EESTI GEOLOOGIA SELTS

BÜLLETÄÄN
4/99

EESTI GEOLOOGIAKESKUS
GEOLOGICAL SURVEY OF ESTONIA

Geoloogiakeskuse põhitegevuseks on praktilise suunitlusega tööd:

- **maismaa ja madalmere geoloogiline kaardistamine**
- **geokeemilised, geofüüsikalised ja keskkonnageoloogilised uurimistööd**
- **põhjavee, rannikute ja maakoore seismiline seire**
- **põhjavee (sh. mineraalvee) otsing ja uuring**
- **maavarade (põlevkivi, lubjakivi, dolomiidi, liiva, kruusa, savi, turba, sapropeeli, jt.) otsing, uuring ja iga-aastaste bilansside koostamine**
- **maavarade ja põhjavee riikliku registri pidamine**
- **geoloogiliste tööde tulemuste, kaartide ja atlaste kirjastamine**
- **maapõue-alased keskkonnaekspertiisid**

Direktor Vello Klein 6720094; **Arendusdirektor** Aivar Pajupuu 6720081.
Kadaka tee 80/82, 12618 Tallinn, tel. 6720094, fax 6720091
e-mail: egk@egk.ee, Internet: http://www.egk.ee

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI GEOLOOGIA INSTITUUT

Instituut teeb alus- ja rakendusuuringuid järgmistes valdkondades:

- **maakoore ehitus, geodünaamika ning pinnavormide kujunemine**
- **paleosoikumi ja kainosoikumi stratigraafia ja orgaanilise maailma evolutsioon**
- **paleokliima, paleogeograafia, paleohüdrogeoloogia; keskkonnauuringud**
- **kivimite, mineraalide ja maavarade koostis, omadused ja tekketingimused**

Laboratooriumid: stabiilsete isotoopide (H, C, O) analüüs, ^{14}C-, EPR- ja luminestsentsdateeringud

Direktori kt.	Anto Raukas	tel. 6410091
Teadussekretär	Vello Karise	tel. 6454661
Sekretär	Heidi Roosioks	tel. 6444189

Estonia pst. 7, 10143 Tallinn, faks 6312074, E-post: inst@gi.ee,
Internet: http://gaia.gi.ee/gi

EESTI GEOLOOGIA SELTS

BÜLLETÄÄN
4/99

Eesti geoloogide kolmas ülemaailmne kokkutulek
Eesti maavarad
Sümpoosiumi materjalid ja ekskursioonijuht

The Third World Meeting of Estonian Geologists
Mineral Resources of Estonia
Symposium Materials and Excursion Guide

Tartu 1999

Eesti
Teaduste Akadeemia
Geoloogia Instituut
№ 2778

Soovitatav kirje vorm viitamisel

Kogu väljaandele:

Puura, I. (toim.), 1999. Eesti geoloogide kolmas ülemaailmne kokkutulek Eesti maavarad. Sümpoosiumi materjalid ja ekskursioonijuht. Eesti Geoloogia Seltsi Bülletään, 4, 80 lk.

Artiklile:

Raudsep, R., 1999. Eluta looduse kaitse olukorrast Eestis. Eesti Geoloogia Seltsi Bülletään 4, 33-34.

Recommended reference format

To this volume:

Puura, I. (ed.), 1999. The Third World Meeting of Estonian Geologists Mineral Resources of Estonia. Symposium Materials and Excursion Guide. Bulletin of the Geological Society of Estonia, 4, 80 pp.

To an article:

Colombetti A. and Nicolodi, F., 1999. The glacial lake of the Cariggi Valley in the Brianza region (Milano District, Italy). Bulletin of the Geological Society of Estonia, 4, 8.

TOIMETAJA: Ivar Puura

Kirjastanud OÜ Sulemees

ISSN 1406-1511
ISBN 9985-815-28-9

© Eesti Geoloogia Selts

SAATEKS

Viimatitoimunud teisest Eesti geoloogide ülemaailmsest kokkutulekust Tartus on möödunud juba neli aastat. Need olid mälestusväärsed ja huvitavad päevad. Eriti meeldejäävad olid hästi organiseeritud geoloogilised ekskursioonid Eesti erinevatesse paikadesse. Seda korrata pole võimalik ega huvitav.

Vahepeal on toimunud meie ühiskondlikus ja majanduslikus elus nii mõndagi tähelepanuväärset. Mõne geoloogiaga tegeleva institutsiooni kuuluvust on muudetud, teiste osakaal on tunduvalt vähenenud ja juurde on tekkinud hoopis uusi oskuslikke tegijaid. Majanduslikus mõttes on üldine olukord küll mõnevõrra paranenud ja jällegi stabiliseerumas, aga projektide rahastamisega ning tellijate leidmisega on palju probleeme. Seepärast on Eesti Geoloogia Seltsil lisaks geolooge ühendavale missioonile kanda ka meie erialal töötavate inimeste abistamise ja nõustamise osa.

Geoloogide nägemus on, et Eesti ühiskonna heaolu on vajalik ja võimalik tunduvalt tõsta. Arvan, et oskuslik ja säästev loodusvarade, sh maavarade kasutamine, võiks olla osa selles pingelises protsessis. Sel põhjusel on kõigil geoloogidel ja eriti Geoloogia Seltsi liikmetel huvitav teada, milliseid maavarasid meil leidub, milleks neid kasutatakse ning missugused on nendest johtuvad probleemid. 6.-10. oktoobrini 1999 Tallinnas toimuv kolmas Eesti geoloogide ülemaailmne kokkutulek ongi tervenisti maavarade temaatikale pühendatud.

Huviline leiab Eesti Geoloogia Seltsi Bülletääni kaante vahelt kolmandal kokkutulekul esitatavate ettekannete teesid ja ekskursioonijuhi. Minu sügav veendumus on, et järgmisel aastal suudame publitseerida ka teaduskonverentsi ettekanded täies mahus. Ekskursioon on samuti pühendatud maavaradele - eelkõige meie rahvuskivi, pae murdmise ja kasutamise ajaloole. Uudne on ekskursioonil vaadeldava materjali käsitlus: puhtpraktilisest sfäärist sujuvad üleminekud meie maarahva aja- ning kultuurilukku.

Soovin edu ja huvi kokkutulekul osalejatele ning meeldivat ilma ekskursiooni ajaks!

Rein Raudsep
Eesti Geoloogia Seltsi
president - juhatuse esimees

AUTORID - THE AUTHORS

Leho Ainsaar, TÜ GI, lainsaar@ut.ee
Eda Andresmaa, EV KM, edaa@ekm.envir.ee
Liidia Bitjukova, TTÜ GI, lida@gi.ee
Alessandro Colombetti, University of Milan, geofranz@tin.it
Rein Einasto, TTÜ GI
Ene Kadastik, TÜ GI, EGK, ene.kadastik@egk.ee
Kaljo Kajak, pensionär
Dimitri Kaljo, TTÜ GI, kaljo@gi.ee
Jüri Kask, EGK, peetermann@egk.ee
Enli Kiipli, TTÜ GI, ptrgi@teleport.ee
Tarmo Kiipli, TTÜ MI, ptrgi@teleport.ee
Hella Kink, TTÜ GI
Anne Kleesment, TTÜ GI, kleesmen@gi.ee
Aadu Loog, TÜ GI, loog@ut.ee
Jüri Nemliher, TTÜ GI, nemliher@gi.ee
Francesco Nicolodi, University of Milan
Tõnis Oja, Äripäev, toniso@mbp.ee
Mall Orru, EGK, orru@egk.ee
Helle Perens, EGK, perens@egk.ee
Kalle Suuroja, EGK
Rein Sinisalu, EGK
Guido Paalme, EV KM, guido@ekm.envir.ee
Valter Petersell, EGK
Enn Pirrus, TTÜ MI
Ivar Puura, TÜ GI, ipuura@ut.ee
Enno Reinsalu, TTÜ MI, ere@cc.ttu.ee
Rein Raudsep, EV KM, raudsep@ekm.envir.ee
Alar Rosentau, TÜ GI, alarr@ut.ee
Ülo Sõstra, Venemaa TA Karjala Teaduskeskuse Geol. Inst, systra@post.krc.karelia.ru
Eino Tomberg, Keskkonnainspektsioon, eino@klab.envir.ee
Tõnu Tomberg, TTÜ MI, tony@cc.ttu.ee
Unne Tomberg, Maa-ameti kartograafiabüroo
Rein Vaher, TTÜ GI, vaher@gi.ee
Ingo Valgma, TTÜ MI, ingoval@cc.ttu.ee
Leo Vallner, TTÜ GI, vallner@egk.ee
C. Villani, University of Milan

EGK – Eesti Geoloogiakeskus, Kadaka tee 80/82, 12618 Tallinn.
EV KM – Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium, Toompuiestee 24, 15172 Tallinn.
TÜ GI – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.
TTÜ GI – Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Estonia pst. 7, 10143 Tallinn.
TTÜ MI – Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut, Kopli 82, 10412 Tallinn.

CONTENTS

Liidia Bitjukova. Geological mapping of Tallinn and its environs – 7
Alessandro Colombetti and Francesco Nicolodi. The glacial lake of the Cariggi Valley in the Brianza region (Milano District, Italy) – 8
Alessandro Colombetti, Francesco Nicolodi and C. Villani. The low-enthalpy thermal waters of Quara (Reggio Emilia District, Italy) – 8
*Rein Einasto.*Limestone – Estonian national heritage: from the origin to modern uses – 9
Ene Kadastik and Kalle Suuroja. On the county-level concepts of mineral resources: the case of Hiiumaa – 10
Kaljo Kajak. Maps of Estonian Quaternary deposits and mineral resources – 11
Dimitri Kaljo and Guido Paalme. Mineral resources of Estonia, their investigation and uses – 12
Jüri Kask. A revision of curative mud deposits in 1996-1997 – 14
Vello Kattai and Enno Reinsalu. Resources and a prognosis of consumption for kukersite, an Estonian oil shale – 15
Enli Kiipli. Appearances of chalcopyrite in the Lower Silurian red-coloured rocks – 16
Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste, Enli Kiipli and Peep Männik. On the correlation of metabentonites on the basis of their chemical properties – 17
Hella Kink, Eda Andresmaa and Mall Orru. A hydreogeoecology of Estonian mires – 18
Anne Kleesment and Rein Sinisalu. On the grain-size classification of clastic sediments – 19
Aadu Loog and Valter Petersell. On the geochemistry of the Dictyonema Shale – 20
Tõnis Oja. On the greatest financial fraud of all times related to geology – 21
Mall Orru. The content of heavy metals and radioactive elements in the Estonian peat – 22
Helle Perens. On the preferences of limestones in the buildings of western Estonia – 23
Valter Petersell. On the Phanerozoic sulphide mineralisation in northwestern Estonia – 25
Enn Pirrus. The Neeme granite intrusion as a source for road metal – 26
Ivar Puura. Substages and correlation of the Pakerort Stage – 28
Ivar Puura and Jüri Nemliher. Mineralogy of the Estonian phosphorite: new data and interpretations – 30
Rein Raudsep. Current situation in the protection of the non-living nature in Estonia – 33
Enno Reinsalu. Hidden technogenic structures in the mined areas – 34
Alar Rosentau. Problems of reclamation of abandoned gravel and sand pits – 35
Alar Rosentau and Leho Ainsaar. Carbonate building stones in the Võru County – 36
Ülo Sõstra. On the Phanerozoic tectonics of the southern margin of the Fennoscandian Shield – 37
Eino Tomberg, Tõnu Tomberg and Unne Tomberg. The limestone map of Estonia related to natural and cultural history – 39
Rein Vaher. On the electrometric study of the fracture zones in the oil shale and phosphorite deposits of northeastern Estonia – 40
Ingo Valgma. A technological digital map of the mined areas of the Estonian oil shale deposit – 41
Leo Vallner. The ground water dynamics and its studies in Estonia – 42
EXCURSION GUIDE – 43

SISUKORD

Liidia Bitjukova. Tallinn ja selle ümbruse geokeemiline kaardistamine – 7
Alessandro Colombetti and Francesco Nicolodi. Cariggi oru glatsiaalne järv Brianza regioonis (Milano maakond, Itaalia) – 8
Alessandro Colombetti, Francesco Nicolodi and C. Villani. Quara madala entalpiaga termaalsed veed (Reggio Emilia maakond, Itaalia) – 8
Rein Einasto. Paekivi - meie rahvuslik rikkus: tekkeloost tänapäevase kasutuseni – 9
Ene Kadastik ja Kalle Suuroja. Maakondlikest maavarade kontseptsioonidest Hiiumaa näitel – 10
Kaljo Kajak. Eesti kvaternaarisetete kaardid ja maavarad nendel – 11
Dimitri Kaljo ja Guido Paalme. Eesti maavarad, nende uurimine ja kasutamine – 12
Jüri Kask. Merelise ravimuda maardlate revisjon aastatel 1996-1997 – 14
Vello Kattai ja Enno Reinsalu. Kukersiit-põlevkivi ressurss ja kasutamise prognoos – 15
Enli Kiipli. Kalkopüriidi ilmingud alam-siluri punavärvilistes kivimites – 16
Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste, Enli Kiipli ja Peep Männik. Metabentoniitide korreleerimisest keemiliste tunnuste alusel – 17
Hella Kink, Eda Andresmaa ja Mall Orru. Eesti soode hüdrogeoökoloogia – 18
Anne Kleesment ja Rein Sinisalu. Purdsetete granulomeetrilisest klassifikatsioonist – 19
Aadu Loog ja Valter Petersell. Diktüoneemakilda geokeemiast – 20
Tõnis Oja. Kõigi aegade suurimast geoloogiaga seotud finantspettusest – 21
Mall Orru. Raskemetallide ja radioaktiivsete elementide sisaldus Eesti turbas – 22
Helle Perens. Pae-eelistustest Lääne-Eesti ehitistes – 23
Valter Petersell. Fanerozoikumiaegsest sulfiidsest mineralisatsioonist Loode-Eestis – 25
Enn Pirrus. Neeme graniidiintrusiooni põhikivim killustikutoormena – 26
Ivar Puura. Pakerordi lademe vööline liigestus ja korrelatsioon – 28
Ivar Puura ja Jüri Nemliher. Eesti fosforiidi mineraloogia: uued andmed ja interpretatsioonid – 30
Rein Raudsep. Eluta looduse kaitse olukorrast Eestis – 33
Enno Reinsalu. Varjatud tehnogeensed struktuurid kaevandatud aladel – 34
Alar Rosentau. Mahajäetud kruusa- ja liivakarjääride rekultiveerimise probleemid – 35
Alar Rosentau ja Leho Ainsaar. Karbonaatne ehituskivi Võru maakonnas – 36
Ülo Sõstra. Fennoskandia kilbi lõunaääre fanerosoikumi tektoonikast – 37
Eino Tomberg, Tõnu Tomberg ja Unne Tomberg. Eesti loodus- ja kultuurilooline paekaart – 39
Rein Vaher. Kirde-Eesti lõhevööndite elektrilisest uuringust põlevkivi- ja fosforiidimaardlatel – 39
Ingo Valgma. Eesti põlevkivimaardla kaevandatud alade tehnoloogiline digitaalkaart – 41
Leo Vallner. Põhjavee liikumine ja selle uurimine Eestis – 42
EKSKURSIOONIJUHT – 43

TALLINNA JA SELLE ÜMBRUSE GEOKEEMILINE KAARDISTAMINE

Liidia Bitjukova

Rahvusvahelise ühisprojekti "Urban Geochemistry of Tallinn" raames, asutuse "Scientific and Environmental Affairs Division NATO" toetusel toimus 1996-1997. a. tehtud Tallinna ja selle ümbruse geokeemiline kaardistamine. Töö põhiülesanded on järgmised:

- keemiliste elementide pindalalise jaotuse uurimine mullas Eesti suurimas tööstuskeskuses;
- elementide sisalduse hinnang ülemises mullahorisondis ja uuritava ala peamiste geokeemiliste anomaaliate väljaselgitamine;
- saadud andmete võrdlev analüüs sarnastel objektidel ja antud piirkonna üldise ökoloogilise situatsiooni hinnang.

Töö käigus võeti 532 pinnaseproovi ülemisest (20 cm) mullahorisondist piirkonnas, mille üldpindala oli 1291,2 km^2. Linna piires oli proovimise võrk ca 250 x 250 m, varieerudes suurtes piirides. Linna ümbruses oli võrk 2x2 km. Analüüsimisel kasutati pinnasefraktsiooni alla 2 mm. 40 elemendi keemiline analüüs tehti röntgen-fluorestsents meetodil Saksamaal (Federal Institute of Geosciences and Natural Resources). Töö tulemusena koostati geokeemiline andmebaas ja viidi läbi statistiline analüüs. Koostati kõigi 40 makro- ja mikroelemendi geokeemilised kaardid nii Tallinna keskosa kui ka ümbruse kohta. Arvutati uuritud elementide keskmine sisaldus Tallinna muldades ja elementide fooniline sisaldus Tallinna regiooni muldades.

Korrelatsiooni- ja R-tüüpi faktoranalüüsi kasutamine võimaldas määrata elementide sisalduste vahelised sõltuvused ja eristada põhifaktorid, mis kontrollivad sisalduse muutust pinnases.

Elementide sisaldust muldades kontrollivad nii geoloogilised kui ka tehnogeensed faktorid. Tallinna regiooni muldade koostisele avaldab tugevat mõju lamavate kivimite koostis. Nii Tallinnas kui ka Tallinna regioonis on iseloomulik La, Sb, Sn, Ta, Th ja W klarkiületav sisaldus.

Tallinna regiooni muldade elementide foonilise sisaldusega võrreldes on linna keskosas iseloomulik As, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, S ja Zn suuremad kontsentratsioonid, mis on tingitud tehnogeensest mõjust ja nimetatud elementide intensiivsest sissekandest inimtegevuse tulemusena. Linna keskosa muldade kõige intensiivsem saastumine on seotud peamiselt Cu, Pb, Sn ja Zn kuhjumisega.

Võrdlev analüüs ja saastumisindeksi arvutamine võimaldasid määrata geokeemiliste anomaaliate vööndid. Saastumisindeks sellel territooriumil ulatub 6-9-ni. Cu, Pb ja Zn sisaldus lokaalsete geokeemiliste anomaaliate vööndites Tallinnas ületab nii regiooni foonilist sisaldust kui ka nende elementide klarki kuni 8 korda. Mn, Sb, Sc, V ja Y sisaldus ületab reeglina foonilist sisaldust 3-5 korda. Maardu muldades on kindlaks tehtud rea elementide (As, Ce, Cu, F, Pb, Zn) 6-9 korda suurenenud sisaldus võrreldes Tallinna regiooni foonilise sisaldusega.

THE GLACIAL LAKE OF CARIGGI VALLEY IN THE BRIANZA REGION (MILANO DISTRICT, ITALY)

Alessandro Colombetti and Francesco Nicolodi

A large flat valley is situated between the towns of Briosco, Inverigo, Renate and Veduggio con Colzano. In some zones it is marshy and with kilns. The above-named towns are situated on the hills of the Brianza Region with a maximum height of 400 m above the sea level. The hills consist of Würmian morainic sediments (14,000 BP), which deposited on Jurassic and Cretaceous rocks, folded in anticlines during the alpine orogenesis. The analyses of the samples from the holes drilled for potable water indicate the presence of a few-centimetre-thick peat overlying 40 cm thick lake clays. These sediments suggest the presence of a large lake, formed during the last glacial phase of the Würm. With the following withdrawal of the ice sheet, the frontal moraines served as a barrier to the glacier melt waters and a lake was formed. During the ages, failing the constant water contribution, there was a progressive drainage of the lake with its transformation in a large peat deposit. The ^{14}C dates on this peat suggest that the lake existed in the Renate zone up to 5460±160 BP and up to 2980±75 BP in the Veduggio zone. This body of water together with the most important morainic lakes still existing (Annone, Pusiano and Oggiono) contributed to the development of the first human settlement of the Bronze Age, afterwards substituted by Celtic and Roman colonies.

THE LOW-ENTHALPY THERMAL WATERS OF QUARA (REGGIO EMILIA DISTRICT, ITALY)

Alessandro Colombetti, Francesco Nicolodi and C. Villani

Some thermally low sulphurous and chloride spring waters occur along the Dolo Stream Valley in the Reggio Emilia District near the town of Quara. These springs have been active since the Roman Imperial Age. In fact, the Thermal Baths of *Salneum Aquarium* (Salt Waters) cited by Caius Plinius Secundus, *the Older* (77 AD) were located at these springs. The thermal bath was active until 1800. Owing to the medicinal properties of the water, it supplied all the most important Courts of Europe during the different ages. Unfortunately, now the Thermal Baths are neglected and the waters are not potable any more. There are six different springs: three with a high content of sodium chloride and three with sulphate and strontium. The temperature of the spring water is 21°C. These springs are aligned along a fault and are connected to other springs located near the town of Farneta (Modena District). A Mud Volcano with the typical name of *Salsa*, and spontaneous emissions of methane gas, easily flammable and known as *Fontane Ardenti* (Burning Fountains) occur also in this area. A fault separates Tuscany Structural Units of Cervarola (Oligocene, Miocene) from the Ligurian ones (Cretaceous), and reachesthousands of metres in length. The deep-water circulation is around 2000 metres with the uplift of hot fluids along the fault and mixing with cool waters from surface circuits. Consequently, there is a drop in temperature of the spring water. The origin of these waters, even for the high salt content and secondary phenomena like *Salsa* and *Fontane Ardenti*, is related to the presence of deep petroleum deposits.

PAEKIVI – MEIE RAHVUSLIK RIKKUS: TEKKELOOST TÄNAPÄEVASE KASUTUSENI

Rein Einasto

Paas ei ole meie jaoks lihtsalt kiht paekaldas, kivipõrand loopealsel või ehituskivi paeseinas. Pael on meie vaimus hoopis sügavam tähendus. Just sellest lähtudes on paas nüüd (alates 4. maist 1992) **rahvuskivina** meie olemise ja püsimise sümbol.

Paekivi eesti looduses ja püsiehitistes lisab suurele osale Eestimaa maastikust midagi olulist selle omanäolisuses. **Pankrannik** on ju meie merele avatud nägu, mis koos maaliliste jugade, salumägede ja sisemaiste astangutega on kujundanud üldiselt tasasel metsamaastikul mitmekesise, avarust ja privaatsust sisendava keskkonna.

Paealvarite olemasolu Eestimaal võimaldas meie kaugetel esivanematel naabritest palju varem (enam kui 3000 aastat tagasi) metsarahvana üle minna maaviljelusele ja koos sellega - püsivalt paiksele eluviisile ja läbi põlvkondade kestva kodu rajamisele. Oleme Euroopas vanimaid paikseid rahvaid. Samal ajal on olnud ka kestev paekasutus elu- ja matusepaikades.

Ainulaadne on ka meie paelasundi pikk ja sündmusrikas kujunemislugu, paekivi erimite suur mitmekesisus, elujälgede ja kivististe rikkus ning uurituse kõrge tase. Üllatavalt ulatuslik on "pae"-nimede suur hulk koha- ja perekonnanimedes.

Vana-aegkonna vanemal perioodil eksisteerinud Balti merelise basseini lubisetetesse - tänapäeva kihilisse paeraamatusse - on talletatud osa looduse sündmusrohkest ajaloost. Selle paeraamatu lugemise oskusest sõltub nii meie elupiirkonna lokaalsete ja regionaalsete kui ka mitmete globaalsete geoloogiliste protsesside kulgemise loo mõistmine.

Meie üle poole kilomeetri paksuse paelasundi 85 miljoni aasta pikkuses kujunemisloos (485-400 Ma) on fikseeritud palju omavahel põimuvaid tektoonilisi, klimaatilisi, eustaatilisi ja sedimentoloogilisi muutusi, mis kokku on põhjustanud paetüüpide mitmekesisuse ja vaheldusrikkuse. Suurim globaal-tektooniline mõju paetekke pikas protsessis oli kahtlemata Baltika mandri triiv läbi kolme kliimavööndi lõunapoolkera parasvöötmest troopikasse. Eri kliimas kujunenud paekihid moodustavadki ordoviitsiumi ladestu paelasundi kolm loomulikku kõrgemat järku stratooni (kihtkonda, seeriat):

1) B_I-B_{II} (Ontika vähendatud mahus) - parasvöötmes, väikesed mahud, kestvad lüngad, massiline glaukoniit avamusel
2) B_{III}-D_{II} (Viru korrigeeritud piiridega) - subtroopikas, mõõdukad paksused, kihtide väljapeetus, raua-ooiidid, fosfaatsed katkestuspinnad, kukersiin
3) D_{III}-F_{II} (Harju suurendatud mahus) - troopikas, suured paksused, puhas lubimuda vahelduvalt savikate setetega, korallid, rifid, okasnahksete kuhjumid.

Siluri ladestu on tervikuna kujunenud troopikas; kihipaksused on lähedased Harju seeriaga, samuti iseloomustavad silurit riffide ja karbifauna sagedased massesinemised.

Suur enamus Eesti paelasundi ehituslikult kasulikke ja dekoratiivseid kihte on kujunenud madalveelistes tingimustes: liikuvaveelises madala- ja vaikseveelises laguunivööndis. Loetlegem olulisemad neist stratigraafiliste tasemete järgi:

K_3b - Äigu, Kaugatuma, sõrmuspaas - rifilähedane krinoidlubjakivi
K_2 - Kaarma dolokivi - laguunne, dolomiidistunud
J_2 - Jaagarahu riff-lubjakivi, sibulpaas
J_1 - Muhu dolokivi - rifilähedane, dolomiidistunud
G_3 - Orgita, Mündi dolokivi - laguunisete
G_3 - Ungru ehituslubjakivi - lausteraline paas
G_{1-2} - Tamsalu rõngaspaas - Borealis-lubjakivi
F_{II} - Inju kivi - rifilähedane lubjakivi, dolomiidistunud
D_{II}-D_{III} - Vasalemma marmor - tsüstiidlubjakivi
C_Ib-C_Ic - Lasnamäe ehituslubjakivi - madalikulähedane

Paekasutuse kõrgperioodid on olnud keskajal taani-, ordu- ja rootsi-aeg ning vabariigi-periood, mõõna-ajad - Venemaa okupatsiooniperioodid Liivi sõja, Talvesõja ja Teise maailmasõja järel.

MAAKONDLIKEST MAAVARADE KONTSEPTSIOONIDEST HIIUMAA NÄITEL

Ene Kadastik ja Kalle Suuroja

Seoses Eesti taasiseseisvumisega ja üha karmistuva turumajandusega on päevakorrale tõusnud maavaradega seotud probleemid. Geoloogid, kes on kursis maavarade leiukohtade kaevandamise ja keskkonnakaitse probleemidega, võiksid nende küsimuste lahendamisel olla kõige kompetentsemateks asjatundjateks. Esimeseks taoliseks ulatuslikumaks tööks oli "Hiiumaa taastumatute loodusressursside (maavarade) säästliku kasutamise kontseptsioon" (Suuroja & Kadastik, 1998). Vaatluse all olid liiv ja kruus, savi, ravimuda, mineraalvesi, lubjakivi, rändrahnud ja polümetalsete maakide ning nafta ilmingud. Töö käigus vaadati kõigepealt läbi kogu Eesti Geoloogiakeskuse fondis ja autorite käsutuses olev Hiiumaa maavarasid ja geoloogiat puudutav informatsioon. Kõikide leiukohtade ja perspektiivalade kohta koostati iseloomustused ning detailsed kaardid (M 1:10 000) ja asukohaskeemid.

Töö käigus tekkis mitmeid, põhiliselt maavaradealase terminoloogiaga seotud probleeme. Kuna otsingud ja uuringud kõnealustel aladel toimusid kümneid aastaid tagasi, kasutati tollal hoopis teistsuguse tähendusega termineid (maardla, uuringuala, otsinguala, varude kategooriad A, B, C_1, C_2, P_1). Eesti Vabariigi Maapõueseaduse (1994) järgi saab nimetada maardlaks geoloogiliste töödega uuritud ja piiritletud ning riigi maavarade registris arvele võetud maavara lasundit. Tinglikult loetakse maardlateks ka neid maavara lasundeid, mis on bilansis arvel, kuid pole veel katastris arvele võetud. Hiiumaal oli näiteks kõigist registreeritud liiva-kruusa leiukohtadest selliseid vaid 6. Regiooni jaoks on oluline eelkõige maavara kvaliteet, varu ja leiukoha mäetehnilised tingimused, mis lõppkokkuvõttes määravad ära selle perspektiivsuse. Tekkis probleem teiste (enamasti kunagi uuritud kategoorias C_2 ja P_1) leiukohtade nimetamises, sest kaasaegsel tasemel varusid ümber hinnatud (tarbe-, reserv- ja prognoosvaru) neis pole. Lahendusena toodi töösse sisse kaks

mõistet: uuringu- ja perspektiivala. Uuringuala all peetakse silmas maavara levikuala, mille piires on läbi viidud otsingulised või uuringulised geoloogilised tööd. Perspektiivala all mõistetakse prognoosvaru tasemel määratud maavara levilat.

Ülevaates iseloomustati leiukoha asukohta, maavara kvaliteeti ja vaagiti selle kasutamisvõimalusi ning keskkonnakaitselisi probleeme, mis kaasneksid leiukoha kasutusele võtmisega. Et vähendada transpordikulusid, anti eraldi soovitused leiukohtade edasiseks uurimiseks ja kasutusele võtmiseks Hiiumaa eri piirkondade kohta. Kuna Hiiumaale jääb üks Eesti omapärasemaid geoloogilisi vaatamisväärsusi - Kärdla meteoriidikraater, lisati omapoolne nägemus kraatri eksponeerimise võimalustest turismiobjektina.

Et vältida hilisemaid probleeme ja asjatuid kulutusi, tuleks juba Eesti maakondade ja valdade planeeringukavade tegemise käigus koostada analoogilised maavarade säästliku kasutamise kontseptsioonid ka teiste regioonide kohta - just need peaksid aluseks olema edaspidistele maavara uuringutele ning uute maardlate väljaeraldamisele.

Eesti Vabariigi Maapõueseadus, 1994. Riigi Teataja I, 1994, 86/87, 1488.
Suuroja K. & Kadastik E., 1998. Hiiumaa taastumatute loodusressursside (maavarade) säästliku kasutamise kontseptsioon (käsikiri). Tallinn.

EESTI KVATERNAARISETETE KAARDID JA MAAVARAD NENDEL

Kaljo Kajak

Esimene Eesti kvaternaarisetete kaart mõõtkavas 1:600 000 ilmus trükist 1959. aastal (koostajad K. Orviku ja E. Rähni). Geoloogilise kaardistamise andmetel on Eestimaa kohta kirjastatud 23 kaardilehte mõõtkavas 1:200 000 ajavahemikus 1961–1976 (autorid G. Eltermann, V. Juškevitš, H. Kajak, K. Kajak, V. Kõrvel, E. Mardla, S. Püvi ja E. Sammet). Nende ja teiste materjalide alusel on trükis avaldatud koondkaarte mõõtkavas 1:2 500 000 (K. Kajak 1995. aastal) ja 1:400 000 (H. ja K. Kajak 1981. aastal ja K. Kajak 1999. aastal).

Kaartidel on näidatud viimase jääaja (Würm, Neemen, Valdai, Weichsel) ja holotseeni setted, läbilõigetel ka vanemate jääaegade (Riss, Mindel, Moskva, Dnepri, Oka, Saale, Elster) ning viimase ja eelviimase (Holstein, Lihvin) jäävaheaja moodustised. Setete geneetilised tüübid on kaartidel antud värviga, vanus värvi erinevate toonide ja indeksiga ning setete litoloogiline koostis viirutusega. Pinnamood (voored, oosid, mõhnastik jt.) on kujutatud leppemärkidega. Ka maavarade (kruus, liiv, savi, turvas, ravimuda, lubisetted, rauapigmendid, diatomeesapropeel, gaasiilmingud, rändkivikülvid) leiukohad on kaartidele kantud tingmärkidega.

Kaartide juurde kuuluvad seletuskirjad, kus vastava peatükiga on antud setete stratigraafia, ala geomorfoloogia ja arengulugu ning maavarade iseloomustus.

EESTI MAAVARAD, NENDE UURIMINE JA KASUTAMINE

Dimitri Kaljo ja Guido Paalme

Eesti ei ole maavarade poolest rikas. Meie maapõues ei leidu naftat, gaasi ega kivisütt, puuduvad tööstuslikud maagilasundid metallurgia tekkeks. Tänu põlevkivile oleme suutnud rahuldada 64% primaarenergia tarbest kodumaise kütusega ja puudub vajadus elektrienergia impordiks. Omast käest on võtta ka ehitustegevuseks vajalik liiv ja paas. Suhteliselt suured on Eesti turbavarud. Potentsiaalseks maavaraks on fosforiit. Varude uuritus on üldiselt piisav tarbimise pikaajaliseks rahuldamiseks.

1998.a. kaevandati põlevkivi 12,5 mln. t, mineraalseid ehitusmaterjale 3,2 mln. t, sh. tehnoloogiliseks otstarbeks 0,7 mln. t ning turvast 0,3 mln. t. Maavarade kaevandamise mahud on viimastel aastatel stabiliseerunud, ainult põlevkivi puhul on need pidevalt vähenenud.

Eesti maavaravarude klassifitseerimise alused kehtestati 1991.a. Uurituse detailsuse järgi liigitatakse varud tarbe-, reserv- ja prognoosvarudeks, varude kasutamisvõimaluste järgi aktiivseteks ja passiivseteks varudeks. Käsil on meil kasutatava kahe tunnusega ("kahemõõtmelise") varude klassifitseerimise ühildamine ÜRO poolt soovitatava kolme tunnusega ("kolmemõõtmelise") varude klassifitseerimisega. Ühildamise eesmärgiks on luua reeglid Eesti klassifikatsiooni järgi kirjeldatud varude kodeerimiseks ÜRO süsteemis.

Maavarade kasutamise riikliku reguleerimise üheks iseärasuseks Eestis on seisukoht, et maavara kasutamist ei saa käsitleda lahus teistest loodusvaradest. Sellest tulenevalt on Eestis nii looduskasutuse, sh maapõue kasutamise, kui keskkonnakaitse riiklik juhtimine koondatud Keskkonnaministeeriumi valitsemisalasse.

Eestis juhindutakse maavarade kasutamisel säästva arengu seadusest, mis eristab taastuvad ja taastumatud loodusvarad. Taastuva loodusvara varud jagatakse kriitiliseks varuks ja kasutatavaks varuks. Kasutatavale varule kehtestatakse aastane kasutusmäär. Taastumatute loodusvarade jätkumiseks võimalikult pikaks ajaks näeb seadus ette aastase kasutusmäära kehtestamise võimaluse. Arvestades kaevandamiseks sobivate uuritud varudega kindlustatust, pole taastumatute maavarade kaevandamise piiramine seni vajalikuks osutunud.

Maapõue kasutamise ja kaitse õiguslikuks aluseks on maapõueseadus, mille objektiks on nii mäeseadusele omane maavarade geoloogiliste uuringute ja kaevandamise ning mäetööde reguleerimine kui ka üldgeoloogiliste uurimistööde, maa-ainese kaevandamise ning maavarade ja maa-ainese kaevandamisega mitteseotud allmaaehitiste rajamise reguleerimine.

Seadus piirab kinnisomandi ulatust maapõues pinnakattega. Ainult selles olevad maavarad kuuluvad kinnisasja omanikule. Viimaste puhul on erandiks ravitoimega järve- ja meremuda (ravimuda), mis kuulub riigi omandisse ning nendele teiste isikute kinnisomand ei ulatu.

Olulisel kohal on maavaravarude riiklik arvestus, mis tugineb Eesti maapõue suhteliselt heale uuritusele ja geoloogilise informatsiooni süstematiseeritud

säilitamisele. Maavarade riiklikku arvestust peetakse riiklikus registris. Maavaraks loetakse ainult seda kasulikku komponenti sisaldavat lasundit, mille maardla on registris arvele võetud. Kivimit või setendit, mis ei ole maavarana arvele võetud, käsitletakse maa-ainesena. Muudatused varude seisundis leiavad kajastamist igal aastal koostatavas varude bilansis.

Seadus käsitleb geoloogilisi töid kolmes osas: maavara kaevandamise eesmärgiga geoloogiline uuring, üldgeoloogiline uurimistöö maapõue geoloogilise ehituse ja maavarade leviku seaduspärasuste selgitamiseks (geoloogiline kaardistamine, maavarade otsing, geofüüsikaline ja geokeemiline uuring jt.) ning geoloogiline uuring allmaaehitise rajamiseks. Geoloogilisi töid, v.a. ilma välitöödeta üldgeoloogilised uurimistööd, võib teha ainult loa alusel. Geoloogiliste tööde tegemise kord on reguleeritud alamate õigusaktidega.

Maavara kaevandamise õigus tekib maavara kaevandamise loa alusel. Erandina võivad füüsilised isikud, kes on kinnisasja omanikuks või valdajaks, kaevandamisloata kaevandada oma kinnisasja piirides olevaid maavarasid isikliku majapidamise tarbeks maavara või sellest valmistatud asjade võõrandamise õiguseta. Kaevandamisloa väljaandmise eelduseks on, et kaevandamiseks määratud maapõue osa (mäeeraldise) piirides olevad maavaravarud on kehtiva korra kohaselt kinnitatud. Seadus sätestab kaevandamisloa väljaandmisel rea piiranguid, valdavalt loodusobjektide kaitsmise eesmärgil, ning annab kaevandamisloa väljaandjale õiguse kehtestada tingimusi, tagamaks maavaravarude ratsionaalset kasutamist, vähendamaks mäetööde kahjulikku mõju keskkonnale ja kinnisasja senisele sihtotstarbelisele kasutamisele. Maavara kaevandamiseks ja selleks vajalike ehitiste rajamiseks saab kinnisasja või selle osa loovutada kinnisasja omaniku ja kaevandamisloa taotleja kokkuleppel. Kokkuleppe mittesaavutamisel võib kaevandamisloa taotleja vastavalt seadusele taotleda kinnisasja sundvõõrandamise või kinnisasjale sundvaldamise seadmise algatamist.

Mäetööde keskkonnale kahjuliku mõju vähendamiseks on seadusega kehtestatud kaevandamisega rikutud maade rekultiveerimise nõue. Lubamatute keskkonnakahjustuste vältimiseks ja kahjustusi ennetavate abinõude väljatöötamiseks rakendatakse keskkonnaekspertiisi. Vajadusel algatatakse keskkonnaekspertiis juba maapõue kasutamise varasemal etapil, näiteks geoloogilise uuringu loa taotlemisel.

Maapõueseaduse rakendamiseks on vastu võetud 12 Vabariigi Valitsuse määrust, 7 keskkonnaministri ja 11 majandusministri määrust.

Maapõueseaduse rakendamisel on oluline osa Eesti Maavarade Komisjonil. Eesti Maavarade Komisjon loodi Vabariigi Valitsuse määrusega 1990.a. maavarade varude hindamise ja arvestuse korrastamiseks. Komisjon andis olulise panuse, et Eesti taasiseseisvumise ajaks oli loodud maapõue uurimise, kasutamise ja kaitse korraldamiseks vajalikud õigusaktid. Alates 1995.a. on Eesti Maavarade Komisjoni tegevuse aluseks maapõueseadus. Vastavalt seadusele on komisjoni põhiülesanne Vabariigi Valitsuse, valitsusasutuste ja kohalike omavalitsuste nõustamine maapõue uurimise ja kasutamise ning maavarade arvestamise ja kaitse küsimustes.

MERELISE RAVIMUDA REVISJON AASTATEL 1996-1997

Jüri Kask

Ravimuda geoloogilise uurimise seis

Tuntumad merelise ravimuda leiukohad (Haapsalu, Käina, Mullutu-Suurlaht) on aastate jooksul geoloogiliselt hästi uuritud. Aja jooksul on muutunud nõudmised uurimistöödele ja seetõttu on peetud vajalikuks maardlate varude ümberhindamist teatud aja tagant. Viimase ravimudamaardlate revisjoni (1995–1997) põhjuseks oli nõuete muutumine ravimuda tarbevaru paksusele, milleks on nüüd minimaalselt 0,3 m (Maavara uuringu korra rakendamise juhend järve- ja meremudale – lisa 8 keskkonnaministri määrusе nr. 29 juurde). Mereline ravimuda paksusega 0,3–0,5 m loetakse passiivseks ja alates 0,5 m aktiivseks (Eesti Maavarade Komisjoni protokoll nr. 95–5, 9. juunist 1995.a.). Tööd viidi läbi Eesti Geoloogiakeskuse poolt kolmes ülalmainitud leiukohas (Kask, 1996, 1997a, 1997b).

Ravimuda varud ja kasutamine

Eesti Maavarade Komisjon on kinnitanud ravimuda varud Eesti Geoloogiakeskuse 1995–1997 läbiviidud uuringute põhjal. Haapsalu maardla ravimuda aktiivne tarbevaru 27,75 hektaril on 163,0 tuhat tonni ja passiivne tarbevaru 12,75 hektaril 28,0 tuhat tonni. Käina ravimudamaardla aktiivne tarbevaru 81,5 hektaril on 1355 tuhat tonni ja passiivne tarbevaru 22,0 hektaril 365,8 tuhat tonni. Mullutu-Suurlahe ravimudamaardla ravimuda aktiivne tarbevaru 89,5 hektaril on 925 tuhat tonni ja passiivne tarbevaru 7,0 hektaril 175,5 tuhat tonni.

Kuressaare Sanatooriumi tarbeks võetakse Mullutu-Suurlahest ravimuda üle aasta 600–700 m^3. Haapsalu lahe maardlast ammutatakse igal aastal 400–450 m^3 ravimuda.

Leiukohtade geoloogiline ehitus

Haapsalu lahe leiukohas on ravimuda kahekihiline. Ülemine kiht on suure veesisaldusega (75–85%), lagunemata taimejäänuseid sisaldav tumehall (must) aleuriit (suure peliidiosakeste sisaldusega). Kihi paksus muutub küllalt suurtes piirides, ulatudes maksimaalselt 0,65 m-ni.

Alumine kiht on väiksema veesisaldusega (70–80%) makroskoopiliste taimejäänusteta helehall aleuriit maksimaalse paksusega 80 m, milles on kohati vaheldumisi heledamaid ja tumedamaid kihikesi. Piir ülemise ja alumise kihi vahel on üleminekuline.

Kogu leiukoha ulatuses moodustab ravimuda lamami peene- või keskmiseteraline liiv, millest sügavamale jääb suures paksuses (maksimaalselt üle 3 m) viirsavi. Viimase lamamiks on omakorda moreen, mille paksus lahe piires ei ole teada.

Käina lahe ravimudaleiukoht paikneb samanimelise lahe edela- ja lõunaosas. Lahe idaosa katab õhuke mitmesuguse terajämedusega liiv, mille lamamiks on viirsavi. Lahe piires toimub nii mineraalne kui orgaaniline setete moodustumine ilmselt kohaliku materjali baasil. Lahe lääneosas levivad suures paksuses holotseeni põhjasetted, mida võib kasutada ravimudana. Ümber Vasikalaiu paikneva hobuserauakujulise mudalasundi maksimaalne läbimõõt põhja–lõuna suunas on üle 2 km, ida–lääne suunas aga 1 km ringis. Lasundi lõunaosas saab kohati eristada kahte kihti: peal keskmiselt 0,1 m (maksimaalselt 0,3 m) paksune veega küllastunud mustjashall muda, allosas keskmiselt 1,2 m (maksimaalselt 3,1 m) paksune kollakashalli värvusega muda (aleuriit). Viimast kihti ei loe mõned uurijad ravimuda hulka, kuid balneoloogiliste näitajate poolest võib selle siiski paigutada mineraalsete ravimudade rühma. Viimaste ümberhindamiste käigus on kirjeldatud kiht arvatud ravimudavarude hulka, ning see moodustab varudest enamuse.

Vaadeldava ravimudalasundi põhjapoolne osa koosnebki ainult kollakashallika värvusega kihist. Ravimudalasundi lamamiks on leiukohas peamiselt viirsavi, kohati peeneteraline liiv, millest allapoole jääb moreen.

Mullutu-Suurlahe lõunaosas levib ravimuda läätsekujulise lasundina, mille läbimõõt põhja–lõuna suunas on ligikaudu 1 km ja ida–lääne suunas kuni 2 km. Mudalasundi lamamiks on enamasti viirsavi, mille paksus järvenõos ulatub 4 meetrini. Seda katab peaaegu kõikjal 5–10 cm paksune tänapäevaste meresetete (tavaliselt liiva) kiht. Lasundi äärmises lääneosas moodustab lamami moreen.

Looduslikus olekus (inimmõjustuseta) paiknev lasund on kahekihiline, millest tumehall sapropeelikas materjal moodustab ülemise ja helehall alumise kihi. Sageli on piir nende kahe kihi vahel üleminekuline ning teravalt väljendunud kihilisus puudub. Viimaste ümberhindamiste käigus on peetud otstarbekaks kogu ravimuda kompleksi arvestada ühekihilisena.

Kask, J., 1996. Haapsalu lahe, Mullutu-Suurlahe, Käina ja Voosi ravimuda leiukoha varu revisjon (järeluuring). I etapp – Haapsalu lahe ja Voosi ravimuda leiukoht. Tallinn, 60 lk. (Aruanne Eesti Geoloogiakeskuse (EGK) Geoloogiafondis).

Kask, J., 1997a. Haapsalu lahe, Mullutu-Suurlahe, Käina ja Voosi ravimuda leiukoha varu revisjon. II etapp – Käina ravimuda leiukoht. Tallinn, 50 lk. (Aruanne EGK Geoloogiafondis).

Kask, J., 1997b. Haapsalu lahe, Mullutu-Suurlahe, Käina ja Voosi ravimuda leiukoha varu revisjon (järeluuring). III etapp – Mullutu-Suurlahe ravimuda leiukoht. Tallinn, 57 lk. (Aruanne EGK Geoloogiafondis).

KUKERSIIT-PÕLEVKIVI RESSURSS JA KASUTAMISE PROGNOOS

Vello Kattai ja Enno Reinsalu

1995. aastast kehtib Eestis maavarade klassifikatsioon, mille kohaselt maavaravaru jaotatakse kahe tunnuse – geoloogilise uurituse ja majanduslik-ökoloogilise kasutatavuse järgi. Sõltuvalt geoloogilise uurituse detailsusest on varul kolm usaldusväärsuse kategooriat, millele vastavalt maavara võetakse arvele kas tarbe-, reserv- või prognoosvaruna. Majandusliku otstarbekuse ja kaevandamisvõimaluse alusel võib tarbe- ja reservvaru olla kas aktiivne, ehk kasutusväärne kohe ja piiranguteta, või siis passiivne, ehk kaevandamisväärne majandusolude ja

keskkonnakaitse tingimuste muutudes ning tehnoloogia arenedes. Kaevandamisväärse ehk aktiivse varu määramisel arvestatakse majanduslike kriteeriumitega ja keskkonnakaitseliste piirangutega.

1997. a. töötas Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut välja põlevkivivaru määramise majanduslikud kriteeriumid, mille järgi põlevkivi kui maavara põhikriteeriumiks kinnitati tootsa kihindi energiatootlus (GJ/m^2), mis saadakse iga kihi jaoks leitud paksuse (m), küttevääртuse (pommi järgi, MJ/kg) ja mahumassi (kuiva massi, t/m^3) korrutiste summeerimisel. Varu hinnatakse majanduslikult aktiivseks, kui ploki keskmine energiatootlus on vähemalt 35 GJ/m^2. Passiivne on varu plokkides, kus kihindi keskmine energiatootlus on 25-35 GJ/m^2. Pealmaakaevandamisel, kui kihindi energiatootlus jääb alla 35 GJ/m^2, võib kasutada aktiivse varu arvele võtmiseks abikriteeriume. Sel juhul peab põlevkivikihtide keskmine küttevääртus olema üle 10,9 MJ/kg ja nende summaarne paksus (min. 0.5 m) suurem kui 10% katendi paksusest.

Teiseks oluliseks kriteeriumiks maavara varu arvestamisel on looduskaitse all olevate alade (rahvuspargid, loodus- ja maastikukaitsealad, programmialad) ja kaitstavate üksikobjektide (teadusliku, ajaloolis-kultuurilise või esteetilise väärtusega) olemasolu, kus majandustegevus ja loodusvarade kasutamine on "Kaitstavate loodusobjektide seaduse" alusel keelatud.

Seisuga 01.06.1999.a. on Eesti maavaravarude bilansis põlevkivivaru arvel Eesti maardla 23 kaeve- ja uuringuvälja piires kokku 5,0 mld. t. Aktiivne varu moodustab sellest 1,5 mld. t (30%) ja passiivne 3,5 mld. t (70%). Passiivne on varu looduskaitse piirangute tõttu 1,3 mld. t (37,2%), asustatud alade ja rajatiste kaitsetervikutes – 0,2 mld. t (57%) ja puhtmajanduslike kriteeriumite järgi – 2,0 mld. t (57,1%).

Eesti põlevkivimaardlas alustati põlevkivi kaevandamist 1918.a. Kaevandamise maht kasvas iga aastaga ja 1980.a. tõusis põlevkivivaru kasutus 30 mln. t (toodang kaubapõlevkivis 31,3 mln. t). Alates 1981.a., seoses Sosnovõi Bori AEJ käikulaskmisega Leningradi oblastis, hakkas põlevkivist toodetava elektrienergia vajadus vähenema ja põlevkivitoodang langema: 1985.a. – 25,7 mln. t, 1990.a. – 21,2 mln. t, 1998.a. – 10,9 mln. t.

1998.a. langes nafta hind maailmaturul nii madalale, et ka põlevkiviõli kaotas konkurentsivõime. Seoses sellega vähenes järsult ka rikastatud põlevkivi tarbimine. Lähiaastatel on oodata elektrituru avanemist ja nn. kasvuhoonegaaside maksustamist, mis sunnib ennustama, et lähemal aastakümnendil langeb põlevkivi kasutamine 5-7 mln. t aastas. Seejärel võib juhtuda, et põlevkivi kasutamine Eestis lõpeb üldse.

Maardla ekspluateerimise 80 aasta jooksul on kokku kaevandatud üle 870 mln. t põlevkivi, mis koos kadudega moodustab ligi 1,6 mld. t. Praktiliselt samapalju kasutuskõlblikku varu on veel Eesti maapõues, mis võib enamuses jääda kasutamata.

KALKOPÜRIIDI ILMINGUD ALAMSILURI PUNAVÄRVILISTES KIVIMITES

Enli Kiipli

Eestis on kalkopüriidi leide suhteliselt vähe (Pirrus, 1962, 1973; Kuuspalu & Vanamb, 1975). Adavere-ealise süvaveelise punavärvilise faatsiese kivimite uurimisel Lääne-Läti Aizpute puursüdamikus ja Saaremaa Viki, Mustjala, Pahapilli,

Nässumaa, Valjala ning Muhumaa Lõetsa puursüdamikes leidus kalkopüriit kuni 0,5 mm läbimõõduga ja väiksemate tetraeedriliste kristallidena eelkõige punastes metabentoniidi (MB) kihtides ja vähemal määral punastes ning kollastes terrigeensetes savikivimites ja lubjakivides. Kalkopüriidi hulga hindamiseks kasutati kolmest jaotust: 5 g proovis alla 3 kristalli, 3-10 kristalli ja üle 10 kristalli. Enamikus punastes MB kihtides esines üle 10 kalkopüriidi kristalli 5 g proovi kohta. Suurimad röntgenfluorestsentsanalüüsiga määratud Cu sisaldused ulatusid 0,3%-ni (Aizpute MB 953.99). Terrigeensetes punavärvilistes kivimites olid kalkopüriidi leiud harvad. Kalkopüriidi geneesi selgitamise seisukohalt olid kõnekateks järgmised faktid: 1) kalkopüriidi esinemine punavärvilise faatsiese kivimites, milles esines halli kivimi vahekihte; 2) rohked kalkopüriidi leiud punastes MB-des; 3) kalkopüriidi olemasolu ainult punavärvilises osas, kui tegu oli kahevärviliste MB-dega, mille allosa on hall, rohekashall või valge, ülemine osa aga hematiidist punane. 1) Punavärvilisus viitab oksüdeerivale keskkonnale, kus 2-valentne Cu on lahuses liikuv. Hallid vahekihid annavad tunnistust Fe(III) redutseerivast keskkonnast, kus väheste tumehallide vahekihtide põhjal võib leida viiteid sulfaatreduktsioonile. Sealt pärineb ilmselt difundeerunud sulfiidioon – kalkopüriidi koostisosa. 2) Keskmine vase sisaldus efusiivides (20 g/t; Ewart, 1983) on vaid kaks korda suurem kui planktonis (11 g/t; Piper & Isaacs, 1995). Seega ei viita kalkopüriidi rohke esinemine punastes MB-des niivõrd vulkaanilisele vaserikkale algallikale, kui amorfse vulkaanilise tuha headele adsorbeerivatele omadustele. 3) Vase rikastumisest adsorbtsiooni tulemusena amorfsete Mn(IV) ja (FeIII) oksiidide ja hüdroksiidide pinnale kõneleb fakt, et kalkopüriit esineb MB punavärvilises, mitte heledas värvitus osas 2-kihiliste MB-de puhul. Hematiidi sisaldus punastes MBs on keskmiselt 2,7 %, min 0,5%, max 6,2% (11 röntgendifraktomeetrilise analüüsi põhjal), Mn sisaldus väljendatuna MnO-na on 0,017 % (12 röntgenfluorestsentsanalüüsi põhjal). Võrreldes viimast sisaldust algse efusiivse materjali keskmiselt 0,1%-lise MnO sisaldusega (Ewart, 1983), võib järeldada, et Mn on diageneesi käigus välja lahustunud. Punastes terrigeensetes kivimites on kalkopüriidi esinemine harv vaske adsorbeerivate amorfsete ühendite vähesuse tõttu. Fatsiaalne kontroll, s.t. kalkopüriidi teke oksüdeerivate ja redutseerivate tingimuste piirialadel, põhjendab, miks punases hallide vahekihtideta Jonstorpi kihistus (uuritud võrdlusmaterjalina Aizpute puursüdamikust), samuti mandril Saaremaa punavärviliste jätkuna esinevates adavere hallides kivimites ei ole kalkopüriiti leitud.

Ewart, A., 1983. Mineralogiya i chimism tretitchnykh i sovremennykh datsitovykh, latitovykh, riolitovykh i rodstvennykh salitcheskikh vulkanitov. *In:* Barker, F. (toim.). Trondhejmites, dacites and related rocks. Mir, Moscow, 19-98 (vene keeles).

Kuuspalu, T. & Vanamb, V., 1975. K mineralogij polimetallicheskoj mineralizacii v valunakh karyera Laeva. Tartu Ülikooli Toimetised 359, Töid geoloogia alalt, VII, 142-151 (vene keeles).

Piper, D. Z. & Isaacs, C. M., 1995. Geochemistry of Minor elements in the Monterey Formation, California: Seawater chemistry of deposition. U.S. Geological Survey Professional Paper 1566. 41 pp.

Pirrus, E., 1962. Omapärasest kalkopüriidi leiust Eestis. Eesti Loodus, 2, 1962, 99-101.

Pirrus, E., 1973. Vaseühend fosfaatveerises. Eesti Loodus, 9, 1973, 541-542.

METABENTONIITIDE KORRELEERIMISEST KEEMILISTE TUNNUSTE ALUSEL

Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste, Enli Kiipli ja Peep Männik

Eesti aluspõhja ordoviitsiumi ladestu kivimites esinevate õhukeste savikihtide vulkaaniline päritolu on esmakordselt välja pakutud V. Jaanussoni (1948) poolt analoogia põhjal samalaadsete kihtidega Rootsis. Siluri metabentoniite (MB) kirjeldas E. Jürgenson (1962). T. Kiipli (1998) poolt on avaldatud lühiülevaade MB-de levikust ja koostisest. Juba alates MB-de avastamisest on neid kihte edukalt kasutatud Ordoviitsiumi kivimiläbilõigete korreleerimiseks. Siluris esinevad arvukad MB-d Adavere lademes ja nende korreleerimine ei ole enamasti olnud võimalik (erandiks on "O" kiht), sest eri kihid on litoloogiliselt sageli sarnased, kihte on lähedasel stratigraafilisel tasemel mitmeid ja tihti ühes läbilõikes olemasolevad kihid võivad teises puududa (põhjuseks settelüngad ja kaod puurimisel). Autorite poolt röntgenfluorestsentsmeetodil analüüsitud Ti, Zr, Nb, Y, Rb, Sr ja Ga sisaldused 66 Adavere lademe MB proovis võimaldasid neid kihte korreleerida. Korreleerimisel oli oluliseks toeks ka konodontide levikul tuginev biostratigraafia, sest sarnase mikroelementide kooslusega kihid korduvad sageli läbilõikes mitmel tasemel. Kokku õnnestus eraldada 27 erinevat kihti. Kõige intensiivsem oli vulkanism *Pterospathodus eopennatus*-e ja *P. amorphognatoides lithuanicus*-e ajal. Nendes biotsoonides esineb 19 MB kihti. Mõlemas biotsoonis esinevad kahte tüüpi mikroelementide kooslusega kihid. Esimeses vahelduvad suure ja väikese mikroelementide sisaldusega kihid ja teises "primitiivsele" ja "evolutsioneerunud" magmale iseloomulikud mikroelementide kooslused. Mikroelementide alusel saab korreleerida Norra Garntangeni läbilõike MB-d Eesti MB-dega *P. amorphognatoides lithuanicus*-e biotsoonist. "Evolutsioneerunud" koostisega kihid on keskmiselt võrdse paksusega nii Eestis kui Norras – tõenäoliselt asus lähtevulkaan mõlemast piirkonnast võrdsel kaugusel. "Primitiivse" koostisega kihid on Eestis poole õhemad kui Norras – see osutab, et vulkaan asus ligemal Norrale.

Jaanusson, V., 1948. Vulkaanilise tegevuse jälgi Lääne-Baltoskandia ordoviitsiumi settekivimeis. Estonia, Eesti üliõpilaskonna neljas väljaanne Saksamaal. Karlsruhe, 50 - 52.
Jürgenson, E., 1962. Vulkaanilise päritoluga setted Eesti aluspõhjas. Eesti Loodus, 229 - 230.
Kiipli, T., 1998. Vulkanogeensed kihid Eesti settekivimites. 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis. Aastapäevakonverentsi ettekannete teesid ja artiklid. TTÜ Mäeinstituut, 9 – 12.

EESTI SOODE HÜDROGEOÖKOLOOGIA

Hella Kink, Eda Andresmaa ja Mall Orru

Soode tekkimine ja areng Eestis on oluliselt seotud geoloogilise keskkonna, pinnamoe ja hüdrogeoloogiliste tingimustega. Madalikel, Balti jääjärve ja Antsülusjärve levikualal paiknevad suured sood on moodustunud valdavalt veekogude kinnikasvel. Erandiks on väga tugevalt põhjaveest toituvad nõlvasood klindi jalamil. Lavamaadel ja kõrgematel tasandikel valdab

maismaaline soostumine, mis on seotud pinnamoe ning põhjavee juurdevooluga. Kõrgustikel on tegemist valdavalt põhjaveest toituvate madalsoodega, millest osa on jõudnud juba raba arengufaasi. Põhja-Eestis mõjutavad soode teket karstinähtused ja nendega seotud allikad, Lõuna-Eestis pindalalised allikaimbed.

Üheks energeetikaprobleemi alternatiivlahenduseks on turba laialdane kasutuselevõtmine. Aktuaalsed on ka turbakeemiaga seonduvad probleemid. Arvestades suurenevat vajadust turbamaardlate järgi ei tohi unustada soo teisi aspekte. Seepärast anti geoloogiliselt uuritud soodele ka hüdrogeoökoloogiline hinnang:

- soo on looduslik kompensatsiooniala ning turbamaardla evitamisega kaasnevad muutused mõjutavad kogu ümbritsevat keskkonda;
- soo on veeressursside kujunemis- ja säilitamisala; negatiivsed muutused kajastuvad piirkondades, kus vee looduslik kaitstus soos ja ümbritsevatel aladel on nõrk või puudub;
- soo on kompleksne looduskaitseobjekt.

Soovee looduslik kaitstus oleneb soovee seotusest turbalasundi all mineraalmaas oleva ning ümbritsevatelt aladelt juurdevoolava põhjaveega. Kõige mõjutatavamad on maismaalisel soostumisel liivapinnastele moodustunud sood ja põhjaveest tugevalt toituvad madalsood. Soovee stabiilsust näitab hüdrograafilise võrgu iseloom ja tihedus soos ning sealt algavate jõgede veerežiim.

Eestis katavad sood 22,3% pindalast; nendest 65% moodustavad madal- ja siirdesood ning 35% rabad. Et turbamaardla pole soo ainus ja peamine väärtus, peaksid kaitsealad, ürgloodus mälestised ja veesäilitusalad hõlmama vähemalt 1/3 Eesti soode pindalast. Esialgsete hüdrogeoökoloogiliste hinnangute põhjal vajab Eestis kaitset 194 sood, millest 101 asub praegu kaitsealade territooriumil, "Ürglooduse raamatusse" kandmist vajab 70 sood ning veesäilitusaladeks tuleks arvata 124 sood (Kink jt., 1998). Soovitatu hõlmab 12,1% Eesti soode pindalast ning kaitsepõhjenduseks on valdavalt nende soode veekaitselised ja geoloogilised aspektid.

Kink, H., Andresmaa, E. & Orru, M., 1998. Eesti soode hüdrogeoökoloogia.Toim. A. Raukas. Tallinn, Eesti TA Kirjastus, 128 lk.

PURDSETETE GRANULOMEETRILISEST KLASSIFIKATSIOONIST

Anne Kleesment ja Rein Sinisalu

Purdsetete terasuurus kannab endas sedimentogeneetilist informatsiooni. Terasuuruse põhjal eristatakse purdsete põhiklasse rahnudest savini. Tänapäeval on enamik uurijaid ja praktikuid võtnud omaks sajandi algusel välja töötatud terasuuruse klassifikatsioonini põhimõtted, kus erinevate põhiklasside piirsuuruste suhtarv on konstant (Wentworth, 1922). See võimaldab terajämeduse suurust väljendada logaritmilistes väärtustes. W.C. Krumbein

(1938) võttis kasutusele logaritmilise phi-ühiku mõiste, mis annab eelise andmete graafilisel ja statistilisel töötlusel.

Eestis praegu ametlikult kehtivad klassifikatsioonid (Raukas, 1981; Eesti Maapõueseadus, 1996) ei vasta üldtunnustatud põhimõtetele. Korrastamist vajavad põhiklasside piirid ja setete nimetamise reeglid. Aleuroliit, liiv, liivakivi ja kruus kui maavara ning kui ehituste ja teede-ehituse aluskiht on seesama aleuroliit (siltstone), liiv (sand), liivakivi (sandstone) ja kruus (pebble, gravel) jne., mis setete ja kivimitena on leidnud aktsepteerimist kogu maailmas.

On jõutud üksmeelele purdosakeste põhiklasside piiride suhtes. Nii jääb aleuriit (eesti keeles võib soovitada ka terminit "möll") vahemikku 0,002-0,063 mm; liiv vahemikku 0,063-2 mm ja kruus vahemikku 2-64 mm. Et paremini iseloomustada setteid ning tagada statistiliste arvutuste tõepära, soovitame liiva ja kruusa jagada viieks alamklassiks ning kasutada järgmist sõeltekomplekti : 0,063 mm, 0,125 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 32 mm ja 64 mm. Aleuriidi detailsem analüüs toimub uhtanalüüsil.

Looduses esineb harva setteid (kivimeid), mis koosnevad ainult ühe setteliigi teradest, sagedamini esinevad nad savi-aleuriidi-liiva; aleuriidi-liiva-kruusa jne. segudena. Taoliste setete nimetustes on otstarbekas kasutada täiendsõnu. Ka täiendsõnade kasutamise osas on vaja saavutada kokkulepe. Eestis on kasutusel küllaltki ratsionaalne kahe täiendsõnaga nimetuste süsteem (Raukas, 1981), kus on erinev täiendsõna 25-50%-lise (näit. aleuriitne liiv) ja 10-25% lisandi puhul (näit. aleuriidikas liiv). Setete jaoks, kus ükski purdkivimi klass ei küüni 50%-ni, soovitame kasutada terminit "miktiit", millele lisanduvad täiendsõnad , viitamaks domineerivale settele.

Friedman, G.M., Sanders, J.E., 1992. Principles of sedimentary deposits. Maxwell Macmillan International. New York e.a., 1-717

Krumbein, W.C., 1938. Size frequency distributions of sediments and the normal phi curve. Journal of Sedimentary Petrolology, 18, 84-96.

Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid, 1996. I. Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium. Tallinn, 228 lk.

Raukas, A., 1981. Purdkivimite ja purdsetete klassifikatsioon terasuuruse järgi. Tallinn, 1-14.

Wenthworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30, 377-392.

DIKTÜONEEMAKILDA GEOKEEMIAST

Aadu Loog ja Valter Petersell

Eesti diktüoneemakilt (diktüoneema-argilliit, graptoliitargilliit) kuulub ulatuslikku kambrium-ordoviitsiumi mustade kiltade formatsiooni. Ta on orgaanilise aine (OM) ja püriidirikas peeneteraline kiltjas kivim, mida iseloomustab peale kõrge OM, S ja K sisalduse ka paljude metallide, esmajärjekorras Mo, U, Pb, Zn, V jt. kõrge kontsentratsioon. Viimastel aastatel on diktüoneemakildas avastatud samuti anomaalselt kõrgeid Au ja Pt sisaldusi. Diktüoneemakilt on geokeemiline uunikum. Maakoore geoloogilises läbilõikes puuduvad analoogsed formatsioonid, kus väga üheilmelise keemilise ja

mineraalse koostisega kivimis piirkonniti raskemetallide ja radioaktiivsete ning kohati ka väärismetallide sisaldus läheneb majanduslikult huvipakkuvale piirile.

U ja raskemetallide pindalalise (läänest itta) ja vertikaalse leviku ning jaotuse seaduspärasuste selgitamiseks uuriti Põhja-Eestis diktüoneemakilta 4 puuraugu – F-338, F-328, M-46, ja 811 ning Sillamäe läbilõikes. Proovideks koguti üheilmeline kilt läbilõike ülemisest, keskmisest ja alumisest osast. Proovidest tehti lõimiseanalüüs, selgitati proovide keemiline ja mineraalne koostis ning määrati nendes röntgen-fluoresentsanalüüsi meetodil U, Mo, Pb, Nb, Rb, Sr, Y ja Zr sisaldus.

Diktüoneemakilda desintegreerimisel kasutati tsemendi lagundamiseks ka H_2O_2 ja NaOH vesilahust, millega töötlemisel toimus kivimist intensiivne Mo ja U väljakanne. Teiste analüüsitud mikroelementide väljakanne oli märgatavalt väiksem. Sellest tingituna ei peegelda fraktsioonanalüüsi tulemused elementide kogusisaldust kildas, kuid annavad küllalt hea ettekujutuse elementide jaotusest.

Vaadeldavatest elementidest on U, Mo, Pb ja P sisaldus oluliselt kõrgem kontinentaalse maakoore ja savide keskmisest sisaldusest ja on väga varieeruv nii vertikaal- kui lateraalsuunas (erinevus on mitmekordne). Nende elementide sisalduste variatsioonikoefitsent on väga kõrge (94% - 183%). Maksimaalsed sisaldused esinevad Sillamäe, minimaalsed - Maardu piirkonnas. P, Ca, U, Mo, Pb, Nb ja Y vahel on märgatav selge positiivne korrelatsioon.

Nb, Rb, Sr, Y ja Zn sisaldus on analoogselt K, S ja teiste makroelementide sisaldusele kildas üheilmeline nii vertikaal- kui ka lateraalsuunas, nende variatsioonikoefitsent on madal, (5- 29%). K ja S ning samuti Y, Rb ja Nb keskmine sisaldus on kõrgem, Sr ja Zr sisaldus madalam kontinentide maakoore ja savide keskmisest sisaldusest. Ainult Rb sisaldus jääb vahepealsele positsioonile.

Selgub, et uraan ei ole seotud orgaanilise ainega, nagu varem arvati, vaid eelkõige fosfaatidega (korrelatsioonikoefitsent fosforiga 0,872 ja kaltsiumiga 0.874). U, Nb, Pb sisaldus ja väävli isotoopne koostis viitavad sellele, et algne sissekandeallikas oli leeliselise koostisega vulkaaniline produkt.

KÕIGI AEGADE SUURIMAST GEOLOOGIAGA SEOTUD FINANTSPETTUSEST

Tõnis Oja

1993. aastal alustas Kanadas asuv geoloogiliste uuringutega tegelev väikefirma Bre-X uurima Indoneesias Borneo saarel asuvat Busangi kullaleiukohta. Kaks aastat hiljem teatati üldsusele, et maardla varud võivad olla suuremad kui 30 mln. untsi. 1996. aasta veebruaris teatas Indoneesia mäetööstus- ja energeetikaminister leiukoha varudeks umbes 40 mln. untsi.

Alates 23. aprillist 1996 hakati Bre-Xi aktsiaid noteerima Toronto väärtpaberibörsil. Aktsia hind hüppas paarikümne minutiga 5-lt Kanada dollarilt 192,50-ni. Kaks nädalat hiljem maksis ettevõtte aktsia 201,75 dollarit. Aktsionäride üldkoosolek andis juhatusele õiguse aktsiate *splittimiseks* (iga aktsia kohta said aktsionärid 10 uut). Sama aasta juulis tõstis Bre-X leiukoha

varude mahu 47 mln. untsini, augustis hakati firma aktsiatega kauplema USA suuruselt teisel väärtpaberibörsil Nasdaq.

1996. aasta oktoobris-detsembris käisid läbirääkimised maailma juhtivate mäetööstusettevõtete, Indoneesia valitsuse ning kohalike ettevõtjatega ühisettevõtte loomiseks eesmärgiga alustada peatselt ettevalmistusi väärismetalli kaevandamiseks. 1997. aasta 17. veebruaril sõlmiti leping edasisteks töödeks leiukohas. Osalused jagunesid järgmiselt: Bre-X 45%, New Orleans´is baseeruv Freeport McMoRan Copper & Gold 15% ning Indoneesia investorid 40%. Samal ajal tõstis Bre-X leiukoha prognoositavate varude mahu 71 mln. untsini, ekspeditsiooni juht John Felderhof teatas pressile, et need võivad ulatuda isegi 200 mln. untsini.

Busangi leiukohast räägiti üha enam kui sajandi leiukohast, mille varud on suurimad maailmas. Puhkesid kired kontsessiooniõiguste ümber, võitlusse haarati nii suuremad mäetööstusettevõtted kui ka Indoneesia president Suharto perekonna liikmed. *Lobbistidena* kasutati ka USA endist presidenti Georg Bushi ja Kanada endist peaministrit Brian Mulroney'i.

19. märtsil kukkus objekti peageoloog Michael de Guzman teel Busangi leiukohta helikopterist, tema surnukeha leiti mõned päevad hiljem.

Freeport McMoRan Copper & Gold poolt sooritatud leiukoha kontrolluuringute põhjal, mis avalikustati 26. märtsil 1997, selgus, et maardlas leidub kulda vaid tähtsusetul hulgal. Strathchonia Mineral Services poolt teostatud auditi kokkuvõttes märgiti, et seniste geoloogiliste uuringute tulemused "baseerusid pretsedenditutel võltsingutel mäenduse ajaloos". Bre-X, mille varad moodustusid vaid litsentsist ja mõnest puursüdamikust, turuväärtus oli kasvanud 45 miljonilt 6,8 miljardi Kanada dollarini, kaotas sellest 80% .

Pettus seisnes puursüdamike rikastamises kullaga meetodil, mida praktikas kasutatakse üsna laialdaselt – nn soolamine. Proovimisse läks kogu puursüdamik, dublikaate ei säilitatud. Bre-X'i juhtkond, eesotsas aktsiaseltsi president David Walshiga, teenisid aktsiate müügilt vähemalt 38 mln. Kanada dollarit. Bre-Xi vastu on algatatud mitmeid kohtuasju, mis tänaseks pole veel lahendust saanud.

RASKEMETALLIDE JA RADIOAKTIIVSETE ELEMENTIDE SISALDUS EESTI TURBAS

Mall Orru

Eesti on Põhja-Euroopa üks sooderikkamaid piirkondi. Sood võtavad enda alla 22,3% Eesti territooriumist. Turbavarude hulk on 2,37 miljardit tonni (Orru, 1995, 1997). Turvast kasutatakse laialdaselt nii aianduses, põllumajanduses kui ka kütteks. Aiandusturvast eksporditakse paljudesse riikidesse üle kogu maailma (Saksamaa, Holland, Taani, Hispaania, Itaalia, Jaapan, Korea, Singapur jt.).

Eelöeldust lähtuvalt ongi tähtis teada ja tundma õppida turba keemilist koostist, raskemetallide (Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu) ning radioaktiivsete (U, Th) jt. elementide (Sr) sisaldust.

Eesti Geoloogiakeskuses (EGK) tehakse süstemaatilisi turbauuringuid alates 1966. aastast. Selle aja jooksul on ca 60 000 turba proovist määratud botaaniline koostis, tuhasus, niiskus, lagunemisaste ja pH. Viimastel aastatel (1992–1998) läbi viidud turbauuringute käigus võeti ca 450 proovi 65 soost turbalasundi raskmetallide sisalduse ja radioaktiivsuse määranguks. Turbalasund prooviti kogu läbilõike ulatuses intervalliga 0,5 m. Proovid tuhastati 500°C juures. Aatomabsorptsioonspektromeetria (AAS) meetodil määrati EGK-s Pb, Cd, Cr, Ni, Zn ja Cu sisaldus (g/t); U, Th ja Sr sisaldus aga röntgenfluorestsentsmeetodil (XRF). Kasutades tuhasuse näitajat (A^c) tehti elementide sisalduste ümberarvutus õhk-kuivale turbale.

Uuringute tulemusena võib öelda, et Eesti turba raskmetallide sisaldus ja radioaktiivsus sõltuvad:

1. soo ja turba tüübist (madalsoo, siirdesoo, raba);
2. turba tuhasusest;
3. soode geneesist ja toitumistingimustest (sademed, põhjavesi, tulvavesi, allikad jt.);
4. soode geomorfoloogilisest asendist (tasandikul, orus, nõlval);
5. inimtegevusest ja keskkonnatingimustest.

Eesti territooriumi võib jagada kolmeks piirkonnaks (Kink, Andresmaa & Orru, 1998): Lääne-Eesti saarestik; Põhja-Eesti ja Lõuna-Eesti.

Elementide (Mn, Cu, Ni) sisaldus suureneb turba alumistes kihtides, eelkõige madalsooturba lasundis. Suurimad U sisaldused on allikalise toitumisega turbalasundis 1,5–2,0 m sügavusel. Rabaturba ülemises kihis (0,00–0,70 m) on suurimad Pb sisaldused. Tõenäoliselt on siin tegemist inimtegevuse mõjuga.

Kink, H., Andresmaa, E. & Orru, M., 1998. Eesti soode hüdrogeoökoloogia. Toim. A. Raukas. Tallinn, Eesti TA Kirjastus, 128 lk.

Orru, M.,1995. Eesti turbasood. Teatmik. Toim. L. Saarse. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus, 260 lk.

Orru, M., 1997. Peat..In: Raukas, A., Teedumäe, A. *Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers,*, 337–348.

PAE-EELISTUSTEST LÄÄNE-EESTI EHITISTES

Helle Perens

Paekivi kasutamisel ehitusmaterjalina on Eestis sügavale minevikku tagasiulatuv traditsioon, mille kohaselt on kõikjal eelistatud kasutada võimalikult lähedalt kättesaadavat ehituspaasi. Eelkõige puudutab see seinakivi. Konstruktsiooniliselt olulisemad ja dekoratiivsemad detailid on teostatud pea alati kivi hoolikalt valides. Neis detailides tulevadki ilmsiks piirkonna parimad paeliigid, mida tänapäeval sageli enam ei tunta. Taolise paemurdmispaiga ülesleidmine rikastab ka meie tänapäeva viimistlusmaterjalide valikuvõimalusi, seda eriti siseviimistluses, mille tarvis pae dekoratiivsed omadused ootavad alles avastamist.

Eesti 800-aastases paeehitusajaloos on etappe, mis räägivad ühtede või teiste paeliikide eelistamismuutustest sõltuvalt ehitise otstarbest, tehnilistest võimalustest ja ka moest.

Lääne-Eesti (vaadeldud on Saaremaa, Hiiumaa, Läänemaa, Pärnumaa, Raplamaa paeehitisi) ***keskaegsetes*** ehitistes (kirikud, kindlused, kloostrid) eelistati kohaliku murdpae tükkidest laotud seinte foonil kasutada järgmisi raidpae liike: Kaarma dolomiit, Maasi ja Muhu onkoliitdolomiit, Kurevere (Läänemaal) dolomiit, Ungru kivi (Ungru lossi järgi), Kullamaa lubjakivi, Kurese dolomiit, Orgita dolomiit. Harjumaalt veeti ka *Lasnamäe* ehituslubjakivi.

Järgnevatel sajanditel avardus tohutult ehituspae kasutusareaal ning paekasutusvaldkond (kirikud, mõisa- ja taluhooned, kabelid, magasiaidad, postijaamad, kõrtsid, koolid, terrassid, basseinid, kalmistutähised, korstnad, aiad, kaevurakked, tarbenõud jne.). Paekasutuse õitseaeg oli 18-19 sajandil. Paekivi murti ja töödeldi pea iga paepealse mõisa ja talu murrus. Tahutud kivi polnud enam haruldus. Varemtuntuile lisandus Lääne-Eestis hulgaliselt häid raid- ja dekoratiivpae liike. Neist huvipakkuvamad ning taasmurdmiseks soovitatavad paeliigid on piirkonniti järgmised.

Saaremaal – Tagavere ja Selgase dolomiit; Kavandi ja Liigalaskma ümbruse dolomiit, millest, nagu Pärase ja Igaküla dolomiidistki on ehitatud Lääne-Eesti kõige paesemad külad; Putla lubjakivi; Lümanda-Loobimaa lubjakivi; Vätta poolsaare sõrmuspaas; Mõega dolomiit.

Läänemaal – Nõmmküla lubjakivi; Pullapää-Eigla-Kiltsi ümbruse koralliderikas lubjakivi; Lähtru lubjakivi; Kirimäe ja Võnnu ümbruse rõngaspaas ning massiivne rohekas lubidolomiit; Kurevere,Tuudi ja Nehatu dolomiit.

Hiiumaal – Hilleste korall-lubjakivi.

Pärnumaal – Kaisma, Kurese ja Anelema dolomiit.

Raplamaal – Metsküla ja Röa dolomiit; Riidaku ja Otepa dolomiit; Rabivere ja Koigi ümbruse rõngaspaas.

Harjumaalt veeti sisse ka *Lasnamäe* ja *Vasalemma* ehituslubjakivi. Käsitletud piirkonna ***kaasaegne*** ehituslik paekasutus piirdub vanade tuntud paeliikidega nagu Kaarma, Selgase, Tagavere, Orgita, Ungru ja Anelema ehituskivid. Harjumaalt tuuakse ka *Lasnamäe* ehituskivi.

Vanu pae-ehitisi kohati restaureeritakse (Kuressaare, Lihula, Haapsalu, Pärnu), kohati lammutatakse, kasutades kivi uute hoonete ehitamiseks; kohati nad lihtsalt lagunevad. Siiski on märgata üldist huvi tõusu nii paekasutuse kui selle ajaloo vastu.

FANEROZOIKUMIAEGSEST SULFIIDSEST MINERALISATSIOONIST LOODE-EESTIS

Valter Petersell

Loode-Eesti sulfiidse mineralisatsiooni uuringute ajalugu algas 1968.a. koos Kärdla rõngasstruktuuri ringvalli kõrgema ala Paluküla kerke avastamisega. Kerke lael puuritud puuraugus avastati kristalse aluskorra ja settekivimite kontaktivöös ligi 1,5 m ulatuses galeniidi, sfaleriidi ja püriidi ning karbonaatidega tsementeerunud bretša. Järgnenud 30 a. jooksul on Loode-Eestis fanerozoilist sulfiidset mineralisatsiooni täheldatud paljude puuraukude ordoviitsiumi ja kambriumi settekivimite läbilõigetes. Mõnedes puuraukudes on mineralisatsioon küllalt intensiivne ning Zn ja Pb sisaldus nendes on võrreldav tööstuslike maakide sisaldusega.

Olemasolevad andmed on paljuski lünklikud. Peamiselt on tegemist lõikuva (pealepandud) püriit- sfaleriit-galeniitse või tinglikult stratiformse püriit-sfaleriitse mineralisatsiooniga. Erilist tähelepanu väärib Mo mineralisatsioon Vihterpalu piirkonnas.

Lõikuva mineralisatsiooni nähted on fikseeritud peamiselt Kärdla rõngasstruktuuri vallidel ja selle lähiümbruses. Mineralisatsiooniga kaasneb ümbriskivimi intensiivne kaltsiidistumine ja osaline dolomitisatsioon. Selle ilminguid esineb nii bretša ja settekivimites- kui ka bretšastunud kristalse aluskorra kivimites. Intensiivsemad lõikuva sulfiidse mineralisatsiooni nähud on kirjeldatud ringvalli Paluküla piirkonna välisnõlval ja ringvalli edelaosas Tubala piirkonnas valli harjal. Paluküla piires ulatub puuraugus F -374 41 - 47 m sügavusel lubjakivides Zn sisaldus 10 % ja Pb sisaldus 0,4 %. Tubala piirkonnas on puuraugus F-178 136,8 – 144,3 m sügavusel merglites need arvud vastavalt 1,26% ja 0,29 %. Mineraliseerunud intervallides on samuti kõrgendatud Mo, Cd, Ag ja In sisaldus.

Stratiformsed mineralisatsiooninähted on seotud diktüoneemakildaga. Kärdla rõngasstruktuuri ja mere vahelisel alal on diktüoneemakilda lamamiks olev püriidikiht osaliselt asendunud galeniidi ja sfaleriidiga. Selles mõne kuni 10 cm paksuse kihi puuraugu keskmisena ulatub Pb sisaldus 2,65 % ja Zn sisaldus 1,28 %. Loode-Eesti mandrialal Noarootsi-Turba vööndis varieerub kuni 1 m paksuses diktüoneemakilda kihis Zn sisaldus 0,1 - 0,5% piirides. Üksikutes õhukestes (<1 cm) kihikestes tõuseb sfaleriidi sisaldus 4 %. Samas esineb õhukesi lõikuvaid monomineraalseid sfaleriit-galeniit-püriidi ja sulfiidide rikkaid karbonaatide soonekesi.

Loode-Eestis Vihterpalu puuraugu (F-331) alamordoviitsiumi liivakivis ulatub 52-53 m sügavuses Mo sisaldus 1600 g/t ja mineralisatsioon on osaliselt esindatud molübdeniidiga. Mineraliseerunud intervallis on kõrgendatud samuti As, Ni, Pb ja Cu sisaldus. See on ainukene praeguseks ajaks Eestis teadaolev Mo-mineralisatsiooni ilming alamordoviitsiumi liivakivides.

Sulfiidse mineralisatsiooni vanuse ja geneesi kohta puuduvad ühemõttelised arusaamad. On tõenäoline, et mineralisatsioon toimus ajavahemikus O_1 diktüoneemakilda formeerumisest kuni O_3 Nabala lademe karbonaatsete kivimite kujunemiseni ja oli mitmekordne. S isotoopandmed ($d^{34}S$) varieeruvad

nii lõikuva kui ka tinglikult stratiformse mineralisatsiooni korral valdavalt piirides –3,8 kuni +2,9‰. Need andmed osutavad mineralisatsiooni süvaallikalisele päritolule. Uurituse tase ei võimalda anda mineralisatsioonile majanduslikku hinnangut. Küll on aga kindel see, et esinev mineralisatsioon on raskemetallidega elusa looduse (elustiku) saaste allikaks nii pinnase- ja põhjavee kui ka mulla kaasabil.

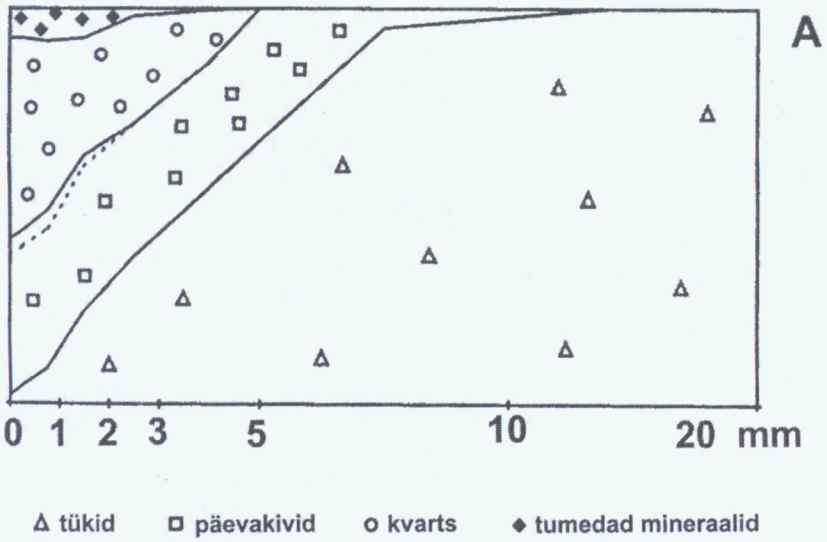
NEEME GRANIIDIINTRUSIOONI PÕHIKIVIM KILLUSTIKUTOORMENA

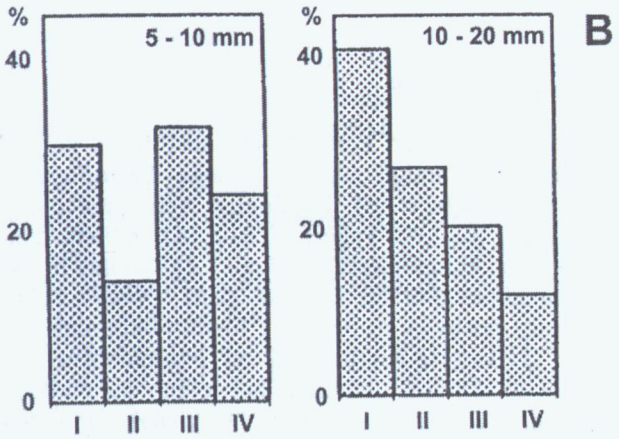
Enn Pirrus

Eesti aluskorra kaardistamisel 1979-1982. aastatel avastatud ja hiljem uuritud Neeme graniidimassiiv Tallinna vahetus läheduses võib kujuneda esimeseks kasutuselevõetavaks maavaraks Eesti sügavaimast struktuurkompleksist. Tõsi küll, tänase päeva majanduskalkulatsioonid näitavad selgesti niisuguse idee utoopilisust, eriti seetõttu, et potentsiaalse maavarani jõudmiseks on tarvis ületada suuri tehnilisi ja keskkonnakaitselisi raskusi. Ent graniidikillustiku vajadus Eestis püsib ja võib muutuda veelgi aktuaalsemaks riigi teedevõrgu edasisel kaasajastamisel. Seepärast on mõistetavad tehtud rakendusuuringud antud suunas: massiivi ühe osa - Maardu maardla - eeluuring (Suuroja, 1992) ja kivimimassiivi käitumismehaanika hinnang eeldataval kaevandamisel (Pastarus, 1995, 1996). Käesolevaga valgustatakse veel üht probleemi - intrusiooni põhikivimi kõlbulikkust kõrgemargilise killustiku toormena. Jämedakristallilise, porfüürsusele kalduva graniidi puhul on kahtlusi tekitanud tema struktuurne eripära - suurte, kuni 5 cm läbimõõduga mikrokliinikristallide valdamine kivimimassis, mis purustamisprotsessis võib täiusliku lõhenevuse tõttu anda killustiku jaoks ebasoovitavaid plaatjaid tükke. Viimaste eelisorientatsioonid segudes võivad kahjustada killustiku kvaliteeti.

Maardla puuraukude südamikust koostatud koondproovi purustamisel saadud killustiku analüüs näitab, et individuaalsete mineraaliterade osakaal killustikus on märgatav ainult peenimates fraktsioonides (alla 5 mm). Jämedamas killustikufraktsioonis muutuvad valdavaks oligomineraalsed liitterad, milles üksikmineraali omadused ei saa olla terade morfoloogiale ainumääravaks (joon. A). Fraktsioonide 5-10 ja 10-20 mm killustikuterade kolme ristiasetseva telje otsesel mõõtmisel saadud statistiline tulemus näitab, et killustiku peenemas osas on tükkide kõiki morfoloogilisi põhitüüpe peaaegu võrdsetes osades (joon. B). Teisisõnu, kivimi lagunemine sellise suurusjärgu tükikesteks toimub üsna juhuslikke murdepindasid mööda ja märkimisväärset morfoloogilist selektsiooni siin ei näi toimuvat. Huvitav on aga lapikute (plaatjate) terade muutumine valdavaks fraktsioonis 10-20 mm, kus suurte mikrokliinikristallide lõhenevus näib terade morfoloogiale teatud mõju avaldavat. Siiski on siin teiste, juhutegurist määratletud terade arv ikkagi otsustav (ligikaudu 60%), mistõttu killustiku kvaliteet ei peaks oluliselt halvenema. Arvatavasti toimub massiivse graniidi purustamisel veelgi jämedamateks tükkideks uuesti juhufaktori tugevnemine ja killustikus jäävad selektiivsed ilmingud terade morfoloogias

tahaplaanile. Kahjuks ei võimalda olemasoleva puursüdamiku väike läbimõõt sellele praegu üheselt vastata. Eeltoodust nähtub siiski, et kartused suurekristallilisest graniidist saadava killustiku halbade nakkeomaduste suhtes on mõnevõrra liialdatud.





Kivimitükkide morfoloogilised põhitüübid

I – lapikud
II - isomeetrilised
III - korrapäratud
IV – piklikud

Joonis. Neeme graniidist valmistatud killustiku mineraalne koostis fraktsiooniti (A) ja terade jaotus põhilisteks morfoloogilisteks tüüpideks (B) kolme ristiasetseva telje mõõtmise alusel.

PAKERORDI LADEME VÖÖLINE LIIGESTUS JA KORRELATSIOON

Ivar Puura

Pakerordi lade hõlmab kahte Eesti maavara: fosforiiti ja *Dictyonema*-argilliiti. On jõutud järeldusele, et tänane teadmiste tase ei võimalda ühitada nende maavaradega seotud majandushuve ja säästlikku suhtumist keskkonda. Samas võimaldab uurituse tase kasutada Eesti maardlaid kogu maailmas huvipakkuvate mudelobjektidena nii maavarade levikuseaduspärasuste ja omaduste, kui ka nende kaevandamisega kaasnevate keskkonnaprobleemide analüüsil. Kõik need uuringud vajavad täpset ajaloolis-geoloogilist taustinformatsiooni, mis toetub stratigraafilisele liigestusele ja korrelatsioonile. Globaalse kambriumi-ordoviitsiumi piiri defineerimine ning biostratigraafilised uuringud Pakerordi lademe stratotüüpsel alal (Mens et al., 1996, 1997, 1999) on andnud võimaluse täpsustada Pakerordi lademe stratigraafiat.

Globaalne kambriumi-ordoviitsiumi piir

1997. aastal esitas rahvusvaheline kambriumi ja ordoviitsiumi piiri töögrupp (COBWG) IUGS stratigraafia komisjonile kinnitamiseks oma lõpliku ettepaneku, mille kohaselt on globaalset kambriumi-ordoviitsiumi piiri määratlev läbilõige ja punkt (GSSP) Newfoundlandil Green Pointi läbilõikes konodondi *Iapetognathus fluctivaguse* varaseima ilmumise tasemel (Cooper & Nowlan, 1999).

Piiridest, mida Eestis ja kogu Baltoskandias levivate konodontide põhjal on võimalik jälgida, on sellele tasemele lähim *Cordylodus lindstromi* tsooni alumine piir. Sama lähenduse kasutamist võib eeldada enamikus maailma regioonides, kuna *I. fluctivagus* on küllalt haruldane. Green Pointi läbilõikes ilmub *C. lindstromi* samal tasemel *I. fluctivagusega*, ent üksikutes Põhja-Ameerika läbilõigetes ka veidi allpool seda taset.

Pakerordi lade ajaloolises perspektiivis

Pakerordi-nimelise stratooni autoriks on Percy Raymond (1916), kelle ***Packerort Formation*** ühendas Friedrich Schmidti ühikud nimega ***Ungulitensand*** (A2; ülemine osa) ja ***Dictyonemaschiefer*** (A3). "Ajaloolise geoloogia õpperaamatus" kirjutab Henrik Bekker (1923, lk. 29): "Pakerordi lade. Kivinditeta räni-liivakivil lasub obolus-liivakivi, mis algab konglomeraadikihiga... [...]. Obolus-liivakivis on 2-3 kihis suurel hulgal kokkukuhjunud brahhiopoodide kaasi (*Obolus*, *Schmidtia* j.t.), mis fosforhapust lubjast koos seisavad ja meie n.n. fosforiidikihtidena tuntud. [...] Diktüoneema-kildkivi on savikas, tumepruun; ta on bituminoosne, kuid ainult väikesel määral (1-6% õlisid). Õhukesi kildkivikihte leidub ka obolus-liivakivis. Iseloomuliste kivinditena oleksid nimetamisväärt: *Dictyonema flabelliforme, D. hisingeri.*"

Need ammutuntud alajaotused - "oobolusliivakivi" ja "diktüoneemakilt" - peegeldavad küllalt hästi Baltoskandia basseini idaosa arengu ajaloolis-geoloogilisi arenguetappe. Esimest iseloomustab oboliidide fauna õitseng, teist *Rhabdinopora*-grupi graptoliitide ilmumine ja areng.

Pakerordi lademe alumine piir

Kuni puudusid rahvusvahelised kokkulepped kambriumi-ordoviitsiumi piiri osas, lepiti kokku, et Pakerordi ladet defineeritakse kui ordoviitsiumi ladestu kõige alumist ladet: "Pakerort Stage (AII). The unit is defined as the lowermost regional stage of the Ordovician System in the East European Platform area with its base coinciding with the base of the system. According to the current use [...] in the sections of the type area the boundary is tentatively drawn at the level of the first appearance of *Cordylodus* (= base of *C. andresi* Zone)." (Männil, 1990, lk. 14).

Niipea, kui aktsepteerime rahvusvahelist kambriumi-ordoviitsiumi piiri, tuleb loobuda sellest harjumuspärasest lähenemisest. Dogmaatiline lähenemine sellele definitsioonile tähendaks regionaalsete lademete piiride korrigeerimist iga rahvusvahelise otsuse puhul, välistamata teoreetilist paradoksi, mille puhul lademe alumine piir tuleks paigutada kõrgemale selle ülemisest piirist.

Enamik Baltoskandia kambriumi-ordoviitsiumi piirikihtide uurijaid ongi tõlgendanud ülaltoodud tsitaati rahvusvahelisest praktikast lähtudes, käsitledes Pakerordi lademe alumise piirina *C. andresi* tsooni alumist piiri. Selle piiri aktsepteerimine ja rahvusvahelise kambriumi-ordoviitsiumi piiri tunnustamine tähendab, et Pakerordi lademe alumine osa, mis vastab *C. andresi*, *C. proavuse* ja *C. intermediuse* konodonditsoonidele, kuulub kambriumisse.

Pakerordi lademe vööline liigestus

Lähtudes Pakerordi lademe jagunemisest kambriumi ja ordoviitsiumi ladestu vahel ning ajaloolis-geoloogilisest taustast, publitseerisime rahvusvahelise ordoviitsiumi sümpoosiumi kogumikus (Puura & Viira, 1999) Eesti Stratigraafia Komisjoni poolt 26. aprillil 1999 heakskiidetud ettepaneku jaotada Pakerordi lade kaheks vööks.

Alumine, **Vihula vöö** vastab *C. andresi*, *C. proavuse* ja *C. intermediuse* konodonditsoonidele; stratotüübiks on Vihula läbilõige Mustoja kaldal, Vihula mõisast allavoolu (vt. Puura & Viira, 1999, lk. 5, Fig. 1C).

Ülemine, **Karepa vöö,** vastab *C. lindstromi* ja *C. angulatuse* tsoonidele; stratotüübiks on läbilõige Toolse jõe vasakkaldal, allpool silda Kunda linna ja Selja küla vahelisel teel, Karepa külast 5 km kagus (vt. Puura & Viira, 1999, lk. 6, Fig. 1B).

Vihula ja Karepa vööde vaheline piir ühtib *C. lindstromi* tsooni alumise piiriga, mida on Eestis ja Baltoskandias otstarbekas kasutada ka kambriumi-ordoviitsiumi piiri lähendusena (vt. ülalpool). Seda lähendust silmas pidades võime niisiis rääkida, et Pakerordi lademe kambriumisse kuuluv osa vastab Vihula vööle ning ordoviitsiumisse kuuluv osa Karepa vööle.

Teatud mööndusega võib öelda, et tegu on ammutuntud ooboluslіivakivi ja diktüoneemakilda stratoonide täpse kronostratigraafilise defineerimisega, kuna sellise vajaduse on dikteerinud uued, täpsemad lähenemisviisid stratigraafias. Otstarbekaks tuleb pidada ka Pakerordi lademe mahu säilitamist praegusele lähedasena. Vööde väljaeraldamine on võimalik ainult fossiilide põhjal ning leidub läbilõikeid, kus see ei õnnestu. Samuti on oluline silmas pidada globaalset ajaloolis-geoloogilist tausta. Näiteks algab Põhja-Ameerika "tüüpilist ordoviitsiumi faunat" sisaldav Ibexian Series *C. andresi* tsooniga, mis korreleerub väga hästi Pakerordi lademe alumise piiriga (Miller et al., 1999). Rahvusvaheline kokkulepe on nüüd kambriumi-ordoviitsiumi piiri paigutanud kolm konodonditsooni kõrgemale sellest traditsioonilisest piirist. Samas on ordoviitsiumi alguse biodiversifikatsiooni

kontekstis eriti oluline Pakerordi lademe "oobolusliivakivi" osa, millest suurem osa paigutatakse praegu formaalselt kambriumisse.

Bekker, H., 1923. Ajaloolise geoloogia õpperaamat. Tartu.
Cooper, R.A. & Nowlan, G.S., 1999. Proposed global stratotype section and point for base of the Ordovician System. Acta Universitatis Carolinae Geologica 43(1/2), 61-64.
Raymond, P.E., 1916. Expedition to the Baltic Provinces of Russia and Scandinavia. Part I. The Correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of the eastern North America. Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College 56(3): 179-286.
Mens, K., Heinsalu, H., Jegonjan, K., Kurvits, T., Puura, I. & Viira, V., 1996. Cambrian-Ordovician boundary beds in Pakri Cape section, NW Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology 42, 148-159.
Mens, K., Paalits, I. & Puura, I., 1997. Upper Cambrian acritarchs from the basal conglomerate at the Kallavere Formation on the Pakri Peninsula, NW Estonia. Acta Universitatis Carolinae Geologica 40, 531-543.
Mens, K., Paalits, I. & Puura, I., 1999. Biostratigraphic dating of pebbles from the Upper Cambrian conglomerates in Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology 48, 140-157.
Männil, R., 1990. The Ordovician of Estonia. In: Kaljo, D. & Nestor, H. (eds). Field Meeting Estonia 1990. An Excursion Guidebook. Tallinn, Estonian Academy of Sciences, 11-20.
Miller, J.F., Loch, J.D., Stitt, J.H., Ethington, L. Popov, L.E. Evans. K.R. & Holmer, L., 1999. Origins of the Great Ordovician Biodiversification: the record at Lawson Cove, Ibex Area, Utah, USA.
Puura, I. & Viira, V., 1999. Chronostratigraphy of the Cambrian-Ordovician boundary beds in Baltoscandia. Acta Universitatis Carolinae Geologica 43(1/2), 5-8.

EESTI FOSFORIIDI MINERALOOGIA: UUED ANDMED JA INTERPRETATSIOONID

Ivar Puura ja Jüri Nemliher

Eesti karbifosforiidi kui mudelobjekti teadusuuringute tähtsus ei ole vähenenud. Perspektiivsed on uuringud, mis võimaldavad selgitada fosforiitide koostise moodustumise üldisemaid seaduspärasusi, sh. fosforiidi kasuliku komponendi mineraloogia, kus XRD, SEM ja EDS on andnud võimaluse eristada ühe mineraali erimeid ning identifitseerida mineraale mikronisuuruse tera tasemel.

Eesti ja Ingerimaa kambriumi-ordoviitsiumi piirikihtides leviv fosforiidikihind koosneb valdavalt kvartsi sisaldavast liivakivist, mis sisaldab lingulaatide kojapoolmeid. Kihindis esineb mitmel tasemel kehvli- ja konglomeraadikihte, mida iseloomustab kojapoolmete ning sageli ka fosfaadistunud veeriste kõrge sisaldus. Fosforiidi kasulikuks komponendiks on lingulaatide kojapoolmetes esinev apatiit. Uuemate uuringute sisuks on olnud eelkõige mitmete võreparameetrite järgi eristuvate apatiidi erimite kaardistamine nii lingulaatide kodades, veeristes, kui ka fosfaatses tsemendis (Nemliher & Puura, 1996a, 1996b).

Varasemad uuringud

Varasem teadmine fosforiidikihindis esinevate lingulaatide kodade mineraloogiast põhines valdavalt keemilisel analüüsil. Analüüsides oboliidide kojapoolmeid, mis pärinesid Jamburgi (praegu Kingissepp) läbiva Luuga jõe kaldapaljandeist, järeldasid juba K. Schmidt (1861) ja A. Kupffer (1870), et poolmed koosnevad

selgroogsete luukoe materjalile lähedasest fluorapatiidist. J.G. Andersson ja N. Sahlbom (1900), kelle oboliidide materjal pärines Rootsis Siljani järve piirkonnas paiknevaist paljandeist (Vikarbyn ja Boda), leidsid, et kojapoolmete fluorisisaldus on lähedane retsentse lingulaadi *Lingula anatina* omale ning järeldasid, et oboliidide puhul on tegu primaarse skeletiapatiidiga. A. Öpik (1928a, 1929), tuginedes S. Pauli poolt läbi viidud Ülgase paljandi materjali keemilise analüüsi andmetele, rõhutas, et kojapoolmed on heterogeense mineraloogilise koostisega, nimetades seepärast kojaainest mitte kindla mineraali nimega, vaid üldistavalt *oobolusfosforiidiks (Obolenphosphorit)*. A. Loog (1962) kinnitas röntgenstruktuuranalüüsi andmetel, et karpides sisalduv apatiidi erim on frankoliit ehk karbonaat-fluorapatiit. Üldises plaanis kajastasid kojapoolmetes sisalduva apatiidi omadusi Maardu ja Kingissepa maardla fosforiidi rikastamisel saadud kontsentraatide uuringud röntgenstruktuuranalüüsi (Veiderma & Veskimäe, 1971) ja infrapunase spektroskoopia abil (Veiderma & Knubovets, 1972).

Uued andmed

Uuemate uuringute eesmärgiks on olnud selgitada fosforiidikihindi lingulaatide karbipoolmete mineraalse koostise varieerumist ja tekke stsenaariume. Röntgenstruktuuranalüüsi abil oleme süstemaatiliselt uurinud 14 Põhja-Eesti ja Ingerimaa paljandist pärinevaid liike *Ungula ingrica*, *Schmidtites celatus* ja *Obolus apollinis* (iga liik on esindatud enam kui kümne eraldi analüüsitud karbipoolmega) ning võrdlusmaterjalina liike *Ungula convexa*, *U. inornata*, *Oepikites fragilis*, *O. macilentus* ja *Helmersenia ladogensis* (Nemliher & Puura, 1996a; Nemliher, 1999). Kõigi uuritud fossiilsete lingulaatide kojapoolmetes sisalduva apatiidi võreparameetrid on vahemikus a=9.33-9.37 ning c=6.87-6.89. Nii kirjanduses avaldatud kui võrdlusmaterjalina uuritud retsentsete lingulaatide *Lingula anatina*, *L. adamsi*, *L. reevii*, *Glottidia pyramidata* ja *Discinisca lamellosa* võreparameetrid on vahemikus a=9.38-9.40 ja c=6.87-6.90 (vt. Nemliher & Puura, 1996a; Nemliher, 1999). Mineraloogiliselt seostub võreparameetrite erinevus eelkõige hüdroksüülirooni võrdlemisi suure sisaldusega retsentsete lingulaatide apatiidi võres. Retsentsete lingulaatide ekperimentaaluuringud on näidanud, et kodade apatiidis sisalduv kaltsium omastatakse mereveest, fosfor aga valdavalt toidust (Pan & Watabe, 1988).

Apatiidi võreparameetrite süstemaatiline erinevus retsentsetel ja fossiilsetel lingulaatidel lubab järeldada, et fossiilsed lingulaatide kojad on rikastunud sekundaarsete mineraalidega, sealhulgas apatiidi, püriidi jt. autigeensete mineraalidega. See asjaolu seletab fossiilsete lingulaatide kodade heterogeenset keemilist ja mineraloogilist koostist: tegu on erinevate mineraalsete faaside seguga, mida ei ole viljakas kirjeldada üldistatud stoihhiomeetriliste valemitega, millega on vaeva näinud enamik varasemaid autoreid. Analoogilisi autigeensete mineraalidega rikastumise juhte on võrdlevalt uuritud ka Eesti Devoni kalade skeletifragmentides (Nemliher et al., 1996). Skaneeriva elektronmikroskoopia (Scanning Electron Microscopy, SEM) ja röntgenspektromeetria (Energy Dispersive X-ray Spectrometry, EDS) kombineeritud kasutamine võimaldas punktanalüüsiga jälgida mikronisuuruste mineraaliterade levikut skeletifragmentides ja kojapoolmetes ning selgitada moodustunud sekundaarsete mineraalide jaotust. Uuringutest järeldub, et fossiilsete lingulaatide kojapoolmete lõplik mineraloogiline koostis kujunes diageneetiliste muutuste käigus. Röntgenstruktuuranalüüs (Nemliher & Puura, 1996a; Nemliher, 1999) ning ka SEM-EDS uuringud kinnitavad kojapoolmete

mineraloogia tugevat sõltuvust geokeemilistest tingimustest diageneesis. Autigeensete mineraalide assotsiatsioonid peegeldavad eelkõige geokeemilist mikrokeskkonda pooriruumis (mis võib moodustuda näiteks iga üksiku karbipoolme sees), kus mineraalide väljasettimise eelistused sõltuvad energeetilistest barjääridest. Näiteks peetakse püriiti tugevalt redutseeriva, autigeenset apatiiti aga veidi vähem redutseeriva keskkonna indikaatoriks; rauaoksiidid seevastu tekivad oksüdeerivas keskkonnas. Geokeemilise keskkonna kujundajana settekihindis on oluline roll mikrokeskkonda mõjutavatel mikroorganismidel. Muutes keskkonnaparameetreid (pH, Eh), võivad bakterid viia kindlate mineraalide, näiteks apatiidi või püriidi väljasettimisele lahusest. See nähtus on tuntud indutseeritud biomineralisatsioonina. Analoogia tänapäeva mereliste fosforiitidega (Burnett & Riggs, 1990) on võimaldanud edasisteks SEM-EDS uuringuteks püstitada tööhüpoteesi, et mikrobiaalselt indutseeritud biomineralisatsioon on mänginud olulist rolli nii oboliidide kodade mineraalse koostise moodustumisel, kui ka kodadega mitteseotud, oobolusliivakivide tsemendis esineva apatiidi, sealhulgas nn. kemogeense fosforiidi moodustumisel.

Andersson, J.G. & Sahlbom, N., 1900. Sur la teneur en fluor des phosphorites suédoises. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala 4*: 79-87.

Burnett, W.C. & Riggs S.R. (eds), 1990. Phospate deposits of the World. Volume 3: Neogene to Modern phosphorites: 464 pp. Cambridge University Press, Cambridge e.a.

Kupffer, A., 1870. Über die chemische Konstitution der baltisch-silurischen Schichten. *Archiv für Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, ser. I, Bd. V*: 1-128.

Loog, A., 1962. Oobolusfosforiidi fosfaatsest materjalist. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Füüsikalis-matemaatiliste ja tehniliste teaduste seeria, 11*: 229-235 (in Russian).

Nemliher, J., 1999. Mineralogy of Phanerozoic skeletal and sedimentary apatites: an XRD study. Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis 8, Tartu University Press, 47 pp.

Nemliher, J. & Puura, I., 1996a. Shell mineralogy of the lingulate brachiopods from the East Baltic Cambrian-Ordovician "Obolus phosphorite". *In: Stouge, S. (ed.). WOGOGOB-94 Symposium, Working Group on Ordovician Geology of Baltoscandia, Bornholm-94. Geological Survey of Denmark and Greenland, Report 98*: 79-89.

Nemliher, J. & Puura, I., 1996b. Upper Cambrian basal conglomerate of the Kallavere Formation on the Pakri Peninsula, NW Estonia. *Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised. Geoloogia 45*: 1-8

Nemliher, J., Laas, T., Kallaste, T. & Puura, I., 1996. Mineral composition of the dermal skeleton of Devonian fishes from Estonia. *Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised. Geoloogia 45*: 203-215.

Pan, C.-M. & Watabe, N., 1988b. Shell growth of *Glottidia pyramidata* Stimpson (Brachiopoda, Inarticulata). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 119*: 43-53.

Schmidt, K., 1861. Agricultur-chemische Untersuchungen. *Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft, Bd. 14, H. 3.*

Veiderma, M. & Veskimäe, H., 1971. Karbonaatide eraldamisest fosforiidi fosfaatsest ainest selektiivse lahustamise meetodil. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Keemia. Geoloogia 20*: 8-13 (vene k.).

Veiderma, M. & Knubovets, R., 1972. Oobolusfosforiidi fosfaatse aine uurimine infrapunase spektroskoopia meetodil. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, Keemia. Geoloogia 21*: 57-61 (vene k.).

Öpik, A., 1928. Gisements de phosphates en Esthonie. Der Estlaendische Obolenphosphorit. In: *Rubio, C. & Gorostizaga, J. de (eds.). Les réserves mondiales en phosphates. Information faite par l'initiative du bureau du XIVe Congrès Geologique International Espagne, 1926, vol. 1*: 135-194. Graficas reunidas, S.A., Barquillo, Madrid.

Öpik, A., 1929. Der Estländische Obolenphosphorit. 49 pp. Im Verlage des estländischen Handels- und Gewerbeministeriums. Tallinn.

ELUTA LOODUSE KAITSE OLUKORRAST EESTIS

Rein Raudsep

Enamasti on inimestele elusa looduse kaitsmise vajadus arusaadavam kui eluta looduse oma. Arvatakse, et pinnavormid ja maapõues olevad kivimkehad on hävinemiskindlad ja seega peaaegu igavesed. Kuid eluta looduse omapäraks on selle ***taastamatus.*** Geoloogiliste objektide (geotoopide) arvukuse ja mitmekesisuse vähenemine on pöördumatu protsess. Seepärast tuleb kaitsmist (säilitamist) vajavat eluta looduspärandit valida erilise hoole ja perspektiivitundega.

Meie eluta looduse kaitse ajalugu ulatub 19-ndasse sajandisse. Peale Eesti taasiseseisvumist on alustatud seaduste ja nendel põhinevate õigusaktide uuendamisega. 1994.a. kehtestati "Kaitstavate loodusobjektide seadus", mida on hiljem täiendatud ja parandatud. Selle seaduse järgi jagunevad kaitstavad loodusobjektid järgmiselt: 1) kaitsealad; 2) kaitstavad looduse üksikobjektid ja 3) kaitsealused liigid, kivistised ja mineraalid. Nimetatud seadusel põhinev "Loodusobjektide kaitse alla võtmise kord" sätestab reeglid, mille järgi taotletakse nende kaitse alla võtmist ja mil viisil kogu protsess toimub. On kehtestatud kaitsealuste looma-, taime- ja seeneliikide ning kivististe nimekirjad ning elusloodusе liikidele tekitatud kahju hüvitamise kord. Kivististe osas see kord veel puudub.

Geotoopide registreerimine on toimunud väga erinevatel viisidel. Varasematel aegadel on seda tehtud põhiliselt ühiskondlikul teel. Praegusel ajal tehakse seda süsteemselt geoloogiliste loodusmälestiste registreerimisega "Eesti Ürglooduse Raamatus". Suur hulk geotoope on kirjeldatud ka geoloogilise kaardistamise käigus. Kõigi nende töödega on loodud geoloogilise looduspärandi andmepank, kust on võimalik valida objekte kaitse alla võtmiseks. Riigi-poolset osa täidab Keskkonnaministeerium oma osakondade ja allasutustega, kaasates sellesse töösse maavalitsuste keskkonnaosakonnad. Peamised tegevusalad on: 1) keskkonna- ja looduskaitse-alase õigusloome ning kriteeriumide arendus; 2) vastava poliitika ja strateegia väljatöötamine; 3) taktikaline tegevus ja teadusuuringute korraldamine; 4) täiendõppe korraldamine ja 5) rahvusvahelise koostöö arendus.

Rahvusvahelise koostöö võimalusi ja vorme on palju. Geotoopide alal on üheks koostöövormiks osalemine IUGS (Rahvusvaheline Geoloogiateaduste Liit) ja UNESCO poolt tehtavas töös inventariseerimaks ülemaailmse tähtsusega geoloogilist looduspärandit. Esimeses taotluses on kanda UNESCO looduspärandi nimistusse Ontika maastikukaitseala. Teine huvipakkuv võimalus on osaleda ProGEO (Euroopa Geoloogiliste Mälestiste Kaitse Assotsiatsioon) initsiatiivil alustatud projektis Põhja-Euroopa tähelepanuväärsemate geotoopide inventariseerimiseks ja registreerimiseks.

Eestis käib intensiivne igapäevatöö olemasolevate kaitsealade kaitse-eeskirjade uuendamisel ja piiride korrigeerimisel, juhindudes ülalmainitud uutest õigusaktidest. Osa kaitsealasid likvideeritakse ja uusi tuleb juurde. Maa privatiseerimine mõjutab tugevasti looduskaitse-alast poliitikat ja tegevust.

Praeguse mitmekülgse uuendustöö edukaks korraldamiseks on vajalik täpselt määratleda üldised looduskaitsepoliitika suundumused: mida kaitsta ja mil viisil seda teha. Geoloogilise looduspärandi saab jagada säilitamisvajaduse, tähtsuse ja huvipakkuvuse põhjal järgmiselt: 1) kohalik; 2) regionaalne; 3) rahvuslik; 4) Põhja-Euroopas huvipakkuv; 5) Euroopa tase ja 6) ülemaailmselt huvipakkuv. Kahjuks puudub Eestis geoloogilise looduspärandi kaitse ja säilitamise strateegia ning seepärast omab mingi kaitseala loomise taotluses ja selle moodustamisel suurt osatähtsust juhuslikkus. Sellise olukorra vältimiseks tuleb lähitulevikus geoloogilise looduspärandi kaitse strateegia välja töötada.

VARJATUD TEHNOGEENSED STRUKTUURID KAEVANDATUD ALADEL

Enno Reinsalu

Umbes 1 % Eesti maakoore mullaalusest ülaosast on kujundatud inimeste poolt. Mõeldud on kaevandatud alasid. Tavaliselt on silma all ja jutuks need alad, mis on tekkinud avakaevandamise käigus. Kuigi karjäärivälju rekultiveeritakse ja nad muutuvad harjumuspärasteks, ei ole avakaevandatud aladele peidetud kivimi struktuur tavapärane ega homogeenne. Varjatumad ja sedavõrd ootamatumad on aga allmaakaevandamisega tekitatud moodustised. Nüüd, kus kaevandatud alade hülgamine on muutumas reaalseks, on viimane aeg hakata maapõues peituvaid struktuure hindama, kaardistama ja arhiveerima mõttega, et tulevikus ei oleks sealt ebameeldivaid üllatusi oodata. Selle tegevuse teiseks eesmärgiks võiks olla võimaluste leidmine, kuidas maapõue tehnogeenseid struktuure kasulikuks teha.

Kaevandatud alade vesi. Karjääride sisepuistangute filtratsioonigradient sõltub kaevandamise suunast. Seepärast on hüljatud ja suletud karjäärides tekkivate veekogude kujunemine ja side määratud kasutusel olnud tehnoloogiaga. Sellele tähelepanu juhtimise eest võlgneb laiem ringkond tänu mäeinsener Paul Vesiloole.

Hüljatud ja suletud kaevandustes tekivad allmaabasseinid ehk väga kõrge filtratsioonivõimega mahukad veekihid. Suletud kaevanduste (Kukruse, Käva, nr 2 ja nr 4) vee maht, sõltuvalt mäetöö tehnoloogiast ja vee tasemest määrati esmakordselt 1980. aastal (Butakova jt). Siis oli nendes kaevandustes umbes 25 milj m^3 vett, praegu on kindlasti rohkem. Suletud kaevanduste vesi on tugevalt saastunud. See on peamine probleem, millega tuleb tegeleda neil, kes kavatsevad Jõhvi veevarustuseks kasutada suletava Tammiku kaevanduse idatiiva vett.

Kaevandatud alade maa. Avakaevandamisega töödeldud maa ehitusgeoloogilisi üllatusi ei paku. Tänu fosforiidikampaaniale on teada ka maetud diktüoneemaargilliidi omadused hüljatud Maardu karjääris.

Altkaevandatud aladel, mida Eestis on umbes 200 km^2 võib maa võib olla:

- püsiv (stabiilne), kui lamam on kas langetatud või varistatud (s.t tehnoloogiliselt käideldud) või siis langenud või varisenud (see on toimunud kaevandamisjärgselt, posttehnoloogiliselt)

- näivpüsiv (kvaasistabiilne), kui lamam on jäetud tervikutele seisma.

Jaotus ei ole kategooriline, sest ka püsivatel aladel esineb järelvaringuid ja mõningad näivpüsivad alad võivad jääda seisma tavamõistes igaveseks. Maa liikumist, s.t vajumist, langatumist ja varisemist võib ette tulla kümneid ja sadu aastaid pärast kaevandamise lõppu, s.t peale vastutavate isikute kadumist. Langatuse tõenäosus kahekümne kaevandamisjärgse aasta jooksul, sõltuvalt tervikute tugevusarvutustes kasutatud varutegurist (1,4...1,1) on 4...30 %. Märja kivimi tugevus on väiksem kui kuival, seega võib kaeveõõnte veega täitudes varingute tõenäosus kasvada. Täiesti ootamatuid asju võib tekkida, kui varing toimub veega täitunud kaevanduses. Sellekohased hüdrodünaamilised arvutused on praegu tegemisel ja käesoleval hetkel on tulemuste avaldamine võimatu.

Butakova, A., Reinsalu, E. & Jürgenfeldt, G., 1980. Opredeleniye ob'yoma vody zatoplennykh slantsevykh šakht, Oil Shale, 5, 1-6. (vene k.).

MAHAJÄETUD KRUUSA- JA LIIVAKARJÄÄRIDE REKULTIVEERIMISE PROBLEEMID

Alar Rosentau

Seoses 1980ndate aastate lõpus kaevandamist tabanud mõõnaga kahanesid kaevandamismahud 20-30 korda ja vähenes karjääride hulk (Räägel, 1997). Seetõttu on viimasel aastakümnel Eestis oluliselt kasvanud mahajäetud kruusa- ja liivakarjääride pindala. Majandusraskustest tingituna ei suudetud kaevandusalasid rekultiveerida; nad on jäänud aastateks kasutult seisma ja hakanud kinni kasvama, muutunud prügi ladustamise kohtadeks vms.

Aastatel 1997-1998 uuriti lähemalt 60 mahajäetud kruusa- ja liivakarjääri seisundit Jõgeva ja Võru maakonnas. Hinnati kaevandatud ala pindala, nõlvade kõrgust ja kallakust, põhjavee taset või esinemist karjääris, ala soostumist, kinnikasvamise ulatust, jäätmete olemasolu ja koostist karjääris, paiknemist looduskaitsealade, asulate ja teede suhtes, varasemat maakasutuse viisi ning maaomaniku olemasolul tema arvamust rekultiveerimise ja maa edasise kasutamise suhtes. Välja selgitati karjäärid, kus esinevad ohtlikud jäätmed ja varisemisohtlikud nõlvad ning mis paiknevad kaitsealadel või tihedalt asustatud piirkondades. Nende karjääride rekultiveerimine on lähiaastatel hädavajalik. Võrumaal leidub selliseid karjääre 8 (kokku 11 ha) ja Jõgevamaal 3 (kokku 25 ha). Koostati ka soovitused rekultiveerimissuundade osas ning selgitati välja mitteametlike karjääride hulk.

Jõgevamaal vajaks rekultiveerimist 68 ha ja Võrumaal 40 ha karjääride all paiknevat maad. Nõlvade tasandamiseks ettenähtud kallakuseni (25-35°) tuleks teisaldada vastavalt 76000 m^3 ja 123000 m^3 pinnast (Rosentau, 1998).

Aastaid kasutuseta seisnud karjääride rekultiveerimisel kerkib esile rida lisaprobleeme. Teravaim on olukord omavoliliselt karjääri ladustatud jäätmetega, mis sisaldavad keskkonnaohtlikke komponente (pliiakud,

külmkapid jms.) ning mis võivad kujutada endast otsest ohtu keskkonnale, eriti põhjaveele. Olukord on tõsine Võru maakonnas, kus kolmes karjääris esines keskkonnaohtlikke jäätmeid ning igas neljandas inertseid olmejäätmeid ja vanametalli. Nõlvade ümber jäetava tasandusriba puudumine ja omavoliline metsapiirini välja kaevandamine saavad probleemiks karjääride tasandamisel. Lahenduseks oleks karjääride nõlvadelt metsa maha lõikamine. Suurt vaeva nõuab aastate jooksul kaduma läinud või aunades oma viljakuse kaotanud mullakihi taastamine. Oluliseks tuleb pidada rekultiveerimistööde aega, kuna sageli pesitsevad vanade karjääride nõlvades pääsukesed.

Mahajäetud karjäärides leidub mäeeralduse piires sageli veel kaevandamata liiva ja kruusa. Selle ressursi täielik ärakasutamine võimaldaks anda olulist lisa maakonna varudele ning pidurdaks kaevandamisega rikutavate alade suurenemist. Tõenäoliselt ei leia osa nimetatud ressursist kasutust materjali madala kvaliteedi, looduskaitseliste või maaomanike piirangute tõttu, kuid sobiva materjali kättesaadavus ja hulk vajaksid siiski edasist uurimist. Kaaluda tuleks võimalust kanda nimetatud ressurss koos geoloogilise, hüdrogeoloogilise ja keskkonnakaitselise informatsiooniga suuremõõtkavalistele (1:50 000) keskkonna-geoloogilistele kaartidele.

Rosentau, A., 1998. Võru maakonna kruusa-, liiva- ja maa-ainese karjääride rekultiveerimine. Diplomitöö. Tartu, 58 lk.

Räägel, V., 1997. Sand and gravel. In: Raukas, A., Teedumäe, A. (eds). Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, 356-360.

KARBONAATNE EHITUSKIVI VÕRU MAAKONNAS

Alar Rosentau ja Leho Ainsaar

Võru maakond asub keskdevoni terrigeensete kivimite (liivakivi, aleuroliit, savi) ja ülemdevoni karbonaatkivimite (lubjakivi, dolomiit, mergel) avamusel. Ülemdevoni kihid levivad Eestis vaid Võrumaa lõuna- ja kaguosas ning nad jagunevad siin stratigraafiliselt Plavinase, Dubniki ja Daugava lademe vahel (Kajak, 1997). Kõik seniuuritud Võrumaa karbonaatkivimite leiukohad on seotud Plavinase lademega, mille avamus läbib Mõniste, Rõuge, Haanja, Misso, Vastseliina ja Meremäe valda. Aluspõhjalised karbonaatkivimite kihid on enamasti kaetud paksu, kohati kümnetesse meetritesse küündiva kvaternaarse pinnakatte kihiga. Siiski leidub Võrumaal nii looduslikke kui tehislikke karbonaatkivimite paljandeid: Kalkahju (Mõniste vallas), Saarlase, Rõuge (Rõuge vallas), Loosi (Vastseliina vallas) ja Tiirhanna murd (Meremäe vallas).

Võrumaa devoni lubjakivi ja dolomiiti on kasutatud kohalikuks tarbeks ammustest aegadest peale. Veel käesoleva sajandi esimesel poolel põletati Võrumaa mitmetes külades lupja ja murti ehituskivi. Sellest tegevusest annavad tunnistust tänapäeva maastikus aimatavad vanad paemurrud ja lubjapõletusahjude augud. Lupja ja ehituskivi toodeti omaks tarbeks, kuid veeti ka lähedastesse linnadesse (Võru, Petseri). Viimati katsetati tööstuslikku lubjatootmist 1950-ndatel aastatel Meremäe kandis. Hiljem ei ole Võrumaa karbonaatkivimid suuremat rakendust leidnud. Kuigi nõukoguliku suurtootmise

tingimustes ei peetud selle piirkonna lubjakivi ja dolomiidi tootmist tasuvaks, tuleks see seisukoht muutunud majanduslikes tingimustes üle vaadata. Lähimad töötavad maardlad asuvad Kagu-Eesti tööstuskeskustest 120-150 km kaugusel Põltsamaa piirkonnas, suured Põhja-Eesti maardlad 250-300 km kaugusel. Kuigi karbonaatkivimite varud Võrumaal pole võrreldavad nende piirkondadega, tasub geograafilise läheduse tõttu kaaluda nende kasutuselevõttu kohaliku ehitusmaterjalitööstuse tarbeks.

Piirkonna viiest karbonaatse ehituskivi leiukohast on oma uurituse, soodsate hüdrogeoloogiliste ja mäetehniliste tingimuste ning materjali kvaliteedi poolest perspektiivseim Tiirhanna leiukoht. Eraldatud maardla asub kahe plokina Tiirhanna küla ümbruses (Brutus, 1989), reservvaru on piiriäärses plokis 330000 m^3 ja Uusvada küla poolses plokis 439000 m^3 (Eesti Vabariigi...,1998; Ainsaar jt., 1998). Kasutust võiks Tiirhanna lubjakivi leida eelkõige killustiku toormena, kuid võimalik on ka lubja või ehituskivi tootmine. Majanduslikku huvi võiks pakkuda killustiku tootmiseks ka Marinova leiukoht Meremäe vallas ja Kalkahju leiukoht. Alade varud on nende lihtsa geoloogilise ehituse kohta üsna hästi uuritud (Brutus, 1989; 1990 jt.) ja peaks olema võimalik varude ümberhinnang tarbevarudeks ilma täiendava geoloogilise uuringuta. Tämbelse ja Naha perspektiivaladel pole võimalik tarbevarusid kinnitada ilma täiendava geoloogilise uuringuta. Nende alade kasutuselevõttu võiks kaaluda peale eeltoodud maardlate edukat juurutamist.

Seoses Tallinn-Luhamaa kiirtee ehitusega ning kasvanud nõudlusega killustiku järele on mõttekas kaaluda võimalust võtta Kagu-Eestis osaliselt kasutusele sealsed karbonaatkivivarud. See võimaldaks oluliselt vähendada kulutusi transpordile ning elavdaks piirkonna soikuma jäänud majandust.

Ainsaar, L., Rosentau, A., Marandi, A. ja Kalm, V., 1998. Karbonaatse ehituskivi varude revisjon Võru maakonnas. Tartu, TÜ Geoloogia Instituut, 39 lk. (käsikirjaline aruanne).
Brutus, A., 1990. Aruanne ehituskivi otsingu- ja otsingu-hinnangulistest töödest Võru maakonnas. Tartu, 125 lk. (aruanne Eesti Geoloogiafondis).
Brutus, A., 1989. Aruanne Tiirhanna leiukoha ehituslubjakivi eeluuringutest. Tartu (aruanne Eesti Geoloogiafondis).
Eesti Vabariigi 1997. a. maavaravarude koondbilansid., 1998. OÜ Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 163 lk.
Kajak, K., 1997. Upper Devonian. In: Raukas, A. ja Teedumäe, A. (eds). Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, 121-123.

FENNOSKANDIA KILBI LÕUNAÄÄRE FANEROSOIKUMI TEKTOONIKAST

Ülo Sõstra

Pärast aguaegkonna svekofenni kurrutust ja vastavate mägede moodustumist, umbes 1900-1700 milj. aastat tagasi, läks Fennoskandia kilp Rifeuse ajal nn. üleminekuperioodile: järsult vähenes koguala tektooniline aktiivsus, tektooniliste liikumiste sagedus ja amplituud. Kilpi lõikasid sügavad loode-kagu ja kirde-edela suunalised murrangutevööd, mille keskosade alangutes - aulakogeenides moodustusid kuni 1 km paksused setted. Neis alangutes asub enamus nüüdisaja kilbi

lõunaääre suuri veekogusid: Valge meri, Laadoga ja Äänisjärv ning Botnia laht. Kilbi keskosas on murrangutega seotud lamproüütide daikide ja kimberliiditorude teke, millega on seotud teemandid.

Seejärel, pärast maakoore üldist tõusu, pikka murenemis-ja kulutusperioodi, jagunes Ida-Euroopa platvorm kaheks omaette arenevaks osaks - Fennoskandia kilbiks ja Vene lavaks. Kilbil jätkusid murenemisprotsessid, aga laval algasid umbes 650 mln. aastat tagasi setteprotsessid, mis jätkusid pea kogu paleosoilise aegkonna jooksul. Üldine aeglane vajumine koos sedimentatsiooniga algas vendi ajastul ja kestis vähemalt 330 miljonit aastat, lõunapoolsetel aladel veelgi kauem.

Kogu see ala on võrdlemisi halva paljanduvusega. Seepärast on tektooniliste üldistuste tegemine küllaltki raske. Sellele vaatamata on selge, et ei kaledoonia kurrutus kilbi loodeosas, ega ka hertsüünia kurrutus ei saanud toimuda, jätmata jälgi kilbi äärealadele. Kõige paremini on uuritud paleosoilise aegkonna tektoonika Äänisjärve lõunaosas (Jablokov, 1968). Siin on leitud nii kurde kui murranguid, nihetega kuni mõnisada meetrit. Eriti kurrutatud on Andomi mägi samanimelisel poolsaarel päris järve kaldal. Kurrud on võrdlemisi korrapärased, pea 40 m kõrged ja ligi 500 meetrit laiad. Mõnikord on arvatud, et sellised aluspõhja kivimite kurrud võiksid tekkida mandrijää esiserva survel, kuid vaevalt oleksid kurrud sel juhul nii korrapärased. Raske on ette kujutada, et surve kivimitele jää esiserva piirkonnas oleks olnud samasugune, kui 2-3 km sisemaa pool. Kurdude ja murrangute lai esinemine ka Sviri jõe basseinis siiski ilmselt näitab, et kilbi ja lava liitumise koht on kogu geoloogilise arengu jooksul aktiivsem, kui struktuuride siseosad. Mõningaid andmeid kergete, murrangute, tektooniliste rikete ja pealenihete kohta on teada ka kirjandusest (Rõõmusoks, 1983; Puura & Vaher, 1997).

Nüüdisaegsete arusaamade järgi ei olegi maakeral ühtegi kohta, kus ei käiks tektooniline elu, ei toimuks tektoonilisi liikumisi, ega tekiks paindeid ja murranguid. Ühelt poolt on selge, et kui mandrid kisutakse pooleks ja nende vahel tekivad omapärase maakoorega ookeanid, siis peavad ka kõrvalaladel toimuma mingisugused tektoonilised liikumised. Need liikumised toovad kaasa vanade, aluskorras olevate mitmesuunaliste murrangutevööde uuenemise. See on hästi nähtav sellistel kaartidel, mis hõlmavad nii Fennoskandia kilpi, kui ka Vene lava ääreosa. Suured murrangud on kosmosefotodel hästi jälgitavad kilbilt lavale vähemalt paarisaja km ulatuses (Systra, 1991).

Teisalt on nüüd selge, et nii kilbid kui nende ääreosad on tektooniliselt palju aktiivsemad, kui varem arvati. Maavärinaid on viimasel ajal olnud nii Eestis kui Kanadas, seal isegi purustavate tagajärgedega. Paljud seismodislokatsioonid annavad märku tugevatest pärastjääaegsetest maavärinatest Karjalas, Soomes ja isegi Suursaarel. Mõningal määral pakuvad murrangud huvi kui teatud mineraalide leiukohad; suurem tähtsus on neil siiski põhjavee seisukohalt. Murrangute kaudu pääseb pindmine reostunud vesi põhjavette. Seismodislokatsioonid on huvitavad geoloogilised mälestusmärgid ning võib arvata, et tektoonika mängis suurt osa ka klindi moodustumisel, sest vaevalt oleks klint nii sirge ja kõrge ainult murenemisprotsesside tagajärjel.

Jablokov, V.S. (otv. red.), 1968. Geologicheskij putevoditel' po kanalu im. Moskvõ i Volgo-Baltiiskomu vodnomu puti im. V.I.Lenina. 1968. Nauka, Leningrad. 212 lk. (vene keeles).
Puura, V. & Vaher, R., 1997. Cover structure. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds). Geology and Mineral Resources of Estonia. 1997, Tallinn, Estonian Academy Publishers,167-177.
Rõõmusoks, A., 1983. Eesti aluspõhja geoloogia. Tallinn, Valgus. 224 lk.
Systra Y.J., 1991. Tektonika Karel'skogo regiona. Sankt-Peterburg, Nauka. 176 lk. (vene keeles).

EESTI LOODUS- JA KULTUURILOOLINE PAEKAART

Eino Tomberg, Tõnu Tomberg ja Unne Tomberg

Kontseptsioon

Paekaart ja selle juurde kuuluvad andmebaasid on Eesti Paeliidu poolt kavandatud kogu paealast teavet hõlmav süsteemselt korrastatud andmepank. Kaardile ja andmestikesse kantakse andmed nii paekivi geoloogilise potentsiaali kui kasutamise kohta. Paekaart kujuneb meie teadmiste ja teadasaamiste kompleksekseks väljundiks.

Aluskaardid ja andmebaasid

Ülevaatekaardiks kasutatakse esmajärjekorras Regio Teedeatlast 1:150 000, millest on olemas ka CD-ROM. Kaardil olevad paeobjektid markeeritakse, uued kantakse peale samade leppemärkidega. Temaatiliste kaartide alusteks kasutatakse Eesti aluspõhja geoloogilist kaarti M 1:400 000, Eesti baaskaarti M 1:50 000 jt. ***Töökaardiks***, st üksikobjektide asukohta määravate ***detailskeemide*** aluseks on digitaalne maakatastri kaart M 1:10 000 (väljatrükk M 1:20 000). Tiheasustusaladel kantakse paeobjekt võimaluse korral asula plaanile M 1:2000.

Kaardil objekti asukohajärgsel leppemärgil klikkides avanevad ***andmebaasid***. Algul vaid objekti nimi, edasi asukoha detailskeem koos turismiinfo mahus lühitutvustuse ja üldiseloomustava pildiga. Järgnevalt jõudumööda juba täpsem kirjeldus lähivaadetega, ajalugu, plaanid, tehnoloogilised skeemid jne. Tähtsamate paerajatiste juures oleks oluline iseloomustada ehituseks kasutatud kivi, näidata kaevandamise koht. Veel viited kasutatud allikmaterjalidele ja täiendava teabe hankimise teedele.

Objektide valik ja algallikad

Kaardile kantavate objektide ***esimese ringi*** moodustavad väljavõtted riiklikest registritest: maavarad, looduskaitse, muinsuskaitse jne. Enamasti on arvutites vaid nimestikud ilma täpselt fikseeritud asukohata. Kõige kaugemale on jõutud looduskaitses, kus kaitsealuste objektide registrile on lisatud digitaalsed topograafilised kaardid.

Teise ringi kuuluvad turismikataloogide, arhitektuuri almanahhide, looduskaitseteatmike, maakondade aastaraamatute jne. infomaterjalid.

Kolmanda ringi objektide valikuks tuleb kasutada kohalike omavalitsuste, koolide, kodu-uurijate jt. paikkonda või oma ala hästi tundvate inimeste ja organisatsioonide abi.

Koostamise kava

Eesti (maakonna, valla) paekaardi koostamist on kavas alustada Tamsalu vallast ja Lääne-Virumaast. Looduskatsealuseid objekte on Lääne-Virumaal 261, Tamsalu vallas 14, arhitektuurimälestisi vastavalt 500 ja 40, arheoloogiamälestisi 770 ja 20. Eesti arhitektuuri almanahhis on Lääne-Virumaalt kirjas 138 rajatist, Tamsalu vallas 8. Toodud nimekirjadest ja ka teistest andmestikest sorteeritakse välja need objektid, millised kanname paekaardile leppemärkidena ja andmebaasidesse piltide, skeemide ning kirjeldustega.

KIRDE-EESTI LÕHEVÖÖNDITE ELEKTRILISEST UURINGUST PÕLEVKIVI- JA FOSFORIIDIMAARDLATEL

Rein Vaher

Lõhevööndeid on palju uuritud põlevkivikaevandustes, sest nad muudavad tootmise kulukamaks: vähendavad varusid, vajavad tihket puitraamtoestust ning neist voolab kaevandusse ohtralt vett (Gazizov, 1971). Valdavalt kirdesuunaliste vööndite laius on 20-200 m, harva rohkem. Sageli on vööndite keskosa 5-100 m laiuselt karstunud. Selliste kitsaste vööndite uurimine puuraukudega eeldab väga tihedat aukude võrku ja on liiga kulukas. Seetõttu on otstarbekas eelnevalt kasutada elektriuuringut (Heinsalu & Andra, 1975). Aastail 1953-1962 kasutati kombineeritud elektrilist profileerimist. Hiljem on saadud samaväärseid tulemusi ökonoomsema dipoolse elektrilise profileerimisega.

Kirde-Eesti jaguneb viieks geoelektriliseks rajooniks.

1. ***Volhovi, Kunda, Aseri ja Lasnamäe lademete avamusala.*** Karbonaatkivimite paksus (H) on siin kuni 40 m ja sõltuvalt paksuse muutusest on nende keskmine näivtakistus ρ_k=500-900 ΩAm. Optimaalne dipoolide keskpunktide vahekaugus l=50 m (Vaher, 1986).
2. ***Uhaku, Kukruse, Haljala, Keila ja Oandu lademete avamusala.*** H=40-85 m, ρ_k=350-400 ΩAm, l=150 m.
3. ***Rakvere ja Nabala lademete avamusala.*** H=85-125 m, ρ_k=400-550 ΩAm, l=100-150 m.
4. ***Vormsi, Pirgu, Porkuni, Juuru ja Raikküla lademete avamusala.*** H=125-215 m, ρ_k=600 ΩAm, l = 150-200 m.
5. ***Narva lademe avamusala.*** Kuni 30 m paksuse Narva lademe merglid ja savid on väiksema näivtakistusega kui ordoviitsiumi karbonaatkivimid. Nad toimivad ekraanina, nõrgendades anomaaliaid.

Raskusi on profileerimisvõrgu tiheduse valikuga. Kui profiilide vahekaugus oli 100 m, ei olnud anomaaliate korreleerimisel mingeid probleeme. Ka vahekaugusega 200-300 m oli tulemus rahuldav. Hõredama võrgu puhul oli aga anomaaliaid tihti võimalik korreleerida mitut moodi, mistõttu tulemus võis anda väära pildi lõhevööndite levikusuundadest ja asukohtadest. Ulatuslike alade mõõdistamine tiheda võrguga on aga üsna kulukas. Raskused tekivad ka elektriliste anomaaliate tõlgendamisel. V. Kattai võrdles 81 anomaalset vööndit põlevkivikaevanduste andmetega ja leidis, et nendest 61 (83%) asus kaevandustes fikseeritud karstunud lõhevööndite kohal. Seega elektriliste anomaaliate vööndid kujutavad endast vaid potentsiaalseid karstunud lõhevööndeid, juhatades kätte kohad puuraukudega kontrollimiseks.

Gazizov, M.S., 1971. Karst i ego vliyaniye na gornye raboty. Moskva, Nauka. 204 lk. (vene k.).
Heinsalu, Ü. & Andra, H., 1975. Eesti põlevkivikaevanduste rajooni lõhelisus ja selle uurimise geofüüsikalised meetodid. Tallinn, Valgus, 116 lk. (vene k., eesti k. resümeega).
Vaher, R., 1986. Elektritakistuse meetodi kasutamine lõhevööndite asukohtade määramiseks Kirde-Eestis. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised Geoloogia, 35, 4, 146-155 (vene k., eesti k. resümeega).

EESTI PÕLEVKIVIMAARDLA KAEVANDATUD ALADE TEHNOLOOGILINE DIGITAALKAART

Ingo Valgma

Põlevkivikaevanduste arvutikaartide valmistamine algas TTÜ Mäeinstituudis 1998 aastal. Kogemus ja teadmised, mis kaartide digitaliseerimisel saadakse, on kasutusel mitmetes uuringutes ja probleemilahendustes. Allmaakaardistamine on osa Eesti Teadusfondi poolt toetatud uuringust "Posttehnoloogilised protsessid kaevandatud aladel". Peamine kaevanduste tehnoloogilise kaardistamise eesmärk on paigutada allmaarajatised ja kaeveõõned tänapäevasesse geograafilisse situatsiooni ning siduda potentsiaalsed vajumisalad Eesti baaskaardiga. Samuti on eesmärgiks kokku koguda veel allesolevad kaevandatud alade kaeveõõnte plaanid ja need digitaliseerimise teel edaspidiseks kasutamiseks kõlblikuks muuta. Lisaeesmärkideks on põhjavee liikumise ja tasemete ennustamine suletud kaevandustes, maakasutus ja maakasutuse seotuse uurimine altkaevandatud aladel ning võimaluste hindamine jääkvarude kaevandamiseks suletud kaevanduste aladel.

Kaardi koostamiseks kasutatakse kaardistamistarkvara MapInfo Professional ja Vertical Mapper. Eesti Kaardikeskus võimaldab kasutada Eesti baaskaarti, mõõtkavas 1:50 000.

Algandmed saadakse allmaakaevanduste tehnoloogistelt plaanidelt mõõtkavas 1:10 000 ja 1:5000. Üldandmed maapinna kõrguste kohta on pärit Eesti baaskaardilt. Täpsustatud topoloogia on saadud kaevandusplaanidelt. Kaartide kolmemõõtmeliseks esitamiseks on kasutusel Mapinfo abitarkvara VerticalMapper, mis võimaldab ka oluliselt laiemaid regionaalanalüüse ja läbilõigete tegemist. Mäeinstituudis ei tegelda veel konkreetsete välimõõtmistega, kuid tehtava töö kaudu selguvad siiski probleemsed kohad, mis vajavad kontrollimist.

Tänaseks on koostatud järgnevate suletud kaevanduste kaardid: Kukruse, Kaevandus 2, Käva, Käva 2, Kaevandus 4, Kiviõli, Tammiku. Töötavatest kaevandustest on kaardistatud Kohtla, Sompa, Ahtme ja Estonia kaevandused, lisaks Kohtla karjäär. Valmistamisjärgus on Ubja kaevanduse kaart, Aidu, Sirgala ja Narva karjääride kaardid. Kaardialad on klassifitseeritud nii kasutatud väljamistehnoloogiate kui ka maapinna vajumise tõenäosuse järgi. Samuti on kaartidele kantud kambriplokkide maapeale ulatuvad varingud.

Valgma, I., 1998. Eesti põlevkivikaevanduste tehnoloogiline kaardistamine. Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituudi aastapäevakonverentsi 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis ettekannete teesid ja artiklid, Tallinn, 39-42.

Valgma, I., 1998. Using MapInfo Professional and Vertical Mapper for mapping Estonian oil shale deposit and analysing technological limit of overburden thickness. Proceedengs of International Conference on GIS for Earth Science Applications. Institute for Geology, Geotechnics and Geophysics, Slovenia, Ljubljana 17-21. May, 1998, 187-194.

PÕHJAVEE LIIKUMINE JA SELLE UURIMINE EESTIS

Leo Vallner

Nii lokaalsete kui ka regionaalsete hüdrogeoloogiliste probleemide veenvaks lahendamiseks on tarvis selget ettekujutust põhjavee ja selle ingredientide liikumisest maakoores. See võimaldab korrektselt uurida põhjavee hulga ja kvaliteedi kujunemist, kavandada vee optimaalset kasutamist või tõrjet ning rekonstrueerida ja prognoosida hüdrosfääri seisundit ka keerulistes tingimustes.

Kaasajal on põhjavee liikumise efektiivseimaks uurimismeetodiks hüdrogeoloogiline modelleerimine, ent selle usaldusväärsus sõltub valitud kontrollkriteeriumide adekvaatsusest. Kõige tõhusamalt saab modelleerimise tulemusi kontrollida veebilansi arvutustega eeldades, et pikaajaline keskmine netoinfiltratsioon (koguinfiltratsioon miinus aurumine põhjavee pinnalt) on praktiliselt võrdne otseselt mõõdetava põhjavee äravooluga hüdrograafilisse võrku ja põhjavee väljapumpamisega kaevudest. Kihtkonna osade veebilansid peavad hierarhiliselt sobima terviku bilansiga. Väga olulise kontrollkriteeriumi moodustab modelleerimisega määratud ja tegelikkuses mõõdetud veetasemete kokkulangevuse aste.

Nimetatud printsiipidest on järjekindlalt lähtutud põhjavee liikumise käsitlemisel Eestis (Vallner, 1997; Vallner & Järvet, 1998). Pika aja kestel tehtud episoodiliste mõõtmiste tulemusena koostati detailne põhjavee äravoolu kaart, mida kasutati kogu territooriumi hüdrogeoloogilise modelleerimise juures. See võimaldas diferentseeritult määrata netoinfiltratsiooni regionaalse jaotumuse. Põhjaveekihtkonna iga tähtsama üksuse jaoks arvutati 12 bilansielementi.

Tuginedes esialgse regionaalse hüdrogeoloogilise modelleerimise tulemustele loodi Eesti Geoloogiakeskuses Kirde-Eesti põhjaveekihtkonna filtratsioonimudel, mis hõlmab ka Narva jõest 30-50 km ida poole jääva osa Vene Föderatsiooni territooriumist ja kambriumi-vendi veeladestiku avamuse Soome lahe akvatooriumil (Vallner, 1999). Modelleerimis-ala pindala on 21 650 km^2, sellest moodustab Eesti maismaaterritoorium koos Eestile kuuluva Peipsi järve osaga 13 600 km^2. Modelleerimisala seitset peamist põhjaveekihti hõlvava mudeli abil arvutati põhjavee tarbevaru 35 Lääne- ning Ida-Viru asumi ja valla jaoks.

Viimistlusjärgus on 16-kihiline kogu eesti põhjaveekihtkonda haarav hüdrogeoloogiline mudel, mille piirkonda kuulub ka Peipsi-Pihkva järv tervikuna ja territoriaalmeri. Selle mudeliga sooritatud arvutused näitavad, et peale reljeefi põhivormide kujunemist on sügavate põhjaveekihtide hüdraulilist rõhku genereerinud peamiselt Lõuna-Eesti kõrgustikud. Mudel sobib paleohüdrogeoloogilisteks baasuuringuteks ja parandab erinevate hüdrosfäärikäsitluste vastastikust haakuvust ning efektiivsust.

Vallner, L., 1997. Groundwater flow. – In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds.). Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 145-152.

Vallner, L. & Järvet, A., 1998. Groundwater recharge and extraction in Estonia. – In: Kajander, J. (ed.). XX Nordic Hydrological Conference, vol. I. NHP Report no. 44. KOHYNO, Helsinki, 283-293.

Vallner, L., 1999. Development of drinking water resources in coastal areas of Estonia. – Limnologica, 29, 282-285.

MAAVARADE KASUTAMISEST LÄÄNE-EESTIS EKSKURSIOONIJUHT

Koostanud Helle Perens

SISUKORD JA AUTORID

SISSEJUHATUS – *Helle Perens*
1. PEATUS. OHTU TURBAMAARDLA – *Veena Räägel*
2. PEATUS. VASALEMMA VANA PAEKARJÄÄR (RALLIRADA) – *Helle Perens*
3. PEATUS. VASALEMMA MÕISA HÄÄRBER – *Helle Perens*
4. PEATUS. RUMMU KARJÄÄRI KIRDESEIN – *Helle Perens*
5. PEATUS. JAAKNA KRUUSAMAARDLA – – *Veena Räägel*
6. PEATUS. KEEDIKA KRUUSAMAARDLA – – *Veena Räägel*
7. PEATUS. NOAROOTSI KIRIK – *Helle Perens*
8. PEATUS. LYCKHOLMI MUUSEUM JA SAARE MÕISA PAEMURD – *Helle Perens*
9. PEATUS. HAAPSALU PAEEHITISI – *Helle Perens*
10. PEATUS. UNGRU LOSS – *Helle Perens*
11. PEATUS PULLAPÄÄ KLINDIMÄGI – *Helle Perens*
12. PEATUS. PALJAND ENDISE EIGLA PAEMURRU LÄHEDAL – *Helle Perens*
13. PEATUS. PUSKU PAEMURD – *Helle Perens*
14. PEATUS. "HAAPSALU PAEKIVI" KIVITÖÖSTUS ASUKÜLAS – *Helle Perens*
15. PEATUS. RIDALA KIRIK – *Helle Perens*
16. PEATUS. KIRBLA PANK JA PANGAPEALNE – *Helle Perens*
17. PEATUS. LIHULA PAEKÕRGENDIK, PIISKOPILINNUS, KESKAEGNE ALEVIK, MÕIS JA KAASAEGNE LAULULAVA – *Helle Perens*
18. PEATUS. SALEVERE SALUMÄGI - *Rein Einasto ja Peep Männik*
19. PEATUS. KÕMSI KIRIK – *Helle Perens*
20. PEATUS. KUREVERE PAEKARJÄÄR – *Helle Perens*
21. PEATUS. KULLAMAA VANA PAEMURD – *Helle Perens*
22. PEATUS. KULLAMAA KIRIK – *Helle Perens*
23. PEATUS. MÄRJAMAA KIRIK – *Helle Perens*
24. PEATUS. ORGITA PAEMURD – *Helle Perens*
25. PEATUS. AS GILDEMANNI PAETÖÖSTUS JALASEL – *Helle Perens*
26. PEATUS. VARBOLA LINNUS – *Helle Perens*

SISSEJUHATUS

Seekordse maavarasid käsitleva ekskursiooni sihiks on tutvuda eelkõige ühe meie levinuma maavara – ***paekivi kasutusega*** ja ***ehituslike omadustega Läänemaal,*** riivamisi puudutades ka Harju- ja Raplamaad (joonis 1). Tugineme sealjuures nii eriaegsetes ehitistes, paemurdudes kui ka paetööstustes nähtule. Ehitiste valmimisloo ja pae kasutusloo omavahelist sasipundart lahti harutades on kõigil soovitav käepärast omada Villem Raami üldtoimetamisel 1997.a. ilmunud teatmeteost "Eesti Arhitektuur".

Lääne-Eesti rohkem kui 7 sajandi pikkune paekivi kasutuslugu on välja selekteerinud selle piirkonna tooniandvamad ehituslikud paeliigid, mille kaevandamine ja kasutamine kestab tänapäevani. Aegade jooksul muutunud rõhuasetus paekasutusele selgub Läänemaa ja Raplamaa paefirmasid ja ehitisi külastades. Põgusa pilgu heidame ka teeäärsetesse liiva- ja kruusakarjääridesse ning turbarabasse.

Ekskursiooni üheks eesmärgiks on kutsuda kõiki mõtisklema ***looduskivi (paekivi)*** osast meie aja- ja kultuuriloos ja paekasutuse tänasest seisundist. Kui leiame, et meie paekivi vajab väärtustamist, siis kuidas saavad geoloogid kaasa aidata kivikasutuse uute suundade otsimisel ja vanade juba restaureerimist vajavate ehitiste jaoks asenduskivi leidmisel. Seda, et looduskivi osatähtsus ehitistes aja jooksul rütmiliselt muutub, on näha kogu maailmas. Selge on ka see, et settekivimist valmistatu pole igikestev ja ehkki aeg on vastupidavamad erimid esile tõstnud, tuleb ikka eksimusi ning möödalaskmisi nii asenduskivi kui ehituskivi valikul. Geoloogide ülesanne oleks paekasutusajaloost õppust võtta ja leida ***igale paeliigile*** kõige ***sobivam rakendus***.

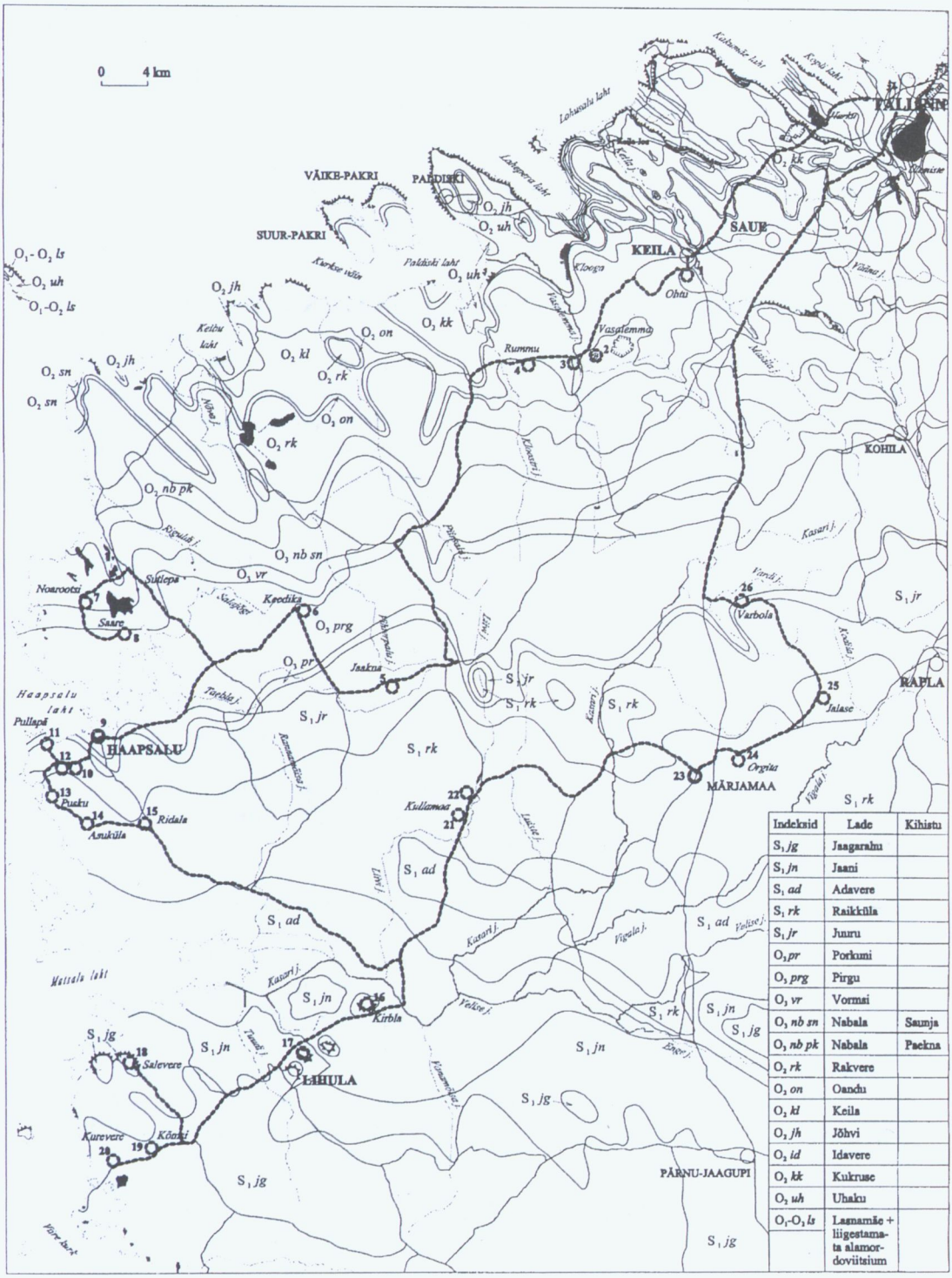
Läänemaal läbi viidud seniste geoloogiliste uuringute käigus on selgitatud põhiliselt sealse paekivi (lubjakivi ja dolomiidi) sobivust killustikuks, lubja põletamiseks ja tehnoloogiliseks toormeks. Heade ehituslike omadustega paekivi otsimine ja taasavastamine on veel tuleviku küsimus.

Läänemaa põhjaosa kuni Virtsu-Lihula jooneni on ***lubjakivide*** levikuala, kus on paremini uuritud Sutlepa, Linnamäe, Ense ja Ungru-Sepaküla ehituslubjakivi maardla ning Kullamaa ja Kalju põletuslubjakivi maardla. Siia piirkonda kuuluvad ka Uusküla ja Jõgisoo lubjakivi perspektiivalad.

Virtsu-Lihula joonest lõuna pool, Jaagarahu lademe ***dolomiitide*** levikualal, paikneb Kurevere ehitusdolomiidi maardla ning Sepamaa ja Õeküla perspektiivalad.

Lisaks paeleiukohtadele on Läänemaal üle kahekümne vana paemurru või paeaugu, kust on varasematel aegadel hangitud ehitus- ja lubjapõletuskivi. Vanu paevõtukohti on Rannakülas, Nõmmkülas, Sutlepas, Kirimäel, Uusküļas jm.

Lääne-Harjumaal, kust ekskursioon algab, annab tooni Vasalemma ehituslubjakivi, mille kasutusareaal ulatub ka kaugele Läänemaale. Sama võib öelda ka Rapla maakonna lääneosas paikneva Orgita dolomiidi kasutamise kohta.



Joonis 1. Ekskursiooni teekond ja peatused.

1. PEATUS. OHTU TURBAMAARDLA

Asub Harju maakonnas Keila vallas. Ohtu sõo on tekkinud järve soostumisel. Turvas on esindatud põhiliselt madalsoolasundiga, esineb ka rabasega- ja rabalasundit. Turvas on valdavalt keskmiselt kuni hästilagunenud. Turbalasundi paksus on 3,5-4,2 m, tuhasus 3,9%. Eesti Maavarade Komisjonis on kinnitatud pindalal 2548 ha turba aktiivne tarbevaru 4,1 mln. tonni, sh. 0,1 mln. tonni vähelagunenud turvast. Turbamaardlal paikneb AS Farva tootmisala.

2. PEATUS. VASALEMMA VANA PAEKARJÄÄR (RALLIRADA)

Vasalemma "marmori" kasutamine ehituskivina on teada juba Padise kloostri rajamise ajast 14. sajandil kuni käesoleva sajandi keskpaigani. Läänemaal on Vasalemma "marmorit" kasutatud vähemalt 18. sajandi keskpaigast. Lääne-Nigula kiriku torni portaal (1760) ja selle esine lävepakk on sellest kivist. Vasalemma "marmor" on ka üks Eesti laiema kasutusareaaliga raidkive; eriti viljakas on olnud ristide ja hauaplaatide valmistamise tööstus. Taolisi riste ja plaate kohtab Hiiumaal, Läänemaal, Harjumaal, Järvamaal, Pärnumaal.

Peatuseks mõeldud karjäär on rajatud pärast I Maailmasõda. Sealt kaevandati "marmorit" Tallinna paberi- ja Tselluloosivabriku jaoks ning Vasalemma lubjatehase jaoks, samuti toodeti seal aastas 4000 m^3 viimistluskivi trepiastmete, karniiside ja arvatavasti ka ristide valmistamiseks.

Teeäärne paljand vana mahajäetud karjääri kirdeseinas annab piisava ettekujutuse ühe Eesti ajalooliselt olulisema pae-erimi – ***Vasalemma kihistu rifikompleksi*** kivimist, selle tekstuuriliste ja struktuuriliste tunnuste ning tehniliste omaduste muutlikkusest.

Ebakorrapärase kujuga mõne meetri kõrgused ja kümnete meetrite pikkused rohekashallid, muutliku savikusega, massiivsed afaniitse struktuuriga rifid on ümbritsetud hele- või tumehalli (porsunult kollaka) keskmise- või paksukihiliste (kuni 50 cm) lubjakiviga - Vasalemma "marmoriga", mille $CaCO_3$-sisaldus on kõrge (kuni 98%), tsüstiidide skeletifragmendid moodustavad kivimist 50-60, vahel 90% (Põlma, 1977).

Paljandis, kus ajafaktor on tõhusalt toiminud, on hästi jälgitav, kui ***vähese ilmastikukindlusega*** on lausa osadeks pudenev ***suure detriidisisalduse ja nõrga tsemendiga*** lubjakivi. Taolise kivimi sattumine ehitise seina või muuks tarbekiviks saab neile arvatavasti saatuslikuks (ligi 50% kiviristidest on valmistatud just taolisest kivist). Tõenäoliselt värskelt murtud kivi ei reeda oma nõrku külgi.

Vaadeldes pudiseva lubjakivi ***asendit rifikompleksis***, torkab silma nõrga kivi paiknemine rifimassiivide keskel, kus kihid on sageli kallutatud ja paindes. Rifikompleksi alused ja seda katvad detriitsed lubjakivid on tavaliselt ühtlasemad ja tugevamad ning enam ümberkristalliseerunud. Parimate ehituslike omadustega tunduvad paljandi seinavaatluse põhjal olevat keskmiseteralised helehallid lubjakivid, kus stüloliitpindade sagedus polegi nii määrav, pigem nende iseloom.

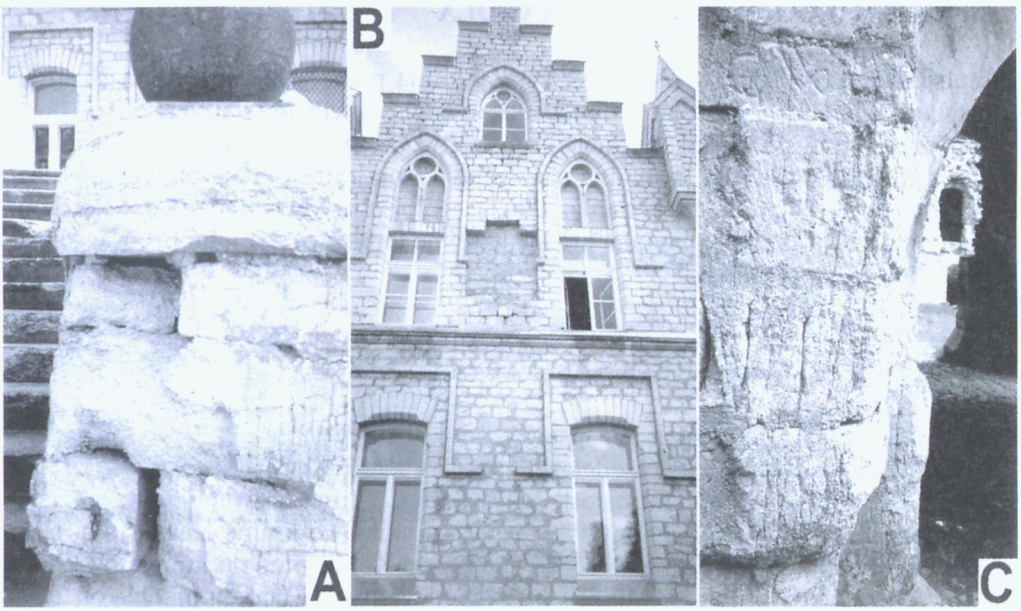
3. PEATUS. VASALEMMA MÕISA HÄÄRBER

Vasalemma mõisahoone on ***silmapaistvamaid*** neogootika näiteid nii Eesti mõisaarhitektuuris kui ka ***Vasalemma marmori kasutamises***. Ehitusinsener Hubert Matve sõnul on kiviraiuja siin lossis ära kasutanud kõik selles kivis tema jaoks peituvad võimalused.

Mõis on ehitatud 1890.-93.a. arhitekt R.K.Wilckeni poolt, juhtivaks kiviraiduriks oli Johann Weiss. Loss imiteerib inglise keskaegseid rüütlilosse. Ebasümmeetrilist 2-3-korruselist hoonet liigendavad astmik- ja kolmnurkfrontoonidega hooneosad ning ***silmapaistvalt viimistletud raiddetailid***: akende tuudorsimsid ja ehisraamistused, petiknišid ja tornikesed. Torni piduliku tuudorkaarena kujundatud portikuse alt pääseb vestibüüli, kus asuvad omapäraste näkitud pindadega paetrepid.

Ehituskiviks on valitud tugev, tihe, ilmastikukindel, marmorit meenutav jämedakristalliline valkjashall lubjakivi kihi paksusega 5-20 cm, milles esineb sagedasi stüloliitpindu. Igati hästi säilunud seinakivide taustal moodustavad täieliku ebakõla pargipoolne terrass koos trepiga ning portikusealune trepp, mis tunduvad olevat tehtud hoopis mujalt murtud massiivsemast jämedateralisest nõrgalt tsementeeritud lubjakivist (joonis 2). Kivide tahutud pealispind on läbitud peente lõhede võrgust ning sisemus kipub laiali vajuma. Vaatepilt meenutab Vasalemma paemurrus nähtut.

Siinne peatus on sobiv koht aruteluks, ***kust*** oleks mõttekas ***edaspidi murda*** Vasalemma "marmorit", sest siinse terrassi ja mitmete muude ehitiste seisukord näitab kujukalt probleemi aktuaalsust.



Joonis 2. Vasalemma "marmor" ehitistes.
A - Vasalemma mõisa pargipoolne terrass ja trepp ei seisa enam kaua koos.
B - Mõisa sein ja raidtööd on heast kivist.
C - Ajahambast puretud Padise kloostri sissekäik.

4. PEATUS. RUMMU KARJÄÄRI KIRDESEIN

Rummu ehituslubjakivi leiukoha varud kinnitati 1963. aastal. 1996. aastal, kui karjäär oli maha jäetud ning varudest 60 % ammutatud, eraldati AS ERKSAAR soovil praegusest karjäärist ida poole jääv maa-ala aktiivse tarbevaruga mahus 130676000 m^3. Varu on siiani puutumata. Kivimit sobiks siin valikuliselt kasutada nii ehituseks, killustiku valmistamiseks kui ka tehnoloogiliseks otstarbeks.

Kaevandama on Rummus hakatud marmorilaadset lubjakivi vähemalt sajand tagasi. Võrreldes Vasalemma lubjakiviga tundub ***Rummu kivi*** olevat ***heledama valkjama tooniga ja paremini ümberkristalliseerunud***. Juba 1939 TPI professori K. Jürgensoni poolt tehtud katsetused näitasid sealse kivimi ***head külmakindlust***.

Mõningatel andmetel olevat Rummu murrust võetud materjali ka Vasalemma mõisa ehitamiseks. Paljandi paar ülemist stüloliitpindaderohket meetrit meenutavad vägagi mõisa seinakivi. Võimalik, et siit on murtud kivi ka Kadrioru presidendilossi sise- ja välisviimistluseks, ümbrisaia jaoks ning tugimüüride katteplaatideks, mis on 99%-liselt hästi säilunud.

Paljandis on näha erakordselt sügavat (üle 10 m) ja ca 50 m laiust tsüstiidlubjakivi seina, kus vahelduvad õhema- ja paksemakihilised jämedetriitsed lubjakivid. Tähelepanu köidavad siin ka vertikaalsed kaltsiidi ja püriidiga kaetud lõhepinnad, millede vahelisel lõigul on kivimit ***muljutud*** ning kohati on näha klivaažitaolisi ***lõhedeseeriaid.*** Võimalik, et selliste vertikaallõhede esinemine ja mõju on üks "marmori" pudenemise põhjusi, kuna deformatsioonid vähendavad nii survetugevust kui külmakindlust.

5. PEATUS. JAAKNA KRUUSAMAARDLA

Asub Läänemaal Risti vallas, Paliverest 2 km ida pool, vahetult Tallinn-Haapsalu maanteest lõunas. Maardla paikneb kirde-edelasuunalisel Palivere-Risti oosil. Maavaraks on liustikujõelise tekkega kruusa-liiva lasund, kus kruusa sisaldus ulatub kuni 84%-ni. Tootsa kihi keskmine paksus on 13 m, millest allapoole veetaset jääb ligi 4 meetrit. Maardla on kohaliku tähtsusega. Eesti Maavarade Komisjonis on kinnitatud 25 ha suurusel pindalal kruusa aktiivne tarbevaru 2,4 mln. m^3. Käesoleval ajal maardlat ei kasutata.

6. PEATUS. KEEDIKA KRUUSAMAARDLA

Asub Läänemaal Oru vallas, Haapsalust 25 km kirdes, Haapsalu-Keila maantee ääres. Kujutab endast kirde-edelasuunalist, suhteliselt madalat liustikujõelist seljandikku, mis koosneb hästisorteeritud kruusa, liiva ja veeristiku kihtidest. Kruusa sisaldus ulatub kohati 64%-ni. Tootsa kihi keskmine paksus on 6 m. Maardla on kohaliku tähtsusega. Eesti Maavarade Komisjonis on kinnitatud kruusa aktiivne tarbevaru, mida kaevandab Lääne Teedevalitsus. Maardla pindala on 21 ha ja sellel jääkvaru 1,3 mln. m^3.

7. PEATUS. NOAROOTSI KIRIK

Oleme jõudnud Läänemaale ning siin ***pääseb maksvusele*** selle kandi "marmor" - ***Ungru "lossikivi"*** (edaspidi Ungru kivi).

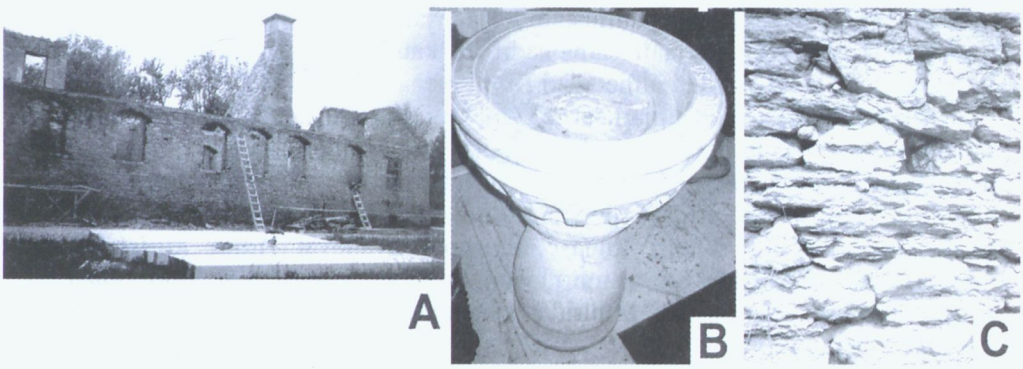
Noarootsi Püha Katariina kirik on ehitatud 1500. aasta paiku. Liivi sõjas kannatada saanud kirik taastati 17. sajandil. Sellest ajajärgust pärinevad ka kiviraidur Joachim Winteri 1628. a. loodud ristimiskivi (joonis 3) ning epitaaf pastor Martin Winterile 1630. aastast. Mõlemad on valmistatud Ungru kivist, mis viitavad selle kivimitüübi heade skulpturaalsete omaduste tuntusele juba kolm ja pool sajandit tagasi.

Ungru kivi on kasutatud ka kolme raidportaali valmistamisel. Suurem lääne- ja väiksem lõunaportaal on 19. sajandil tuleohutuse mõttes fassaadiküljega sissepoole pööratud. Põhjaseinas paiknev müüritrepi portaal sarnaneb lõunaportaaliga. Kiriku läänefassaadil on pühakuorva kohale müüritud ümarakna motiivi meenutav rõngasrist (sarnane rist on ka Käina kirikus, kus ta on valmistatud Kaarma dolomiidist). Praegune paepõrand on 1863. aastast ja tundub samuti olevat Ungru kivist valmistatud.

Kiriku sees lõunapoolse sissekäigu kõrval on Rootsi kroonprintsi Gustav Adolfi (aastast 1932, toodud Rooslepa kabelist) ning kuningas Karl XVI Gustavi (1992.a., lihvitud Ungru kivist plaadil) allkirjadega kivid.

Ungru kivi võidutseb ka ***kirikuaias,*** kus tavalised ja rõngasristid aastaist 1828-1872 on tahutud sellest materjalist, mille vastupidavuse kohta saab öelda vaid kiidusõnu.

Kiriku nüüdseks krohvitud seinte ladumiseks on kasutatud ***Vormsi lademe*** savikat lubjakivi, mis pärineb kas Paslepa või Saare mõisa paemurrust.



Joonis 3. Paekasutusest Noarootsis.
A - Saare mõisa häärber 1998.a. suvel.
B - Ungru kivist ristimisvaagen Noarootsi kirikust (J. Winter, 1628).
C - Saare mõisa paemurru savikat kivi on seina pandud ilma valikuta.

8. PEATUS. LYCKHOLMI MUUSEUM JA SAARE MÕISA PAEMURD

Saare (Lyckholm) tähendab algupäraselt eraldi seisvat piiritletud maatükki, mis asub saare peal. Endine Lyckholmi saar kasvas Noarootsiga kokku 19. sajandil.

Lyckholmi mõis asutati 1662. aastal, mõisa peahoone ehitati 1740-ndatel aastatel kohalikust Vormsi lademe paekivist. Ansamblisse kuulus veel hobusetall ja laut. Peahoone ja tall lagunesid 1970-ndatel aastatel. 1773. aastast kuulub mõis Rosenite suguvõsale, kes 1939. a. lahkusid Saksamaale.

1996. a. ostis ***Gustav von Rosen*** peahoone ja hobusetalli tagasi, 1996-1997 hobusetall restaureeriti, kus avati 01.03.1997 Lyckholmi muuseum. Taastamisel on ka peahoone. Geoloogilise ekspositsiooni valmistasid Geoloogia Instituudi töötajad, fossiilide kogu eksponeerivad ja täiendavad pidevalt ka muuseumi töötajad "Noarootsi Kaunistamise Seltsist".

Mõisast ca 100 m kaugusel asub ***endine paemurd***, kust on ehituseks võetud kohalikku erineva savikusega Vormsi lademe lubjakivi, sest raidkivil siinsetes ehitistes erilist osakaalu pole. Kahjuks on paemurdu hakatud täitma prügiga.

A. Rõõmusoksa järgi oli 1964.a. näha läbilõiget 1,5 m ulatuses, mille ülemises osas paljandus õhukesekihiline rohekashall savikas lubjakivi (ca 0,5 m). Läbilõike keskmine ja alumine osa oli esindatud tugeva paksukihilise rohekashalli lubjakiviga. Läbilõikes olid jälgitavad kolm katkestuspinda, mis lubab oletada, et paemurrus paljandub ***Vormsi lademe*** kivististerikas ülemine osa. Mõisa ehitistes on kasutatud nii ***nõrgalt*** kui ***tugevalt savikaid*** erimeid, mida on võimalik jälgida lauda ja talli seintes (joonis 3).

9. PEATUS. HAAPSALU PAEEHITISI

Vanimaks paekasutust iseloomustavaks objektiks on linnas Saare-Lääne piiskopkonna kapiitlilinnus ja selle ***1279***. aastal tegutsema hakanud ***toomkirik***. Linnust rajati mitme sajandi vältel, ka kirikut ehitati ümber. Ühelööviline kirik on ehituslaadilt üleminekuline romaani stiililt gootikale. Romaani stiilis dekoorist on säilunud kiriku sees seinapiilarite ***Ungru kivist*** valmistatud taimeornamendiga kapiteelid. Sarnaseid motiive on näha ka Valjala kiriku ristimiskivi kupal, mis on samuti Ungru kivist (seega valmistatud Haapsalus). Nimetatud detailide ning ka Riia toomkiriku põhjaportaali samalaadiliste kaunistuste loojaks peetakse üht ja sama meistrit, keda uurijad nimetavad Kölni meistriks.

Kiriku portaal, algselt ümarkaarne, vimpergiga varustatud, asendati möödunud sajandil pseudogooti portaaliga. Materjaliks valiti jällegi Ungru kivi. Seina- ja müürikiviks on kasutatud lähiümbrusest ***Juuru lademe*** avamuselt murtud lubjakivi –põhiliselt halli jämedetriitset (porsunult kollakat), kohati *Borealis borealise* kaasi sisaldavat lubjakivi, samuti linnast ida pool avanevat ***Adila kihistu*** savikat lubjakivi. Kivi arvatakse olevat murtud nii ***Pullapää klindilt*** kui ***Rohuküla-Eigla-Kiltsi*** ümbruse murdudest. Müüride vanemates osades on kõrvuti paekiviga kasutatud ka raudkivi.

15. sajandi lõpul toimusid kirikus ja linnuses suured juurde- ja ümberehitustööd. Kõrvuti Läänemaa esiraidkiviga- Ungru kiviga, võeti kasutusele ***Kaarma dolomiit***, mida võib näha sellel ehitusetapil valminud ristikäigu raiddetailides (joonis 4), ümara põhiplaaniga ristimiskabeli soklikivides ja peaväravat kaunistavates

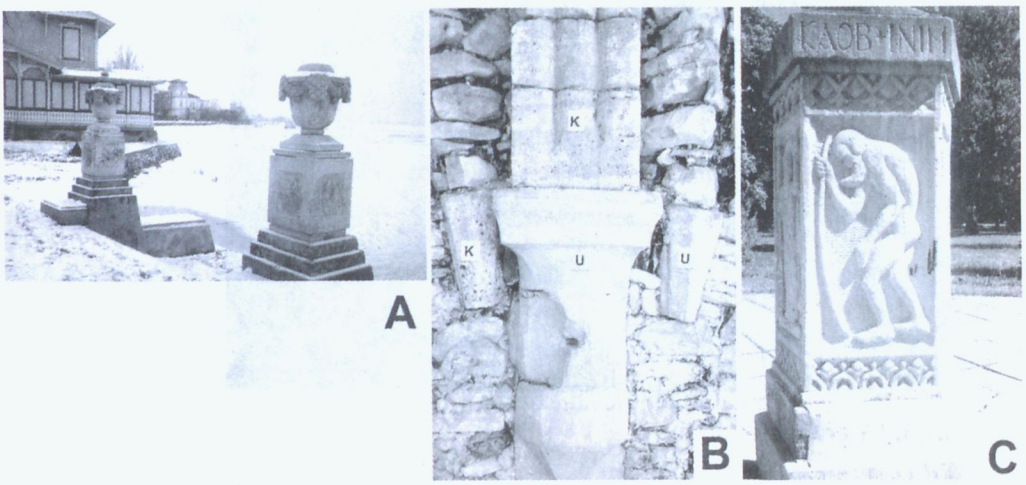
vappides. Analoogilist Kaarma dolomiidi ja Ungru kivi kooskasutamist on näha ka Käina kirikus (1500).

Liivi sõjas sai linnus kõvasti kannatada ning 1625.a. linnuse omandanud De la Gardie'd kavandasid suurejoonelisi ümberehitusi. Plaan oli linnus ümber ehitada renessansslossiks. Tööd katkestas 1688.a. tulekahju. Linnuse sellest ajast pärineb 1634.a. Joachim Winteri Ungru kivist valmistatud siiani kasutusel olev ristimiskivi.

1984.a. kapiitlihoone konserveeriti ning restaureeriti kirik. Praegu külgneb kirikuga ***muuseum***, kus on võimalik näha vanu raiddetaile nii Kaarma kui ka Ungru kivist. Eksponeeritud on ka Ungru kivist tinakuulide valamisvorm.

Alates möödunud sajandist on Haapsalus ja lähiümbruses kasutatud peamiselt Ungru kivi, millest on valmistatud seinakivi, korstnakivi, skulptuure, raiddetaile, hauakive. Selle sajandi algupoolel Haapsalut oma ***rohkete paeskulptuuridega*** kaunistanud kunstnik Roman ***Haavamägi*** on kõrvuti Kaarma dolomiidiga (rannakaunistused, Tšaikovski pink, mitmed ausambad) kasutanud ka Ungru kivi, mida ta ekslikult liivakiviks nimetab (Päikesekell rannas, mõned skulptuurid).

Haapsalule pole võõras ka ***Lasnamäe ehituskivi*** – 30-40-ndatel aastatel ehitatud koolide soklikorrused, taastatud Vabadussõja ausammas. Uusehitistes on tooniandjaks jällegi Ungru kivi (Maavalitsus, hooned Ehte t. jne.). Ka ***Vasalemma "marmori"*** kasutus on siin sage, vanal kalmistul kohtab rohkesti sellest kivist raiutud hauatähiseid. Üllatav oli näha ka Haapsalust mõni km läänepool - Pullapääl võsasse peitunult mitmete kuuliaukudega ligi 4m kõrgust Vasalemma lubjakivist ausammast, mis olevat pühendatud Aleksander III. Meretuulte vallas olnud kivi on üllatavalt hästi säilunud.



Joonis 4. Haapsalu linna paekasutusest.
A - Kaarma dolomiidist rannakaunistused (R. Haavamägi).
B - Kaarma dolomiidi (K) ja Ungru kivi (U) kooskasutamine piiskopilinnuses on ilmselt taotluslik.
C - Ungru kivist päikesekell "Nii kaob inimelu lõpmatusse" Haapsalu rannas (R. Haavamägi).

10. PEATUS. UNGRU LOSS

Joonis 5. Ungru lossi varemed.

Loss on ehitatud kollaka või halli tooniga nõrgalt dolomiidikast lubjakivist, mida on murtud ca 10 km lõuna pool paiknevaist Pusku-Sepaküla paemurdudest. Vahepeal unustusse vajunud hea ehitus- ja raidkivi sai uuesti tuntuks lossi kaudu ning seetõttu on ka kivimit hakatud nimetama Ungru "lossikiviks", lühiduse mõttes on üle mindud nimetusele **Ungru kivi**, mis on veidi eksitav, kuna Ungru mõisa maadel on tegemist Juuru lademe koralle sisaldava detriitse lubjakiviga ja ega sellist kohanime nagu Ungru polegi.

"Ungru loss on suurejoonelisemaid historitsistlikke ehitisi Eestis. Rajas E. v. Ungern-Sternberg 1893-96 vanema barokse mõisamaja asemele, projekteerimises osalesid P. Šubanejev, E. Schwartz jt., ehitustöid juhatas Saaremaalt pärit A. Saar. 2-, osaliselt 3-korruseline hoone oli kavandatud saksa ja taani 17. s. renessanssarhitektuuri laadis, otseseks eeskujuks Halle lähedal asuv Merseburgi loss. Ebasümmeetriliselt liigendatud ehitis on kõikidelt külgedelt kujundatud kõrgete voluutviiludega (joonis 5), ühel küljel liitus hilisrenessanslikes vormides saleda kiivriga torn. Hoonet ilmestab suhteliselt rikkalik raiddekoor – korrustevahelised karniisid, dekoratiivsed obeliskid viiludel. Lossi sisetööd jäid lõpetamata, praegu on varemeis" – selliselt iseloomustab reisijuhi alguses mainitud arhitektuuri teatmeteoses lossi arhitekt Ants Hein. Loss on üks ***suurejoonelisemaid Ungru kivi kasutusnäiteid***.

11. PULLAPÄÄ KLINDIMÄGI

Paljand asub Rohuküla sadamast ca 3 km kirde pool metsas (joonis 6). Asta Oraspõllu 1950.a. diplomitööst "Raikküla lademe geoloogiast Lääne-Eestis", on võetud D. Kaljo ja L. Sarve poolt tehtud klindi kirjeldus:

0,57 m – valkjashall, kohati pruunikam, kesk- kuni jämeterine lubjakivi. Kihtide paksus 0,02-0,10 m, kihipinnad konarlised, jämeterised. Märgata üksikuid fossiile. Võrreldav eelmises profiilis 0,72 m-ga.

0,30 m – lubjakivi, värvilt pisut valkjam eelmisest, peenemate teradega ja kristalsem. Kihipaksus 0,08, kihipinnad lainjalt konarjad. Kõvem ülemisest 0,57 m-st. Esineb koralle ja stromatopoore. Murd teravaservane. Võrreldav eelmises profiilis intervalliga 0,38-0,40 m.

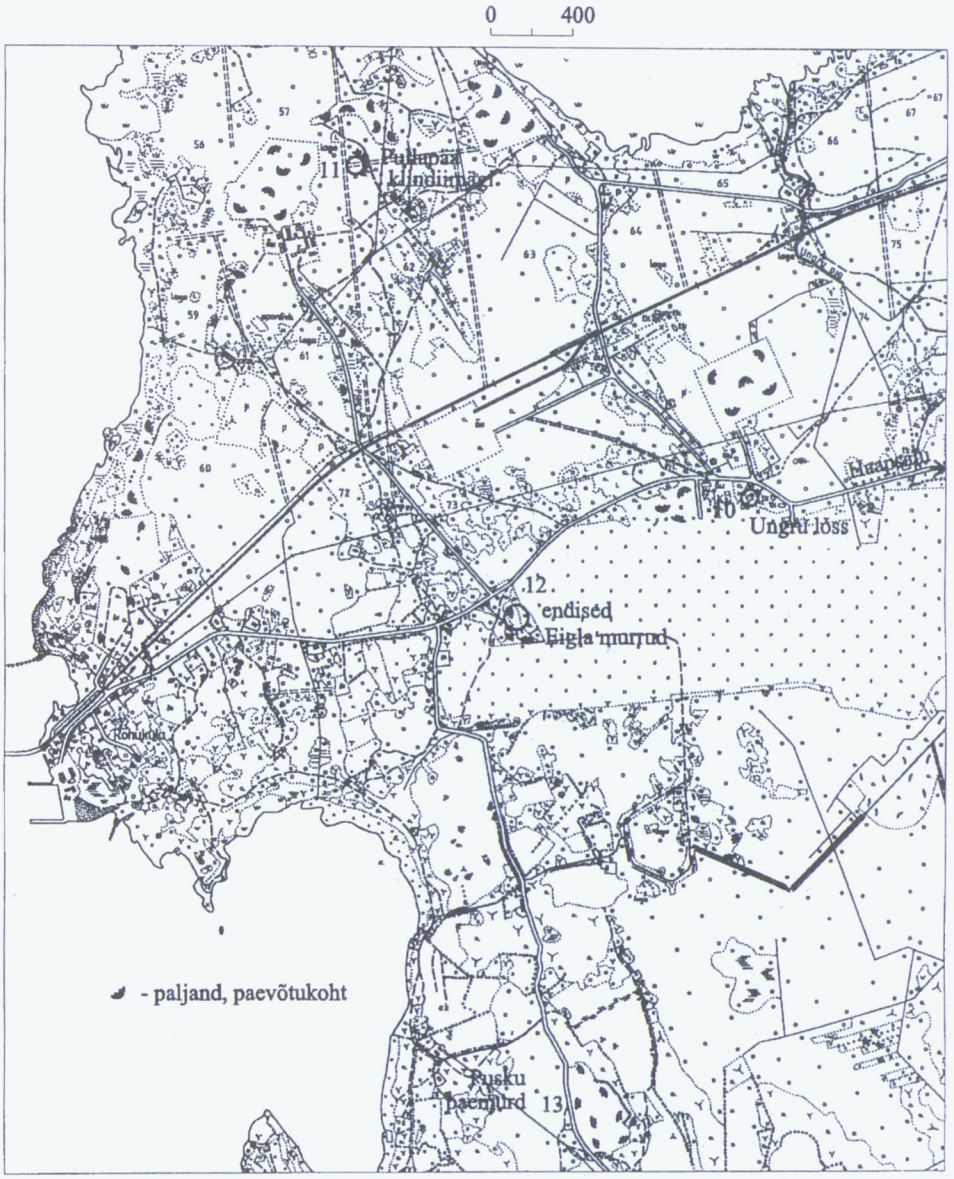
0,24 m – pruunikashall kuni kirju, keskterine lubjakivi. Õhukesekihiline (kihid 0,01-0,02 m -paksud), mergli vahekihikestega, laguneb liistakuteks. Faunat ei näi olevat. Kivim üldiselt sama, mis eelmises profiilis alumine intervall 0,28 m+.

0,16 m – pruunikashall, peenterine ja õige kõva lubjakivi. Kihid võrdlemisi paksud, tasaste pindadega, esinevad mergli vahekihid. Fossiilide fragmente pole märgata.

0,06 m – kivim lähedane lasuvale, ainult peenterisem ja liistakuteks lagunev.

0,42 m+ – lubjakivi, sama, mis 0,16 ülalpool.

Siinset lubjakivi võib lugeda ***Juuru lademe Hilleste kihistusse*** kuuluvaks. Haapsalu linnuse müürides paiknev analoogiline, kohati *Borealis borealise* kaasi sisaldav lubjakivi arvatakse olevat siit murtud (maakonna arhitekt A. Padu).



Joonis 6. Paepaljandeid Eigla – Pullapää – Pusku ümbruses.

12. PEATUS. PALJAND ENDISE EIGLA PAEMURRU LÄHEDAL

Eigla paemurd asus Rohuküla sadamast ca 2 km kirde pool (joonis 6) teeäärsel madalal künkal, mis jääb endise NL sõjaväebaasi territooriumile. Kuna tegemist on alvariga, võib mitmel pool näha paljandumas lubjakivi, mida sageli on leida Haapsalu piiskopilinnuse seintes. D. Kaljo ja L. Sarve järgi (andmed A. Oraspõllu diplomitööst) oli siin paljandunud järgmine profiil:

0,58 m – valkjas kuni pruunikashall jämeterine lubjakivi, sisaldab üksikuid heledaid teri. Õhukesekihiline plaatjas, kihipinnad veidi konarlikud. Esinevad mõned korallid.

0,43 m+ – valkjashall, eelmisest peenterisem lubjakivi, hallid lisandid puuduvad. Kivim jämeterine, üldmulje kore.

Nimetatud erimeid võib kohata ka praegu teeäärseis paljandeis lausa maapinnal.

13. PEATUS. PUSKU PAEMURD

Pusku-Sepaküla paemurrud on sajandite jooksul leidnud kasutust hea ehitus- ja raidkivi leiukohana. Siinset lubjakivi on kasutatud laiaulatuslikult Läänemaa eri paigus, Skandinaaviamaades, Hiiumaal, Pärnumaal, Harjumaal, Raplamaal, Järvamaal. Viimasel aastakümnel on vanad murrud uuesti kasutusele võetud. Esialgu kasutati siinset kivi killustiku valmistamiseks. Alates 1990.a. on siinset kivi kasutanud aktsiaseltsid "Lossikivi" ja "Haapsalu Paekivi".

Rein Einasto ja Peep Männiku järgi (Einasto jt., 1991), kes on profiili iseloomustamisel lisaks kasutanud ka H. Nestori kirjeldust, paljandub tänapäeval Pusku murrus 6,6 m hästi säilinud, primaarse struktuuriga, ***Raikküla lademe alumisse ossa*** kuuluvat ***lubjakivi***. Paljanduv läbilõige liigestub kolmeks põhiliseks osaks. Kirjeldus alt üles:

1. 0,6 m (1. kiht) sinakashall läätsjalt lainjaskihiline kuni poolmuguljas mikrokristalliline lubimergli lainjate kelmete ja vahekihtidega. Ülemisel piiril selge lainjas püriitne katkestuspind, mille all 5 cm ulatuses massiliselt ussikäike. Kiht kuulub ilmselt Järva-Jaani kihtide koosseisu. Kiht moodustab ehituslubjakivi lamami.
2. 5,3 m (2.-9.k.) tume sinakashall (porsunult kollakashall) lainja kuni põimja mikrokihilisusega hästisorteeritud lauspeendetriitne ehituslubjakivi, mis murdmisel laguneb mööda merglikihikesi 10-40 cm paksusteks pankadeks. Ühtlase ilmega paksukihilised kompleksid (5., 6. ja 9. kiht) vahelduvad õhemakihiliste savikamate lubjakividega (2.-4., 7. ja 8. kiht). Tera suuruse, mergli vahekihtide sageduse, konglomeraadi vahekihtide ja mikrokihilisuse iseloomu järgi on Llandoveri uurijad seda lasundit erinevalt liigestanud. Ülemist piiri markeerib tasane katkestuspind, mis kitinosoade levikul (V. Nestori andmed) põhineva korrelatsiooni põhjal vastab Alam- ja Kesk-Llandoveri piirile. Ehituslubjakivi kuulub Raikküla lademe Vändra kihtidesse.
3. 0,6 m (10. kiht) kollakashall vahelduvalt peenpoolmuguljas või lainjaskihiline mikrokristalliline detriidikas lubjakivi. Mitmel tasemel esineb siledaid tasaseid nõrgalt püriidistunud katkestuspindu (eriti alumises 15 cm-s) ja veeriselis-biomorfseid ning lapikute veeristega vahekihte. Intervallis esineb okslikke koralle, stromatopoore ja nautiloiide. See ehituslubjakivi lasundit kattev kiht kuulub Raikküla lademe Jõgeva kihtidesse.

Raikküla lademe nõrgalt dolomiidistunud lubjakivide varud on Pusku paemurrus 200000 m³, kasuliku kihi paksus 6 m, pinnakatte paksus 0,1-2 m ja pinnaveetase 2-4 m sügavusel. Siinne kivim on hinnatud ***sobivaks ehituskivina, karniiside, soklite ja trepiastmete tootmiseks, samuti viimistluskivina .***

14. PEATUS. "HAAPSALU PAEKIVI" KIVITÖÖSTUS ASUKÜLAS

"Haapsalu Paekivi" kivitööstus töötab nii kohaliku ***Ungru kivi*** baasil (kivi murtakse Puskus ja Sepakülas), kui veab sisse ka väga mitmesugust ***looduskivi*** (paekivi, graniiti, kvartsiiti jm.) mujalt maadest üle maailma. Firma toodab paekivist erineva pinnatöötlusega ning mõõtudega fassaadi- ja põrandaplaate, trepiastmeplaate ja aknalaudu, klombitud pinnaga viimistlusriba, aiaposte ja aiakattematerjali ning kaminadetaile ja muid eritellimuse järgi valmistatavaid detaile. Kivi lõikamiseks kasutatakse Soome firmas Makron valmistatud programmeeritavaid kivisaage. Ungru kivi võimaldab tänu väga heale ilmastikukindlusele valmistada toodangut nii sise- kui välisviimistluseks. Viimistlusmaterjali tootmisel tekkivad kivijäägid töödeldakse ümber killustikuks.

Toodang realiseeritakse põhiliselt Eestis. Ekspordi osakaal on 10-15% kogu käibest ning põhiosa ekspordist on saadetud Saksamaale, Soome ja Leetu. Firma tegeleb ka ***looduskivimaterjalide paigaldamisega***: Ungru kivist on ehitatud trepid ja põrandad Rootsi suursaatkonna hoones Pikal tänaval ja Pärnu rannahotellis, Eesti Vilniuse saatkonnahoone paefassaad jne. Sellest kivist meeneid on kingitud Rootsi kuningale, Taani kuningannale, Saksamaa ja Eesti presidendile.

15. PEATUS. RIDALA KIRIK

Ridala Maarja-Magdaleena kirik on ehitatud 13. sajandi III või IV veerandil. Algkujul koosnes kirik ühelöövilisest kahe võlvikuga pikihoonest ja väiksemast 4-nurksest koorivõlvikust. 1500.a. ehitati lõunaportaali ette madal 4-tahuline kellatorn, mille alumine korrus moodustab võlvitud eeskoja (nurkades ümarvöödiga profileeritud 4-nurksed konsoolid). 1782.a. toestati läänesein kahe suure tugipiilariga.

Erandlikult pidulikult on kujundatud peaportaal, mis tugipiilarite vahele surutuna jätab praegugi imposantse mulje (joonis 7). ***Ungru kivist*** portaali kroonib ülaosas nišš kiriku kaitsepühaku Maarja-Magdaleena kujuga ning ehisviil, tipus kolmest liiliast ristlillik. Kaarjas, astmeliselt seonduv ukseava justkui neelab siseneja, juhtides ta isepärasesse interjööri – avarasse võlvitud ruumi. 1858.a. ehitati ***Vasalemma "marmorist"*** praegune põrand.

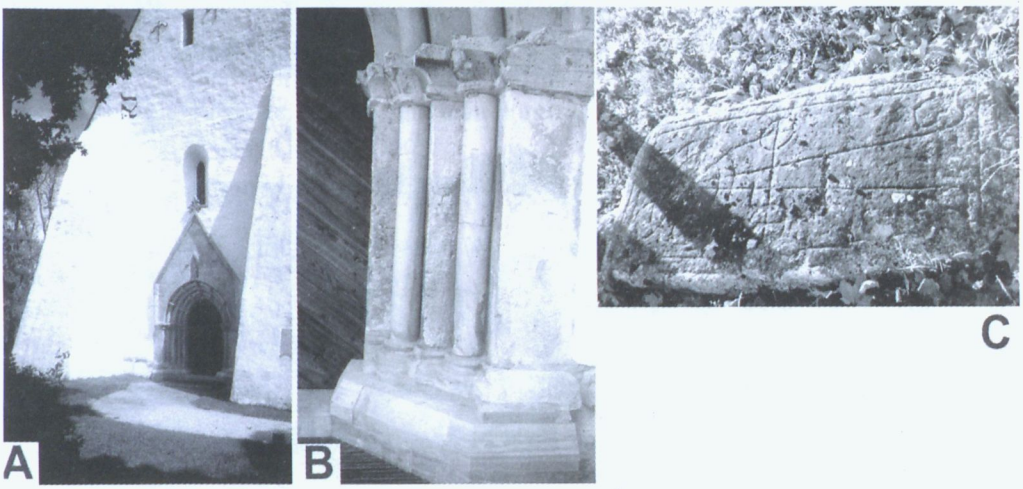
Ka väiksem, torni varju jääv portaal on Ungru kivist nii nagu suurtest kantkividest nurgaketid ja soklikarniis. Viimast on osaliselt, nagu peaportaaligi, hiljaaegu parandatud Ungru kivist uute detailidega.

Omaette vaatamisväärsus on ***Ridala kirikuaed***, kus on arvukalt eri aegadest paeriste. Vanimaks säilinud kunstimälestiseks tuleb pidada trapetsikujulisi hauaplaate päikeseratta ja elupuu motiiviga – arvatavasti 13. sajandist. Palju on eri arvamusi trapetsikujulistel plaatidel kujutatu suhtes. Kord seostatakse kujutisi kosmogooniliste märkidega või teisalt paganlusest ristiusu poolt üle võetud

päikeseratta sümboliga. Enamus paeriste on pärit 19.-20. saj. ning valmistatud Ungru kivist.

On ka mõned hästi paksud rohmakad ristid, mis arvatavasti on vanemad kui 19. sajand. Üldiselt on kõige vähem kiviriste säilunud 18. sajandist, enamik pärineb 19. sajandist ja 20. sajandi algusest ning väike hulk ka 17. sajandist (valdavalt rõngasristid).

Enamus siinseist vanematest dateerimata ristidest on Ungru kivist, üks aga Porkuni lademe krinoiididerikkast lubidolomiidist. Samast kivist on ka lõunakülje portaali läve ees paiknev paks kiviplokk ning massiivsed paemütsid väravapostidel. Kuna tegemist on hea ehitus-, raid- ja viimistluskiviga, mille murdmispaik Läänemaal on geoloogidele teadmata, ootab see geoloogide poolt välja selgitamist. Ümbrisaia katteplaadid on arvatavasti ***Lasnamäe*** ehituskivist.



Joonis 7. Paekasutusest Ridala kirikus ja kirikuaias. **A** - Paeportaali üldvaade. **B** - Isegi Ungru kivil on raske vastu panna sajandite koormale. **C** - Trapetsikujuline hauaplaat (12.-13. saj.) tundub samuti Ungru kivist olevat.

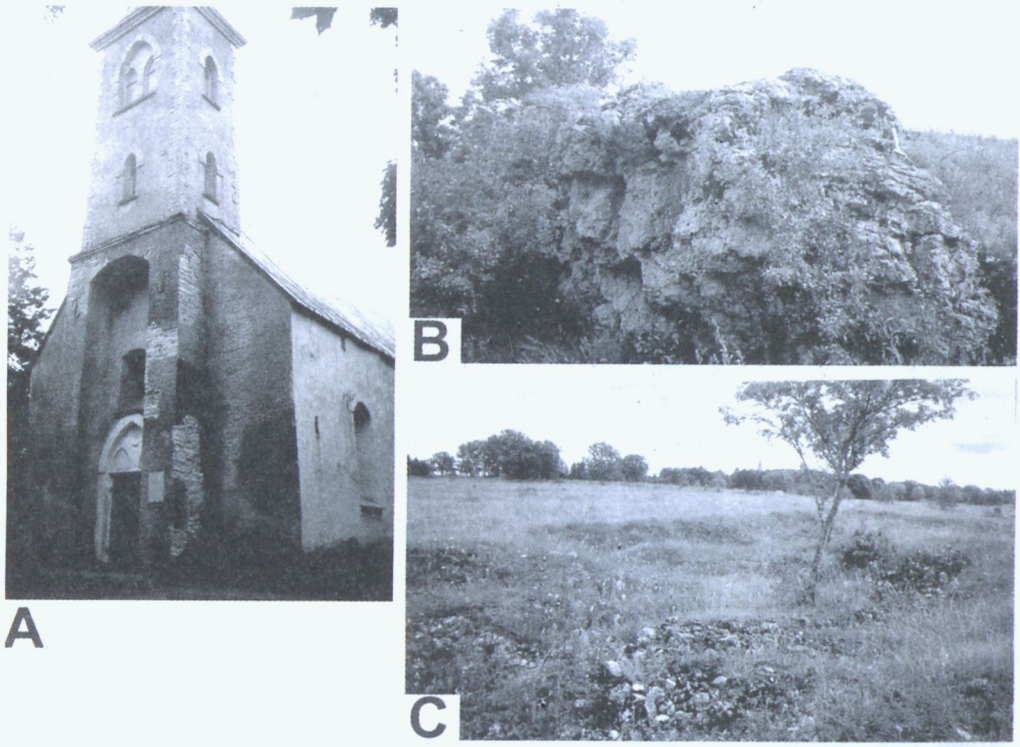
16. PEATUS. KIRBLA PANK JA PANGAPEALNE

Matsalu lahest lõunapoole jääv Kirbla pank (joonis 8) on esimene peatus laialdasel ***Jaagarahu ehitusdolomiitide levikualal***. Pank on reljeefis hästi nähtav paari meetri kõrguse astanguna. Läbilõige koosneb kavernoossest massiivsest rahkjast dolomiidist, mida ümbritseb plaatjas keskmise- kuni paksukihiline kollakashall peenekristalliline dolomiit. Kõviku peal leviv plaatjas tugev dolomiit on kohati mikrokihiline ja moodustab kuni 10-15 cm horisontaalseid kihte, mis on ***hea ehitusmaterjal***. Veenduda võib selles kiriku tornil pudenenud krohvi alt paljanduvaid seinu uurides.

Kirikuaias võib leida ***Ungru kivist*** riste (1848-1872) ja rõngasriste (1933-1945). Viimased paiknevad Jüri Uluotsa perekonna hauaplatsil. Pärast 1990.a. valminud

rõngasristid on raiutud ***Kaarma dolomiidist***. On ka üks ***Vasalemma "marmorist"*** rist (1896), mis lõheneb. Hauakatteplaadid on põhiliselt Ungru kivist (19. saj.).

Muljettekitav on ka ***E. Kumarile*** püstitatud ***migmatiitgneisist mälestussammas*** üleval pangal.



Joonis 8. Kirbla paekasutusest.
A - Kiriku peaportaal. **B** - Kirbla kõvikut piirab pank, kus on paljandumas dolomiitne Jaagarahu lademe Vilsandi kihtide biohermne kompleks. **C** - Kirbla kõvik on üleni kaetud vanade paevõtukohtadega, sest kihiline dolomiit sobib hästi ehitamiseks.

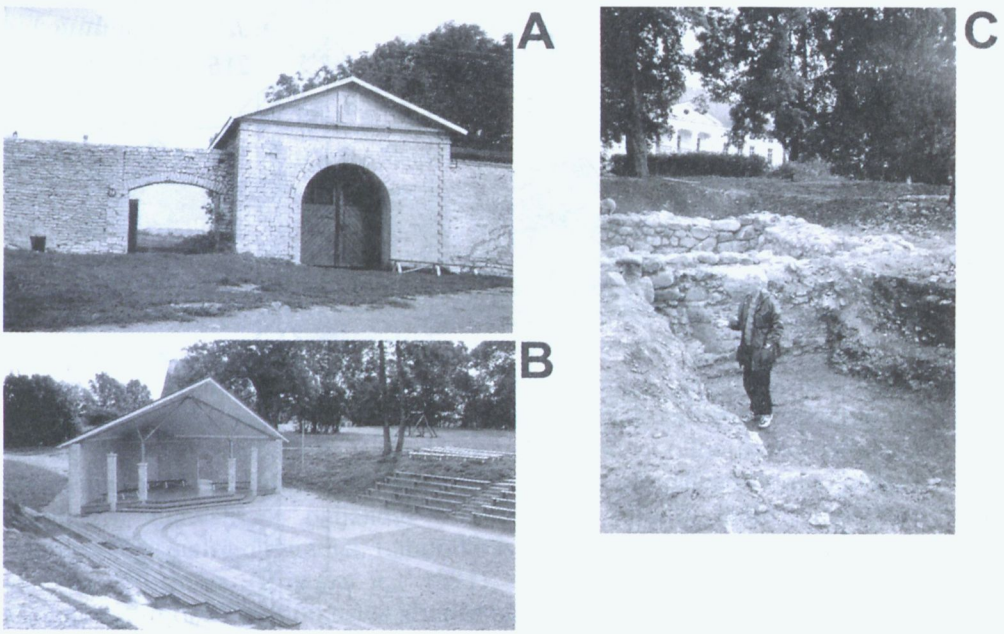
17. PEATUS. LIHULA PAEKÕRGENDIK, PIISKOPILINNUS, KESKAEGNE ALEVIK, MÕIS JA KAASAEGNE LAULULAVA

"Lihula oli üks ***Eesti tähtsamaid muinasaegseid ja varakeskaegseid keskusi***: Eesti vastase ristisõja juhi, Riia peapiiskop Alberti plaani järgi pidi Lihulast koguni saama Eestimaa piiskopkonna residents, seega Eestimaa pealinn. Peale Muistse Vabadusvõitluse lõppu kujunes Lihula Saare-Lääne piiskopi esimeseks asukohaks. Siia rajati tsistertslaste klooster, ehitati kirikud, tekkis alevik. 1238-1242.a. ehitati muinaslinnuse asemele pealinnusest ja kahest eellinnusest koosnev, võimas ja ehituslikult ***ainulaadne kivilinnus***. Erinevalt teistest keskaegsetest linnustest ei ole Lihula lossi keskaja vältel oluliselt muudetud ega täiendatud. Seega säilitas linnus

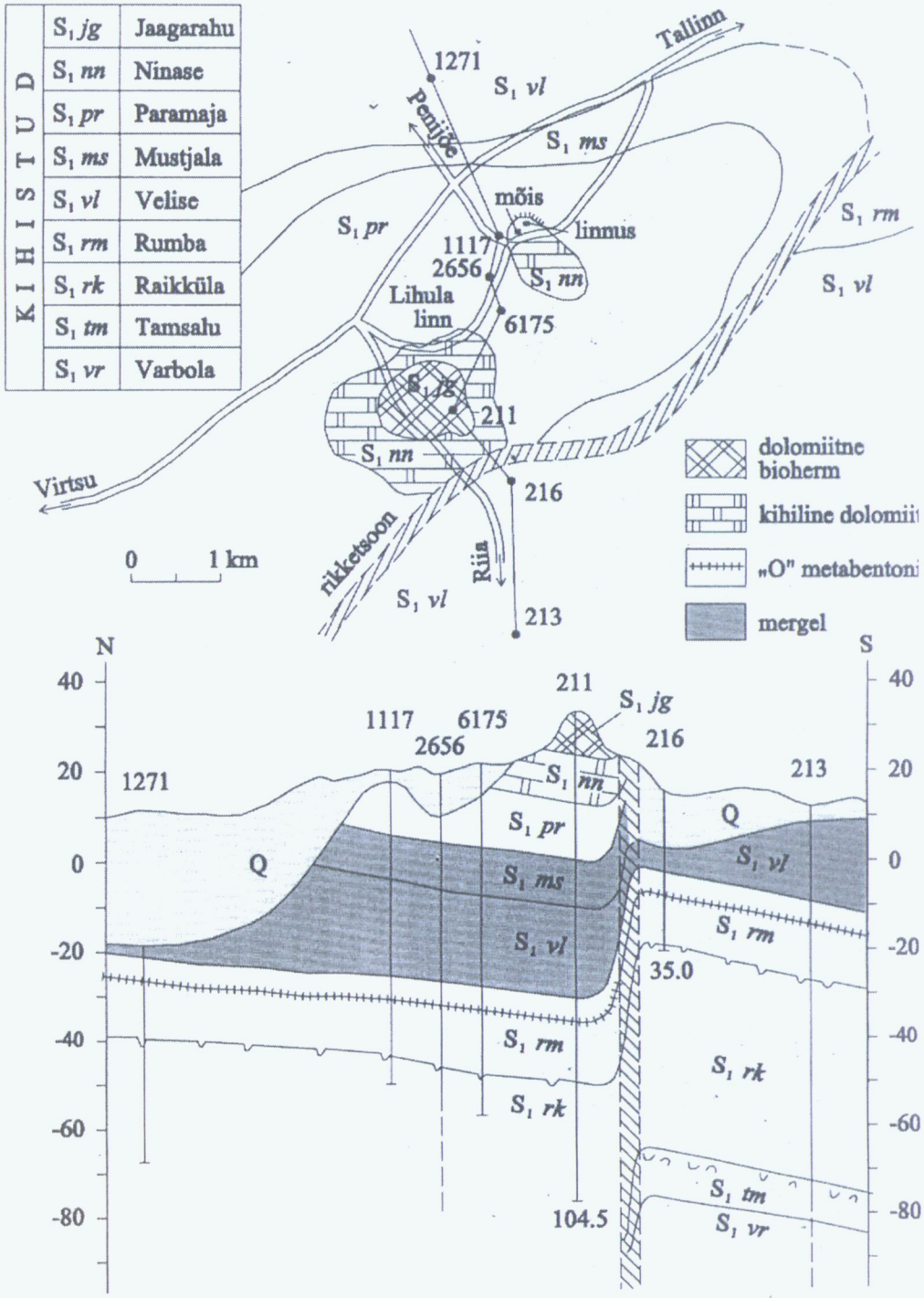
hilisematel sajanditel oma ehitusliku arhailisuse. See on Lihula linnuse kõige suurem väärtus.

Aastatel 1990-1996 kaevati välja ja kujundati vaatamisväärsuseks umbes kümnendik pealinnuse müüristikest. Uurimistöödel selgus, et pealinnuse välismüür on 13. sajandil ehitatud kohta, kus looduslik paealuspõhi moodustab madala, kuid siiski märgatava loodusliku kõrgendiku. Saadi esialgset informatsiooni sisemise vallikraavi, pealinnuse kabeliruumi ja väravakäigu kohta. Avastati ja kaevati osaliselt lahti unikaalse värava eelkaitsesüsteemi vundamendid. Asjaolu, et ***Piiskopilinnus*** ehitati ***kohapealsest halvakvaliteedilisest paekivist***, lubab arvata, et kindlustus ***hakkas lagunema*** juba üsna pea peale valmimist.

Sama haruldane kui Piiskopilinnus, on ka Lihula ***varaseima aleviku jäänused*** (joonis 9). 13. sajandil ehitati linnuse külje alla ja eellinnusele kodanike elumajad, kirik ning käsitöömeistrite töökojad. See esimene alevik põletati maha ilmselt Liivi sõjas 16. sajandil ning ehitati üles juba uues kohas Tallinna maantee ääres. Aleviku endine asukoht jäi hilisemast ehitustegevusest kõrvale. Varakeskaegsete majade alusmüürid on seal maa sees hilisematest ehitistest rikkumata 1-1,5 m kõrguselt säilinud. Sellist situatsiooni pole kusagil mujal Eestis. Nende hoonejäänuste väljakaevamine ja eksponeerimine looks Lihulasse vaatamisväärsuse, mida võiks nimetada Eestimaa Pompejiks ja mille sarnast poleks üheski naaberriigis." Nii kaalukas on ajaloolaste seas Läänemaa kuningaks peetava Mati Mandeli sõnul Lihula koht meie aja- ja kultuuriloos.



Joonis 9. Lihulas on kasutatud paekivi läbi kuue sajandi. **A** - Mõisa tõllakuuri värav on ilmselt Tuudi dolomiidist. Vapp on Orgita dolomiidist. **B** - 1997.a. valmis endise vallikraavi kohal U. Arikese projekteeritud laululava (Ungru kivist). **C** - 1898.a. suvel välja kaevatud, nüüdseks kinni aetud, keskaegse asula paesse kaevatud kelder.



Joonis 10. Lihula paekõrgendik on tekkinud tektoonika ja mandrijää kulutava toime koosmõjul.

Eelpool mainitud ***looduslik paekõrgendik***, millel paikneb Lihula, on tektoonilise tekkega (joonis 10). Ümbritsevaisse Velise kihistu mergleisse ligi 30 m amplituudiga vajunud Jaani-Jaagarahu lademeisse kuuluv paeplokk on hilisema jää kulutava toime poolt mergleist välja prepareeritud. Kas lähipiirkonnas asuvad Salevere ja Metsküla pangad on analoogse tekkega, vajab veel selgitamist.
Linna lõunapoolses osas, kus aluspõhja kõrgus on rohkem kui 30 m üle merepinna, paljandub mitmes paigas ***Jaagarahu lademe Vilsandi kihtide rahkjas paas*** (dolomiidistunud bioherm) paksusega üle 3 m (puuraugu andmeil). Vahetult selle all lasuvad detriitsed onkoliite sisaldavad dolomiidistunud lubjakivid, mis on tugevad ja heade ehituslike omadustega, kuid ei paljandu. Allapoole läheb läbilõige järjest savikamaks kuni Paramaja kihistu mergliteni välja.

Linna põhjaosas, linnuse ehitamise paigas, kiildub maapinnale juba detriitse kivimi all lasuv dolomiit, mille ülemine osa (paljandub piiskopilinnuse kaevandis) on veel ehituseks kõlblik, alumine aga mitte (paljandus keskaegse asula keldris 1998. a. suvel).

Liivi sõja ajal käis Lihula korduvalt käest kätte. 1643. a. andis kuninganna Kristiina loa linnuse lammutamiseks, et kasutada sellest saadavat ehituspaasi mõisa ja aleviku majade ehitamiseks. Praeguse linna dominant – klassitsistlik mõisasüda, rekonstrueeriti 1840. a. Kasutatud on kohalikku linnusest saadud dolomiiti ning ***Tuudi*** paemurru heakvaliteedilist ***dolomiiti***.

Linnuse rekonstrueerimistöödel on kasutatud Ungru kivi. Linnusest leitud skulptuuridest (Lihula muuseumis) on vähemalt üks ***Kaarma dolomiidist***. Mõisahoonetes kasutatud kivist võiks märkida veel ilusat ***dolomiidikast onkoliitlubjakivist*** häärberi välistreppi, mis kaevandatud ilmselt lähiümbrusest, pole ju ***Maasi kihtide*** basaalse onkoliitdolomiidi avamus Lihulast kaugel.

18. PEATUS. SALEVERE SALUMÄGI

Looduslikult kaunis Salevere Salumägi paikneb ligikaudu 15 km Lihulast läänes. Tegemist on kunagise rannaastanguga, millest meri on viimaste aastasadade jooksul taandunud mitme kilomeetri kaugusele. Siit avaneb kaunis vaade Matsalu lahele ja Väinamere rannikule. Rannaastang on kujunenud ***biohermkõviku*** lääne- ja põhjaserva, kus tänapäeval paljanduvad kuni 1 km pikkusel lõigul üksikute astangutena ***Wenlocki*** kõige vanemad biohermsed ja viimaseid ümbritsevad põimjaskihilised lausdetriitsed dolomiidistunud lubjakivid. Biohermne kompleks on jälgitav kuni 7 m paksuselt. Viimase alt välja voolava allika kohal paljanduvad ka biohermkompleksi alumine piir ja sellest madalamale jäävad domeriidid. Arvukad (kuni 15) ulatuslikud paljandid võimaldavad jälgida mere madalikuvööndis toimunud fatsiaalseid muutusi. Läbilõike iseloomustamiseks on valitud profiil allika vahetus läheduses (Einasto jt., 1991). Profiilis võib eraldada kahte põhilist kompleksi, millede iseloomustus alt üles on järgmine (joonis 11):

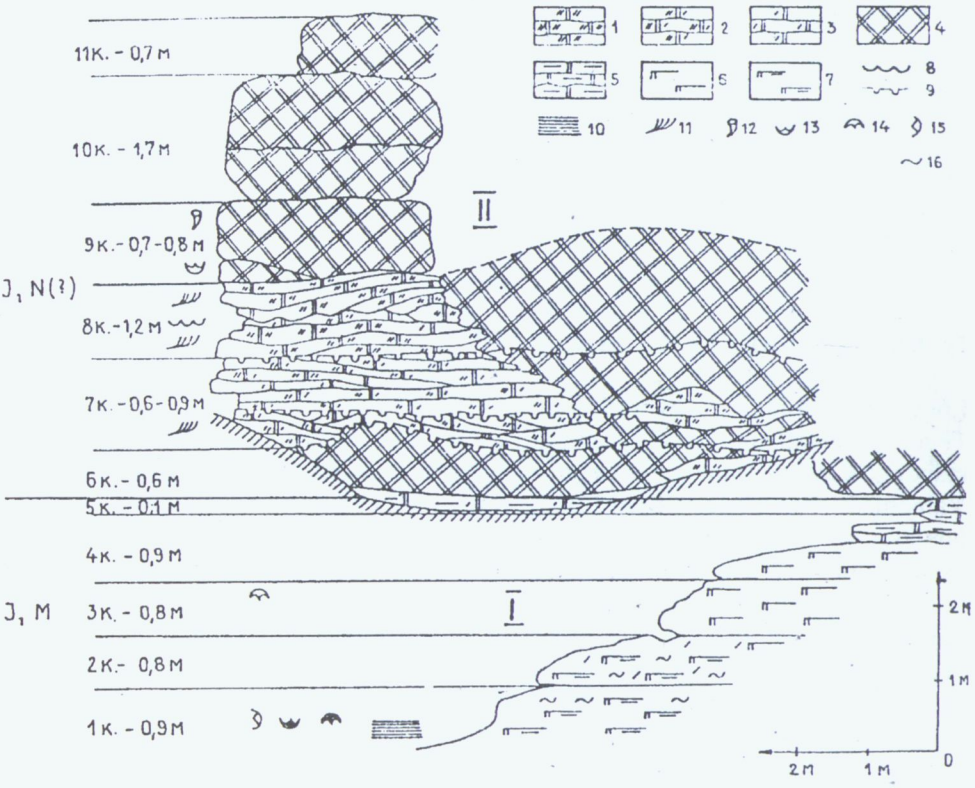
1. 3,3+ m (1.-5. kiht) tumehallid, porsunult kollakad ***savidomeriidid***, mis läbilõikes ülespoole muutuvad karbonaatsemaks (ilmuvad dolomiitdomeriidid). Savidomeriidis võib kohati märgata mikrokihilisust, leidub ka üksikuid tugevalt püriidistunud brahhiopoodide kaasi, ostrakoode ja tõenäoliselt ka trilobiitide fragmente. Läbilõike ülemises osas ilmuvad üksikud savika dolokivi mugulad ja vahekihid. Kompleksi ülemine piir on selge, võimalik, et tegemist on kulutusega

2. 6,6 m (6.-11. k.) biohermne kompleks, mis liigestub alt üles:

0,6 m (6. k.) tugevalt dolomiidistunud massiivne kuni nõrgalt väljendunud läätsja murenemispildiga ***biohermne dolokivi***. Karkassi moodustajad dolomiidistumisel tundmatuseni muutunud fossiilid – on võimalik korallide ja stromatopooride esinemine. Ülemine piir – tugevalt laineline kulutuspind.

0,6-kohati 2,1 m (7.-8. k.) all sorteeritud ***lausdetriitne*** biomorfne jämedetriitne keskmise- kuni paksukihiline dolokivi. Ülemises pooles (7. k.) esinevad selgelt väljendunud põimjaskihilised seeriad. Tera jämedus kasvab ja sorteerumus väheneb läbilõikes alt üles. Kogu kihikompleks asendub lääne suunas biohermse dolokiviga. 7. kihi sees ja 7.-8. kihi piiril tugevad kulutuspinnad, mis on jälgitavad ka biohermses kivimis. Kompleksi ülemine kontakt tugevalt laineline, meenutab kohati korrapäratuid viresid.

3,1-3,2 m (9.-11. k.) massiivne ühtlaselt kavernoosne biohermne dolokivi. Alumises osas (9. k.) on äratuntavad üksikud rugoosid ja brahhiopoodid. Kompleksi keskmist osa (10. k. keskel) läbib silelaineline pind. Tõenäoliselt tegemist kulutusega.



Joonis 11. Salevere Salumäe profiil (R. Einasto ja P. Männiku järgi).
1 - jämedetriitne dolokivi, 2 - peen- kuni jämedetriitne dolokivi, 3 - peendetriitjas dolokivi, 4 - dolomiidistunud bioherm, 5 - savikas dolokivi, 6 - dolomiitdomeriit, 7 - savidomeriit, 8 - lainevired, 9 - katkestuspind, 10 - mikrokihilisus, 11 - põimjaskihilisus, 12 - rugoos, 13 - brahhiopood, 14 - trilobiit, 15 - ostrakood, 16 - ussikäik.

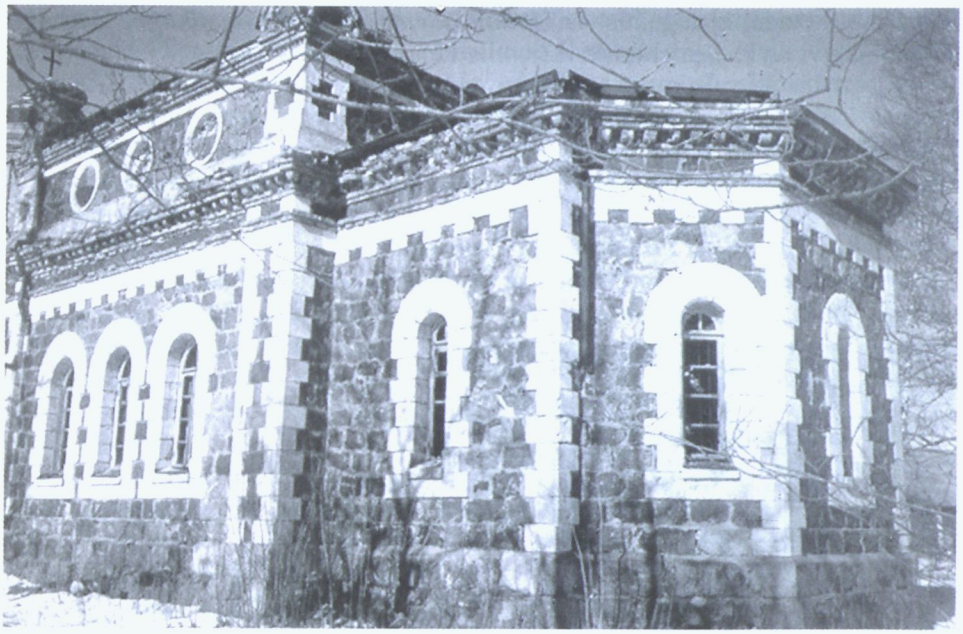
Kirjeldatud kompleksi stratigraafiline asend ei ole veel päris selge. ***Domeriidid*** (I kompleks) kuuluvad ilmselt ***Jaani lademe Mustjala kihistiku*** ülemisse ossa. Ka ***biohermse kompleksi*** vanus on ebaselge, kuid üldist geoloogilist situatsiooni silmas pidades võib oletada, et tegemist on ***Jaani lademe Ninase kihistikuga***. Detriitne kihiline lubjakivi on ka hea ehituskivi (joonis 12).

Joonis 12. Salevere pangapealne "kõrghoone" - ehituskiviks kohalik detriitne kihiline dolomiit.

19. PEATUS. KÕMSI KIRIK

Peaaegu maantee kõrval paiknev, kuid võssa kasvanud, möödunud sajandi lõpul ehitatud kirik on küllaltki tüüpiline näide möödunud sajandi keskpaigast alguse saanud õigeusu kirikute ehitamisest. Koos on kasutatud graniiti, tellist ja paekivi. Valik on langenud ***Kurevere dolomiidile*** (joonis 13), mis on Matsalu lahest lõuna poole jääval Läänemaal ja osaliselt Pärnumaalgi põhiline raidkivi olnud läbi aegade. Nii rahkja dolomiidi kui seda katva ja asendava punasekirjalise dolomiidi kasutamiskogemus (Hanila ja Karuse kiriku raiddetailid, Virtsu linnuse soklikorrus, Paatsalu mõisa vahimaja avade äärised ja nurgakivid) pärineb 13. sajandist ning on

kestnud vähemalt möödunud sajandi lõpuni. Kurevere dolomiidi vastu on huvi ilmutanud ka kaasaegsed kiviraidurid.



Joonis 13. Kurevere dolomiidi laialdast kasutamist raidkivina saab seletada vaid tema heade ehituslike omadustega. Välimuselt ja töödeldavuselt on kivi võrreldav Mõega dolomiidiga Muhus. Mõlemad kuuluvad Vilsandi kihtide tipmisse ossa.

20. PEATUS. KUREVERE PAEKARJÄÄR

Kurevere on ***üleriigilise tähtsusega ehitusdolomiidi*** maardla. 1991.-1992.a. uuriti Kurevere dolomiiti koondise "Eesti Külaehitus" tellimusel ning kinnitati ehitusdolomiidi varu. 1993.a. ühistöö raames Soome aktsiaseltsiga Nordkalk uuriti eelmisega külgnevat ala ja kinnitati varu, kusjuures ei avalikustatud tulevasi kasutusalasid ja kaevandamise mahtusid. AS Kurevere kaevandas 1998.a. 51000 m^3 ehitusdolomiiti, mis ametlikult läheb ehituskillustikuks garanteeritud survetugevuse margiga 600.

Maavaraks on maardlas ***Jaagarahu lademe riffdolomiit,*** mis moodustab maardla keskosa ja seda ümbritsev ***peenkristalliline kollakas ja hall dolomiit***. Hall dolomiit moodustab ka rifi lamami. Kasuliku kihi paksus kõigub 2,2-10,0 m, sealhulgas riffdolomiidil 1,7-10,0 m.

Tervet dolomiidikompleksi läbilõiget iseloomustab külmakindlusmark 50, veeimavus keskmiselt 1,94%. Dolomiidi keemiline koostis on: CaO – 24,72-30,50%; MgO – 19,4-22,68%; lahustumatu jääk – 1,24-4,9%; Fe_2O_3 – 0,28-0,63%.

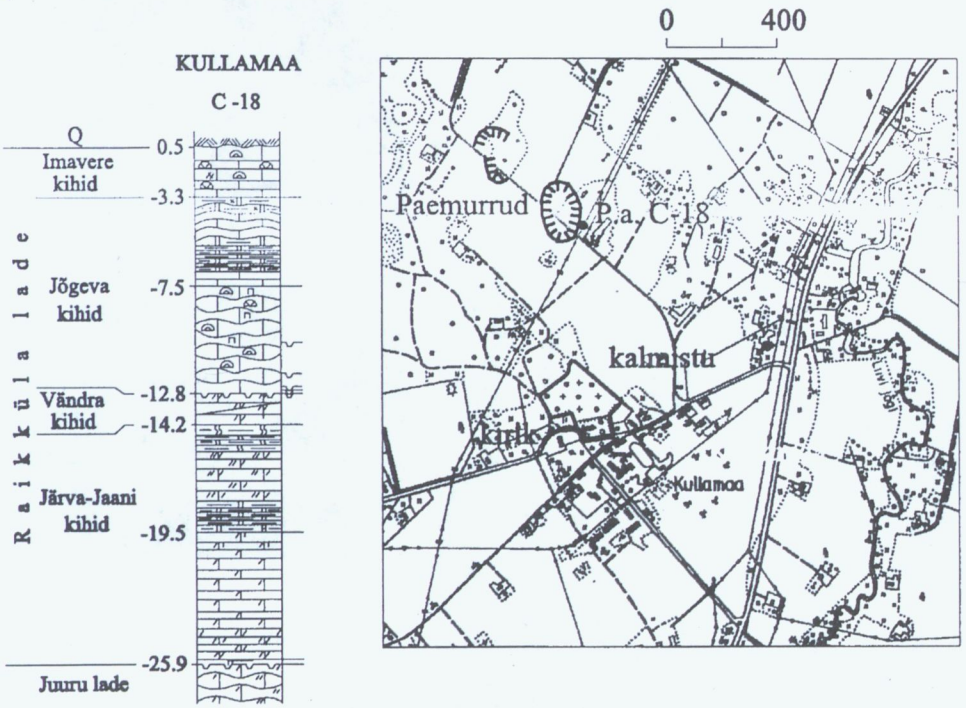
Kohati on karjääris näha dolomiitide ülaosas 0,5-0,7 m paksust ***massiivset punasekirjalist dolomiiti*** (Kõmsi kirikus nähtu), mis kuulub Jaagarahu lademe Vilsandi kihtide ülemisse ossa ning kujutab endast suurepärast raidkivi (Kõmsi kiriku näitel).

21. PEATUS. KULLAMAA VANA PAEMURD

Kullamaa kirikust 700 m põhja suunas, põlluvahetee ääres paikneb peaaegu täielikult kinnikasvanud paemurd, mille parim läbilõige paljandub murru loodeosas 1,1 m sügavuses kaevandis:

0,5 m – valkjashall mikrokristalliline tugev plaatjas stüloliitpindadega nõrgalt ränistunud lubjakivi, sisaldab koralle ja stromatopoore. Kihipaksus on 10-30 cm. Hea ehituskivi.
0,2 m – korallidest ja stromatopooridest koosnev nõrgalt tsementeeritud konglomeraat.
0,4 m – üldmuljelt massiivne mikrokihitatud plaatjas lubjakivi, mille õhukesed (2-10 mm) kihid eralduvad kohati kergesti õhukese mergli vahekihi tõttu.

Eelpoolnimetatud vanast paemurrust 400 m loodes asub veel vanem ja enam kinnikasvanud ning risustatud paemurd, kus paljanduvad eelkirjeldatule analoogsed kihid. Otsustades murru kõrval paikneva puuraugu C-18 läbilõike järgi (Haas, 1976) paljandub murrus ***Raikküla lademe Imavere kihtide*** lubjakivi (joonis 16), mida on kasutatud Kullamaa kiriku, Jõgeva kõrtsi, Liivi mõisa ja võimalik, et ka Väike-Lähtru kiriku ja koolimaja ehitamisel.



Joonis 14. Kullamaa paemurdude asendiplaan ja puuraugu läbilõige (litoloogia A. Haasi järgi).

22. PEATUS. KULLAMAA KIRIK

Kirik on ehitatud 13. sajandil. Algul oli kirik tornita ja koorita ühelööviline Haapsalu kindluskiriku tüüpi hoone. Hiljem on kirikut mitmel korral ümber ehitatud. Nii müüriti lõunaküljel kinni akende alumine osa, 18. sajandil tehti lõunakülje läänepoolsesse otsa tugipiilarid, 1868. aastal valmis koor ja aasta hiljem torn.

Kirikus on mitmed paekivist hauaplaadid, mille päritolu vajab selgitamist, samuti paeplaatidest põrand (***Orgita dolomiit***?) ***Kullamaa paemurru*** ilusast valkjast ***Raikküla lademe*** lubjakivist on sokli karniis, nurgakivid ja portaali raamistus.

Kirikuaias pakub huvi Sitakoti Matsi rõngasrist aastast 1671 (joonis15), valmistatud ilmselt Kullamaa lubjakivist. Nii kirikuaias kui kirikuga külgneval kalmistul on hulganisti ***Vasalemma "marmorist"*** riste (1790-1901), millest pooled on lõhenenud ja mitmed ka laiali pudenenud. Ei puudu ka Läänemaale omased ***Ungru kivist*** ristid (1820-1850).

A

B

Joonis 15. Kullamaa paemurru lubjakivi on hea ehitus- ja raidkivi.
A - Kiriku läänefassaad.
B - Sitakoti Matsi rõngasrist, mille vanuses nii mõnedki kahtlevad.

23. PEATUS. MÄRJAMAA KIRIK

Märjamaa Maarja kirik oli keskajal Lääne-Eesti tugevaim kirik. Algkirik on pärit 14. sajandi esimesest kolmandikust. Kõrgeid seinu raamistavad kantkivist nurgaketid, mis koosnevad 20-30 cm paksusest Orgita ***tüüpi dolomiidist*** ja hallist peenviirutatud dolomiidist (algselt teraline?). Sein on kollakast ussikäikudega dolomiidist (10-25 cm paksusega). Akende raamid ja veelauad on samuti massiivsest dolomiidist. Monumentaalne torn ehitati 15. sajandil Tallinna võimsate kirikutornide eeskujul. Kasutatud on erinevaid paekive: mikrokristallilist lubjakivi ja tumehalli savikat plaatjat dolomiiti.

Kirik kannatas raskelt II Maailmasõjas, restaureeriti 1958-60. Ka läänefassaadil paiknev Orgita dolomiidist peaportaal on restaureeritud. Kiriku kõrval on väravmonument – Isamaasõjas langenute mälestussammas, mis on ääristatud mikrokihilise Orgita (?) dolomiidiga.

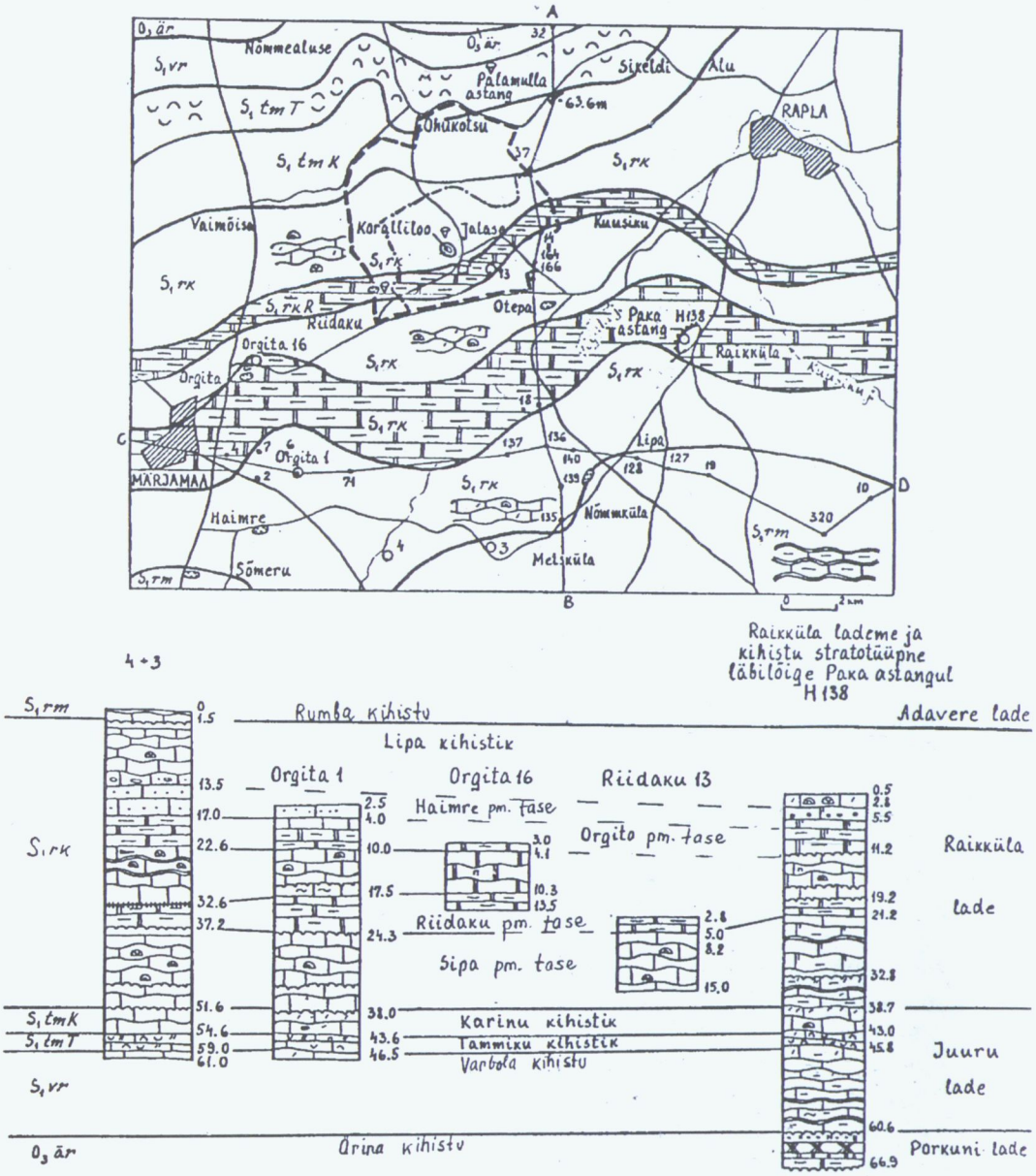
Kirikuaed on üks paremaid kohti Orgita dolomiidi ja teiste paekivide külmakindluse jälgimiseks, sest siin on suurel arvul 17.-20. saj. riste ja hauakatteplaate. ***Orgita dolomiidist*** ja ***Vasalemma "marmorist "***, ***Ungru kivist*** ning ***kohalikust kivist*** (sama, mis pikihoone seinakivigi, 1641). Ka ***Kaarma dolomiidist*** mälestussammas (1799) kuulub siia ansamblisse.

24. PEATUS. ORGITA PAEMURD

Orgita paemurd asub ***Orgita-Haimre ehituskivi maardlas***, mille varu kinnitati 1980. a. Maardla piires on alates 1992.a. kaks mäeeraldist: AS Orgita Paas ja AS Alver. 1998. aastal kaevandas vaid AS Orgita Paas 8100 m³ dolomiiti, mis läks põhiliselt müügiks paetoodangut valmistavatele firmadele.

Kivi murtakse kolmel tasemel: alumine osa, mis koosneb plaatjatest lubjakividest, on sobiv kõnniteeplaatideks ning saagimiseks viimistluskivideks. Keskmises osas lasuv ***Orgita dolomiit*** paksusega 4-5 m on uues murrus läbitud sagedastest tektoonilistest lõhedest, mistõttu kvaliteetse kivi väljatulek on madal – 20%. Dolomiiti kattev kuni 1 m paksune murenenud lubjakivi murtakse puistangusse. Orgita dolomiit on kahtlemata üks Eesti vanema kasutusega raidkive. Kivi on kasutatud alates vähemalt 14. sajandist (Märjamaa kirik), rohkesti on seda veetud raidtöödeks Tallinna (Suure Rannavärava vapp, Oleviste kiriku Maarja kabeli raiddetailid, Mustpeade maja vapp jm.), Harjumaale, Läänemaale, Pärnumaale, Peterburi. Orgita dolomiidist tundub olevat ka Vigala kirikus paiknev Eesti vanim paerist (14. saj.).

Märjamaa-Raikküla vahelisel alal avaneb Orgitast põhja pool (joonis 16) kuulsa dolomiidiga ***analoogne*** paeläbilõikes madalamal tasemel paiknev dolomiit (Raikküla lade, Järva-Jaani kihtide ülemine osa). Kivim on kvaliteedilt ***peaaegu võrdne Orgita dolomiidiga*** ning on laialdast kasutust leidnud raidkivina ehitistes (Rapla kirik, Kuusiku mõis, Parkovi talu Jalasel jm.). Tutvuda saab nimetatud Orgitalaadse dolomiidiga Riidaku ja Kabala vanades murdudes. ***Riidakul*** on paljanduvus parem ja murd kergemini ligipääsetav. Puuraukudes on Riidaku dolomiiti 2-4 m paksuses.



Joonis 16. Orgita tüüpi dolomiitide levikualad Märjamaa-Rapla piirkonnas.

25. PEATUS. AS GILDEMANN'I PAETÖÖSTUS JALASEL

Paetööstus, mida juhivad vennad Mihkel (joonis 17) ja Madis Villand, baseerub ***Orgita dolomiidi*** töötlemisel. Väga kvaliteetne toodang on kõrge kunstilise väärtusega ning mõeldud meid ümbritsevat ***keskkonda rikastama*** kõikvõimalike paest kujunditega nagu vaasid, purskkaevud, sambad, kaminad, aknaraamid, küünlajalad jt. dekoratiivvormid.

Orgita dolomiit on tihe pastelsetes hallikates, rohekates, beežikates toonides kivim, mille parimad erimid on ka välistingimustes vastupidavad. Firma andmeil on kivimi ***keemiline koostis*** järgmine: CaO – 28%, MgO – 17%, lahustumatu jääk – 7-15%, SiO_2 – 7,76%, Al_2O_3 – 2,31%.

Füüsikalis-mehhaanilised omadused (samuti firma andmeil) on: erikaal – 2,52 g/cm³, poorsus – 10,60%, veeimavus – 2,70%, survetugevus kuivalt – 600-1200 kg/cm², survetugevus märjalt – 500-900 kg/cm², survetugevus pärast 25 külmatsüklit – 500-800 kg/cm².

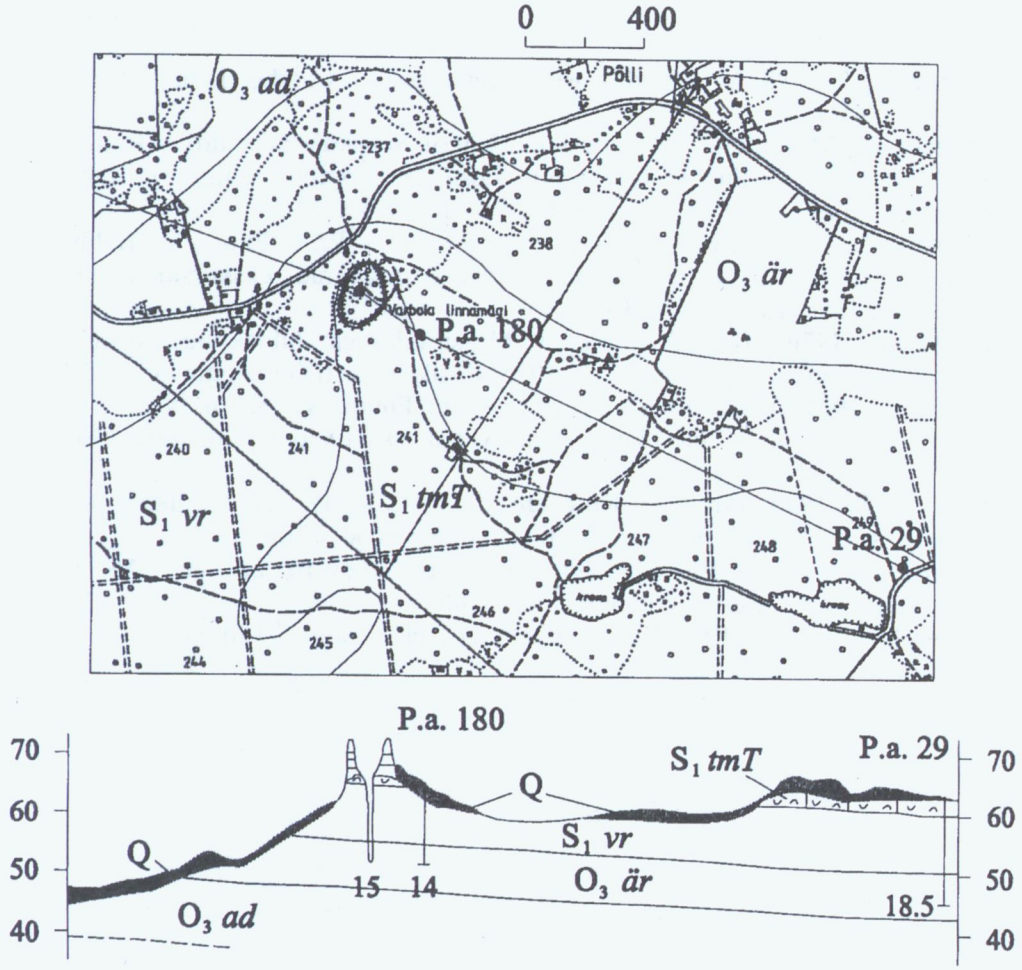
Joonis 17. Mihkel Villandi oma firmas valmistatud kamina ees.

26. VARBOLA LINNUS

Varbola linnus on üks Eesti suurimaid linnuseid, asetseb lameda 3-4 m kõrguse aluspõhjakõrgendiku põhjaotsas (joonis 18). Kõrgendik koosneb ***Varbola kihistu*** savikatest lubjakividest, mille peal on mütsina tugevast ***Tamsalu kihistu*** *borealis*-lubjakivist koosnev kate (~1 m). Õue ümbritseb kuivmüürseinte ja palkidega toestatud kividest vall, mis koosneb peamiselt linnuse jalamil paiknevatest paevõtukohtadest ja kraavidest murtud kohalikust kivist. Linnuse läänepoolne väravakäik on taastatud ja kuivmüüriga kindlustatud. Müüris on nähtav lai gamma lähiümbruses paljanduvaid kive alates paksukihilisest ***Röa kihistu dolomiidist*** ja lõpetades *borealis*-lubjakiviga ning selle dolomiidistunud paksukihilise erimiga.

Erilist tähelepanu äratab vana ***linnusekaev,*** mis on raiutud paesse ning avab Tamsalu kihistu ja Varbola kihistu piiri. Kaevusein on Varbola kihistu stratotüüpne paljand. Kaev on ebatavaliselt suur ja avar, põhjakülg on vooderdatud paega (restaureeritud). Kaevu esialgne sügavus ulatus 15 meetrini, millest annavad tunnistust kaevu serval lebavad ilmselt põhjast välja visatud Röa kihistu tükid. Nii sügav kaev oli vajalik veetaseme sagedaste kõikumiste tõttu. 1939. aasta kuival sügisel olevat saanud põhja isegi luuaga pühkida. Kaevu läbib ka ulatuslik karstilõhe, mis tuli ilmsiks restaureerimistöödel 1980-ndail aastail.

Linnust kasutati 12.-14. sajandil. Linnuseõuel on ka elamukohad, millel olid paeplaatidest põrand ja seinaalused. 15.-17. sajandil kasutati linnuseõue kesk- ja lääneosa kalmistuna.



Joonis 18. Varbola Jaanilinna ümbruse skemaatiline geoloogiline kaart.

KIRJANDUS

Allikmaa, A. 1998. Maavarad. – Rmt.: Läänemaa II. Loodus. Lääne Maavalitsus, Haapsalu, 41-44.

Einasto, R., Männik, P. 1991. Pusku e. Ungru–Sepaküla paemurd. – Rmt.: Puura, V., Kalm, V. & Puura, I. (toim.). Eesti geoloogiline ehitus ja maavarad: ekskursioonijuht. Eesti Geoloogia Selts, Tallinn, 49-51.

Einasto, R., Männik, P. 1991. Salevere Salumägi. – Rmt.: Puura, V., Kalm, V. & Puura, I. (toim.). Eesti geoloogiline ehitus ja maavarad: ekskursioonijuht. Eesti Geoloogia Selts, Tallinn, 51-53.

Haas, A. 1976. Aruanne väikese Mg-sisaldusega lubjakivide otsimistööde tulemustest Palivere ümbruses 1974-1975. Käsikiri. Eesti Geoloogia Fond, Tallinn.

Hints, L. 1991. Vasalemma karjäär. – Rmt.: Puura, V., Kalm, V. & Puura, I. (toim.). Eesti geoloogiline ehitus ja maavarad: ekskursioonijuht. Eesti Geoloogia Selts, Tallinn, 46-47.

Korbut, S. 1993. Aruanne Kurevere dolomiidilevila geoloogilisest uuringust aktsiaseltsile Nordkalk. Käsikiri. Eesti Geoloogia Fond, Tallinn.

Kruus, V. 1996. Ehituslubjakivi aktiivse tarbevaru arvestus AS Erksaar mäeeraldise piires. Eesti Geoloogia Fond, Tallinn.

Raam, V. (üldtoim.) 1996. Eesti Arhitektuur 2 ja 3. Valgus, Tallinn.

OÜ «Greif». Tellimus nr. 2147.

OÜ REI Geotehnika

- Ehitusgeoloogilised ja geotehnilised uuringud
- Hüdro- ja ökogeoloogilised uuringud ning seire
- Vaiade ja pinnase koormuskatsed
- Keskkonnaekspertiis ja keskkonnamõju hindamine
- Kaevude projekteerimine ja puurimine
- Vundamentide projekteerimine ja tugevdamine
- Tehnoloogiliste aukude puurimine pinnasesse
- Ehitusjärelvalve ja erialane nõuanne

Direktor: Rävala pst. 8 Tel. (2)660 4576
10143 Tallinn, e-mail heimonen@online.ee
Geoloogid: Suur-Sõjamäe 36. Tel. (2)646 5139; Faks (2)646 5123
11415 Tallinn; e-mail leinsalu@online.ee
Tehnokeskus: Tel. (2)646 5137

Tartu Ülikool
GEOLOOGIA INSTITUUT

Bakalaureuse-, magistri- ja doktoriõpe ning teadustöö

- geoloogia ja mineraloogia õppetool
- paleontoloogia- ja stratigraafia õppetool
- pinnakatte ja rakendusgeoloogia õppetool
- geoloogiamuuseum

Rakendusuuringud ja teenused

- mineraalide ja nende segude kvalitatiivne ja poolkvantitatiivne määrang, struktuuriuuring (XRD)
- keemilise koostise (makro- ja mikrokomponentide) määrang (ICP, AAS)
- ^{14}C dateeringud
- geoloogia-alane täiendkoolitus, konsultatsioonid ja ekspertiis (geofüüsika, geokeemia, geotermika, hüdrogeoloogia, mineraloogia, paleontoloogia, petroloogia ja pinnakattegeoloogia vallas)

Aadress : Vanemuise 46 , 51014 Tartu
Tel. / Faks 27-375836
E- post geol@ut.ee; kodulehekülg: http://www.ut.ee/BGGL

Ekskursiooni teekond ja peatused.