



Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

EESTI GEOLOOGIAKESKUSE TOIMETISED

**BULLETIN
OF THE GEOLOGICAL
SURVEY OF ESTONIA**





Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

EESTI GEOLOOGIAKESKUSE
TOIMETISED
12/1

BULLETIN
OF THE GEOLOGICAL SURVEY
OF ESTONIA
12/1

TALLINN 2016

Eesti Geoloogiakeskuse Toimetised
Ilmub 1991. aastast

Bulletin of the Geological Survey of Estonia
Published since 1991

Eesti Geoloogiakeskuse ajakiri, ilmub ebaregulaarselt.

Journal of the Geological Survey of Estonia, published
irregularly.

Toimetus: Kadaka tee 82, 12618 Tallinn
Tel 672 0094
Faks 672 0091
E-post egk@egk.ee

Editorial office: Kadaka tee 82, 12618 Tallinn
Tel. + 372 672 0094
Fax + 372 672 0091
E-mail egk@egk.ee

Toimetajad: Katrin Kaljuläte,
Anne Pöldvere ja Kalle Suuroja

Editors: Katrin Kaljuläte,
Anne Pöldvere and Kalle Suuroja

Tehniline abi: Heikki Bauert, Katrin Kaljuläte ja
Anne Pöldvere

Technical help: Heikki Bauert, Katrin Kaljuläte and
Anne Pöldvere

Küljendaja: Sten Suuroja

Layout: Sten Suuroja

ISSN 1021-7428

© Eesti Geoloogiakeskus 2016

Kaanepilt: Diktüoneemakilt (ülal) ja oobolusliivakivi (all) Pakri neemel. K. Suuroja foto.



KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS

XXIII Aprillikonverentsi korraldamist ja trükise koostamist toetas Keskkonnainvesteeringute Keskus SA

SISUKORD

Saateks	5
Ressursi ja maavara valitsemise ümbervaatamisest. <i>Kaupo Reede, Timo Tatar, Joel Peetersoo</i>	6
Majandusgeoloogia. <i>Väino Puura</i>	10
Säästvast arengust ja Eesti geoloogiast. <i>Anto Raukas</i>	15
Kauaks veel põlevkivi? <i>Eduard Pukkonen</i>	20
Raua needmine. <i>Kalle Kirsimäe</i>	26
Fosfor, fosforiit, keskkond ja inimene. <i>Valter Petersell</i>	29
Vaivara Sinimägede ja dislokatsioonide vööndi tekkest. <i>Kalle Suuroja, Kuldev Ploom</i>	37
Tegemata jäänud töid ja tegemisi. <i>Reet Karukäpp</i>	57
Arvamusuuring Ida-Virumaa tööstusparandi ja maastiku väärtustamise teemal. <i>Kaie Metsaots</i>	73



Nostalgiline hetk Kamtšatka geoloogiliselt kaardistamiselt
1981. aastal. E. Pukkoneni foto.

SAATEKS

Aprillikuu esimene pühapäev kinnitati geoloogide ametipäevaks 31. märtsil 1966. aastal NSVL Ülemnõukogu presiidiumi käskkirjaga. Ametipäev tähistab geoloogide töösüklis talviste tööde lõppu ning suviste välitööde ja ekspeditsioonide perioodi algust.

Geoloogide päev oleks meil Eestis juba ammu unustuse hõlma vajanud, kui poleks seda meie oma Aprillikonverentsi, mida Eesti Geoloogiakeskuse kaardistamise osakonna eestvedamisel on juba 23 aastat järjepanu korraldatud. Aastatega on konverentsist osavõtjate arv kasvanud algaasta mõnekümnest kuni 2015. aasta kaheksajani. Osavõtjate arv on kasvanud, aga pidu ise on jäänud tagasihoidlikumaks. Aja märk! Nii nagu ka geoloogiliste tööde riiklik tellimus on aastatega jäänud järjest väiksemaks ja rahastamine tagasihoidlikumaks. Ka välitöid ja võimalusi nende läbiviimiseks on jäänud vähemaks, kuid geoloogi hing ja uudishimu maapõue saladuste avastamisel on püsinud muutumatu, eriti neil inimestel, kes kogu oma südame ja hinge on geoloogiale andnud.

Aprillikonverentsi ellu kutsumine sündis rakendusgeoloogia arutamist ja avalikustamist vajavate argiste probleemide pinnalt. Esimesed geoloogide päeva pidulikke osa sissejuhatavad konverentsi laadi koosolekud toimusid Keila Geoloogiaekspeditsioonis juba 1980-ndate lõpus. Osakondade esindajad tutvustasid seal oma töid ja tegemisi ning sõna võeti ka maapõue uuringute korraldamist puudutavatel teemadel. Huvi ürituse vastu kasvas. 1992. aastal, kui Eesti oli vabaks saanud ning elu ja mõtlemine vabamaks läinud, korraldati konverents esmakordselt Aprillikonverentsi nime all. Sellega vihjati ka Lenini poolt 1917. aasta 3. aprillil välja kuulutatud Aprilliteesidele, milles peale proletarise revolutsiooni lubati rahvale nii rahu, leiba kui maad. Oma programmilises kõnes mainisid korralda-

jad naljatamisi, et erinevalt 75 aastat eest välja öeldule täidavad nad oma lubaduse – propageerida geoloogiat. Naljatumise põhjust võib otsida ka selle tagant, et nii mõnigi kord sattus Aprillikonverentsi päev 1. aprillile – naljapäevale.

Esimesel Aprillikonverentsil keskenduti valdavalt äsja lõpule jõudnud Hiiumaa süvakaardistamise resultaatide ja Kärkla meteoriidikraatri tutvustamisele. Esimesed viis Aprillikonverentsi toimusid Keila Geoloogiaekspeditsiooni hoones Piiri tänav 5, siis Tallinnas Eesti Geoloogiakeskuse hoones Kadaka tee 82 ja viimasel ajal enamasti TTÜ Küberneetika Instituudi majas Akadeemia tee 21.

Konverentsi viimase kümne aasta teemad kajastavad jätkuvalt aktuaalseid maapõue- ja keskkonnauuringutega seotud probleeme: lähenevad rannad, geoloogilise kaardistamise poolsajand, põlevkivimaa – probleemid ja tulevik, unustatud maavarad, Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine, Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest, rakendusgeoloogilistest uuringutest Eestis – olevik ja tulevik, geoloogialt ühiskonnale.

Konverentsi ettekandjate ringi on lisandunud teadlased, mäemehed ja looduskaitse korraldajad. Huvi aktuaalsete maapõue küsimuste vastu on aastatega ainult suurenenud, kuid Aprillikonverents on jätkuvalt seotud eelkõige geoloogide päevaga ja nii peab see ka jääma! See on geoloogide üritus kõige ehedamal moel, kes vajavad oma erialase töö paremaks korraldamiseks regulaarseid innustavaid olevikku ja tulevikku vaatavaid mõttetalguid maapõue uuringute teemal.

Käesolev „Eesti Geoloogiakeskuse Toimetiste“ number on pühendatud XXIII Aprillikonverentsile, mille deviisiks oli „Eesti maapõue strateegia“, ja seal peetud ettekannete põhjal kirjutatud artiklitele.

Kalle Suuroja
Eduard Pukkonen
Anne Pöldvere

RESSURSI JA MAAVARA VALITSEMISE ÜMBERVAATAMISEST

Kaupo Reede, Timo Tatar, Joel Peetersoo

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, majandusarengu osakond ja energeetika osakond

Loodusvarade targa majandamise olulisus. Loodusvarade jätkusuutlik majandamine on samaaegselt nii riigi majandusarengu kui keskkonnakaitse küsimus. Looduslik kapital, mis kokkuvõtlikult hõlmab kõiki loodusressursse ja eluliselt olulisi ökosüsteemi teenuseid, loob arengu aluse teistele kapitali tüüpidele – toodetud kapitalile (tootmise infrastruktuur, varustus, linnaruum) ja mittemateriaalsele kapitalile (tööjõud, teadmised, oskused, sotsiaalsed suhted, institutsioonide ja poliitikate kvaliteet). Koos moodustavad need ühiskonna tootmisvõimekuse. Kuigi looduslik kapital on majandusarengu aluseks, saab see pahatihti teenimatult vähe tähelepanu, mis võib tähendada nii mõnegi protsendi kaotust sisemajanduse kogutoodangus (OECD 2011).

Väljaandes “Kus on riikide rikkus?” (*Where is the Wealth of Nations?*, World Bank 2006) kirjeldatakse Maailmapanga riikide kapitali hindamise meetodi analüütilist rakendamist erinevatele varade tüüpidele – looduslikule, toodetud ja mittemateriaalsele kapitalile. Maailmapanga hinnangu kohaselt on ülekaalukalt domineeriv kapitali vorm maailmas mittemateriaalne kapital (tabel 1). Mittemateriaalse kapitali osa riikide varade kogumahu suureneb nende jõukuse kasvades, toodetud kapitali osakaal jääb enam-vähem samaks ning loodusliku kapitali osakaal väheneb. Kuigi osakaalu poolest vähenev, loob looduslik kapital absoluut-

väärtuses inimese kohta jõukust kõrgema sissetulekutasemega riikides kordades rohkem kui vaesemates. Samuti säilitab looduslik kapital oma olulisuse eelduste loojana teiste kapitali tüüpide arengule (World Bank 2006).

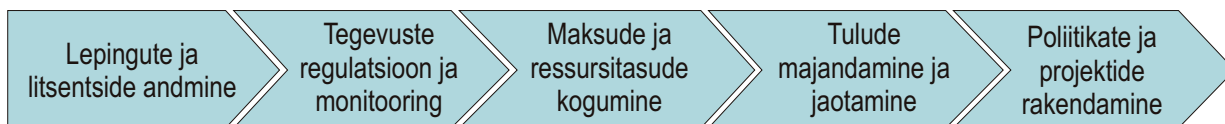
Eriti just madala sissetulekutasemega riikide jaoks on maailmaturul väärtuslikud loodusvarad oluliseks väliste tulude ja riigi sissetulekute allikaks. Loodusressurssidest saadav tulu on arenevate riikide jaoks esiteks jooksvate kulude allikaks, teiseks võib oskuslikul majandamisel nendest saadav sissetulek riigimajandusse olla võtmeteguriks ka tuleviku arengueelduste realiseerimisel. Loodusvarade müügi- ja renditulusid saab kasutada teiste kapitali tüüpide finantseerimiseks ja jõukust tootvate majandustegevuste väljaarendamiseks. Hartwick'i reegli kohaselt peaksid oma taastumatu loodusvarasid majandavad riigid ressursikasutuse rendist saadavate rahaliste vahenditega võrdse osa vahenditest suunama investeringuteks toodetud ja mittemateriaalsesse kapitali (eriti haridusse, tervisesse, õigusloomesse ja kvaliteetse valitsemise praktikate väljatöötamise), mis kombineerituna säästmisega viib riigi arenguni ja jõukuse kasvuni tulevikus (World Bank 2006; OECD 2011).

Loodusvarade väärtuse panustamine jätkusuutlikku majandusarengusse nõuab poliitikaid, mis formaliseerivad ja kodifitseerivad tulude majandamise

Tabel 1. Riikide jõukus elaniku kohta (USA dollarites) ja kapitalitüübi osakaal, 2000. aastal

	Looduslik kapital	Toodetud kapital	Mittemateriaalne kapital	Kogu jõukus	Loodusliku kapitali osakaal	Toodetud kapitali osakaal	Mittemateriaalse kapitali osakaal
Madala sissetulekutasemega riigid	1 925	1 174	4 434	7 532	26%	16%	59%
Keskmise sissetulekutasemega riigid	3 496	5 347	18 773	27 616	13%	19%	68%
Kõrge sissetulekutasemega OECD riigid	9 531	76 193	353 339	439 063	2%	17%	80%

Allikas: World Bank 2006



Allikas: World Bank 2011

Joonis 1. Kaevandavate tööstuste väärtusahel.

protseduurid. Majandamise efektiivsus, läbipaistvus ja arvepidamise reeglitele vastavus on vajalikud kogu taastumatute loodusvarade majandamise väärtusahela ulatuses (joonis 1). Väärtusahela meetodi kasutamine loob aluse kõiki riigi loodusvarade kasutamise poliitikaid hõlmavaks lähenemiseks. Võtmetähtsusega otsustamise kohti loodusressurssidega seotud tööstusharudes tuleks pidevalt hinnata kogu väärtusahela kontekstis (OECD 2011; World Bank 2011). Nii näiteks toimib hea tulude jaotamise mehhanism ainult osalise funktsionaalsusega, kui riik ei suuda tasakaalustamata lepingute alusel saada oma loodusressurssist piisavalt tulu. Samamoodi on poolik lahendus, kui riik omandab ressursilt õiglaselt tulu, kuid ei suuda seda konkreetselt ja kasutoovalt tuleviku jõukuse kasvu investeerida (World Bank 2011).

Euroopa probleemid ja plaanid. Mitte-energeetiliste toorainete varustuskindluse probleemide ja väljakutsete suurt pilti kirjeldati esmakordselt üksikasjalikumalt Euroopa Komisjoni 2008. aasta toorainete initsiatiivis “The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in Europe” (EC 2008). Samas dokumendis kutsuti liikmesriike üles kõrge ressursiefektiivsuse, taastõetlemise ja taaskasutamise saavutamisele suunatud kaevandamise ja riiklike maavarade strateegiate (*National Minerals Strategy*, NMS) väljatöötamisele, mis pööraksid tähelepanu sotsiaalse ja majandusliku arengu jätkumisele ressursikitsikuse ja impordisõltuvuse tingimustes.

Euroopa Liidu liikmesriigid tarbivad 25–30% maailma metallitoodangust, samas toodetakse ise ainult 3% maailma toodangust, ning paljusid olulisi mineraalseid tooraineid ei toodeta Euroopas üldse. Kuigi mäetööstuse otsene maht Euroopa Liidu riikide majanduses võib tunduda tagasihoidlik, ulatub see koos metallide töötlemise ja ehitussektori panusega, mis sõltuvad otseselt või kaudselt kaevandamisest, hinnanguliselt 40%-ni Euroopa Liidu riikide sisemajanduse kogu-

toodangust (EC 2008; FMS 2010; SMS 2013). Euroopa tööstus jääb hinnanguliselt veel pikaks ajaks metalli ja mineraalide intensiivseks kasutajaks ning seega haavatavaks varustuskindluse ja hinnakõikumiste osas (FMS 2010).

Euroopa Komisjon avaldas 2011. aastal oma komisjoni nimekirja 14-st kriitilise tähtsusega toorainest, mille varustuskindluse saavutamisele tuleb erilist tähelepanu pöörata. Komisjon võttis eesmärgiks seda nimekirja iga kolme aasta tagant uuesti hinnata. 2014. aastal ilmus uus, 20 toorainest koosnev nimekiri (EC 2014). Eesti jaoks oluline tooraine fosfaat (fosforiidi koostisosa) on selles uuendatud nimekirjas kui keskmise varustusrisi ja keskmise majandusliku tähtsusega tooraine, mida imporditakse Euroopa Liitu ligi 50% ulatuses Marokost ja Alžeerias, aga ka mujalt. Kriitiliseks toormeks teeb fosfaadi selle teiste toorainetega asendamise ja taaskasutuse võimaluste puudumine.

Põhjamaade maavarade majandamise strateegiad. Euroopa tasemel üleskutse riiklike toorainete majandamise strateegiate väljatöötamiseks on leidnud järgijaid mitmes liikmesriigis. Lisaks Euroopast lähtunud initsiatiivile on majanduse huvigrupid mitmes riigis ka ise märganud võimalust kehtivas turuolukorras oma tugevusi ära kasutada. Eriti Põhjamaades – Norras, Rootsis ja Soomes – on kasvavad investeeringud uuri- ja kaevandamistegevusse olnud piisavalt jõulised, et mõjutada poliitilise tähelepanu pöördumist kaevandamisest tegevustele. Enne praegusi arenguid ei olnud ühelgi neist riikidest konkreetset valdkondlikku katus-strateegiat fookusega toorainete hankimisele kohalikest varudest (Endl, Berger 2014).

NMS-ide ja maavarade poliitike väljatöötamise põhivastutajad Põhjamaades on olnud majandusministeeriumid. NMS-ide väljatöötamise protsess Põhjamaades on olnud olemuslikult kaasav, hõlmates majandus- ja keskkonnaministeeriumeid, samuti avaliku sektori asutusi, akadeemilist ringkonda, erasektori

uurijaid, tööstusorganisatsioone ja keskkonnakaitsjaid (Endl, Berger 2014; FMS 2010; SMS 2013; NSMI 2013). Mõned ühiselt iseloomulikud põhimõtted Põhjamaade NMS-ides on järgmised:

- kaevandava sektori majandustegevusel on paljude teiste ühiskonna protsesside jaoks kaugeleulatav mõju (FMS 2010; SMS 2013; NSMI 2013) – tänapäeva rahvusvahelises majanduses loob kohalikel immobiilsetel ressurssidel baseeruv kaevandav tööstus eeldused pikaajaliseks tasakaalustatud regionaalarenguks (FMS 2010; NSMI 2013);
- kaevandava sektori ettevõtetele tuleb luua konkurentsivõimeline tegutsemiskeskond (FMS 2010). Sektorit puudutavate poliitikate eesmärgid peaksid saama kujundatud selgeteks ja stabiilseteks ning protseduurid lühiajalisteks ja efektiivseteks (FMS 2010; SMS 2013; NSMI 2013);
- maavarade kasvanud tarbimine, nõudlus ja hinnad on loonud stiimuli kaevandamise operatsioonide efektiivsuse tõstmiseks ning teadus- ja arendustegevusest lähtuvatele innovatsioonidele toetava kaevandamismajanduse arendamiseks (FMS 2010);
- maavarade poliitikate väljaarendamine peaks toimuma koostöös teiste kaevandavate riikidega (FMS 2010; SMS 2013). Arenenud riigid peaksid aktiivselt hakkama säästva arengu põhimõtteid ja keskkonnasõbralikke tehnoloogiaid tutvustama ning rakendada neid ka arenevate riikide kaevandamistegevuses (FMS 2010; SMS 2013; NSMI 2013).

Eesti maavarade majandamise taust ja arengud.

Viimase saja aasta jooksul on Eestis välja arendatud mäendus ja sellega kaasnev tööstus, milles on tööga hõivatud kaalukas osa elanikkonnast ning mis on lahutamatu osa Eesti majandusest. See baseerub maapõue ressurssidel, mida mõistlikult kasutades jätkub veel järgmiseks sajaks aastaks ja kauemakski. Mäetööstuse panus Eesti sisemajanduse koguprodukti on viimasel kümnel aastal püsinud vahemikus 4–5%. Kaevandamise maht põlevkivitööstuse tarbeks rahuldab riigi energiavajaduse ja võimaldab ka eksporti. Eesti põlevkivi kasutamise tehnoloogiad on arendatud maailmas kõrgeimale tasemele (Puura 2015).

Mäetööstuse arenguks praegustest soodsamate asjaajamis- ja investeerimistingimuste loomine tõhusa riikliku planeerimise tingimustes võiks Eesti kaevandamissektorit veelgi tugevdada ja anda lisa riigi sissetu-

lekutele. Kuid nende arengute ees on praegu keskkonnakaitsesele ja loodushoiule rõhuvad piirangud, mille motiivid on tihti teaduslikult põhjendamata (Puura 2015).

Loodusvarade, sealhulgas maavarade, kasutamise valdkonna arengu suunaja Eestis on Keskkonnaministeerium, kelle põhimäärus neid selleks kohustabki. Põhimääruse § 7 sätestab, et ministeeriumi „tegevus on suunatud looduskasutuse ja keskkonnakaitsese, majanduse ja sotsiaalsfääri tasakaalustatud arengule“ ning § 6 kohaselt on ministeeriumi valitsemisalas riigi loodusvarade kasutamise korraldamine (VV 2009). Eestis on aga veel teinegi ministeerium, mille põhimääruses sisalduvad täpselt needsamad kohustused. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi põhimääruses on kirjas, et „ministeeriumi tegevuse eesmärgiks on luua tingimused Eesti majanduse tasakaalustatud ja jätkusuutlikuks arenguks“ (§ 10) ning „ministeeriumi valitsemisalas on riigi majanduspoliitika arengukavade väljatöötamine ning elluviimine tööstuse (sh mäetööstuse) valdkonnas“ (§ 11; VV 2002).

Eestis on praegu Keskkonnaministeeriumile seatud kohustus olla nii keskkonna kaitsmist kui ka loodusressursside kasutamist koordineerivas rollis. Samas on Keskkonnaministeerium maavarade majandamise korraldamisel seni selgelt lähtunud eelkõige oma peamisest missioonist – loodushoiust. Lisaks võimude lahuse printsiibi rikkumisele on see kaasa toonud seisaku Eesti loodusvarade ja eriti maavarade majandusliku potentsiaali realiseerimisel ja isegi selle potentsiaali võimaluste uurimisel. Huvide võimaliku vastandumise jätkumise vältimiseks ei tohiks loodusvarade kasutamise uurimine ja arendamine ning järelevalve nende tegevuste üle aset leida samas riigiasutuses – praegusel juhul Keskkonnaministeeriumis. Loodusvarade jätkusuutliku majandusliku kasutuselevõtuga on valmis tegelema ka Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, lähtudes oma tuumikkompetentside – ettevõtluse, ekspordi, impordi ja innovatsiooni – toetamise ja arendamise fookustest.

Eestis ollakse loodusvarade kasutamise ja kasutuselevõtu planeerimisel maailmas hetkel aktsepteeritavate aktuaalsete põhimõtete väljatöötamise ja rakendamisega iseenesest õigel teel – ulatuslikku huvigruppide kaasamist ja mitmekülgselt mõjude sünteesi on arvesse võetud nii Keskkonnaministeeriumi poolt koordineeritud arengukava “Põlevkivi kasutamise riiklik

arengukava 2016–2030” koostamisel (eelnes vajalike andmete analüüs: PAK 2012) kui ka Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi koordineeritud “Energiamajanduse arengukava aastani 2030” koostamisel (eelnev uuring: Grünvald, Lokk 2014).

Maapõue strateegia ettevalmistamist koordineerib Eestis Keskkonnaministeerium, protsessi on kaasanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, asjasse puutuvad riigiasutused, ettevõtlusliitude ja akadeemilise ringkonna esindajad. Maapõue strateegia ettevalmistamise taustaanalüüsi hakatakse läbi viima neljas alltöörühmas, nendeks on: (1) riigi ülesannete määratlemise ja korraldusliku analüüsi alltöörühm; (2) maapõue kasutamise alltöörühm; (3) teadus- ja arendustegevuse, uuringute ning potentsiaalsete maapõueressursside alltöörühm; (4) keskkonnakaitse ja ruumilise planeerimise alltöörühm. Septembris 2015 esitati maapõuepoliitika põhialuste (maapõue strateegia) koostamise ettepanek vabariigi valitsuskabineti nõupidamisele.

Kokkuvõte. Eestil on maavarade poolest rikka riigina võimalused oma loodusvarade majandamisel saada riigieelarvesse täiendavaid vahendeid, mida säästa ning arengupõhiselt investeerida. Eestis leiduvaid ja seni kasutusele võtmata maavarade varusid tuleks uurida, kaardistada ning hinnata nende kasutusele võtmise majanduslikku potentsiaali, perspektiivikut ning viise (Reede, Tatar 2015). Eesti peaks võtma eeskujuks Põhjamaade maavarade majandamise strateegiad, ning sarnastest väärtustest ja põhimõtetest lähtudes koostama oma maavarade uurimise, võimaluste ja kasutuselevõtu strateegia ning selle rakenduskava. Riigi maavarade majandamise strateegia peaks selgelt sõnastama riigi ootuse siin leiduvatele maavaradele ja paika panema maavarade kasutuselevõtmise institutsionaalse rollijaotuse, lähtudes kaevandamismajanduse väärtusahela efektiivsest kaetusest funktsioonidega.

Keskkonnaministeeriumi rolliks peaks olema keskkonnanõuete kvantifitseerimine, keskkonnakaitseliste piirangute kehtestamine ja sellealane järelevalve, samuti majandustegevuse välismõjude kvantifitseerimine. Nende tegevuste puhul on ülimalt oluline tasakaalustada keskkonnakaitse ja majandusarengu huvid, samuti kogutavate rahaliste vahendite konkreetse kasutamise planeerimine. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi rolliks peaks olema loodusvarade

ressursside kaardistamine, kasutamise planeerimine ja kasutuselevõtmise edendamine. Ka kaevandamisload ja muud ressursside majanduskasutusse suunamise algatused peaksid olema Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi organiseerida (Reede, Tatar 2015).

KIRJANDUS

- EC 2008. The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in Europe. Commission of the European Communities. Brussels, 04.11.2008, 13 pp.
- EC 2014. On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative. European Commission. Brussels, 26.05.2014, 7 pp.
- Endl, A., Berger, G. 2014. A Comparative Analysis of National Raw Materials Policy Approaches – with a Focus on Rare Elements in Europe. European Rare Earth Resources Conference in Milos 04.–07.09.2014, 11 pp.
- FMS 2010. Finland’s Minerals Strategy. Geological Survey of Finland, Vantaa, 19 pp.
- Grünvald, O., Lokk, A. 2014. “Energiamajanduse arengukava aastani 2030” stsenaariumite majandusmõjude analüüs. Majandusmõjude hindamise metoodika ja prognoosimudeli tutvustus. Aruanne. Finantsakadeemia OÜ, Väärtusinsener OÜ, Tallinn, 29 lk.
- NSMI 2013. Strategy for the Mineral Industry. Norwegian Ministry of Trade and Industry, 69 pp.
- OECD 2011. The Economic Significance of Natural Resources: Key points for reformers in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. OECD, 40 pp.
- PAK 2012. “Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016–2030” koostamiseks vajalike andmete analüüs. Töö nr 12/1019. OÜ Inseneribüroo STEIGER, SA Säästva Eesti Instituut, AS Maves, OÜ Baltic Energy Partners, Tallinn, 243 lk.
- Puura, V. 2015. Eesti majanduse arenguks on vajalik luua võimalused maapõueressursside paremaks kasutamiseks. http://www.egeos.ee/egeos/wp-content/uploads/Maapoue_kasutamisest_VPAPTA_fin.pdf (30.11.2015).
- Reede, K., Tatar, T. 2015. Ressursi ja maavara valitsemise ümbervaatumisest. XXIII Aprillikonverentsi “Eesti maapõue strateegiast” teesid. Eesti

Geoloogiakeskus, Tallinn, 11–12.

SMS 2013. Sweden's Minerals Strategy. For sustainable use of Sweden's mineral resources that creates growth throughout the country. Swedish Ministry of Enterprise, Energy and Communications, 50 pp.

VV 2009. Keskkonnaministeeriumi põhimäärus. Riigi Teataja I 2009, 63, 412. Vabariigi Valitsus.

VV 2002. Majandus- ja Kommunikatsiooniministee-

riumi põhimäärus. Riigi Teataja I 2002, 88, 508. Vabariigi Valitsus.

World Bank 2006. Where is the Wealth of Nations? Measuring capital for the 21st century. Washington, D.C., The World Bank, 188 pp.

World Bank 2011. The Changing Wealth of Nations. Measuring Sustainable Development in the New Millennium. The World Bank, 221 pp.

MAJANDUSGEOLOOGIA

Väino Puura

Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Majandusgeoloogia (ingl *economic geology*) tegeleb maapõue selle osaga, mida saab kasutada majanduslikel ja/või tööstuslikel eesmärkidel. Maapõuevarad sisaldavad väärismetalle ja metallide ühendeid, mitte-metalseid mineraale, ehituses ja energeetikas kasutatavaid aineid ning vett. Termin osutab enamasti metalsele ja mineraalsetele maavaradele. Maavarade otsingu, kirjeldamise ja kaevandamise käigus lähtutakse teiste maateaduste nagu geokeemia, mineraloogia, geofüüsika, petroloogia ja struktuurigeoloogia uurimismetoditest. Majandusgeoloogiliste uuringutega tegelevad geoloogid. Uuringute vastu on kõrgendatud huvi investeerimispankuritel, börsianalüütikutel ja ka teiste erialade esindajatel nagu insenerid, keskkonnaspetsialistid ja looduskaitstjad, sest maavaradega seotud ettevõtlusel on mitmetähenduslik mõju avaliku elu valdkonnale, majandusele ja keskkonnale.

Majandusgeoloogia ajaloost. Uus geoloogiateaduse haru tekkis vähem kui 100 aastat tagasi. See on koos teiste loodusressursside (maa, põllumaa, mets, pinna-veed jt) uurimise, kasutamise ja hoiu õpetuste kõrval saanud tähtsaks tööstuse võimsust ja paigutust mõjutavaks rakendusteaduseks. See on õpetus, kuidas geoloogilisi lasundeid saab kasutada majandusliku tegevuse toormeallikana ja kuidas geoloogilisi protsesse tuleb arvestada maapinnal toimetades. Kaasaegsete nafta ja gaasi ammutamise provintside, basseini- ning leiu-

kohtade avastamine on majandusgeoloogilise uuringu tulemus. Andmeid kullasoonte kohta väärtustasid riigid juba palju varem, olgu siis kas Egiptuse vaaraod Nuubia mägikõrbest või konkistadoorid Ameerika indiaanlaste maadelt. Seega, algne geoloogiline teave ja teadamehed võeti valitsuste või toonaste oligarhide teenistusse juba ürg-, vana- ja keskajal. Valitsejate huvi ja himu monumentaalehitiste kivimiplokkide, eheteks sobivate väärismetallide, kalliskivide ja seejärel relvade valmistamiseks vajalike metallimaakide järele aina kasvas. Võõramaised maavararikkused tõusid ja on ikka veel ekspansiivsete ja agressiivsete riikide poliitiliste ja sõjaliste ambitsioonide fookuses.

Geoloogiateenistused. Esimene rakendus- ja alusuuringute sihiga riiklik teaduspõhiste uurimisasutuste institutsioon loodi 1835. aastal Suurbritannias – Briti Geoloogiateenistus (*the British Geological Survey*), nõustamaks Briti valitsust riigi ja rahva eksistentsi mõjutavate kõigi maapõueutingimuste ja -kasutuse probleemide paljususes. Üleelmisel sajandil loodi geoloogiateenistused Rootsis (1858) ja Soomes (1885). Geoloogiateenistused töötavad välja, arendavad ja täidavad koos teiste riigi institutsioonidega, äriringkondade ja üldsusega maapõuestrateegilisi otsustusi. Maapõuekasutus, sh maavarade kaevandamine, on üks meie naabrite, Skandinaaviamaade majanduse tugisammastest. **Majandusgeoloogia on geoloogiateenis-**

tuste tegevusalade hulka kuuluv tähtsaim rakendus-teaduse haru.

Esialgu olid geoloogiateenistuse fookuses maavarade ja põhjavete levik, omadused, koostis ja kasutamisevõimalused, maapõueprotsessid (maavärinad, vulkanism, maalihked, tuule- ja veerosioon, üleujutused ja setete akumulatsioon). Uuemal ajal lisandusid ehitus-geoloogilised tingimused ja ka inimtegevuse tagajärjel tekkinud (tehnoloogilised) haavad ja armid maapõues, õhu, vee ja pinnase reostus ning päris hiltuti – inimtegevusest põhjustatud ja looduslike geoloogiliste protsesside dünaamika modelleerimine reaajas ja prognoosid erinevate tulevikutsenaariumite arvestamiseks. Kogu see informatsioon on kaasajal vajalik Suurbritanniale ja ka teistele riikidele.

Kuid rakendusgeoloogia kui teadusharu on tõhus vaid tuginedes geoloogilistele alusteadustele nagu mineraloogia, geokeemia, petroloogia, paleontoloogia ja stratigraafia, geofüüsika, struktuurigeoloogia ja hüdrogeoloogia tulemustele, ja veel ka teistele looduse ja majandusteadustele ning nende meetodite kasutamisele. **Geoloogiline kaardistamine akumulereib ja integreerib üldgeoloogilise ja iga üksiku uurimisharu tulemused** (kaasa arvatud maavarade geoloogia) iga riigi, iga kontinendi, kogu maakera kvantitatiivsesse aegruumilisse andmebaasi, mida saab kasutada mitmesuguste mudelite ja hinnangute koostamisel, kaasa arvatud maavarade leviku, hulga ja kvaliteedi ning kasutamise võimaluste hindamisel. Seepärast kuulub ka vajalik hulk alusuuringuid geoloogiateenistuste standardülesannete hulka ning geoloogiateenistus jagab alusuuringuid ülikoolide ja teiste teadusasutustega. Raaliajastu on toonud kaasa piiramatud võimalused integreeritud andmebaaside ning ruumiliste ja dünaamiliste mudelite loomiseks.

Riikide või suurriikide osariikide geoloogiateenistused on vastutavad kogu oma territooriumi esindusliku üldgeoloogilise ja maapõueressursside uurituse eest, mis hõlmab ka hinnangut maapõue ja maapinna seisundile ning protsessidele. Hästi toimiva majanduskeskkonnaga riigil on oma maa ja maapõu teaduslikult kompetentse riikliku geoloogiateenistuse pideva tähelepanu all. Suurriikide geoloogiateenistustel on ambitsioonid majandusgeoloogilise teabe kogumiseks kogu maailmas või teatud piirkondades oma endistes või praegustes asumaades, et luua juurdepääs toormeressurssidele. Ainulaadseid geoloogilisi objekte, protsesse

või toormeallikaid käiakse uurimas igal pool selleks, et arendada oma (rakendus)geoloogia asjatundjate teaduslikku võimekust ja omada globaalset ülevaadet ressurssidest.

Geoloogilised teadmised ja uuringuline võimekus on ressurss, millele on rajatud paljude riikide (Ameerika Ühendriikide, Venemaa, Suurbritannia, Kanada, Austraalia, Prantsusmaa, Hiina) geoloogilise uuringu ja mäendusettevõtete firmade teadus- ja inseneeriateenuste globaalne eksport, ühtlasi stiilivõtted kaevandamise eeliste hõivamiseks. Geoloogide rahvusvahelised ühendused töötavad välja maavarauuringute tulemuste riikidevahelisi korrelatsioone: kooskõlastavad ja arendavad uuringute heade tavade koodekseid, metoodikaid ja standardeid ning interpretatsioonide, modelleerimise ja varude arvutamise meetodeid. Nad korraldavad ka uuringute vastutavate täitjate kvalifikatsiooni ja pädevuse hindamist. Uuringute finantseerimisel arvestavad pangad uuringufirmade ja vastutavate täitjate kompetentsust.

Rahvusvaheline praktika on, et riiklikke geoloogiateenistusi ja nende kitsamaid harusid juhivad kõrgeima kvalifikatsiooni ja piisava töökogemusega juhtivad spetsialistid. Mujal maailmas kohatud geoloogiateenistuste spetsialistide kvalifikatsiooninõuded on samased teadustöötajatega, millele lisanduvad rakendusgeoloogiliseks tegevuseks vajalikud teadmised ja oskused.

Eesti majandusgeoloogiliste uuringute eellugu. Eesti riigi territooriumi ehituse põhijooned selgusid geoloogiateaduste tormilise arengu perioodil XIX sajandi. Selgus, et meie lauge ja madala vahelduva reliefi mitmekesisus on kujunenud kõige hilisemas geoloogilises ajaloos – enamasti alles Kvaternaari ajastu lõpul. Viimase Skandinaavia mandrijää sulamise järel jäid maha künklikud ja tasased moreenmaastikud, mõhnad, oosid ja ka erosioonilised ürgorud. Jääajajärgsete veekogude, Balti jääjärve ja Läänemere kerkivates rannavöötmetes moodustusid sügavale lõikunud orud ja rannaastangud, aga ka rannavallid ja lited. Samas süvenes teadmine, et Kvaternaari setetest koosneva pinnakatte all lasub kõikjal leviv, kuid vaid paiguti jõeorgudes ja mereäärsetes astangutes paljanduv kihiline aluspõhi, mille pindmised kihid koosnevad Lõuna-Eestis Devoni liivakividest; Kesk-Eestis ja Lääne-Eesti saartel Siluri (tollal koos Ordoviitsiumiga) lubjakividest ning Põhja-Eestis kitsal Soome lahe rannikuma-

dalikul Kambriumi liiva- ja savikivimitest. Jõuti tõe-pärase oletuseni, et settekivimid lasuvad „ürggraniidi“ (nagu Soome kaljune aluskord) tasandunud pinnal, mis sarnaselt settekivimite kihtidele, on nõrgalt kaldu lõuna suunas. Paljandeid uurides ja maavara leide läbilõigete stratigraafilise liigestuse skeemidega sidudes selgitati välja maavarade (läbilõikes alt üles): savikivi, fosforiidi, maarjaskilda (graptoliitargilliit), põlevkivi, ehituspae ja tehnoloogilise lubjakivi leviku ning geoloogilise ehituse põhijooned. Uurijateks olid baltlastest teadlased, kes töötasid kas Tartu Ülikoolis või Peterburi geoloogiaasutustes.

Eesti kui iseseisva riigi alus- ja rakendusgeoloogilise teadusliku uuringu koolkond kujunes välja ülikoolide baasil Eesti Vabariigi esimese 20 aasta jooksul, lähtudes põhiliselt rahvusülikoolide professuuride kujundamise riiklikest kavadest. Maavarasid uurisid kõik tolleaegsed või hilisemad professorid: Tartu Ülikoolis Hendrik Bekker (eluaastad 1891–1925), Armin Öpik (1898–1983), Artur Luha (1892–1953) ja Karl Orviku (1903–1981); Tallinna Tehnikaülikoolis Jaan Kark (1876–1953) ja Artur Linari-Linholm (1903–1983). Neis uuringutes selgusid Eesti geoloogilise ehituse põhijooned, tähtsamate maavarade leiukohtade geoloogiline asend ja levilad. Paljandite uurimisele lisaks otsingu- ja uuringupuurimiste andmeid kasutades selgitati välja maavarade leviku üldised seaduspärasused. Selgus, et keraamika-tööstusele sobivaid savilasundeid leidub Kambriumi avamusvööndis Tallinna Narva vahel ning kohati läätsedena ka Devoni avamusel Lõuna-Eestis. Rajati põlevkivikaevandused. Selgitati, et fosforiidi kiht Kambriumi ja Ordoviitsiumi piirikihtides paljandub Põhja-Eesti pankranniku piirkonnas Pakrist Narvani (Maardu ümbruses hakati paekivi kihtide alla maetud fosforiiti ka kaevandama). Avastati, et fosforiiti katab radioaktiivse diktüoneemakilda lasund. Täpsustati ka juba sajandeid tuntud Lasnamäe ehituslubjakivi avamust Osmussaare ja Narva vahemikus. Uuriti Vasalemma „marmor“, Siluri vanusega Tamsalu karplubjakivi (lubjapõletuse toore) ja Kaarma dolomiidi (viimistluskivi) ning paljude teiste ehituses ja tootmises kasutatavate karbonaatkivimite levilaid. Ehitusmaterjaliks sobiva liiva, kruusa ja savi leiukohti leiti pinnakattes üle kogu maa.

Ainult geofüüsikalise mõõdistamise ja teadusliku geoloogilise korrelatsiooni meetoditele toetudes rajati aastail 1937–1938 kaks süvapuuraugu (sügavus 535 m

ja 721 m) magnetilise kaardistamise käigus leitud Jõhvi magnetanomaalia lael. Artur Linari-Linholm ja Jaan Kark Tallinna Tehnikaülikoolist tuvastasid neis puur-südamikes rauamaagi.

Rakendusgeoloogiliste uuringute haldamine kuulus sellal kaubandus-majandus-tööstus-valdkonna ministeeriumile, mille koosseisu kuulus mäe- ja geoloogia osakond või Mäeamet. 1937. aastal moodustati rakendusgeoloogiline institutsioon – **Eesti Geoloogiline Komitee**, mille juhtideks said hilisem professor Artur Luha ja professor Jaan Kark. Riigijuhtide ja geoloogide eesmärk oli sellest välja arendada tegus riiklik geoloogiateenistus. Samal aastal moodustati ka riiklik Loodusvarade Instituut, mis pidi tegelema loodusvarade kompleksse uurimisega ja mille koosseisus hakkasid tööle ka geoloogia ja pedoloogia, põlevkivi, turba, ehitusmaterjalide jt sektioonid. Hoogsalt alanud tegevused katkestas II maailmasõda.

Eesti majandusgeoloogia 1944–1991. Maavarade hõlvamine kuulub anneksionistlike riikide (rööv) toimingute hulka. Esimese nõukogude okupatsiooni ajal telliti ja saadi professor Armin Öpikult geoloogia põhine analüüs nafta- ja gaasiresursside leidmise võimaluste kohta Eesti ja Baltimaade maapõues. Samalaadse analüüsi, seekord siis venekeelse asemel juba saksa keeles, tellisid saksa okupatsioonivõimud, kes talletasid mällu andmestiku diktüoneemakilda kohta. Kohe pärast Eesti teistkordset okupeerimist 1944. aastal asusid Nõukogude Liidu (NL) kesksed geoloogia organisatsioonid Sillamäe ümbruses uurima uraani maaki ja tehnoloogia instituudid kavandama uraani rikastusvabrikut. Seejärel kiirustas keskvõim Sillamäele kaevandust ja rikastusvabrikut ehitama, mis küll tehnoloogilise küündimatuse tõttu diktüoneemakilda osas ebaõnnestus.

Keskvõim kiirustas ka geoloogiliste uuringutega, mis tehti uute põlevkivi kaeväljade avamiseks. Vanade põlevkivikaevanduste käivitamisega ja uute rajamisega Kohtla-Järve ja Jõhvi ümbruses kindlustati Leningradi varustamine elektrienergia ja gaasiga. Hiljem sai selle kõrvalt elektrit ka Eesti ja gaasi Tallinn. Elektri tootmise laiendamiseks NL loodeosa tarbeks oli kavandatud aastail 1950–1970 tõsta põlevkivi kaevandamise mahtu 50 miljoni tonnini aastas ja rajada rida uusi kaevandusi Narva jõe ning Kiviõli vahemikus. 1981. aastal saavutati rekordiline toodang 31,6 miljonit

tonni. Vajadus enama järgi kadus seoses Sosnovõi Bori aatomielektrijaama käivitamisega.

NL-l oli terav vajadus fosfaattoorme järele ja selle tingis esmajoones varude puudus. Seetõttu forsseeris Geoloogiaministeerium fosforiidi otsinguid ja uurin-
guid nii Eestis kui Leningradi oblastis. 1970-ndate aastate avastused Virumaal Toolse ümbruses ja Pandivere kõrgustikul viitasid juba Euroopa mõõtnes suurele fosfaadi ressursile.

1960-ndatel alustas tollal veel majanduslikult võimekas NL suuri nafta- ja gaasiotsinguid riigi hiigel-territooriumi potentsiaalsetel aladel. Samaaegselt alustati ka tohutute puurimismahtudega ulatuslikku geoloogilist kaardistamist ja aluskorra süvakaardistamist. Süvakaardistamise eesmärgiks oli otsida maavarasid aladel, kus kristalne aluskord paiknes vaid suhteliselt õhukese katte all. Eestis rajati põlevkivi, fosforiidi, muude tahkete maavarade ning põhjavee otsingute ja uuringute ning geoloogilise kaardistamise eesmärkidest lähtuvalt kokku umbes 20 000 puurauku, millest ligi 500 avasid kristalse aluskorra kivimeid. Neil aegadel töötas Eesti Geoloogia Valitsuses kuni 750 inimest.

Nüüdisaegsetest majandusgeoloogilise hindamise alustest lähtudes saab anda põhimõttelise hinnangu okupantide rakendusgeoloogilistele huvidele ja tegevuste praktikale Eestis ja mujal, nimetades nüüd asju õigete nimedega. Okupeerivad riigid viisid ellu tsentraalselt välja töötatud ning institutsionaalselt ja finantsiliselt kindlustatud maavarade röövkaevandamise strateegiat kohaliku põlisrahva huvisid arvestamata. Riiki teeniva geoloogiateenistuse rolli täitis riikliku plaanimajanduse jäika süsteemi seotud NL Geoloogiaministeerium. Geoloogiliste tööde suunad, sisu ja finantseerimise mahu liiduvabariikides, st kogu maapõuestrateegia, määras keskvõim. Aastail 1944–1957 töötasid Eestis keskvalitsusele alluvate geoloogiaettevõtete ekspeditsioonid, millel side kohalike ülikoolide ja Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudiga tööde strateegia, planeerimise ja teostamise alal puudus. Aastail 1958–1991 toimisid liiduvabariikide geoloogia valitsused kui NL keskvalitsuse institutsioonid, mille tegevuste juhtimise skeemis kohalikele riigivõimule ega kohalikele geoloogia instituutidele mingit põhimõttelist rolli ega võimalust ei olnud antud. Erandiks olid kohalike ehitusmaterjalide ja linnade põhjavee otsingute-uuringute alased konsultatsioonid.

Geoloogia valitsuste juhtidelt nõuti kuulekust keskusele. Vabariiklike geoloogia valitsuste uuriv personal sai oma professionaalsust tõestada juba keskvõimu poolt raamitud töödele tehnikat ja metoodikaid valides ning disaini kohendades. Vabariikide valitsusasutused, teaduste akadeemiad ega ülikoolid ei olnud ametlikult ega ka praktikas kaasatud rakendusgeoloogiliste probleemide määramisse, uurimiste kavandamisse ega protsessi endasse. Olulisi otsuseid tehti NL Kommunistliku Partei Keskkomitee aparaadis, mida kohalikud kompartei keskkomiteed pidid toetama ja täitmisele võtma. Siiski, osa tohtu suurest teaduslikku väärtust omavast puursüdamike arhiivist leidis kasutamist kohalike teadlaste uurimistöös. Nende uurimistööde tulemused lisasid sisulist väärtust ka rakendusuuringutele. Juurdepääs puudus vaid strateegilist tähtsust omavate mineraalide ja elementide uurimiseks puuritud südamikule.

1975. aasta paiku oli maailmas ja ka Nõukogude Liidu, eriti aga Eesti teadlaskonnas midagi oluliselt muutumas. Isegi NL-i võimuladvis hakkas flirtima loodushoiu ja tootmise majandusliku kasumlikkuse nõude ideedega. Ka Eesti teadlased hakkasid analüüsima mäenduse mõju loodusele. Maardu karjääri puistangutes ilmnenud graptoliitargilliidi isesüttimiskollete mürgised gaasid ja vedelikud ning Maardu fosfaaditehase oranžid suitsusabad demonstreerisid kasutatavate kaevandamis- ja töötlemistehnoloogiate keskkonnakahjulikkust.

Eesti teadlaskonna ja teatud osa valitsusinstituutide juhtivate spetsialistide hulgas laienes vastuhakk keskvõimu tegevusele. See oli selgelt keskvõimu direktiivide vastane tegevus, mis oli avalikkusele varjatud (pressi tsensuur) peaaegu et 1980-ndate keskel alanud „uutmise ja avalikustamise“ ajastuni. Kasvas arusaam, et keskvalitsuse strateegia okupeeritud alade ressurside kasutamisel oli selgelt kolonialistlik: riikide ja rahvuslike territooriumide rikkuste piiramatut kasutamist keskvõimu huvides. Eestis oleks see tähendanud graptoliitargilliidi kaevandamist uraani tootmiseks (katkes ebaõnnestunud tehnoloogia tõttu) ja põlevkivi kaevandamismahtude suurendamist Vene Föderatsiooni loodeosa energiaga varustamiseks (realiseeriti osaliselt, kuni 60% ulatuses) ning ulatuslikku fosforiidi kaevandamist.

Õnnestus, et 1970-ndatel alguse saanud planeeritud fosforiidi suurkaevandamist ei alustatudki Eesti-poolse

venitamistaktika, otsese vastuseisu ja NL majanduse nõrgenemise tõttu. Teaduslik analüüs fosforiidi kaevandamise ohtude selgitamiseks toimus Eestis paljude eri asutuste entusiastide koostöös ilma, et seda oleks kellegi plaanilise tööna fikseeritud või finantseeritud. Kodanikualgatuse korras kerkinud mitmetahulise ettevõtmise üldsunnad kujundati ja aruanded toimetati Teaduste Akadeemia liikmete eestvedamisel. Eesti teadlased tõestasid, et Maardust väljastatav fosforiidijahu on põllul inertne, st kasuliku mõjuta; keemilise töötlemise tarbeks kasutatava toorme rikastamise tehnoloogia on raskesti teostatav ning keemiliseks töötlemiseks vajalike kemikaalide ja lisakomponentide saamine aga lootusetu üritus.

1970-ndate lõpul Eesti teadlaste formuleeritud järjekindel ja seejärel teaduslikult põhjendatud vastuseis vastuvõetamatute tehnoloogiate rakendamisele Eesti fosforiidide kaevandamisel ja töötlemisel Maardus pidurdas lõplikult samalaadsete puudustega kompleksi rajamist Toolses. Sellele aitas kaasa keskvoimu tähelepanu nihutamine teistele aladele – veelgi rikkamale Rakvere fosforiidiväljale. Rakvere Kantküla–Kabala väljade uuringute tulemused olid ahvatlevad, kuid tõstasid uusi olulisi kaevandamis-tehnoloogilisi probleeme. Loodushoidlike, ja mis põhiline, geoloogilis-hüdrogeoloogiliselt, majanduslikult ja sotsiaalselt vastuvõetavate tehnoloogiate loomine ja evitamine Rakvere kompleksse leiukoha (põlevkivi + fosforiit) väljadel oleks nõudnud veel palju aastaid. Majandusgeoloogiline hinnang võrdluses maailma suurte fosforiidi kaevandajatega viis juba 1985. aastal järeldusele, et tolleaegse fosforiidi kontsentraadi maailmaturu hinnataseme juures oleks Rakvere toote toote hind olnud kolm korda kallim. 1986. aasta paiku sai selgeks, et vastuvõetavate lahenduste otsingute finantseerimiseks ei olnud keskvoimul soovi. Nõukogude Liidu teaduslik ja tehnoloogiline võimekus poleks suutnudki rahuldava lahenduseni jõuda ning selleks ei antud talle ka aega. Lennart Meri 1987. aasta kuulus Eesti fosforiidi kaevandamise vastane artikkel *Literaturnaja Gazetas* (Moskva) oli teadusliku alusandmes-tiku poolest ja sellest johtuvalt ka sisult, vääramatu. Teadlaste kaalukad järeldused võeti vastu vabariigi juhtpersoonide ja isegi mõnede Moskva spetsialistide hulgas. Kogu ühiskonda haaranud „fosforiidisõja“ ajal (1987–1990) tehtud sotsiaalsete aspektide uuring avalikustas ka võõrtöajõu Eestisse sisseveo plaanide tege-

liku hiiglasliku ulatuse.

Tagantjärele asju analüüsid on selge, et kogu Eesti ülikoolides ja teadusasutustes tehtud vabatahtlik töö kompleksse geoloogilise, mäendus- ja tööstustehno- loogilise, sotsiaalse ning majandusliku probleemi uurimiseks kandis vilja, kuigi keskvoimu mõju Eesti võimuladvikule oli veel suur ja rahalised võimalused piisavalt suured. See õnnestus, sest õnnetute fosforiidi-kaevanduste rajamist suudeti pidurdada juba algfaasis. Tuleb veelkord rõhutada, et keskvoimu ja Eesti NSV riiklike institutsioonide vaheline tööjaotus oli selline, et Eesti Geoloogia Valitsus pidi tegema geoloogilised uuringud, aga kogu järgnev majandusgeoloogiline hinnang, st kaevanduste ja tööstuse planeerimine ning kaasnevate keskkonnaprobleemide lahendamine püüti jätta Moskva kätte. Kohalikest geoloogilistest uuringust oli aga aluseid loov kasu, sest Eestis loodud geoloogiline andmebaas ja geoloogide-hüdrogeoloogide praktiliste teadmiste analüüs jõudis Eesti teadlas- konna kätte viidatud sõlmprobleemide omaalgatusli- kuks hindamiseks. Viimaste teaduslik tagapõhi muutis Eestis saadud järelduste vaidlustamise keskvoimule raskeks.

Majandusgeoloogia taasiseseisvunud Eesti Vaba- riigis. Eesti riiklik geoloogiteenistus, nii nagu seda 1937. aastal plaaniti, jäeti taasavamata. Ülikoolide ja teiste teadusasutuste koostöö rakendusgeoloogiliste tegevuste juhtimisel rauges kuni lõpuks praktiliselt katkes. Geoloogia arendamise ning finantseerimise otsustusi hakkasid tegema ei tea kes ja kus. Eesti põlevkivimaardla uurituse ja mäendusliku rajoneeri- mise seis on okupatsioonija raamistikus, oluline osa parima paigutusega varude aladest on aga võetud loo- duskaitsealade alla. Fosforiidi uuringud on keelatud ja üldsusele antakse sageli desinformeerivaid signaale geoloogiliste tööde keskkonnaohtlikkuse kohta.

Eesti vajab usku oma maapõuekasutuse otstarbe- kusse ja vajab oma riiklikku geoloogiateenistust, et suunata riigi maapõue kasutamist ja kaitsmist jätku- suutlikult. Eesti geoloogiateenistust tuleb juhtida tead- lasliku uudishimu ja vastutustundega. Eesti geoloogia- teenistusel on võimekus koostada ja hallata maapõue andmebaase, hoida kivimikogusid ja arhiive ning pak- kuda oma eriala parimatele spetsialistidele tingimusi teenida oma riiki ja ühiskonda parimal võimalikul moel.

SÄÄSTVAST ARENGUST JA EESTI GEOLOOGIAST

Anto Raukas

Tallinna Ülikool, Loodus- ja Terviseteaduste Instituut

Säästev areng on XXI sajandi moesõna, millel puudub reaalne kate, sest inimkond kasvab pöörase kiirusega ja ka ressurside raiskamine ei vähene. Tasakaalustatud, kestlikul ja jätkusuutlikul arengul on kaks mõneti vastandlikku eesmärki: saavutada majanduskasv, mis tagaks kõrge elustandardi, ning samal ajal kaitsta ja säilitada stabiilne elukeskkond endale ja tulevastele põlvetele. Iisraeli poliitik Abba Eban (1915–2002) märkis irooniaga: “Ajalugu õpetab, et inimesed ja riigid käituvad mõistlikult alles siis, kui nad on ammendanud kõik muud võimalused”. Muud võimalused aga ammenduvad peagi, sest elanikkond planeedil suureneb aastas 85 miljoni inimese võrra ning puhta vee ja toidu tagamine kõigile muutub üha küsitavamaks. Absoluutses vaesuses elab juba praegu 1 225 miljonit inimest ja ligi 10% maismaast on reostatud tsivilisatsiooni jäätmetega.

Esimese tõsise hoiatussignaali andsid Rooma Klubi liikmed 1972. aastal aruandega *Limits to Growth* (Kasvu piirid), millele järgnes rida lootusrikkaid samme. Maailma looduskaitse strateegiat (*World Conservation Strategy*) arutati 1978. aastal Ashgabatist toimunud Rahvusvahelise Looduse ja Loodusvarade Kaitse Liidu (alates 1994. aastast *International Union for Conservation of Nature*, IUCN) XIV Peaassambleel. Avalikkusele 5. märtsil 1980 pidulikult teatavaks tehtud deklaratsioonis sätestati looduse “mõistliku” kasutamise põhiprintsiibid. 1983. aastal loodi Maailma Keskkonna ja Arengu Komisjon (*World Commission on Environment and Development*, WCED ehk Brundtlandi komisjon), mille 1987. aasta aruandes *Our Common Future* (Meie ühine tulevik) fikseeriti säästva arengu põhiprintsiibid. Senised tulemused on aga äärmiselt tagasihoidlikud. Ennast kultuurirahvasteks nimetavad rikkad Euroopa ja Ameerika riigid ei kavatsegi oma saavutatud heaolu taset langetada, mistõttu ei ole säästev areng maailmas võimalik. Kuid säästva arengu põhimõtteid on võimalik edendada Põhjamaades ja Eestis, kus loodushoiul on pikaajalised traditsioonid, inimasustus on hõre ning looduse üldseisund hea. See aga nõuab kõigi ühiskonnakihtide ühispingutusi ja teadlaste koostööd.

Eestis ei järgita piisavalt arengukavasid. Eesti säästva arengu riikliku strateegia „Säästev Eesti 21” eesmärgiks on üldine heaolu kasv, millega on paratamatult seotud ka loodusressursside kasutamine. Paljud looduskaitse ja poliitikutel aga ei taha seda mõista. Loodusvarade säästlik majandamine ei ole pelgalt nende kaitse, vaid ökoloogiliselt tasakaalustatud ja mõistlik kasutamine. Sellest peab lähtuma ka koostatav maapõue strateegia.

Looduskaitse arengukavas aastani 2020 on kesksel kohal loodushariduse edendamine, looduse mitmekesisuse hoidmine ja loodusressursside kokkuhoidlik tarbimine. Oluliseks eesmärgiks on loodusvarade pikaajaline püsimine ja selleks vajalike tingimuste loomine. See eeldab materjali- ja energiasäästlikku majandamist ning tehnoloogiate ümberkorraldamist, eelkõige aga inimeste mõttemaailma ümberkujundamist ja olemasolevate teadmiste paremat ära kasutamist.

Need taotlused on raskesti realiseeritavad ja toovad enamikus riikides kaasa suureneva tööpuuduse ja vaesuse kasvu. Seetõttu on ilmselge, et säästvat arengut saavad ellu viia vaid rikkad riigid ja seda vaeste riikide arvelt. Igor Gräzinilt pärineb tabav mõteteer: “Säästva arengu idee on selles, et niigi vaesemad riigid peavad hakkama oma vaesusest kinni maksma niigi rikaste riikide võimetust oma rikkust säilitada.”

Teadmistest ja teadlastest. Eriti hinnalisi teadmisi oodatakse teadlastelt. Teadust defineeritakse kui tegevust, mille eesmärgiks on uute teadmiste saamine. Kahjuks jätab see kõrvale juba olemasolevate teadmiste süstematiseerimise ja töötlemise ning saadud tulemuste rakendamise, milleks ju teadlasi eeskätt rahastatakse.

Keegi ei oska kokku lugeda teadlaste koguarvu maailmas, kuid neid on miljoneid ja nad kulutavad aastas miljardeid dollareid ning seda sageli ammutuntud tõdede taasesitamiseks. Võtkem kasvõi Eesti, kus möödunud sajandi kolmekümnendate aastateni oli juhtivaks teaduskeeleks saksa keel, mida nõukogude okupatsiooniaastatel noorem põlvkond ei osanud. Seetõttu kasvas meil üles teadlaste plejaad, kellest paljud polnud lugenud ei Schmidti, Hausenit ega Ramsayd. Veelgi hullem on olukord

praegu, kus noored ja enda arust väga targad doktorid ei taipu mõhkugi vene keelest, mis oli peaaegu poole sajandi jooksul meie pea ainukeseks teaduskeeleks. Ja ega nad ka saksa keelt oska, mistõttu suur osa teadustööst läheb trummipõrina saatel vanade ammutuntud tödede taasavastamiseks. Viiekümnendatel aastatel algas meil keskmisemõõtkavaline geoloogiline kaardistamine, mis oma puuraukude rohkuse tõttu andis Eesti geoloogiast täiesti uudse pildi. Kuid needki aruanded on venekeelsed ja paljudele nüüdisdoktoritele *terra incognita*.

Keeli tundes võime teha huvitavaid leide. Kõik me kiidame Kaali kraatrite uurijat Ivan Reinwaldi, kellele on Kaalis paigutatud mälestuskivi. Kuid saksa uurijad annavad kogu avastamise au Alfred Lothar Wegenerile, kes 1918. aastal oli Tartu Ülikooli geofüüsika- ja meteoroloogiaprofessor ning ühtlasi ka tunnustatud meteoroloog. Vastavasisuliselt artikleid avaldas ta juba alates 1915. aastast. Müncheni muuseumis on säilinud tema kirjavahetus professor Rudolf Meyeriga Riist. Selgub, et juba 1921. aastal oli Wegener kindel Kaali kraatrite meteoroloogilises päritolus, mille kohta ta avaldas kaks artiklit ajalehes *Rigasche Rundschau* (1925 ja 1927). Wegener töötas 14.–18. septembrini 1927 koos Krausi ja Meyeriga Kaalis, kus viibis ka mäeinsener Reinwald. Tehtud töö kohta ilmus aasta hiljem kolme teadlase pikem ülevaade (Kraus jt 1928) ja nad olid väga üllatunud, kui samal aastal ilmus artikkel ka Reinwaldilt (Reinwaldt 1928). Käesolev väike lõiguke pole esitatud mitte Reinwaldi töö pisendamiseks, vaid näitamaks, kui oluline on originaalmaterjalide lugemine, milleks valdav osa Eesti (ja küllap ka teiste riikide) noorteadlasi pole võimelised.

Teadlaste töö tulemuslikkuse hindamise üheks olulisimaks kriteeriumiks on avaldatud artiklite hulk eelretsenseeritavates ajakirjades. Nende ajakirjade hulk on igas teadusvaldkonnas erinev. Pealegi ulatub kaasautorite hulk mõnikord kümnetesse või isegi sadadesse ja punkte koguvad ka need, kes pole mõnikord oma artikli käsikirja isegi läbi lugenud. Teiseks tähtsaks näitajaks peetakse uurija tööde tsiteeritavust, kuid ei tehta vahet, kas tsiteeritakse kiitvalt või laivalt. Lisaks sõltub tsiteeritavus suuresti töö iseloomust (fundamentaalne või rakenduslik), riigist, kus teadlane töötab (ilmselgelt ignoreeritakse Lõuna-Ameerikas, Aafrikas ja Aasias tehtud häid uurimusi) ja ka keelest, milles tulemused on avaldatud. Nõukogude Eesti uurijate vene keeles

avaldatud väga kõrgetasemelised tööd on jäänud lääne teadusmaailmale tundmatuks, sest endast lugupidav inglise keelt valdav teadlane ei ava slaavi tähestikus kirjutatud artiklit või raamatut ning sellise kangelasteoga ei saa hakkama ka noor Eesti teadlane.

Enamasti arvatakse, et teadlane saab harva laiemalt tuntuks oma eluajal. Ühe või teise teadusliku idee omaks võtmine, tunnetamine, sellele praktilise väljundi leidmine ja juurutamine on enamasti ülimalt aeganõudev. Sageli hävitab uue idee ka kadestate kaasagsete tendentslik kriitika. Kuid on ka vastupidiseid näiteid. Näiteks akadeemik Karl Orviku valiti üldsuse poolt Eesti XX sajandi saja suurkuju hulka. Tema laiahaardeline teadustöö aluspõhja- ja Kvaternaarigeoloogia vallas ning organisatsiooniline tegevus kattis pikka aega suure osa Eesti geoloogiast. Ta oli Eesti Stratigraafia Komisjoni esimees ning tiivustas selle sektsioonide tööd. Ta suutis teha lühemaid või pikemaid invasioone ka dünaamilisse geoloogiasse, geomorfoloogiasse, hüdroteoloogiasse ja isegi paleontoloogiasse ning geoloogia ajaloo probleemidesse. Ta oli vaieldamatu autoriteet nii Nõukogude Liidus kui ka välismaal. Kuid nüüd on ta täiesti unustatud, mis on suureks häbiks kogu meie noorema põlvkonna geoloogidele.

Säästev areng Eestis on võimalik. Eesti on rikas riik. Hõredasti asustatud alal on rohkesti puhast õhku ja vett, ligi pool Eestist on veel metsaga kaetud, meil on arvestatavaid maavarasid ja kõrge haridustase, samuti “metsarahvale” iseloomulik loodushoidu toetav mõtteviis. Eesti oma tee vajab aga inimeste tegutsemismotiivide paremat suunamist, selgete kontseptsioonide väljatöötamist, tasakaalustatud regionaalpoliitikat ja maaelu edendamist ning kokkuhoidlikku ja looduslähedast eluviisi. Viimane on meil kahjuks kiiresti asendumas lääneeuroopaliku pillava elulaadiga.

Säästva arengu käekäik Eestis sõltub olulisel määral maavarade säästvast kasutamisest ja energeetikaprobleemide targast lahendamisest. Eestis on rohkesti erinevaid maavarasid, sh paiknevad siin Euroopa suurimad fosforiidilademed (Raukas, Teedumäe 1997). Kuid maavarade säästlik kasutamine ei ole meil väärtustatud ning puudub ka maavarade kasutuselevõtu selge perspektiivkava. Kaevandavate maavarade nomenklatuuri ja kasutusalasid tuleb laiendada Eesti tööstuse ja põllumajanduse vajaduste rahuldamiseks, Kirde-Eesti rahvusliku struktuuri parendamiseks, süveneva

tööpuuduse leevendamiseks ja ekspordinomenklatuuri kaasajastamiseks. Pae, põlevkivi, fosforiidi, graptoliitargilliidi, turba jt maavarade kaevandamisel on vajalik kõigi kaasnevate maavarade kompleksne ja otstarbekas kasutamine ning senisest suurem kohalike omavalitsuste huvide arvestamine. Loodus- ja ressursisäästlik kaevandamine eeldab ka asjatundlikuma järelevalvesüsteemi loomist. **Meie esmaülesandeks peaks olema efektiivse riikliku geoloogiateenistuse loomine.**

Poliitikauuringute Keskuse PRAXIS poolt 2012. aastal läbiviidud uuringu “Keskkonnakulutuste analüüs” andmetel laekus aastatel 2005–2010 riigi ja KOV-ide eelarvesse kokku 98,407 miljonit eurot maavarade kaevandamisõiguse tasu. Samuti on enamuse vee erikasutusõiguse tasust, õhusaastetasust ja jäätmete saastetasust seotud maavarade kaevandamise ja töötlemisega. Nende tasude laekumine aastatel 2005–2010 oli vastavalt 57,028; 69,215 ja 120,383 miljonit eurot. Seega laekus maavarade kaevandamisega seotud ressursimaksudest ja saastetasudest kuue aastaga riigile ja KOV-idele kokku enam kui 345 miljonit eurot. Maavarade kaevandamise ja töötlemise väljasuretamine Eestis tooks lõpptulemusena kaasa riigi tulude drastilise vähenemise, mida aga riiki valitsev tuumik pole siiani veel tajunud.

Eestimaalaste eluruum. Inimene sõltub ümbritsevast keskkonnast ja mõjutab seda oma tegevusega. Aastatuhandete jooksul on see vastastikune suhe muutunud üha tihedamaks ja reguleerimata süsteemi korral viib see paratamatult ökokatastroofini. Eestit on inimene asustanud vähemalt 10 000 aastat. Esialgu oli väiksearvuliste asurkondade mõju loodusele tühine. Intensiivsem looduse mõjutamine algas umbes 3000 aastat tagasi seoses alepõllundusega, oluline künnipinna laienemine algas aga XVII sajandil. Kuivõrd eestlaste küttidest ja korilastest kauged esivanemad sõltusid otseselt loodusest, siis nad suhtusid sellesse aupaklikult. Varajase loodushoiu ilminguteks saab lugeda looduslike rituaalpaikade säilitamist.

Tänu balti-saksa kultuuriringkondade loodusearmastusele õnnestus Eestis vältida paljusid Lääne-Euroopas tehtud vigu. 1853. aastal asutati looduse uurimist ja kaitset edendav Eesti Loodusuurijate Selts ning 1910. aastal Vaika linnukaitseala. Oluline osa maarahva harimisel ja loodushoidlike teadmiste levitamisel kirjasaõna kaudu oli O. W. Masingul, F. R. Kreutzwaldil,

J. W. Jannsenil ja C. R. Jakobsonil. Iseseisvunud Eesti riigi jõukuse suurenedes sai looduskaitse valitsemis- ja haridussüsteemi lahutamatuks osaks. Esimene looduskaitse seadus võeti vastu 1935. ja teine 1938. aastal. 1936. aastal alustas tööd suurte õigustega looduskaitse inspektor. Hakkasid ilmuma loodushoiuga seotud ajakirjad “Eesti Loodus”, “Loodusvaatleja”, “Loodus”, “Eesti Looduskaitse”, “Loodushoid ja Turism”. Tänu iseseisvumisaja saavutustele ja Eesti NSV suhteliselt vabamatele oludele sai Eesti NSV looduskaitse alane tegevus suunda andvaks kogu endises Nõukogude Liidus. 1955. aastal asutati Teaduste Akadeemia Looduskaitse Komisjon, 1957 võeti vastu kolmas Eesti looduskaitse seadus, loodi 4 looduskaitseala ja 28 muud kaitseala. Loodi ka riiklik looduskaitset korraldav keskasutus – Looduskaitse Valitsus.

Nüüd oleme me jõudnud teise äärmusse, kus looduskaitse on hakanud majandustegevust takistama. Eestis on praegu looduskaitse all 15 200 km², millest 7 800 km² moodustab maismaa. Vabariigis on 3 705 kaitstavat loodusobjekti, neist 5 rahvusparki, 147 looduskaitseala (kogupindalaga 3 144 km²), 179 maastikukaitseala (kogupindalaga 2 317 km²), 344 hoiuala, 540 parki ja puistut, 1 201 püsielupaika ja 1 198 kaitstavat üksikobjekti, millele lisandub veel 20 kohalike omavalitsuste poolt kaitstavat ala. Lähiajal kavatakse luua veel 26 looduskaitseala kogupindalaga 477 km². Siis oleks looduskaitsealade all kokku 3 621 km² maast. Lisaks on meil tohtu hulka mõtlematult moodustatud Natura 2000 alasid. 2011. aastal koosnes Eesti Natura võrgustik 66 linnukaitsealast (12 592 km²) ja 542 loodusalast (11 490 km²). Arvestades Eesti liigirikkust võib neid kaitsealasid teoreetiliselt moodustada tuhandeid, kuid tekib küsimus – milleks, sest neist enamikku ju miski ei ohusta?

Looduskaitsealade mõtlematu loomisega rikutakse maaomanike õigusi, sest välja töötamata on kompensatsioonimehhanismid. Maamaksu vabastus pole piisav, kuna riik jätab hüvitamata omandi väärtuse vähenemise. Vastavalt põhiseadusele on omand puutumatu ja seda võib omaniku nõusolekuta võõrandada ainult seaduses sätestatud juhtudel üldistes huvides õiglase ning kohese hüvituse eest. Igaühel on õigus enda omandit vabalt vallata, kasutada ja käsutada. Kitsendused võib kehtestada üksnes seadus. Riigikohus on korduvalt rõhutanud, et ka õiguslooja peab kitsenduse kehtestamisel järgima põhiseaduslikku proportsionaal-

suse põhimõtet, kus arvel on omandiriivet õigustavate põhjuste olulisus, kitsenduse sobivus, vajalikkus ja mõõdukus.

Praegu me koostame Eesti põlevkivi riiklikku arengukava aastani 2030 ja seal on keskseks küsimuseks kadude vähendamine ja ressursi kokkuhoid. Kuid tehnoloogiliste vahenditega me saame vaid tühise kokkuhoiu, samal ajal kui looduskaitsete piirangute tõttu jääb maa alla miljoneid tonne kvaliteetset põlevkivi. Kaitstavate loodusobjektide all on Eesti põlevkivi-maardla pindalast seni kaevandamata alasid 38%. Me ei tohi kaevandada soode alt ja kilomeetri raadiuses musta toonekure pesa ümbruses. Kus on siin mõistuse hää? Seda on Eesti riigis paraku vähevõitu. Eriti naeruväärseks on poliitilistest ambitsioonidest lähtunud Nabala looduskaitseala loomine, mis häbistab Eesti poliitikuid veel pikka aega.

Eesti keskkonnaruum on maailma ja Euroopa keskkonnaruumi lahutamatu osa. Seetõttu peavad meilgi säästva arengu prioriteetideks olema kõiki maailma maid ohustavad kliimamuutused, osoonikihi hõrenemine, mullaerosioon ja liikide mitmekesisuse vähenemine. Tarbitava energia, mittetaastuvate loodusvarade, põllumajandusliku maa ja metsa kogused ei tohi ohustada järgnevate põlvkondade võimalusi. Keskkonnaruumi ulatus on piiratud ja koguseliselt määratletav. Eestil on kujunenud olukorras soodne lähtepositsioon. Meie keskkonnaruum ühe elaniku kohta võetuna on läänenaabritest tunduvalt soodsam, kuid kas meie riik on valmis vastutustundlikult kontrollima eestimaalaste eluruumi või järgime vaid Euroopa Liidust lähtuvaid suundumusi? Vastus sellele küsimusele on sama oluline kui piiride puutumatus tagamine.

Mida annab meile uuenev Euroopa? Lubatakse palju ja kõlavate sõnadega. Näiteks Euroopa Liidu Maastrichti ja Amsterdamis lepingutes kavandatakse edendada ühenduse kõigis osades majandustegevuse harmoonilist, tasakaalustatud ja säästvat arengut, tööhõive ja sotsiaalkaitse kõrget taset, meeste ning naiste võrdõiguslikkust, püsivat ja inflatsioonivaba kasvu, konkurentsivõime ja majandusliku suutlikkuse vastastikuse lähenemise kõrget taset, elutaseme ja elu kvaliteedi parandamist ning liikmesriikide majanduslikku ja sotsiaalset ühtekuuluvust ning solidaarsust.

Selline tekst meenutab oma sõnastuselt väga omaaegset Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei prog-

rammi ja vaevalt me leiame siit arvestatavat lahendust Euraasia mandril valitseva olukorra leevendamiseks. Oma saamatust sõdade ja terrorismi ärahoidmisel ning sotsiaalsete probleemide lahendamisel on üha enam näidanud ka ÜRO, mille roll maailmas pidevalt väheneb. Seetõttu peame me suuresti oma peaga mõtlema ja saavutama Euroopa keskkonnaruumis Euroopa Liidu toel maksimaalselt positiivse tulemi (Eesti 21. sajandil 1999).

Valdav osa Eestimaa elanikest on Eesti keskkonnaseisundiga rahul ja loeb meie keskkonnapoliitikat tulemusrikkaks. Eesti on nende väheste riikide seas, kellel on oma säästva arengu seadus, meil on toimiv keskkonnastrateegia ja selle rakenduskava. Eesti poliitilise ja ökoloogilise julgeoleku kindlustavad õiguslikud ning tavanditest tulenevad regulatsioonid, mis lähtuvad seadusandlusest, kehtivatest ja välja töötatavatest kokkulepetest. Kuid säästev areng ei taotle ainult head keskkonnaseisundit ja meie ökoloogilist julgeolekut, vaid elukvaliteedi tõusu tervikuna (Ratas, Raukas 1997). Selles osas on eri rahvuste nõuded ja arusaamad drastiliselt erinevad. Teiste arvel laiutavad "kultuurrahvad" hindavad elukvaliteeti korteri suuruse ning televiisorite, autode, pesumasinate ja mobiiltelefonide arvu järgi 10 000 inimese kohta, arengumaade elanikud on õnnelikud, kui nad saavad öhtul pesnuna ja söönuna laudpõrandale või kotiriidele magama heita. Enam kui miljard maakera inimest on kirjaoskamatud.

Ühtlasi tuleb sügava kahetsusega tõdeda, et praegune moraal ja eetika lubavad kasutada teaduse ja tehnika saavutusi üheaegselt nii inimeste igapäevaelu kergemaks ja paremaks muutmiseks kui järjest võimsamate massihävitusrelvade loomiseks.

Taasiseseisvunud Eesti üllad eesmärgid. Taasiseseisvunud Eesti seadis endale rea üllaid, kuid ebareaal-seid eesmäärke nagu näiteks rahva jõukus ja ühiskonna terviklikkus, hea tervis ja täisväärtuslik elu, riigi demokraatiseerimine ja kuritegevuse vähendamine, sündivuse suurendamine, hoolitsus pensionäride eest jne. Täna me peame tõdema, et praktiliselt ühtegi seatud eesmärki pole täidetud ja tegelikkuses avalduvad hoopis vastupidised tendentsid.

Eestit taheti taastada riigina, mis oma põhiseaduse kohaselt peab tagama eesti rahvuse ja kultuuri säilimise läbi aegade. Euroopa Liidu tagahoovis on selle eesmärgi realiseerimine raske, sest selleks olema me liiga väike-

sed ja nõrgad. Tööjõu vaba liikumine, poliitiliste põgenike tingimusteta vastuvõtu nõue, inglise keele jõuline eelistamine suhtluses ja teaduskeelena, demograafiline kollaps, rahva vilets tervis ja madal keskmine eluiga – need teevad oma töö kiiresti. Viiekümne aasta pärast olevat eestlasi alles vaid 450 000. Ka muretust, et pool riigi territooriumist on metsa all, ei jätku enam kauaks.

Maailma looduskaitse strateegia üheks põhipostulaadiks on, et igal maal tuleb ise leida vahendid ja luua alus arengu ning keskkonnakaitse ühendamiseks ning igale kogukonnale tuleb anda otsustamisvõimalus oma probleemide kõige tulemusrikkamaks lahendamiseks. Öeldust tulenevalt peab Eesti ise valima endale parimad lahendused ja oma otsustes peab ta olema vaba. Meie eeldusteks on kõrge haridustase ja teaduslik potentsiaal, pikaajalised loodushariduslikud traditsioonid, mitmekesine taastumisvõimeline loodusmaastik, töökas ja edasipüüdlik rahvas, hea geograafiline asend rahvusvaheliseks koostööks ja transiitvedudeks, rohkesti loodusvarasid, väike asustustihedus ning samas hea teedevõrk ja kõrgtehnoloogiast lähtuv majandustegevus. Targalt rakendatud säästev areng võib olla meie päästerõngas ja geoloogide osa selle elluviimisel on suur.

Vaja on korralikku planeerimist! Nõukogude ajal toimus planeerimine industriaalühiskonna klassikaliste reeglite kohaselt, kusjuures arendati perspektiivseid majandusharusid ja tegevusliine. Tootmise vajadusest lähtuvalt prognoositi töötajate arv ja perekonna keskmisest suuruselt lähtuvalt elanike arv, millest tulenes elamispinna vajadus. Elanike arvu alusel kavandati ka teenindussfääri suurus – koolid, lasteaiad, kaubandus jne. Planeerimise tulemused olid tollasele Eesti ühiskonnale kahjulikud, kuid selged.

Tööstuse intensiivse arenguga kaasnes ulatuslik migratsioon kõige erinevamatest endise Nõukogude Liidu piirkondadest ja kiire linnastumine. Enamik uusmigrante pärines maarajoonidest, mistõttu nad sattusid elama mitte üksnes võõra etnose alale, vaid ka täiesti uutesse tingimustesse. Uuslinnakute sotsiaalsed probleemid ja madalakvaliteedilised majad ei sobinud ka põlisrahva tavadelega.

Nüüdis-Eestis korralik planeerimine puudub. Selle ilmekaks näiteks on haldusreformi venimine. Senise Tallinna ja Põhja-Eesti eelisarengu tasakaalustamiseks on vaja arendada Tartu – Viljandi – Pärnu ajaloolist

telge. Tuleb edendada majandustegevust väikelinnades ja vallakeskustes ning oluliselt laiendada eestlastele ajalooliselt omaste pereelamute rajamist. Linn kui elukeskkond peab muutuma inimsõbralikumaks ja linnade suurus peab olema tasakaalus tagamaaga. Selleks on vaja tõhustada planeerimistegevust.

Eesti oma tee. Milline siis võiks olla Eesti oma tee ja kas see on üldse veel võimalik? Loomulikult peab esikohal olema inimarengu kvaliteedi tõstmine ja hea tahtlik kultuuriline, poliitiline ja majanduslik suhtlemine naaberriikidega. Me peame orienteeruma rahva kõrgele haritusele ja suhteliselt suurele kõrgharidust eeldavate töökohtade osatähtsusele. Me peame kindlustama demokraatia kõigil tasanditel, kompetentsuse ka madalamatel juhtimistasanditel, kõrged eetilised tõekspidamised, etnilisuse (rahvusele omaste väärtuste taastootmise, rahvusrühmade kultuuriautonomia tunnustamise), kommunikatiivsuse globaalses ja regionaalses infovõrgus ning ruraalsuse (võimu ja majanduse detsentraliseerimise, maakultuuri ja etnose tugevuse). Vaja on suurendada eestlaste ja kõigi siinsündinud Eesti ühiskonda integreerunud eestimaalaste loomulikku juurdekasvu, tagada kõigile Eestis sündinud lastele nende võimete tipule vastav haridus ja haridusele vastav töö ning õiglane palk, luua senisest tõhusam ja paindlikum maksusüsteem, vältida riigivõimu võõrandumist rahvast, peatada korrupsioon ning tagada inimeste püsiv julgeoleku- ja kindlusetunne iseenda, perekonna ja oma maa tuleviku suhtes. Tuleb töötada välja selged riigi kui terviku ja selle erinevate piirkondade vajadusi ja võimalusi arvestavad kontseptsioonid ning püüelda nende elluviimise poole!

KIRJANDUS

- Eesti 21. sajandil. Arengustrateegiad. Visioonid. Valikud. 1999. Oja, A. (koostaja), Raukas, A. (toimetaja). Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn, 239 lk.
- Kraus, E., Meyer, R., Wegener, A. 1928. Untersuchungen über den Krater von Sall auf Ösel. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 20, 312–378; Nachtrag 428–429.
- Ratas, R., Raukas, A. 1997. Main Outlines of Sustainable Development in Estonia. Ministry of the Environment, Environment Information Centre, Republic of Estonia, Tallinn, 39 p.

Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) 1997. *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Institute of Geology, Estonian Academy Publishers, Tallinn, 436 pp.

Reinwaldt, I. A. 1928. Bericht über geologische Untersuchungen am Kaalijärv (Krater von Sall) auf Ösel. Mit Beiträgen von A. Luha. *Tartu Ülikooli Loodusuurijate Seltsi Aruanded*, 35, 1/2, 30–70.

KAUAKS VEEL PÕLEVKIVI?

Eduard Pukkonen

Eesti Energia AS

Seda küsimust esitatakse ikka ja jälle, ilmselt seni kuni põlevkivi veel kaevandatakse ja töödeldakse. Kaevandatakse aga nii kaua, kui põlevkivist on võimalik luua väärtust ettevõtetele ja Eesti riigile. Põlevkivi ise ei saa kunagi otsa, ajas väheneb vaid kaevandamisväärsed põlevkivi kvaliteet ning keerukamaks ja kallimaks muutuvad kaevandamistingimused. Viimasel 10 aastal on põlevkivitööstusse investeeritud mitu miljardit eurot – nii uutesse õlitechastesse (Enefit 280, Petroterid) ja Auvere elektrijaama kui tööstusheidete vastavusse viimiseks rangete keskkonnanõuetega. Suured investeeringud vajavad tagasitootmist, kuid madalate nafta- ja elektrihindade tõttu avatud turul on põlevkivitööstus sattunud tugeva surve alla ning on sunnitud tootmist vähendama ja leidma uusi võimalusi efektiivsuse suurendamiseks.

Lisaks nafta maailmaturu hinnale, millest otseselt sõltub ettevõtete huvi ja kasumlikkus fossiilkütuste, sh põlevkivi kaevandamiseks ja väärindamiseks, mõjutavad Eesti suurimat tööstusharu siseriiklikud keskkonnatasud, CO₂ kvoodi hind ja keskkonnanõuded ning keskkonnapoliitilised otsused. Lisaks suurenevale CO₂ hinnale võivad rahvusvaheliselt kokkulepitud kohustused emiteeritava CO₂ koguse vähendamise osas mõjuda põlevkivitööstusele mitmekümne aasta perspektiivis hukutavalt.

Käeolevas artiklis käsitletakse põlevkivivaru, selle mahtu ja kvaliteeti, kaevandamisväärsust ning -võimalikkust. Uute kaevanduste rajamise eelduseks on põlevkivitööstuse jätkusuutlikkus vähemalt aastani 2050. Kuna viimase aastaga on naftabarreli hind langedud üle kahe korra (120-lt 50 USD-ni, artikli kirjutamise hetkel 40 USD), siis see on omakorda mõjutanud

kaevandamise mahte. Siiski on Eesti põlevkivitööstuse saja aastane ajalugu näidanud, et raskemad ajad on alati vaheldunud parematega.

Esimest korda räägiti põhjalikumalt Eesti põlevkivist ja selle kasulikest omadustest Peterburi Vabamajanduse Seltsi ettekandekoosolekul 28. märtsil 1789, seega juba 137 aastat enne põlevkivitööstuse algust 1916. aastal. Ehkki ettekande teinud keemik Johann Gottlieb Georgi (1729–1802) selgitas, et põleva kivi kuumutamisel (utmisel) on võimalik saada toorõli, ahjusid kütta ja tsementi toota, siis Vene impeeriumi koosseisus olevas põllumajanduslikus Eestimaa kubermangus ei tekitanud põleva kivi avastamine vähimatki reaktsiooni. Vastupidi, Georgi uuringud unustati. Polnud ju Eestis toona mingit tööstust, polnud ülikooli ega teadlasi, keda avastus võinuks paeluda (Tammiksaar 2013a).

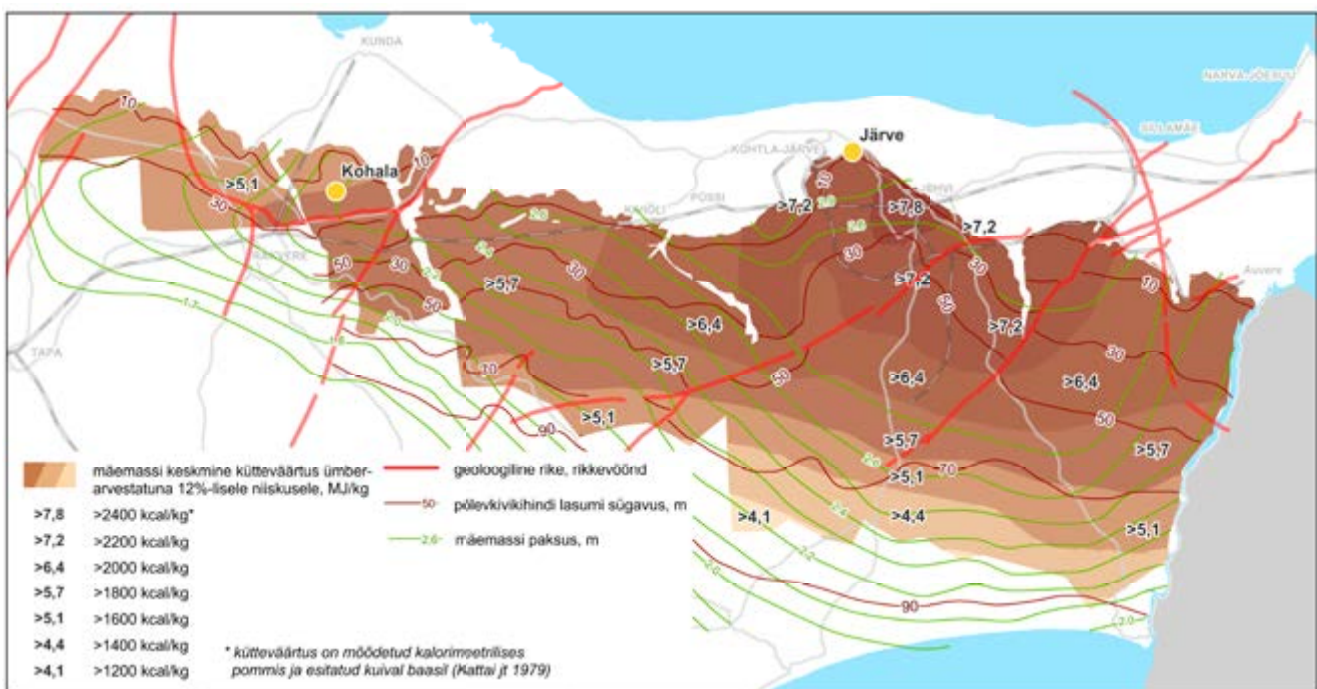
Ligikaudu 50 aastat hiljem, 1838. aastal asus n-ö uuesti „avastatud“ põlevkivi proove uurima geoloog Gregor von Helmersen (1803–1885). Ka tema leidis, et põlevkivi võiks märkimisväärset kasu tuua nii kütuse aine kui õli toorainena, kuid Vene keskvoim ei tundnud ka siis selle vastu huvi. Nii ei pälvinud ka geoloog Friedrich Schmidt (1832–1908) põhjalikud stratigraafilised uurimused 50-ndatel aastatel majanduslikku tähelepanu ja seda eelkõige uuritud kihtide väikese paksuse tõttu.

Põlevkivi uuriti paljude teadlaste poolt ka XIX sajandi lõpus ja XX sajandi alguses, kuid tõeline pööre toimus 1916. aastal, kui I maailmasõja kütusekriisi aastatel ja Petrogradi Geoloogiakomitee ajutise arhivaari geoloog, Nikolai Pogrebovi poolt juhitud uuringute käigus piiritleti perspektiivne piirkond Järve külas

Kukruse lähedal, ligikaudse põlevkivi varuga 4 miljonit tonni (Tammiksaar 2013a, lk 36). 1916. aasta jooksul muutus põlevkivi tundmatust suurusest riiklikuks küsimuseks ning Petrogradi küttekriisi päästerõngaks (Tammiksaar 2013b, lk 295). Sealt edasi tuli proovi-kaevandamine ja 1916. aasta II pooles ostsid/rentisid mitu firmat (Mutšnik ja Co, Boeckel ja Co) maad kaevandamise alustamiseks. Joonisel 1 on toodud põlevkivi kvaliteet ja lasumissügavus enne kaevandamise algust 1916. aastal praeguse Eesti põlevkivimaardla piires.

Põlevkivitööstust rajati Eesti esimese vabariigi

dust, misjärel hakkasid kaevandamismahud oluliselt suurenema (kuni 5 mln tonnini aastas). 1959. aastal valminud 100 megavattise võimsusega Balti Soojus- ja Elektriijaam oli mõeldud Venemaa loodeosale energia- ja soojusenergia tagamiseks ja 1960. aastal jõudis aastane kaevandamismaht 9,5 mln tonnini. 1980. aastal, kui põlevkivi kaevandati kõige rohkem – ca 30 miljonit tonni kaubapõlevkivi aastas, kasutati kahes suures elektriijaamas elektri tootmiseks sellest 26 mln tonni. Põlevkivi tarbimise maksimum Eestis langes kokku küll nafta erakordselt kõrge hinnaga (üle 100 USD barreli kohta), kuid oli sellest mõjutatud kaudselt. Sos-



Joonis 1. Põlevkivi kvaliteet ja lasumissügavus enne kaevandamise algust (1916) praeguse Eesti põlevkivimaardla piires.

algusaastatel Peterburist Eestisse saabunud ehitusinsener Märt Raua eestvedamisel. Eesti vabanes kütusesõltuvusest ja 1928. aastaks oli siia rajatud nii põlevkivielektriijaam kui õlitehas. 1939. aastal tõusis põlevkivi kaevandamise aastamaht 1,9 mln tonnini (Reinsalu 2003) ja suuri laiendamise plaane tehti 1941. aasta algul, kui kavatseti 1945. aastaks kasutusele võtta 11 kaevandust kogumahuga 11 mln tonni põlevkivi aastas, millest õlitootmise tarbeks kasutada 7,5 mln tonni (VKG 2015). Vahele tuli II maailmasõda.

Pärast II maailmasõda asuti Nõukogude Liidu koosseisus Eesti põlevkivitööstust otsustavalt laiendada. 1948–1953 avati ühtekokku viis uut kaevan-

novõi Bori AEJ valmimise järel 1981. aastal vähenes põlevkivist toodetava elektrienergia vajadus järsult ja jõudis tootmise miinimumini – 10,8 mln tonnini 1998. aastal. Endiselt kasutati sellest üle 80% elektrienergia tootmiseks. Huvitaval kombel langes naftabarreli reaalhind neil aastail alla 20 USD, tasemeni, mida polnud nähtud peale 1972. aastat.

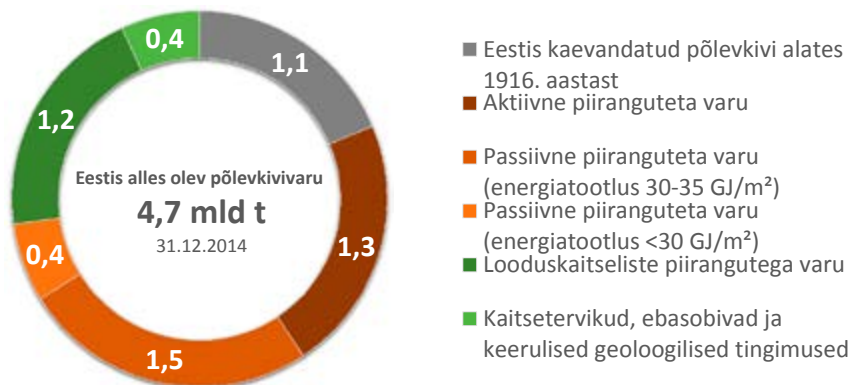
V. Kattai jt (2000) põlevkiviteemalises monograafias oli toodud TTÜ mäeinstituudi prognoos, kus ennustati põlevkivi kasutamise mahu langust lähikümne-ndil 5–6 mln tonnini aastas ja seda seoses õlitööstuse suure tagasilanguse, vananenud tehnika ja tehnoloogia, põlevkivitööstuse erastamise ning ümberstruk-

tureerimisega. Toonane olukord erines tänasest, mil naftabarreli hind on alla 50 USD ja tööstusharu samuti tugeva surve all, just seetõttu, et praegusel raskel ajal on meil suured investeeringud töötlevasse tööstusesse tehtud ja ellujäämiseks on vajalik tootmise efektiivsuse kaudu uue tõusuni vastu pidada.

Kuid pessimistlik aeg 2000. aastal ei kestnud kaua, olukord põlevkivitööstuses muutus üsna pea, kui naftabarreli hind hakkas kerkima ja tõusis 2005. aastal üle 60 USD ja 2008. aastal isegi 140 USD-ni. 2005–2006 esitati 13 põlevkivi kaevandamise loa taotlust kogumahuks 50 mln tonni aastas ja peaaegu kõikidele vähegi kaevandamisväärsetele maardlaosadele. Kuna riik kui maavara omanik sellise järsu tarbimise intensiivistumise ei soostunud, siis koostati riiklik põlevkivi

Maavaravarude koonbilansis seisuga 31.12.2014 (Maa-amet 2014) on Eestis maavarana arvele võetud põlevkivi 4,73 mld tonni. Sellest aktiivset varu on 1,32 mld tonni (28%) ja passiivset 3,41 mld tonni (72%; joonis 2).

Sageli viidatakse aktiivsele varule kui kaevandatavale ressursile, jagatakse see arv kaevandamiseks lubatud aastamääraga (max 20 mln tonni) ja saadakse kokku aastad, kauaks põlevkivi jätkub (näiteks $1300/20 = 65$ aastat). Võttes arvesse kaod, mis jäävad nii hoide- kui kaitsetervikutesse, rikke- ja karstivöönditesse või asustusala alla ja selle vahetusse lähedusse (sotsiaalsed piirangud), jääb sellest põlevkivi kogusest allmaakaevandamise tingimuste juures, mis on tulevikus valdav kaevandamisviis, alles ligikaudu pool.



Joonis 2. Põlevkivi kaevandamisväärsus ja -võimalikkus.

arengukava, milles seati eesmärgiks piirata põlevkivi kaevandamist selliselt, et see ei ületaks 20 mln tonni aastas. Aastal 2008 sätestati vastav piirang ka maa-põuaseaduses ning 2009. aastal jagati see määr kaevandajate vahel proportsionaalselt sellel hetkel kehtinud kaevandamislubadega antud aastamääradele. See jaotus sai ettevõtete edaspidiste arendus- ja investeerimisplaanide aluseks.

Kõrge nafta hinna perioodil (2011–2014), kui barrel toornaftat maksis kuni 120 USD, tehti põlevkivitööstusesse suuri investeeringuid, Eesti Energia AS poolt ehitati kaasaegsel tehnoloogial põhinev Enefit 280 õlitehas ning Auvere elektrijaam, VKG poolt kaks Petroteri õlitehast ja Ojamaa kaevandus. Tööstus valmistati ette põlevkivist, millest parim ja lihtsamini kättesaadav osa oli 100 aasta jooksul juba maa seest väljatud, maksimaalse väärtuse kättesaamiseks.

Seega on aktiivset kasutatavat varu alles 30–35 aastaks, tegelikult veelgi vähemaks, sest kaevanduste lõpuaastatel langevad kaevandamise mahud oluliselt ja vajalikku kogust põlevkivi ei suudeta nimetatud aja jooksul tööstusele tagada. Kehtivate kaevandamislubade alusel on antud kaevandamise õigus 12% kogu põlevkivivarule, mis on 44% aktiivsest varust.

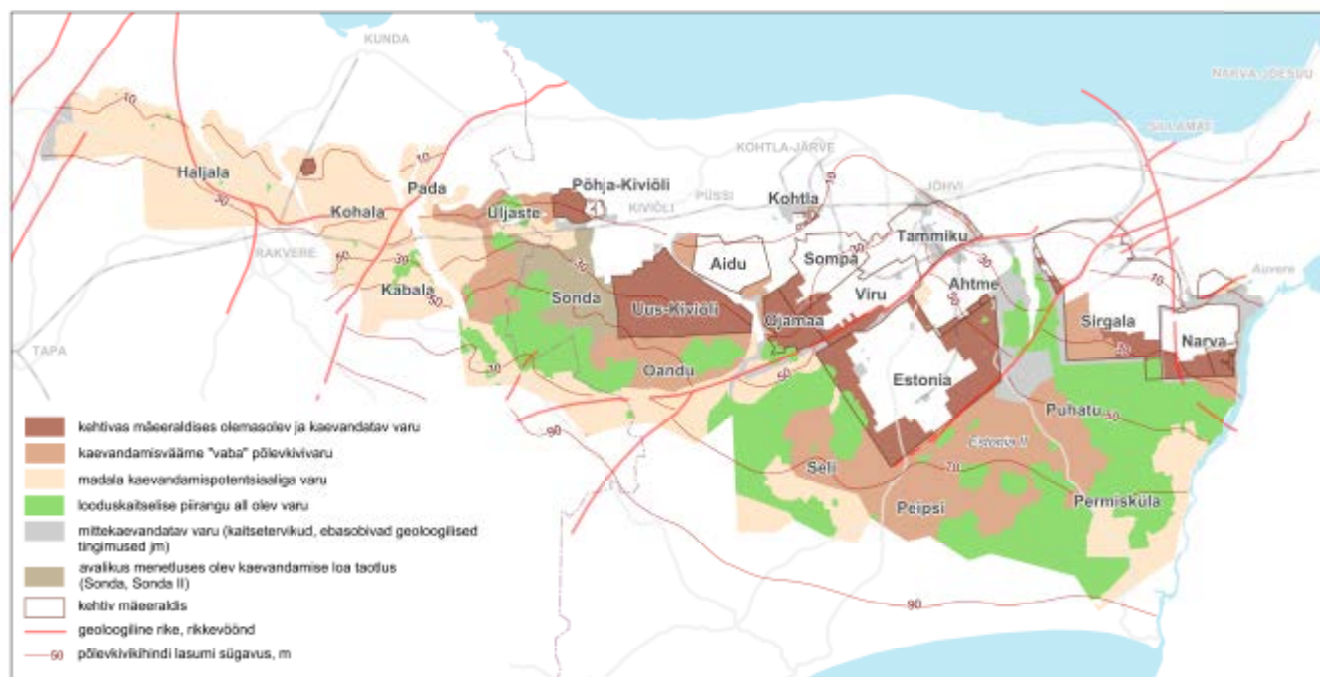
Seega, kui ühelt poolt on põlevkivi justkui väga palju (4,7 mld tonni), siis teiselt poolt napib aktiivset ehk kaevandamisväärsset varu (0,75 mld tonni). Oma argumente leiavad nendes arvudes nii kaevandamise pooldajad kui vastased. Kuid milline on põlevkivitööstuse mänguruum, eeldades, et seda majandusharu ei hävitata maksupoliitiliste otsuste, keskkonnanõuete ning elektri- ja naftaturu hindade tõttu.

Alljärgnevalt analüüsime lähemalt kaevandamiseks sobivate uute alade kaevandamisväärsust ja -või-

malikkust. Esmalt lähtume tänaste regulatsioonidega kehtestatud olukorrast, kus kõik looduskaitsete piirangutega alad on põlevkivi kaevandamiseks justkui välistatud. Välistame samuti madala potentsiaaliga põlevkiviks loetud varud, mis on energiatootlusega alla 30 GJ/m² või on raskesti ligipääsetavad (näiteks isoleeritud alad suurte märgalade taga) ning karjääri- viisiliselt väljatavad varud tiheda asustusega piirkonnas (katendi paksus alla 25-30 m), peamiselt Lääne-Virumaal. Nende alade hulka on siin arvestatud ka võimalikud väiksemad karjäärid (näiteks Ubja laiendus) või Rakvere fosforiidimaardla piiridesse jäävad kehvema kvaliteediga põlevkivi varud, mis võivad kaugemas tulevikus osutada kaevandamisväärseks koos fosforiidiga.

Joonisel 3 on kõrgema kaevandamispotentsiaaliga alad välja toodud tumepruuni värviga. Juhul, kui looduskaitsete piirangutega alade, eriti suuremate märgalade alt pole võimalik põlevkivi kaevandada, on tulevikus majanduslikult tasuv ja keskkonda võimalikult vähe mõjutav valik piiratud, see jääb põhiliselt Estonia kaeväljale (plokk 18), Puhatu, Seli, Oandu ja Sonda ning osaliselt ka Permisküla ning Peipsi uuringuväljale. Praegu on uutest kaevandusloa taotlustest menetluses VKG ja Kiviõli Keemiatööstuse taotlused Sonda uuringuväljal.

Niiöelda „vaba“ ressurss, mille alla võib liigitada kaevandamislubade või taotlustega katmata kõrgema potentsiaaliga kaevandamisväärse põlevkivivaru, on järel veel ca 944 mln tonni (tabel 1). Kui arvestada kadu-



Joonis 3. Põlevkivivaru (mld t) seisuga 31.12.2014.

Tabel 1. Põlevkivivaru jaotus kaevandamisväärse ja -võimalikkuse järgi (varu on arvatud proportsionaalselt pindala muutusega)

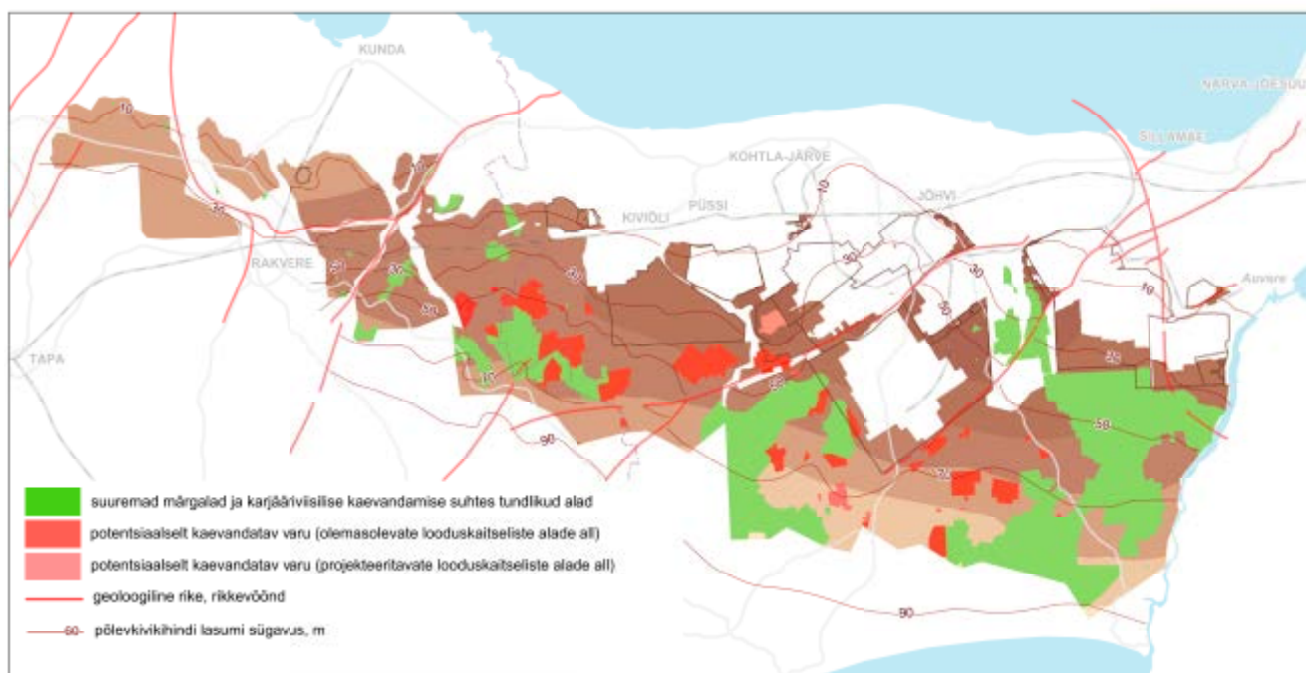
Varu tüüp	Bilansiline põlevkivi, mln t
Kõrgema potentsiaaliga „vaba“ kaevandamisväärne varu	944
Mittekaevandatav varu	348
Looduskaitsete piirangute all olev varu	1 240
Madala potentsiaaliga varu	1 514
Kehtivatel mäeeraldistel asuv kaevandatav varu	588
Kaevandamiseks taotletud varu, mille osas toimub avalik menetlus (Sonda ja Sonda II)	153

deks pool, siis on kaevandatavat varu kokku 472 mln tonni. Nimetatud kaevandamisväärsust ja kaevandatavast „vabast“ varust on Eesti Energia Kaevandused AS taotlenud Estonia II ja Oandu mäeeraldistele ligikaudu poole (250 mln tonni). Alles siis, kui õnnestub Narva/Sirgala mäeeraldistel juurutada lauslangatamisega allmaakaevandamise tehnoloogia, on võimalik lisada kaevandatava varu hulka ka Puhatu turbatootmise ala all paiknev põlevkivivarude (kokku 59 mln tonni bilansilist, ilma kadudeta varu).

Kuna olemasolev ja tulevikus põlevkivi portfelli lisatav põlevkivi kogus on piiratud, tuleks juba täna eraldi analüüsida ning hinnata kaitsealustele maadele allmaakaevandamise piirangute kehtestamist ja ulatust. Juhul, kui allmaakaevandamine ei halvenda kaitseala kaitse-eesmärgi tagamist, ei tohiks kaevandusi tükeldada, tekitades sellega maavararessursi raiskamist ja ebamõistlikke lisakulusid kaevandajale. Juhul, kui kaevanduse mõju on suurem, tuleks vastupidi, ka kaitsealade ümber kaevandamine keelustada. Seetõttu pole põlevkivivarude automaatne, looduskaitsealadest lähtuv passiivseks (mittekaevandatavaks) tunnistamine põhimõtteliselt õige. Vastavat mõju on korrektne hinnata keskkonnamõju hindamise käigus, mida koostatakse piisava põhjalikkusega kaevandamisloa taotlemise käigus, lähtudes taotletava kaevanduse tingimustest ja ulatusest.

Võttes eelduseks, et allmaakaevandamisel tekkiva põhjavee alanduslehtri mõjuraadius on suur ja suuremate märgalade/rabade (alumiste kihtide) põhjaveerežiim on igal juhul häiritud, ei ole käeolevas analüüsis suuremate märgalade piirkondi (Puhatu, Muraka, Seli soo, Sirtsiraba) arvestatud potentsiaalsete põlevkivivarude hulka. Piisavalt usaldusväärsete uuringute olemasolul võib see tingimus muutuda, mis sõltub kindlasti ka kasutusele võetavast kaevandamise tehnoloogiast.

Samas leidub põlevkivimaardla kohal suur hulk suuremaid ja väiksemaid looduskaitse piiranguga alasid, kus esinevad Natura elupaigad või kaitsealused liigid, mille kaitse on Eestis piisavas ulatuses tagatud, isegi üle 60% (näiteks soo elupaigatüübid). Pole ka teada allmaakaevandamise mõju metsiste püsielupaikade säilimisele, mistõttu on seda valdkonda vaja uurida ja seirata (näiteks seiratakse metsist Kiiikla püsielupaigas Ojamaa kaevanduse kohal). Kuna Eesti aluspõhja kivimid on lõuna suunas kaldu, siis põlevkivikihtide hind Estonia kaevevälja lõunaosas või Puhatu uuringuväljal lasub üle 60 m sügavusel, mistõttu on seal kaevandamise mõju maapinnal väiksem kui põlevkivimaardla põhjaosas. Samuti on oluline analüüsida ala geoloogilist ehitust, seda just veepidemete ja Kvaternaari ajastu setete osas. Mis jällegi viitab sellele, et looduskaitse piirangute tõttu kehtestatud täielik kaevandamiskeeld peab olema põhjendatud nii geoloogiliste kui hüdroteoloogiliste uuringutega.



Joonis 4. Looduskaitsealade piirangute all olev ja sellest potentsiaalselt kaevandatav varu.

Tabel 2. Põlevkivivaru looduskaitsete alade all

Looduskaitse piirang	Põlevkivivaru, mln t
Suuremad märgalad ja karjääriivilise kaevandamise suhtes tundlikud alad	1 006
Potentsiaalselt kasutatav varu kaitstavatel aladel (metsiste püsielupaigad jm)	234
Kokku kaitstavate (sh projekteeritavate) alade all olev varu	1 240

Joonisel 4 on toodud olemasolevate ja projekteeritavate kaitsealade, Natura 2000 alade ja püsielupaikade levik Eesti põlevkivimaardla kohal (EELIS 2015). Punasega on näidatud alad, kus tuleks täiendavalt uurida ja kaaluda põlevkivi kaevandamise lubamist allmaameetodil. Põlevkivivaru, mis jääb nende alade alla on 234 mln tonni, kokku on looduskaitsete piirangute (sh projekteeritavate alade all) 1 240 mln tonni bilansilist põlevkivi (vt tabel 2).

Kokkuvõtteks võib öelda, et Eestis leiduva ja kättesaadava kaevandamisväärse põlevkivivaru hulk on piiratud (hetkel ca 470 mln tonni), mis tähendab, et sellesse ressursi tuleb suhtuda säästlikult ja ei tohiks vääruslikku põlevkivi kergekäeliselt maa alla jätta. Eelkõige tuleb kaevandamisväärset varu suurendada majanduslike parameetrite järgi passiivseks hinnatud põlevkivi arvelt, samuti kaalutleda põhjalikult looduskaitse alade kaitse-eesmärkide koostamisel maavara kaevandamise lauskeelamist, sõltumata sellest, kas tegemist on pealmaa- või allmaakaevandamisega sügaval maapõues.

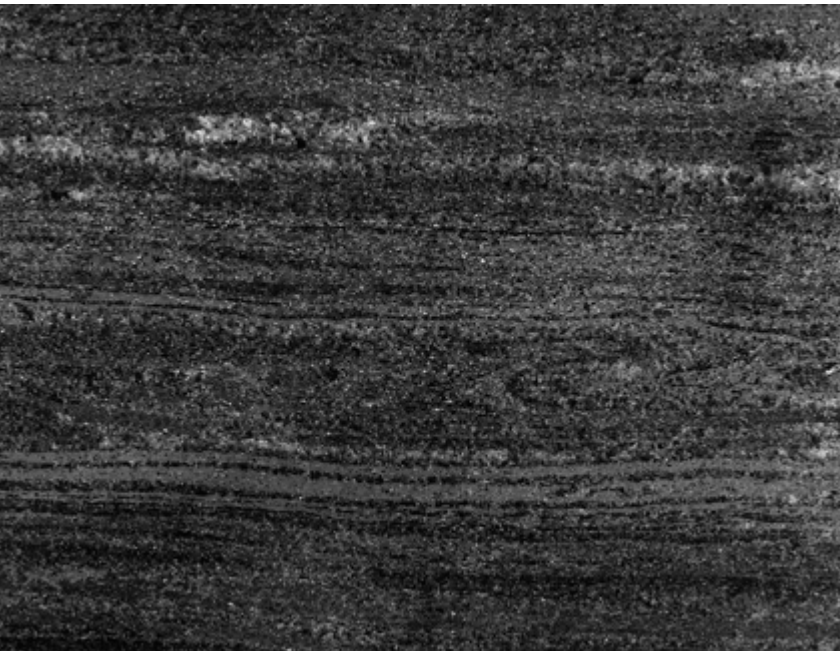
KIRJANDUS JA ALLIKAD

- EELIS 2015. Eesti Looduse Infosüsteem. Keskkonnaagentuur. Seisuga september 2015: <http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis/default.aspx>.
- Kattai, V., Kattai, T., Merkulova, L., Radik, M. 1979. Kaardikomplekt tootuskihi põhilistest näitajatest Eesti põlevkivimaardlas (möötkavas 1:50 000-1:200 000). Eesti Geoloogiafond 3569, Eesti Geoloogia Valitsus, 239 lk. [Vene keeles].
- Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L. 2000. Eesti põlevkivi : geoloogia, ressurs, kaevandamistingimused. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 248 lk.
- Maa-amet 2014. Maavaravarude koondbilanss seisuga 2014: <http://geoportaal.maaamet.ee/data/files/koondbilanss%202014.pdf?t=20150625092240>
- Reinsalu, E. 2003. Ainulaadne põlevkivi ootab kaevandamist. Eesti Loodus, 11, 12-16.
- Tammiksaar, E. 2013a. Põlevkivitööstuse algus Eestis – eeldused ja põhjused. Ajalooline sissevaade. I. Akadeemia, 1 (286), 15-48.
- Tammiksaar, E. 2013b. Põlevkivitööstuse algus Eestis – eeldused ja põhjused. Ajalooline sissevaade. II. Akadeemia, 2 (287), 278-309.
- VKG 2015. Põhijooni põlevkiviõlitööstuse arengust Eestis (koostaja E. Tammiksaar): <http://www.vkg.ee/cms-data/upload/ajalugu/pohijooni-polevkiviolitootuse-arengust-eestis.pdf>

RAUA NEEDMINE

Kalle Kirsimäe

Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, geoloogia osakond



Jõhvi magnetiit-kvartsiid

*Hurjuh sinda, rauda raiska!
Oleme ühesta soosta,
ühest seemnest me siginud,
sina maasta, mina maasta,
musta mulda me mõlemad,
ühe maa pääl me elame,
ühe maa see kokku saame,
maad meil küllalt siis mõlemal.*

*„Raua needmine“
(„Kalevala”, A. Annist,
P-E. Rummo, J. Kaplinski)*

Maavara ei (peaks) ole(ma) häbiasi. Maavara on rahvuslik rikkus. Nii nagu me tunneme uhkust oma iidse 8-silbise regivärsi üle, peaksime tundma vähemalt head meelt, et me ei pea iga toekama kõnni- ja kergliiklustee või neljarealise Tallinna–Tartu maantee ehitamiseks kruusa, liiva või killustikku sisse vedama välisriikidest.

Eesti alal on ebatüüpiliselt stabiilse geoloogilise arengulooga settelava maavarade poolest vaene. Mida iganes erinevatelt tribüünidelt ei kõnelda, siin ei ole märkimisväärseid, tänase tehnoloogia ja majandusnõudluse juures ahvatlevaid maagikehi ega pumbatavaid nafta ja gaasi leiukohti. Maailm peab tõsiselt metallide ja energiaressursside nälga jääma, et ühel päeval graptoliitargilliiti „põletada“ või sellest näiteks vanaadiumit ja molübdeeni toota.

Eesti maakoore geoloogia ja selle arengulugu on selline. Mastaapne maagistumine eeldab geoloogilises mõttes tormilist arengulugu – vulkaane, laamade kokkupõrkeid, kuumade vesilahuste (hüdrottermide) liikumist või nafta ja gaasi tekkimiseks suure paksusega, kilomeetritesse ulatuvaid, settekuhjeid. Viimased vulkaanid purskasid Eestis ligikaudu poolteist

miljardit aastat tagasi ja settekivimitest katte paksused Soomele sarnaneva kristalse aluskorra peal ulatuvad vaid 100 meetrist Põhja-Eestis kuni 700 meetrini riigi lõunapiiril. Ja mis veelgi olulisem, maasisese soojusvoo uurijate sõnul on Lõuna-Soome, ja Eesti selle naabruses, olnud teadaolevalt maailma kõige stabiilsema maakoore osaks vähemalt viimase 700–800 miljoni aasta jooksul. Stagnatsioon säilitab, kuid ei loo midagi uut ja väärtuslikku.

Siiski, meil on Eesti ala katnud mandriliustikelt päranduseks jäänud kruus ja liiv, mida kasutada teedehituses. Samuti on meil ulatuslikud varud siin 400–500 miljonit aastat tagasi laiunud madalmeres settinud lubimudadest tekkinud lubja- ja dolokivi nii ehituskiviks (sh killustik, viimistlus-kivi), lubjapõletamiseks, tsemendi tootmiseks kui ka paberi-, klaasi- ja metallitööstusele. Geoloogiliselt unikaalsed ligikaudu 540 miljoni aasta vanused savilasundid on sobilikud nii tsemendi-, tellise- kui keraamikatööstuse tarbeks. Kahju ainult, et Eestis ei kavandata täna enam natuke nooremate umbes 390 miljoni aasta vanuste savide kasutamist Lõuna-Eestis. Ja kindlasti on meil turvas ja puhas, erineva-

test põhjaveekihtidest pärit põhjavesi nii tarbe- kui mineraalveeks.

Kui kõrvale jätta ehk tsemendi- ja lubjatootmine, siis kõik eelpool loetletu on pelgalt kohaliku tähtsusega, riigisiseseks tarbimiseks ning nendes maavarades ei ole midagi erilist ei Eesti ega naaberriikide vajadusi arvestades. Samasugused või veelgi uhkemad savileiukohad on Lätis ja Leedus, samuti ka kruus ja liiv ning lubja- ja dolokivimid. Need maavarad ei ole sellised, mida oluliselt väärindamata saaks toorainena kasumlikult riigi rikkuse kasvatamiseks Eestis välja müüa.

Maavara on rikkus, aga samas on maapõue vara nagu igasugune teine kaubaartikkel, mille hind ja sellest tulenev rikkus sõltub pakkumise ja nõudluse vahekorradest. Maailmamajanduse hiljutistes ja tegelikult jätkuvates turbulentsides kasvas näiteks kulla hind enam kui kolmekordseks ja pani tööle kaevandused kohtades, kus see varem mitte ühelgi juhul ära ei tasunud. Siit tuleneb ka tõsiasi, parafraseerides Mark Twain'i, et kuuldused maavarade lõppemisest on tugevasti liialdatud.

Paljudel juhtudel on maavara „kriisid“ kinni tegelikult julgeolekus, sest näiteks Euroopa Liidus on defineeritud suurem osa kriitilisi/strateegilisi maavarasid mitte varude puudumise tõttu, vaid enamalt jaolt just varustuskindluse probleemide tõttu. Mitmete täna teada olevate ja kasutatavate strateegiliste maavarade varud on kas majanduslike konkurentide maapõues, näiteks Hiinas, kes ei taha seda jagada või poliitiliselt ebastabiilsetes piirkondades.

Oluline on seejuures tõsiasi, et maavarade varud ja kaevandamine ei sõltu niivõrd tehnoloogiast, sest inseneridel on täna oskused ja meetodid maavarade kaevandamiseks tingimustes, kus seda varem keegi isegi ette ei kujutanud. Paraku kõik see tehnoloogia maksab ja selle rakendamine maavarade kasutuselevõtul sõltub lihtsalt hinnast. Põhimõtteliselt on suures plaanis suvalise maavara varud kinni õiges hinnas. Perioodiliselt tuleb teemaks ühe või teise maavara varude ammendumine, aga enamasti turuhindade tõustes, mis lubab kasutusele võtta näiteks kehvema kvaliteediga või piltlikult öeldes sügavamal paiknevad varud, ning maailm saab jälle edasi pöörelda oma lõppematutes kasvuprognosides.

Kuid maavara hind, täpsemalt küll selle lisandväärtus, ei ole ainult tema maksumus maailmaturul

ja see sisaldab näiteks ka rahas raskesti mõõdetavaid keskkonnakahjusid ja emotsionaalseid väärtusi nagu seegi, et kas me oleksime täna valmis Tartus, Raekoja platsile suudlevate tudengite purskkaevu kohale püstitama naftatorni, kui mingil imetabasel kombel avastatakse just selles kohas hiiglaslik naftamaardla? Tundub absurdne, aga täna näiteks kolitakse Põhja-Rootsis 1900. aastal asutatud enam kui 18 tuhande inimesega linna, et teha ruumi maailma ühe suurima rauamaagi kaevanduse laiendamiseks. Alternatiiv oleks kaevanduse sulgemine, suure tööstuse ja majandusliku väärtuse allika kadumine ning loomulikult 18 tuhat töötut.

Tulles tagasi Eesti konteksti, kui kõrvale jätta valdavalt kohaliku tähtsusega savi, liiv, kruus ja suuremas osas ka lubja- ja dolokivi, jäävad kaks suurt – põlevkivi ja fosforiit. Need kaks on tõesti suure väärtusega maapõuerikkused, mille üle Eestil on põhjust uhke olla. Aga kummalisel kombel oleme me täna olukorras, kus uhkuseks ja kasutamata võimaluseks võib see ka jääda. Kaevandamine, maavarade uurimine või isegi sellest rääkimine on avalikkuse silmis tabuteema. See ei kehti mitte ainult põlevkivi ja mis veel hullem, fosforiidi suhtes, vaid erinevatel tasanditel kõigi Eesti maavarade kohta. See on tegelikult üsnagi kummastav, sest maavara on rikkus, mitte iluasi.

Maavara on kasutamiseks õigel ajal ja õigel viisil. Täna on moes väljend – nutikalt. Tõsi, nutikus ja paindlikkus peaksid olema Eesti maavarade kasutamise võtmesõnad. Eesti maavarade sektori arengu suureks probleemiks ongi ehk see, et valdavas enamuses nähakse kaevandamises väga lühikest majanduslikku või isiklikku perspektiivi ja puudub pikaajaline mõõde. Lihtsustatult on iga järgmine karjäär või kaevandus järjekordne kolina, paugutamise ja tolmu saatel maa sisse löödud auk, kus tööd saab võib-olla kopamees, mõned kallurijuhid ning omavalitsusele tilgub enamalt jaolt mõttetult pisike maks.

Väikesed kruusa- ja paekarjäärid väikesteks karjäärideks, aga samasugune lähenemine kehtib suure üldistusega ka põlevkivi kaevandamise suhtes. Samas on tegemist sektoriga, mis annab olulise panuse riigi sisemajanduse kogutoodangusse ja kuigi seda on naeruväärinud (ainult 4%!), siis tahaks ikka näha riigikogulaste kimbatust, kui ühtäkki haihtuks Eesti riigi majandusest peaaegu üks miljard eurot... Täna on juba ajakirjanduses kritiseeritud valmivat põlevkivi arengukava, mis justkui avaks tee kontrollima-

tuks põlevkivi kaevandamiseks. Tegelikult tuleb Eesti põlevkivi sektori pikaajaliste arenguplaanide juures arvestada mõne lihtsa tõsiasiaga. Esiteks, kuigi Eesti põlevkivi on maailma põlevkivide seas kvaliteedilt (kütteväärtus) üks parimaid, on põlevkivi põletamine elektrijaamades põhimõtteliselt mõttetu ja keskkonnaaenulik tegevus. Võiks öelda, et mitte kusagil maailmas ei põletata sellist põlevmaavara, millest jääb massina järgi 50% tuhka. Ainult suurte kriiside ajal! Meeldetuletuseks, et Eesti põlevkivitööstus tekkis ja arenes kahe ilmasõja aegse või järgneva perioodi energianäljas. Teiseks, õlitootmisel, vaatamata madalatele nafta hindadele, on täna veel perspektiiv, aga jällegi, kui me vaatame kümnendite prognoosi, siis tuleb arvestada, et põlevkivienergeetika ning õlitootmine on juba praegu üleeuroopaliste energia ülekandevõimsuste ja võrgustike tekkimise ning taastuenergeetika järjest suurema kasvu taustal selges languses. See tähendab ühte lihtsat asja. Põlevkivi on kaevamiseks ja väärindamiseks täna, nüüd ja praegu. Loomulikult mitte kontrollimatult, aga selle kaevandatava varu hoidmine järeltulevatele põlvvedele ei tee neid kuidagi rikkamaks. Neil ei ole seda enam kellelegi müüa. Me peaksime võtma õppust Norra riigist, kus täna pumbatavast naftast koguneb fond aegadeks kui seda naftat enam ei ole.

Mis on Eesti alternatiiv põlevkivitööstuse kadumisele? Muidugi on vastus siinsamas maapõues – üliväärtuslik ja palju kardetud/keelatud fosforiit. Tõepoolest – Euroopa Liidu kriitiline maavara, Euroopa Liidu suurim varu, väga hea kvaliteet – madal raskmetallide sisaldus, kerge rikastatavus. Majanduslikult osakaalult võrreldav põlevkivitööstusega. Oluline on ka see, et fosforiit on kompleksne maavara ja Rakvere välja varude kaevandamisel tuleb väärindada ka selle kohal olevat põlevkivi ning miks ka mitte teatud aladel graptoliitargilliiti. Aga selle kõige kasutuselevõtuks või ainuüksi sellest mõtlemiseks tuleb meil ennekõike üle saada omaenese hirmudest! Rumal on arvata, et aeg parandab „fosforiidisõja“ haavad, sest need keskkonkakaitsetelised probleemid ei kao kusagile ja neile tuleb leida vastuvõetav lahendus. Tehnoloogiliselt on fosforiidi kaevandamine ja töötlemine võimalik – küsimus on jällegi selles, mis see maksab (koos keskkonna ja elukvaliteedi maksumusega) ja kas tasub

Eesti fosforiiti kaevandada. Maailma nälg toitainete, sh fosfori järele, ei kao kusagile ja on ainult tõusuteel. Selles mõttes Eesti fosforiidi väärtus kasvab, aga sellel on ka oma n-ö bumerangi efekt, sest kasvav nõudlus teeb võimalikuks/tasuvaks fosforiidi kaevandamise ja kahjulikest lisanditest puhastamise ka teistes Euroopa leiukohtades ning tänased tehnoloogia arendused fosforiiditoorme töötlemises vähendavad tulevikus drastiliselt Eesti fosforiidi kaevandamise mõttekust/tasuvust. Seega oleme me taas tagasi sama tõdemuse juures, et kaevandama peab õigel ajal ja õigel viisil.

Kaevandamine on kokkulepe ja mõlemal poolel tuleb aru saada, miks ja kelle jaoks seda tehakse ning mis on selle hind. Kummastaval kombel ei taju üldsus, milline oleks elu siis, kui meil ei oleks ei liiva, kruusa, paekivi ega põlevkivi. Selles ei ole kübetki parastamist, aga senikaua, kui Euroopa Liidu maksumaksja maksab kinni suurejoonelised liiklussõlmed, ei olegi põhjust muretseda, kust tuleb kruus teetammi rajamiseks või killustik betooni valamiseks. Toodagu või Lätist, aga peamine, et mitte minu tagaõuest. Sama küüniliselt võiks arvata, et olekski parem, kui Kirde-Eestis ei tiksuks põlevkivitööstuse sotsiaal-majanduslik pomm. Kasvõi nende inimeste ja kogu selle piirkonna kestmiseks on vaja nii pikaajalist vaadet põlevkivitööstuse arendamisele kui ka kaevandamisest loobumiseks. Riik (ka valla tasandil) peab teadma, milline on Eesti riigi maavarade kasutamise strateegia. Kas üldse on vaja ja milline peaks olema pikaajaline maavaradest tuge saava majanduse edulugu? Kivi ei pidavat mädanema, kuid õigel ajal kaevandatud ja väärtusahelas võimalikult kalliks töödeldud maavara on riigi võimalus rahvusliku majanduse alahoidmiseks ja oma elanike elatustaseme tõstmiseks ning uute majandust edendavate suundade-võimaluste otsimiseks ja tööle rakendamiseks. Tervet mõistust!

FOSFOR, FOSFORIIT, KESKKOND JA INIMENE

Valter Petersell
Eesti Geoloogiakeskus OÜ

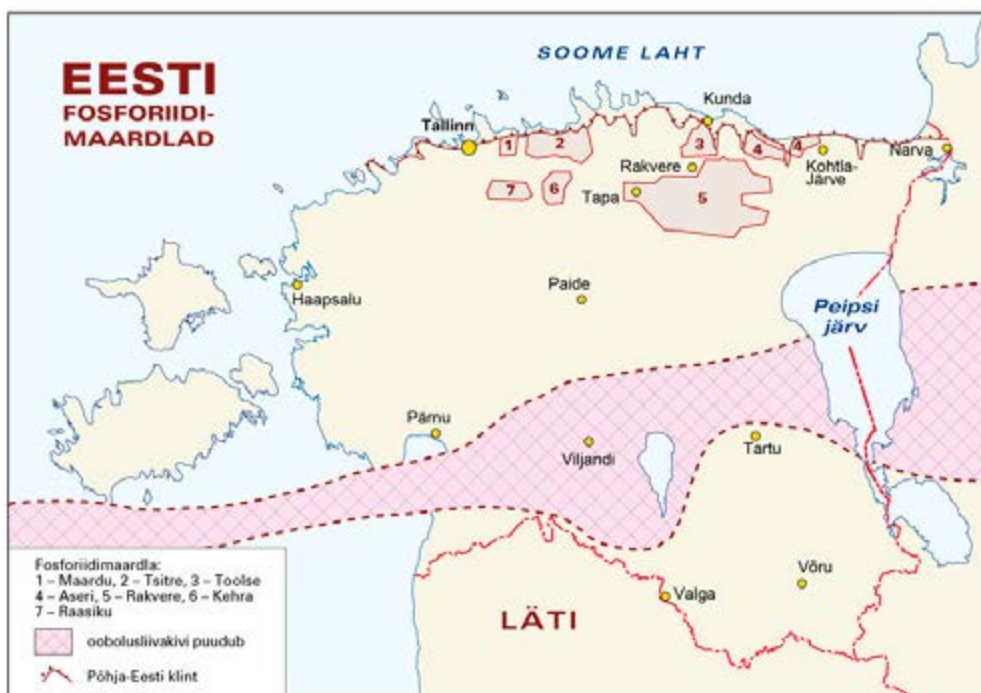
Fosfori keskmine sisaldus maakooses jääb erinevatel andmetel 0,067 kuni 0,093% piiridesse (Wedepohl 1995; Vinogradov 1962). Mulla künnikihis on fosforit 0,08% ja taimede mineraalosas ligi 7% (Maljuga 1963). Looduses on teada 239 erinevat fosfori mineraali (Ivanov 1994), millistest olulisemad kuuluvad apatiidi ja monatsiidi rühma. Mineraalides esineb fosfor peamiselt fosfaadina (PO_4^{3-}), samuti isomorfset kivimit moodustavates mineraalides. Fosfori mineraalid ja ühendid on tavatingimustes mullas raskesti lahustuvad.

Eestis nimetatakse fosforiidiks settekivimit, mille P_2O_5 keskmine sisaldus ületab 3,0–6,0% piiri. Meie fosforiit, mida puudulikulise brahhiopoodi *Obolus apollinis*'e järgi ka oobulusfosforiidiks nimetatakse, koosneb kollakas-, hele- või tumehallist, nõrgalt tsementeerunud peene- kuni jämedateralisest kvarts-liivakivist, milles on 5–90% brahhiopoodide fluorkarbonaat-apatiidist kojapoolmeid või nende fragmente. Brahhiopoodide kojapoolmed sisalda-

vad 34–37% P_2O_5 , fosforiidikihtides on P_2O_5 sisaldus 3–25% (Raudsep 1989).

Põhja-Eestis on uuritud Maardu, Tsitre, Toolse, Aseri, Rakvere, Kehra ja Raasiku fosforiidileiuukohti (joonis 1), mis paiknevad Ülem-Kambriumi ja Alam-Ordoviitsiumi piiril oleva Kallavere kihistu kivimites. Majanduslikku huvi pakkuvad kihid on 1–12 m paksused ja paiknevad 5–200 m sügavusel maapõues. Fosforiidi kihte katavad Alam-Ordoviitsiumi vanusega diktüoneemakilda (graptroliitargilliidi), savi, glaukoniitliivakivi ning Kesk-Ordoviitsiumi lubja- ja dolokivi kihid. Viimastel lasuvad omakorda 0,5–3,0 m, mattunud orgudes 20–90 m paksused Kvaternaari setted.

Akadeemik Aleksandr Fersmani (eluaastad 1883–1945) arusaamade järgi on fosfor elu ja mõistuse element (Fersman 1954). Fosfor esineb pea kõikides taimsetes ja loomsetes kudedes toimides elutegevusprotsesside soodustajana. Fosfori ühendid on organismides geneetilise informatsiooni kandjad ja säili-



Joonis 1. Eesti fosforiidimaardlad (Raudsep 1993, 1997 järgi).

Tabel 1. Fosfori (P) sisaldus ja kontsentratsiooni koefitsient (K) mulla kui toiteallika suhtes.

Keskkond	P sisaldus, %	K mulla suhtes
Globaalne muld (Maljuga 1963)	0,08	1,0
Eesti mulla huumushorisont (Petersell jt. 1997)	0,057	0,71
Taimede tuhk (mineraalosa) (Maljuga 1963)	7,0	87,0
Eesti nisuterade mineraalosa (tuhk, autori andmed)	18,1	225,0
Inimese luukude (Prohorov 1977)	5,0	63,0

tajad ning ainevahetuse reguleerijad. Inimorganism vajab fosforit eelkõige hammaste ja luude moodustumiseks, aju ja kesknärvisüsteemi tööks ning energiavahetuseks. Kasvuperioodil on fosfori kontsentratsioon kõrge imetajate kudedes, samuti taimedes ja nende viljades (tabel 1). Taimedes ja elusorganismides oleva fosfori peamiseks allikaks on muld, mille seisundi parandamiseks tuleb periooditi lisada fosforväetisi põllukultuuride fosforitarbe rahuldamiseks.

Ajaloost. Eesti Vabariigi (1918–1940) ja Nõukogude Liidu (1944–1991) perioodil toimunud fosforiidi uuringud kestsid kuni 1990. aastani ja selle tulemusel on Eestis välja selgitatud 7 fosforiidi maardlat (joonis 1) summaarse varuga enam kui 9,6 miljardit tonni fosforimaaki keskmise P_2O_5 sisaldusega 9,3% (joonis 2).

Toolse fosforiidimaardla geoloogiline detailuuring lõpetati 40 aastat tagasi (Raudsep, Sinisalu 1972). Samal perioodil jätkus Tapa–Rakvere piirkonna geoloogiline süvakaardistamine (Puura jt 1974), mille käigus kirjeldasid 1972. aasta mais vastpuuritud Assamalla puuraugu F-162 puursüdamikku geoloog Olavi Keerup ja artikli autor. Üllatus oli suur. Maapinnast ligi 161–167 m sügavusel oli kollakaspruun, valdavalt *Obolus*'e tervetest kaantest ja nende detriidist koosnev fosforiit. Järgnev detailsem tutvus talvekuudel puuritud puuraukude südamikuga tuvastas fosforiidi veel neljas puuraugus maapinnast 90 kuni 170 m sügavusel. Ala ühendati Assamalla fosforiidi levilaks. Kogutud proovide laboratoorsete analüüside ja γ -karotaaži graafikute uurimise tulemusel selgus, et fosforiidilasundi paksus oli enamasti 1–6 m ja P_2O_5 sisaldus 4–21,5% (keskmiselt 14,3%). Fosforiidi prognoosvaruks hinnati miljard tonni. Sellesse üüratusse arvu suhtuti tol ajal umbusklikult ja tollaegse Eesti

Geoloogia Valitsuse teadusnõukogu protokollis märkigi: “varu arvutamisel pole arvestatud puursüdamiku kadu ja kõik arvutused on tehtud maksimaalse võimaluse piiiril”. See hinnang välistas maardlate esmavastamise preemia määramise autoritele. Hiljem seda hinnangut korrigeeriti pea 20 aastat kestnud geoloogilise uuringuga. Assamalla levila nimetati Rakvere fosforiidimaardlaks varuga ligi 6,9 miljardit tonni fosforiidimaaki, mille keskmine P_2O_5 sisaldus on 9,1% (Riiklik... 2001).

Rakvere fosforiidimaardla ala geoloogilise kaardistamise ajal ei osanud keegi ennustada, et avastati Euroopa suurim fosforiidimaardla, et avastus saab fosforiidisõja ajendiks ja mõnes mõttes ka Eesti laulva revolutsiooni hälliks. Tuginedes ajakirjanduse ja raadio kaudu levitatavale infole viibisime II fosforiidisõja künnisel. Esimese fosforiidisõja (1987–1988) sündmuste emotsionaalne ja üsna suvaline tõlgendus leiab käsitlemist Juhan Aare (1999) raamatus “Fosforiidisõda 1971–1989”. Nüüd vaikivad nii võitjad kui kaotajad. Fosforiidisõja eesmärke teatakse ainult ühekülselt, sõja organisaatorite ja propageerijate seisukohast vaadatuna. Eesti fosforiidi ja fosforiidiuuringutega kaasnevaid tegelikke põhjusi ning oodatavaid tulemusi pole käsitletud, olgugi, et need on aktuaalsed ka käesoleval ajal.

Iga sõda, olgu see võitlus relvadega, majanduslik, psühholoogiline või muu, teenib teatud ringkonna huve. Sõjas on võitjad ja kaotajad ning sõdivate maade rahvas. Viimaste õlgadele langevad nende soovidest sõltumata sõjaga kaasnevad kulutused.

Inimkonna ajaloos oli fosforiidisõda üheks ainulaadsemaks. Rahvas kaasati fosforiidisõtta selleks, et säilitada elukeskkond ja keelata maavara geoloogilised uuringud. Märkamata jäi, et uuringute positiiv-

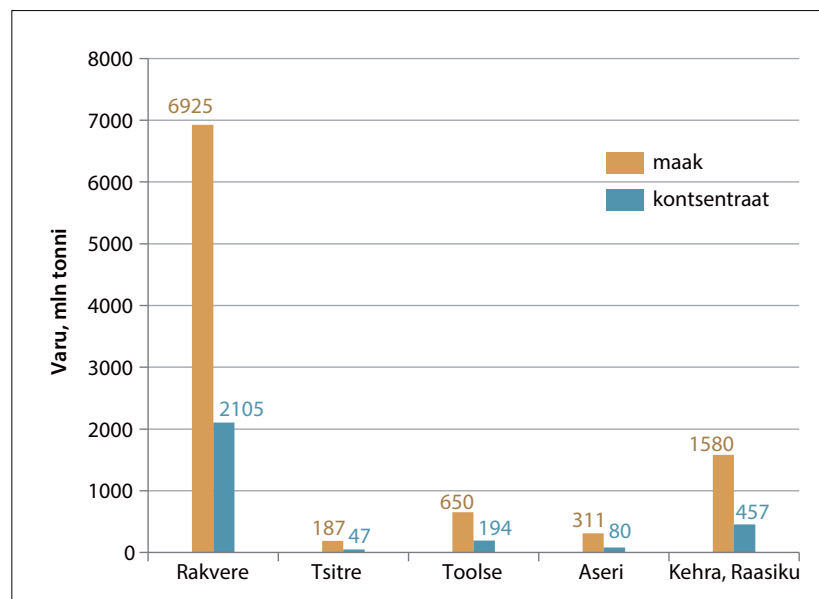
sed tulemused on seotud riigi teaduspotsiaali ja majanduse arendamisega. Korvamatut või mõttetut keskkonnakahju ei soovinud keegi.

On levinud arvamus, et fosforiidisõda hoidis Eestis ära uute fosforiidikaevanduste rajamise. Kahtlemata pole see tõde. TTÜ emeriitprofessor Enno Reinsalu (2012) mainib põhjendatult, et Toolse karjääri ja seejärel Lääne-Kabala kaevandamist ei oleks nagunii alustatud, kuna sellise tegevuse rahastamine käis pankrotistuvale Nõukogude Liidu (NL) majandusele üle jõu. Fosforiidisõja keskkonnakaitse sildi all jätkus Maardu piirkonna ajaloolise põllumaa hävitamine kümnete hektarite kaupa aastas ja selle muutmine radooniohtlikuks ning tervistkahjustavate raskemetallide rikkaks tühermaaks. Teades NL plaanimajanduse süsteemi ja fosforvætiste defitsiidi vähendamise teravat vajadust, oli seitsmekümendatel aastatel Maardu sulgemise ainukeseks reaalseks võimaluseks selle asendamine Toolse fosforiidimaardlaga. Paikneb ju Toolse maardla madalakvaliteedilisel põllu-, karja- ja metsamaal, mille pind on rikutud Kunda tsemenditehase vanade ja töötavate lubjakivi karjääridega. Maardla piires paiknevad geoloogiliselt uuritud tsemenditoorme reservvaru alad. Kui Maardus saadi 1 m² suuruselt pinnalt 0,24 tonni P₂O₅, siis Toolses oleks olnud see arv 2,5 korda suu-

rem ehk 0,61 tonni P₂O₅ ühelt ruutmeetritl. Ehk sama koguse fosforiidikontsentradi saamiseks aastas oleks Toolses kujuneva karjääri pindala olnud 2,5 korda väiksem, kui Maardus. Vaatamata kõigele sellele jätkus kaevandamine Maardus kuni 1991. aastani.

1984. aastaks oli Rakvere fosforiidimaardla Lääne-Kabala kaevevälja toore geoloogide poolt suhteliselt hästi uuritud. Puudus aga tehnoloogia fosforiidi väljamiseks allmaakaevandamise tingimustes. Sellest tulenevalt polnud lootustki, et NL Riiklik Varude Komisjon (GKZ) oleks varu ilma katsekaevanduste tulemusteta kinnitanud ja andnud nõusoleku riskida sadu miljoneid maksva kaevanduse rajamisega. Ilma kaevandamise tehnoloogiata puudus ka garantii, et fosforiidi kaevandamine oleks olnud majanduslikult otstarbekas. Juba 1970-ndatel puudusid NL Väetisetööstuse Ministeriumil rahalised võimalused Koola poolsaare apatiidikaevanduste korrastamiseks. Raha polnud ka Lääne-Kabala katsekaevanduse jaoks, rääkimata uue kaevanduse rajamisest tundmatutes tingimustes.

Tänu “fosforiidisõjale” lõppes fosforiidi probleem Eestis NL Väetisetööstuse Ministeriumi administratiivtöötajatele soodsalt, paljudele teadusasutustele ja teadlastele aga kurvalt, kuna järsult vähendati Eesti fosforiidiuuringuteks kavandatud tööde finantsee-



Joonis 2. Eesti fosforiidivaru maardlate lõikes. P₂O₅ keskmine sisaldus Rakvere maardlas on 9,7%, Tsitre maardlas 7,5%, Toolse maardlas 9,0%, Aseri maardlas 7,7% ning Kehra ja Raasiku maardlas 8,7%. Tööstuslikku huvi pakuva fosforiidikihi paksus on vähemalt 1,0–1,5 m ja P₂O₅ sisaldus selles on üle 6%. Kontsentradiis on P₂O₅ arvutuslik sisaldus 30–32%.



Joonis 3. Maardu fosforiit (P_2O_5 sisaldus > 15%).



Joonis 4. Fosforiit Mäekalda paljandist, Kadrioru pargi lõunapiirilt (Raudsep 2007).



Joonis 5. Fosforiit Iru koobastunneli paljandist Pirita jõe orust (<http://www.ut.ee/BGGM/maavara/fosforiit.html>).

rimist. Samas tõusis kommunistliku partei prestiiž. Näete, me tahtsime minimeerida põllumajanduses fosforväetiste defitsiiti, kuid me ei saa, me ei või ja ei tohi ignoreerida rahva arvamust, me saame olukor-rast aru, säilitame keskkonna ja külmutame määra-mata ajaks uuringud ja kaevanduse rajamise.

Fosforiit ja majandus. Eesti Vabariigi ja NL oku-patsiooniaastail avastati ja uuriti Eesti NSV Geoloogia Valitsuse ja selle õigusjärgsete poolt erineval tasemel kokku 8 fosforiidimaardlat, milledest Narva on jää-nud laienenud linna piiridesse ning on nimistust kus-tutatud (Raudsep 1997). Eesti fosforiit on saviosakeste vaese merelise kvartslüüva ja biogeensete fluorkarbo-naat-apatiidist koosnevate puudulikuliste brahhiopoodide kodade ja nende fragmentide (detriidi) segu (joonis 3, 4, 5, 6 ja 7). Eesti fosforiit on kergesti rikas-tatav ja kvaliteetse väetise tootmine kontsentraadist on igati põhjendatud. Euroopa Liidu (EL) maade jaoks kaevandatakse fosforiiti Põhja-Aafrika bassei-nis paiknevatest Maroko kaevandustest. Eesti fosforiit on Maroko fosforiidist kaadmiumi (Cd) ja uraani (U) vaesem ning lantanoidide (Ln) (düsproosium (Dy), erbium (Er), euroopium (Eu), gadoliinium (Gd), hol-mium (Ho), lantaan (La), luteetsium (Lu), neodüüm (Nd), praseodüüm (Pr), promeetium (Pm), samaa-rium (Sm), terbium (Tb), tseerium (Ce), tuulium (Tu), üterbium (Yb)) ja ütriiumi (Y) ning strontsiiumi (Sr) poolest rikkam (tabel 2), seega on ta keskkonna-sõbralikum (Petersell jt 1986).

Eesti fosforiidist, milles on fosfaatset materjali ligi 80%, on võimalik saada ligi 2,2 miljardit tonni fos-foriidikontsentraati P_2O_5 sisaldusega üle 30%. Sellise kontsendraadi turuväärtus oleks käesoleva aja alla-hinnatud turuhinna (120 USD/t) järgi ligi 260 miljardit USD. Rakvere maardla osa selles oleks ligi 74% ja Toolse maardlal ligi 7%. Pole raske arvutada, et Rak-vere maardla Lääne-Kabala kaeveala 1 m² maa mak-sumuseks kujuneb sellisel juhul ligi 720 USD ja Toolse maardla kaevealal ligi 192 USD. Diktüoneemakilda enda väärtust ei ole sellisel juhul arvestatud.

EL liikmesriikide fosforiidivaru ilma Eestita on tühine. Marokost saadava fosforväetiste toorme kae-vandamise hind asustamata poolkõrbe ja katendi pak-senemise tingimustes kasvab pidevalt. Lisaks kallineb transport ja kasvab Aafrika oma riikide fosforväetise vajadus seoses põllumajanduse arenguga. Need on

Tabel 2. P_2O_5 ja kaaskomponentide sisaldus Eesti ja Maroko fosforiidis ning nende kontsentratsioonid

Maardla, leiukoht	P_2O_5	F	Ln	Cd	Cr	Pb	Sr	U	Y
	%		g/t						
Toolse toore	9.98	0.89	650	< 3	22	29	1380	28	152
Toolse kontsentraat	27.50	2.55	1680	–	–	–	2600	52	380
Rakvere toore	12.01	1.06	375	< 3	18	22	1340	17	101
Rakvere kontsentraat	30.15	2.88	1200	–	–	–	3100	40	240
Maroko kontsentraat (Bliskovskij 1983)	33.1	3.70	1100	20	180	–	1830	100	–

peamised põhjused, miks huvi Eesti maapõues peitva EL suurima fosforiidivaru vastu lähitulevikus ilmselt kasvab.

Eestis lõpetati fosforiidi geoloogilised uuringud ligi 25 aastat tagasi. Selle aja jooksul on muutunud nii nõuded kontsentratsiooni kvaliteedile kui ka lõppproduktile. Järjest rohkem fosforväetisi ja teisi tarbekaupu valmistatakse fosforhappe baasil. See seab ühelt poolt kõrgendatud nõuded kontsentratsiooni puhtusele, esmajärjekorras raua (Fe), magneesiumi (Mg) ja alumiiniumi (Al) ühendite sisaldusele selles. Teisalt on nüüd ka paremad tehnilised võimalused kasulike ja kahjulike elementide (Ln, Y, U, F ja Sr) eraldamiseks fosforiidist. Kindlasti on vaja kontrollida kaadmiumi (Cd), plii (Pb), arseeni (As), elavhõbeda (Hg), kroomi (Cr) jt kahjulike elementide käitumist rikastamisel. On vaja teada, kas nende elementide sisaldus

jääb loomasöödas lubatud piiridesse või ületab selle. Mainitud probleemide lahendamine on aeganõudev, nende lahendamiseks on tarvis uusi proove olulisematest fosforiidi looduslikest erimitest. Kõik need uuringud tuleb kindlasti teha enne fosforiidi majanduslikku hinnangut ja kasutamise kavandamist.

Valdav enamus nendest vajakajäämistest oli teada juba möödunud sajandi viimasel aastakümnel. Selle asemel, et suunata erialateadlasi ja praktikuid fosforiidiuuringutes mainitud kitsaskohtade lahendamisele, tunnistas möödunud sajandi üheksakümnendatel Eesti Maavarade Komisjon Eesti fosforiidi kui rahvaolulise varanduse, kasutamiskõlbmatuks.

Fosfor (fosforiit) ja keskkond. Fosfori peatarbijaks mullast on ahel taimedest kuni inimeseni. Taimede kaasabil, kas otse või läbi loomsete produktide,

Joonis 6. Toolse fosforiit (P_2O_5 sisaldus 6–10%).Joonis 7. Rakvere fosforiit (P_2O_5 sisaldus 6–12%).

rahuldab inimene oma fosfori vajaduse, mis täiskasvanutel moodustab ööpäevas 1 000–1 200 mg (Prohorov 1977), noortel kuni 2 500 mg (Ivanov 1994). Kui taimed kannatavad fosfori puuduse all, ei saa ka inimorganism vajalikku koguses fosforit. Hakkavad ilm-nema erinevad tervisehäired ja haigestumised, kaasa arvatud luude hõrenemine.

Mullast saagiga toimuv fosfori ärakanne põhjustab põllumulla degradeerumise. Eesti mulla huumushorisoni fosfori keskmine sisaldus on 570 g/t (tabel 3) ja

see on mullatüüpide lõikes ning pindalaliselt oluliselt erinev (joonis 8). Eesti mulla fosfori sisaldus on 30% madalam globaalse mulla keskmisest (tabel 1). Huumushorisoni reservi ehk selle lähtematerjali fosfori sisaldus on veelgi madalam.

Globaalne taimede tuha fosfori sisaldus on 7% (tabel 4), seega fosfori kontsentratsioon mulla suhtes suureneb ligi 87 korda. Puutumata looduse tingimustes taimed kasvavad, surevad ja kõdunevad *in situ*. Mullast taimede poolt omastatav fosfor jääb

Tabel 3. Fosfori sisaldus mulla huumushorisonis (Petersell jt 1997)

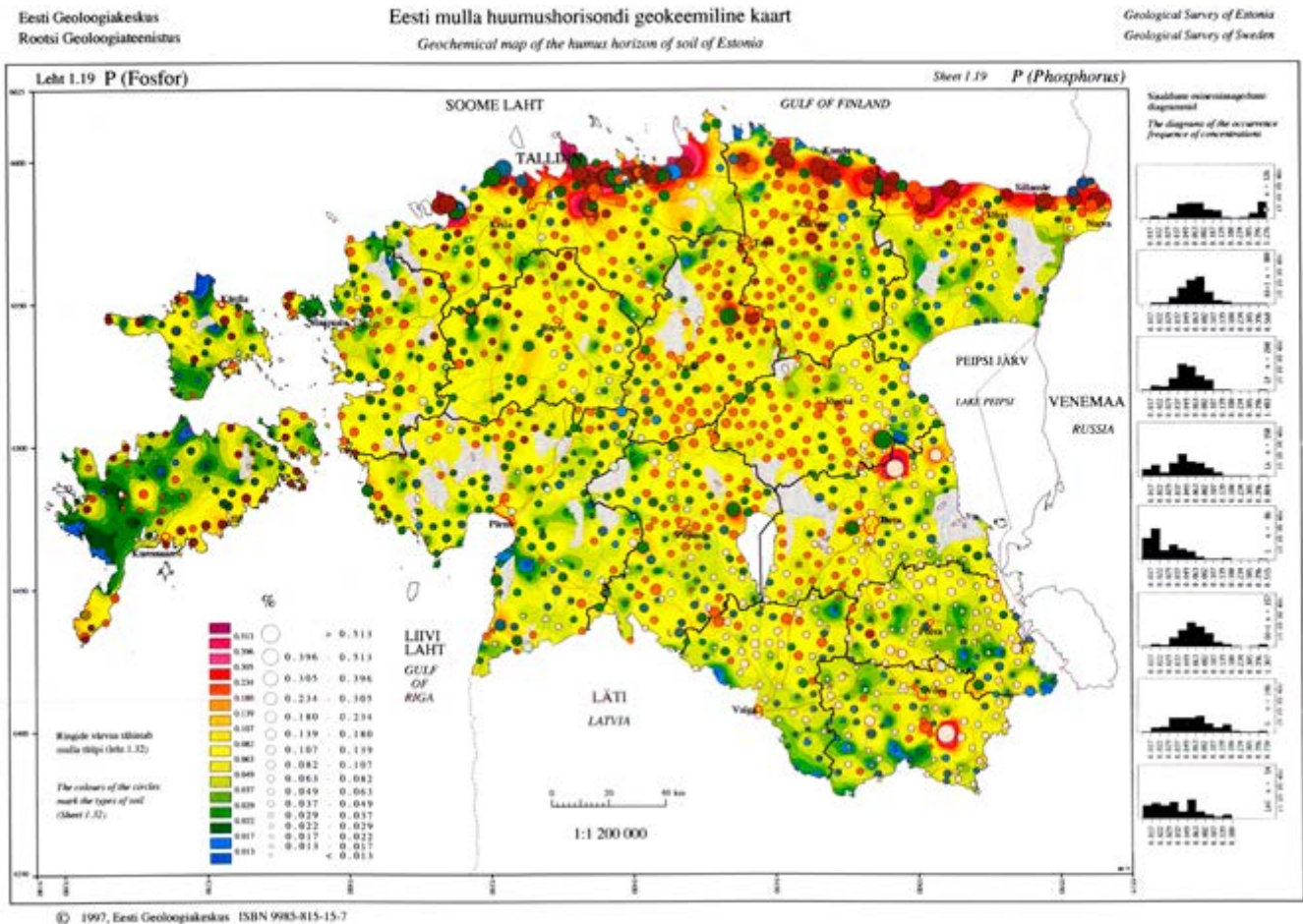
Muld		Analüüside arv	Fosfori sisalduse parameetrid			
Tüüp	Indeks		g/t			ε
			min	max	x	
Rähkne rendsiina	K	126	130	12760	1060	2.91
Pruunmullad	K0+1	330	90	5680	640	1.68
Näivleetunud muld	LP	208	40	14830	510	1.77
Leetunud muld	Lk	158	40	8840	450	2.05
Leedemuld	L	86	40	5100	250	2.36
Rähkne glei-rendsiina	Gk	8	180	1320	540	1.77
Glei –pruunmullad	G0+1	157	130	13100	660	1.95
Gleimuld	G	146	130	7300	620	2.15
Leetunud gleimuld	LkG	54	40	1760	340	2.04
Keskmine		1323	40	14830	570	2.17
Mulla lähtepinnas (keskmine)	–	772	< 100	30480	458	1.98
Põhja-Eesti moreen	–	330	< 100	30480	480	2.06
Lõuna-Eesti moreen	–	224	< 100	1880	450	1.49

x - geomeetrilise keskmise sisaldus; ε - standardhälbe kordajana

Tabel 4. Globaalne taimede tuha ja Eesti nisuterade 16 proovi mineraalosa keskmine toitelementide sisaldus ning nende kontsentratsiooni koefitsient (K) mulla suhtes

Element	Sisaldus mullas, %	Globaalne taimede tuhk		Eesti nisuterade mineraalosa		Eesti nisuterade kuivaine, %
		Sisaldus, %	K	Sisaldus, %	K	
M*	–	~ 1,3	–	1,8	–	–
Ca	1,37	3,0	2,2	1,8	1,3	0,032
K	1,36	3,0	2,2	26,1	19,0	0,471
Mg	0,63	7,0	11,0	6,3	10,0	0,115
Na	0,62	2,0	3,2	0,5	0,9	< 0,01
P	0,08	7,0	87,0	18,1	225,0	0,332
S	0,085	5,0	59,0	6,4	75,0	0,118

* Mineraalosa (tuha) sisaldus taimede ja nisuterade kuivaines



Joonis 8. Fosfori sisaldus Eesti mulla huumushorisoni geokeemilise kaardi järgi (Petersell jt 1997).

kasvukohta. Põllumuldade puhul on olukord oluliselt erinev. Saagiga kantakse fosfor põldudelt ära. Eesti nisuterade mineraalaines on fosfori kontsentratsioon mulla suhtes 225 kordne (tabel 1). On tõenäoline, et selline fosfori kontsentratsioon on omane ka kõikide teiste viljaterade mineraalosalale. Tuginedes fosfori kontsentratsiooni koefitsiendile on üheselt jälgitav, et taimede toitelementide reas (Mg, K, Na, S, P) on fosfor kõige olulisem (tabel 4).

Eesti mulla huumushorisoni fosfori sisaldus on erinevate mullatüüpide lõikes 250–1 060 g/t, keskmiselt 570 g/t (tabel 3). Sellest huumushorisoni fosforist ligi 56% lahustub 1N HNO₃-s (Petersell jt 1997) ja see osa on tõenäoliselt aastate jooksul taimede poolt omastatav. Ülejäänud fosfor on mullas kas raskesti lahustuva mineraalidena või silikaatmineraalide ruumvõres, seega ei ole taimede poolt praktiliselt omastatav.

Pole raske arvutada, et põllumaa ühe hektari suurusel alal mulla kasvukihis on taimede poolt potentsiaalselt omastatava fosfori reaalne kogus valdavalt

400–900 kg. Nisu saagikuse korral 20–50 tsentnerit hektari kohta, viib mullast aastas välja enam kui 20 kg fosforit (kuni 15 kg teradega ja üle 5 kg põhuga). Kuigi mullas on fosfori varu olemas, muutub taimede poolt kasvuks vajaliku hulga omastamine järjest raskemaks ja väljakantav fosfor on tarvis mullale tagastada. Vastasel korral kaotab muld aastate jooksul võime vilja kasvatada. Selle kujukaks näiteks on möödunud sajandi seitsmekümnendate aastate Norra, Soome ja Eesti põllumajandus. See oli Eesti põllumajanduse õitseaja algperiood, mil tagasihoidliku mürkide kasutuse foonil moodustas keskmine teravilja saagikus ligi 21,5 tsentnerit hektarilt. Põllumaad oli siis ligikaudu 9 400 km². Tol perioodil anti põldudele aastas ühe hektari kohta fosforit väetistena Norras ligi 32 kg, Soomes 30 kg ja Eestis 17,6 kg. Teravilja saagikuseks (Eestis nisu) kujunes vastavalt 38, 25 ja 21,5 tsentnerit hektarilt (Mets 1977).

Käesoleva sajandi esimesteks aastateks vähenes põllumaa pindala Eestis 6 800 km² (Lukas 2004) ja

2008. aastaks 6 300 km² ehk vähenemine oli ligi 33% (Kaukver 2009). Kasutusest on välja langenud järjest madalama saagikusega, looduslikult madalama fosfori sisaldusega põllumaad, mis nüüd võsastuvad (metsastuvad) ja osaliselt ka soostuvad.

Suunaga tulevikku. Tulenevalt põllumajandus- saaduste järjest suurenevast defitsiidist maailmas, peaks Eesti võtma suuna kasutusel olnud põllumaa taastamisele ehk viima selle 9 000 km² lähedale.

Kui võtta aluseks põllusaadustega hektarilt ära kantava fosfori kogus, vajab Eesti põllumaa viljakuse säilitamiseks väetisena ühe hektari kohta aastas kuni 30 kg fosforit ehk ligi 4 korda enam kui põllumees suudab kaasajal välisturgudelt osta (6–7 kg/ha, Kaukver 2009). Reaalselt vajab Eesti põllumajandus ja aiandus fosforväetiste näol tulevikus mullaviljakuse säilitamiseks ja fosfori lisanditega loomasöödaks aastas ligi 27 000 tonni fosforit, mis moodustab alla 0,01% Eesti maardlate fosfori kogusest. Hulgi müügi hindade info andmetel maksab selline kogus fosforit põlluväetistes praegu ligi 50 miljonit eurot, kuid hind kasvab.

Viimastel aastakümnetel on fosforiit ja seda “valvurina” kattev diktüoneemakilt (graptoliitargilliit) olnud Eestis tabuteemaks. Vaatamata sellele, et Eestit on loodus õnnistanud Euroopa suurima fosforiidi varuga ning diktüoneemakilda näol märkimisväärse uraani, molübdeeni, vanaadiumi ja kohati tõenäoliselt ka reenumi ning väärismetallide varuga, ei ole peetud nende uuringuid vajalikuks. Fosforiit ja diktüoneemakilt on Eesti rahva omand. Eesti rahvas peaks järgima eelnevate põlvkondade, samuti Põhjamaade ja teiste heaolumaade arengusuunda, kus loodust ja loodusvarasid kasutatakse rahva elujärje parandamiseks koos keskkonna väärtobjektide tingimusteta säilitamisega ning inimkonna arenguks normaalse elukeskkonna loomisega. Ei tohi unustada, et kõrgtehnoloogia ja selle aluseks olevad teadused arenevad pidevalt ning vajadus toidu ja energia järele aina kasvab. Eesti fosforiit on majanduslikult kasutamata võimalus ja seda olukorras, kus Eestimaa helgemad pead rändavad piiride taha ja põllumaad võsastuvad. Usun, et see suund vajab korrigeerimist ja 1991. aastal likvideeritud fosforitööstus kodumaise toorme baasil taastamist.

KIRJANDUS

- Aare, J. 1999. Fosforiidisõda 1971–1989. Kirilille Kirjastus, Tallinn, 302 lk.
- Bliskovskij, V. Z. 1983. Veščestvennyj sostav i obogatimost fosforitovyh rud. Nedra, Moskva, 200 s. [Vene keeles].
- Fersman, A. E. 1954. Zanimatel'naja geohimija. Leningrad, 113 s. [Vene keeles].
- Ivanov, V. V. 1994. Ekologičeskaja geohimija elementov. Kniga 2. Nedra, Moskva, 303 s. [Vene keeles].
- Kaukver, K. (toimetaja) 2009. Keskkonnaülevaade 2009. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 182 lk.
- Lukas, M. (vastutav väljaandja) 2004. Elu Eestis: teatmik 2003–2004, Ambassador Collection kirjastus, 528 lk.
- Maljuga, D. L. 1963. Biogeohimičeskij metod poiskov rudnyh mestoroždenij. Moskva, Izdatel'stvo AN SSSR, 240 s. [Vene keeles].
- Mets, E. (koostaja) 1977. Põllumehe teatmik 1977. Valgus, Tallinn, 447 lk.
- Petersell, V. H., Loog, A. R., Mineev, D. A., Petunina, O. I. 1986. Ftor, stroncij i redkie zemli v fosforitah Rakvereskogo fosforitonosnogo rajona. Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised, 759, Tartu, 27–55 lk. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Petersell, V., Ressar, H., Carlsson, M., Möttus, V., Enel, M., Mardla, A., Täht, K. 1997. Eesti mulla huumushorisondi geokeemiline atlas. Eesti Geoloogiakeskus, Sveriges geologiska undersökning. Tallinn–Uppsala, 75 lk. [Eesti ja inglise keeles].
- Prohorov, A. M. (peatoimetaja) 1977. Bolšaja Sovetskaja Entsiklopedija. Tom 27. Sovetskaja ensiklopedija, Moskva, 1971–1975. [Vene keeles].
- Puura, V., Petersell, V. 1974. Aruanne kristalse vundamendi geoloogilisest süvakaardistamisest mõõtkavas 1:500 000 Tapa–Rakvere piirkonnas (Põhja-Eesti). Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 3298. [Vene keeles].
- Raudsep, R. (vastutav täitja) 1989. Rakvere fosforiidi rajooni Kabala maardla šahtivälja detailse geoloogilise uuringu aruanne. Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 4364. [Vene keeles].

- Raudsep, R. 1993. Fosforiit. Raudsep, R., Räägel, V. (koostajad) Eesti maapõuerikkusi. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 22–25.
- Raudsep, R. 1997. Phosphorite. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 331–336.
- Raudsep, R. 2007. Phosphorite. Pöldvere, A., Bauert, H. (eds) *15th Meeting of the Association of European Geological Societies “Georesources and public policy: research, management, environment”*: 16–20 September 2007. Geological Society of Estonia, Tallinn, 20–23.
- Raudsep, R., Sinisalu, R. 1972. Aruanne Toolse fosforiidimaardla detailuuringu aastatel 1969–1971. Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 3200. [Vene keeles].
- Reinsalu, E. 2012. Fosforiit kui Eesti loodusvara. *Eesti Loodus*, 3, 8–12
- Riikliku maavarade registri registrikaart nr 0192. 2001. Rakvere fosforiidimaardla, Lääne-Viru maakond. Eesti Geoloogiafond.
- Vinogradov, A. P. 1962. Srednee sodержание himičeskih elementov v glavnyh tipov izveržennyx gornyx porod zemnoj kory. *Geohimija*, 7, 641–664.
- Wedepohl, K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1217–1232.

VAIVARA SINIMÄGEDE JA DISLOKATSIOONIDE VÖÖNDI TEKKEST

Kalle Suuroja, Kuldev Ploom
Eesti Geoloogiakeskus OÜ

Põhja-Eesti klindi äärsel alal on Viru lavamaa tasase reljeefiga. Lavamaast eristub Sillamäe ja Narva vaheline ala, mida piiritleb lõunakaarest Tallinna–Narva raudtee ning põhja poolt Põhja-Eesti klint, oma rahutu, salkorgudest ja pangaskergetest ilmestatud reljeefi ning mitmete geoloogilise ehituse mõistatuslike iseärasustega. Erilisel kohal selles mõistatuste reas on Vaivara Sinimäed.

Esimesena mainis Vaivara mõisa lähistel nähtud omapäraseid künkaid Venemaa Läänemere provintsis toimunud reisi märkmetes vene geoloog akadeemik V. Severgin (1803), kes pidas neid pinnasega kaetud graniidikaljudeks. Briti diplomaat W. Strangways (1821a, b), asjaarmastajast geoloog ja Londoni Geoloogia Seltsi (*the Geological Society of London*) asepresident, kes on tuntud kui Venemaa Euroopa osa esimese geoloogilise kaardi koostaja, sinisavile (*blue clay*) nime andja ning nn klastiliste daikide esmakirjeldaja, märkis Peterburi ümbruses nähtu põhjal, et kohati on sinisavi seal kurdudesse surutud. Šotimaa geoloogi R. Murchisoni jt (1854) arvates tekkisid Peterburi ümbruse oma-

pärased künkad eelkõige tektooniliste jõude mõjul.

Eesti geoloogia suurkuju F. Schmidt (1858) arvates on Vaivara Sinimäed (otsa) moreenid. Tema *Geröllhügel*’eid on hilisemad uurijad mõistnud just nii. Oma hilisemates töödes kirjeldas F. Schmidt (1897a, b) detailselt Peterburi ümbruses plastse sinisavi peal paiknevaid mandrijää poolt rikutud ja kurrutatud liiva- ja lubjakivi pangaseid, kuid Sinimägedes nägi ta kihitamata paerähast künkaid, mille jalamil võib eristada rannavalle. Läänepoolseimat, Tornimäge, pidas ta terrenisti vanaks rannamoodustiseks. Tartu Ülikooli geoloogiaprofessor C. Grewingk (1879) kirjeldas Mereküla ja Mummassaare vahelisel alal miilipikkust 60° all kalutatud glaukoniit-lubjakivist pangast, mis tema meelest on tekkinud lamava glaukoniitliiva ärauhumisel või siis liustiku survele.

Akadeemik G. Helmersen (1861), Venemaa Geoloogilise Komitee esimene direktor, kirjeldas Narvas (Ivangorodis) nähtud kaldu lasuvais hiidpangastes nii *Megilaspis*- kui *Vaginatium*-lubjakive. Sinimägesid, kus tol ajal paljandid puudusid, nimetas Helmersen (1882),

ilmselt siiski geomorfoloogilises mõttes, oosiks. Pargimäe nõlvale rajatud madalate kaeviste abil andis Helmersen selle geoloogilisest ehitusest tõelähedase ettekujutuse: ülal peaaegu aluspõhja meenutavad tugevalt kallutatud lubjakivi plokid segamini kihitamata kivi-purruga; alumises osas aga esineb ka rikutud lasuvuses liivakivi. Ühtlasi mainis Helmersen, et Sinimägede ja klindi vahele jääb veel sarnase ehitusega künkaid, mida ta tõlgendas otsamoreenide või põhimoreeni jäänukitena.

Soome geoloog H. Hausen (1913) käsitles Sinimägesid kui moreenikünkaid; samuti viitas ta Narva ja Ivangorodi piirkonnas üles pressitud sinisavile. Soome geograaf J. Granö (1922) nägi Sinimägedes otsamoreene.

Geograaf A. Tammekannu (1926, 1940) arvates on Sinimäed kolmeosalise ehitusega: all ühine lameldalt kummuv aluspõhjaline künnis, millel paiknevad kolm ebasümmeetrilist, peamiselt rändpangastest seljandikku. Nendega sarnaseks pidas ta ka 5 km ida pool asuvat Laagna seljandikku. Üksikuid pangaseid kirjeldas ta veel mitmel pool Utria, Puhkova, Laagna ja Narva ümbruses. Aluspõhja osatähtsuse rõhutamisel tugines Tammekann (1926) professor H. Bekkeri ja T. Heinrichsoni suulistele teadetele, kellest viimane pidas pangaseid enamasti aluspõhjaks ning leidis, et Sinimägedes on võimalik Kukruse ja Jõhvi lademe kivimite esinemine.

Eesti teenekas geoloog K. Jaanson-Orviku (1926) teatas, et Vaivara seljakute lubjakivist tuumad pole ühenduses aluspõhjaga ning et seljakud koosnevad põhimoreenist, milles rändpangased etendavad suurt mahulist osa. Kirjeldades Sinimägede kõrval ka mitmeid väiksemaid pangaseid Pimestiku ja Puhkova küla maadel, jõudis ta järeldusele, et need on oma praegusele asukohale kantud liustikujääga põhja pool olevalt klindilt. Mandriliustik võis need maha jätta nii taandumisel kui pealetungil; viimasel juhul on tegemist otsamoreenidega. Hiljem kirjeldas K. Orviku (1930a, b) rändpangaseid ka Kunda Lammasmäel ja Narva-Kalmistu (Keldrimäe) piirkonnas. Narva ümbrusse tehtud õppeekskursiooni järel mainis K. Orviku (1936) Keldrimäe kruusaagus nähtud rändpangaste kohta, et need on maetud Vabadussõja memoriaali (Vabadustammiku) rajamisel pinnase alla. Ta viitas ka Pähklimäele, aga eelkõige seoses seal olnud suurte rändrahnudega, millele juba G. Helmersen (1861) oli tähelepanu juhtinud.

Eesti NSV Geoloogia Valitsuse geoloogid kaardistasid (Stumbur 1959; Stumbur jt 1960, 1963) deformeeritud sinisavi avamusi mitmel pool Sillamäe ja Narva vahemikus ning leidsid, et tõenäoliselt on nende tekkes peaosas tektoonikal, mitte mandriliustikul. E. Sammeti (1961) arvates kujutavadki Sinimäed endast tõenäoliselt tektoonilist kurdu. Paljuski kaardistajate avastustest lähtuvalt muutis K. Orviku (1960) oma seniseid arusaamu ja väitis, et Sinimäed on kergitatud tektooniliste rikete piirkonnas liustikujää surve all olnud Kambriumi sinisavi poolt. Samal seisukohal on ka geoloog-kaardistaja K. Kajak (1963), kes nägi Sinimägedes ülangulist struktuuri.

Kompleksse suuremõõtkavalise geoloogilise kaardistamise (Erisalu, Tassa 1965) ja järgneva keskmise-mõõtkavalise hüdrogeoloogilise kaardistamise (Jõgi, Mardla 1967) käigus rajati Pargimäest põhja poole savidiapiiri kohale aluskorda ulatuv puurauk nr 314, mis avas tavatult paksu (119 m) tugevasti deformeeritud sinisavi lasundi. Jõhvi magnetanomaalia uurimise käigus (Erisalu, Arvisto 1969) rajati sügavaid aluskorra kivimitesse ulatuvaid puurauke ka Sinimägede lähikonda (Sillamäel, Narvas jne).

Narva ümbruses toimunud fosforiidi otsingute ja uuringute käigus (Jegorov 1959; Palo jt 1961; Prokofjev, Dantshenko 1963; Lugus, Gulova 1966; Eskel jt 1975) läbi viidud elektromeetriline mõõdistamine tõi nähtavale mitmeid kitsaid ja enamasti edela-kirde sihiliselt orienteeritud kõrgema elektrijuhtivusega alasid (positiivseid anomaaliaid). Elektromeetriliste meetodite tulemusi kokku võttev artikkel (Vaher, Mardla 1969) muutis põhjalikult seniseid seisukohti Sinimägedest põhja poole jääva ala geoloogilisest ehitusest. Andmete tõlgendamisel selgus, et suur osa piirkonnast koosneb 1–3 km pikkustest ja 0,1–0,7 km laiustest harjatoolistest kurdudest. Anomaaliade kohale kurdude harjale rajatud puuraugud ja kaevised avasid reeglina sinisavi, mis oli kallutatud või isegi vertikaalses lasuvuses ja tava-tasemest kuni 30 m kõrgemal. Kurdude tekkepõhjusi ei käsitletud ja vaatluse alt jäid Sinimäed välja.

Kvaternaarigeoloogid A. Miidel jt (1969) leidsid uusi tõendeid traditsioonilisele hüpoteesile, mille kohaselt Vaivara Sinimägede puhul on suures osas tegu mandriliustiku poolt klindiasangust lahti murtud ja lõuna poole kantud rändpangastega.

Kaks viimatimainitud tööd kinnistasidki praktiliselt tänaseni leviva seisukoha, et Sinimägedest põhja pool

on küll tänapäeva reljeefis nõrgalt väljenduv (kulutatud) nn Sinimägede rikkevöönd, aga Sinimäed ise selle lõunaserval on liustiku pealetungil tekkinud survele otsamorenid, millest suurema osa moodustavad hiidpangased.

Üldjoontes samal arvamusel on nii Kirde-Eesti glatsiotektoonilisi rikkeid uurinud Ü. Heinsalu (1970) kui struktuurigeoloogid V. Puura ja R. Vaher (1997) ning kvaternaargeoloogid M. Rattas ja V. Kalm (1999, 2004a, b) oma kokkuvõtvates töödes.

Geoloogilise kaardistamise tulemustele toetudes leidsid D. Malahovsky ja E. Sammet (1982) ühisjooni Leningradi ümbruse kerkestruktuuride ja Vaivara Sinimägede vahel ning vaatlesid neid samuti glatsiodislokatsioonidena – aktiivse liustikuserva mõjul tekkinud keeruliste rikutud struktuuridena. Enamik uurijaid (Janishevskiy 1921; Greiser jt 1980; Volin 1974) näebki Peterburi ümbruse pinnavormides, millest tuntumad on Duderhofi ja Kirchofi küngad Pavlovski ning Pulkovo rikete piirkonnas, liustiku frontaalse surve tulemust. See-eest A. Volin (1974) ja J. Lobanov (1977) seostasid Duderhofi mägede teket erinevatel aegadel toimunud sinisavi diapirismiga. Duderhofi nähtuse olemuse üle arutlev M. Nikitin (2008) märkis, et sealsed sinisavi dislokatsioonid võivad olla seotud mitme erivanuselise murrangusüsteemi lõikumiskohta tekkinud suure krüptovulkaanilise struktuuriga (ringjalt paiknevad deformeeritud kivimid vulkaanilise aktiivsuse tõestatud tunnusteta). Paljudest uurijatest, kes on Peterburi ümbruse lasuvusrikkeid pidanud tektoonilisteks, arvas Tartu Ülikooli professor H. Scupini (1927), et need on tekkinud pärast Devoni ajastut.

Ahtme ja Viivikonna tektoonilisi rikkevööndeid läbivate stollide kirjeldustest (Kattai, Vingissaar 1980) saadi olulisi andmeid Sinimägede tekkega seotud rikketsoonide geoloogilise ehituse kohta. Eesti põlevkivimaardla ja ka Sinimägede piirkonna tektoonilist lõhelisust uurinud V. Kattai jt (1980) toob esile Sinimägede piirkonnas esinevaid muutusi diaklasslõhede suundades.

Struktuurigeoloog R. Vaheri (1983) kandidaaditöös antakse detailne ülevaade Narvast läände jääval alal esinevatest tektoonilistest riketest, väljavenitatud kurde Sinimägedest põhja pool nimetatakse esmakordselt savidiapiirideks. Eriti hinnatavaks teeb selle töö Kirde-Eesti struktuurne kaart, millel on märgitud geofüüsikaliste mõõdistamiste ja puurtöödega tuvas-

tatud rikketsoonid. Kaardilt on näha, kuidas Ahtme ja Viivikonna rikked ning ka elektrometriliste meetoditega kindlaks tehtud vähemtähtsad lõhelisuse tsoonid järgivad Vaivara dislokatsioonide vööndit kujundavate rikete edela-kirdesuunalist kulgu.

Mitmed uurijad on käsitlenud ka Kambriumi sinisavide geotehnilisi omadusi ja nende sõltuvust looduslikust veesisaldusest (Lomtadze 1970; Mets 1988, 1992; Mets jt 1995; Barnekow, Talviste 2002). N. Lebedeva (1958) on uurinud eksperimentaalselt savide diapirismi. K. Kirsimäe (1999) doktoridissertatsioonis on uurimise all Alam-Kambriumi sinisavis leiduvate savi-mineraalide diageenees.

Põhja-Eesti klindile pühendatud publikatsioonides (Suuroja 2005, 2006a, b, 2008) leitakse, et Vaivara Sinimäed on liustike surve all tekkinud sinisavi diapiiride poolt üles kergitatud hiidpangased mitmete tektooniliste rikete poolt tekitatud tihelõhelisuse alal.

Sillamäe vabamajandustsooni süvendi rajamisel avati 2007. aastal klindiaärsel alal Sõtke klindiorus kulgev Sõtke rikke tsoon. Selle rikke läänetiival täheldati (Suuroja jt 2009a) Kesk-Ordoviitsiumi Billingeni ja Volhovi lademe piiril teadaolevaist suurimat “küüru”. „Küüruks“ (vene keeles *зопб*) nimetas geoloogiaprofessor A. Dronov eelnimetatud lademete piiril kohati esinevaid savika lubjakivi läätsjaid kehi. Kui tavaliselt on „küürude“ kõrgus paarikümne sentimeetri ja pikkus mõne meetri piires, siis Sillamäe vabamajandustsooni süvendi seinas paljanduv „küür“ oli enam kui 500 m pikk ja kuni 4 m kõrge. Sellise anomaalselt suure “küüru” teket Sõtke rikke tsoonis seostavad autorid Kesk-Ordoviitsiumi Volhovi eal toimunud intensiivsete tektooniliste liikumistega.

Sillamäe ja Narva kaardilehtede täiendaval suuremõõtkavalisel geoloogilisel kaardistamisel (Suuroja jt 2009a, b; All, Gromov 2008) uuriti sinisavi diapiiride ja pangaskergete levilat 500 kaevandis, kümnes madalas puuraugus (sügavus kuni 20 m) ning elektrometria diapoolse profileerimise profiilidel (pikkus 30 km) ja vertikaalse elektrilise sondeerimise mõõtepunktides (75 punkti). Leiti, et oluline, kui mitte määrav osa Vaivara dislokatsioonide vööndi tekkel on olnud Ahtme, Viivikonna, Laagna, Sõtke ja Soldina rikete sõlmpunktides toimunud horisontaalsetel tektoonilistel liikumistel.

Mainitud kaardilehtede akvatooriumi geoloogilisel kaardistamisel uuriti seimoakustilise pidevprofileeri-

mise meetodil rannalähedast merepõhja (Suuroja jt 2008), kusjuures profiilide interpreteerimisel tähelepani, et sinisavi lasund on Sinimägedest põhja poole jääva ala merepõhjas kohati rikutud (Ploom et al. 2011, 2012a, b).

Teadusfondi grandiga 7860 (Jõelet jt 2012) seotud uuringute käigus tehti Sinimägede ja Narva vahel sinisavi diapiiride levilal 175 km georadari ja 16 km seismilisi profile. Paleomagnetiliste uuringutega analüüsiti 204 proovi seitsme pangaskerke (Tornimägi, Pargimägi, Udria, Laagna, Meriküla, Puhkova, Pähklamägi) Kunda ja Aseri lademe 4–70° all kallutatud lubjakivilasundi 13 paljandist. Töö kokkuvõttes tõdeti, et savideformatsioonide ja pangaskergete levik viitab nende struktuuride omavahelisele seotusele ning glatsiaalsele päritolule. Mõnes läbilõikes viitab aluspõhja lasundi lateraalne vähenemine (kurdumine, pealenihked) horisontaalsuunalistele liikumistele. Deformatsioonide teket seostatakse läbilõike alumise osa külmumisega. Sinisavi plastseks muutumine liustiku survele sulavete mõjul ei leidnud ühest kinnitust. Diapirism on seletatav kivimite erineva tugevusega ja sellest tulenevalt kivimikihtide valikulise mehaanilise deformeerumisega. Deformatsioonid võisid toimuda korduvalt kuni viimase liustiku taandumiseni.

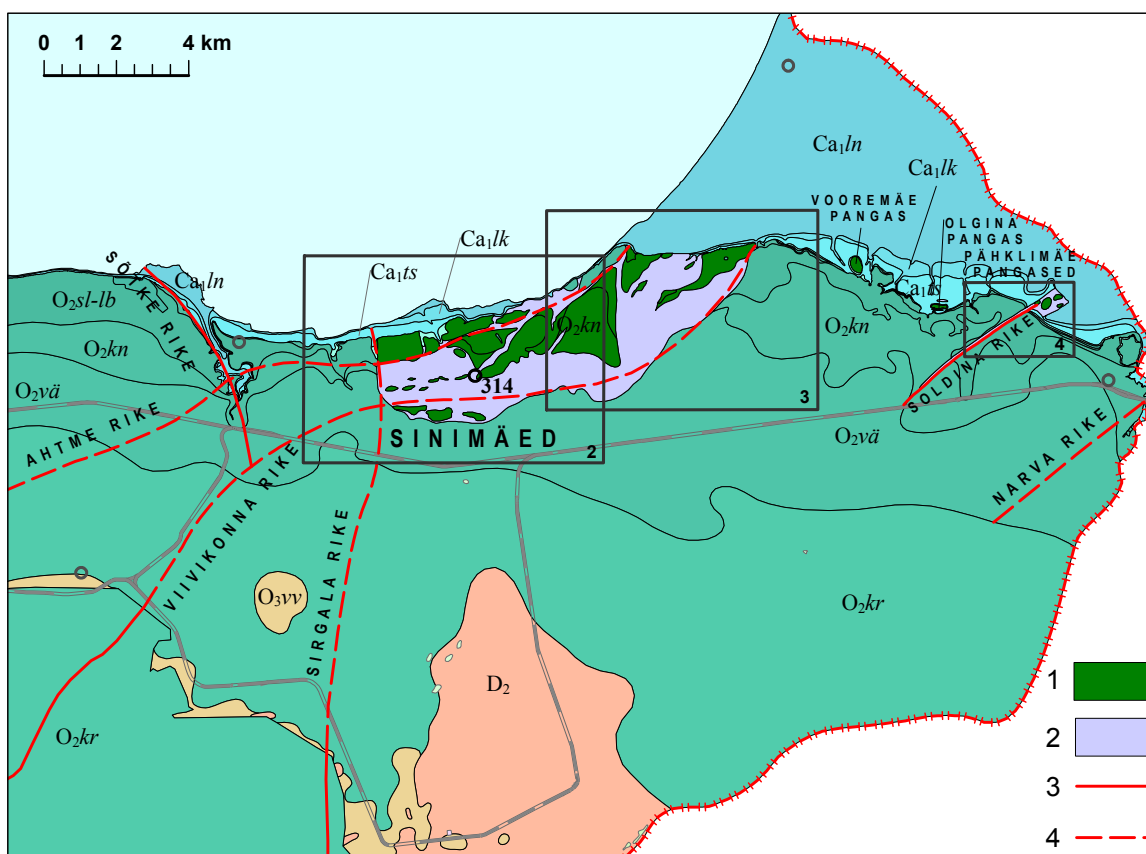
Deformatsioonide geoloogilise arengu ning Ordoviitsiumi-aegse Baltika laama asendi täpsustamiseks viidi läbi Aseri ja Kunda lademe mineraloogilised, paleo- ja kivimimagnetilised uuringud (Plado jt 2015). Pähklamäe paljandite kivimeis leiti viiteid Permi-Triiase vanusega jääkmagnetiseeritusele. Setteline magnetiseeritus avastati üheksas proovitud paljandis 13st. Seejuures läbis viie paljandi (sh Pargimäe ja Tornimäe) andmestik nn palemagnetilise kurrutesti. Magnetismi deformatsiooni-eelne suund sobib teiste samaealiste (Kesk-Ordoviitsium) setendite uuringute tulemustega ning paigutab Baltika laama lõunapoolkera keskmistele laiuskraadidele ($Plat=17.9^\circ$, $Plon=47.3^\circ$, $K=46.7$, $A95=11.3^\circ$). Kurrutesti mitteläbimine viitab kivimiplokkide võimalikule pööramisele deformatsioonide käigus ümber nende mõttelise vertikaalse telje. Seega võivad nelja väiksema (Laagna, Pähklamäe ja kahe Puhkova) paljandi-pangase kivimid olla (ilmselt liustikusurve tagajärjel) teatud määral nihutatud.

Sinimägede piirkonna kokkuvõttas uurimuses kinnitavad R. Vahter jt (2013), et Vaivara Sinimäed kujutavad endast liustiku poolt modifitseeritud savidiapiiri.

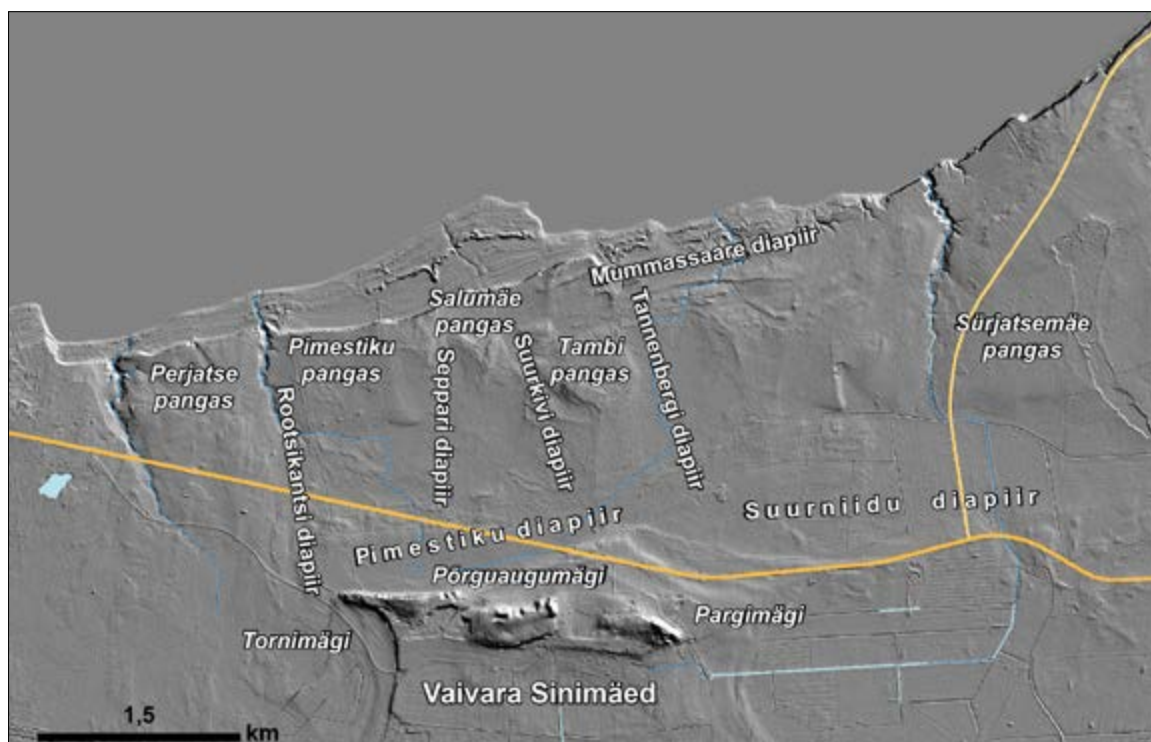
Kuidas tekkisid Vaivara Sinimäed? Põhja-Eesti klindil Sillamäe ja Narva vahemikus kuni Tallinna–Narva raudteeni lõuna pool, on settekivimite lasund Kambriumi sinisavidest kuni Ordoviitsiumi paekivimiteni kohati tugevasti rikutud: hiidpangastena üles tõstetud või siis kurdudesse surutud (joonis 1; vt lisa). Erilisel kohal Vaivara dislokatsioonide vööndis (VDV) on olnud Vaivara Sinimäed (joonis 2), kui üks silmatorkavamaid reljeefi elemente laugevõitu Viru lava maal. Sinimägede tekkeolude üle on nüüd pikka aega juurdunud ja enamasti on nende kujunemist seostatud Kvaternaari-aegsete mandriliustike mõjuga. Enamlevinud arusaamade kohaselt koosnevad Sinimäed peale tungiva liustiku poolt klindiaärselt alalt lahti murtud ja lõuna poole kantud hiiglaslikest paekivist pangastest. Järgnevas arutluses esitame mõned faktid, mis välistavad Sinimägede glatsiotektoonilise tekke võimaluse.

Sinimäed, nii nagu teisedki VDV alal olevad hiidpangased, ei pärine tegelikult klindiaärselt alalt. Selle väite kinnituseks on kasvõi see, et klindias tang, kuigi mõnes lõigus tugevasti deformeeritud ja kitsamatest sinisavi diapiiridest läbitud, on Sinimägedest põhja pool säilinud (Suuroja 2005). Pangaste klindiaärsel päritolu välistab ka nende litoloogiline koostis. Kui klindias tangu äärsel ala umbes 6 m paksuse paelasundi läbilõike ülaosas on Kesk-Ordoviitsiumi Kunda lademe Loobu kihistu lubjakivid, siis Sinimägede hiidpangaste ligikaudu 20 m paksuse paelasundi läbilõike ülaosas on Uhaku lademe Kõrgessaare kihistu lubjakivid (Suuroja 2005). Sinimägedest idas ja läänes on Vao kihistu avamused. Sinimägede hiidpangaste läbilõigete uurimine Pargi-, Torni- ja Põrguaukumäe paljandis ning Tornimäele rajatud puuraugus näitas, et pangaste läbilõige alates Alam-Kambriumi Lükati kihistu sinisavist kuni Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe Kõrgessaare kihistu lubjakivini on pidev, mis omakorda välistab pealenihke võimaluse (Suuroja jt 2009a).

Huvitavat informatsiooni VDV tekke kohta pakub puuraugu nr 314 läbilõige. Sillamäe kaardilehe seletuskirjas (Suuroja jt 2009a) toodud puuraugu detailkirjeldus on koostatud K. Mensi ja H. Koppelmaa välikirjelduste alusel. Puurauk asub Suurniidu diapiiri keskosas umbes 1 km Pargimäe pangasest põhja pool ehk seal, kus tugevasti deformeeritud ja kurdudesse surutud sinisavilasund avaneb kuni 2 m paksuse pinnakatte all. Kui selles regioonis on rikkumata sinisavilasundi pealispind tasemel -5 m alla merepinna, siis puuraugu



Joonis 1. Vaivara dislokatsioonide vööndi piirkonna geoloogiline kaart. Modifitseeritud Suuroja jt (2009a, b) järgi. 1 – pangased; 2 – diapüürid; 3 – kindlakstehtud rike; 4 – oletatav rike. Ca₁ln – Lontova kihistu; Ca₁lk – Lükati kihistu; Ca₁ts – Tiskre kihistu. O₂sl-lb – Sillaoru ja Loobu kihistu; O₂kn – Kandle kihistu; O₂vä – Väo kihistu; O₂kr – Kõrgekalda kihistu; O₃vv – Viivikonna kihistu; D₂ – Kesk-Devon. Joonisel 2, 3 ja 4 kujutatud alad on piiritletud kontuuriga.



Joonis 2. Vaivara dislokatsioonide vööndi lääneosa struktuuriüksused (I). Alus: Maa-ameti LIDAR-i varjutatud reljeefi kaart.

kohal on sinisavi pealispind kerkinud tasemeni 35 m ümp. Seejuures rekordiline, ligi 65 meetrine kerge on Pargi- ja Põrguaugumäe põhjanõlvadel, kus sinisavi pealispind on kerkinud kohati kõrgusele 60 m ümp. Neis kohtades on aluspõhja pealispind kerkinud vastavalt 35 m ja 33 m.

Puuraugus nr 314 on sinisavilasundi mittetäielik paksus (Lükati kihistu pealmine osa on ära kulutatud) 119 meetrit, samas kui rikkumata lasuvusega lähikonnas on sinisavilasund enamasti 80 m paksune. Sinisavi paksuse suurenemine ei toimu mitte kogu lasundi, vaid enamasti selle ülaosa, st Lükati kihistu arvelt. Kui tavapäraselt on Lükati kihistu paksus selles piirkonnas 10–15 meetrit, siis puuraugus 314 on see 46 meetrit. Seejuures Lükati kihistusse kuulub sellest vaid 41 meetrit, sest lasundi keskosas on 5 m biostratigraafiliselt hästi määratavat (sisaldab foraminifeeri *Platysolenites antiquissimus*e jäljendeid) Lontova kihistu sinisavi.

Ediacara ladestu liivakivid ja aleuroliidid on puuraugus rikkumata lasuvuses ja piirkonnale iseloomulikus paksuses (119 m; intervall 121,5–240,8 m). Siit saab järeldada, et hiidpangaste kerkimise põhjuseks on olnud sinisavilasundi paksuse suurenemine ehk diapirism. Sarnaseid muutusi sinisavi lasundi paksuses on täheldatud ka Ingeri klindi piirkonnas Duderhofi ja Kirchhofi kõrgustikel (Lobanov 1977; Greiser jt 1980). Sealgi tõuseb tugevasti deformeeritud sinisavi paksus sellele piirkonnale omase 80 m asemel kohati kuni 120 meetrini, samas aga depressioonide alal väheneb see 20 meetrini. Ka neis läbilõigetel on Ediacara liivakivid ja aleuroliidid sellele piirkonnale omases paksuses ja rikkumata lasuvuses. VDV alal ei ole sinisavi diapirismiga kaasnevat sinisavi paksuse vähenemist täheldatud, aga seda võib seletada ka sellega, et siin on vaid üks sinisavilasundit läbiv puurauk. Kust otsida siis selliseid alasid, kus sinisavilasundi paksus on vähenenud? Ilmselt ikka sealt, kus väiksemad pae- ja liivakivipangased on sinisavi lasundisse vajunud.

Puuraugus nr 314 on kristalse aluskorra pealispind 241 m sügavusel ehk sellele alale iseloomulikul tasemel. Puurauk avab 13 m ulatuses Alutaguse kompleksi tugevasti murenenud ja kataklastilisi kollakaspruune kuni kirsipunaseid migmatiidistunud biotiitgneisse. Murenenud gneissides on valdav osa kivimit moodustavatest mineraalidest (päevakivid, tumedad mineraalid) asendunud savimineraalidega ja läbi imbunud raua hüdroksiididega. Paks murenemiskoorik ja kataklassi

ilmingud näivad viitavat sellele, et puurauk asub Ahtme ja Viivikonna rikkevööndite mõjupiirkonnas.

Miks hakkas sinisavi klindi mõningates lõikudes mandriliustiku surve all voolama, diapiire moodustama ning hiiglaslikke paepangaseid üles kergitama, teisal aga mitte? Sinisavi looduslik niiskus on 8–10% ja selle drenimata nihketugevus roomepiiril on 140 kPa (Mets 1988, 1992). Enam kui 15% veesisalduse juures väheneb sinisavi nihketugevus eksponentsiaalselt. Ürgorgude nõlvadel avanevale, liustiku poolt deformeeritud sinisavile on omane veesisaldus 23–32%, mille juures on nihketugevus roomepiiril vaid 30 kPa (Mets 1988, 1992). Pinnase survetaluvuse klassifikatsiooni EVS-EN ISO 14689-1:2004 kohaselt on looduslikus olekus kuiva sinisavi puhul, mille survetugevus on kuni 3 MPa, tegu väga nõrga kaljupinnasega. Märgunult (veesisaldus 23–32%) on aga tegemist äärmiselt nõrga kaljupinnasega (survetugevus 0,025–0,05 MPa). Seega, liustiku raskusest oli küllalt, et panna rikkevööndite piires märgunud ja plastseks muutunud sinisavi voolama ja diapiire moodustama.

Tihelõhelisusega kivimite levila ja VDV piirid langevad üldjoontes kokku (Suuroja 2005). Tihelõhelisus ei läbi mitte üksnes paelasundit. Perjatse rannas jt kohtades läbib tihe lõhede võrk nii sinisavi lasundit (Lükati kihistu) kui selle sees olevaid kõvemaid kvartsliaakivi kihte. Just tihelõhelisus oli see, mis avas liustikualusele surveleisele veele tee sinisavilasundisse. Kuna tihelõhelisuse lugematute lõhedega ei kaasne märkimisväärset vertikaalset nihet, siis on põhjust oletada, et tihelõhelisuse tekitajaks on olnud Ahtme ja Viivikonna rikkevööndite vahelisel alal toimunud horisontaalsuunalised nihked.

Mis põhjustas niheteni viinud pinged? Liustiku raskuse poolt tekitatud surve ei tule arvesse ja vaevast et selleks oli võimeline klindiasangut mõjutanud liustiku frontaalne surve. Pealegi ulatub tihelõheliste kivimite levila kohati klindist kuni 2 km kaugusele. Liustik võis muidugi põhjustada väiksemaid frontaalseid deformatsioone. Selle näiteks võib olla Ontika pangal Karjatoru joaastangu juures olev umbes 100 m läbimõõduga ja kuni 15 m paksune paepangas, mis on klindiplateo äärest lahti murtud, kümnekond meetrit lõuna poole lükatud ja kuni 1,5 m võrra üles kergitatud (Suuroja 2005).

Kui Sillamäest lääne pool on paelasundi lõhede (nn diaklasslõhede) peasuuna asimuut 290–310° ja inter-

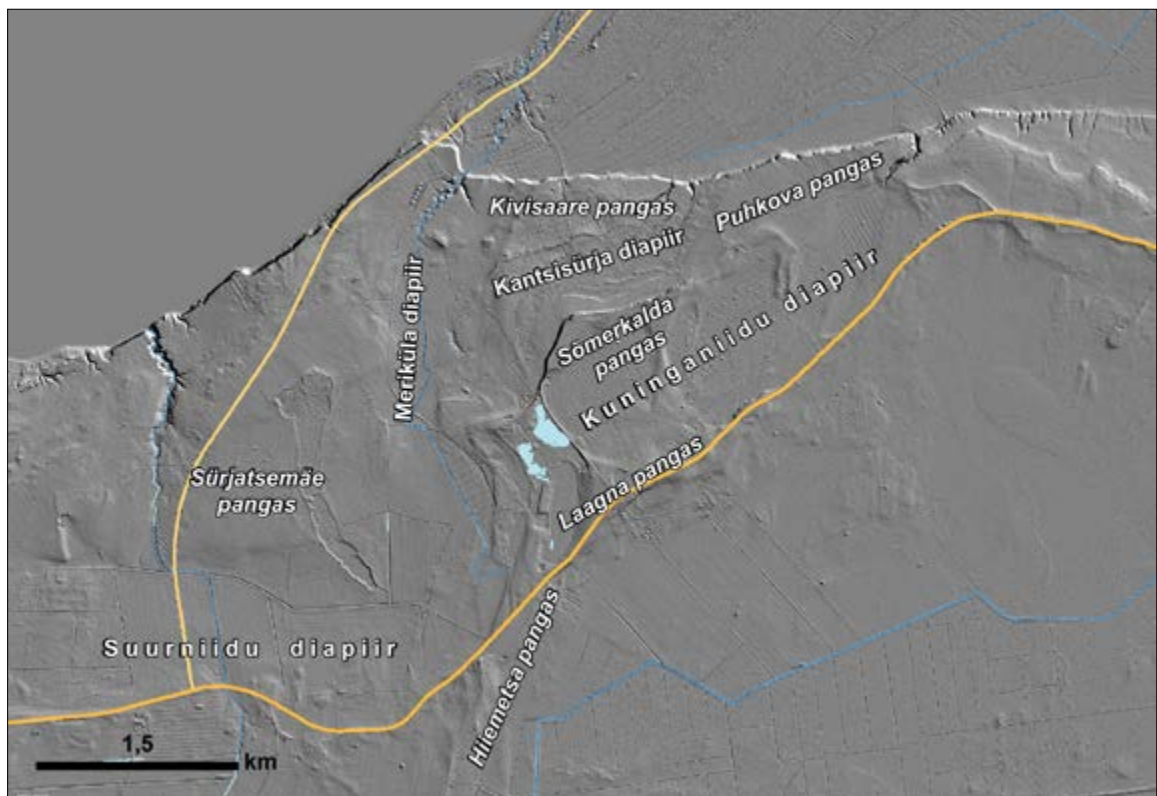
vall 2–3 m, siis VDV piires on lõhede intervall valdavalt 0,1 m ning nende peasuuna asimuut 330–340°. Lõhede tiheduse järgi saab eristada omakorda veel tihelõhelisust (lõhede intervall valdavalt 0,1–0,2 m) ja ülitihelõhelisust (intervall enamasti 0,02–0,05 m). Tihelõhelised on enamik suurpangaste kivimitest, aga ülitihelõhelised on sinisavi diapiiride sees olevad väiksemad (läbimõõt kuni sadakond meetrit) pangased või siis liustike poolt suurpangaste küljest lahti kistud ja lõuna poole kantud pangad.

Kuidas siis tekkis sinisavi voolamist põhjustanud tihelõhelisus? Vaadates Kirde-Eesti aluspõhja geoloogilisi kaarte (Vaher 1983; Suuroja 1997; Suuroja jt 2009a, b), hakkavad VDV piires silma mitmed tektoonilised rikked – Ahtme, Viivikonna, Sõtke, Soldina ja Narva. Lisaks neile on Sirgala, Viivikonna ja Narva põlevkivikarjäärides ning nende ümbruses elektrometriiliste mõõdistamistega kindlaks tehtud (Vaher 1983) hulk kuni 2 km pikkusi edela-kirde sihiliselt kulgevaid lõhelisuse tsoone. Ahtme ja Viivikonna rikkele on iseloomulik lõhelisuse asimuut 40–90°. VDV lääneosas, Sillamäe ja Vodova küla vahelisel alal kulgevad Ahtme ja Viivikonna rike 12 km pikkusel lõigul teineteisest 1–3 km kaugusel (joonis 1).

Sõtke rike (asimuut 310–340°) jälgib mingil määral Sõtke klindioru kulgu (joonis 1). Selle rikkega seostub ka Sillamäe vabamajandustsooni süvendis Billingeni ja Volhovi lademe piiril näha olnud hiiglaslik „küür“ (savika lubjakivi lääts).

Ahtme, Viivikonna ja Sirgala rikked koonduvad lehvikukujuliselt Sinimägede läänepiiril (joonis 1). Nende riketega seostuvad nii VDV lääneosas jäävate sinisavi diapiiride (Suurniidu, Kuninganiidu, Kantsisürja, Meriküla jne; joonis 2 ja 3) kui ka Sinimägede ja paljude väiksemate pangaskergete teke. Riketest loodepoolsem on Ahtme rike (asimuut 40°), mis lõikub Sillamäest lõuna pool Sõtke orgu ning kulgeb sealtpaale mitmeks haruks jagunenuna üle VDV põhjaosa. Rikkega kaasnevate lõhevööndite kulgu märgistavad Sõtke oru läänenõlva lõikuvad lühikesed kanjonilaadsed orud (Langevoja, Aedniku jne). Ahtme rikke koosseisu on arvatud ka Sõtke orust lääne pool elektrometriilise profileerimise andmete põhjal (Vaher 1983) lõhelisuse vööndina välja eraldatud Sillamäe rike.

Viivikonna rike (asimuut 60°) pöördub enne Sirgala rikkeni jõudmist veidi itta (asimuut 40°). Selle tulemusel väheneb Ahtme ja Viivikonna rikke vahemaa, mis nende rikete lähtealal Kuremäe piirkonnas on kuni



Joonis 3. Vaivara dislokatsioonide vööndi lääneosa struktuuriüksused (II). Alus: Maa-ameti LIDAR-i varjutatud reljeefi kaart.

20 km, Sinimägedest lääne pool Sirgala rikke piirkonnas aga vaid kuni kilomeeter.

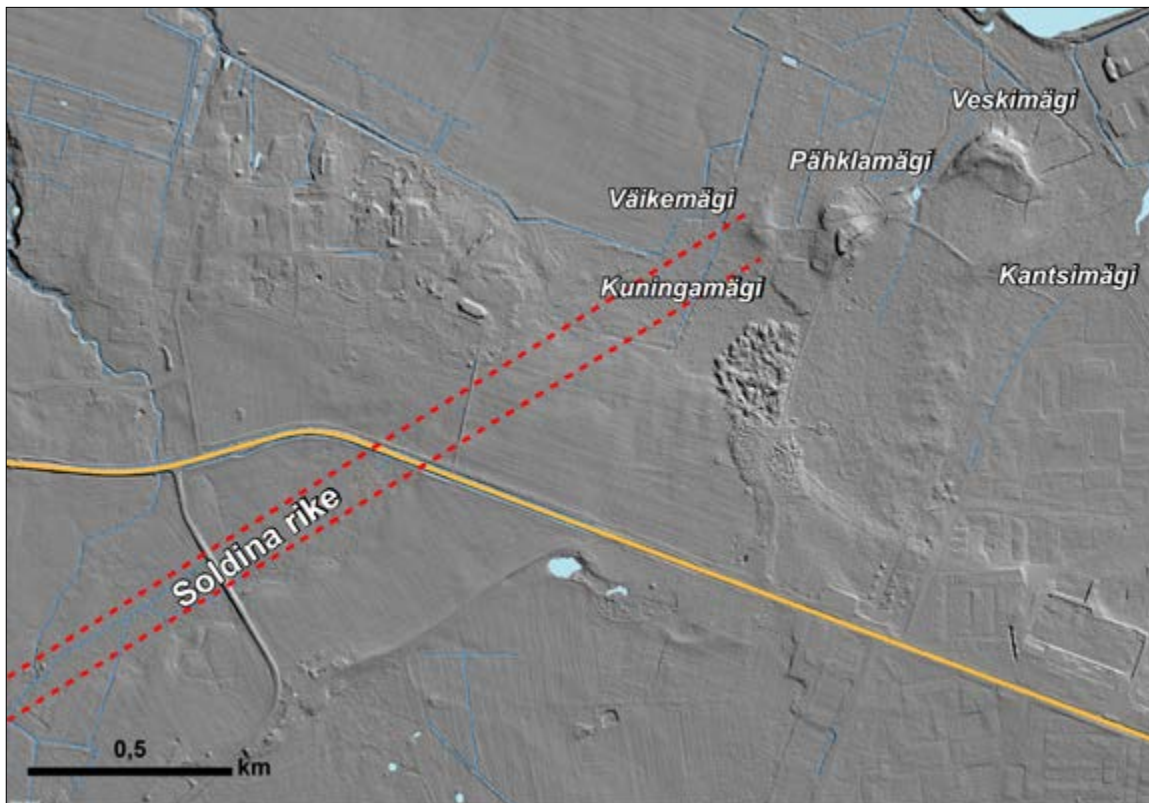
Sirgala rike kulgeb asimuudiga 350–10° ja lõikab Rootsikantsi diapiiri ning Pimestiku oja joonel Tornimäest vahetult lääne pool Ahtme ja Viivikonna riket, piiritledes nii VDV-d läänekaarest (joonis 1 ja 2).

Soldina rikke piirides on sinisavi diapirismist mõjutatud ning lubja- ja liivakivi kihid kallutatud lasuvuses, sh Narva Pähklimäe pangased (joonis 1 ja 4). Ivangorodis asuvaid mitmeid väiksemaid Keldrimäe (Narva Kalmistu) panku (Jaansoon-Orviku 1926) saab siduda elektromeerilise kaardistamise põhjal välja eraldatud Narva rikkega (Vaher 1983). Ei ole välistatud, et Soldina rikkega on seotud ka 1881. aasta 28. jaanuari Narva maavärin. Kuuepallise maavärina epitsenter oli Narvast vahetult lääne pool (Doss 1898). Vaid mõni kilomeeter Soldina rikkest lääne pool asuvas Repniku mõisas olla maavärina aegu laest isegi krohvi alla sadanud.

Kokkuvõtteks. Vaivara dislokatsioonide võõndi, eelkõige Sinimägede ja VDV lääneosa kujunemisele on aluse pannud Ahtme ja Viivikonna rikete lähemisalal toimunud valdavalt horisontaalsed tektoonilised liikumised, mis viisid settekivimite lasundi ülaosa

(Alam-Kambriumi sinisavist kuni Kesk-Ordoviitsiumi lubjakivideni) läbiva tihelõhelisuse tekkele. Paleomagnetilised uuringud on näidanud (Jõeht jt 2012; Plado jt 2015), et tektoonilised liikumised VDV piirkonnas võisid aset leida Permisis või Hilis-Triases. Sirgala rike pärineb mõnevõrra hilisemast ja Soldina rike veelgi hilisemast ajast (võimalik et Pleistotseenist). Liikumised Sõtke rikke tsoonis leidsid aset Kesk-Ordoviitsiumis Billingeni eal ehk „küürude“ moodustumise ajal.

Tektooniliste liikumiste põhjustatud tihelõhelisus tegi võimalikuks liustikualuse surve põhjavee tungimise sinisavilasundisse. Kõrgenenud niiskus alandas omakorda sinisavi roomeläve ning muutis selle voolamisvõimeliseks. Mandriliustiku raskuse all diapiiristuv sinisavilasund kergitas ka lasuvaid pae- ja liivakivipankaid. Sinisavi diapiiristumine ja selle poolt põhjustatud pangaskergete teke toimus kvaternaarse jäätumise vähemalt kahe jääaja kestel. Sellele viitavad moreeniläätised kurrutatud pae- ja liivakivikihtide vahel (Miidel jt 1969; Vaher jt 2013), väiksemad tihelõhelised paepangased glatsiofluviaalsetes setetes Sinimägedest lõuna pool ja arvestamisväärses paksuses (kohati enam kui paarkümmend meetrit) tihelõhelise pae- ja liivakivilasundi kulutus sinisavidiapiiride pealselt alalt.



Joonis 4. Vaivara dislokatsioonide võõndi idaosa Narva piirkonna struktuuriüksused. Alus: Maa-ameti LIDAR-i varjutatud reljeefi kaart.

LISA VAIVARA DISLOKATSIOONIDE VÖÖNDI STRUKTUURIÜKSUSTE KIRJELDUSED

Vaivara dislokatsioonide vööndis, mida piiritleb läänest Sõtke rike (Sõtke klindiorg) ja idast Narva rikked (Soldina, Keldrimäe; Suuroja 2015), on välja eraldatud mitukümmend erinevat struktuuri: rikked, diapiirid ja pangaskerked. Allpool on toodud 26 struktuuriüksuse kirjeldused, mille järjekord tuleneb struktuuriüksuste vahelistest seostest looduses.

Sõtke rike lõikub klinti Sillamäe vabamajandustsooni süvendi lähedal (foto 1), kunagisest Ukuorust lääne pool. Rikke tsoonis on lõhede võrgustik korrapärratu (foto 2), mis asendab siin tavapärasest paralleelselt

kulgevat diaklasslõhede võrgustikku. Sõtke klindiorgu lõikuvad läänekaarest lühikesed kanjonorud (asimuut 40–60°; Aedniku, Langevoja (foto 3), Türsamäe jne), mis jälgivad enam-vähem Sinimägede suunas kulgevate Ahtme ja Viivikonna rikke kulgu. Sõtke rikke piirkonnas on ka erakordselt suur „küür“ (foto 4).

Perjatse pangast piiritleb läänekaarest 1,5 km pikkune, kuni 100 m laiune ja 10 m sügavune paeplateosse lõikunud Perjatse org (joonis 2). Org laieneb suudmes 150 meetrini ja süveneb 15 meetrini. Adra talu juures (100 m suudmest) lõikab idakaarest (asimuut 65°) orgu 150 m pikkune salkorg. Perjatse org on jätkuks Perjatse pangast ülejäänud klindiplateost eraldavale 1 km pikkusele ja 100 m laiusele Perjatse diapiirile (asimuut 290°). Ojaäärse maaüksuse kohal pöörduv Perjatse org



Foto 1. Sõtke rike Sillamäe vabamajandustsooni süvendi põhjanõlval.



Foto 3. Langevoja kanjon.



Foto 2. Paelasundit läbiv korrapärratu lõhede võrgustik Sõtke rikke piirkonnas.



Foto 4. Erakordselt suur „küür“ Sillamäe vabamajandustsooni süvendi põhjanõlval.



Foto 5: Tihelõheline Lükati kihistu liivakivi Perjatse rannas.

pea täisnurkselt kirdesse (asimuut 60°) ja siis 100 m pärast niisama järsult loodesse (asimuut 335°). Siinkohal paeplatoosse löikuv Ahtme rike on olnud ilmselt Sõtke klindioru järskude käänakute põhjustaja. Perjatse rannas võib näha ka tihelõhelisusest läbitud Lükati kihistu liivakivi (foto 5).

Rootsikantsi diapiir kulgeb 100 m ida pool Rootsikantsist – koht kuhu venelased rajasid 1704. aastal muld-kindlustuste vööndi kaitseks rootslaste vastu (joonis 2). Rootsikantsi diapiiri (oru) joonel kulgeb ka Vaivara Sinimägesid läänest piiritlev Sirgala rike (asimuut $10\text{--}340^\circ$). Aluspõhja pealispind langeb rikkevööndi piires Perjatse panga 32 meetrit kuni Suurniidu diapiiri sinisavide pealse 26 meetrini ümp ehk ligi 6 meetrit. Nii Perjatse kui Rootsikantsi oru kulg jälgib üldjoontes regioonile iseloomulikku tihelõhelisuse suunda (asimuut 340°).

Pimestiku pangast (pindala 1 km^2 , pikkus 1,3 km, laius 750 m) ääristab põhjakaarest 20 m kõrgune paekatteliline (paksus kuni 5 m) klindias tang (joonis 2). Paest klindias tangu ees on 300–500 m laiune Kambriumi liivakivist terrass. Pimestiku pangast eraldab ülejäänud paeplatoost Pimetiku oja joonel asimuudiga 340° kulgev rikkevöönd ja sälkorg. Rikkevööndi suund on ligilähedaselt sama, mis panga paelasundi tihelõhelisusel ($330\text{--}340^\circ$). Pimestiku pangase paeplatoos pealispind on tasemel 25–32 m ümp, seejuures pangase kirdeosa on kuni 6 m kerkinud.

Seppari diapiir (pikkus kuni 500 m, laius 100 m), mis kulgeb põhjast lõunasse (asimuut 5°), piiritleb Pimestiku pangast idast (joonis 2). Kambriumi sinisavi



Foto 6: Tihelõheline lubjakivi Sürjatsemäel.

ja liivakivi pangased on diapiiri kohal kerkinud kuni 15 meetrit kõrgusele 25 m ümp.

Salumäe pangase (läbimõõt 300 m) tihelõhelisest paest pealispinna kõrgus on 32 m ümp (joonis 2). Idast piiritleb Salumäe hiidpangast Suurkivi diapiir. V-kujulise hiidpangase tihelõhelisest paest platoo on ümbritseva võrreldes 5–7 m kerkinud.

Suurkivi diapiir (pikkus kuni 1 km, laiusega 100 m, asimuut 330°) paikneb Salumäe pangast idas (joonis 2). Sinisavi on diapiiris tõusnud kuni 20 m tasemeni 22–28 m ümp.

Tambi pangas (läbimõõt 0,6 km) on nelinurkse kujuga ja asub Suurkivi (lääne pool) ja Tannenbergi (ida pool) diapiiri vahel (joonis 2). Pangase tihelõhelisest lubjakivist (allosas Kunda lade) paeplatoos kõrgus on 32 m ümp. Tambi mäe suhteliselt suur kõrgus (41,8 m ümp) on tingitud eelkõige paeplatoos lasuvatest glatsiofluviaalsetest setetest.

Tannenbergi diapiir (laius 0,6 km, pikkus kuni 1 km) hõlmab Tambi ja Paekoha vahelise ala (joonis 2). Diapiir kulgeb Ridaküla oja ja II maailmasõja-aegse Tannenbergi kaitseliini joonel (asimuut 340°). Sinisavi on diapiiris kerkinud kõrguseni 26–28 m ümp, ümbritsevast enam kui 20 m kõrgemale.

Mummassaare diapiir kulgeb 2,5 km ulatuses kergelt loogeldes 0,5–1 km laiusel alal (joonis 2) Tannenbergi diapiiri jätkuna (asimuut $60\text{--}90^\circ$). Diapiiri piires vahelduvad 50–200 m laiused sinisavi kerkealad (kur-

rud) kitsamate liivakivi- ja paepangaste ahelikega (kolm vööndit). Sinisavis olevad paepangased (kihtide kaldenurk 30–70°) on tihelõhelised. Sinisavilasund on siin enam kui 20 m kerkinud. Üsna hägusate piirjoontega suuremad paepangased on Paekoha (pikkus 1 km, laius kuni 0,2 km) ja Udria (pikkus 0,8 km, laius kuni 0,3 km) piirkonnas.

Sürjatsemäe pangas (külje pikkus 3 km) on keerulise kolmnurkse konfiguratsiooniga ja see külgneb lõunast Suurniidu, põhjast Mummassaare ning idast Meriküla diapiiriga (joonis 3). Pangase Kunda lademe tihelõhelisest paest platoo kõrgus on 27–33 m ümp. Sürjatsemäe pinnavormi tihelõhelisest paest aluspõhi ulatub kõrguseni 37 m ümp. Endise kruusaaugu põhjas paljanduvast paelasundis on 30–50 lõhet ühe meetri pikkuse ala kohta. Lisaks asimuudiga 340° orienteeritud lõhedele on näha ka umbes 10 cm intervalliga kulgevaid S-kujulisi lõhesid (foto 6).

Suurniidu diapiir algab Rootsikantsi oru meridiaanilt ja ulatub sealt 1,2 km laiusena kuni 7 km ida poole, Laagna külani (joonis 2). Suurniidu diapiir eraldab põhjapoolseid sinisavi diapiire ja hiidpangaseid lõunasse jäävast Sinimägede hiidpangaste ahelikust. Suurniidu diapiir moodustab suurema osa kuni 12 km pikkusest ja Vodava külani ulatuvast VDV lääneosast. Suurniidu diapiir kitseneb Sinimäe asulast põhja pool Pargimäe kohal vaid 0,5 km laiuseks. Siinkohal on diapiiri võimalik jagada kaheks – läänepoolseks, Pimestiku (pikkus

3 km, laius 1,5 km) ja idapoolseks, Suurniidu (pikkus 4 km, laius kuni 1 km) diapiiriks. Hiimetsa pangaste kohal pöördub Suurniidu diapiir järsult põhja suunas, et siis jätkuda 1,5 km ulatuses Meriküla diapiirina. Suurniidu diapiiri keskosas, Kivisõreli joonelt algab 200 m laiune (asimuut 70–85°) kallutatud pae- ja liivakivipangaste (laius kuni 20 m, pikkus valdavalt 100–200 m, kihtide kaldenurk 40–80°) vöönd. Üks selline pangas, mis koosneb Billingeni, Volhovi ja Kunda lademe tihelõhelisest ning kirjuvärvilisest lubjakivist (kihtide kaldenurk 70°, kallakuse asimuut 355°) paljandus 2006. aastal kuni 100 m ulatuses Tallinna–Narva maantee puhastatud kraavis Pimestiku teeristist lääne pool.

Sinimägede ees, Põrguaugu ja Pargimäe vahelisel alal kuni 1,5 km laiuses lõigus eendub põhja suunas 0,4 km laiune ja kuni kümnekonna meetri kõrgune terrass. Terrass koosneb enamasti liivakivi pangastest. Üks selline pangas, mis koosneb Tiskre kihistu liivakivist (kihtide kaldenurk 60°, asimuut 35°), paljandus kuni 50 m ulatuses Tallinna–Narva maantee puhastatud kraavis Pargimäe juures olevatest lautadest põhja pool. Suurniidu diapiiri alal on tugevasti deformeeritud ja ka mõningal määral kulutatud sinisavi lasundi pealispinna kõrgus 25–27 m ümp, ümbritsevast ligi 25 m kõrgemal.

Vaivara Sinimäed moodustavad kuni 3 km pikkuse ja 300 m laiuse Tornimäest, Põrguaugumäest ja Pargimäest koosneva kõngaste aheliku (foto 7), mis ulatub läänest itta, Rootsikantsi orust kuni Sinimäe asula idaserval asuva Tannenbergi liinini (joonis 2). Sinimäed

Foto 7. Sinimägede pangaskerked LIDARI varjutatud reljeefi kaardil.



kerkivad Põhja-Eesti paeplatoost (keskmine kõrgus 32 m ümp) 35 m (Tornimägi) kuni 50 m (Pargimägi) kõrgemale. Sinimägedest lõunas (kõrgus 35–45 m ümp) on kuni 8 km² suurune glatsiofluviaalsetest setetest terrass (laius idast läände 3 km, põhjast lõunasse 1,8 km), mida ääristab külgedelt 3–5 m kõrgune astang. Eriti järsk ja kõrge (kuni 10 m) on astang Tornimäest edelas, Rootsikantsi valli piirkonnas.

Sinimägede hiidpangased ei saa olla Põhja-Eesti klindi Ordoviitsiumi paeastangust lahti murtud. Esiteks, Sinimägedest põhja poole jääval alal on klindiastringu joonel paest kate enamjaolt säilinud. Teiseks, pangaste paest kate ei vasta litostratigraafilise läbilõike ulatuse ja kivimikihtide paksuse poolest klindiastringu ääre geoloogilisele läbilõikele. Kui klindi äärel, kus paelasundi paksus on 6 meetrit, on nooremateks kivimiteks Kunda lademe lubjakivid, siis Sinimägede hiidpangastes, kus paelasundi paksus on kuni 20 meetrit, on nooremateks kivimiteks Uhaku lademe lubjakivid.

Tornimägi on kolmnurkse konfiguratsiooniga künigas (pikkus kuni 900 m, laius 150 m) Sinimägede künigaste aheliku läänepoolses osas. Tornimäe hari ulatub kuni 71,2 m ümp ja seda ääristab põhjast 800 m ulatuses kuni 35 m kõrgune klassikaline klindiastringu meenutav järsk astang (foto 8). Tornimäe lael paljanduvad Lasnamäe ja Uhaku lademe lubjakivid, astangu jalamil on õhukese pinnasekihi all Alam-Kambriumi Lükati kihistu sinisavi. Tornimäe südamikuks on monoliitne kuni 500 m pikkune paest kattega (kihtide kaldenurk kuni 10°, kallakuse asimuut 190–205°) hiidpangas. Mäe ida- ja lääneosas on paelasund tugevamini deformeeritud (kihtide kaldenurk 20–70°) ja väiksemateks pangasteks tükeldatud. Mitmed tugevasti deformeeritud ligi 10 m läbimõõduga tihelõhelisest paest pangased on Tornimäe hiidpangasest lahti kistud ja sadu meetrid lõuna poole kantud ning glatsiofluviaalsete setete alla maetud (foto 9). Üks ligi 10 meetrise läbimõõduga tihelõhelisest Lasnamäe lubjakivist (kihtide kaldenurk



Foto 8. Tornimäe hiidpangase põhjanõlv.



Foto 9. Tihelõhelisest Lasnamäe lademe lubjakivist pangas Vaivara uue surnuaia juures.

30°) pangas asub lähtekohast ligi 300 m lõuna pool, Vaivara uue surnuaia juures, kus ta on osaliselt glatsiofluviaalsete setete alla mattunud. Mitmed veidi väiksemad, samuti Lasnamäe tihelõhelistest lubjakivist pangased paiknevad kuni 1,5 km Sinimägedest lõuna pool kunagise Kirikuküla kruusakarjääri alal.

Põrguau gumägi, ka Põrguhauamägi (pikkus kuni 600 m, laius 250 m, kõrgus jalamilt kuni 35 m) moodustab Sinimägede aheliku keskosa. II maailmasõja päevil mäe kaitsnud sakslased nimetasid selle Grenaderimäeks. Põrguau gumäge eraldab Tornimäest sadul kõrgusega kuni 53 m ümp ja laiussega 200 m, ning itta jäävast Pargimäest niisama kõrge kuni 300 m laiune sadul. Põhja suunas 65 meetrilt kuni 75 meetrini ümp tõusva platootaolise Põrguau gumäe põhjaosas on kaks küngast (läänepoolse kõrgus on 81,1 m ümp; idapoolsel 83,8 m ümp). Mäe keskseks osaks on kerkinud hiidpangas (pikkus 600 m, laius 150 m, kerke kõrgus 40 m), mille lael avanevad Lasnamäe ja Uhaku lademe tihe-

lõhelistest lubjakivid. Mäe põhjanõlvale on kuhjunud mitmeid väiksemaid pangaseid (läbimõõt mõnikümme meetrit). Põrguau gumäe pangaste kivimite stratigraafia on sarnane Pargimäele – Alam-Kambriumi sinisavist Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe lubjakivini. Põrguau gumäe loodeosas on ovaalne sulglohk (pikkus 100 m, laius 50 m, sügavus kuni 15 m) ja selle lõunaküljel koobas – see päris Põrguauk. Koopa seinas paljandub Uhaku lademe tihelõhelistest lubjakivist (kihtide kaldenurk 60°, asimuut 180°) mõnekümne meetrise läbimõõduga pangas.

Pargimägi (pikkus 250 m, laius 80 m, kõrgus kuni 85,2 m ümp) on Sinimägede idapoolsem künkas. Kolmnurkse kujuga Pargimäe suhteline kõrgus jalamilt on 35 meetrit. Künka murendsettega kaetud kirdenõlva kallakus on kuni 45° ja see on lõunapoolsest (10–15°) järsem. Mäe keskseks osaks on monoliitne paekatteline hiidpangas (pikkus 150 m, laius 30 m; kihtide kaldenurk



Foto 10. Pargimäe hiidpangas paljandumas kasemati suudmes.



Foto 11. Lasnamäe lademe lubjakivist kaldkihiline pangas Pargimäe hiidpangase edelaküljel.

kuni 20°, kallakuse asimuut 190°; fotod 10, 11). Hiidpangase ida- ja lääneosas on paelasund tugevamini deformeeritud – purustatud ja kurdudesse surutud. Hiidpangase läbilõikes paljanduvad kivimid Alam-Kambriumi Lükati kihistu sinisavist kuni Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe (Kõrgekalda kihistu) savika lubjakivini. Paelasundit läbib ligikaudu 20 cm vahedega paralleelsete lõhede võrgustik. Sinisavilasundi pealispinna kõrgus Pargimäe põhjanõlval on kuni 60 m ümp ja see on diapiirismil kerkinud ligi 50 meetrit.

Meriküla diapiir kulgeb Sürjatsemäe pangasest ida pool (asimuut 350–10°) kergelt loogeldes 0,2–0,9 km laiusel alal kuni Hiimetsa ja Laagna hiidpangasteni (joonis 3). Meriküla diapiir kitseneb Laagna pangasest lääne pool 200 m laiuseks. Kerkinud ja deformeeritud sinisavilasundi pealispinna kõrgus põhjaosas on 20 m ümp ja lõunaosas 30 m ümp. Diapiiri keskosas on ridamisi väiksemaid liivakivist ja paest pangaseid.

Kantsisürja diapiir (pikkus 1,8 km, laius 0,4–0,7 km) kulgeb Viivikonna rikkega samas suunas (asimuut 50–90°) Sõmerkaldal pangasest põhja pool (joonis 3). Sinisavilasund on kerkinud kõrgusele kuni 32 m ümp; diapiiri alal on 4–6 samasuunalist paest pangaste ahelikku (pikkus 300–600 m, laius 10–20 m). Pangaste

pikkus neis ahelikes on 20–100 m (foto 12).

Sõmerkaldal pangas (pikkus 1,2 km, laius 0,25 km, pindala 0,2 km²) kerkib kolmnurkselt Kuninganiidu diapiirist põhja pool (joonis 3; foto 13). Pangase paeplato kihtide kaldenurk on 10°, kallakuse asimuut 148°. Pangase põhjaosa on kerkinud kuni 13 m kõrgusele 48 m ümp, selle lael avaneb Kunda lademe tihelõheline lubjakivi. Loodes ääristab pangast kuni 14 m kõrgune astang.

Puhkova pangas Kantsisürja ja Kuninganiidu diapiiride vahelisel alal (joonis 3) on kolmnurkse kujuga (külje pikkus 1,5 km, pindala 0,8 km²). Pangase paeplato kõrgus on 30–32 m ümp. Põhja poolt ääristab pangast 1,5 km ulatuses kuni 20 m kõrgune astang. Põhja-Eesti klindi paeplatoost (kõrgus 31–33 m ümp) eraldab pangast 0,5 km pikkune ja suudme osas kuni 20 m sügavune Orasoja kanjon. Kanjoni seinas paljandub oobolusliivakivis on rohkesti maarjaskilda vahekihte – siin on Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi lademe Kallavere kihistu Orasoja kihistiku tüüppaljand.

Kivisaare pangased moodustuvad kahest teineteisega seotud Kantsisürja diapiirist põhja poole jäävast Kunda lademe tihelõhelistest paest kattega pangasest, mille lääne suunas madalduva plato kõrgus on 20–24 m ümp (joonis 3). Puhkova pangastest eraldab



Foto 12. Paest pangas Kantsisürja diapiiris



Foto 13. Sõmerkaldal pangas.

Kivisaare pangaseid Kuke talu juures klindiastangusse lõikunud sälkorg, mis kulgeb Viivikonna rikkega samas suunas (asimuut 55°).

Laagna pangas asub endise Laagna mõisa piirkonnas (joonis 3). Kolmnurkne (aluse laius kuni 1 km, kõrgus kuni 0,5 km) hiidpangas on Rahkamäel kerkinud kuni 15 m (jalam 33 m ümp, lagi kuni 48 m ümp). Pea niisama järsult madaldub Laagna pangase paelasundi pind lõuna suunas.

Hiiemetsa pangas asub Meriküla diapiirist lõuna ja Laagna pangasest edela pool (joonis 3). Hiiemägi sellel on 400 m pikk, 150 m lai ja kümmekond meetrit kõrge (jalam 32 m ümp ja lagi 44 m ümp). Glatsiofluviaalsete setete alla mattunud pangase (pangaste?) aluspõhi on avatud puurimisega (paljandid puuduvad).

Kuninganiidu diapiir (pikkus 3,5 km, laius kuni 1 km, asimuut 60°) kulgeb Sõmerkald ja Puhkova pangastest lõuna pool (joonis 3). Glatsiofluviaalsetest setetest seljandik eraldab diapiiri edelaosast selle 1 km pikkuse Tiidusoo poolse osa. Deformeeritud sinisavi lasundi edelast kirdesse madalduv (37 meetrilt 30 meetrini ümp) pealispind on diapiiri alal enam kui 20 m kerkinud. Laagna mõisast põhja ja loode pool on diapiiri alal rohkesti Alam-Kambriumi ja Alam-Ordoviitsiumi liivakividest hiidpangaseid.

Vooremäe pangas (läbimõõt 400 m, kõrgus ligi 10 m, lae kõrgus 31 m ümp) on ovaalse kujuga kungas Tallinna–Narva maanteelt Peeterristi teeristist 0,5 km põhja pool (joonis 1). Vooremäe eraldab paeplatoost kitsas Pakerordi lademe Kallavere kihistu oobolusliivakivisse lõikunud org (laius kuni 50 m, sügavus kuni 10 m). Tihelõhelistest paest kattega pangase kihide kaldenurk on 5°, kallakuse asimuut 140°. Võrreldes klindiplateoga (kõrgus 27 m ümp) on Vooremäe pangas ligi 4 m kerkinud.

Vodava külast idas, kus klindi paeastang eemaldub merest ja selle ette tekib Kambriumi terrass, jäävad diapiirismist mõjutatud sinisavi lasundiga seotud struktuurid harvemaks.

Olgina pangas (läbimõõt 0,5 km) asub Olgina alevikust põhja pool Kambriumi terrassil (joonis 1). Ovaalne paekattega pangas, mis reljeefis ei ilmne, on kindlaks tehtud puurimisega (Lugus, Gulova 1966). Pangasest põhja ja lõuna pool on kuni 100 m laiusel alal pae- ja liivakivi ning sinisavi kihid kaldu 30–90° nurga all.

Soldina rike algab Soldina asula lähistelt ja kulgeb sealt kirdesse (asimuut 55°) looduses hästi jälgitava enam kui 6 km pikkuse ja 50–100 m laiuse vööndina Pähklimäe pangaste suunas (joonis 1 ja 4; foto 14). Mitme puurauguga avatud rikke (Lugus, Gulova 1966)



Foto 14. Soldina rike (edela-kirde sihiline pöösastega vöönd) Maa-ameti ortofotol.

kagutiib (kõrgus 29–31 m ümp) on loodetiiva (kõrgus 26–27 m ümp) suhtes 3–4 m kerkinud. Rikketsoonis on lubja- ja liivakivi kihid diapirismist mõjutatud sinisavi poolt kallutatud.

Narva Pähklimäe pangaseid on viis: Pähklamägi, Veskimägi, Kantsimägi, Kuningamägi ja Väikemägi (joonis 4). Need paiknevad lähestikku 0,5–1,5 km kirde pool kohast, kus kirdesse suunduv Soldina rike (asimuut 55°) Äkkeküla tee piirkonnas klindist läbi murrab. Pähklimäe pangaste nime kannavad nad aga seepärast, et neid eristada Narva jõe teisel kaldal, Jaanilinnas (Ivangorodis) asuvatest Narva-Kalmistu (Keldrimäe) pangastest (Jaansoon-Orviku 1926; Orviku 1930a, 1936). Kui klindiplatoo on Pähklamäe kohal kõrgusel 28 m ümp, siis Pähklimäe pangased, välja arvatud Pähklamäe pangas ise, on vastupidiselt tavalisele hoopis vajunud – Veskimäe pangas 4 m, Kantsimäe, Kuningamäe ning Väikemäe pangased kõik 7 meetrit.

Pähklamägi (läbimõõt 200 m, kõrgus kuni 12 m; jalam 17 m ümp, hari 29 m ümp) on laugenõlvaline hiidpangas (foto 15). Pangase paelasundi moodustavad ülaosas Kesk-Ordoviitsiumi Kunda lademe tihelõhelised lubjakivid (kihtide kaldenurk 10–15°, kallakus lõuna suunas). Pähklamägi, kus Vene väed 1700. aastal alistusid rootslastele, on Narva Pähklimäe pangastest ajalooliselt kõige tuntum (Õun, Maidre 2004).

Veskimägi on poolkuukujuline (läbimõõt kuni 250 m, kõrgus kuni 10 m; hari 24 m ümp, jalam 14 m ümp; kihtide kaldenurk 10°, kallakus edela suunas) ja järsunõlvaline pangas, ning vastupidiselt lagedale Pähklamäele on see sarapuuvõsaga kaetud (foto 16). Nime on Veskimägi saanud künkal kunagi olnud tuuleveskilt. Pangase läbilõike ülaosas on Kesk-Ordoviitsiumi Kunda lademe lubjakivid ja selle jalamil paljandub Alam-Kambriumi Lükati kihistu sinisavi.

Kantsimägi on ovaalne (läbimõõt kuni 200 m, laius 50 m, kõrgus kuni 5 m; lagi 21 m ümp, jalam 16 m



Foto 15. Pähklamäe hiidpangas.



Foto 16. Veskimäe hiidpangas Kunda lademe tihelõhelise lubjakiviga.

ümp) tihelohelisest paest kattega laugenõlvaline kün-
gas. Kantsimäe läbilõike ülaosas on Kesk-Ordoviit-
siumi Kunda lademe lubjakivid.

Väikemägi on ovaalne (läbimõõt kuni 200 m,
kõrgus 5 m; lagi kuni 21,7 m ümp, jalam 17 m ümp)
Äkkeküla tee ääres asuv tihelohelisest paest kattega
laugenõlvaline künkas.

Kuningamäe pangas (läbimõõt ligi 100 m, kõrgus
kuni 5 m) on maastikus vaevumärgatav ja selle ole-
masolust annab märku vaid paeclubu kunagistes kait-
sekraavides Äkkeküla tee ääres.

Narva rike kulgeb (asimuut 55–60°) Soldina rikkest
ligikaudu 4 km kagu pool ja on sellega enam-vähem
paralleelne (joonis 1). Rike ei ole maapinnal jälgitav
ja on välja eraldatud elektromeetrilise profileerimi-
sega (Vaher 1983). Üle Ivangorodi Keldrimäe kulgeva
rikkega on seotud ilmselt ka Keldrimäe hiidpangased
(Jaansoon-Orviku 1926).

KIRJANDUS

- All, T., Gromov, O. 2008. Elektromeetrilised uuringud
Sillamäe ja Narva kaardilehtedel. Eesti Geoloogia-
fond 8012, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn,
33 lk.
- Barnekow, U., Talviste, P. 2002. Spatial distribution of
shear strength parameters in Cambrian Clay.
Eesti XII Geotehnika Konverents. Artiklite
kogumik. Tallinn.
- Doss, B. 1898. Übersicht und Natur der in Ostseepro-
vinzen vorgekommenen Erdbeben. Korrespon-
denz-Blatt des Naturforschervereins zu Riga,
40, 147–162.
- Erisalu, E., Tassa, V. 1965. Aruanne komplekssest geo-
loogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest
mõõtkavas 1:50 000. Eesti Geoloogiafond 2540,
ENSV Geoloogia Valitsus, 455 lk. [Vene keeles].
- Erisalu, E., Arvisto, E. 1969. Aruanne aluskorra uurin-
gust Jõhvi magnetanomaalia alal ja selle ümbrus-
ses. Eesti Geoloogiafond 3032, ENSV Geoloogia
Valitsus, 257 lk. [Vene keeles].
- Eskel, J., Liivrand, H., Kivimägi, E. 1975. Aruanne fos-
foriidisalduse hinnangust Ida-Eestis aastail
1971–1974. Eesti Geoloogiafond 3348, ENSV
Geoloogia Valitsus, 181 lk. [Vene keeles].
- Granö, J. G. 1922. Eesti maastikulised üksused (Die
landschaftlichen Einheiten Estlands). Tartu, 90 lk.
- Greiser, E., Daško, R., Kotlukova, I., Malahovskiy, D.
1980 – Грейсер Е. Л., Дашко Р. Э., Котлукова
И. В., Малаховский Д. Б. 1980. Строе-
ние и происхождение Дудергофских высот
(окрестности Ленинграда). Известия ВГО, т.
112, № 2, 138–146.
- Grewingk, C. 1879. Erläuterungen zur zweiten Aus-
gabe der geognostischen Karte Liv-, Est- und
Kurlands. Dorpater Naturforscher-Gesellschaft,
123 lk.
- Hausen, H. 1913. Materialien zur Kenntnis der pleis-
tozänen Bildungen in den russischen Ostsee-
ländern. Fennia 34 (2), 181 pp.
- Heinsalu, Ü. 1970. Aluspõhja glatsiotektoonilisi lasu-
musrikkeid Kirde-Eestis. Eesti Loodus, 21 (2),
118–120.
- Helmersen, G. 1861. Die geologische Beschaffenheit
des untern Narowathals und die Versandung
der Narowamündung. Bulletin de Academie
Imperial des Sciences de St. Petrbourg, III,
12–49.
- Helmersen, G. 1882. Studien über die Wanderblöcke
und die Diluvialgeblinde Russlands. Memories
de l'Academie Imperial des Sciences de St. Pet-
rbourg, Series VII, vol. XXX, No 5.
- Jaansoon-Orviku, K. 1926. Rändpangaseid Eestis.
Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate
Seltsi aruanded, XXXIII, 1, 49–56.
- Janishevkiy, M. E. 1921. – Янишевский, М. Е.
1921. Река Поповка, как ключ к изучению
геологического строения окрестностей
Петрограда. Экскурс. Дело, № 1, с. 42–60.
- Jegorov, G. 1959. Aruanne elektriliste anomaali-
te puurimisega kontrollimise tulemustest Eesti
põlevkivimaardla keskosas. Eesti Geoloogia-
fond 1199, ENSV Geoloogia Valitsus, 178 lk.
[Vene keeles].
- Jõgi, S., Mardla, A. 1967. NSVL geoloogiline ja hü-
drogeoloogiline kaart mõõtkavas 1:200 000. Balti
seeria. Leht O-35-IV. Eesti Geoloogiafond 2987,
ENSV Geoloogia Valitsus, 223 lk. [Vene keeles].
- Jõelett, A., Suuroja, K., Plado, J., Tuuling, I., Rooni,
K., Mustasaar, M., Preeden, U., Ploom, K. 2012.
Kirde-Eesti sinisavi diapiiride ehitus ja teke.
ETF grant 7860. Kokkuvõte.
- Kajak, K. 1963. – Каяк К.Ф. 1963. О краевых
ледниковых образованиях Юго-Восточной

- Эстонии. Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода, 21, Москва, 66–75.
- Kattai, V., Vingissaar, P. 1980. Ahtme tektoonilise rikevööndi ehitus. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Geoloogia, 2, 55–62. [Vene keeles ingliskeelse resümeeaga].
- Kattai, V., Dantsenko, V., Domanova, N., Merkulova, L., Uusmaa, A., Mardla, A., Radik, M. 1980. Tektoonilise lõhelisuse uuringutulemused Eesti põlevkivimaardlas. Eesti Geoloogifond 3723, ENSV Geoloogia Valitsus, 252 lk. [Vene keeles].
- Kirsimäe, K. 1999. Clay mineral diagenesis of the Lower Cambrian "Blue Clay" in the northern part of Baltic Paleobasin. *Dissertationes Geologicae Universitatis Taruensis* 9. Tartu University Press, Tartu, 113 pp.
- Lebedeva, N. 1958 – Лебедева Н. Б. 1958. О механизме образования глиняных диапиров. *Советская геология*, 11, 70–81. [Vene keeles].
- Lobanov, I. 1976 – Лобанов И. Н. 1976. О природе дислокаций Дудергофских высот в окрестностях Ленинграда. *Геотектоника*, 6, 89–98.
- Lobanov, J. N. 1977. The character of deformation in Duderhof Heights near Leningrad. *Geotectonics*, 10 (6), 435–440.
- Lomtatze, V. 1970. – Ломтадзе В. Д. Физико-механические свойства нижнекембрийских глин северозападной окраины Русской платформы. *Зап. Ленинградского горного ин-та*, т. XXXIV, вып. 2, 154–189.
- Lugus, E., Gulova, H. 1966. Aruanne geoloogiliste uuringutööde tulemustest 1962.-1965.aastal Narva fosforiidimaardlal, Eesti NSV. Eesti Geoloogifond 2904, ENSV Geoloogia Valitsus, 163 lk. [Vene keeles].
- Malahovsky, D., Sammet, E. 1982 – Малаховский Д. Б., Саммет Э. Ю. 1982. Ледниковые отторженцы и гляциодислокации Северо-Запада Русской равнины. *Материалы гляциологических исследований. Хроника. Обсуждения*, 44, Москва, 121–129. [Vene keeles ingliskeelse resümeeaga].
- Mets, M. 1988. Kambriumi saavid. IX Eesti Geotehnika konverentsi teesid. Tallinn, 68–70.
- Mets, M. 1992. Savipinnase kandevõime hindamine. X Eesti Geotehnika konverentsi artiklid. Tallinn, 30–32.
- Mets, M., Talviste, P., Torn, H. 1995. Strength of Paleozoic clays. *Baltic Geotechnics* 95. Proceedings of the Eight Baltic Geotechnical Conference. Balkema, Vilnius, 43–46.
- Miidel, A., Paap, Ü., Raukas, A., Rähni, E. 1969. On the origin of the Vaivara Hills (Sinimäed) in NE Estonia. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. *Keemia, Geoloogia*, 18, 370–376. [Vene keeles ingliskeelse resümeeaga].
- Murchison, R. I., Verneuil, E., Keyserling, A. 1845. *The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains*. Vol. I. Geology, John Murray, London–Paris, 700 pp.
- Nikitin, M. J. 2008. – Никитин М. Ю. 2008. О природе Дудергофских дислокаций. *Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее. Материалы к XXX пленуму геоморфологической комиссии РАН. Санкт-Петербург, СПбГУ, 15–20 сентября 2008 года*. СПб, 314–317.
- Orviku, K. 1930a. Die Glazialschollen von Kunda-Lammamägi und Narva-Kalmistu (Eesti). *Tartu Ülikooli ja Loodusuurijate Seltsi Aruanded*, 36, 3–4, 174–179.
- Orviku, K. 1930b. Rändpangastest. *Loodusvaatleja*, 3, 78–81.
- Orviku, K. 1936. Geoloogilisi märkmeid geoloogilise-geograafiliselt õppekursioonilt Narva ja selle lähemasse ümbrusse 10.–14. juunil 1936. *Eesti Loodus*, 4, 149–157.
- Orviku, K. 1960. – Орвику, К. Некоторые вопросы геоморфологии Эстонии. *АН СССР. Отделение геол.-геогр. наук. Геоморфол. комиссия, Москва*, 17 с.
- Palo, M., Petersell, L., Moltšanova, A., Smagin, N. 1961. Aruanne fosforiidide geoloogiliste otsingutööde tulemustest 1957.–1960. aastal kliniidielses vööndis Tallinna ja Narva vahel. Eesti Geoloogifond 1570, ENSV Geoloogia Valitsus, 243 lk. [Vene keeles].
- Plado, J., Preeden, U., Jõelet, A., Pesonen, L., Mertanen, S. 2015. Palaeomagnetism of Middle Ordovician carbonate sequence, Vaivara Sinimäed area, northeast Estonia, Baltica. *Acta Geophysicae* (submitted).
- Ploom, K., Suuroja, S., Suuroja, K. 2011. Clay diapirs

- in the coastal zone of eastern Gulf of Finland. All at Sea? Coastal environments: An holistic appraisal, Meeting 8–9th September, 2011. Abstracts, Environmental Department, University of York, UK, 41 pp.
- Ploom, K., Suuroja, K., Suuroja, S. 2012a. Sinimägedest ja teistest sinisavi dislokatsioonidest. XX Aprillikonverentsi “Rakendusgeoloogilistest uuringutest Eestis” teesid. Eesti Geoloogia-keskus, Tallinn, 38–39.
- Ploom, K., Suuroja, S., Suuroja, K. 2012b. Deformation of Cambrian Blue Clay in the coastal zone of eastern Gulf of Finland. 11th Colloquium on Baltic Sea Marine Geology, Abstract Book, Helsinki 19–21 September 2012, p. 56.
- Prokofjev, V., Dantshenko, S. 1963. Aruanne esialgsetest geoloogilistest uuringutest tööst Eesti NSV Narva fosforiidimaardlas 1962.–1963. aastal. Eesti Geoloogiafond 1960, ENSV Geoloogia Valitsus, 141 lk. [Vene keeles].
- Puura, V., Sudov, B. 1976. Balti kilbi lõunanõlva platvormse tektoonika aktivisatsiooni tsoonidest ja nende metallogeeniast. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Keemia, Geoloogia, 25, 206–214. [Vene keeles ingliskeelse resümeeaga].
- Puura, V., Vaher, R. 1997. Tectonics. Cover structure. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds), Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 167–177.
- Rattas, M., Kalm, V. 1999. Classification and areal distribution of glaciotectionic features in Estonia. Geological Quarterly, 43 (2), 177–182.
- Rattas, M., Kalm, V. 2004a. Glaciotectionic deformation pattern in Estonia. Geological Quarterly, 48 (1), 15–22.
- Rattas, M., Kalm, V. 2004b. Liustiku varjatud looming. Eesti Loodus, 1, 22–25.
- Sammet, E. 1961. – Саммет Э.Ю. 1961. Некоторые вопросы четвертичной геологии и геоморфологии западной части Ленинградской области. Марков К.К. (ред.) Палеогеография четвертичного периода СССР. МГУ, Москва, 7–20. [Vene keeles prantsuskeelse resümeeaga].
- Schmidt, F. 1858. Bericht über eine Forschungsreise zur Darstellung des Silursystems in Liv-Estland. Sitzungsberichte der Dorpater Naturforschergesellschaft bei der Universität Dorpat (Jurjew), 277–283.
- Schmidt, F. 1897a. Excursion durch Estland. Guide des excursions du VII Congrès „Geologique International“, St. Petersburg, XII, 1–21.
- Schmidt, F. 1897b. Kurze Übersicht der Geologie der Umgebung von St. Petersburg. Guide des excursions du VII Congrès „Geologique International“, St. Petersburg, XXXIV, 1–15.
- Scupin, H. 1927. Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum. Dorpat, 28 S.
- Severgin, V. 1803. – Севергин, В.М. Записки путешествия по западным провинциям Российского государства, или Минералогические, хозяйственные и другие примечания, учиненные во время проезда чрез оныя в 1802 году. СПб.: при Императорской Академии Наук, 224 с.
- Strangways, W. T. H. Fox 1821a. Description of the Strata in the Brook Pulcovca, near the Village of Great Pulcovca, in the neighbourhood of St. Petersburg. Transactions of the Geological Society, London, vol. V, 382–391.
- Strangways, W. T. H. Fox 1821b. Geological Sketch of the Environs of Peterburg. Transactions of the Geological Society, London, vol. V, 392–458.
- Stumbur, K. 1959. Uusi andmeid tektoonilistest rikest. ENSV Geoloogia Valitsus. Informatiivne bülletään, 1, 19–24. [Vene keeles].
- Stumbur, K., Viidas, E., Jõgi, S., Mardla, A., Tšeban, E. 1960. Vaivara rühma aruanne otsingu-kaardistamistöde tulemustest Soome lahe kaldaäärses osas Kirde-Eestis 1958.–1959. aastal. Eesti Geoloogiafond 1286, ENSV Geoloogia Valitsus, 393 lk. [Vene keeles].
- Stumbur, K., Jõgi, S., Mardla, E., Mardla, A., Stumbur, H. 1963. Aruanne otsingu-kaardistamistödest Kirde-Eesti rannaäärses osas 1959.–1961. aastal. Eesti Geoloogiafond 1958, ENSV Geoloogia Valitsus, 435 lk. [Vene keeles].
- Suuroja, K. 1997. Eesti aluspõhja geoloogiline kaart mõõtkavas 1:400 000 ja seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 60 lk.
- Suuroja, K. 2005. Põhja-Eesti klint. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 220 lk.
- Suuroja, K. 2006a. Põhja-Eestis klint. Eesti looduse sümbol., Keskkonnaministeerium, Tallinn, 224 lk.

- Suuroja, K. 2006b. Baltic Klint in North Estonia as a symbol of Estonian nature. Ministry of Environment, Tallinn, 223 pp.
- Suuroja, K. 2008. Balti klint – loodus ja ajalugu. Raukas, A., Puura, V. (toimetajad) GeoTrail KS, Tallinn, 216 lk.
- Suuroja, K. 2015. Vaivara Sinimäed ja Vaivara dislokatsioonide vöönd. Iisaku Muuseumi Toimetised II, Iisaku, 61–75.
- Suuroja, S., Talpas, A., Suuroja, K., Ploom, K. 2008. Kohtla-Järve, Sillamäe ja Narva kaardilehtede akvatooriumi geoloogiline uuring. Aruanne. Eesti Geoloogiafond 8041, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 18 lk.
- Suuroja, K., Mardim, T., Ploom, K., All, T., Kõiv, M., Otsmaa M. 2009a. Baaskaardi Sillamäe (6533) lehe geoloogilise kaardikomplekti koostamine ja digitaliseerimise andmebaasi loomine. Seletuskiri. Eesti Geoloogiafond 8177, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 138 lk.
- Suuroja, K., Mardim, T., Ploom, K., All, T., Otsmaa, M., Kõiv M. 2009b. Baaskaardi Narva (6534) lehe geoloogilise kaardikomplekti koostamine ja digitaliseerimise andmebaasi loomine. Seletuskiri. Eesti Geoloogiafond 8178, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 127 lk.
- Tammekann, A. 1926. Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 12–14, 1–152.
- Tammekann, A. 1940. The Baltic Glint. A Geomorphological Study. Part I. Morphography of the Glint. Publicationes Instituti Universitatis Tartuensis Geographici, 24, 1–103.
- Vaher, R. 1983. – Вахер Р. 1983. Тектоника фосфоритно-сланцевого бассейна Северо-Восточной Эстонии. Автореф. канд. дисс. Ин-т геохим. и геофиз. АН БССР, Минск, 22 с.
- Vaher, R. M., Mardla, A. K. 1969. The experience of investigation of tectonic structure of Sinimäe region (North-Eastern Estonia) by electrical prospecting method. Volkolakov, F. K. (ed.) Voprosy regional'noj geologii Pribaltiki and Belarusii. Zinatne, Riga, 119–125. [Vene keeles ingliskeelse resümeega].
- Vaher, R., Puura, V., Erisalu, E. 1962. Kirde-Eesti tektoonilisest ehitusest. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, 10, 319–325. [Vene keeles].
- Vaher, R., Miidel, A., Raukas, A. 2013. Structure and origin of the Sinimäed hill range, Northeast Estonia. Estonian Journal of Earth Sciences, 62, 160–170.
- Volin, A. 1974. – Волин А. В. 1974. Диapiroвые структуры окрестностей Ленинграда. Природная обстановка и фауны пршлого, Киев, 8, 142–150.
- Õun, M., Maidre, I. 2004. Vaivara vald – 900 aastane lahinguväli I. Vaivara Sõjaajaloo Muuseum-Teemapargi toimetised, 1, 36 lk.

TEGEMATA JÄÄNUD TÖID JA TEGEMISI

Reet Karukäpp
Eesti Geoloogia Selts MTÜ

*Inimene komistab aegajalt tõe otsa,
aga enamasti ajab ta end püsti ja jätkab teed.*

Arthur Bloch

Kui ma tulin 1965. aastal tudengina Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituuti praktikale, hakkasin ma mustade kaantega vihikusse üles märkima asju, millest ma aru ei saanud. Mõned neist küsimustest on siiani vastusetu.

Süsteemi loomise vajadus, klassifitseerimine ja korrastamine ning sellele vastanduv – süsteemi õigsuses kahtlemine, selles vigade leidmine, on võrdset vajalikud ja õiged. Korra vastu mässamist seostatakse noorte ja vihastega. Teaduses see tavaliselt kuhugi ei vii. Noortel üldjuhul ei jätku teadmisi, et juba olemasolevat ümber lükata. Teadmised ja tunnetus tulevad aastatega. Ja koos sellega teadmine, et sa ei jõua enam otsast alustada.

Selle versta posti juures, kus personaalia kirjutajad hakkavad oma plusspunkte kokku lööma, oleks õige jätta pisut ruumi ka teisele poole joont, kuhu võtta kokku see, mis jäi tegemata? Ehk siis saavutustest võivad kirjutada ka teised, kui oled neid hästi eksponeerinud, kuid sellest, mis lahendamata jäi, pead ikka ise aru andma.

Enne lõplikku kaugenemist erialastest probleemidest tahaksin üles tähendada mitte niivõrd oma saavutusi teaduse põllul (mis polegi tea mis märkimisväärsed), vaid neid probleeme ja küsimusi, mis küll kerkisid, kuid lahendust ei leidnud.

Tagantjärele nagu enam ei mäletagi, et saavutused on tulnud enamasti üle kivide ja kändude. Lohutuseks olgu küsitud: “Kas ainult minul?”. Oletan, et igal edukal „siisikese“ (CC ehk *Current Contents*, teadusartikkel eelretsenseeritavates rahvusvahelistes väljaannetes) teeninud artikli autoril kerkis kirjutamise käigus üles uusi probleeme, millele ta vastust ei leidnud. Võib-olla on neil püstitunud probleemidel suuremgi väärtus, kui kriitikute üksmeelse toetuse saanud teemaarendusel?

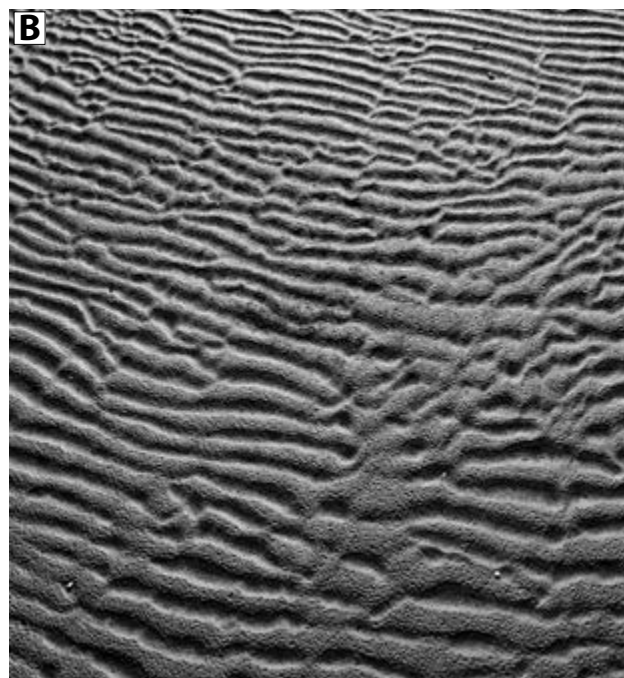
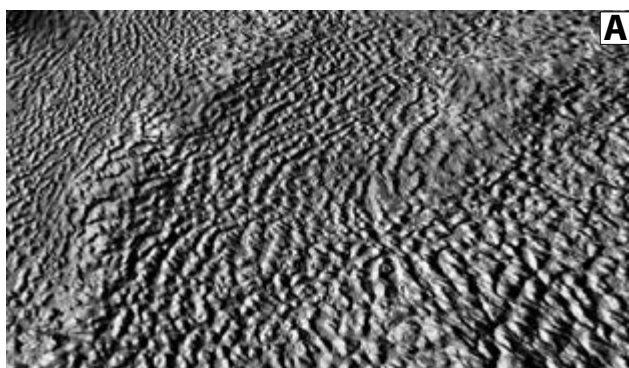
*On üldtuntud tõde, et kui uurite tundmatut asja,
ei või te teada, mida leiate.*

Murphy seaduste põhiprintsiip

Uurimistoetusele kandideeriva töö ülesande planeerimisel peetakse enesestmõistetavalt silmas positiivset tulemust, vastasel juhul võib taotlemine ebaõnnestuda. Teisisõnu – vähemalt pool tööd peaks enne alustamist olema tehtud. Kuid loomulik oleks, et nähakse ette ka negatiivset tulemust ja selle teaduslikku väärtust, mis võimaldaks üleskerkinud probleeme lahendada ja uusi ülesandeid õigemini püstitada.

Hilisjäaja paleogeograafia. Nüüdisaegsed topokaardid ja meetodid annavad muinasjutulise võimaluse pinnamoe analüüsimiseks. 1970-ndatel mõõtsin millimeetrise sammuga samakõrgusjooni kaardil mõõtkavaga 1:25 000, et arvutada reljeefi liigestatust ja luua pilt pinnamoe kujunemise võimalikest seaduspärasustest Lõuna-Eestis. Pika ja vaevalise töö tulemusel selgusid liustikutekkelise ja jäasulamisveetekkelise pinnamoe erinevused, mullatekke ja maastike kujunemise tingimused (Karukäpp 1974; Karukäpp, Kont 1977; Hang, Karukäpp 1979, Karukäpp, Tavast 1985), mida nüüd oleks üsna lihtne kontrollida ja vajadusel ka ümber lükata.

Sealjuures jäi lõpliku lahenduseta nõlva kuhu ja kalde suuruse sõltuvus ekspositsioonist ilmakaarte suhtes. Need mõõtmised jäid kahjuks usaldusväärse statistika jaoks väheseks. Nõlva asend ilmakaarte suhtes pidi oluliselt mõjutama nõlva kallet ja solifluktsiooniliste protsesside intensiivsust taimestumata ning sulamisveest küllastunud pinnases. Oli ju 12–13 tuhat aastat tagasi Eesti ala laiuskraad enamvähem sama kui praegu, päike käis sama kõrgelt, kuigi kliima oli tänapäevasest kontinentaalsem. Arvatavasti pole päris tähtsusetu seegi, et suhteline kõrguste vahe Lääne-Eesti ja Kagu-Eesti vahel oli hilisjäajal 60–70 m suurem kui praegu.



Joonis 1. A – Liustikutekkelised pinnavormid lirimaal, kõrgus 10–30 m, pikkus 300–1200 m, laius 150–300 m (*ribbed moraine*; Clark, Meehan 2001). B – lainevired Keibu lahe ranna liival. H. Bauerti foto.

Tekib ka küsimus, et kas mandrijää on osa maakoo-
rest ja allub (tihedust arvestades) geoloogia seadus-
tele, või hoopis keskkond, mis kulutab, transpordib ja
kuhjab setteid, või kaks ühes? Kui võrdleme kulutuse,
transpordi ja kuhjumise protsesside tulemusi jää, vesi
ja õhk keskkondade puhul, näeme skaala erinevusele
vaatamata vägagi suurt sarnasust (joonis 1). Kas see
õigustaks ka protsesside võrdlemist? Vee voolamise ja
lainete leviku seaduspärasusi on käepärasem uurida ja
modelleerida ning seda on juba ka tehtud.

Skandinaavia viimast (Hilis-Weichseli, Hilis-Val-
dai) mandriliustiku kuju, mahtu ja dünaamikat on
modelleeritud väga erineval moel. Hilisemates töö-
des on tsiteeritud enam J. Ehlersi (1990), G. Boultoni
jt (2001) mudeleid. 1970-ndatel lähtusin A. Aseevi
(1974) ja I. Zotikovi (1973) paleoglatsioloogilistest
rekonstruktsioonidest, mis eeldasid mandriliustiku
keskosas kuplit (kilpi; vene keeles *центральный щит*)
ja seda ümbritsevat perifeerset, liustikuvooludest ja
-keeltest koosnevat mobiilset, tunduvalt õhema jääga
katteliustikku. Ehlersi (1990) mudeli järgi oli Eesti alal
hilisjääaja maksimumi (LGM) ajal liustiku paksus pea
2000 m ja Lõuna-Leedus 1000 m, mis ei ole kooskõlas
glatsioisostaatilise kerke jaotumusega jäätumise alal.
Paremini sobib A. Aseevi ja I. Zotikovi mudel, mis eel-
dab keske liustikukilbi piiri LGM ajal just läbi Eesti,
umbkaudu isostaatilise kerkimise 0-joonel.

Liustik liigub liustikuhoovuste ja liustikukeeltena.
Kas liustikuhoovused (*glacial streams*) olid põhi-

mõtteliselt erinevad liustikukeeltest (*lobes*)? Nii
Karula–Otepää–Haanja glatsiaalse kompleksi kui ka
Soome lahe nõo kujunemise seletamiseks sobiks kõige
paremini LGM aegse liustikujää liikumine liustiku
vertikaalses läbilõikes erisuunaliste hoovustena, kus
alumised kihid jälgisid aluspinna reljeefi, ülemised
aga jääkilbi pealispinna kallet. Liustiku-alused pin-
navormid saavad tekkida vaid liustiku põhjakihtide
diferentseeritud kiirusega liikumisel. Kõige informa-
tiivsemaks liustiku dünaamika suhtes loetakse genee-
tilist rida: meerded (*flutings, flutes*), voored ja põikvor-
mid (*Rogen moraines*). Viimastel on Põhja-Ameerikas
nimetus *ripple moraine*, mis iseenesest viitab voolule.
Kõik need vormid on aktiivse liustiku all pidevas liiku-
mises ja muutumises. Kui meerded, voored ja nendest
edasiarenevad põikvormid tekkisid vaieldamatult lius-
tiku põhjakihtide ebaühtlase kiirusega liikumise tule-
musel, võiks eeldada, et ka kõrgemal, liustiku sees, võis
olla erikiiruselisi hoovusi.

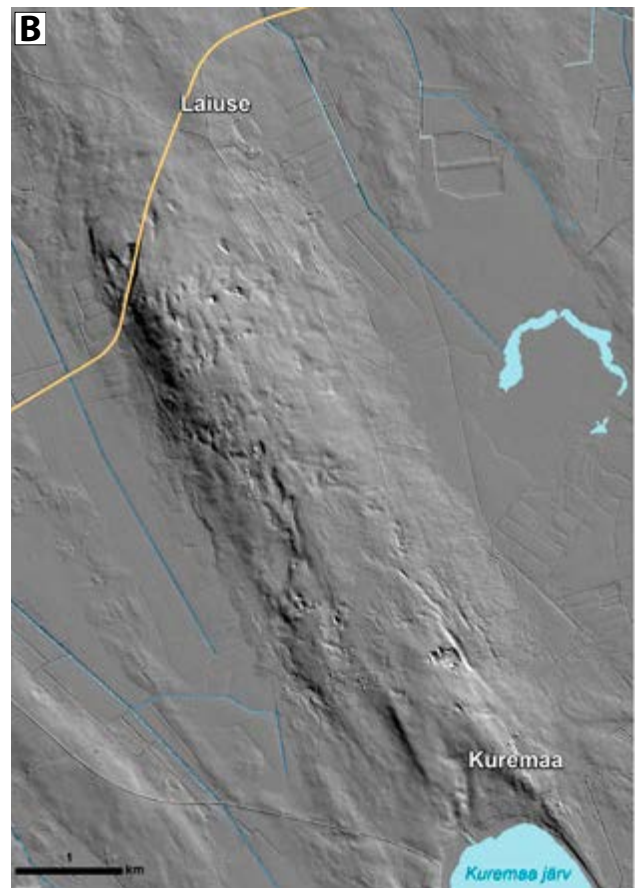
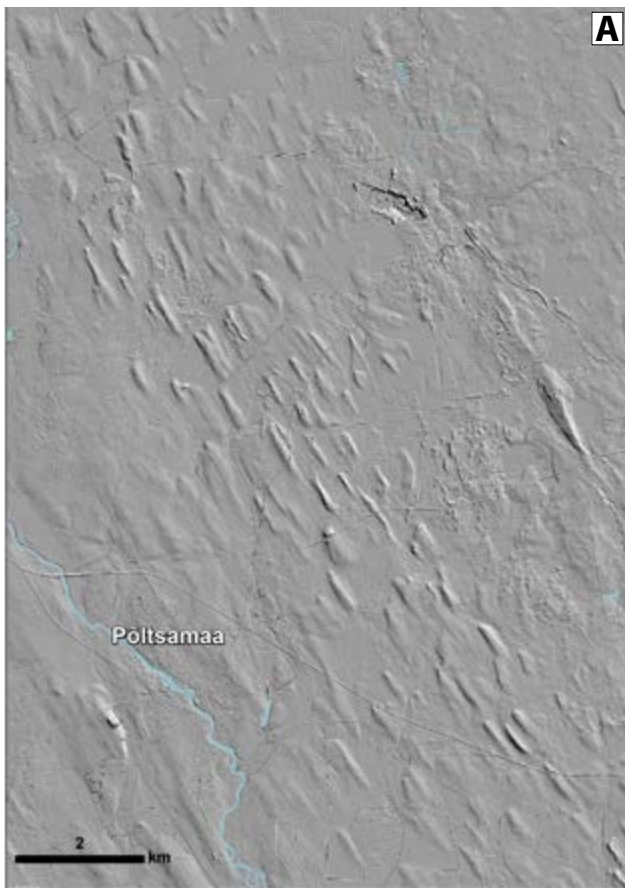
Läti liustikusetete uurijad A. Dreimanis (1999)
ning O. Aboltinš ja V. Zelcs (1988) pidasid paleoglat-
sioloogiliste rekonstruktsioonide jaoks kõige olulise-
maks kolmemõõtmelisi setete struktuuri uuringuid
(*kineto-stratigraphy*). Eestis on selliste aeganõudvate
ja keerukate mõõdistamistega seni veel vähe tegeldud
(Rattas 2004). Väikevoored ja meerded Võrtsjärve nõo,
Türi, Paide ja Järva-Madise voorestikes on korrapärase
kujuga ja paigutusega. Nende pind on harva hilise-
mate protsesside poolt komplitseeritud (joonis 2A).

Seevastu Saadjärve voorestiku pinnavormid on keeruka ehituse ja morfoloogiaga ning lisandunud „pealivormidega“. Millised on nende morfoloogiliste erinevuste põhjused? Siit tuleneb ka küsimus: kas on õigustatud hilisjäaegse Saadjärve liustikuvoolu (Rattas 2004, lk 36) eristamine? Kõrgussuhted ümbritsevate madalamate aladega viitavad pigem üle Pandivere kõrgustiku ulatuvale hilisjäaegsele jäälahkmealale Peipsi nõo ja Võrtsjärve liustikukeelte vahel. Komplitseeritud pinnamood ja irdjää pinnavormide rohkus Saadjärve voorestiku servaaladel viitavad liustikuvoolude pidurdumisele voorestiku mõlemal küljel, arvukate liustikujää deformatsioonide ja lõhesüsteemide tekkele ja sulamisveesetete kuhjumisele. Protsessi käigus mattus suurel hulgal jääd sügavale moreeni ja sulavee setetesse. Mattunud jää sulamine võttis kaua aega. Tulemuseks ongi kohati väga „rõugearmilised“ voored (joonis 2B). Laiuse voore Siniälliku sõlli (diameeter 150 m) sügavuseks on 15 m. Setete palünoloogilise ja fatsiaalse analüüsi põhjal võib järeldada, et vajumine mattunud jää sulamise tõttu kestis veel atlantilise klii-

maperioodi algul (Pirrus jt 1987). See on seni leituist kõige kauem säilinud liustikujää Eestis.

Mattunud jää sulamisega seotud küsimustega puutusin kokku aastakümneid tagasi. Veel 1970-ndatel aastatel seostati moreeni sisse ja alla mattunud orgaanilisi setteid eranditult hilisjäaaja liustiku uue pealetungiga. Meenuvad jutuajamised Eesti geokeemiku ja paleogeograafi Mati Punninguga, kes saanud järjekordse mattunud orgaanika ¹⁴C dateeringu, ütles mulle: „Ära aja kägu – dateeringud näitavad, et liustik taandus hoopis põhjast lõuna poole“. Nimelt olid Haanja mattunud orgaanika dateeringud nooremad kui Otepääl.

Asjad lahenesid üsna kähku ja me jõudsime igati sobiva lahenduseni, seletades protsesse glatsiokarstiga moreeni sisse või alla mattunud irdjääs (Karukäpp, Raukas 1976). Kahjuks aga jätkasid mõnede autorid edaspidigi olematute liustikuserva stadiaalsete pealetungide dateerimist mattunud orgaanika põhjal. Oma üllatuseks leidsin kategoorilise seisukoha, et mattunud orgaanika leiud välistavad samaaegse liustiku kohalolu



Joonis 2. A – korrapärase kujuga väikevoored Põltsamaa lähedal. B – glatsiokarsti lohkvormidega Laiuse suurvoore Saadjärve voorestikus. Varjutatud reljeefiga kaardid pärinevad Maa-ameti kaardiserverist.

veel isegi 2015. aastal (Lasberg 2015, lk 83). Tegelikult hääbusid liustikuhoovused jää õhenemisel hilisjäajal aluspinna reljeefi jälgivateks liustikukeelteks ning sõltusid tagalaks oleva keskse liustikukilbi vähenevast jäävarust.

Glatsioloogia ja paleoglatsioloogia. Kuivõrd saab paleoglatsioloogias toetuda aktualismi põhimõtetele? Kas jää on jää ja liustik on liustik, olenemata sellest, kas protsessid toimusid Pleistotseeni või Holotseeni ajastikul? Kas pole ennatlik Pleistotseeni paleoglatsioloogiliste rekonstruktsioonide põhjal ennustada nüüdisliustike käitumist tulevikus (Lasberg 2015, lk 79)? Mida saab ja mida ei tohiks võrrelda pooluste ja parasvöötme jäätumiste puhul? Kui võrreldavad on samaaegsed, eri kontinentidel ja erineva ulatusega jäätumised? Ameerika Geoloogia Seltsi Kesk-Põhja sektsiooni (*North-Central Section*) kongressil 1997. aastal rõhutati korduvalt, et on olnud vaid üks tõeliselt oluline Hilis-Pleistotseeni jäätumine – Wisconsinis jäätumine.

Kuigi Skandinaavia ja Põhja-Ameerika jäätumisala on geoloogiliselt sarnase ehitusega, on jääkilbi ulatus, sellest sõltuvad kliimatingimused ja liustikualune pinnamood tekitanud erinevused glatsiaalse pinnamoe kujunemisel Euroopas ja Ameerikas. Skandinaavia mandriliustik ulatus 54. laiuskraadini, Põhja-Ameerikas – kuni 43. laiuskraadini. See pidi kaasa tooma olulisi erinevusi paleogeograafias.

Kas selliseks erinevuseks on ka Läänemere ümbursele iseloomulike kuhjeliste saarkõrgustike puudumine Põhja-Ameerikas? Miks sellised kõrgustikud kujunesid vaid Skandinaavia jäätumise alal, kuid puuduvad nii Ameerikas kui ka Briti saartel?

1970-ndate lõpul ja 1980-ndatel aastatel ühendas Läänemeremaade jäälahkmekõrgustike ehituse ja geneesi uurimine Balti riikide, Pihkva ja isegi Moskva kvaternaargeoloogide. Ilmus palju sisukaid artikleid ja toimus seminare. 1980-ndate lõpul oli uurimistöe tulemusel vormistamisel Aboltinši jt (1989) avastus, kuid NSV Liit sai otsa ja tunnustus saamata.

Kas Maa pöörlemine mõjutas liustiku liikumist? Kogu Skandinaavia jäätumise kagusektoris on juba alates 1970-ndatest aastatest tähelepanu juhitud liustikutekkeliste kuhjevormide asümmeetrilisele paigutusele liustiku liikumise radiaalse suuna suhtes

(joonis 3; Aseev 1974; Aboltinš jt 1976; Znamenskaja jt 1977). Liustiku voolujoonte päripäeva kaldumisele (*clockwise rotation*) Loode-Saksamaal juhtis tähelepanu ka J. Ehlers (1990, lk 81). Kuid ükski autoreist pole andnud sellele nähtusele seletust.

Sama seaduspärasuse võime leida liustiku kulutusvormide pinnamoe analüüsil: intensiivsem kulutus oli liustiku liikumisesuunast lääne (edela) pool (Soome lahe põhjareljeef, Liivi lahe ja Peipsi nõo aluspõhja reljeef; Karukäpp 2004, joonis 3 ja 4).

Lähtudes seisukohast, et liustikujää on kulutav, transportiv ja kuhjav keskkond, seostub kõrvalekalle radiaalsest liikumisesuunast Coriolisi jõu toimega, mõjudes Baer-Babinet' seaduse kohaselt kas otseselt liustiku liikumisele või siis liustikualuse sulamisvee liikumise kaudu.

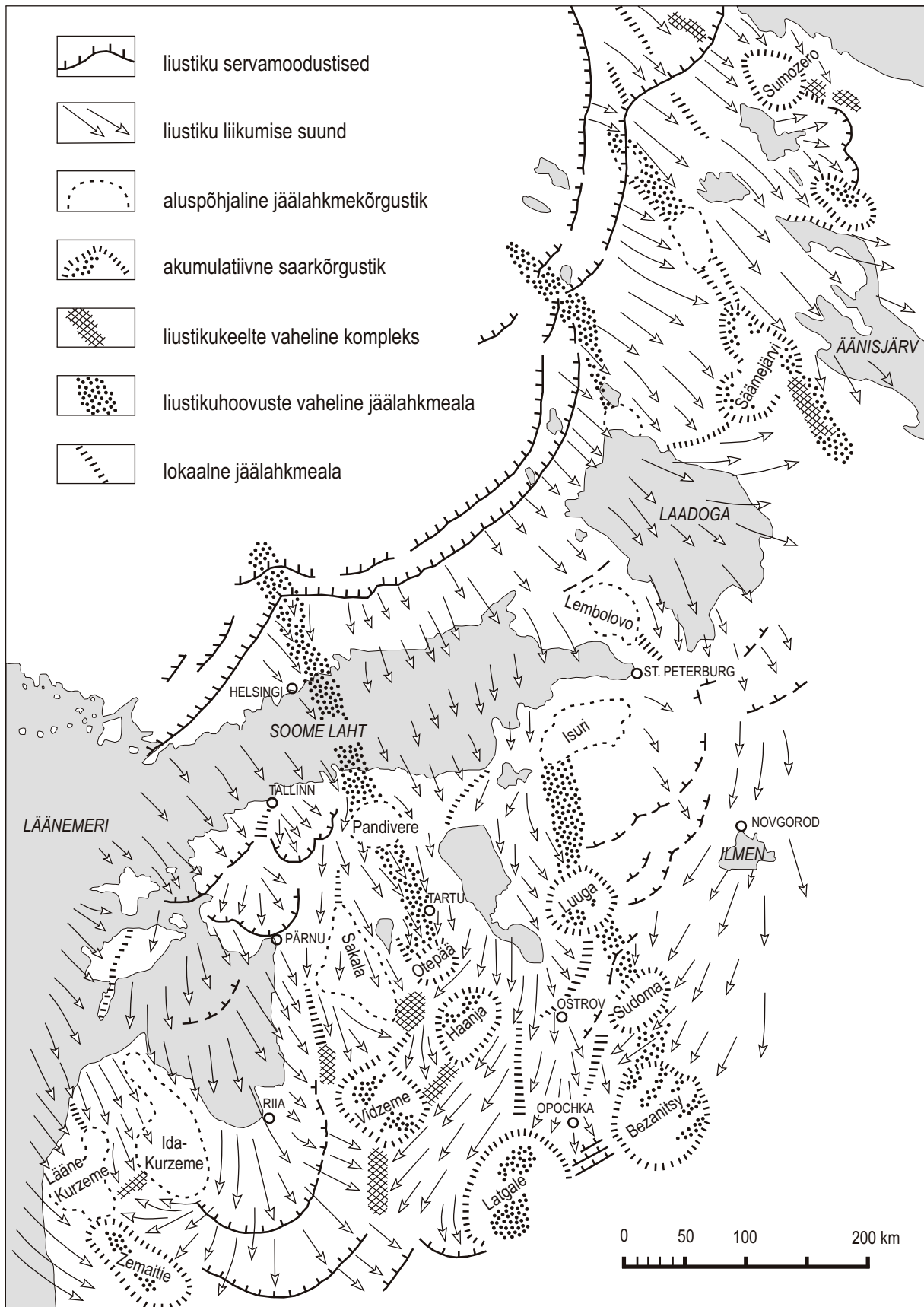
Liustiku liikumise kaldumine lääne poole oli valdav. Küllalt tugevate vastumõjude või liustikualuse pinnamoe suurte kõrgusvahede puhul võisid tekkinud pinnavormid olla erandina ka teistsuguse suunaga (näiteks Läänemere nõo mõju Liivi lahe jäävoolu suunale).

Ebasümmeetrilisteks kujunesid ka suurte voorte nõlvad. Saadjärve voorestiku 29 nõlva mõõtmine näitas, et ida-kirdesuunaline nõlv on reeglina tunduvalt järsem lääne-edelasuunalisest nõlvast (Karukäpp 2004). Nõlvade erinevale kaldele Saadjärve voorestikus viitab ka M. Rattas (2004).

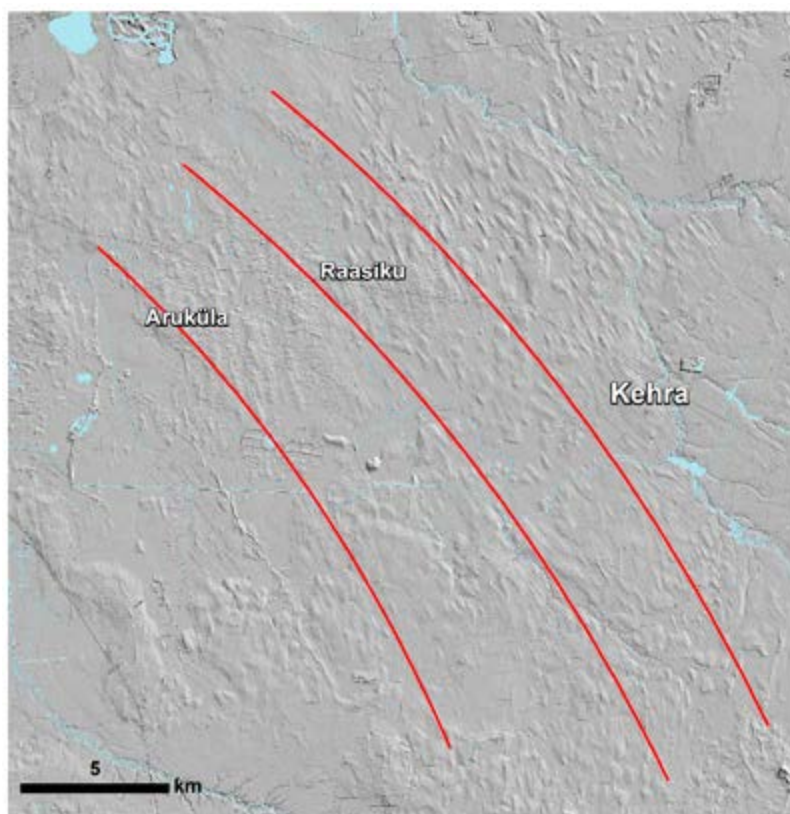
Väikevoorte ja meerete nõlvade mõõtmised aga sellist seaduspära ei näita. Võib oletada, et nende pinnavormide kujunemise aeg oli liiga lühike sellise mõju ilmnemiseks. Kuid väikevoorestike ja meerdeväljade, kui pinnavormistike üldine suund allub samamoodi seaduspärasele kaldumisele liikumisteljest paremale (joonis 4).

Seega, küllalt pikaajalise toime tulemusel iga liustikuvoolu radiaalne osa avaldas suuremat kulutatavat mõju liikumisteljest paremale poole, mille tulemusel voorte üks pikinõlv või orundi ja nõo üks kulutusveer kujunes järsemaks kui teine.

Ideed, et Coriolisi jõud võis mõjutada liustikuvoolude suunda, kritiseeris 1996. aastal dr A. Salamatin Kaasani Ülikoolist, pidades liustiku liikumist liiga aeglaseks, et selline mõju saaks ilmneda. Akadeemik dr Soomere aga loeb Coriolisi jõu mõju universaalseks, seega toimivaks ka liustikujää liikumisele ning soovib arvutada selle teoreetiline mõju jää liikumisele,



Joonis 3. Liustiku dünaamika ja morfogenees gotiglatsiaalsel ajal Skandinaavia mandriliustiku kagusektoris. Koostamisel on kasutatud O. Aboltinši, Z. Meironsi, J. Straume, I. Ekmani, M. Punkari, O. Znamenskaja, M. Faustova, N. Čebotareva ja V. Isačenkovi trükis avaldatud andmeid.



Joonis 4. Aruküla ja Kehra ümbruse väikevoorestiku distaalse suuna kaldumine paremale.

arvestades glatsioloogilisi parameetreid ideaaltingimustes.¹

Suurte voorte ja liustiku kulutusnõgude kujunemine võis kesta mitme jäätumise vältel kokku tõenäoliselt kuni 15 000 aastat. Kuigi hilisjäaegse sulapõhjalisel liustiku liikumine oli suhteliselt kiire, tuleks sellise jõu võimalikku mõju edaspidistes uurimustes siiski silmas pidada.

Kui oleksime suutelised arvestama Coriolisi jõu mõju paleoliustike liikumisele, siis kuidas muutuksid seni sirgjoonelistena kujutatud juhträndkivimite levikulehvikud? Kas Lõuna-Soomest Lõuna-Leedusse juhträndkive kandnud jää liikus ikka tõesti põhja-kirdest lõuna-edelasse (Viiding jt 1971)? Siia lisandub veel teine küsitavus: kas juhträndkivimid on oma praegusesse asukohta jõudnud vaid ühe jäätumise kestel?

Eeldades, et Coriolisi jõud Baer-Babinet' seaduse kohaselt mõjutab mingil määral liustiku liikumist, on võimalik eksisteerivatest kõrvalekalletest ja nõlvakallete erinevustest lähtuvalt tuletada olulisi andmeid

liustikuvoolu eksisteerimise aja ja liikumiskiiruse kohta.

Liustiku hääbumine ja kivistunud skeemid taanduvast liustikuservast. Nüüdispinnamoe kujunemise seisukohalt on kõige olulisem mandriliustiku taandumise protsess alates selle maksimaalse leviku piirilt kuni täieliku hääbumiseni. Aastakümneid on loetud hilisjäaaja paleoglatsioloogilise rekonstruktsiooni edukaks tulemuseks järjekordse liustiku servaasendite skeemi loomist. Asjaolu, et konkreetsed liustikuserva markerivad pinnavormid – otsamoreenid, on üsna piiratud mõõtmetega ja ei moodusta looduses terviklikke, ruumiliselt jälgitavaid süsteeme, ei ole takistanud sadadesse kilomeetritesse ulatuvate servaasendite väljaeraldamist. See oli ehk õigustatud esimeste Läänemere ümbruse paleogeograafiliste skeemide loomisel, mis põhinesid vähesel faktilisel materjalil ja uurijate suurel üldistusjõul (Serebrjannyj, Raukas 1966), kuid jätkamine samal kursil (Kalm jt 2011) pool sajandit hiljem, ei ole enam sama innovatiivne. Näide sellest, kui võrd subjektiivne on hääbuva mandriliustiku servaasendite kindlaks määramine, on Pihkva–Peipsi järvenõo paleogeograafiline skeem (joonis 5). Isegi liustiku maksimaalse ulatuse kohta on mitmeid tõlgendusi (Bitinas 2012; joonis 6). Kas on võimalik, et looduses

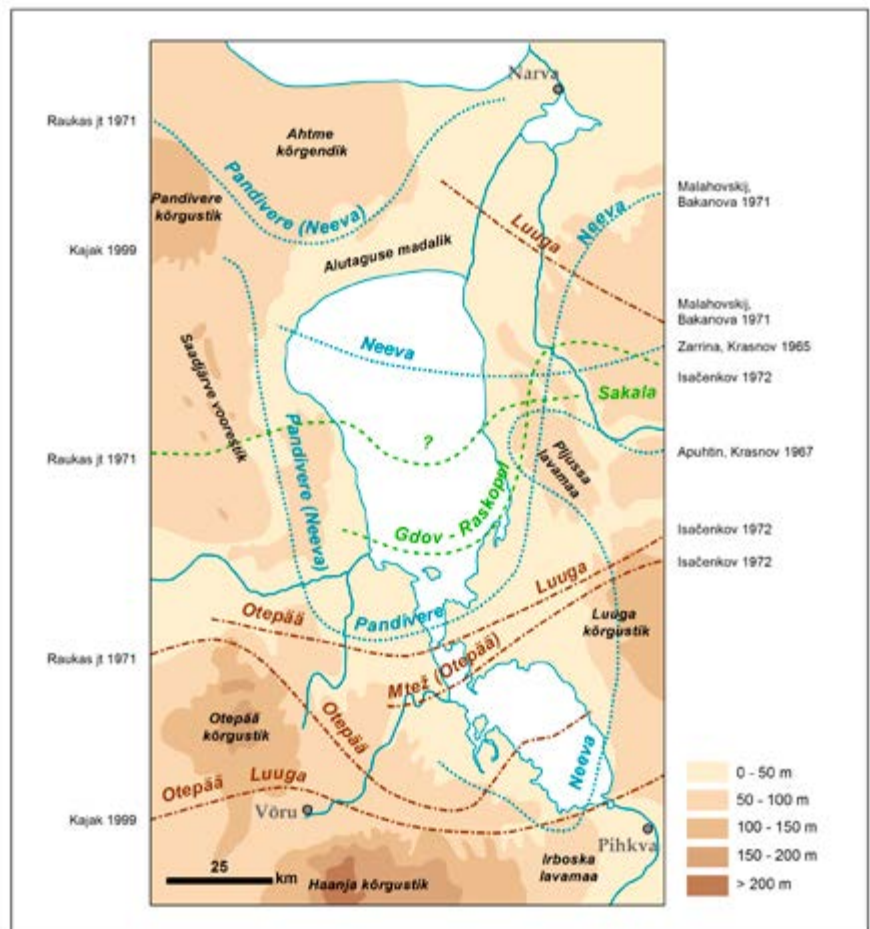
¹ bakalaaurusetöö huviline leiaks Coriolisi jõu mõju selgitamiseks glatsiaalgeoloogias füüsika-poolse juhendamise TTÜ Küberneetika Instituudist.

mõni neist joontest markeeris liustiku tegelikku serva?

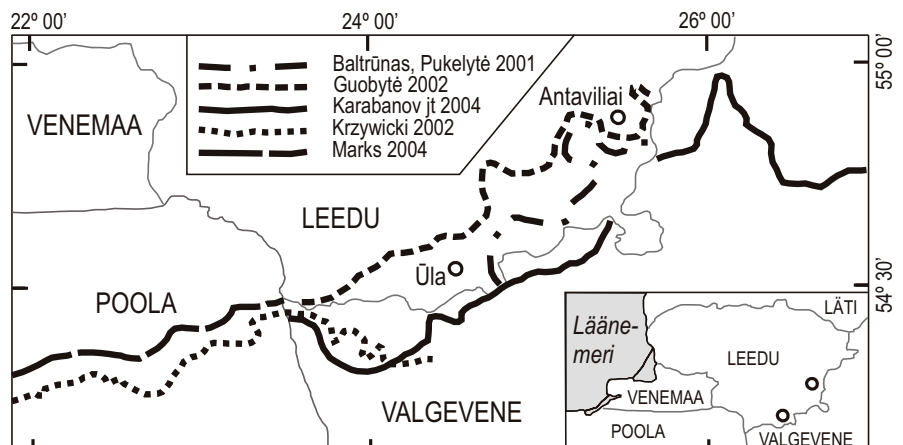
1990-ndate aastate alguses toimus Eesti ja Rootsi Läänemere ühisekspeditsioonil seismiline pidevprofileerimine umbes 820 km ulatuses (Noormets 1994, lk 22). Andmetest ilmnes, et umbes 60 km ulatuses Eesti saartest lääne poole ei esine reljeefseid pidevaid liustiku servamoodustisi. Sama saab väita ka Soome lahe põhjareljeefi kohta, kus Tütersaartest põhja pool on vaid mõned lühikesed künnised, mida võiks röö-

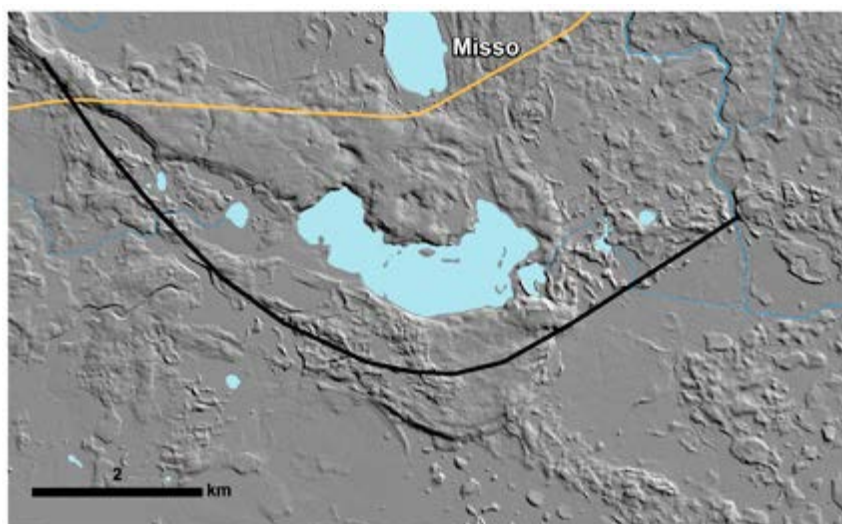
bistada Palivere servamoodustistega (Karukäpp, Vasiljev 1991). Otsamoreenidest tähelepanuväärsemad on erisuunaliste liustikukeelte kokkupuutealal kujunenud ulatuslikud pinnavormistikud, näiteks Lääne-Saaremaa kõrgustik, Iisaku-Illuka ooside-mõhnade kompleks, aga ka lokaalsemad liustikukeelte kokkupuutealad, näiteks liustikulõhedesse kujunenud pinnavormistikud Pandivere kõrgustikust lääne ja loode pool (Paluküla, Paunküla, Aegviidu).

Joonis 5. Liustiku stadiaalsed servaasendid Peipsi nõo piires erinevate autorite tõlgenduses.



Joonis 6. Erinevad seisukohad viimase jäätumise aegse liustiku maksimaalse ulatuse kohta (Bitinas 2012).





Joonis 7. Lokaalse liustikusööstu (*surge*) kujundatud väike keelenõgu Haanja–Aluksne kõrgustiku keskel ja seda piirav Misso (Hino) otsamoreen (joonega märgitud).

Miks kannavad käibetõdedeks kujunenud liustike servaasendid Eestis just kõrgustike nimesid: Haanja, Otepää, Sakala, Pandivere? Tavaliselt öeldakse, et see on ajalooliselt nii välja kujunenud ja on vaid kokkuleppeline. Tegelikult on kõrgustikel vaid väga üksikuid pinnavorme, mida võiksime otsamoreenideks nimetada ja needki ei asetse mitte joonel, mida kokkuleppeliseks peetakse, vaid markeerivad mõne väikese liustikukeele sööstu (*surge*) servaasendit. Võib-olla on sellise tekkega Misso (Hino) mõne kilomeetri pikkune kaarekujuline otsamoreen Haanja kõrgustikul (joonis 7), mis piirab lõunast väikest irdjäävormidest liigestatud Pullijärve keelenõgu. Jäälahkmealadest piiratud liustikuvoolud liikusid muutliku kiiruse ja suunaga nii ruumis kui ajas. Liikumissuuna muutused ajas, mis traditsiooniliselt peaks väljenduma otsamoreenidena, kujundasid enamasti vaid eelneva suuna deformeeritud pinnavormide (voorte) vööndeid (joonis 8). See osutab olemasoleva liustikujää liikumissuuna muutusele, mitte uue liustikukeele pealetungile.

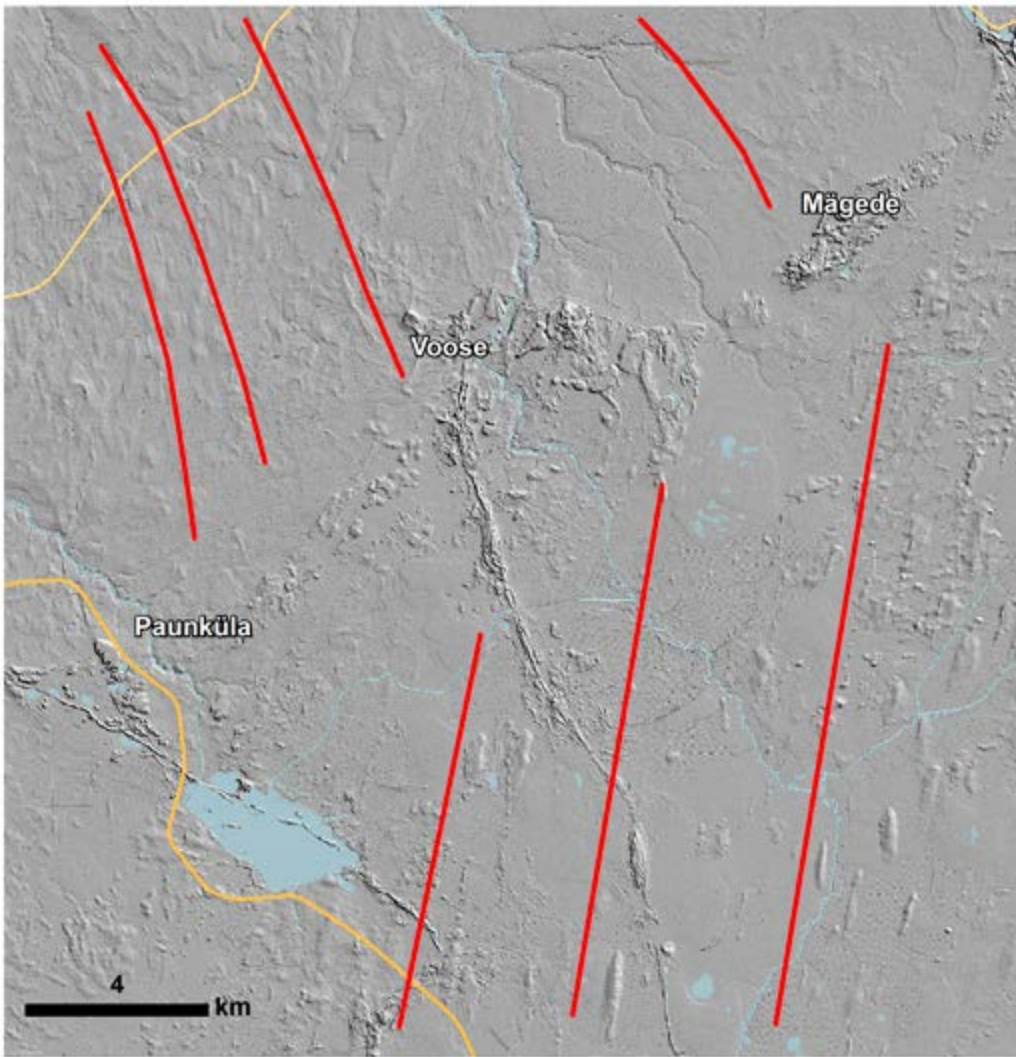
Pärnumaa põhjaosas paiknev Pandivere staadiumi otsamoreen rööbistatakse Neeva staadiumi servamoodustistega Leningradi oblastis. Seda loetakse klassikaliseks servamoodustiste kaareks. Erinevalt varasematelt, on see looduses ka mingil määral jälgitav. Selle asendit on reprodutseeritud sadu kordi paljudes liustiku taandumist iseloomustavates töödes.

Liustikukeele serva asendit jäädvustav pinnavorm saab kujuneda jää liikumisega ristisuunas. Kuid geomorfoloogiline analüüs üksikutest servaasendit moodustavatest pinnavormidest viitab siin sellele, et nendest moodustunud kaare läänepoolne osa on

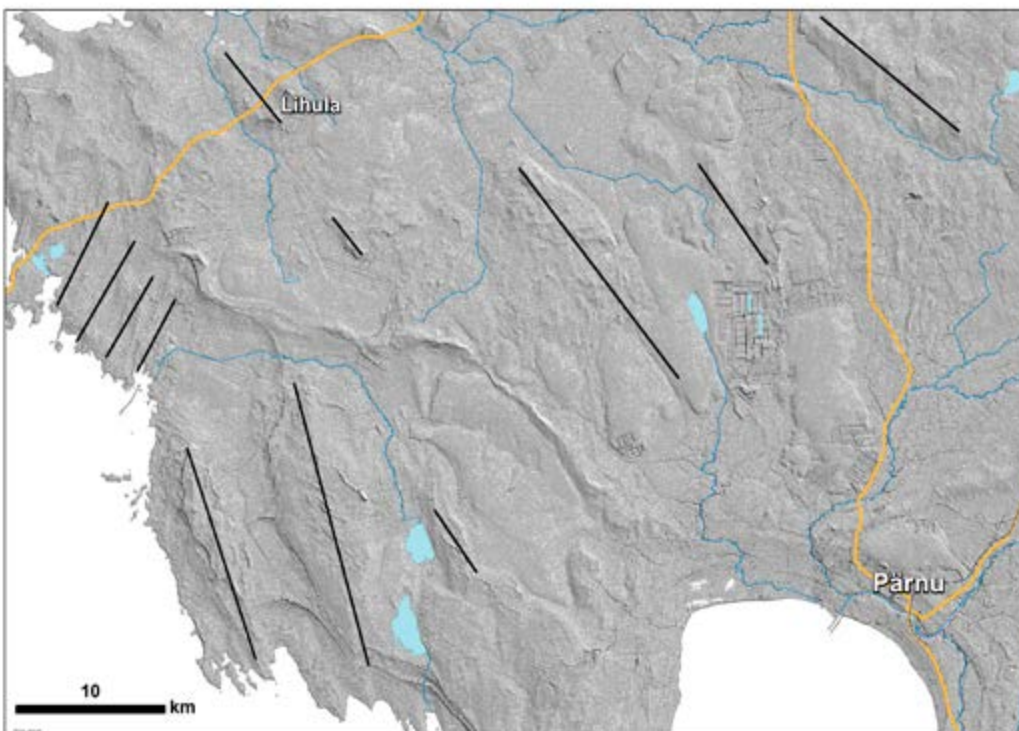
samasuunaline naabruses olevate suurvoortega (joonis 9). Kaare lõunapoolne osa on väga lauge, enam kui kilomeetri laiune moreenkünnis ning kogu selle idapoolne osa (Tori-Seljast läbi Lelle kuni Luigeni Tallinna lähedal) kujutab endast katkendlikku, muutliku morfoloogiaga peaaegu 100 km pikkust oosistikku. See viitab pigem liustiku liikumise suunalistes lõhedes tekkinud radiaalsele, mitte liustiku serva märkivale marginaalsele moodustisele.

Keelenõos puuduvad servamoodustistega risti asetsevad radiaalsed pinnavormid, või on need mattunud hilisemate jääjärve setete alla. Ka ei toeta olemasolevad vähesed veeriste orientatsiooni mõõtmised põhimoreenis veendumust, et liustikujää liikus siin oletatava servamoodustiste kaarega risti (Raukas jt 1971, lk 39).

J. Perry (1998) kosmosefotode analüüsi põhjal on Liivi lahe ja Pärnu madaliku liustiku liikumissuunale viitavad radiaalsed pinnavormid sama suunaga mõlemal pool Pärnumaa servamoodustisi. Olin 1997. aastal Edinburghis J. Perry dissertatsiooni valmimise juures ja ei jaga kõiki tema seisukohti hilisjäaja liustiku dünaamika kujutamisel. Sellegipoolest tuleks kontrollida tema väidet, et kosmosefotodelt nähtavad glatsiaalse päritoluga lineamendid ei anna alati alust meil tavaks olevate servamoodustiste skeemi joonistamiseks. Nüüd, kus meil endal on võimalik kasutada väga häid aerofotosid, tuleks nendel olevat informatsiooni paremini kasutada. Tegelik, looduses eksisteerivate liustiku servamoodustiste puudumisele nii Leedus kui ka teistes Läänemeremaades juhib tähelepanu ka A. Bitinas (2012) oma rohkete dateeringutega varustatud artiklis.



Joonis 8. Paleoliustiku jää liikumise suuna muutus Mägede–Voose–Paunküla joonel. Kaardi kaguosas põhjalõuna suunaline ja loodes osas loodekagu suunaline.



Joonis 9. Vähesed orienteeritud liustikutekkelised pinnavormid Pärnu madalikul.

LGM (Last Glacial Maximum). Kui kaua võttis aega ja mil viisil jõudis liustik oma hilisjäaja maksimumini (LGM)? Kas mandrijää liikus joonest A jooneni B, või tekkis firni tihenemise tulemusel põhiliselt kohapeal? Üldkehtiv on seisukoht, et mandrijää sai alguse Skandinaavia mäestiku jäätumisest ja liikus (valgus) üle Läänemeremaade saavutades maksimaalse ulatuse 24–20 tuhat aastat tagasi. J. Ehlers (1990, lk 79) väidab, et mandrijää levik oli väga kiire ja toimus sisuliselt üheaegselt, mõne sajandi vältel väga suurtel aladel tänu lumekatte akumulatsioonile ning tihenemisele firniks ja hiljem jääks, nimetades seda „*instantaneous glaciation concept*“. Sellest järeldub, et pidevat ja ulatuslikku moreeni transporti liustiku kasvuperioodil reeglina ei toimunud. J. Ehlersi (1990, lk 81) arvates lubab selline lähenemine kasutada mandriliustiku modelleerimisel oluliselt väiksemaid jää paksusi ja aitab mõista ka liustiku hääbumise suurt kiirust.

LGM joonel esineva glatsiaalse morfogeneesi võib tinglikult lugeda liustikuhoovuste-eelseks (*prelobate deglaciation*; De Geer'i (1940) järgi Daniglatsiaal), millega kaasnesid ulatuslikud glatsiotektoonilistest struktuuridest komplitseeritud liustiku servamoodustised. Liustiku õhenemisel liikumine diferentseerus erikiiruseliseks liustikuhoovusteks (*lobate deglaciation*; Gotiglatsiaal). Liustikuhoovuste kiiret liikumist alates liustiku maksimaalse leviku perioodist soodustas sula ja deformeeritav pinnas jää all. Kiire liikumine omakorda kahandas kiiresti liustiku paksust.

Palivere staadiumist alates algab üleminek uuele liustiku taandumise tüübile, mis on sarnasem arengutele Soomes (Finiglatsiaal). Jäätumise keskuse nihkumine Botnia lahest Skandinaavia mäestikku muutis jää liikumise suunda (loodest kagusse) ning ka Palivere staadiumi moreeni koostist (juhrändkivimid Edela-Soomes). Liustiku uut pealetungi tähistava vööndi nimetas Palivere staadiumiks A. Raukas (1963).

Glatsiaalkronoloogia. Innustudes varvokronoloogia eduloost Rootsis, on sellega mitmel korral tõsiselt tegeldud ka Eestis. Viirsavisid on uuritud nii Lääne-Eestis, Peipsi nõos ja Soome lahes kui ka Võru-Hargla orundis (Rähni 1963; Karukäpp, Vassiljev 1992; Hang 1997). Peipsi nõo kohalikke varviaas-taid on kõrvutatud Neeva ja Luuga basseini viirsavidega ja sealtkaudu korreleeritud Soome ja Rootsi-ga (Hang 1997). Aga katsed korreleerida Lääne- ja Ida-

Eesti viirsavisid on edulooni jõudnud alles 2012. aastal (Hang, Kohv 2013).

Dateerimisel on tuginetud ka paleomagnetvälja mõõtmistele viirsavidest ja nende tulemuste võrdlemisele, mis ongi olulisem kaugemate rööbistuste alus (Sandgren *et al.* 1997).

Kõrvutan siinkohal uuemaid hinnanguid liustiku sulamise etappide kohta Eesti pinnal. Haanja kõrgustikul oli jääst vabu alasid vähemalt 14 000 kalendriaastat tagasi (Amon *et al.* 2010). Liustiku taandumise Otepää staadiumi vanuseks on 14 700–14 000 kalendriaastat (Rosentau *et al.* 2007). Viirsavide settimine Tamula järves algas 14 400 kalendriaastat tagasi ja kestis 1 200 aastat (Sandgren *et al.* 1997). Kas sellest saab järeldada, et jää sulamisvee-toiteline järv Haanja ja Otepää kõrgustiku vahel eksisteeris veel 12 200 kalendriaastat tagasi?

Liustiku taandumise Pandivere staadiumi vanuseks on hinnatud 13 800 kalendriaastat (Saarse *et al.* 2009) ja Palivere staadiumi vanuseks 13 200 (Saarse *et al.* 2012). E. Kadastik (2004) eeldab toetudes T. Hangu (1997) tööle, et Pandivere/Palivere interstadiaal kestis vähemalt 476 varviaastat, mis ei sobi eelpool toodud hilisjäaja sündmuste kalendrisse.

Vastupidiselt igipõliste mandriliustiku taandumist märkivatele servaasendite joontele on hinnatud sündmuste vanusele pidevas muutumises. Iga uus füüsikaline dateerimismeetod näib avavat uusi perspektiive tõepärasematele vanuse määrangutele. Lisaks radiosüsiniku meetodile on alates 1980-ndatest nii Eestis kui teistes Läänemere maades dateeritud liustikusetteid ka termoluminestsensi (TL) ja optiliselt stimuleeritud luminestsentsi (OSL) meetodiga. Hiljem lisandus siia veel liustiku arvatava taandumise algust täpsustav kosmogeense ¹⁰Be määramine päikesele eksponeeritud graniidi ja gneissi rahnudelt.

Algusaastatel pälvisid OSL, TL ja ¹⁰Be meetod geoloogidelt üsna suure kriitika. On ju üsna keeruline teada saada, et prooviks võetud setted pole olnud eksponeeritud päikesele pärast TL-ga dateeritavat momenti või et graniidirahn on olnud eksponeeritud päikesele alates sellest momendist, mida tahame dateerida ¹⁰Be määramisel. Suured ja väga suured kõrvalekalded oodatavast vanusest ja ka dateerimistulemuste ootustele vastavaks kohendamine on teinud geolooge umbusklikuks (Raukas 2012, lk 39). Nüüdseks on erinevate meetoditega tehtud vanusemääranguid juba sedavõrd palju, et nende alusel on Läänemeremaade

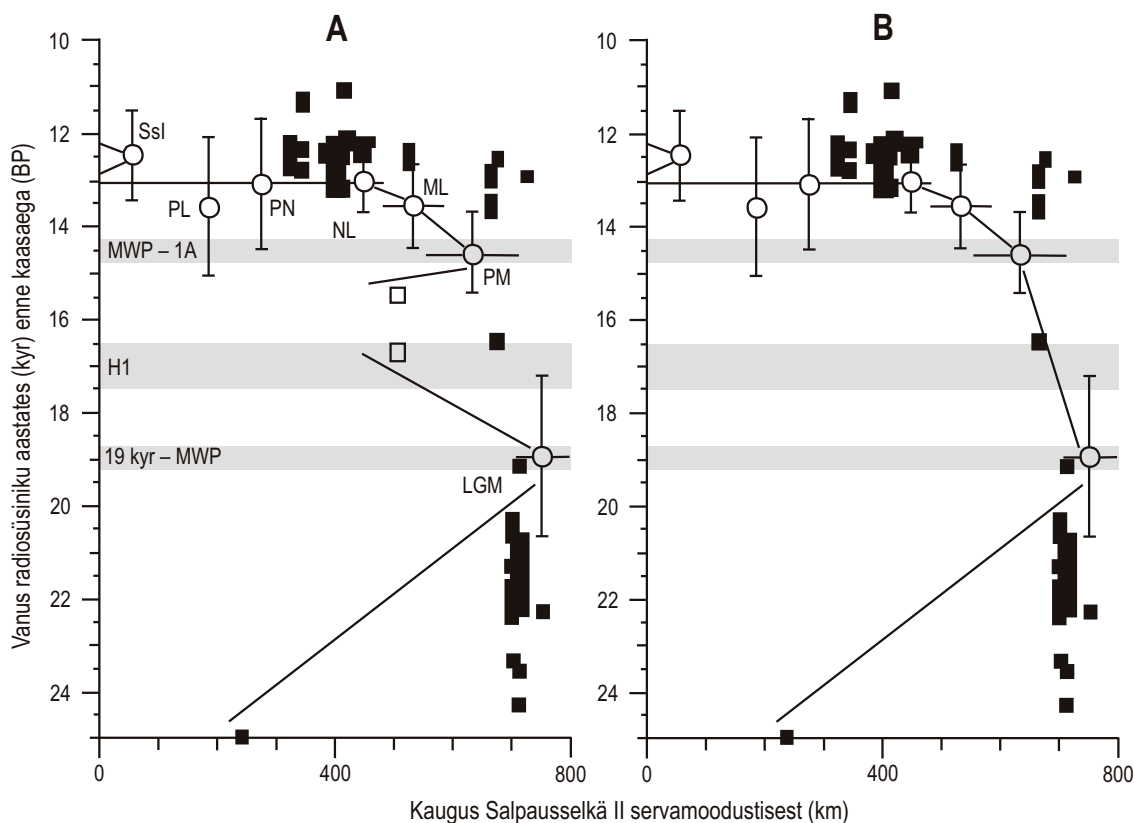
hilisjääaja kronoloogiat korrigeeritud (Bitinas 2012).

Liustik püsis suhteliselt pikka aega (kuni 6 000 aastat) oma maksimaalse leviku piiril. Sellele järgnes liustiku kiire sulamine. Alates Kesk-Leedust kuni Pandivere (Neeva) staadiumini toimus liustiku hääbumine praktiliselt samaaegselt (joonis 10).

Kui me räägime Pleistotseeni liustikujää sulamisest, mitte taandumisest, siis tahan väita, et sel ajal, kui Kesk-Eesti oli täiesti jäävaba, oli veel rohkesti liustikujääd Saadjärve voorestikus, Otepääl, Haanjas ja Aluksnes ning tõenäoliselt ka veelgi lõunapoolsematel kõrgustikel. Sellele on viidanud juba 1960-ndatel aastatel A. Seibutis (1963) Leedust, kes oli veendunud,

et mattunud jää säilis isegi tuhandeid aastaid. Veel sajandivahetusel soovitasid Leedu uurijad G. Motuza ja V. Motuza (1999) eestlastel otsida Kalevipoja müütide allikaid hilisjääaja kiiretest, inimsilmale jälgitavatest, kuid seni seletuseta jäänud muutustest maastiku reljeefis.

Uuemad hinnangud Hilis-Pleistotseeni mandriliustiku hääbumise alguse kohta LGM joonelt on kahanenud vanuseni ligikaudu 18 000 aastat tagasi (Rintkernecht *et al.* 2008). Lõuna-Soome jõudis hääbuva liustiku serv juba 13 000 aastat tagasi (Lunkka *et al.* 2004). Seega liustik sulas 5 000 aasta jooksul kagu-loode suunal 800 km ulatuses. Eeldades, et taandumise algetapil



Joonis 10. Viimase Skandinaavia mandriliustiku (*Last Scandinavian Ice Sheet, SIS*) taandumise aegruumiline diagramm LGM joonelt (Bitinas 2012). A – lihtsustatud skeem Rintkernecht jt 2006 järgi. B – uus interpretatsioon (eemaldatud on Oderi äärsed radiosüsiniku andmed).

Tingmärgid. o – kosmogeense ^{10}Be dateeringud rahnudelt (iga staadiumi või faasi moreeni dateeringute keskmise vanuse juures on vertikaalsete joontega näidatud interpretatsiooni vea ulatus ja horisontaalne joon märgib proovitud ala põhja-lõunasuunalist ulatust); ■ – vanuse määrangud kalibreeritud radiosüsiniku meetodil;

□ – vanuse määrangud radiosüsiniku meetodil Oderi jõe põhjaosa kaldalt.

Moreeni kujunemise staadiumid või faasid: LGM – hilisjääaja maksimum (*Last Glacial Maximum*); PM – Pommeri; ML – Kesk-Leedu; NL – Põhja-Leedu; PN – Pandivere;

PL – Palivere; Ssl – Salpausselkä I.

Kliima sündmused: MWP, merevee taseme muutused (jääsulavee taseme kõikumised);

H1, Heinrichi sündmus 1.

Märkus. Märge BP (enne kaasaega) viitab radiosüsiniku aastate arvule enne 1950. aastat.

olid liustikukilbi jäävarud veel suured, võis taandumise tempo hiljem olla kiirem, millele viitavad ka vanuse hinnangud (joonis 10). Haanjust (14 700 aastat tagasi) Salpausselkäni tuli liustikul taanduda 1 700 aasta jooksul umbes 360 km. Kuidas see protsess välja nägi? Kui need dateeringud on tõepärased, siis liustiku sulamise (mitte liustikuserva taandumise) kiirus ja maastike muutused olid väga kiired. Kindlasti ei saa nõustuda väitega, et Haanja kõrgustiku idaosa oli 14 000 aastat tagasi jäävaba (Amon *et al.* 2010), kuid mattunud jää siin ei välistanud hilisjääaegsete järvede ja taimkatte arengut.

Mattunud jää sulamist dateerib ka hilisjääaegse Pihkva järve veetaseme alanemine Mustoja mõhnastiku kohal Värskast lõuna pool. Kuna jääjärve veetase oli 14 700 aastat tagasi kõrgem kui 75 m ü.m.p. (Rosentau *et al.* 2007), sai mattunud jää sulamine alata alles pärast taseme alanemist sadu aastaid hiljem. Vastasel juhul ei oleks mõhnaliivades iseloomulikke sügavaid järskude veerudega sõlle (Karukäpp, Kont 1977).

Terminoloogia ja mõisted. Kas liustikutekkeliste pinnavormide (pinnavormistike) nimetustel on geneetiline tähendus? Tavaliselt on pinnavormide kompleksid seotud keskkonna ja tekketingimustega, kus paratamatult esineb üleminekulisi ja vahepealseid pinnavorme, mille täpsem määratlemine polegi protsessi mõistmise seisukohast oluline.

Kas endiselt oleks vaja jääda rangelt piiritletud glatsiaalsete pinnavormide definitsioonide juurde nagu mõhn, oos, voor, glatsifluviaalne delta, sandur, otsamoreen? Kas see on piisav valik mõisteid glatsiaalse morfogeneesi selgitamiseks? Tegelikult on olulisemad teatud viisil organiseeritud pinnavormide kompleksid kui üksikvormid.

E. Rähni (1961) lõi detailse ooside klassifikatsiooni nende morfoloogia ja ehituse alusel, mis on meil seniajani varnast võtta, kui vaja. Morfoloogiliselt on üksik oos vallseljak. Üksikvormid omakorda moodustavad oosiahelikke ja -süsteeme. E. Rähni juhtis tähelepanu sellele, et radiaalsete ooside setete alumised kihid on peeneteralisemad kui pealmised ja et iseloomulikud oosilohud asetsevad reeglina ooside ida- või kirdenõlval. Sellise seaduspärasuse põhjus pole seniajani selge.

Kuid kas kõik need pinnavormid, mida oleme harjunud Eesti uhkemateks oosideks pidama, on ikka

oosid? Näiteks Neeruti mäed? Kui katsetada topokaardil Neeruti mägede üksikute „ooside“ piiritlemist (joonis 11), siis selgub, et piiritletavad on ainult negatiivsed pinnavormid – piklikud sulglohud, kogu pinnavormistik tervikuna aga moodustab suure 40 m kõrguse ja 2 km pikkuse voorelaadse sügavatest nõgudest uuristatud künnise.

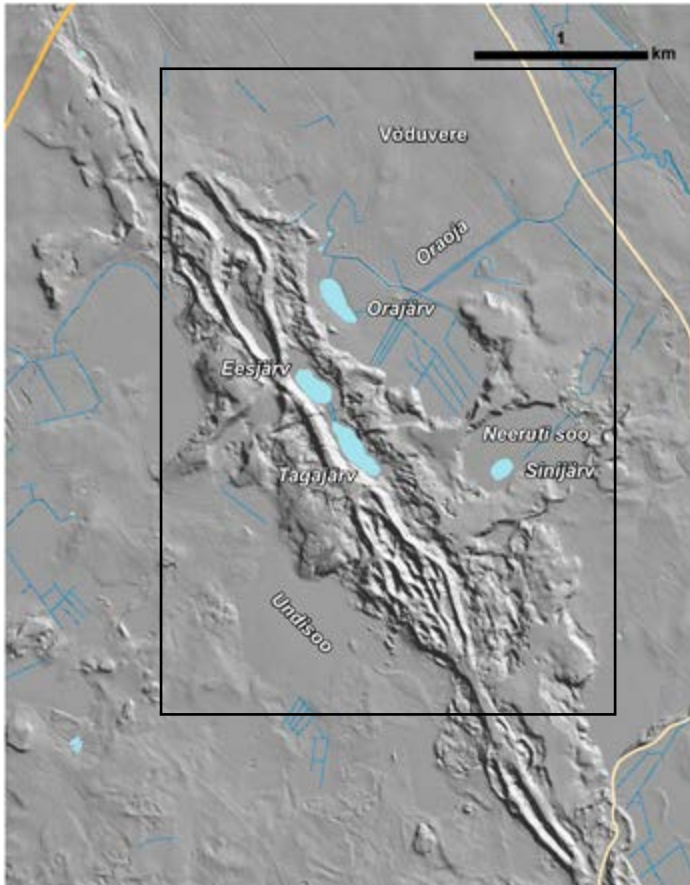
Oosisüsteemide kujunemine algas tõenäoliselt juba LGM ajal liustiku alustes lõheded. Oma löpliku kuju said nad aga irdjääs ja selle sulamisel. Kõige lõunapoolsemad tüüpilised Skandinaavia jäätumisaala oosid ongi Põhja-Eestis ja Pandivere kõrgustikul. Devoni avamusalal Lõuna-Eestis leidub küll rohkesti vallseljakuid, kuid need on ainult välimuselt sarnased oosidele. Geneetiliselt on need aga irdjääs kujunenud mõhnad (vallmõhnad), sulglohkudest ehk sõlledest liigestatud sandurid, irdjää orienteeritud lõhesid täitnud setted (*crevasse fillings*) ja sulglohkudest liigestatud sandurid (*pitted outwash plains*). Erandlikult leidub üksikuid väikseid oose Devoni avamusala ürgorgudes (näiteks Sakala kõrgustikul).

Piltlikult öeldes peaksime glatsiogeoloogilist (paleoglatsioloogilist) inventuuri tehes kassapõhiselt raamatupidamiselt üle minema tekkepõhisele. Ehk siis lähtuma pinnavormide ja setete kirjeldamisel neid kujundanud protsesside iseloomustamisest ja mõistmisest.

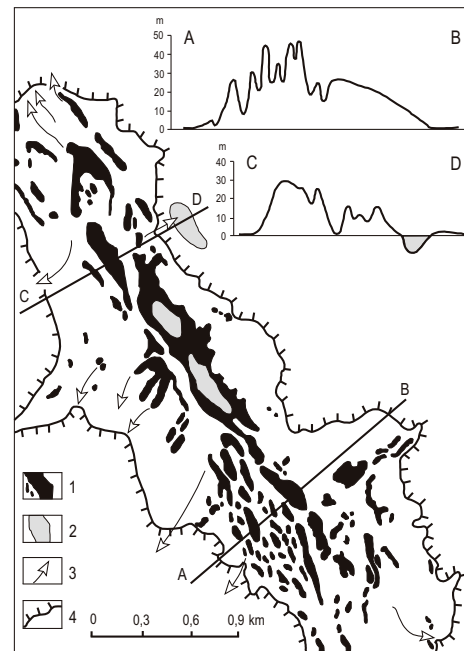
Kaasautorius – pluss ja miinus. Teadustööl võib olla üks või mitu autorit. Mäletatavasti prof K. Orviku avaldas oma tööd peaaegu eranditult ilma kaasautoriteta. Miks praegu on teadustööl nii palju kaasautoreid? Ühelt poolt on töö muutunud tõepoolest kollektiivsemaks ja selle aluseks võib olla nii suur analüütiline baas, et autor-interpreteerija peab õigemaks analüütikute lisamist autorite nimekirja. Teiselt poolt võib autor vajada kõrgema kraadiga kaasautorit.

Üheks näiteks ülisuurest autorite kollektiivist on ajakirjas „Quaternary Science Reviews“ 2004. aasta 23. numbris ilmunud artikkel „Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia“. Sellel on 26 autorit, sealhulgas ei ühtki Eestist, Lätist ega Leedust!

Omast kogemustest tean: pole eriti tõenäoline, et kogu autorite kollektiiv nõustub jäägitult töö tulemustega. Kompromissid on vältimatud. Selgituseks sobiks siia tsitaat: „Nagu muudeski eluvaldkondades, jääb



Joonis 11. Neeruti mäed. Varjutatud reljeefiga kaart ja morfoloogiline skeem. 1 – negatiivsed pinnavormid; 2 – järved; 3 – veevoolu suund; 4 – jalami joon.



ka teaduses lõpuks määravaks usk oma tõesse. Aga dialektika seisneb siin usus, et su tõde ei ole lõplik. Teaduses tuleb olla valmis oma usku salgama. Selleks ajaks, kui teised teadlased hakkavad su tõde uskuma (kui see tõepoolest peaks juhtuma!), peab sul endal juba uus usk olema“ (Laisk 2011).

Selle kõrval, et meil on uued ja paremad võimalused ning meetodid, mis võimaldavad kummutada varasemaid seisukohti (eriti muidugi just kolleegide omi), oleks sünnis meelde tuletada ka vanu ja väga vanu seisukohti, mis on aegadele vastu pidanud. Praegune täispööre inglisekeelse teaduse poole on unustusse määranud palju andekaid ja sisukaid uurimusi venekeelses teadusruumis. Loe neid aeg-ajalt lootusrikkalt, arvestades ka ameerika filosoofi R. W. Emersoni tähelepanekut Murphy seadustest: „Iga geeniusel töös tunneme ära oma tunnustamata mõtted“.

Kokkuvõtteks. Pärast Pleistotseeni protsesside uurimisest kõrvale astumist on jäänud vastuseta rohkesti küsimusi ja kujunenud eriarvamusi, millest olulisemateks pean järgmiseid:

- kuidas mõjutas Coriolisi jõud paleoliustike dünaamikat?
- vaidlustan liustiku stadiaalsete servamoodustiste väljaeraldamise LGM-st kuni Palivere staadiumini. Tõenäoliselt tekkis sel perioodil ainult üks liustiku serva markeeriv joon Eesti pinnal – Palivere servamoodustised, mis ei väljendu siiski mitte pideva vööndina;
- väidan, et liustik sulas Eesti pinnal lõplikult enam-vähem üheaegselt ja mattunud liustikujää säilis kõrgustikel veel siis, kui hilisjäaajal ja jääajajärgsel ajal Balti jääpaisjärve ning Läänemere veega ülejutatud Madal-Eesti osa oli jäävaba.

KIRJANDUS

- Aboltinš, O., Zelcs, V. 1988. Lithomorphogenesis of inner zone of ancient glacial region (investigation in Latvia). Purin, V. R., Zvejnieks R. (eds) *Geografiskas domas attistiba Padomju Latvija*. Latvijas Valsts Universitate, 103–126.
- Aboltinš, O. jt 1976 – Аболтинш О., Страуме И., Юшкевич В. 1976. Рельеф и основные этапы ледникового морфогенеза Алуксенской возвышенности. Даниданс И. (ред.) *Вопросы четвертичной геологии*. Выпуск 9, Зинатне, Рига, 79–89.
- Aboltinš, O., Aseev, A., Vončjavičjūs, V., Isačenkov, V., Možaev, B., Raukas, A. 1989. Liustikutekkeliste kuhjeliste saarkõrgustike kujunemine ja kasutuselevõtt. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Geologia*, 38, 1, 23–33. [Vene keeles eesti ja ingliskeelse resümeeaga].
- Amon, L., Heinsalu, A., Veski, S. 2010. Late glacial multiproxy evidence of vegetation development and environmental change at Solova, southeastern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59, 2, 151–163.
- Apuhtin, N. I., Krasnov, I. I. 1967 – Апухтин Н. И., Краснов И. И. 1967. Геология четвертичных отложений Северо-Запада Европейской части СССР. Министерство геологии РСФСР. Северозападное геологическое управление. Недр, Ленинград, 343 с.
- Aseev, A. 1974 – Асеев А. А., 1974. Древние материковые оледенения Европы. Наука, Москва, 319 с.
- Baltrunas, V., Pukelyte, V. 2001. Dabartinio žemes paviršiaus geologija ir geomorfologija. Baltrunas, V. (ed.) *Akmens amžius Pietu Lietuvoje*. Geologijos institutas, Vilnius, 82–100.
- Bitinas, A. 2012. New insights into the last deglaciation of the south-eastern flank of the Scandinavian Ice Sheet. *Quaternary Science Reviews*, 44, 69–80.
- Boulton, G. S., Dongelmans, P., Punkari, M., Broadgate, M. 2001. Palaeoglaciology of an ice sheet through a glacial cycle: the European ice sheet through the Weichselian. *Quaternary Science Reviews*, 20, 591–625.
- Clark, C. D., Meehan, R. T. 2001. Subglacial bedform geomorphology of the Irish Ice Sheet reveals major configuration changes during growth and decay. *Journal of Quaternary Science*, 16, 5, 483–496.
- De Geer, G. 1940. *Geochronologia Suecica Principales*. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Series 3, 18 (6), 360 lk.
- Dreimanis, A. 1999. Need for three-dimensional analysis of structural elements in glacial deposits for determination of direction of glacier movement. Mickelson, D., Attig, J. W. (eds) *Glacial processes past and present*. Special paper 337, Geological Society of America, Boulder, 59–67.
- Ehlers, J. 1990. Reconstructing the dynamics of the North-West European Pleistocene ice sheets. *Quaternary Science Reviews*, 9, 71–83.
- Guobyte, R. 2002. Lietuvos paviršiaus geologijos ir geomorfologijos ypatumai bei deglaciacijos eiga. PhD Thesis. Vilnius University, Lithuania, 31 pp.
- Hang, E., Karukäpp, R. 1979. Otepää kõrgustiku pinnavormistik. Raukas, A. (toim.) *Eesti NSV saarkõrgustike ja järvenõgude kujunemine*. Valgus, Tallinn, 42–65.
- Hang, T. 1997. Clay varve chronology in the Eastern Baltic area. *GFF*, 119, 295–300.
- Hang, T., Kohv, M. 2013. Glacial varves at Pärnu, south-western Estonia: a local varve chronology and proglacial sedimentary environment. *GFF*, 135 (3–4), 273–281.
- Isačenkov V. A. 1972 – Исаченков В. А. 1972. Краевые образования и некоторые особенности оступания валдайского ледника на территории Псковской области. Асеев А. А., Горещкий Г. И., Кригер Н. И., Погуляев Д. И., Салов И. Н., Шик С. М. (ред.) *Краевые образования материковых оледенений*. Наука, Москва, 211–217.
- Kadastik, E. 2004. Upper-Pleistocene stratigraphy and deglaciation history in northwestern Estonia. Ph.D thesis. *Dissertationes geologicae Universitatis Tartuensis*, 15, Tartu University Press, 128 lk.
- Kajak, K. (koostaja) 1999. *Eesti kvaternaarisetted. Kaart mõõtkavas 1:400 000*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. [Eesti keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Kalm, V., Gorlach, A., Lasberg, K., Kalla, K. 2011. Viimase Skandinaavia jäätumise dünaamika Lää-

- nemerest kagus. Teadusmõte Eestis (VI). Elu- ja maateadused. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn, 161–167.
- Karabanov, A. K., Matveyev, A. V., Pavlovskya, I. E. 2004. The main glacial limits in the Belarus. Ehlers, J., Gibbard, B. I. (eds) Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Elsevier, 15–18.
- Karukäpp, R. 1974. Karula kõrgustiku reljefist. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1973, Tallinn, 36–51.
- Karukäpp, R. 2004. Late-Glacial ice stream of the southeastern sector of Scandinavian Ice Sheet and asymmetry of its landforms. *Baltica*, 17 (1), 41–48.
- Karukäpp, R., Raukas, A. 1976. Stagnant ice features in the Estonian glacial relief. Merikalju, L., Raukas, A., Tarmisto, V., Tulp, L., Varep, E. (eds) Estonia. Regional studies. Academy of Sciences of the Estonian SSR, Estonian Geographical Society, Tallinn, 34–44.
- Karukäpp, R., Kont, A. 1977. Lõuna-Eesti väikekünkliku pinnamoe geomorfoloogilisest analüüsist. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 1975/1976, Tallinn, 23–35.
- Karukäpp, R., Tavast, E. 1985 – Карукяпп Р., Таваст Э. 1985. Структура и ледниковый морфогенез Пандивереской возвышенности. Известия Академии наук ЭССР, 34, 1, 22–29.
- Karukäpp, R., Vassiljev, J. 1992 – Карукяпп Р., Васильев Ю. 1992. Геоморфология дна. Раукас А., Хюваринен Х. (ред.) Геология Финского залива, Валгус, Таллинн, 72–86.
- Karukäpp, R., Raukas, A. & Huvärinen, H. 1992. Deglaciation of the area. Raukas, A. & Huvärinen, H. (eds) *Geology of the Gulf of Finland*. Estonian Academy of Sciences, Tallinn, 112–136.
- Krzywicki, T. 2002. The maximum ice sheet limits of the Vistulian Glaciation in the northeastern Poland and neighbouring areas. *Geological Quarterly*, 46, 165–188.
- Laisk, A. 2011. Usun, et mõistan. Teadusmõte Eestis (IV). Elu- ja maateadused. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn, 57–72.
- Lasberg, K. 2015. Viimase Skandinaavia jäätumise kronoloogia Ida-Euroopa tasandiku lääneosas. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat, 40, 79–92.
- Lunkka, J. P., Johansson, P., Saarnisto, M., Sallasmaa, O. 2004. Glaciation of Finland. Ehlers, J., Gibbard, P. I. (eds) *Quaternary glaciations – Extent and Chronology. Part I, Europe*, Elsevier, Amsterdam, 93–100.
- Malahovskij, D. B., Bakanova, I. P. 1971. – Малаховский Д. Б., Баканова И. П. 1971. Геоморфология. Селиванова В. А. (ред.) Геология СССР. Том 1, Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. Недра, Ленинград, 425–465.
- Marks, L. 2004. Pleistocene glacial limits in Poland. Ehlers, J., Gibbard, P. I. (eds) *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology*. Elsevier, 295–350.
- Motuza, G., Motuza, V. 1999. Kalevo sunaus pedom. *Geologijos akiraciai*, 2, 35–41.
- Noormets, R. 1994. Quaternary deposits in the Baltic Sea West of Estonia: preliminary results of a seismic reflection survey. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology*, 43, 1, 18–31.
- Perry, J. E. H. 1998. Reconstructing the character of the eastern sector of the Scandinavian ice sheet using remote sensing. Unpublished Ph.D Thesis, University of Edinburgh.
- Pirrus, R. jt 1987 – Пиррус Р., Рыук А.-М., Кофф Т. 1987. Строение и развитие золля на друмлине Лайзуе. Eesti NSV TA Toimetised. *Geoloogia*, 36, 1, 1–5.
- Rattas, M. 2004. Subglacial environments in the formation of drumlins – the case of Saadjärve Drumlin Field, Estonia. Ph.D thesis. *Dissertationes geologicae Universitatis Tartuensis*, 14. Tartu University Press, 91 lk.
- Raukas, A. 1963 – Раукас А. 1963. Распространение руководящих валунов в моренах последнего оледенения Эстонской ССР. Известия Академии наук Эстонской ССР. Серия физико-математических и технических наук, 12, 2, 198–211.
- Raukas, A. 2012. Jaan-Mati Punningu panusest Pleistotseeni stratigraafiasse. Kangur, M., Raukas, A. (toim.) *Jaan-Mati Punning ja tema aeg*. Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituut, Tallinn, 28–42.
- Raukas, A. jt 1971 – Раукас А. В., Ряхни Э. Э., Мийдел А. М. 1971. Краевые ледниковые

- образования Северной Эстонии, Валгус, Таллин, 226 с.
- Rinterknecht, V. R., Clark, P. U., Raisbeck, G. M., Yiou, F., Bitinas, A., Brook, E. J., Marks, L., Zelcs, V., Lunkka, J.-P., Pavlovskaya, L. E., Pietrowski, J. A., Raukas, A. 2006. Last deglaciation of the southeastern sector of the Scandinavian ice sheet. *Science*, 311, 1449–1452.
- Rinterknecht, V. R., Bitinas, A., Clark, P. U., Raisbeck, G. M., Yiou, F., Brook, E. J. 2008. Timing of the last glaciation in Lithuania. *Boreas*, 37, 426–433.
- Rosentau, A., Hang, T., Kalm, V. 2007. Water-level changes and palaeogeography of proglacial lakes in eastern Estonia: synthesis of data from the Saadjärv Drumlin Field area. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 56, 2, 85–100.
- Rähni, E. 1961. Viimase mandrijää servamoodustised Pandivere kõrgustikul. ENSV TA Geoloogia Instituudi uurimused, 7, 47–54.
- Saarse, L., Niinemets, E., Amon, L., Heinsalu, A., Veski, S., Sohar, K. 2009. Development of late glacial Baltic basin and succession of the vegetation cover as revealed at Paleolake Haljala, northern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58, 317–333.
- Saarse, L., Heinsalu, A., Veski, S., Amon, L., Gaidamavicius, A. 2012. On the deglaciation chronology of Palivere ice-marginal zone, northern Estonia. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 84, Special Issue 1, 21–31.
- Sandgren, P., Hang, T., Snowball, I. F. 1997. A Late Weichselian geomagnetic record from Lake Tamula, SE Estonia. *GFF*, 119, 279–284.
- Seibutis, A. 1963 – Сейбутис А. 1963. О стратиграфическом значении двухслойных торфяников подсапропелевых образований. *Труды Академии наук Литовской ССР*, 30, 3 173–178.
- Serebrjannyj, L., Raukas, A. 1966 – Серебрянный Л. Р., Раукас А. В., 1966. Трансбалтийские корреляции краевых ледниковых образований позднего плейстоцена. Гричук В. П., Иванова И. К., Кинд Н. В., Равский Э. И. (ред.) *Верхний плейстоцен. Стратиграфия и абсолютная геохронология*, Наука, Москва, 12–28.
- Zarrina, E. P., Krasnov, I. I. 1965 – Заррина Е. П., Краснов И. И. 1965. Проблема сопоставления поясовых ледниковых краевых образований северо-запада Европейской части ССР и прилегающих зарубежных стран. Басаликас А. (ред.) *Краевые образования материкового оледенения*. Минтис, Вильнюс, 5–21.
- Znamenskaja, O. jt 1977 – Знаменская О. М., Фаустова М. А., Чеботарева Н. С. 1977. Ладожский ледниковый поток. Чеботарева Н. С. (ред.) *Структура и динамика последнего покрова Европы*, Наука, Москва, 54–66.
- Zotikov, I. 1973 – Зотиков И. А. 1973. Построение модели Европейского покровного ледника исходя из различия древних и современных оледенений. *Падеогеография Европы в позднем плейстоцене. Реконструкции и модели*. Опытный макет атласа монографии, ВИНТИ, Москва, 111–132.
- Viiding, H. jt 1971 – Вийдинг Х., Гайгалас А., Гуделис В., Раукас А., Тарвидас Р. 1971. Кристаллические руководящие валуны Прибалтики, Минтис, Вильнюс, 95 с.

ARVAMUSUURING IDA-VIRUMAA TÖÖSTUSPÄRANDI JA MAASTIKU VÄÄRTUSTAMISE TEEMAL

Kaie Metsaots

Eesti Maaülikooli põllumajanduse- ja keskkonnainstituut

Viimastel aastakümnetel on hakatud üha enam tähelepanu pöörama tööstuspärandi väärtustamisele, kuivõrd selle korrastamine ja kasutuselevõtt aitab tööstustegevuse tõttu halvenenud elukeskkonda rohealasiid juurde luua, maastikukasutust mitmekesistada ning kohalike identiteeditunnet tõsta neile uusi tegevusi, töökohti ja ettevõtluse võimalusi pakkudes. Kõik see loob eeldusi kohalike elanike jäämiseks tööstuspiirkonda ja turismihuvi tekitamiseks. Tööstuspärandit võib seega nimetada omamoodi päästerõngaks. On mitmeid riike, kus tööstuspärandi, sh kaevandamis-pärandi kaitset ja säilitamist on tähtsustama hakatud isegi 40-50 või enam aastaid tagasi. Näideteks võib tuua Ruhri piirkonna Saksamaal, kus juba 1920. aastal loodud, algselt tööstuse arenguga seotud immigratsioonivoo suunamisele keskendunud *Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk* (SVR) sündis ümber regiooni arengut koordineerivaks organisatsiooniks *Regionalverband Ruhr* (RVR) (Bottmeyer jt 2012). Ka Põhja-Prantsusmaa Nord – Pas de Calais' söekaevanduspiirkonnas (UNESCO World Heritage Centre 2015a) hakati juba ligi pool sajandit tagasi mõtlema sellele, kuidas pärast kaevandamise lõppu (1990) regiooni arengut suunata, et eos vähendada tööstustegevuse lõppemisega kaasnevaidsotsiaalmajanduslikke probleeme. Tööstuspärandi väärtustamine ja kasutuselevõtt oli (ja on) riiklikult doteeritud ka mitmes teises Euroopa riigis. Samuti tuleb mitmete teiste edukate näidete puhul rõhutada regionaalset lähenemist. Tööstuspiirkonnad on sageli suured ja seetõttu on nende arendamine komplitseeritud.

Rahvusvahelisel tasandil kuulub praeguseks UNESCO Maailmapärandi nimekirja üle 60 tööstus- ja tehnoloogiapärandi objekti (UNESCO World Heritage Centre 2015b). Nende hulgas on aastast 2012 ka eelmainitud Nord – Pas de Calais' kivisööeregioon. Juba aastal 1973 loodi Tööstuspärandi Säilitamise Rahvusvaheline Komitee (*The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage*; TICCIH) ning 2003. aastal kinnitati sama organisatsiooni poolt

Uurali piirkonnas asuvas Nižni Tagili tööstuslinnas Venemaal harta tööstuspärandi kaitsest – Nižni Tagili harta (TICCIH 2015). Hartas öeldakse, et tööstuspärandit tuleks näha kultuuripärandi lahutamatu osana ning et iga piirkond peaks identifitseerima, arvele võtma ja kaitsma tööstusjäänukeid, mida soovib säilitada tulevastele põlvetele; tööstuspärandi väärtusi tuleks avalikkusele aktiivselt selgitada, võimaldades säästlikku ligipääsu olulistele aladele ja soodustades turismi tööstusaladel. Samuti märgitakse, et arendada tuleks piirkondlikke ja rahvusvahelisi marsruute ning majandusliku arengu dokumentidesse ja piirkondlikesse ning üleriigilistesse planeeringutesse tuleks kaasata tööstuspärandi säilitamise programmid. Näiteks Hispaanias koostatud „Riiklik Tööstuspärandi Plaan“ on võtnud aluseks harta juhised (Spanish Historical Heritage Institute 2011).

Eesti maastikus on põlevkivipärandiks aherainemäed (33), poolkoksimäed (6), tuhamäed ja -platood (üle 2 000 hektari), paekiviväljad karjäärides (vanemad ise taastunud, uuematest ligi 11 000 ha metsastatud), vanade allmaakaevanduste langatusalad (ligi 106 hektarit), elektrijaamad, keemiatööstuse kompleksid ning paljud muud tööstushooned ja -rajatised, tööstuslinnad ja -asulad oma iseloomuliku planeeringu, arhitektuuri ning rohevöönditega (Kaar 2010a, b, c). Viimase viieteistkümnede aasta jooksul on uute kasutusotstarvete leidmine kaevandamis- ja tööstuspärandile aktuaalseks muutunud ka Eestis. Aastal 2000 alustati Kohtla kaevanduspargi, 2006 Kiviõli Seikluskeskuse ja 2012 Aidu Veepargi arendamist. Kaks esimest on osutunud edukateks projektideks ja seda töötab endast ka kolmas. Sellele vaatamata on suur osa pärandist hävinenud või hävinemas. Viimastel aastatel on siiski tekkinud ühendusi (Põlevkivi Kompetentsikeskus 2015, Ida-Viru Ettevõtluskeskus 2015), mis muu kõrval tegelevad tööstuspärandi väärtustamisega ja turismi soodustamisega.

Eesti Maaülikooli poolt viidi aastatel 2011 ja 2012 läbi uurimustöö välja selgitamiseks, mida kohalikud ja

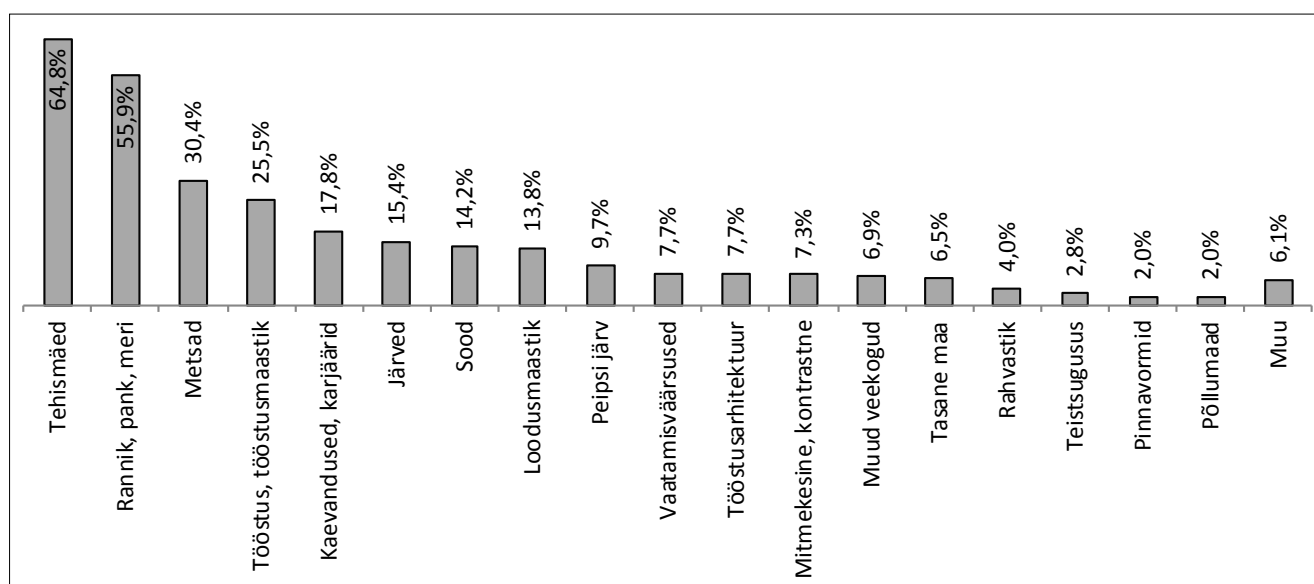
mittekohalikud Ida-Viru maastikus väärtustavad, milliseid probleeme nad piirkonnas näevad ja kes peaks neid lahendama ning millised on maakonna arenguvõimalused (Metsaots jt 2015a, b). Uurimus koosnes kahest osast: fookusgruppide (kuus gruppi, kokku 32 inimest: kaevandamisettevõtte, omavalitsuste, kultuurivaldkonna ja spordiliidu esindajad, eakad, keskkooliõpilased) arutelud ja küsitlus (255 vastajat, pärast mittetäielike ankeetide eemaldamist 247, kellest pooled olid kohalikud elanikud, pooled mujalt).

On ootuspärane, et inimesed märkavad Ida-Viru maastikus kõrvuti nii tööstuspärandit kui loodusväärtusi, sest selline see maakond ongi, kuid vastused küsimusele: „Mis teeb Ida-Virumaa maastiku omäoliseks? Nimetage vähemalt 3 märksõna.“ (võimalus nimetada kuni kuus) olid siiski mõnevõrra üllatavad – tehismägesid nimetati 160 vastaja poolt, neist 111 korral esimese pähetulevana (joonis 1). Ka teised tööstusmaastikuga seotud märksõnad, mis tulemusi töödeldes koondati kategooriatesse „tööstus, tööstusmaastik“ ja „kaevandused, karjäärid“, esinesid sageli. Teiseks enammainitud märksõnad seostusid pankranniku, mereranna, jugade ja Soome lahega, mis on igati ootuspärane, kuivõrd Balti klint on ju üheks Põhja-Eesti maastiku sümboliks; ka metsi, järvi, soid ja loodusmaastikku üldiselt mainiti palju.

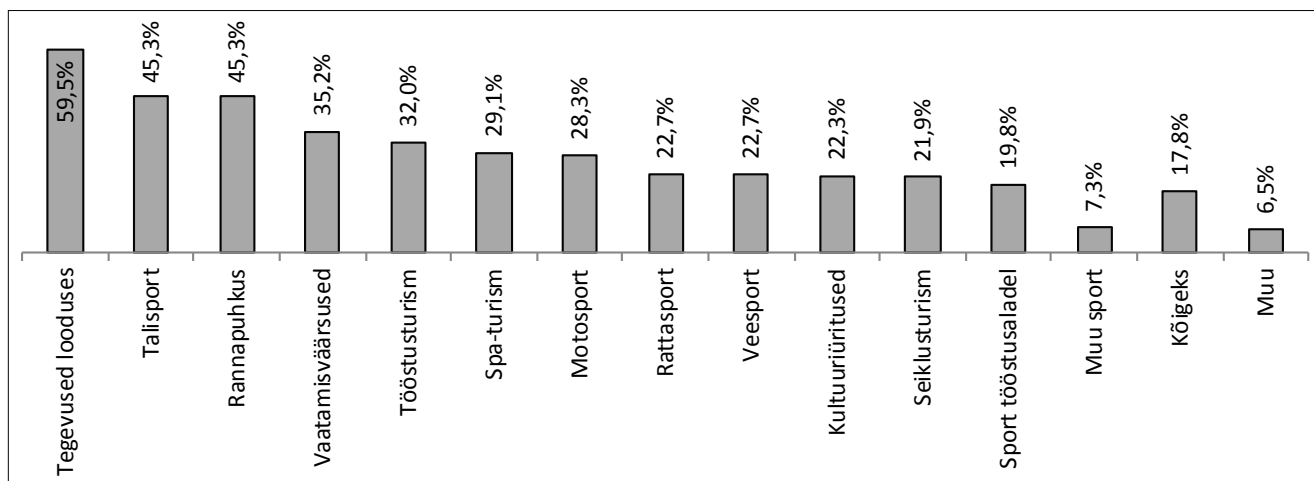
Maastiku kasutamise seisukohast tähtsustatakse rohkem siiski loodusega seotud tegevusi (vabavastu-

sega küsimus: „Milliste spordi-, turismi-, kultuuri- või puhkamisvõimaluste jaoks on Ida-Virumaa kõige sobivam?“) – 59,5% vastajatest arvas, et maakond sobib loodusega seotud tegevusteks (joonis 2). Järgnesid talisport, rannapuhkus ja vaatamisväärsustega tutvumine, ning alles seejärel tööstusturism. Sport tööstusaladel oli eraldi välja toodud koguni viiendiku vastanute poolt. Viimase kahe puhul on iseloomulik, et mittekohalikud peavad neid märkimisväärselt sobivamaks – ilmselt kohalikud eelistaksid parema meelela siiski traditsioonilisi loodusmaastikke ja näevad tööstuspärandit pigem paratamatusena. Küsimusele puuduolevate võimaluste kohta ei osanud paljud vastata (48,4% mittekohalikest ja 30,4% kohalikest), mis näitab, et inimestel puudub terviklik ülevaade. Vastanute seas aga tunti kõige suuremat puudust erinevatest kultuuriüritustest ja -tegevustest, majutus- ja teenindusasutustest ning olemasolevate teeninduskvaliteedist, spordiklubidest, rattaspordi võimalustest ja suurest valikust erinevatest sporditegevustest, mis teistesse kategooriatesse ei sobitunud.

Küsimus informatsiooni piisavuse kohta andis kinnituse, et inimesed tõepoolest ei oma täielikku ülevaadet – 52,6% vastanutest leidis informatsiooni ebapiisava olevat. Enamasti saadakse informatsiooni internetist (71,3%), aga selles osas annavad suure panuse kohalikud eestlased (76,8%), sellal kui kohalike mitte-eestlaste ja mittekohalike hulgas on olulisel kohal raa-



Joonis 1. Märksõnad Ida-Virumaa maastiku kohta.

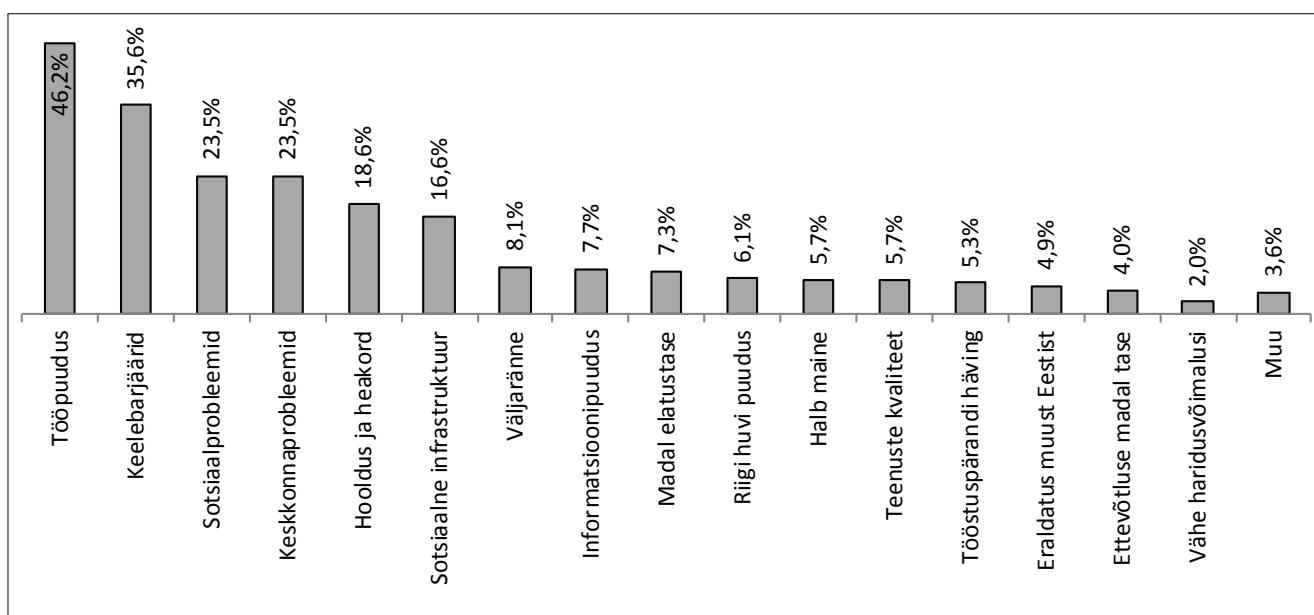


Joonis 2. Milliste võimaluste jaoks on Ida-Virumaa kõige sobivam.

dio ja televisioon (34% vastajate koguarvust) – allikad, mida ei pruugita kuulata/vaadata „õigel“ ajal ja mis iseenesest ei edastagi kõige kohta informatsiooni. Olulisel kohal on ka maakonnaleht (30,4%), aga valla infolevi ja turismiinfokeskus on vähemtähtsad; 9,7% vastanutest polnud üldse informatsiooni saanud.

Suuremate probleemidena (joonis 3) tajutakse maakonnas tööpuudust (46,2%, sh kompetentsile vastavate töökohtade puudumist), keelebarjääre ja muukeelsete inimeste vähest integratsiooni, sotsiaalseid ja keskkonnaprobleeme, puudujääke asulate ja maastike heakorras ning sotsiaalses infrastruktuuris (igapäevased teenused ja vaba aja veetmise võimalused nagu

haridusasutused, lasteaiakohad, hobi- ja spordiklubid, kohvikud, pubid, restoranid, majutuskohad, kultuuri- ja spordiüritused). Sealjuures on tööpuudus probleemiks rohkem kohalike, sh eestlaste jaoks, mis on ka mõistetav, nii nagu keelebarjäärid on märkimisväärselt suurem probleem mittekohalike jaoks (vene keele oskus puudub või on vähene) ja samuti kohalike hulgas eestlaste jaoks (teatavat rolli mängib ilmselt arusaam, et riigikeelt tuleks osata ka muukeelsetel). Küsiti ka, millised oleksid kõige olulisemad sammud probleemide lahendamiseks (joonis 4) – küsimus, millele anti suhteliselt vähe vastuseid ja vastused kordasid suurel määral probleeme ega täpsustanud konkreet-



Joonis 3. Probleemid maakonnas.

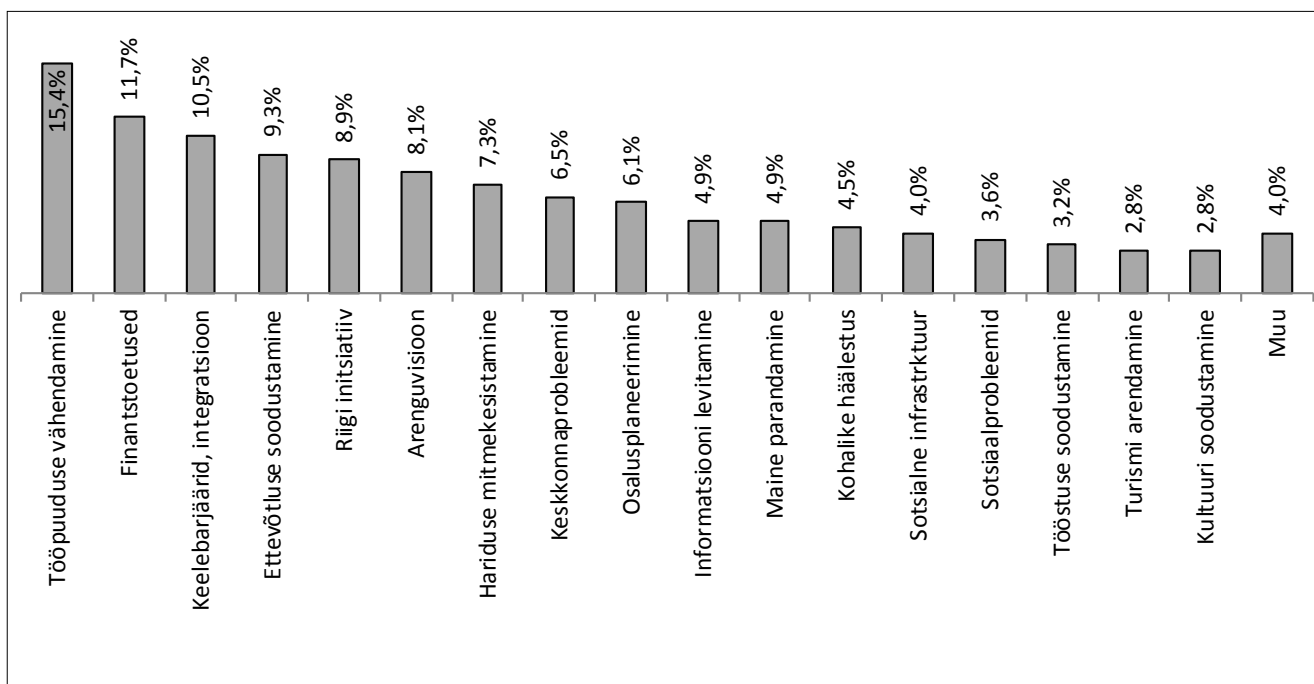
seid samme. Siiski võib jooniseid 3 ja 4 võrreldes näha, et järjestus on küllaltki erinev ja sammude hulgas esineb uusi märksõnu nagu osalusplaneerimine, kohalike elanike hoiakute kujundamine, turismi soodustamine jm.

Olgugi et küsimusele kaasamise parendamise kohta jättis 41,3% küsitluid vastamata, andis mittesisulise või „ei tea“ vastuse, olid tulemused üsna kõnekad. Vastuste kategooriad olid järgmised: arvamuste, ootuste ja vajaduste väljaselgitamine (ümarlauad, avalikud seminarid, küsitlused, veebifoorumid, õpikojad, ajurünnakud jm – 23,9%), informatsiooni leviku parandamine (14,6%), tööstuspärandi tutvustamine ja sellele uute kasutusvõimaluste andmine (8,1%), finantstoetused ettevõtlusele ja tööstuspärandile (6,9%), projektide koostamine ja elluviimine, kaasates sellesse kohalikke (5,7%), uute arenduste kasutegurite väljatoomine igale huvigrupile (4,9%), tööstuspärandit käsitleva arenguvisiooni koostamine, mis ka ellu viiakse (4%), ürituste korraldamine (2,4%) ja riigi valitsuse poolt initsiatiivi ülesnäitamine piirkonna terviklikuks arendamiseks (2,4%). Lisaks pakuti, et tuleks uurida teiste riikide kogemusi tööstuspiirkondade „elustamisel“, keskkooli programmidesse sisse viia põlevkivi ajaloo ja kaevandamise teemad, lahendada keskkonnaprobleemid ning avalikkuse teadlikkuse tõstmiseks kaevandamis-

pärandi teemalisi mänge ja võistlusi korraldada (5,7%).

Vastused küsimusele: „Milliseid võimalusi näete Ida-Virumaa arengus?“ (joonis 5) peegeldavad hästi eelpool käsitletud küsimusi maakonda sobivate ning puuduolevate tegevuste ja võimaluste kohta, probleemide, nende lahendamise sammude ja lahendaja ning kohalike ja erinevate huvigruppide kaasamise parendamise kohta. Ülekaalukalt olulisimaks arenguteguriks peetakse turismi soodustamist, aga olulisel kohal on ka tööstustegevuse jätkumise soodustamine, ettevõtluse (sh väike-) soodustamine, uute töökohtade loomine, tööstusmaastikele ja -pärandile uute kasutusotstarvete andmine, keelebarjääride vähendamine ja integratsiooni parandamine ning riigi valitsusepoolse initsiatiivi suurendamine.

Fookusgruppide aruteludel osalenute ühisteks veendumusteks olid, et tööstustegevus peab jätkuma, sest põlevkivisektor on maakonna suurim tööandja ja ilma selleta suureneks tööpuudus veelgi, tööstuspärandi turismi tuleb soodustada ja pärandit arengu hüvanguks ära kasutada, leides sellele uusi funktsioone. Spordivaldkonna esindaja sõnul: „Tuleb osata näha, kuidas saab kaevandamise negatiivseid mõjusid positiivselt ära kasutada“. Samas tööstuspärandi objekt iseenesest ei paranda koha atraktiivsust elamiskohana, vaid omavalitsuste grupi esindaja sõnul ainult selle



Joonis 4. Sammud probleemide lahendamiseks.

mainet: „Näiteks, kui Kiviõli Seiklusturismi keskus saab valmis, siis ega ta elamiskohana otseselt atraktiivsust juurde ei anna, sest see veel üksi ei tähenda, et oleks hea koht elamiseks, vaid see parandab koha mainet. Atraktiivsust tekitab see, et olme taseme paranemine tuleb aja jooksul järgi. Mainekujunduslikult on õigesti ära kasutatud tööstusobjekt väga hea asi.“

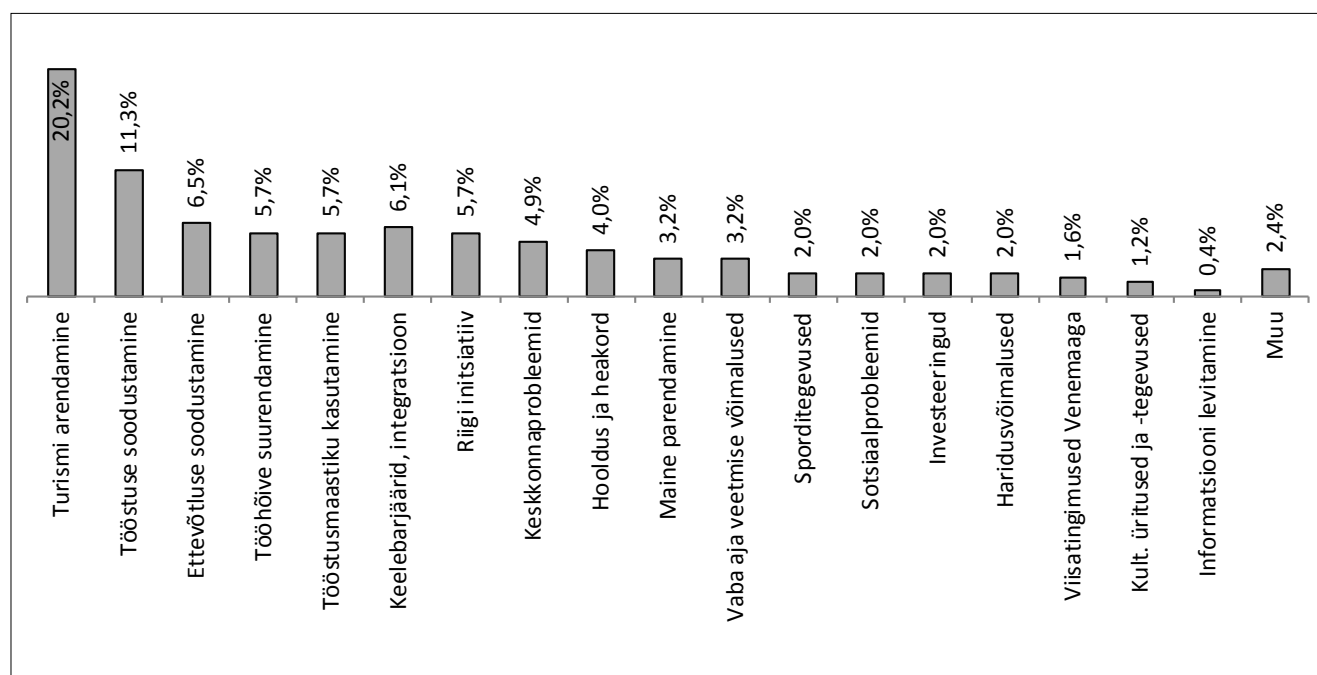
Vestluste käigus tulid probleemidena (joonis 3) jutuks tööpuudus, sotsiaalse infrastruktuuri puudulikkus ja integratsiooniraskused. Eakad rääkisid ka kriminaalsusest, vandalismist ja omavolilisest prügi ladestamisest karjääridesse (tendents, mis on viimastel aastatel vähenenud). Lisaks töökohtade olemasolule on tänapäeva noortele oluline ka igapäevane „sotsialiseerumine“ ja selleks on võimalusi vähe ehk kaevandamisettevõtte esindaja sõnusti: „Õhtuti tänavale minna ei ole mõtet, kuna lihtsalt ei ole kuskile minna ja niisiis ei lähegi...“

Paljude mõtete hulgast võib esile tõsta veel ettepaneku, et kogu maavarade kaevandamisega seotud ressursimaks võiks maakonda laekuda, mitte ainult senine 25%, ning et haldusreform ja omavalitsuste ühinemine aitaks oluliselt, sest praegu on rikkad (saavad ressursimaksu) ja vaesed vallad (kaevandamine on ammu lõppenud või maavara ei esinegi) kõrvuti ehk spordiliidu sõnul: „Üks ei tea, kuhu raha panna,

teine ei tea, kust raha võtta.“ Hea näide siinkohal on Kiviõli, kus tegutseb Kiviõli Keemiatööstuse OÜ, mis reostab linna õhku, kaevandab aga Sonda vallas. Arenuvõimalustest rääkides tuleb pigem hoolt kanda, et maakond ei taandareneks.

Ida-Virumaal on ainulaadne tööstusmaastik, mis tänu vähenenud kaevandamisemahtudele on suures ulatuses ka avalikult ligipääsetav. Eeliseks on seegi, et teisi selliseid ulatuslikke tööstusmaastikke lähikonnas ei ole. Üheks probleemiks on aga, et avalik teadlikkus sellest, mis on piirkonnal pakkuda või millest on puudus, on suhteliselt madal, seda eriti kohalike mitteestlaste ja mittekohalike hulgas. Venelaste puhul võib see olla tingitud suhteliselt madalast integratsioonitasemest, teatavast venemeelsusest (nt tendents vaadata Vene TV-kanaleid) ja keelebarjääridest (Kallas jt 2015, Metsaots jt 2015b), mida kinnitas ka nende madalam valmidus küsitluses osaleda ja vabavastuste lühidus. Nii kohalikud kui mittekohalikud tunnistavad tööstusmaastiku ainulaadsust ja näevad kaevandamisest jäänud pinnavormidel palju rekreatsioonivõimalusi, aga on ilmne, et neil puudub terviklik pilt.

Vaja oleks koostada põhjalik regiooniuulene SWOT-analüüs (tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud), millesse oleks kaasatud ka lihtinimesed ja kõikvõimalikud huvigrupid, et välja selgitada säilitamist vajav osa



Joonis 5. Arenuvõimalused.

põlevkivipärandid. Nagu näitas küsimus kaasamise kohta, peetakse inimeste arvamuste arvestamist olulisaks. Olemasolevate Kohtla, Kiviõli ja Aidu edulugude kõrval on veel palju ruumi uuteks suurejoonelisteks arendusteks, seda enam, et tugistruktuur spaadeks ümberkorraldatud kunagiste kaevurisanatooriumite näol on osaliselt juba olemas; rohkemate majutus- ja toitlustuskohtade järele on siiski hädavajadus. Kuivõrd uurimuse tulemused näitasid, et eelkõige pannakse tähele just tehismägesid, mitte põlevkivipärandit kui sellist, siis tasuks mõelda Prantsusmaa Nord – Pas de Calais' regiooni peale, kus mäed said n-ö võtmesõnaks. Neid korrastati, haljastati, lasti looduslikult taimestuda, võeti kasutusele avalike puhke- ja spordialadena, vaatekohtadena jms (UNESCO World Heritage Centre 2015).

Põlevkivipärandi hulgas on ka palju kohti ja objekte, mida laiemalt ei teata – ka neid võiks tutvustada, ehkki see võib kaasa tuua prügistamise, mis on alalise järelvalveta kohtade puhul üpris tavaline – infrastruktuuri parendused võiks siinkohal abiks olla. Mis aga puutub kunagistesse töölisasuladesse (nt Viivikonna ja Sirgala), siis šokiturism ei ole ilmselt parim mõte, sest vähestele veel sinna elama jäänutele ei pruugi meeldida, et neid käiakse vaatamas nagu aborigeene nende vastuvõetamatutes elutingimustes. Selle asemel võiks korraldada huvireise sihtkohtadesse koos einestamisega lihtsa kohaliku toidu restoranis ja väärtfilmiõhtuga (või muu sarnase kõrvalvoolu üritusega). See pakuks kohalikele elanikele veidi tööd ja nad saaksid ka üritusel osaleda. Loomulikult eeldab seegi eelnevat kohalike nõusoleku ja ideede väljaurimist, mis kindlasti ei ole kerge ülesanne.

Informatsioonipuuduse vähendamiseks võiks luua internetiprotaali, mis kataks kõiki objekte, teenuseid ja võimalusi (kultuuri-, loodus- ja tööstusturismi sihtkohad, väiksed tundmatud tööstusmaastiku elemendid, spordi- ja rekreatsioonivõimalused, majutus, toitlustus, lastehoid ja muud teenused, igat liiki üritused) ning aitaks nii kohalikel kui mittekohalikel oma reise planeerida. Sel moel turismi aktiivsuse tõstmise mõte toodi välja ka fookusgrupi arutelul. Kuigi sellise infovõrgustiku olemasolu teiste riikide tööstuspiirkondade kohta pole teada, võiks see olla mõeldav, sest maailma

mastaabis on Eesti põlevkivipiirkond siiski üsna väike. Toetav asjaolu on ka see, et Eestis on internetikasutus väga kõrge. Kaevandamist (tehnoloogiaid, masinaid) on seni tutvustatud iga-aastastel kaevurite ja keemikute päevadel. Neil ja teistelgi avalikel üritustel võiks laiemalt tutvustada pärandi väärtusi ja kasutusvõimalusi, mis oleks hea võimalus ka osalusplaneerimise seisukohalt.

Tööpuuduse, kui suurima probleemi lahendamiseks tuleks soodustada äri- ja tööstustegevusi ning turismi (riiklikud programmid spetsiaalselt põlevkivipiirkonna ettevõtluse arendamiseks, finants-toetused ja/või maksusoodustused uutele algatustele). Arvestades maakonna kehva majandusolukorda on uue ettevõtte loomisel läbikukkumise riskid kõrged ja seega on eritingimustel lähenemine õigustatud. Uusi võimalusi tuleks luua hariduse omandamiseks, sh ümberõpe maakonda jäävatele noortele ja tööta inimestele ameti vahetamiseks (näiteks kaevandamis- ja mahtude vähendamisel kaevuritele). Kaaluda võiks nn ideelaborite loomist ja seda just endiste tööstushoonete ruumides, mille ebatraditsiooniline interjäär aitab kaasa lennukate ideede tekkele. See trend on mujal maailmas populaarsust kogumas, näiteks Völklingeni rauavalutehased Saksamaal (Ideenlaboratorium Völklinger Hütte 2015).

Küsitluse tulemustest on näha, et venelaste madal integratsioonitase ei tule mitte niivõrd keelebarjääridest (kohalike hulgas räägitakse mõlemat keelt, eriti vanemate inimeste hulgas), kuivõrd nende üldiselt madalast huvist ühiskondlike teemade vastu, sulgumisest oma kultuuriruumi ja teatavast venemeelsusest. Ei tasu ka unustada tõsiasja, et paljudel neist on Venemaal sugulased ja Eesti kodakondsuse omandamine kaotaks neil viisavaba reisivõimaluse. Integratsiooni parandamiseks tasuks ehk keelekursuste asemel neile hoopis Eestimaad tutvustada.

On selge, et arengupotentsiaale näevad paljud, aga seejuures on areng seni olnud ikkagi üsna vähene. Seda on püütud ajada immigrantidest madala haridustasemega lihttöölise kaela, kes nõukogude ajal põlevkivitööstusesse tööle saadeti, ent nende hulgas oli ka palju insenere ja muid spetsialiste. Samuti kohalikust elanikkonnast üle 80% moodustavate ja (teatavas osas) vene-

meelsete venelaste, aga ka lihtsalt kohalike vähese ettevõtlikkuse kaela. Tegelikult on (hääbuva) tööstuspiirkonna arendamine niivõrd kolossaalne ettevõtmine, et see eeldab põhjalikult läbimõeldud lähenemist. Inimestel võib olla palju ideesid, mida tööstusmaastikega ette võtta, aga rohujuure tasandilt on raske ümber korraldada kogu regiooni. Võib ju väita, et viitamine riigi valitsusele, kui (esmasele) vastutuse võtjale regiooni tervikliku arengu eest on pärand nõukogude ajast, mil kõike korraldati „kõrgemalt poolt“ ja inimestel endil ei olnud vaja midagi teha. Samas näitavad välisriikide edukad kogemused, et riigi valitsusepoolne algatus on esmase tähtsusega. Üks võimalus oleks sihtasutuse või mittetulundusühingu loomine, mille juures saaks eeskujuna võtta Saksamaa Rahvusvahelise Ehitusnäituse projektidest 1990-ndatel Ruhri piirkonnas (Bergeron 2012) ja 2000-ndatel Lusaatia piirkonnas (Internationale Bauausstellung (IBA) Fürst-Pückler-Land 2000–2010, 2015). Mõlemad said alguse riigi initsiatiivist: arengut koordineeriva mittetulundusühingu tegutsemise ajaks oli määratud kümme aastat, mille jooksul viidi ellu väga palju ja anti arengutõuge edasiseks.

Tööstustegevus Ida-Virumaal peab jätkuma, sest vastasel juhul suureneks tööpuudus ja sellest tulenev väljaränne veelgi ning veel vähem laekuks makse kohalikele omavalitsustele infrastruktuuri hooldamiseks ja avalike teenuste kvaliteedi parandamiseks. Selles võtmes on kaevandamise mahtude suurenemine põlevkiviõli tootmise tähtsuse tõusu tõttu (Šommet 2013) olnud positiivne muutus. Kaevandamisparand kõrvuti loodusväärtustega on see, mis teeb maakonna huvitavaks ja seda tuleks arengu hoogustamiseks ära kasutada. Ka Euroopa Liidu toetusfonde tuleks efektiivsemalt kasutada suuremõtmelise teemaplaneeringu koostamiseks, mis võtaks arvesse kõigi asjaosaliste arvamused ja soovitusel. Kindlasti tasuks uurida rahvusvahelisi kogemusi tööstuspiirkonna arendamisel ja kaasata planeeringu koostamisse väliseksperte. Vajalik on ka algatus riigi valitsuse poolt, sest terviklik planeerimine nõuab koostöö asjatundlikku koordineerimist piirkonnas, mille põlevkivist toodetakse elektrienergiat terve Eesti riigi tarbeks.

KIRJANDUS JA E-ALLIKAD

- Bergeron, L. 2012. The heritage of industrial society. Duet, J. (toimetaja) Industrial Heritage Re-tooled. The TICCIH guide to Industrial Heritage Conservation. Lancaster, Carnegie, 31–37.
- Bottmeyer, M., Riedel, J., Roterling-Vuong, H. 2012. The Ecological Land Management of the Ruhr Regional Association RVR – A New Path to the Preservation of Open Spaces. FIG Working Week 2012: Territory, environment, and cultural heritage. Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, 6–10 May 2012, Rome, Italy.
- Ida-Viru Ettevõtluskeskus. 2015. Tursimiklaster. <http://ivek.ee/>
- Ideenlaboratorium Völklinger Hütte. 2015. <http://idee.voelklinger-huette.org/>
- Internationale Bauausstellung (IBA) Fürst-Pückler-Land 2000–2010. 2014. <http://www.iba-see2010.de/>
- Kaar, E. 2010a. Aherainemägede taimestumine ja haljastamine. Kaar, E., Kiviste, K. (toimetajad) Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis. Ecoprint, Tartu, 301–320.
- Kaar, E. 2010b. Põlevkivikarjäärade tasandatud puistangute metsastamine. Kaar, E., Kiviste, K. (toimetajad) Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis. Ecoprint, Tartu, 129–154.
- Kaar, E. 2010c. Soojuselektrijaamade tuhaväljade taimestumine. Kaar, E., Kiviste, K. (toimetajad) Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis. Ecoprint, Tartu, 361–384.
- Kallas, K., Vetik, R., Kruusvall, J., Saar, E., Helemäe, J., Kirss, L., Leppik, C., Seppel, K., Kivistik, K., Ubakivi-Hadachi, P. 2015. Eesti ühiskonna integratsiooni monitooring 2015. Uuringu aruanne. Eesti Kultuuriministeerium, Balti Uuringute Instituut, 23 lk.
- Metsaots, K., Printsman, A., Sepp, K. 2015a. Public Opinions on Oil Shale Mining Heritage and its Tourism Potential. Scandinavian

Journal of Hospitality and Tourism, DOI:
10.1080/15022250.2015.1024817

Metsaots, K., Printsman, A., Kaart, T., Sepp, K. 2015b.

What hinders and what facilitates good living in
the oil shale mining region? Oil Shale. Trükis.

Põlevkivi Kompetentsikeskus. 2015. Tegevusalad.

<http://www.pkk.ee/>

Spanish Historical Heritage Institute. 2011. National

plan for industrial heritage. http://ipce.mcu.es/pdfs/PN_PATRIMONIO_INDUSTRIAL_EN.pdf

Šommet, J. 2013. Sustainability assessment of Estonian
oil shale mining. Oil Shale, 30(2S), 363–370.

TICCIH. 2014. The Nizhny Tagil Charter for industrial
heritage. <http://ticcih.org/about/charter/>

UNESCO World Heritage Centre. 2015a. Nord – Pas

de Calais Mining Basin. <http://whc.unesco.org/en/list/1360>

UNESCO World Heritage Centre. 2015b. World Heri-

tage list. <http://whc.unesco.org/en/list/>

EESTI GEOLOOGIAKESKUS OÜ

Asjatundlik maapõuekasutus – riigi julgeoleku ja majandusedu garantii

Riigi osaühingu staatuses Eesti Geoloogiakeskus (EGK) omab enam kui poole sajandi jooksul kogutud maapõue-alast informatsiooni nii maismaa kui merealade kohta, mis võimaldab korraldada maavarade ja põhjavee jätkusuutlikku kasutamist, edendada keskkonnahoidu ja riigi majandust. EGK tegevusstrateegia arvestab otsese tellija (riik, omavalitsus, ettevõtte, eraisik) huve ja pakub neile maakasutuse planeerimisel regionaalpoliitilist kaalu omavaid lahendusi.

Eesti Geoloogiakeskus OÜ poolt pakutavad teenused:

- üldgeoloogilised uurimistööd (geoloogiline kaardistamine, maavarade otsing)
- maavara geoloogiline uuring (alates uuringuloa taotlusest kaevuloa taotluse koostamiseni) ja maavara varu ümberhindamine
- mere ja ranniku keskkonnauuringud, sh geoloogilised uuringud
- topograafiline mõõdistamine, markseideritööd
- kaevandamisprojektide ja mäetööde arengukavade koostamine
- kaevandatud maa korrastamisprojektide koostamine
- keskkonnamõju hindamine ja keskkonna-alased ekspertiisid
- geoloogilised eksperthinnangud ja konsultatsioonid
- hüdroteoloogilised uuringud, sh puurkaevude projekteerimine ja geofüüsikalised uuringud (karotaaž)
- puurtööd, sh tehnoloogiliste ja uuringupuuraukude puurimine
- kivimite, setendite, pinnase, turba ja vee laboratoorsed uuringud
- keskkonnaseisundi uuringud, sh radooni uuringud
- geofüüsikalised uurimistööd
- seirekavade koostamine ja seire, sh põhjaveeseire, rannikuseire ja maakoore seismiline seire
- geoloogiliste tööde tulemuste, kaartide ja atlaste kirjastamine
- Geoloogiafondi pidamine

