
Tsirkoon, monatsiit, ksenotiim	0,25	—	1,50
Turmalin	0,75	1,25	1,75
Epidoot, tsoisiit, klinotsoisiit	0,50	0,75	1,75
Rutiil	—	—	0,25
Titaniit	—	0,25	—
Stauroliid	0,25	0,25	0,25
Andalusiit	—	0,25	—
Disteen	0,50	1,50	1,00
Sillimaniit	0,25	0,25	0,50
Apatiit	0,25	—	0,25
Muud	9,25	7,40	10,50
	100,0%	100,0%	100,0%
Raske fraktsiooni kaal	0,18%	0,15%	0,12%



Joon. 1. Proovide võtmise skeem Maardu karjääri vertikaalseinast.

Küllaltki sarnased on aga granulomeetrilise analüüsi tulemused, eriti peenemate fraktsioonide osas (tab. 5).

Tabel 4

Kruusafraktsiooni (10—5 mm) litoloogilise analüüsi tulemused Maardust

	Proov nr. 1	Proov nr. 2	Proov nr. 3	Proov nr. 4	Proov nr. 5	Proov nr. 6
Kristalsed kivimid	6,5	25,0	24,0	7,0	5,0	8,0
Karbonaatsed kivimid	1,0	27,0	24,0	66,0	58,0	51,0
Diktüüneemakilt	73,5	22,0	12,0	20,0	30,5	34,0
Kambriumi liivakivid	19,0	23,0	40,0	5,0	5,0	7,0
Muud	—	3,0	—	2,0	1,5	—
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Küüalalki sarnased on aga granulomeetriselised analüüsid, eriti peenemate fraktsioonide osas (tab. 5).

Tabel 5

Moreeni kruusa- (1—20 mm) ja liivafraktsiooni (0,1—1 mm) granulomeetriselise analüüsi tulemused Maardust

	Proov nr. 1	Proov nr. 2	Proov nr. 3	Proov nr. 4	Proov nr. 5	Proov nr. 6
10 mm	40,04	22,97	33,35	27,63	32,00	20,34
7 mm	10,70	10,56	6,83	10,10	13,88	11,18
5 mm	12,68	11,82	10,56	11,35	10,90	12,89
3 mm	13,06	14,85	13,21	15,52	15,19	18,17
2 mm	9,56	13,52	11,15	12,46	10,42	13,68
1 mm	13,96	26,28	24,90	22,94	17,61	23,74
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
0,5 mm	9,91	7,28	9,71	7,20	7,93	8,32
0,25 mm	42,49	40,44	45,59	41,14	42,07	40,63
0,10 mm	47,60	52,28	44,70	51,66	50,00	51,05
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Näiteks karbonaatide sisaldus proovis nr. 6 on karbonaatide sisaldusest proovis nr. 1 suurem 30 korda, glaukoniidisisaldus 17,3 korda jne. Väiksemad on erinevused kvartsi, päevakivi ja vilkude levikupildis, kuid ka need on suhteliselt suured.

Võrdlemisi ühtlane on aga raskete mineraalide sisaldus. Veelgi ühtlasem on pilt pärast maakmineraalide elimineerimist. Paljandit iseloomustab suur püriidisisaldus ning suhteliselt väike granaadi ja küünekiivi hulk. Vaene on aktseessorsete mineraalide pilt. Kõikumised üksikute rühmade piires pole suured. Nii on näiteks granaadi maksimaalseks protsentuaalseks erinevuseks 5,65%, küünekiivi 5% jne. Kogu paljandile on iseloomulik suhteliselt kõrge raske fraktsiooni sisaldus, mis on tingitud suurest maakmineraalide hulgast.

Et hinnata, milline vaadeldud moreeni omadustest on paljandi piires kõige püsivama iseloomuga, on kasutatud statistilist meetodit. Võrdluse aluseks on võetud varieeruvuse koefitsient, mis lubab omavahel võrrelda ka erineva suurusjärgu ja iseloomuga suurusi. Käesoleval juhul on varieeruvuse koefitsiendiks (C_v) moreeni omaduste (näiteks terasuurus), keskmise ruuthälbe (σ) ja nende aritmeetilise keskmise (M) suhe protsentides

$$C_v = \frac{100\sigma}{M} \% \text{ (Федоров, 1957).}$$

Litoloogilise koostise suured erinevused lubavad oletada suuri kõikumisi ka kerge fraktsiooni mineraloogilises koostises. Nii see ka tegelikult on (tab. 6).

Tabel 6

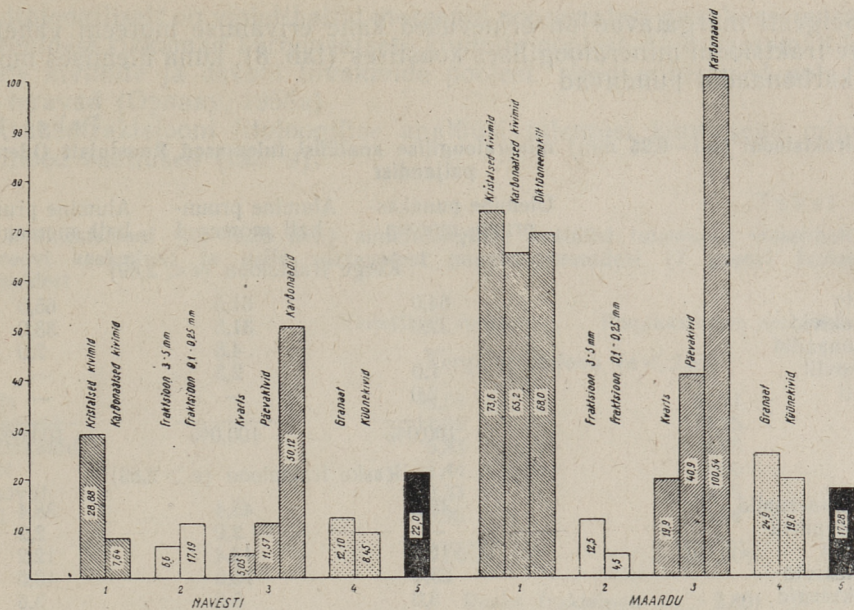
Liivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogilise analüüsi tulemused Maardust

	Proov nr. 1	Proov nr. 2	Proov nr. 3	Proov nr. 5	Proov nr. 6
Kerge fraktsioon (e < 2,89)					
Kvarts	57,0	75,0	81,5	56,0	53,1
Päevakivid	11,0	10,5	8,0	4,5	4,4
Karbonaadid	0,5	2,0	3,5	15,0	15,5
Muskoviit	1,0	—	1,0	1,0	0,3
Biotiit	1,0	0,5	0,5	0,5	1,7
Glaukoniit	1,0	5,5	3,5	15,0	17,3
Muud	28,5	5,5	2,0	8,0	7,7
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Raske fraktsioon (e > 2,89)					
Magnetiit, ilmeniit	27,00	23,40	24,40	6,60	6,75
Hematiit, limoniit	1,00	0,75	1,00	0,80	1,50
Püriit	37,75	31,00	25,00	51,20	44,25
Leukokseen	2,75	0,25	0,40	0,20	0,75
Granaat	10,25	13,45	7,80	8,20	13,00
Küünekivid	10,00	11,15	12,00	7,00	11,75
Pürokseenid	1,50	2,50	2,80	1,00	1,00
Karbonaadid	0,25	0,75	3,40	3,00	2,75
Muskoviit	—	—	0,40	—	—
Biotiit	1,75	2,65	2,00	0,20	0,25
Glaukoniit	0,25	1,40	1,80	2,40	0,25
Kloriit	—	0,25	0,80	0,60	0,75
Tsirkoon, monatsiit, ksenotiim	0,50	E	0,20	E	E
Turmaliin	0,25	E	0,40	—	0,50
Epidoot, tsoisiit, klinotsoisiit	1,00	1,00	1,20	—	1,50
Rutiil, titaniit, brukiit, anataas	0,25	—	0,20	—	—
Stauroliit, andalusiit, disteen, sillimaniit	—	0,50	0,40	0,40	1,00
Apatiit	0,25	0,25	0,20	—	0,50
Muud	5,25	10,45	15,60	18,40	13,50
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Raske fraktsiooni kaal	0,99%	1,16%	1,50%	1,15%	1,45%

Varieeruvuse koefitsientide hüstogrammilt (joon. 2) on näha, et moreeni kõige püsivamaks omaduseks on tema liiva- ja kruusafraktsioonide granulomeetriline koostis. Küllalt stabiilne on ka raske fraktsiooni hulk moreenis ning raske fraktsiooni mineraalide kooslus². Kõikuvamad on paljandi piirides kruusafraktsiooni litoloogiline iseloom ja kerge fraktsiooni mineraloogiline koostis.

Kristalsete veeriste petrograafia osas autor märgitud paljandeist see-riaanalüüse ei teinud. Selliseid analüüse on rohkearvuliselt tehtud aga teistest kohtadest. Saadud tulemused on alati väga head ühtlanguvust näidanud. Kõikumised erinevate kivimirühmade piirides ei ületa harilikult 1—3% (varieeruvuse koefitsiendi suurus 2—4%). Seejuures ei tohi aga unustada, et kristalsete veeriste kvantitatiivsed suhted kogu Eesti ulatuses on võrdlemisi ühtlased. Viimane asjaolu kahandab tunduvalt petrograa-

² Antud juhul on võrreldud vaid kahe raskes fraktsioonis kõige enam levinud mineraali, s. o. küünekivi ja granaadi käitumist paljandi piirides, kuna teised mineraalid esinevad teostatud analüüsides tõepärase pildi saamiseks liiga väikestes kogustes. Ka kruusafraktsiooni litoloogiliste analüüsides hindamisel on arvestatud vaid kõige sagedasemate komponentide muutusi.



Joon. 2. Varieeruvuse koefitsientide hüstogramm. 1. Moreenide litoloogia. 2. Granulomeetria. 3. Kerge fraktsiooni mineraloogia. 4. Raske fraktsiooni mineraloogia. 5. Raske fraktsiooni kaal.

ilise meetodi väärtust. Siiski näib, et kui üksikute kristalsete kivimirühmade suhete hindamisega kombineerida veel juhtkivimite leviku jälgimist, pakub petrograafiline meetod meie tingimustes pleistotseeni stratigraafia ja paleogeograafia uurimiseks parimaid võimalusi.

Vaatamata suhteliselt suurele kõikumisele ühe ja sama paljandi piirides, ei saa sugugi alahindavalt suhtuda ka litoloogilisse meetodisse³ ning kerge fraktsiooni mineraalide uurimisse. Nii näiteks annavad vastavad uurimised häid tulemusi Kirde-Eestis devoni avamusala lähedal esinevate punakaspruunide ja nende all lamavate hallide moreenide iseloomustamisel. Nimetatud moreenid on ilmselt erivanused. Ülemine saviliivakas punakaspruun moreen kuulub tõenäoliselt A. Aleinikovi (Алейников, 1953) poolt väljaeraldatud neeva staadiumisse, alumine hall, pruunikashall või kohati ka punakas- ja rohekaskirju liivsavimoreen aga vastavalt luuga staadiumisse. Ülemises punakaspruunis moreenis puuduvad harilikult täiesti karbonaatsed kivimid ja valdavad on kristalsed kivimid ning naroova lademe (D_{2nr}) heledavärvilised liivakivid. Alumises hallis moreenis võivad aga lubjakivid olla sageli valdavateks kivimiteks. Tunduvalt rohkem esineb alumises moreenis ka kambriumi kivimeid.

Roostojal, Oderniidu talu lähedal asuvas paljandis oleksid veeriselise fraktsiooni (1—10 cm) litoloogilise analüüsi tulemused (%) järgmised.

Tabel 7

	Kristalsed kivimid	Karbonaatsed kivimid	Liivakivid	Muud
Ülemine punakaspruun moreen	82,7	—	17,3	—
Alumine hall moreen	55,3	18,7	24,6	1,4

³ Litoloogilise meetodi all mõeldakse antud juhul viie kohalikes tingimustes olulise tähtsusega kivimirühma (kristalsed kivimid, karbonaatsed kivimid, kambriumi liivakivid, devoni liivakivid ja muud) väljaeraldamist ja omavahel võrdlemist.

Selgesti märgatavad on erinevused kahe erivanuse moreeni vahel ka kerge fraktsiooni mineraloogilises koostises (tab. 8), kuna ülemises moreenis karbonaadid puuduvad.

Tabel 8

Liivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogilise analüüsi tulemused Roostojalt Oderniidu paljandist

	Ülemine punakaspruun moreen	Alumine pruunhall moreen I	Alumine pruunhall moreen II
Kerge fraktsioon ($e < 2,89$)			
Kvarts	64,0	61,5	65,0
Päevakivid	32,0	31,5	33,0
Karbonaadid	—	4,5	2,0
Muskoviit	1,0	2,5	—
Biotiit	3,0	—	—
	100,0%	100,0%	100,0%
Raske fraktsioon ($e > 2,89$)			
Maakmineraalid, sellest püriit	48,2	45,4	38,4
Granaat	—	2,0	2,2
Küünekid	12,0	14,4	12,2
Pürokseenid	23,4	15,6	18,6
Karbonaadid	3,0	5,6	3,6
Biotiit	2,4	8,2	6,4
Kloriit	1,2	—	2,2
Tsirkoon, monatsiit, ksenotiim	2,4	3,0	—
Turmaliin	2,2	1,8	2,0
Epidoot, tsoisiit, klinotsoisiit	0,8	1,4	0,4
Rutiil, brukiit, titaniit, anataas	1,0	0,4	1,0
Stauroliit, andalusiid, disteen, sillimaniit	1,0	1,0	1,4
Apatiit	1,4	1,6	2,6
Muud	0,6	1,2	0,8
	0,4	0,4	0,4
	100,0%	100,0%	100,0%

Ka raske fraktsioonis on märgata alumises moreenis suuremat karbonaatide sisaldust. Lisaks sellele esineb alumises moreenis püriit, mis ülemises moreenis puudub. Muud erinevused pole statistiliselt olulised. Mõnevõrra väiksem on alumises moreenis maakmineraalide ja küünekidide sisaldus ning suurem metamorfsetest kivimitest pärinevate mineraalide, samuti ka apatiidi ja pürokseenide hulk. Mineraaliterade morfoloogilisi erinevusi erivanustest moreenides ei olnud võimalik täheldada. Lõpuks tuleb veel lisada, et mõlemas moreenis on mineraalid suhteliselt värskeilmelised ja hea säilivusega.

Lõuna-Eestis kohtame sageli alale iseloomuliku punakaspruuni moreeni kõrval violetthalli värvusega moreeni, mis paljandub kas vahetult (Otepää ümbrus), on kaetud fluvioglatsiaalsete liivade ja kruusadega (Illu, Tohvri), noorema punakaspruuni moreeniga (Tartu) või nii fluvioglatsiaalsete setete kui ka moreeniga (Reola, Saesaare). Kohati on violetthalli ja kõrgemal lasuva punakaspruuni moreeni vahelt leitud paleontoloogiliselt iseloomustatud interstadiaalseid setteid (Kamera).

Violetthalli moreeni stratigraafiline asend on seni veel lõplikult selgitamata. Kuni viimase ajani on loetud Lõuna-Eesti violetthalli moreeni valdai jäätumise stadiaalseks setteks (Орвику, 1958b), seda aga klausliga, et see moreen võib olla ka vanem (Орвику, 1956, 1958a). Hiljuti ilmunud K. Orviku artiklis (1960) on loetud violetthallid moreenid aga dnepri jääajajärku.

Litoloogiliselt on violetthallid moreenid noorematest punakaspruunidest moreenidest rikkamad karbonaatsete kivimite poolest, kuid vaesemad kristalsete kivimite ja devoni liivakivide poolest. Need erinevused pole aga eriti teravad (Орвику, 1958a).

Kruusafraktsiooni litoloogilise analüüsi tulemusi kinnitavad mineraaloloogilised vaatlused (tab. 9).

Tabel 9

Liivafraktsiooni (0,1—0,25 mm) mineraloogilise analüüsi tulemused violetthallidest (9 proovi keskmine) ja neile vastavatest punakaspruunidest (7 proovi keskmine) moreenidest

	Violetthall moreen	Punakaspruun moreen
	Kerge fraktsioon ($e < 2,89$)	
Kvarts	79,58	84,31
Päevakivid	11,86	11,35
Karbonaadid	5,83	1,65
Biotiit	1,44	1,06
Muskoviit	0,33	0,99
Muud	0,96	0,64
	100,00%	100,00%
	Raske fraktsioon ($e > 2,89$)	
Magnetiit, ilmeniit	13,45	17,97
Hematiit, limoniit	7,83	9,30
Püriit	0,65	0,13
Leukokseen	0,97	2,06
Granaat	25,42	18,43
Küünekivid	30,08	29,28
Pürokseenid	2,72	1,99
Karbonaadid	2,79	0,95
Biotiit	2,35	4,11
Muskoviit	0,81	2,95
Kloriit	0,95	0,97
Tsirkoon, monatsiit, ksenotiim	1,59	2,53
Turmaliin	1,36	2,23
Epidoot, tsoisiit, klinotsoisiit	1,06	1,16
Rutiil	0,34	0,41
Titaniit	0,31	0,16
Brukiit, anataas	0,04	0,19
Stauroliit	0,37	0,40
Andalusiit	0,28	0,13
Disteen	0,23	0,31
Sillimaniit	0,10	0,17
Apatiit	0,74	0,85
Muud	5,56	3,30
	100,00%	100,00%
Raske fraktsiooni sisaldus	0,70%	0,39%

Violetthall moreen sisaldab enam kui kolm korda rohkem karbonaatseid mineraale kui lasuv punakaspruun moreen. Rohkem on violetthallis moreenis ka püriiti, mis ilmselt viitab alumise moreeni nõrgemale oksüdatsioonistatusele. Peale karbonaatide ja püriidi on statistiliselt oluliseks erinevuseks violetthalli moreeni suurem granaadisaldus ning väiksem muskoviidi hulk. Silmatorkavad, kuid statistiliselt mitteolulised on erinevused aga näiteks tsirkooni- ja kvartsisisalduses. Vähesed terade arvu tõttu analüüsides ei saa lõplikult hinnata fluoriidi, andalusiidi ja mõne teise aktsessoorse mineraali stratigraafilist tähtsust. Võrdlemisi selge paistab aga olevat violetthalli moreeni suurem raske fraktsiooni sisaldus.

Mineraaliterade morfoloogias ja sekundaarse muutumise astmes pole ka siin erivanuste moreenide vahel olulisi erinevusi märgata. Viimane asjaolu on arvatavasti seletatav hilisemate muundumisprotsesside lühiajalisusega ega räägi Lõuna-Eesti violetthalli moreeni dnepri jääaega lugemise kasuks. Kirjanduses esinevate andmete (Мещеряков и Шукевич, 1955) alusel on dnepri ja valdai jääajajärku kuuluvate moreenide vanusevahet tingitud erinevused mineraaliterade morfoloogias ja mineraalide suhetes märgatavalt selgemad.

Kokku võttes võib märkida, et mineraloogiline uurimismeetod, rakendatuna moreenide uurimisel Eesti NSV tingimustes, võib osutada olulist abi ühe või teise stratigraafilise küsimuse lahendamisel. Viimase mandri-jäätumise erivanuste staadiumide väljaeraldamisel ei saa aga teha lõplikke järeldusi, toetudes ainult mineraloogia andmetele, kuna settematerjali ühtse lähteala tõttu ei ole nende moreenide mineraloogilise koostise erinevused Eestis kuigi selgepiirilised, sõltuvad aga sageli lokaalsetest põhjustest. Viimase jäätumise staadiumide uurimisel ei ole seni positiivseid tulemusi andnud mineraalide morfoloogia ja sekundaarsete muutuste jälgimine moreenis.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Geoloogia Instituut*

KIRJANDUS

- Dreimanis, A., 1947. A Draft of Pleistocene Stratigraphy in Latvia and S-Estonia. Geol. Fören. Förh., v. 69.
- Orviku, K., 1960. Eesti geoloogilisest arengust antropogeenis I. «Eesti Loodus», III, 1.
- Viiding, H., 1955. Eesti NSV rändkivide petrograafiast. Loodusuurijate Seltsi aastaraamat, 48. Tartu.
- Алейников А. А., 1953. Стадии и осцилляции в ходе отступления ледника в северо-западной части Русской равнины. Докл. АН СССР, нов. сер., т. XXXIX, № 5
- Вийдинг Х., 1957. Распространение и петрография эрратических валунов Эстонской ССР. Труды регионального совещания по изучению четвертичных отложений Прибалтики и Белоруссии. Ин-т геол. и геогр. АН ЛитССР. Научные сообщения IV.
- Мещеряков Ю. А., Шукевич М. М., 1955. История формирования р. Мсты и некоторые особенности неотектоники Северо-запада Русской равнины. Тр. Ин-та геогр. АН СССР, вып. 65.
- Orviku K., 1956. Стратиграфическая схема антропогеновых (четвертичных) отложений территории Эстонской ССР. Тр. Ин-та геол. АН ЭстССР, 1.
- Orviku K., 1958a. Литологическое исследование морены последнего оледенения Эстонии количественными методами. Тр. Ин-та геол. АН ЭстССР, III.
- Orviku K., 1958b. Антропогеновая (четвертичная) система. В кн.: Обзор стратиграфии палеозойских и четвертичных отложений Эстонской ССР. Изд. Ин-та геол. АН ЭстССР. Таллин.
- Федоров А. И., 1957. Методы математической статистики в биологии и опытном деле. Казгосиздат. Алма-Ата.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ МОРЕН В ЭСТОНИИ

А. РАУКАС

Резюме

В статье рассматриваются возможности использования качественных и количественных различий минералогического состава морен и морфологии минеральных зерен для разрешения стратиграфических вопросов.

В ходе работы автор особенно обращал внимание на изучение мелкопесчаной фракции морен. Из приведенных анализов выяснилось, что преобладающими минералами в этой фракции являются кварц, полевые шпаты, карбонаты и слюды. Содержание тяжелой фракции (с удельным весом $> 2,89$) обычно не превышает 1%. Среди минералов тяжелой фракции доминируют рудные минералы (магнетит, гематит, ильменит, лимонит, пирит), амфиболы и гранат. Всего в моренах Эстонии автором обнаружено 51 различных минерал или минеральная группа.

В качественном минералогическом составе морен не наблюдается больших различий среди проб, собранных в различных регионах республики, но ясно выявляются различия в количественном составе морен, что обусловлено главным образом влиянием подстилающих коренных пород. Так, например, в южном направлении республики закономерно уменьшается содержание карбонатов в моренах. В то же время увеличивается количество кварца и полевых шпатов. Высокое содержание пирита наблюдается в предглинтовой синевато-серой морене, на западных островах и в серых моренах близ северного побережья, так как в этих районах обнажаются коренные породы, нередко имеющие высокое содержание пирита. Аналогичные закономерности наблюдаются и в распространении других минералов. Эти закономерности минералогического состава морен создают предпосылки для разрешения стратиграфических вопросов.

Для выяснения изменчивости литолого-минералогического состава морен в одном и том же обнажении автором использованы результаты детального анализа проб, собранных из двух произвольно выбранных обнажений: с Навести, в Средней Эстонии (см. табл. 1, 2 и 3) и Маарду, в предглинтовой полосе в Северной Эстонии (см. табл. 4, 5 и 6). Необходимо отметить, что морена в Маарду, в частности, похожа на локальную морену, и этим в основном объясняются и исключительно большие колебания ее литологического и минералогического состава. Чтобы определить, какие из исследованных свойств морены в пределах одного и того же обнажения являются наиболее постоянными, применялся статистический метод исследования, причем в основу сравнения был взят коэффициент вариации. Из гистограмм (рис. 2) видно, что наиболее постоянным свойством морены является гранулометрический состав ее песчаной и гравийной фракций. Достаточно стабильными оказываются также минералогический состав и весовое содержание тяжелой фракции. Более значительные колебания в пределах одного обнажения наблюдаются в литологическом составе галек и гравийных зерен и в минералогическом составе легкой фракции.

Несмотря на значительные колебания в пределах одного обнажения, нельзя пренебрегать литологическим методом, а также исследованием минералов легкой фракции. Так, соответствующие исследования дают хорошие результаты при характеристике красновато-бурых и залегающих под ними серых морен в Северо-Восточной Эстонии близ коренных

выходов девона. Названные морены, вероятно, связываются с невской и лужской стадиями валдайского оледенения, выделенными А. А. Алейниковым в Ленинградской области (1953). Обычно в залегающей выше супесчаной красновато-бурой морене полностью отсутствуют карбонатные породы, и она сложена только кристаллическими породами и светлыми песчаниками наровского горизонта ($D_{2лг}$) (см. табл. 7). В ниже лежащей серой суглинистой морене известняки могут являться основным типом пород. Сравнительно часто встречаются в нижней морене также песчаники кембрийского возраста. Различия двух разновозрастных морен наглядно проявляются и в минералогическом составе легкой фракции (см. табл. 8). В составе этой фракции верхней морены полностью отсутствуют карбонаты; в составе тяжелой фракции той же морены также наблюдается более низкое их содержание, чем в нижней морене. Кроме того, в нижней морене встречается пирит, отсутствующий в верхней. Остальные количественные расхождения являются статистически несущественными. Отметить морфологические особенности минеральных зерен в разновозрастных моренах не удалось.

Стратиграфическое расположение фиолетово-серой морены, встречающейся местами в Южной Эстонии, окончательно не выяснено. Эта морена в литологическом (см. Орвику, 1958а) и минералогическом (см. табл. 9) отношениях отличается от залегающей над ней красновато-бурой морены. Фиолетово-серая морена содержит больше карбонатных минералов; выше в ней и содержание пирита. Кроме карбонатов и пирита, статистически важной особенностью фиолетово-серой морены является повышенное содержание граната и меньшее количество мусковита. Заметны, но статистически не существенны, различия в содержании, например, циркона. Более высоко и весовое содержание тяжелой фракции фиолетово-серой морены. Существенных различий в морфологии минеральных зерен и в степени вторичных изменений не наблюдалось.

Следует отметить, что минералогические исследования применительно к исследованиям морен в условиях Эстонии могут оказать существенную помощь при разрешении стратиграфических вопросов. При этом надо учитывать, что различия в минералогическом составе стадияльных морен Эстонии, из-за единственной исходной области осадочного материала, нерезкие и часто обусловлены локальными причинами.

*Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР*

APPLICATION OF THE MINERALOGICAL METHOD TO THE INVESTIGATION OF TILLS IN ESTONIA

A. RAUKAS

Summary

This article discusses the possibilities of applying the mineralogical method of investigation to problems of the stratigraphy of tills. Main attention was paid to the mineralogy of the fine-sand fraction (0.1—0.25 mm). An analysis of the samples taken showed that the predominant minerals are quartz, feldspars, carbonates and micas. The mineral content of the heavy fraction (sp. gr. > 2.89) is usually less than

1% and there are prevailing ore minerals (magnetite, ilmenite, hematite, limonite, pyrite), amphiboles and garnet. Altogether the author has determined 51 minerals or mineral groups in the tills of Estonia.

The proportions of the minerals represented vary from region to region. For example, southwards the tills show a decrease in the carbonate content, but an increase in the amount of quartz and feldspars. Similar variations may be observed in the relative proportions of other minerals. The presence of such general trends in the mineralogical composition of the tills contributes greatly to the solution of some stratigraphical problems.

The tills of the Valdai glacial period, situated in the North-East Estonia near an outcrop of the Devonian, show clear differences in their lithological characteristics according to the stages represented (see Table 7). Not less distinct are the differences in their mineralogical composition (see Table 8). The light fraction of the Neva stage (Aleinikov, 1953) is entirely lacking in carbonates. On the other hand there is an amount of carbonates in the tills of the Luga stage. At the same time, pyrites occur in the Luga stage, and are absent in the Neva stage.

In the same way the purplish-grey tills distributed in the south of Estonia (Table 9) still occupy an uncertain stratigraphical position and differ fundamentally in their lithological and mineralogical characteristics from the overlying reddish-brown tills. The purplish-grey tills contain three times more carbonates than the reddish-brown tills. Besides the carbonate content the statistically important difference of the purplish-grey tills is their higher content of pyrite, and garnet, and a lower content of muscovite. The weight of the heavy fraction in the purplish-grey till is higher than that of the reddish-brown one. In the morphology of the mineral grains and the degree of secondary transformation no essential differences between tills dating from different ages have been stated.

The tills represent a deposit of extremely heterogenous character. In order to compare the constancy of certain qualities on one exposure the statistical method was used. Results are indicating (see fig. 2) that the most stable feature was the granulometric composition of the sand and gravel fraction, and the proportions of the crystalline (igneous and metamorphic) rock pebbles. Both the proportion of the heavy fraction and its mineralogical composition are also fairly stable within the limits of a given deposit. The two features which showed the widest fluctuation on all exposures are the lithological character of the gravel fraction and the mineralogical composition of the light fraction.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Geology*