

Eesti Looduseuurijate Selts  
Tartu Ülikooli geoloogia osakond  
Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut

# **195 AASTAT GEOLOOGIAT EESTIS**

*Schola Geologica XI*

Tartu 2015

Autoriõigused: autorid, toimetajad ja Eesti Looduseuurijate Selts

TOIMETAJAD: Liisa Lang, Triine Post, Leeli Amon-Veskimeister

Kirjastanud Eesti Looduseuurijate Selts

Esikaane foto: Välipraksi hommik

Autor: Karin Truuveri erakogu

Kaane kujundus: Kadri Sohar

Pildilisa kujundus: Katrin Lasberg

Soovitav viitamise vorm:

Kogu väljaandele:

Lang L., Post T. ja Amon-Veskimeister L. (toim.) 2015. *195 aastat geoloogiat Eestis. Schola Geologica XI*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, 152 lk.

Artiklile:

Paiste T. 2015. Noor geoloog, miks sa seda teed? Rmt.: Lang L., Post T. ja Amon-Veskimeister L. (toim.) *195 aastat geoloogiat Eestis. Schola Geologica XI*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk 12–13.

Üheteistkümnenda geoloogia sügiskooli toimumist ja seotud teadusettekannete sarja "*Schola Geologica*" väljaandmist toetasid **Keskkonnainvesteeringute Keskus**, Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut.

ISSN 1736-3241

ISBN 978-9949-9613-3-7 (trükkis)

ISBN 978-9949-9613-4-4 (pdf)



*Kes minevikku ei mäleta, see elab tulevikuta*

Juhan Liiv

# EESSÕNA

*Karin Truuver*

Tänavu möödub 11 aastat esimesest geoloogia sügiskoolist ja 195 aastat geoloogiaga akadeemilisel tasemel tegelemise algusest Eestis. Mõlema, geoloogide jaoks (loodetavasti) tähtsa sündmuse puhul on ka seekordne sügiskool natuke eriline, alustades sügiskooli pealkirjast „195 aastat geoloogiat Eestis“, mis ei hõlma endas ainult ühte kindlat geoloogiaga seotud valdkonda või probleemi, vaid arutleb pigem geoloogia enda mineviku, oleviku ja väheke ka tuleviku üle. Samuti toimub sügiskool veidi „võõras“ keskkonnas, linnas, mis läheks justkui vastuollu ühega sügiskooli põhieesmärkidest: arutleda heade sõprade seltskonnas südamelähedastel teemadel argisest linnakärast eemal, looduskaunis kohas. Eelmainitud tähtpäeva puhul tahtsime aga korraks tuua geoloogia sügiskooli tema „esivanema sünnikohta“ – Tartu linna. Kasvasid ju lõpuks 1820. aastal Tartu Ülikooli juurde loodud mineraloogia õppetoolist ja kabinetist (Isakar 2005) välja muu seas ka tänased Tartu Ülikooli geoloogia osakond ja Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, mille noorte ja aktiivsete tudengite koostöös sündiski 11 aastat tagasi geoloogia sügiskool. Pealegi, head sõbrad, kes on ju ikkagi olemas, loovad pea igas kohas hubase keskkonna.

195 aastat on inimlikus mõõtnes väga pikk aeg ja paaripäevase sügiskooli jooksul jõuame sellest puudutada vaid murdosa. Siiski püüame ajada teemaderingi võimalikult laiaks ning alustame tudengitest, kellel palusime rääkida oma elust-olust TÜ geoloogia osakonnas ja TTÜ Geoloogia Instituudis. Kui palju on noortel geoloogidel peale lõpetamist julgust tiibu sirutada ning kas osatakse alustuseks nina üldse õiges (või mingiski) suunas sättida? Edasi vaatame küsivalt Eestis geoloogiat õppinud ja nüüdseks karjäärimägedel kõrgemaid tippe vallutanud sõprade poole – mida teie arvate, mis meist saab? – ning seejärel pöörame pilgud minevikku. Sirutame kaela eelmise sajandi segaste aegade juurest üha kaugemate Eesti geoloogiateaduse ajaloo keerdkäikude poole, kõige sügavamate katakombideni, Loodusmuuseumi algusaegadesse.

Tere tulemast ajalukku!

## **Kasutatud kirjandus**

Isakar M. 2005. 185 aastat geoloogia õpetamise algusest Tartu Ülikoolis. *Eesti Loodus* 10, lk 42-45.

---

*Karin Truuver (karin.truuver@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14a, Tartu 50411*

## SISUKORD

<i>Karin Truuver</i> Eessõna .....	4
<i>Tõnn Paiste</i> Noor geoloog, miks sa seda teed? .....	12
<i>Hanna Raig</i> Kuidas elad, doktorant? .....	14
<i>Kati Tänavsuu-Milkeviciene</i> Geoloogia, kas me saame seda piiritleda? .....	25
<i>Marko Kohv</i> Raamatud, kuld ja inimesed.....	27
<i>Ago Vilo</i> Kuidas minust geoloogi ... ei saanudki! .....	31
<i>Dimitri Kaljo</i> Meenutusi õpiajast Tartu Ülikoolis 1948 – 1956.....	47
<i>Elga Mark-Kurik</i> Kolleegi kadumine.....	51
<i>Arvi Liiva</i> Radiosüsiniiku laboratooriumi ajaloost .....	55
<i>Tõnu Talvi</i> Kuusnõmme bioloogiajaam ja Eesti geoloogid XX sajandi esimesel poolel Saaremaal.....	60
<i>Väino Puura</i> Käänukohad Eesti majandusgeoloogias: teaduspõhine populaarne ülevaade .....	66
<i>Ülo Sõstra</i> Uusi andmeid Baltika mandri ajaloost ja Eesti tektoonikast.....	77

<i>Olev Vinn</i>	
Paleobioloogia: geoloogia ja bioloogia piirimaadelt .....	96
<i>Marge Uppin, Enn Karro</i>	
Meditsiiniline geoloogia – teadusharu tutvustus ning näiteid Eestist .....	101
<i>Mariina Hiiob, Enn Karro, Marge Uppin</i>	
Kesk-Devoni veekompleksi looduslikult kõrge raua sisaldus – Lõuna-Eesti joogivee peamine kvaliteediprobleem .....	117
<i>Tõnu Pani</i>	
Järelsõna .....	124
LISAD (värvilised joonised ja fotod) .....	128

## CONTENTS

<i>Karin Truuver</i> Foreword .....	4
<i>Tõnn Paiste</i> Young geologist, why are you doing it? .....	12
<i>Hanna Raig</i> How is it going, post-graduate? .....	14
<i>Kati Tänavsuu-Milkeviciene</i> Geology, can we delimit it? .....	25
<i>Marko Kohv</i> Books, gold and people.....	27
<i>Ago Vilo</i> How did my becoming a geologist.... never happen! .....	31
<i>Dimitri Kaljo</i> Flashback of studytime in the University of Tartu in 1948–1956.....	47
<i>Elga Mark-Kurik</i> Disappearance of a colleague .....	51
<i>Arvi Liiva</i> About the history of the radiocarbon laboratory .....	55
<i>Tõnu Talvi</i> Kuusnõmme biological research station and Estonian geologists in the first half of the XX century in Saaremaa.....	60
<i>Väino Puura</i> Twists and turns in the Estonian ecological geology: popular-scientific overview .....	66
<i>Ülo Sõstra</i> New data about the history of the Baltica continent and estonian tectonics .....	77

<i>Olev Vinn</i>	
Palaeobiology: from the borderlands of geology and biology .....	96
<i>Marge Uppin, Enn Karro</i>	
Medical geology – introduction to the discipline and examples from Estonia .....	101
<i>Mariina Hiiob, Enn Karro, Marge Uppin</i>	
Naturally high iron content of the Mid-Devonian water complex – the main problem of quality of the Southern-Estonian drinking water .....	117
<i>Tõnu Pani</i>	
Epilogue.....	124
APPENDIX .....	128

## AJAKAVA

### "195 aastat geoloogiat Eestis"

XI geoloogia sügiskool

Tartu

#### REEDE, 16. oktoober

11.15 – start Tallinnast (TTÜ peahoone, Ehitajate tee 5)

14.15 – saabumine, registreerimine ja kohvipaus

14.45 – avasõnad, sissejuhatus

15.00 – Noor geoloog, miks sa seda teed? – Tõnn Paiste (TÜ)

15.30 – Kuidas läheb, doktorant? – Hanna Raig (TÜ)

15.50 – Studying geology in Germany – Melanie Werner (TU D)

16.10 – „Geographers mafia“: geology studying in Latvia – Inga Retike (UL)

16.30 – Diskussioon eelnevate ettekannete põhjal

16.45 – kohvipaus

17.00 – Noorgeoloogi igavene kujunemine – Tiia Kurvits (TÜ)

17.30 – Raamatud, kuld ja inimesed – Marko Kohv (TÜ)

18.00 – „Kus siin see Smen on?“ – Aivo Lepland (NGT, TTÜ)

18.30 – Evolution of a geologist: from fossils to geochemistry – Giuseppe Buono

19.00 – õhtusöök

#### LAUPÄEV, 17. oktoober

09.00 – Olemise võlu või näimise vajadus – Peeter Talviste (IPT)

09.30 – Geoloog ja geoloogia Eesti valitsusasutustes ja riigiettevõtetes – Tarmo All (EE)

10.00 – 10 aastat ülikooli – kuhu edasi? – Ulla Preeden (PMV)

10.30 – kohvipaus

10.45 – Geoloogia tulevikust ülikooli tuleviku taustal – Volli Kalm (TÜ)

11.15 – XXI sajandi väljakutsed ja Eesti geoloogia – Tõnu Meidla (TÜ)

11.45 – Minevikule vahelduseks võimalikust tulevikust – Marko Pomerants (EV KKM)

12.15 – Kes kujundab Eesti geoloogia tulevikku? – Anne Põldvere (EGEOS)

12.45 – lõunasöök

14.00 – Minu elulugu tektoonika ja struktuurigeoloogia spetsialistina Karjalas ja Eestis – Ülo Sõstra (TTÜ MI)

14.30 – Käänukohad ja sirged Eesti majandusgeoloogias – Väino Puura (TTÜ, TÜ em-prof)

- 15.00 – Kuidas minust geoloogi... ei saanudki! – Ago Vilo (BR)
- 15.30 – Kuusnõmme bioloogiajaam ja Eesti geoloogid XX sajandi esimesel poolel Saaremaal – Tõnu Talvi (KKA)
- 16.00 – kohvipaus
- 16.15 – Mineraloogia-petrograafia õpetamine ja õppimine 1969-70ndatel aastatel – Juho Kirs (TÜ)
- 16.45 – Mineraloogia õppimisest, õpetamisest ja välipraktikatest Tartu Ülikoolis 1950ndatel aastatel – Aadu Loog (TÜ em-prof)
- 17.15 – Eesti geoloogilisest kaardistamisest peale II Maailmasõda – Kalle Suuroja (EGK)
- 17.45 – Loodusmuuseumi algusaegadest – Tõnu Pani (TÜLM)
- 18.15 – lõppsõna

#### Suur Geoloogide Kokkutulek

- 20.00 – kogunemine Ahhaa Teaduskeskusesse, kokkutuleku avamine avakõne – Volli Kalm (TÜ)
- 20.15 – Ühiselamukultuur kui geoloogiatudengite loomingulise arengu tagaja 1980ndate keskel – Erik Puura (TÜ)
- 22.00 – Muusikaline vahepala – punkbänd Eterniit
- 22.30 – tordi lahtilõikamine ja söömine
- 00.20 – Saun korp! Revelias (Veski tn. 45)

#### PÜHAPÄEV, 18. oktoober

- 10.00 – bussiekskursioon

#### Kasutatud lühendid:

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| TÜ – Tartu Ülikool             | TÜLM – Tartu Ülikooli          |
| TTÜ – Tallinna Tehnikaülikool  | Loodusmuuseum                  |
| TTÜ MI – Tallinna              | EGK – Eesti Geoloogiakeskus    |
| Tehnikaülikooli Mäeinstituut   | PMV – Põlva Maavalitsus        |
| TÜ em-prof – Tartu Ülikooli    | KKA – Keskkonnaamet            |
| emeritprofessor                | NGT – Norra geoloogiateenistus |
| IPT – IPT Projektijuhtimine OÜ | BR – Baltirail                 |
| EV KKM – Eesti Vabariigi       | TU D – Technical University of |
| Keskkonnaministeerium          | Darmstadt                      |
| EGEOS – Eesti Geoloogia Selts  | UL – University of Latvia      |
| EE – Eesti Energia             |                                |



# GEOLOOGIA SÜGISKOOLID

## *SCHOLAE GEOLOGICAE*

- I 2005 Kiidi – Teadus geoloogias
- II 2006 Reiu – Vasaraga tähtede poole
- III 2007 Pikajärve – Mudelid ja modelleerimine
- IV 2008 Mäetaguse – Suured teooriad
- V 2009 Tuhalaane – Piirideta geoloogia
- VI 2010 Roosta – Globaalsed muutused
- VII 2011 Taevaskoja – Maa ressursid
- VIII 2012 Nelijärve – Katastroofid Maa ajaloos
- IX 2013 Voore – Aeg
- X 2014 Jäned – Fosfor – aegade algusest tänapäevani
- XI 2015 Tartu – 195 aastat geoloogiat Eestis**

## Noor geoloog, miks sa seda teed?

*Tõnn Paiste*

Võib eeldada, et inimese haridustase ja teadmised ümbritsevast maailmast saavutavad oma tipu gümnaasiumi või kutseharidusasutuse lõpetamisel. Kohustuslikud tunnid nagu kunst, muusika, reaali- ja humanitaarained kipuvad pärast lõpetamist aga teisejärguliseks jääma. Inimeste elukutse ei eelda tavaliselt töötajate enda harimist töövälise teadmistega. Seoses sellega on ülikool üks ainulaadsemaid kohti, kus inimene saab täiskasvanueas uue võimaluse ennast täiendavalt harida ning kunagi neid uusi teadmisi teistelegi edastada. Loenguid saab valida spordist kõrgema füüsikani välja. Aktiivne elutempo ja avarduv maailmavaade ehk viivad inimesed elus kaugemale ja huvitavamatesse kohtadesse. Kuid kui inimene on valinud sellise tee, et ennast uuesti aktiivselt harida, peaks ta ka alatasa uurima ja hindama keskkonda, millega ta ennast seob.

Ülikooli tulles öeldi kohe, et õpingutesse tuleb suhtuda kui täistöökohta. Kohati suureneb see koguni 1.5 koormusega töökohta peale, kuna pärast koolitunde peab kodutöödele samuti keskenduma. Sellegipoolest jääb igal aastal palju huvilisi püsima. Geoloogia, nagu teisedki erialad, on vaid üks valikutest, mida inimene saab kasutada enese täiendamiseks. Parima tulemuse peaks saavutama loomulikult siis, kui inimene seda ise soovib ja juhul, kui keskkond seda võimaldab. Eks õppejõud/juhendajad peaksid usaldama tudengeid samamoodi nagu tudengid neid. Tudengil ei olegi muud võimalust.

Viimase kümne aasta geoloogiatudengitele koostati küsitlus neid ümbritseva keskkonna olulisuse ja selle mõistmise kohta. Inimesed jaotati nende haridustaseme alusel nelja erinevasse gruppi (bakalaureuseõppe 1. aasta tudengid; bakalaureuseõppe 2. ja 3. aasta tudengid; magistrandid; vilistlased). Küsitluse eesmärgiks oli saada aimu inimeste arvamusest, milline on või oli nende õppekeskkond geoloogia osakonnas. Tulemused võiksid ja peaksid aitama nii tudengeid kui ka osakonna töötajaid parema tuleviku suunas. Nii mõnigi kord juhtub, et inimesed mõistavad olukorra tõsidust alles siis, kui midagi on juba valesti. Samuti ei pruugi tuleviku edukus põhineda mineviku eeskirjadel. See, mis töötab minevikus, ei pruugi tagada õigeid valikuid tulevikus, mille põhjal peaks alati kaaluma edaspidiseid lahendusi.

Tooksin välja mõned saadud tulemused. Kõikidele vastanutele oli esimeseks ülesandeks põhjendada, miks nad geoloogia eriala õppima tulid ja millised olid põhilised faktorid otsustamisel. Nagu arvata võis, oli inimeste huvi geoloogia vastu kõige levinum vastus. Kuna küsitleti kõiki, esimese aasta tudengitest kuni viie viimase aasta jooksul lõpetanuteni välja,

ilmnesid ka haridustasemetel vahel väikesed erinevused. Üheks huvitavaks faktoriks oli “kellegi soovitus”, mida olid enim märkinud oluliseks noorimad sisseastujad. Selle olulisus langes järkjärgult vanemate kursuste lõikes ja oli päris nullilähedane lõpetanute seas. Vastupidiselt jagunes vastus “astusin sisse ilma selge sihita”, kus esimese aasta bakalaureuseõppe tudengitel esines seda vastusevarianti harva, kuid mida ajas tagasi, seda rohkem nimetatud faktor esile tuli. Paljudel uutel sisseastujatel on oluliseks teguriks ka “tulevane töö”, mis vanemate inimeste seas peaaegu olematu rolli mängis. Lisaks tuli korduvalt esile inimeste valik geograafia ja geoloogia vahel, mis enamjaolt osutus geoloogia kasuks tänu ülikooli kodulehel olevale paremale tutvustusele. Veel võib ära märkida asjaolu, et geoloogia tutvustus koolist, tuttavatel või kellegi kolmanda poolt oli samuti otsustavaks faktoriks.

Enamus tudengeid, kes alustasid geoloogiaõpinguid alles sel aastal, teavad, mida nad pärast lõpetamist teha soovivad. Selleks on edasised õpingud ülikoolis ja mõnel olid juba töökoha plaanid silme ees. Kahjuks ei saa seda öelda magistrantide kohta. Nimelt on 75% esimese aasta geoloogia magistrantidest teadmatutes, mida nad pärast lõpetamist edasi soovivad teha. Õnneks on see osakaal alla 10% magistri teise aasta tudengite seas. Selle põhjal võib järeldada, et magistri esimene aasta annab inimestele piisavad teadmised ja arusaamad tuleviku suhtes.

Tundub, et elame ühiskonnas, kus tagasisidet peab inimestelt vägisi välja suruma. Muidugi on erandeid, aga kohati jäädakse teiste peale lootma või ei arvata, et nende panus loeb. Peab mõistma, et igasugune inimeste areng ja omavaheline koostöö sujub kõige paremini arutelu raames, kus julgetakse välja tuua paremad ja halvemad pooled. Need peaksid panema inimesi ennast muutma või vähemalt analüüsima hetkeseisu ning tulevikku. Me ei saa eeldada, et kõik tudengid on ühesugused, aga nende areng on suures osas seotud inimestega, kes neid õpetavad. Ega spetsialistidki taevast kuku.

Areng ei ole revolutsioon, see võtab aega ja kannatust.

---

*Tõnn Paiste (tonn.paiste@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

## **Kuidas elad, doktorant?**

*Hanna Raig*

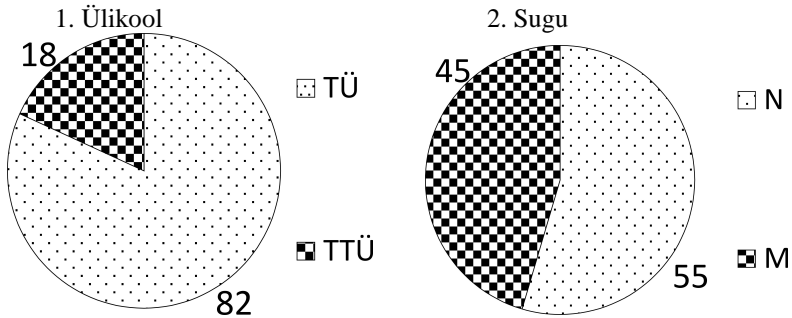
Kehtiva õppekorralduseeskirja järgi on Tartu Ülikoolis võimalik geoloogiat õppida kolmel õppeastmel, milleks on bakalaureuse-, magistri- ja doktoriaste. XI geoloogia sügiskooli „Noorte arvamus“ teemasessiooni jaoks viidi kõikide astmete tudengite seas läbi uuringud ning järgnev kirjeldab doktoriastme üliõpilaste seas tehtud küsitluse tulemusi.

Küsimustik saadeti kõikidele geoloogia doktorantidele, värskele doktoritele ja hiljuti poolleijätnutele (mõlemad kuni 2a tagasi), eesmärgiga selgitada nende rahulolu erinevates doktorantuuriga seotud aspektides. Vastused laekusid anonüümselt. Uuring oli lühike (14 küsimust, millest enamus valikvariantidega) ning koostatud geoloogia sügiskooli korraldajate poolt. Sarnaseid teemasid puudutav suuremahuline uuring viidi läbi 2014. aastal prof Raul Eametsa eestvedamisel Teadus- ja innovatsioonipoliitika seire programmi (TIPS) raames kõikide Eesti avalik-õiguslike ülikoolide doktorantide seas (Eamets jt 2014). TIPS uuringu tulemustes kajastuvad loodus- ja täppisteaduste (LO) valdkonnas mitmete erinevate erialade üliõpilaste arvamused, kelle tegemistest ja olukorrast me võib-olla eriti palju ei tea. Geoloogide tagasisidega oskame aga oluliselt rohkem suhestuda ja kaasa mõelda, sest oleme ju ka ise osa sellest süsteemist. Käesoleva uuringu tulemusi võib TIPS uuringu tulemustega võrrelda, kuid selle eesmärgiks oli uurida just nimelt geoloogia doktorantide rahulolu. Ka ei olnud eesmärgiks teha üldisemat ühiskondlikku uuringut, mis võiks selgitada näiteks kus ja kui palju geoloogia doktoreid Eesti riigile vaja on vms. Eesmärgiks oli uurida meie doktorantide rahulolu ja suhtumist, miks on küsitletavad valinud doktorantuuri ja kas nad on hetkeolukorras oma võimaluste ja valikutega rahul.

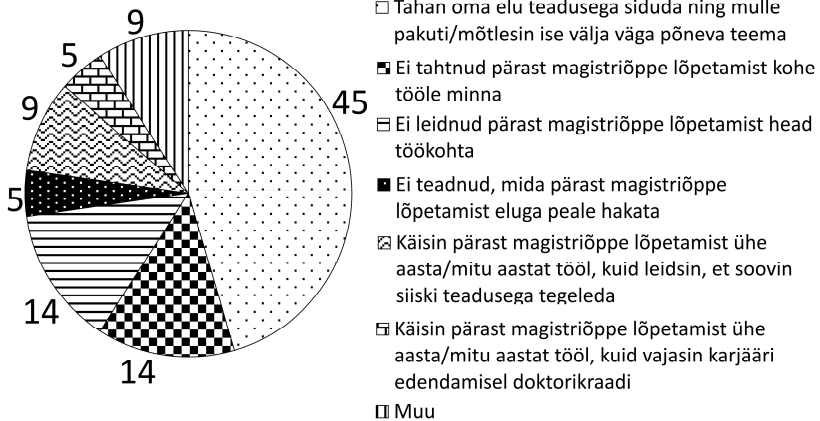
Täname väga kõiki, kes võtsid need minutid aega ja vastasid küsimustele, eriti neid, kes pikemalt kirjutasid ja oma doktorantuuriga seonduvaid arvamusi jagasid.

### **Tulemused**

Tartu Ülikooli sihtgrupist saatis vastused tublisti üle poole, Tallinna Tehnikaülikoolist kahjuks kõvasti alla poole. Järgnevalt on esitatud ülevaade uuringuküsimuste vastustest. Diagrammidel on tulemused kajastatud protsentides (%) kogu valimist (n=22).



3. Miks otsustasid pärast magistrantuuri jätkata geoloogiaõpinguid doktorantuuris?



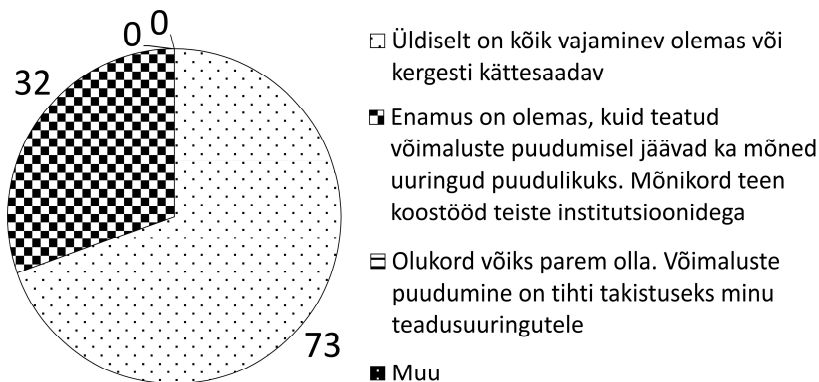
Vastusevariandi „Muu“ juurde lisati:

„Sisseastumisel tundsin, et tahan oma elu teadusega siduda, enam pole selles kindel.“

„Tundsin, et oleks vaja oma teadmisi täiendada selleks, et oma senist tööd tulemuslikumalt teha, lisaks on õppimine ja loengute kuulamine vahelduseks igapäevasele rutiinile.“

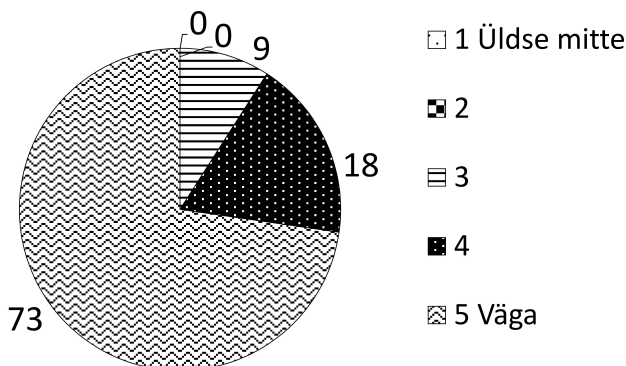
„Lihtsalt tahtsin end täiendada.“

4. Kuidas hindad oma osakonnas sinu uuringute jaoks vajamineva infrastruktuuri olemasolu ja olukorda (laborite varustatus, välitööde varustus, isiklikuks kasutuseks töölaud, isiklikuks kasutuseks arvuti, ligipääs erialaajakirjadele ja raamatutele jms)?

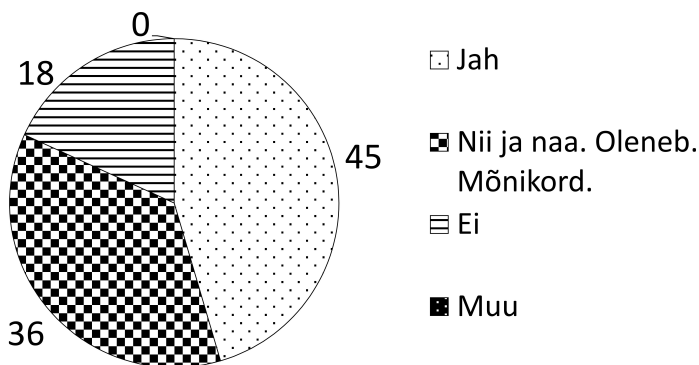


Kommentaari neljanda küsimuse juures: „Paremat oleks raske tahta.“  
Ühtegi negatiivset vastust või kommentaari ei laekunud.

5. Kui oluliseks pead lisaks juhendajale uurimisrühma olemasolu? (1 - üldse mitte, 5 - väga)



## 6. Kas sind ümbritseb praegu toetav uurimisrühm?

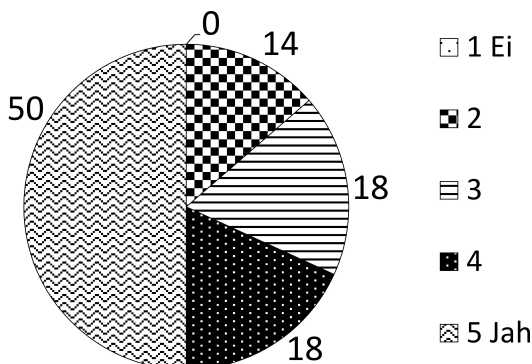


Kommentaar kuuenda küsimuse juures: „Tunnen puudust tööühmaga vabamas õhkkonnas asjade arutamise.“

Kui vaatleme vaid neid doktorante, kes 5. küsimuses vastasid, et peavad tööühma olemasolu väga oluliseks (hinne 5, vastajatest 73%), siis neist vaid 44% vastas 6. küsimusele, et neid ümbritseb praegu toetav uurimisrühm, samas aga 25% vastasid “Ei” ning 31% “Nii ja naa. Oleneb. Mõnikord.”. Siit järeldub, et paljud doktorandid, kes peavad tööühmi olemasolu väga oluliseks, seda kahjuks enda ümber siiski ei tunne. See on üks teravamaid tähelepanekuid selle mõnevõrra oodatavate tulemustega uuringu juures.

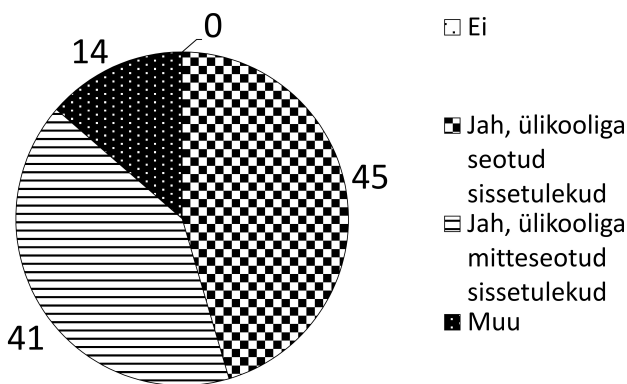
Ka TIPS-i uuringu tulemused ning seal sisalduvad viited teistele doktorantide küsitlustele kinnitavad, et doktorantuuri eduka lõpetamise väga oluline eeltingimus on doktorandi seotus ülikooliga, kuulumine mingisse uurimisgruppi ja tööalase tegevuse seotus doktoritöö temaga (Eamets jt 2014).

7. Kas tunned, et sinu juhendaja toetab sind piisavalt ja leiab aega sinu küsimustele vastamiseks ning aruteludeks? (1 – Ei, 5 – Jah)



Koostööd juhendajaga hinnati peamiselt väga heaks või heaks. TIPS uuring hindas doktorantide rahulolu juhendajaga samasuguseks, 50% väga hea ja 43% hinded 4 ja 3 kokku. Meie küsitluses annavad hinded 4 ja 3 kokku 36%. TIPS uuris juhendajaga rahulolu erinevaid aspekte (aeg, suhtlemise meetod, isikuomadused jms) ning jõudis tulemusele, et LO valdkonnas oli kõige suurem probleem isiklikul tasandil (48%), mil sama vastus teistes valdkondades oli u 10-12%. Sellist eristust ei ole võimalik geoloogia doktorantide uuringu tulemuste põhjal teha.

8. Kas sul on lisaks riiklikule doktorandi stipendiumile (422 €) muid sissetulekuid?

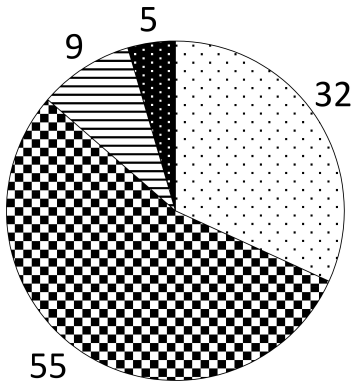




Vastusevariandi „Muu“ juures kommenteeriti: „Aeg-ajalt oli doktorantuuri jooksul ülikooliga seotud sissetulekuid.“

Ilmselt ei ela ka geoloogia doktorandid vaid riikliku stipendiumiga ära.

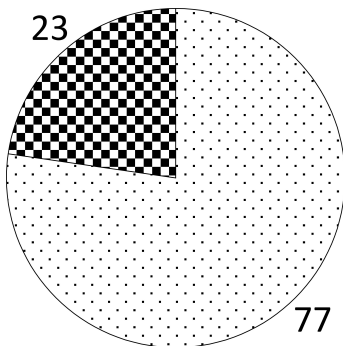
9. Kuidas hindad võimalusi välissõitude ja välisõpingute toetuste taotlemiseks?



- Väga head, palju erinevaid allikaid ja stipendiume
- Üldiselt head, kuid konkurents on tihe ja ma näen, et paljusid taotlusi ei rahuldata
- Võiksid paremad olla
- Muu

Positiivse tulemusena ilmneb, et suur enamus vastanutest peab viimaste aastate toetuste taotlemise võimalusi headeks ja väga headeks.

10. Kuidas hindad üldiselt doktoriõppe praegust süsteemi (peab avaldama minimaalselt 3 artiklit, peab võtma teatud punktide eest aineid, peab läbima aasta lõpus atesteerimise, võimalus võtta pikendusaasta jne)?



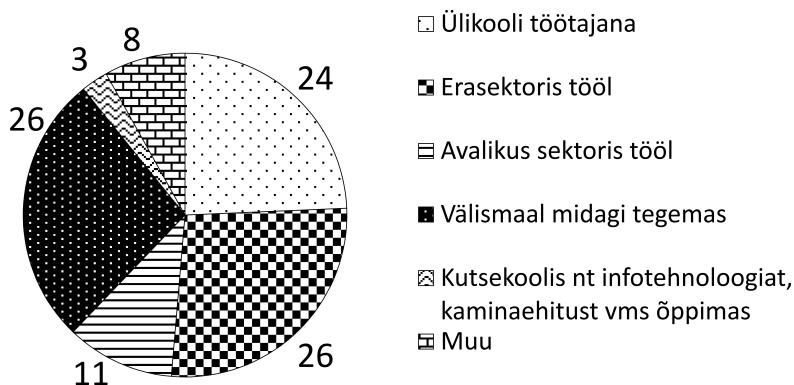
- Arusaadav ja loogiline, olen rahul
- Ei meeldi, sest...

Ei meeldi, sest:

“ainete võtmine peaks jääma madalamasse õppeastmesse”; „paneb liiga raamidesse“; „põhimõtteliselt on OK, aga ained, mida peab läbima, on üleülikoolilised ja enamasti suhteliselt kasutud“; „võiks olla natuke rohkem vabadust ainete osas“; „kolme artikli süsteem on muidu hea, aga kui alustad doktoriõpinguid uue teemaga, siis võib juhtuda, et nelja aastaga ei saa kõike tehtud“.

Pikem kommentaar kümnenda küsimuse juures: „Üldiselt olen rahul, sest selline süsteem tagab kõrgema teadmiste taseme ning seetõttu on konkurentsivõimeline ka mujal maailmas. Võrdluseks võiks tuua Läti, kus on võimalik kirjutada lihtsalt monograafia, mis aga ei läbi rahvusvahelisi retsenseerimisi ja seega ei oska öelda, kui kõrge tase seal on.“\*

11. Pärast doktorikraadi omandamist näen end... (võimalik valida mitu varianti)



(Tulemused väljendavad vastuste populaarsust)

Vastusevariandi „Muu“ juures kommenteeriti: „ei tea veel“; „oleneb tööturust“; „ma ei pea vajalikuks piiritleda oma tulevast tööd ainult oma kitsa eriala raamidesse“; „oleneb hetkeolukorrast, kuna teadusrahastus on momendil madalseisus, siis ei ole uurimisrühmal võib-olla võimalik mind edasi palgal hoida“; „olen ise endale tööandja“.

TIPS uuringus kirjutatakse, et erasektori tööandjad ei hinda doktorikraadi olemasolu, sest Eestis ei ole piisavalt suuri ettevõtteid, kellel

\* Üle-Euroopa Liiduline kõrghariduse õppekorralduse süsteemi ühtlustamise eesmärk sätestati Bologna protsessiga, millele on allakirjutanud ka Eesti. Samas põhimõtteliselt võib Eestis samuti monograafiat kirjutada, kuid realteadustes on see tänapäeval tõesti vähelevinud.

oleks võimalus ja vajadus doktorikraadiga töötajaid palgata. Seetõttu on väljaspool ülikoole suurem võimalus doktorikraadiga inimesel tööd leida avalikus sektoris (Eamets jt 2014). Meie uuringust tuleb aga välja, et kõige enam soovitakse minna välismaale midagi tegema, mis tingimata ei seostu omandatud erialaga, või tööle erasektoris (kumbki 26%). Kolmas kõige populaarsem tulevikuväljavaade on jääda ülikooli tööle ja vaid 11% kaalub võimalust minna tööle avalikku sektoris.

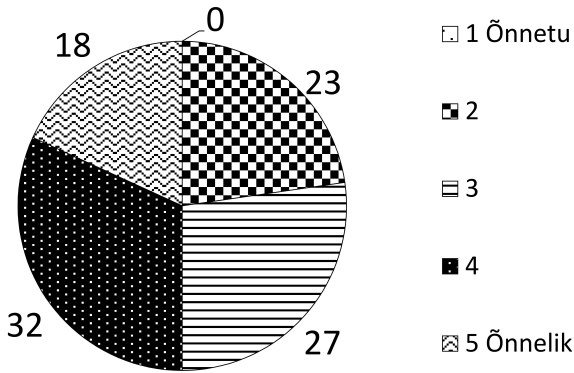
12. Jätsin või jätan doktoriõppe pooleli, sest:

“kui peaks tulema hea tööpakkumine, siis mõtlen sellele“; „tahaks alustatu ikka lõpetada ja kraadini jõuda, pooleli jätmisele ei mõtle“; „Mis alustatud, tuleb lõpuni viia, kuigi kas kogu see pingutus ka kunagi ära tasub, näitab aeg. Võrreldes oma eakaaslastega on doktorandid finantsilise poole pealt nagu fanaatikuteest asotsiaalid, ka vaid keskharidusega klassikaaslased teenivad rohkem. Õhust ja teadmisjanust kahjuks ei elata ning seetõttu ei tohiks keegi imestada, miks õigeaegseid lõpetajaid sellistes tingimustes vähe on“; „mind võeti ühe välisülikooli doktorantuuri vastu ning otsustasin selle kasuks“.

Selle küsimuse vastustest ilmneb justnagu geoloogias katkestajaid ei olekski. Faktiliselt on aga teada, et paraku mõned siiski on, siis ilmselt siinkohal need vähesed ei ole oma valikut põhjendanud või on doktorantuuriga seonduva suhtes nii leigelt meelestatud, et ei ole leidnud aega küsimustelegi vastata.

TIPS uuring toob välja, et peamised katkestamise põhjused on probleemid juhendajaga ning töölkäimine. „Katkestanutest on või on olnud töösuhte ülikooliga pisut rohkem kui pooltel doktorantidest, kuid lõpetanutest tervelt 86%-l. Seetõttu võib väita, et ülikooliga töösuhte omamine võib aidata kaasa doktorantuuri edukale lõpetamisele. Kvantitatiivse analüüsi tulemused näitasid, et suurema tõenäosusega lõpetavad nooremad, ülikooliga finantsiliselt tugevalt seotud inimesed.“ (Eamets jt 2014). Lisaks järeldati, et suurem edu on neil doktorantidel, kelle juhendajal on mitu juhendatavat. Leiti ka, et eeltoodud kahele katkestamise põhjusele järgnevad doktorandi enda vähene aktiivsus ja motiveeritus, perekondlikud põhjused ning ülehinnatud võimed.

13. Sinu üldine doktorandiks olemise rahuloluindeks (1 - olen üpris õnnetu ja stressis väike kadunud doktorandihing, 5 - olen õnnelik ja edukas doktorant, sest mu töö on rahuldustpakkuv ja põnev).



Vastanutest 50% hindas oma doktorantuuriga rahulolu pigem positiivselt (hinded 4 ja 5).

Kurb on aga tõdeda, et 23% vastanutest tunnevad end natuke õnnetu doktorandina. Need, kelle rahuloluindeks on 2, väitsid ka, et neid ei ümbritse toetav töögrupp, ning hindasid oma juhendajate pühendumist enamasti hindega 2 või 3. Samas, muude küsimuste juures vastati pigem positiivselt (infrastruktuur on hea, toetused on head, õppekorraldus on arusaadav ja loogiline, lisasissetulekud on seotud ülikooliga). Oli ka vastuseid, kus rahuloluindeks oli madal, kuid töögrupi ja juhendaja toetust hinnati kõrgelt. Seega järeldub, et enamuse õnnetute geoloogia doktorantide nigelat rahuloluindeksi taga on töögrupi ja juhendaja toetuse puudus, kuid põhjused võivad olla ka muud või isiklikku laadi, mida uuring ei kajasta.

Viimase, neljateistkümne punkti juures said vastajad veel viimase võimaluse südant puistata. Järgnevalt väljavõte saadetud vastustest:

- „Suureks mureks doktorantuuri ajal oli väike sissetulek. Ma ei saa aru, kas Eesti riigis (avaliks- ja erasektoris) vajatakse doktorikraadiga spetsialiste või mitte. Tuleviku osas on suur ebakindlus.“

- „TÜ doktoriõpe võiks olla natuke karmimalt reguleeritud. Tundub, et mõned inimesed on doktorantuuris, kuid eriti tööd ei tee ja keegi nende tegemistest midagi ei tea ja huvi ka ei tunta. Kuidagi võiks selliste tegelaste töökust ja doktoriõppe programmi täitmist paremini jälgida. Kui doktorandid on oma töös kuidagi toppama jäänud, siis peaks neid kuidagi

motiveerima või toetama. Doktorandistipendium on ilmselgelt liiga väike, et tagada usinate ja töökate tudengite olemasolu, sest nii mõnigi peab leidma lississetuleku.“

- „Minu arvates sõltub doktorantuuriga rahulolu ennekõike töörühmast, kollektiivist ja juhendajast. Kui on hea õhkkond, head võimalused ja toetav seltskond, siis on kergem motivatsiooni leida. Lisaks on üpris vajalik see, et ülikooli poolt oleks mingisugune lississetulekuallikas, sest doktoristipendium ei motiveeri küll inimesi pidevalt kohal käima ja agaralt tööd tegema. Selle raha eest väga ära ei ela, eriti kui peab nt üksinda korterit üürima.“

- Ideaalse juhendaja näitena on eeskujuks toodud prof Leito<sup>†</sup> - „kui kõigil oleks selline juhendaja, siis oleks kõigil saba rõngas ja silm säramas.“

- „Tuleviku väljavaated on tumedad. Ma pole aru saanud, kellele ja milleks doktorikraadiga inimesi (just geolooge) on vaja. Vähestele on ülikooli juures rakendust. Kuhu ülejäänud siis minna võiksid, kas peaspetsialistideks bakalaureusekraadiga inimeste kollektiividesse? Ülikoolil ja ka osakonnal peaks olema suurem vastutus, et milleks või kellele PhD geolooge on vaja. Õpetamine õpetamise pärast pole mõistlik. Koolitatud inimestel peab leiduma kvalifikatsioonile vastav rakendus, muidu on tegemist üle kvalifitseeritud spetsialistide liigtootmisega.“

- „Ei ole rahul õppekavaga. Õppekavas puuduvad innovaatilised õppeained nagu ettevõtlus-, projektijuhtimis- ja finantsalased ained. Vähemalt saab üleülikooliliselt ise oma valikuid suunata.“

- „Võrreldes välismaa ülikoolidega on suhtumine nigel. Ei võeta doktoranti kui võrdset partnerit vaid suhtutakse samuti nagu bakalaureusetudengitesse. Väljakutseid ja vastutust võiks olla/anda rohkem.“

- „Juhendamise koha pealt võiks olla rohkem kaasamist, samuti rohkem tunnustamist ja miks mitte ka aeg-ajalt kiitmist.“

- „Minu nägemus doktorantuurist oleks järgmine. Doktorandil on juhendaja, kes oleks n-ö mentori eest ja samas on doktorant ka kaasatud uurimisgrupi töösse. Järk-järgult antakse talle suurema vastutusega ülesandeid, ettevalmistades teda ise edukalt protsesse juhtima, mida ta hakkab tegema peale kraadi omandamist. Väga oluline on aeg-ajalt doktoranti tunnustada, sest tihti löövad lained pea peal kokku ja siis on raske ennast motiveerida edasi töötama ning pingutama. Peab tunnustama,

---

<sup>†</sup> Professor Ivo Leito valiti 2015. aasta õpetajate galal aasta õppejõuks. [HR]

et doktoranditoetus just tõsine motivaator pole, seega peab leidma teisi moodusi. Kui kiituse asemel saad ainult laimust, siis vähendab see töö produktiivsust märgatavalt. Efektiivsuse suurendamiseks võiks doktorandi ja juhendaja suhtlemisviisi olla arutlev ja analüüsiv, mitte aga käskiv (doktorant on ka inimene ja tulevikus võib-olla kolleeg).“

- „Soovin kõikidele saatusekaaslastele säravaid silmi ja visadust! Tee, mis valitud, on tõusude ja langustega, aga katsume rajal püsida. Kui hakkad eksima, proovi juhendaja ja sõprade abiga õige teets uuesti üles leida.“

### **Kasutatud kirjandus**

Eamets R., Tamm K., Tamm-Klaos D., Aksen M., Kärner A. ja Kindsiko E. 2014. Doktoritõppe tulemuslikkuse analüüs. Uuringu 2.4 lõppraport. Teadus- ja innovatsioonipoliitika seire programm. Tartu.

---

*Hanna Raig (hanna.raig@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

## Geoloogia, kas me saame seda piiritleda?

*Kati Tänavsuu-Milkeviciene*

Geoloogia võib inimesi paeluda mitmeti. Minul polnud geoloogiaõpinguid alustades aimugi, mida seal täpselt õpetatakse – ma tahtsin vaid dinosauruseid uurida ja maailma avastada. Tegelikuses hõlmab geoloogia palju rohkemat, kui ma esialgu arvatagi oskasin.

Igal geoloogia osakonnal on oma programm, kuid laias laastus jagunevad ülikoolid akadeemilisteks ja tööstusele orienteerituiks. Sellest tulenevalt saavad tudengid rohkemal või vähemal määral läbida ka praktiliste suundadega seotud õppeaineid. Samas ei ole kunagi võimalik pakkuda üliõpilastele haridust, mis annaks edasiseks karjääriks ideaalsed teadmised ja oskused. Ülikool ei saa kedagi veatult ette valmistada, sest nii palju kui on erinevaid töökohti, nii palju on ka erinevaid nõudmisi. Ülikool saab kaasa anda vaid avarama mõtlemise ja arusaama, kuidas oma haridust kasutada.

Akadeemilist karjääri tehes on üsna kindel, et kui oled oma teesid teinud kindlal erialal, siis nähtavasti tegeled sa sellega rohkemal või vähemal määral ka edaspidi. Tööstuses aga võetakse asja vahel vabamalt. Seda võib-olla just seetõttu, et alati ei ole võimalik kõiki vajalikke spetsialiste palgata, sest hiljem pole nendega enam midagi peale hakata. Samuti eeldatakse tööstuses, et inimesed on võimelised õppima ja ennast pidevalt täiendama. Näiteks kui teesid on tehtud paleontoloogias, siis eeldatakse, et tudeng saab hakkama kõigi bioteaduste küsimustega, sedimentoloog peab olema valmis tegelema kõigi *exploration* suuna (suund naftatööstuses) probleemidega jne. Tihti aga hakatakse töötama hoopis teiste asjadega kui varem õpitud. See omakorda annab võimaluse ennast pidevalt täiendada.

Tudengi seisukohast on oluline läbida õppeaineid, mis õpetaks küsimusi küsima ja ülesandeid lahendama. Näiteks USA-s on väga tavaline, et tööstusesse suundunud doktorikraadiga inimesed lähevad mingil hetkel tagasi ülikooli. Minu arvates on tööstuses töötanud professorid tihti paremad reaalseste probleemide püstitamisel ja lahendamisel, kuid see ei pruugi alati nii olla. Kõik on ikkagi kinni konkreetse inimeses.

Kõige olulisem on, et ülikoolid käiksid ajaga kaasas ja võimaldaksid õppida neid õppeaineid, mis panevad kindla ja hea aluse geoloogiast arusaamisele. Samuti tuleks õppekavasse lisada aineid, mis on olulised tudengite arengule ja aitavad neil geoloogiaga seotud ettevõtete probleeme paremini mõista. Kõige olulisem on mõtlemine. Alati peaks küsima, miks midagi vaja on ja milleks seda kasutatakse. Tudengina ei saanud ma alati

ise aru, milleks seda just vaja on, kuid siin peaksid ülikool ja juhendaja tudengile appi tulema. Ükski kursus ei ole vaid hea või halb. Kõik kursused võivad olla head või halvad, kõik oleneb vaid sellest, kuidas asja serveeritakse.

---

*Kati Tānavsuu-Milkeviciene (ktan@statoil.com) – Statoil ASA, Arhitekt  
Ebbells veg 10, Rotvoll, Norra*



## Raamatud, kuld ja inimesed

*Marko Kohv*

Anatoli Tšlenovi raamatu „Geoloogia piltides“ kaanel oli klassikaline maakera pilt kahendiklõikega siseehituse näitamiseks. Esiteks oli seal maakera maru väike, mis kohe kuidagi ei läinud kokku igapäevakogemusega Kesk-Eesti lõpututest põldudest ja põhjatust tiigist, mille juurde ei tohtinud minna. Igatahes ajas see esimene pilt lugema. Teiseks ei olnud maakera sees möllavad vulkaanid, ringitormavad laamad ning maapinda kärstavad värinad eesti koolilapsele igapäevane kogemus, aga seda enam olid nad ka huvitavad.

Hiljem lisandusid raamatud maadeavastajatest, eriti polaaruurijatest, mis mind köitsid. Eriti on meelde jäänud Amundseni retki käsitlev „Mees, keda kutsus meri“. Sealsed polaaralade kirjeldused ning uurijate eluolu lubasid ikka mitu korda päikesetõusu vaadata. Need ja teisedki raamatud avardasid maailma piire ning tekitasid loomulikult ka tahtmise neid ise avastada.

Kullapalavikuni jõudsin ma väikese oja kaldal vanaema juures, kus kive veeretades ning keerulisi hüdrotehnilisi rajatisi luues veetsin suurema osa oma suvedest. Jões oli igasugu kive ja ma mäletan üsna selgelt üht olulist leidu ühel hommikul. See seisnes küllalt pisikeses kivis, millel esimese hooga oli ettemääratud järjekordses tammiprojektis osaleda, kuid värskest loetud Alaska kullapalavikku kirjeldava raamatu mõjul olid mu silmad lahti ka teistele võimalustele. Ja see kivi sisaldaski kõvasti kuldkollaseid liblesid! Kivi tuli kiiresti särki mähkida, vanaisa luup konfiskeerida ning kaks päeva asja salajas hoida ja uurida. Selle aja jooksul jõudsin ka korraliku uurimisplaani välja mõelda, konsulteerides teemakohase kirjandusega. See seisnes ülesvoolu „kulla“ jälitamises, et ikka „emasoon“ kiiremas korras üles leida ning siis endale uus kassettmakk ja Soome kanaleid näitav värvitelemekas osta. Eks see plaan kasvas kiiresti, aga vanaema leidis kivi üles ja rehmas: „kassikuld“. See jättis hinge hirmsa kahtluse leiu väärtuse suhtes, aga samas jättis ka pisut lootust – võib-olla värviteleka jaoks ei jätku, aga maki ikkagi saab? Kahjuks ütles hiljem ka isa, et kivi transpordikulud ületavad tema väärtuse.

Raamatud kaugetest maadest, nende avastamisest ning loodusest lisandusid koos prillidega päris suures koguses kuni keskkoolini. Eks see jäi hingepõhja veinina laagerduma.

Keskkooli lõpus ei osanud ma edasi midagi teha ja parema idee puudumisel andsin praegusesse Maaülikooli paberid sisse. Peale eksmatrikuleerimist sellest asutusest löi vana kihelus välja ning ka geograafia osakonnas eesolev vend jagas kuulduseid vägevast väljaspool

õppekava toimuvast geoloogide ning geograafide seltskonnas. Saigi sisse astunud. See huvitas mind vähemalt esialgu tunduvalt rohkem kui õppekavasine tegevus ning nii venis esimene õppeaste 7-aastaseks. Elasin suurema osa ajast Pälsoni ühikas, kus aegajalt käisid ülikonnas, kergemas ja raskemas ülekaalus ning joobes keskealised kunagised üliõpilased kuldseid ülikooliaegasid meenutamas. Enamasti olid nad ajaloolased, meie seltskond oli aga pigem loodusteadlastest kokku klopsitud: geoloogid, geograafid, bioloogid jne.

Viimasel õppeaastal pakuti mulle geoloogi ametikohta erafirmas „Kobras“ ning peale vestlust juhataja Urmas Uriga läksingi praktilist geoloogiat tegema. Geoloogia osa seisnes suuremas osas kaevandamislubade ettevalmistuses, kuid isegi väärtuslikumaks pean ma keskkonnamõtete hindamises osalemist. See ja Urmas Uri viis kõiki asju üle küsida ning kahelda, raputas senist küllalt ühekülgset mõtteviisi ning pani selle asemel idanema arusaamise erinevate erialade vahelistest seostest. Loengutest mäletan samasugust efekti Erik Puura „Keskkonnageoloogiaga“. Keskkonnamõtete hindamisega kaasaskäivad avalikustamised demonstreerisid kujundlikult vastastikuseid mõõdarääkimisi ning tutvustasid põhjalikult rääkimisostkust midagi ütle mata.

Lõputööd läksin tegema kuulutuse peale, kus Volli Kalm ja Tiit Hang otsis „hakkajat tudengit maalihete uuringusse Pärnumaal...“. Ma vast ei vastanud päriselt esimestele ootustele „hakkaja tudengi“ osas, kuid töö sai tehtud ning jätkasin ka magistritööd samal maalihete teemal. See oli hea teema, kuna nõudis väga erinevate valdkondade põimimist: geotehnikast planeerimiseni välja. See oli ka esimene kord, mil ma hakkasin nägema arvutis rohkemat kui trükimasin või pilditahvel, sest vaja oli ka päris palju modelleerida. Siin tuleb mängu Peeter Talviste, kes uljast modelleerija mõttelendu raamidesse suutis suruda ning tegi selgeks selle tegevusharu kuldse reegli: GIGO, mis eesti keeli peaks tähendama „sitast saia ei tee“. Kui pole korralikke alusandmeid, ei tule leibagi, saia rääkimata.

Alusandmete saamiseks peab geoloog palju väljas käima või olema targem ja kasutama teiste andmeid. Igatahes meie käisime Tiit Hanguga palju väljas, tema kõrvalt õppisin ma maastikku ning setteid lugema ja Aleksandri õlut hindama. Need välitööd ja kaasujuhendamised suvises geomorfoloogia praktikumides (LISA foto 1) õpetasid ohtralt iroonilist nalja tegema ja andsid ka esimesed õpetamiskogemused. Ühtlasi said selgeks üliõpilaste heatahtlikud nipid õppejõudude joovastamiseks ebatervislike jookidega.

Magistri- ja hiljem doktoriõpingute ajal sai käidud ka mitmes rahvusvahelises suvekoolis, kus õpetajateks olid tippteadlased. Mõned tähtsamad olid soode kursus Uppsalas (Lars Lundin), ranniku- ja

lainekursus Tallinnas (Tarmo Soomere ja Terry Healy), maalihete kursus Rumeenias (Michael Crozier jt). Need olid kohad, kus pühenduti ainult ühele teemale ning õhtused jutuajamised olid samaväärsed päevase ametliku osaga. Selliste hetkede tekitamine on üks oluline oskus, mis mul siiani veel lõpuni omandamata, tüüpilise rahmeldava projektimajanduse foonil.

Esimesed suuremad isiklikud projektid sidusid mind juba soodega: Soomaal Kuresoos Eesti esimese taastamisprojekti ettevalmistus andis kontakte nii kodus kui ka lähiriikides; Selisoo uuringud Ida-Virumaal aga juhatasid põlevkivi keskkonnamõju temaatika juurde. Projektimajandus koos oma lõputu taotluste kirjutamise, aruandluse, rahastajatega vaidlemise ning “õnnetutel juhtudel” ka kõigi taotluste üheaegse õnnestumisega karastasid vaimu edaspidiseks, siiani kestvaks eluviisiks.

Üsna kiiresti sai selgeks ka see, et projektidele rahastuse saamise tõenäosuse kasvatamiseks tuleb lubada ja võimalusel ka teha asju, mida keegi teine ei tee (või tehakse vähe). Sellesama järelduseni jõuab varem või hiljem igaüks ka lihtsalt oma töö käigus. Enamus ei viitsi “jamama hakata” ning lükkavad raskemini lahendatava probleemi enamasti üldse kõrvale. Selline uudishimupõhine õppimine on aeganõudev, kuid ma pean seda võimalust üheks üliskoolielu suurimaks plussiks. Olgu selleks kas statistika, et oma andmetest ka endale ja teistele usutatavat juttu välja pigistada; elektroonika ja programmeerimine, et välitöödel igavat käsitööd vähendada (see eesmärk on ka veel muide täitmata) või droonide kasutamine, et pääseda ligi „ligipääsmatutele“ kohtadele.

Nii maalihete kui ka hilisemal ajal valdavaks saanud märgalade temaatika on oma olemuselt vägagi interdistsiplinaarsed. Nende kui keskkonnasüsteemide mõistmiseks on vähemalt mingil tasemel vaja hoomata ka kaasnevate loodusteaduste arusaamisi ning meetodeid. Nii pidingi näiteks hakkama tegelema kaugseiremeetodite õppimisega, sest sood olid niivõrd suured, et tavalise jalutamisega ei ole võimalik neid katta. Nende meetoditega tutvumine aga viis mõneti ootamatult ringiga välja paljandite fotogrammeetriliste 3D mudelite loomiseni. See võimaldab tihti lühiajaliselt lahti olevatest paljanditest kiiresti talletada ning ka hiljem ekstraheerida informatsiooni, mis varem lihtsalt kaduma läks. Kolleegidest on kindlasti olnud Argo Jõelet see, kes on täiesti hoolimatult julgustanud mind tegelema esmapilgul lootusetult kaugete valdkondadega nagu näiteks Arduino arvutite programmeerimine.

Eks uutest meetodikatest vaimustumise kõrval on olnud ka õpetlikke tagasilööke. Näiteks jõudsime Hangu Tiiduga eesrindliku varvastatistika abil saavutatud tulemuste ülevaatamisel ühemõttelisele järeldusele, et nende põhjal taandus liustik Vigala ja Pärnu vahel põhjast lõunasse. Enamasti

selgub sellistel juhtudel ikka, et viga pole mitte metoodikas eneses, vaid selle vales kasutamises.

Arvan, et ühiskonna ootused geoloogile liiguvad selles suunas, et praegu oodatakse koos maavara asukoha ja koostisega ka lahendusi kaasnevatele keskkonnaprobleemidele ning järgnevale maakasutusele. Need ühiskonna muutuvad ootused peavad mõnetise viitajaga leidma kajastamist Tartu Ülikoolis õpetatavates ainekavades, sest ega mujalt kui ühiskonnast seda tööd ja leiba ei tule. Sellega on juba algust tehtud, seda võiks teha kiiremini ning avatumalt, aga igatahes tunduvad geoloogia väljavaated mulle Eestis mõneti paremad kui veel kaks-kolm aastat tagasi.

---

*Marko Kohv (marko.kohv@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

## Kuidas minust geoloogi ... ei saanudki!

Ago Vilo

Kuna me kõik lapsepõlvest tuleme (peaaegu et alguse „standard“ taolistes mõttemõlgutustes?), siis alustan minagi **väga kaugelt**, täpsemalt 1933. aasta sügisehakust, Tallinn-Kopli tagumise otsa kahekorruselisest elamust keset aeda, millest sada meetrit ühel pool oli Tallinna kunagi kõige ilusam ja intiimsem supelrand ja teisel pool tollase Tehnikaülikooli peauks. Mõlemad asjaolud on mu elu tugevalt mõjutanud. Maja kõrval asuv park sageli lausa kihas tudengeist ja mere kaldalt oli nii mõndagi huvitavat leida, eriti tohutust kivide valikust. Ka üksjagu piirkonnas liikuvaid tõsiseid härrasmehi mõjutasid väikemehes kujunevaid arusaamu maailmas tähtsast asjadest. Rääkimata tudengite imelike asjapulkadega geodeesiaprakside salapäraestest asjaajamistest pargiteedel.

Naabrimehe olevat ma väikse jõmpsikana puukuuris ette võtnud: „Ütelge, palun, kas Teie oletegi professor?“. Vastus kõlanud: „Nii nad mind sageli tänitavad jah!“. Hilisemad uurimused keskkooli päevilt, ka vanemaid küsitledes, ei välistanud, et tegemist võis olla Artur Luhaga, kelle raamatu olin hiljem kusagilt kätte saanud ja ülima usinusega läbi uurinud. Aga veel varem, ilmselt 1940–1941, olin läbi tudeerinud algupäralt ameeriklaste geoloogia aimeramatu tõlke eesti keelde (läbi vene keele?), mis läks nii sügavale, et tekkis konflikt 1941. aasta hilissügisel algkooli esimeses klassis usuõpetuse tunnis seda läbiviinud kohaliku kõstriga („Maailm tekkis ju hoopis teisiti kui Teie räägite?! – **SELLES** raamatus on kõik kirjas“). Vastu sain peasilituse ja kiituse, et taolisi raamatuid loen, aga ka õpetussõnad, et **tema tundides** tuleb siiski asju käsitleda nii, nagu piiblis ja muudes tähtsates raamatutes (!) kirjas. Teisisõnu: juba varakult tehti selgeks **kompromisside** vajalikkus.

Hubase plaazi, kus pikki päevi askeldasin (kodukandis hüütud mind blondiks neegriks), asendas elukoha vahetuse järel Neeme tänavale hoopis teistsugune Kalevi pataljoni reeglina pea inimitühi rand. Märksa suuremana – umbes viieaastaselt – pühendusin seal peamiselt „sadamaehitusele“. Kalevi pataljon, Vabadussõjaaegse Kalevi Maleva vähendatud pärija, kus mõlemad mu vanemad teenisid, asus enne sõda Lastekodu metsa ja Paljassaare lahe vahel, Neeme tänavast Kopli liinideni. Augustis 1941 Tallinnast põgenedes pistsid punaarmeeelased need hooned põlema, palju hiljem ehitati vabale alale sportlaevade tehas. Muide, 1940. aasta juunis piiras Punaarmee neli päeva **enne** „rahvaülestõusu“ algust Kalevi pataljoni sisse ja lõi ta veidi hiljem Tallinnast hoopis välja, Paidesse, nn „ümberformeerimisele“. Aga see on juba hoopis teine jutt, vägagi huvitav, ainult et siia mitesobiv.

Võitjad/“vabastajad“ tegid lõpu ka mu lapsepõlve esimesele supelrannale: okastraat tõmmati ümber ja sinna rajati piirivalvelaevade sadam, mis tegutseb vist senini, ka taasiseseisvas Vabariigis.

Pole tegelikult ammu sealkandis vaatamas käinud, nii kurb on tänase Kopli pilt tervikuna. Seda võrdluses sõjaeelse peaaegu et miniparadiisiga, ja mitte ainult lapse arvates – rahulik, **puhas**, absoluutselt turvaline. Sellest kõigest on üpris vähe järele jäänud, mis tõukabki eemale. Ja veel ühel kombel seksusid „külalised“ mu ellu – olin koolis üleküpsenu. Nimelt pidi minust 1940. a sügisel saama „kustiaadu“ ehk hilisema 1. keskkooli, tänase Gustav Adolphi Gümnaasiumi õpilane, aga segased ajad ja asjad, kaasa arvatud Paidesse peaaegu et deporteerimine, liikkasid kooli alguse minu jaoks alles 1941. aasta septembrisse. Seetõttu olin Piiteris Mäeinstituudis vene õpingukaaslaste enamusest kaks aastat vanem (Vene kool kestis toona 10 aastat).

Ei tahaks eluloo detailidesse liigselt süveneda, sest palju sellest on kirjas nii kunagiste eesti tudengite mälestusteraamatus Piiteri päevadest ja piiterlusest (vt. artikli lõpust) kui ka eelmise aasta novembri lõpus ilmunud „Järva Teatajas“, seoses Paide Realgümnaasiumi juubeliga. Pealegi on sõjakoledest ning sõjajärgsete aastate julmusest nii palju räägitud/kirjutatud, et praegune jutt võiks nende suhtes tagasihoidlikumaks jääda.

Küll tuleks aga üles võtta „vene teema“ mu elus. See oli vist Paide Keskkooli (tookord veel algklassideta – algas kaheksandast) teises ehk üldnumeratsioonis üheksandas klassis, kui avastasin, et praktiliselt pole enam suurt midagi lugeda. See lõppkokkuvõttes viiski venekeelsete aimeraamatuteni – neid oli juba kohalikus, põhiliselt ikka veel eesti väikelinna raamatupoeksi lademes, tarbijaid aga imevähe, mis valiku suurepäraseks tegi. Nende seas oli üksjagu ka geoloogia-alaseid, mis silmaringi jalgealuse suunas märksa laiendas. **Passiivne** vene keel (lugesin pidevalt ka tellitud vene lehti) ulatus aga lõpuks sellise tasemeni, mis lubas mitte ainult venekeelseid sõnumeid ajakirjandusse saata (taskuraha!), vaid ka edukalt ületada esimene tõke Mäeinstituudi lävel – venekeelse kirjandiga hakkama saada. Kõlab anekdoodina, aga tudengikandidaatide nelja rühma kohta, kes koos kirjutasid, oli mul ainuke viis. See toetab teooriat, et suurtel rahvastel on sageli suuremaid raskusi oma emakeelega kui väikestel. Tohtu spordivaimuga Paide Keskkoolist aga veel seda, et kaheksandas alustasime kahe paralleeliga, umbes 70-kesi, lõpetas aga vaid 28! Valik või sõel missugune. Tegemist oli eestiaegse realgümnaasiumiga, õpetajate koosseiski sama, kus nõuded olid oi kui ranged. Aga õppimise kõrval jõudsimme väga palju muudki teha.

Mis üldse Mäeinstituuti puutub, siis sinna läksin ma ühelt poolt Punaarmee eest põgenedes (Paide sõjakomissaril oli kinnisidee mind kas

sõjakooli saata või sellest keeldumisel suunata karistuseks kas kolmeks aastaks maaväkke aega teenima või koguni viieks mereväkke; arvestades polkovniku viha mu äraütlemise pärast tundus viimane variant tõepärasem), teisalt aga tõesti maasiseste asjade suhtes küllalt suure huvi pärast. Selles osas valisin mind lahkelt vastuvõtnud dekaani abil välja insenergeoloogia (tollase terminoloogia järgi!), mis tegelikult polnud midagi muud kui geotehnika, ainult et see termin oli Venemaal tookord küberneetikaga samal pulgal: **kodanlik vääртеadus!**

Hiljem oli osa vene kolleege, mu enda õppejõud kaasa arvatud, mu peale väga tigidad, kui termini “geotehnika“ Eestis 60-ndate keskel käiku lasksin („milleks see **tarbetu** Lääne nimetus?!“). Tegelikult sündis see juba 20. sajandi algul, tähistamaks ehitusajanduse seda osa, mis on seotud aluste-vundamentidega ning ehitiste keskkonnaga maakoos (näiteks tunnelite vms puhul). Rootsi Riigiraudteede geotehnika lõppraport I maailmasõja algusajast on eriala **klassika**, esimene suurem dokumentatsioon, mis käsitles raudteetammide aluste ning süvendite nõlvade püsivust. Esimene tõsine teedrajav monograafia („Die Erdbaumechanik“) ilmus aga Prahast sündinud Austria pinnasemehaanika spetsialisti prof Karl Terzaghi sulest 1925. aastal. Hiljem naturaliseerus ta USA-s ning on üldtunnustatult loetud maailma geotehnika suurimaks alusepanijaks.

Ma ei tea, kas kõike eelnenut ainult „sissejuhatuseks geoloogiasse“ lugeda võib, aga praeguse artikli/teema kontekstis oleks vist küll ülim aeg **Eesti geoloogia** koos meie geoloogidega käsile võtta. Õppimise tõttu Peterburis olid mõlemad mulle peaaegu võõrad, kui 1957. aastal „Eesti Tööstusprojekti“ tööle asusin. Peaaegu selle tõttu, et vanaaegkonna stratigraafiat Kambriumi Devonini tutvustati Mäeinstituudis just Eesti kaudu, pealegi vanade saksa nimedega, mis paljudel keelt murdma kippus. Selle peale tõstsid õpingukaaslased häälekalt protesti: miks nii palju ja miks nii keeruliselt? Vana professor muigas: „Teate, Eesti on väike maa, aga seal on palju geolooge, mistõttu nad oma geoloogilist läbilõiget aiva täpsustavad ja detailsemaks arendavad. Nii et – õppige aga ära!“

Eesti geoloogiaga oli mul Piiteris tegelikult veel üks kokkupuude, juba esimesel kursusel paleontoloogias. Prof. Nalivkin lükkas mulle eksamil lisaküsimusena ette ühe käsipala, mille eluka kohta teadsin vaid niipalju, et on küll mitme teisega sarnane, aga et teda saab eristada **põlevkivi** kaudu, ainult millest loomakest leitakse. Seetõttu vastasin välgkiirelt. Õppejõud küsis, kuidas nii kiirelt kohe tean? Selgitasin, et eestlasena olen tolle kildaga aastaid isegi ahju kütnud, jumala tuttav värk. Selle peale professor imestas, et kas ma polegi siis poolakas, nagu tema arvanud?

Nali naljaks – ehkki see kõik on jumala tõsi. Aga Eesti geoloogide poole hakkasin häbenemata pöörduma oma teadmatuse korvamiseks juba

varsti peale töö alustamist Eestis, 1957. aastal. Algul hakkasin külastama lähimana Geoloogia Instituuti, varsti värvati mind aga ka LUS-si ja geoloogia seksiooni. Samuti ei unustanud ma TÜ kateedrit ega GI rahvast 1961. aastast ehitusgeoloogia, 60-ndate keskpaigast aga geotehnika alastele ettevõtmistele aktiivselt osalema kutsuda. Hakkasime üksteist järjest paremini tundma, mõistma ka.

Nii polnudki see päris üllatav, et 1969. aasta septembris tollane TÜ kateedrijuhataja Arvo Rõõmusoks just minu kui Ehituskomitee Geotehnika Komisjoni eestvedaja juurde pöördus, kui häirekell kõlama hakkas: „Ülikooli geoloogiaõpet tahetakse üldse lõpetada! **Mida teha?** Ega järsku ehitusprojekteerijad saaks Ülikoolis väljaõpetatavaid spetsialiste kasutama hakata? Mida TÜ selleks tegema peaks?“

Professori auks peab tunnustama, et ta andis mulle edasiseks täiesti vabad käed. Nii koostas ehitusgeoloogia õpetamiseks vajaliku õppekava ja erinevate õppeainete programmid ning nende alusel läks kohe ka õppetöö lahti. Asi oli keeruline: tulevastel spetsialistidel puudus tähtsaim – inseneri algharidus. Kuigi juba ammu oli Tartu Ülikooli geoloogide dokumentides „geoloogiainsenerideks“ nimetatud, polnud nad vastava alushariduse puudumise tõttu tegelikult hoopiski mitte insenerid; tegemist oli lihtsalt bürokraatiaprobleemiga paberimajanduses. Probleemi olemasolu oli selge, lahendusvõimalused algul mitte eriti.

Kuidagimoodi tulime siiski toime: lisaks ehitusgeoloogia eriainetele (pinnasemehaanika, pinnaseteadus koos teimimismeetoditega, ehitusgeoloogilise uurimise meetodika ja Eesti geotehnika kokkuvõtva ja õppetööd lõpetava laia diapasooniga aინena viimasel kursusel) tuli tulevastel spetsialistidel hakata mõõtu võtma ka teoreetilise mehaanika ning ehituse üldprobleemidega – mõlemad ained usaldas in oma kolleegidele kas ehituse valdkonnast või siis TÜ-st endast (teoreetiline mehaanika – koguni vastav kateeder oli Ülikoolis olemas, otse geoloogide naabruses). Vaja olnuks tegelikult paljut muudki, aga õppeprogramm polnud kummist ja sellises lähenemises oli vähemalt miinimum tagatud. Eriainetes kandsin õpetamise põhiraskust algul ise, alates üldehitusgeoloogiast, mis 3. kursusel kõigile geoloogiat õppivatele tudengitele **kohustuslikuks** sai, seda väga lihtsal põhjusel: elu oli näidanud, et kaadrinappuses (ehitus ja vastavalt siis ka projektimine koos pinnaseolude uurimisega hakkasid pidevalt laienema) sattus ikka-jälle ehitusuuringutesse tööle ka geolooge, kel ehitusgeoloogias puudusid igasugused eelteadmised. Esimesed nüüd juba vastavad algteadmised saanud geoloogid lõpetasid 1971. aastal. Ehitusgeoloogiale oli spetsialiseerunud (pidid algul eriala omandama kahe aastaga, edaspidi kulus selleks kolm) koguni kaheksa inimest ehk see oli kõigi aegade suurim ehitusgeoloogide lend. Täpset arvu pole kokku võtnud, oli ka katkestanuid, aga kokku said kuni 90-ndate keskpaigani (siis tegi töö Välisministeeriumis



õpetamise TÜ-s mulle lõplikult võimatuks) ehitusgeoloogiaalase ettevalmistuse üle 60 spetsialisti, mis Eesti jaoks oli ja on praegugi veel igati piisav. Muide, paljud ehitusgeoloogid suundusid hiljem muule tööle, eriti suure languse ajal ehituses 80-ndate lõpus.

Siinkohas oleks kohane anda väike ülevaade insenergeoloogide ettevalmistamisest Peterburis Mäeinstituudis. Õpe tugines neljale sambale: üldinsenerlik ettevalmistus koos spetsialiseerumisega mäeinseneri suunale, geoloogiaõpe, ehitusajandus ja insenergeoloogia põhitõed. Paar korda üritasid „puhtad geoloogid“ nende arvates **liigse** vastu mässu tõsta, aga see suruti rangelt maha, põhjalikult lahti seletades, **miks** üks või teine asi vajalik on.

Räigeim kokkupõrge toimus ses osas masinadetailide loengul, kui üks „padugeoloog“ küsis otse, miks **seda** veel üldse vaja on? Õppejõud ei olnud tasemel, kohmas vaid, et „eksam on vaja ära teha“ (tegelikult on ju geoloogidelgi üksjagu tegemist masinate-mehhanismidega, nii et küsimuse esitaja oli omamoodi totu, aga küllap tal oli eelnenud teoreetilisest mehaanikast kõrini saanud ja seetõttu närv üle viskaski). Varsti andis ta aga tõsise vastulöögi: meie suuna neljast õpperühmast jättis esimesena tules olnu „lahinguväljale“ ligi kolmandiku oma koosseisust. Järgmine – „vaid“ neljandiku. Meist, kolmandaina tulle läinuist, õpetatuina eeltoimunust, kukkus läbi ainult viiendik. Skandaal instituudis oli aga tohutu ja ulatus kaugele üle teaduskonna piiride, sest üldjuhul oli geoloogiateaduskond õppetöös Mäeinstituudi kaheksa teaduskonna seas üks tugevamaid, keskmiste näitajatega võib-olla ainult tsipa maas geofüüsikuist.

Vast peaks siinkohal veidi rääkima ka Mäeinstituudist üldse – sellest „Tema Keiserliku Kõrguse Mäekadettide Korpusest“, Venemaa vanimast tehnikakõrgkoolist. Selles taotleb kirglikult esikohta aastakümneid hiljem tegevust alustanud Peterburi kuulus „Puteika“ ehk teedeinseneride kõrgkool, mis omal ajal ka Eestile spetse andnud. Aga fakt jääb faktiks: „Korpuse“ sünniaastat 1773 ei anna kuidagimoodi vaidlustada, instituudi 200. aastapäev oli üle Venemaa piiride ulatunud sündmus. Ehitusgeoloogiainsenere on instituudis ette valmistatud üle kolme tuhande, just minu ajal olid selle suuna suurimad kursused – koos „sotsialismileerist“ õppima suunatutega 120–130 tudengit igaihes. Selles osas jäävad samuti ehitusgeoloogiainsenere õpetanud nii Moskva Geoloogiauuringute Instituut kui Sverdlovski/Jekaterinburgi Mäeinstituut võistlejatena kaugele maha.

Kõrvalepõikeks: Sverdlovskil on mu isiklikus elus oluline koht. Just enne sõja algust jäi Punaarmeele suunatud isa raskesti haigeks ning lebas vanas Eesti sõjaväe Keskhaiglas Tallinnas Juhkentalis, mis kümnekonna päeva pärast Nõukogude Liitu, just Sverdlovskisse evakueeriti. Sinna samasse evakueeritud Leningradi spetsialisti käe all tegi isa läbi tõsise operatsiooni, oli hulk aega veel haiglas ja sanatooriumis. Ravi lõppedes

suunati ta teenima äsja loodud Eesti korpusesse. Üle noatera õnnestus tal järgnenus „õigel poole!“ (oleneb sellest, kuspoolt vaadata!) võideldes isegi ellu jääda, aga mitte aru saades pärast sõda toimunud Korpuse osalisel demobiliseerimisel alanud sunnist „lõpuks ometi liituda kuulsusrikaste ridadega“, tegi ta oma 25-aastasele sõjaväeelule lühikese, kuid otsustava lõpu. Meid emaga – Paidesse mahajäänuid – lohutas aga naaberkorterisse elama asunud Saksa pioneervägede ooberst, vist Leipzigi, aga võibolla ka Dresdeni tehnikaülikooli professor (see oli **nii** ammu, täpselt enam ei mäleta): „Ärge muretsege, küll me teie isa Venemaalt koju toome!“ Esimesi andmeid isa kohta hakkas tulema alles 1943. aasta suvel – teadsime, et Velikije Luki lahingute ajal oli ta veel elus.

Tagasi Mäeinstituudi juurde pöördudes tuleb kõigepealt mainida, et see oli **karm värk!** Juba esimesel kursusel hakkas töö kohe pihta kuuapäevase õppetööga nädalas, **igas** kaheksa tundi loenguid-seminare. Sellele lisandusid harjutustööd ja koduülesanded geodeesias, tehnilises joonestamises, kõrgemas matemaatikas (seda õpetati **neli** semestrit!) ning kujutatavas geomeetrias (geoloogile vajaliku oskusena viimases kõrvus aina kõlmas õppejõu sõnad: „Noored inimesed elavad küll ruumis, aga vaat näha/kujutada teda nad lihtsalt ei oska!“).

Sellele kõigele lisandusid eksamid: talvel neli, kevadsessil aga esimesel kursusel (!) juba kaheksa tükki järjest. Need tegid juba talvisel sessil põhilise puhastustöö, eelkõige medalitega õppimasaanute seas, sest **need** tudengid lihtsalt ei osanud õigel ajal õppetöösse täie jõuga lülituda – kui taipasid, oli paljude jaoks juba lootusetult hilja. Pealegi olid suure Venemaa eri otstes täitsa ilmselt medalite taga väga erinevad sisud. Meile, läbi kaheksa sisseastumiseksami tulnuile, pealegi konkursis kaheksa (!) võistlejat kohale, oli aga mõni päev hiljem täie tempoga jätkamine juba harjunud värk, peaaegu kõik pidasid vastu. Tõsi – 2.–3. kursusel võib-olla kümnekond kaaslast suundusid mujale, kui olid aru saanud, et ehitusgeoloogia polnud ikkagi nende geolooginatuuri jaoks. Nii mindigi üle Instituudi sees mõnele teisele alale, valdavalt ikka geoloogias või geofüüsikas. Kuna üldjuhul oli tegemist tugevate õppijatega – nõrgad olid juba ammu välja lennanud, siis Instituudi võimud selliseid üleminekuid tavaliselt ei takistanud. Nii üritas igaüks oma õnne leida.

Vast peaks siinkohal ka endast veel veidi kirjutama. Üldjuhul **pidanuks** minagi medaliga õppima saama, aga keskkooli lõpus läks midagi nihu (ise arvasin hiljem, et küllap olin kusagil kellelegi liiga teinud – aga seletada mulle seda keegi ei tahtnud). Kirjandiga läks halenaljakalt: just selle läbivaatamise ajal saabus kooli kontrollima keegi ministeeriumitädi, kes suvatses märkida, et kirjand on küll tore, õige sisuga ja ka veatu, aga et neid laiendatud liitlauseid (saksa keele mõju?) on justkui liiga palju. Kooli juhtkond lõonud põnnama ja otsustas igaks juhuks (!) – ajad olid karmid ja

„ülehindamine“ oli ministriumis silmis oi kui paha värk – ühe hinde maha tõmmata. Ja veelgi koomilisem oli lugu matemaatikatööga: selles olnud üks **trükiviga**. Mis muud, kui hinne alla! Ülejäänud üheksa lõpueksamit olid küll kõik viied, aga parandamatu kahju oli juba sündinud. Ja nii ma saingi küpsustunnistuse – kõik viied, mille peale Mäeinstituudis suured silmad tehti: kus on medal? Kui asja selgitasin, siis ohati kaastundlikult, märgiti ka, et **sellist** asja pole nad kunagi varem näinud.

Nii ma siis sukeldusin võõras keeles sisseastumiseksamitesse. 40 võimalikust lõpetasin 38 punktiga: pärast platsipuhastust kirjandiga pandi mulle suuline armu pärast neli („rohkem me lihtsalt ei tohi!“ – mul puudus ju igasugune vene keele kõnelemispraktika) ning ühes **kolmest suulisest** matemaatikaeksamist – ei mingit mõtlemisaega duellis õppejõuga! – tegin kogemata vea sisse ning nii see punkt lendaski. Keemia oli nohu, füüsikas õnne uskumatul määral (sattusin optiku kätte, keda elus kõige enam huvitas kiirte käik läätsedes, mina olin aga koolipäevil oma fotokatele igasuguseid lisaläätsi ja -objektiive konstrueerinud, nii et...) noh ja inglise keel... Keeltega on venelased kogu aeg puid-maid jaganud ja sel foonil paistnud mina eredalt silma, eksam kestis vaid mõne minuti ja oligi tehtud.

Seejärel läks elu aga tõsiseks: 38 punktiga jäid pooled välja! Õnneks olin tähttähelt täitnud Instituudi sisseastumiseõnudeid – spordijärkude tunnistused kaasa! Ja kui Paide „Kalevit“ – topetkalevlane nagu ma olen, sündinud Kalevi pataljonis ja „Kalevi“ liige algkooli lõpust senini – puistama läksin, siis selgus endalegi suureks üllatuseks, et neid järke oli mul vormistatud, kõiki reegleid järgides, tervelt 14 spordialal, alates 1. järgust suusatamisest ja lõpetades 5.-ga males (selles enamaks ei jätkunud lihtsalt aega, teised spordialad, eelkõige kergejõustik/jooksud, korvpall ja laskmine /militaristlik tagapõhi!, isa ründas enne sõda Eesti rekordeid/surusid nii tugevalt peale). Vastuvõtukomisjoni esimees oli aga meistersportlane kergejõustikus ja tema oli ütelnud lühidalt, et **see mees** saab välja jääda **ainult** üle tema laiba. Nii minust „geoloogia“tudeng (jutumärkide seletus tsipa allpool) saigi, Paide sõjakomissari suureks vihaks, sest Mäeinstituudi peale ei hakanud toona isegi mitte Punaarmee Kindralstaabi hammas, mingist kauge provintsi sõjakomissarist rääkimata. Mees uuris pakse paberivirnu ja andis seejärel mulle sõna lausumata nii kutsealuse tunnistuse kui arvelt mahavõtmise tõendi kätte, mis ei tähendanud muidugi lõpparvet punaväega, aga seegi on „suurtükiväe kapteni“ minevikust hoopis teine, siia mittekuuluv jutt. Mis aga Mäeinstituudi sporti puutub, siis see oli igati tasemel: juba teaduskonna korvpallimeeskonnas oli koguni kaks meistersportlast. Ja sellised asjad ei käinud sugugi vaid ühe ala või teaduskonna kohta.

Vastavalt õppetöö kulgemisele hakkasid ka „sihid selginema“. Alguse üldtehniliste ainete ülikülluse kõrvale (neli semestrit kõrgemat

matemaatikat, kolm paksu raamatut füüsika üldkursuses, oma poolteist tuhat lehekülge kindlasti, ootamatult huvitavaks osutunud kujutav geomeetria – üks vanem eesti tudeng geoloogide seast teenis endale koguni taskuraha internaadis esmakursuslastele lausa ludinal ülesandeid lahendades, hädalistest oli vahel terve järjekord koridoris – oma loogilisuses üliarusaadavaks osutunud teoreetiline mehaanika jne; ainult keemia jäi ootamatult napiks, eriti orgaanilise keemia osas soovitati vaid keskkooli õpik veelkord üle lugeda; põlevainemaardlaid tudeerivate jaoks oli asi loomulikult teine) hakkas nagu küllusesarvest sadama geoloogia põhiteavet: Maa üldgeoloogia, kristallograafia, kristallooptika, mineraloogia (õppejõud olevat oma doktoriväitekirjas põrmustanud Fersmani pegmatiiditeooria!), petrograafia (neli semestrit!), ajalooline geoloogia, struktuurgeoloogia jne. Lisaks praktikad: 1. kursusel Peterburi ümbruses tutvumine kihtidega Kambriumist Devonini ja 2. järel Krimm, tuttav ka tartlastele.

Pärast kolmandat kursust pakkus struktuurgeoloogia kateedri juhataja mulle tööd Ida-Kasahstanis: Zaissani järvest loodes asuvate Kalba mägede 200x200 km kaardilehe koordineerivat (üle)kaardistamist. Alal olevat tegutsenud juba enne sõda oma pool tosinat ekspeditsiooni, mille loominguks kippus eredalt esile peamine: kaartidele pandu ei läinud omavahel mitte kuidagi kokku. Nii me siis raskekahurväega ehk kateedri juhatajaga eesotsas sinna suundusimegi. Ekspeditsiooni löögijõus olid üks auto ja 1+1+2 geoloogi elik boss, üks aspirant ülikoolist ja kaks kolmanda kursuse järgset tudengit – minu kõrval veel üks poiss samuti Peterburi Ülikoolist, kellega sündis sõprus peaaegu kogu edasiseks eluks. Ta pärines pärast Peterburi blokaadi väga hõredaks jäänud kõrgintelligentsist, kelle kodus võeti mind alati vastu kui kadunud poega. Poisi isa – suure tuntusega bioloogiaprofessor – oli korduvalt käinud ka Eestis, kus mitmeid ta raamatuid trükiti. Ta sattus siin sageli tõsisesse konfliktidesse äsja sissesõitnud „kaadriga“: „Mida eestlased venelastest arvama peavad, teie käitumist nähes?!“ Paar korda ulatanud asi isegi miilitsani, aga mehe renomee oli ikkagi selleks liiga kõrge, et võitluses vene rahva au eest alla jääda.

Ütelge ise, mida noore (pool)spetsialisti hing selles kõiges veel tahta võis. Eriti kui arvestada, et 4. kursusel olin omamoodi suur boss: Instituudi mäemuseumis oli mul oma väike töötuba, võti kindlalt taskus. Rühmakaaslased olid kadedusest rohelised. Tegelesin selles ruumis aga stereomeetriaga (salajane töö!), dešifreerides lennufotosid suvisest 40 000 km<sup>2</sup>-st, struktuure taga ajades ja neid kaardilehele sobitades - stereoskoopiliselt olid nad enamasti väga hästi nähtavad. Peale kõige muu kukkusid sellest tööst taskusse ka täitsa ostuvõimelised rublad. Blokaadiõuduste järel oli Leningrad esmavarustatud linnade seas, pea kõike

oli juba poodideski saada. Esimeses ühiselamus Vassili saare Malõi prospektil oli peale selle küllalt odav turg lausa ukse all, üle tänava. Nii et tudengielus polnud praktiliselt millestki puudu, hakkama said isegi vaid stipist elavad – see algas vanas rahas 395 rublast kuus ja lõppes viimasel kursusel peaaegu 500 juures. Siiski käisid paljud ka tööl, peamiselt vaguneid laadides/tühjendades.

Endale oli väikseks lisatasuks veel teenustöö ühele maavarade kateedri professorile, kes hankis kusagilt Kanada mäendusajakirju, ainult et ise neid lugeda praktiliselt ei suutnud. Nii lasigi ta mul huvitavamaid artikleid tõlkida, mille kaudu ka ise üksjagu lisateadmisi hankisin. Muide just Kanada nn „õliliiivadega“ sain ma sel viisil esimest korda tuttavaks. Ja tasus professor väga korralikult.

„Kena keik“ nagu tuttavas filmis öeldi, aga vastavalt sellele, kuidas õppekavva hakkas järjest enam ehitust ja ehitusgeoloogia alast teavet sekkuma, kasvas ka huvi lõpuks ikkagi geoloogialt ühe juba kindla suuna, sisuliselt geotehnika poole (ehkki teda toona nii ei nimetatud). Olgu siinkohal selgitatud, et diplomisse kirjutati meil „mäeinsener insenergeoloogia ja hüdrogeoloogia alal“, mille kohta pärast vene tippkolleegid ütlesid kas „um za razum zahodit“ (*aru kaob mõistuse taha ära*) või ka „bez pollitra ne poimjosh!“ (*poole liitri viinata aru ei saa*).

Tegelikult olid meil ehitusgeoloogia põhisuuna kõrval juba esimesest kursusest olulisel kohal ka hüdrogeoloogia valdkonda kuuluvad ained, alates hüdromeetriast ja hüdrodünaamikast ning lõpetades suurehitiste, eelkõige hüdroelektrijaamade veeprobleemidega. Vesi on ehitusgeoloogias/geotehnikas üldse väga tähtsal kohal, eriti meil Eestis, kus pinnaseveetase reeglina kõrge ja sellest ehituses probleeme väga palju. Ka oma õpikus pühendasin veele olulise alapeatüki, samuti oli veest palju juttu õpet kokkuvõtvas Eesti geotehnika kursuses.

Kirjapandusest johtuvalt läksid lõppkokkuvõttes me õpperühmad neljanda kursuse järel praktiliselt peaaegu pooleks: tootmispraktika määras suuresti noore spetsialisti edasise saatuse. Millegipärast tahtsid hüdrogeoloogia õppejõud mind kangesti endi poolele tõmmata, pakuti igasuguseid ahvatlevaid variante. Ajasin vastu käte-jalgadega. Kõige olulisemat lahingut jälgis kerge muigega juhuslikult kõrvalt keegi tundmatu mees, hetkel kateedri külaline. Pausi ajal kutsus ta mu enda juurde, tutvustas end ühe Leningradi sõjaväe projektimisinstituudi peainsenerina ja pakkus käigult huvitavat tööd Gremihha kalasadamas (meenutage „sadamaehitust“ lapsepõlves Kalevi pataljoni rannal!) Koola poolsaare kirdetipus. Kalasadam osutus muidugi tulevaseks aatomallveelaevade baasiks, töö aga selliseks nagu pakutigi: tulevaste ehituste aluste uurimine nii tundras kui akvatooriumil (tõusu-mööna vahe kuni 6 meetrit!). Nii sündiski kahe instituudi seinte vahel lõppkokkuvõttes mu diplomiprojekt

„Kalasadama laiendamisest N. asulas Koola poolsaarel“. Läbielamised Koolas ja selle ümbruses jätkaks kõrvale: formaalselt võrdsustati mind leitnandiga, toideti kaugetes/isoleeritud väeosades ohvitseride sööklais nagu kuninga kassi, 1,1 rubla eest päevas! Ja niigi korralikule palgale arvati veel 50% juurde ka – põhjaalade koefitsient!

Tööjõuks oli kasutada/käsitada ehituspataljonist üks jagu pluss paar puurmeistrit projektimisinstituudi ekspeditsioonist, seda peamiselt tööks akvatooriumil. Sain hakkama, ehkki vintskeid vendi oli selles seltskonnas üksjagu. Kui oktoobri lõpuks Piiterisse tagasi jõudsin, siis imestasin, miks inimesed tänavail end nii sisse on pakkinud? Ise liikusin veel mõnda aega vaid pintsakuväel ja sellegi hõlmad laiali.

Muide Nevskil saime slovaki sõbraga saabumist tähistama minnes juhuslikult kokku Soome turistidega – just siis hakkas neid järjest rohkem käima. Asja kutsuti tähistama nende hotelli sealsamas nurga taga. Eelmised sidemed Soomega pärinesid mul sõjajärgsest ajast: Eesti ja Soome sõjaväelased käisid sageli teineteisel külas. Ühelt selliselt reisilt oli isa mulle koguni Soome lasteajakirja tellinud, lisaks kodusele „Laste Rõõmule“. Nüüd sain aga varsti uues ühiselamus (Vassili saare lõpus Shkiperkal) postkasti Väinö Linna „Tundmatu sõduri“. Nii toll kui KGB magasid selle tookord keelatud raamatu ilmselt maha ja küllap olid hetkeks umbes ka traadid soomlaste tuppa, kus kaks tõsist soome meest eestlase ja slovaki pidu panid ja rääkisid – asi jäi järelmiteta. Koju me igatahes lõpuks saime, ainult et järgmisel hommikul vibutas valvuritädi all ühika ukse juures meile näppu ja kommenteeris: „Ohh või moi dorogije bezobrazniki!“

Ja vist ongi aeg Piiterist koduradadele tagasi tulla – vaid üks sealse elu tahke, mis mind hiljem vägagi mõjutanud on, tuleks siiski veel lahti rääkida. Selleks osutusid „sotsialismileeri“ tudengid Euroopast, hoopis teist masti rahvas kui venelased, enamuses meie eestlastega praktiliselt samade vaadete ja maailmatajuga. Minu rühmas õppisid kaks poolakat, kellest ühest sai sõber eluajaks – temaga suhtlemisest pärineski paleontoloogi ettekujutus minust kui poolakast. Edasi tulid saksa poisid, kellega läbikäimist hõlbustas eelkõige keeleoskus. Vahel sai nendega lausa nalja – kui eestlased „Vanu sõpru“ laulma hakkasid, siis sakslased kahvatusid: fašistlik laul! Neil SDV-s oli see kategooriliselt keelatud. Vaatasime neid kui hullumeelseid, ajuloputuse sügavuse pärast juba vaid seitse aastat pärast sõda. Tšehhid hakkasid mind aga oma kaasmaalaskonna ettevõtmistele kutsuma ja selles keelasin neil kategooriliselt minu pärast vene keelt rääkida. Lõppkokkuvõttes tõusis tšehhi keel mu keeleoskustes päris kõrgele, olen teinud arvukaid tõlketöid (slovaki keelest samuti) ning simultaantõlgina delegatsioonidega ka korduvalt Tšehhoslovakkias käinud. Pole probleeme

ka poola keelega – sellestki on hiljem, eriti Välisministeeriumis, palju kasu olnud.

Kuidas Eestis Piiterist tagasituleku järel, 1957. aastast elu läks, sellest ei tahaski suurt midagi rääkida. Nii geoloogia kui geotehnika on kulgenud enamuse me geoloogide silme all. Killustatuina alustasime 1960. aastal ühistööd eriala probleemide lahendamiseks, juba 1961. aastal viisime läbi Eesti 1. Ehitusgeoloogia konverentsi (tänapäevaks on neid juba üle tosinat selja taga). 1968. aastal startisime Balti Geotehnika konverentsidega; kolme Balti vabariigi ühisüritusest on tänapäevaks kasvanud välja Läänemere maade geotehnika konverentsid. Rahvusvahelise Pinnasemehaanika ja Geotehnika Ühingu Praha konverentsil 2005 otsustati need konverentsid muuta teiseks alaliseks Euroopa regionaalkonverentsiks. Varem olid juba aastakümneid toimunud Doonaumaade konverentsid. Nende kõrval toimuvad ka üleeuroopalised geotehnikakonverentsid, rääkimata kogu maailma omadest. Suuri monograafiaid pole me mitmel põhjusel avaldanud, see-eest on aga artiklite ja teeside üldarv, põhiliselt konverentsidega seotu, kasvanud vist juba 350–400-ni. Neis on kirjas pea kõik me saavutused ehitusgeoloogia ning geotehnika arendamisel rohkem kui pool sajanda aasta jooksul. Kutsun tutvuma!

Eraldi tuleks ilmselt mainida Ehituskomitee (noorematele kolleegidele: Nõukogude Liidus oli see moodustis omamoodi ehituspoliitika ministeeriumiks, temale allus ka enamus projektimisasutusi) Geotehnikakomisjoni, mis alustas meie Ehituskomitee esimese erialanõukoguna Eesti pinnaseprobleemide lahendamiseks tööd jaanuaris 1962, hiljem järgnesid sellele analoogsed mitmetel muudel erialadel. GTK poolt tehtu vajaks eraldi suurt ülevaadet. Oluliseimast võiks esile tõsta mitmete uurimuste rahastamist/juhtimist, Eesti pinnasnorme (üldised olid meil liiduvabariikidest ainsad), kirjastamist, erialakonverentside läbiviimist, rahvusvaheliste suhete arendamist (KGB valvsa silma all) ja paljut muudki, eraldi veel terminoloogia korrastamist/arendamist ning senini päris edukalt töötava Ehitusgeoloogia Fondi kõrgemal pool läbisurumist. Terminoloogiaga oli eriti 60. aastate algul üksjagu õiendamist. Koos Vaino Olliga panime kokku esimese "Vene-eesti ehitusgeoloogia sõnastiku" (1962) ja akadeemik Jürgensoni eestvedamisel sündis "Inglise-eesti-vene pinnasemehaanika ja vundamendiehituse sõnastik" (1965). Heas koostöös konsultandina "Vene-eesti ehituse sõnastiku" autoriga sai selleski raamatus me eriala väärikalt esindatud, samuti "Ehituskonstruktoriga käsiraamatu" vastavates peatükkides. See arendas üldist keelekasutustaset eelkõige ehitusinseneride seas, mis varem oli liigagi heitlik. See töö oli keeruline – meie inimeste seas leidis neidki, kes kategooriliselt nõudsid, et eesti terminoloogia peab olema täpne tõlge vene omast, mis ise oli aga küllaltki korrastamata. Asi oli koguni nii hull, et kui Pinnasemehaanika ja

Vundamendiehituse Rahvusvaheline Ühing 60. aastate teisel poolel rahvusvahelises oskussõnavara korrastamises tahtis vene terminoloogiat, siis Moskvast polnud neile enamata saata kui seesama meie poolt 1965. aastal tehtu.

Keelest üldse: sellega on tulnud üksjagu maadelda, ka TÜ seinte vahel sündinud kursuse- ja diplomitöödes. Paljud noored, tundmata elu ja vahel ka endale aru andmata aruannete korrektse keele tähtsusest, pidasid (ja võibolla peavad veelgi?) keelenõudeid tarbetuiks, lausa solvavaks norimiseks. Eriti tootmispinges arutletakse nii mõnigi kord mitteehitusgeoloogide seas nii: kui selle aruande keelgi juba nii kehv on, siis mida veel ta sisust oodata?!

Mis üldse puutub pinnaseuurimistesse ehituse jaoks, siis nii suur kui 80-ndate keskel pole see seniajani enam kunagi olnud. Seda õige mitmel põhjusel, ka vanade uurimismaterjalide (riiklikus Ehitusgeoloogia Fondis, mille moodustasime 60-ndate keskel ETP-s, Moskva tõsise vastuseisu murdmise järel – Nõukogude Liidus oli ta ainus omasugune) järjest laiema kasutamise tõttu. Teisisõnu saagisime selle fondi moodustamisega ise oksa, millel istusime! Tõe huvides peab märkima, et mõned sõna otseses mõttes üritavad fondi materjale kasutades hõlptulu teenida, uurimistest konkreetset ehitusplatsil kas üldse loobudes või neid vaid väga minimaalseis mahtudes tehes. Julgelt edasi! – kuni esimese tõsise avariini – neid aegajalt ikka juhtub, eriti mütsiga löömise korral. Ja vead vundamentides on tavaliselt oi kui kallid!

Õppetööst veel niipalju, et pärast ehitusgeoloogia õpiku koostamist pändasin üldehitusgeoloogia õpetamise oma kunagisele tudengile Olavi Tammemäele ja pinnaseteaduse võttis enda hooleks Rita Käär, samuti TÜ ehitusgeoloogia kasvandik. Mõnevõrra hiljem lülitus õppetöösse ka Peeter Talviste samast ehitusgeoloogide seltskonnast. Mainitud mehed jõudsid hiljem doktorikraadi omandamiseni – näitaja seegi!

25 aastat õppetööd on pikk aeg, selle jooksul juhtub nii mõndagi. Enamuse sellest jätkaks siiski raami taha, sest tegelikult olid ehitusgeoloogiat õppima asunud enamasti noored tublid inimesed. Komisjoni ees eksami andmisele sundisin ainult paar kõige suuremat lontut ja nurga taga soovitasin tudengil vaid paaril juhul ehitusgeoloogia asemel midagi rohkem mee- ja vaimupärast valida.

Kui suhteliselt lihtne sissejuhatav üldehitusgeoloogia kõrvale jätta – minu mälestuse järgi said sellest **kõik** geoloogid läbi – siis tulevaste ehitusgeoloogide jaoks olid tõsiseks kondiprooviks nii pinnasemehaanika kui ka teoreetiline mehaanika, **koostööalus** projektiva või mõnda muud probleemi lahendava ehitusinseneriga. Ilma nende teadmisteta pole mõeldavad ei ehitusgeoloogia- ega geotehnikainsenerid. Viimaste ettevalmistus toimub maailmas üldiselt ehitusinseneride ehk ka nn



tsiviilinseneride hariduse raames, spetsialiseerumisega geotehnika või vundamendiehituse suunas. Ainult Nõukogude Liidus oli ehitusgeoloogide ettevalmistus surutud geoloogia- või ka mäeteaduste alla. Venemaal on see vist tänaseni nii.

1965. aastal tõstsin I üleliidulisel konverentsil nõrkadel savipinnastel ehitamise asjus Tallinnas üles ka geotehnikainseneride ettevalmistamise probleemi kogu Nõukogude Liidus, sest praktikas oli lõhe ehitusgeoloogia ja geotehnika ning ehitusajanduse vahel selgelt hoomatav. Mõte leidis vaid paari tippspetsi toetuse, ülejäänud konverentsiosalised klammerdusid kangekaelselt vana süsteemi külge. Ligi veerand sajandit hiljem leidsin siiski Moskvas ilmuva ajakirja „Alused, Vundamendid ja Pinnasemehaanika“ juhtkirjast kuldaväärt lause: „Nii suurel maal kui NSVL on viimane aeg asuda spetsialiseeritud geotehnikainseneride õpetamisele“. Kuidas ida pool praegu sellega lood on, seda ma ei tea. Meie saame enamvähem hakkama, nii kunagi TÜ-s tehtu kui ka Peterburis geotehnikale spetsialiseerunud mäeinseneride abil, kellest osa veel töötab. Ja ka individuaalprogrammide alusel õppivate geotehnika vastu huvi tundvate noorte kaudu. Muide, mõlemad terminid – nii geotehnika kui ehitusgeoloogia – on avatud nii ENE-s kui EE-s (väike saladus: nii ehitusgeoloogia kui geotehnika vallast on mõlemast erialast üksjagu põhiasju/-mõisteid neis entsüklopeediate lühidalt lahti seletatud, kes oskab, see kasutab. Muide oma vanema tütre õpetasin poliiteksamiteks valmistuma just entsüklopeediate põhjal – lakoonilisemalt ja täpsemalt polnud kusagilt mujalt nii hästi midagi leida kui neis kirja oli pandud), samuti ehitusgeoloogia õpikus. Eesti geotehnika kohta üldse on aga inglise keeles lugemist 1988. aastal Tallinnas toimunud rahvusvahelise pinnasemehaanika ja vundamendiehituse konverentsi jaoks autori poolt välja antud väikeses ingliskeelses raamatukeses (vt kirjandusnimistut). See ülevaade sai muide ilmuda ainult tänu perestroikale: kirjutasin selle inglise keeles, tsensuur nõudis aga „eesti- või venekeelset originaali“, ilma milleta tal puuduvat kontrollimise õigust. Meeleheitliku olukorra – **aeg!!** – päästis tsensuuriameti asejuhataja (juhataja, kõva käega – ka peaga?! – mees oli hetkel kusagil ära), kes andis erandina loa ka ainult inglise keeles asi lahendada, seejuures korraldusena (!) juba järgmiseks päevaks! („Keeleoskajad on meil olemas“). Uskumatu kiirus ameti jaoks, millega varem aastakümneid sai nõrkemiseni puid-maid jagada, nii mõnigi kord kategoorilise avaldamiskeeluni (NL-s ei tohtinud tähtsad hooned vajuda, sillad maalihkeolukorda või aluse ülekoormamise tõttu tema rambumiseni jõuda jne – seegi jutt me elus juhtunust võiks väga pikk olla ... kusagil mujal).

Kuna Vene asjadest on eespool üksjagu juttu, siis tõmbaks joone alla ka selles osas. Välisministeeriumis töötamise ajal 1991–1999 tuli mul paratamatult tegeleda ka Venemaaga seotud poliitiliste küsimustega. Peale

selle aitasin Eesti taasiseseisvumise ajal, aastail 1988–1993, kolleege Eesti Raadio vene saadete toimetusest kommentaaridega meie iseseisvumisliikumisest, kaasa arvatud Eesti ajaloo ning põletavaimate päevasündmuste tutvustamine. Sest vene toimetusel vastavate teadmistega inimesed lihtsalt puudusid - polnud varem vajalikudki! Kunagiste vene erialakolleegidega on aga sidemed tänaseks praktiliselt katkenud – loen, et **mitte** minu süül. Pigem on oma töö teinud nii aastad kui idapoolsed kivinenud arusaamad maailma asjadest üldse ja Eestiga seotuid eriti (Moskva ajuloputusvaled on Venemaal paljude jaoks vägev rohi tänaseni!). Minu kirjad ja pühadesoovid on vastusteta jäänud, e-kirjad kaasa arvatud. Töölaseid sidemeid Venemaaga evib vaid mõni üksik noorem kolleeg. Minul on nad Eesti taasiseseisvumisest (NSVL TA Ehitusgeoloogia Nõukogust väljaarvamisest) täielikult katkenud (väga harva tulevad vahel kusagilt mõne kolleegi üllatavad tervitused, kolmandate isikute kaudu). Rahvusvahelistel ettevõtmistel olen vahel ka venelastega kokku saanud, aga valdavalt käituvad nad endiselt, pigem eralduvalt, oma kampadesse hoidvalt (ka keeleprobleemidest sõltuvaina?). Oslo tunnelikonverentsil (1999) tõmbas Vene delegatsiooni juht nende tõlgi, kes minuga rääkima tuli, lausa demonstratiivselt kättpidi eemale, daam oli õnnetu näoga. Lausa kahju oli teisest.

Nüüd on küll viimane aeg lõpusirgele asuda, osutamisega „Baltirailile“ (nimi on 25 aasta jooksul muutunud, alates kunagisest Tunneliühingust ja edasi „Eurorail’ist“ – termin osutus hiljem internetiavaruste uurimise järgi ülimalt ülekoormatuks – tänase „Baltirail’ini). Euroliidu 21. sajandi raudteepoliitika alusel (pea kogu transport raudteedele, selleks ehitada 16 000 kilomeetrit uusi kiirraudteid ning rekonstrueerida nendeks ka 20 000 km seniseid raudteid, reisirongide kiiruseks kuni 240 ja kaubarongidele 160 km tunnis; ehituskulud **ei ületa** ühelgi aastal poolt protsenti EL kogutoodangust!) otsustasid soome kolleegid tunneli kaudu selle kiirraudteevõrguga ka oma maa ühendada, et mitte jäädagi Euroopa kaugeks kolkaks. Esimesena ütles mõtte välja ilmselt Helsingi linna geotehnikaosakonna kauaaegne juhataja diplominsener Usko Anttikoski – ta kordas seda varsti ka järjekordsel Eesti geotehnikakonverentsil; autorlus vajab edasist uurimist. Aga kuidas ka poleks, juba 1997 panime Helsingis lauale esimese tunneliprojekti „Soome otseteest Euroopasse“ (kus tegelikult Soome ju kogu aeg on olnud, sõna otseses mõttes märksa kauem kui meie).

Selles eelprojektiis on kõik olulisim välja toodud, kaasa arvatud tehnilis-majanduslikud kaalutlused, seda pea kogu tunneli trassil, meil Viiksi poolsaare kui sobivaima tunneli väljumispaigani Soome lahe lõunakaldal. Hiljem, eelmise kümnendi algul, tegime osaliselt ringi ka Viiksi valla generaalplaani, milles vajalik ala on nüüd kinnisvaraarendajate meeletuile rünnakuile, seda isegi mõne ministri osalusel, kättesaamatult

reserveeritud: Eesti on õigusriik! Võimalus terve koridori kinnipanekuks maa peal tekkis sellest, et pea kogu see ala oli omal ajal raudselt Vene vägede käpa all, kedagi teist sinna ligi ei lastudki. Teisisõnul meile lausa taeva kingitus, sest ehitised sellel trassil praktiliselt puuduvad.

Kavandatu edasiseks arenguks andis Usko Anttikoski koos selle loo autoriga 1999. aasta maailma Tunnelikongressiks (vt artikli lõpust) välja artikli/pakkumise Läänemere ümber terve raudteeringi ehitamiseks (teise ühendusena Helsingi-Tallinna tunneli kõrval sildade-tunnelite kompleks Vaasa ja Umeå vahel; Umeåni peaks tegelikult Rootsi kiirraudteedevõrk juba valmis olema) Põhjalahe Merekurgu saarestiku kaudu. Meie ettekanne võeti kongressil suure tähelepanuga vastu ja mis kõige tähtsam – ei Oslos ega mujal pole hiljem **erialainimestest** mitte keegi kavandatut kahtluse alla seadnud. Veelgi enam: norralased, kes üheksakümnendail **igal aastal** andsid käiku sadakond km tunneleid, olid kohe valmis ehitama tulema, andes meie kavadele kiitva hinnangu. Jaapani juhtivad spetsialistid käisid asja koguni kohapeal nii Helsingis kui Tallinnas uurimas – millal me pihta hakkame? Tegelikult umbes kümme aastat tagasi lõppes Eesti ja Soome koostöörapordi vastav peatükk kutsega tulla tunneli avamisele 2030. aastal. Kui Rail Balticu ehitus käima läheb (eriti kui mõistus võidab ka nn Nabala variandi osas – erialaselt pole siin ju mitte mingeid takistusi, geotehnika tänapäevataseme juures, jättes kõrvale umbes 100 mln lisaeurot maksuma minevad pikemad looked läänepoolses praeguses variandis, sadade majapidamiste ja maaomanike huve ignoreerides ja rääkimata hilisematest lisa-püsikuludest eksploatatsioonis), küllap siis ka lõpuks tunneliasjad liikuma hakkavad. Sisuliselt on ju tegemist peaaegu et tühise objektiga – Soome allmaaehituse **ühe aasta** mahuga.

Üle poole sajandi ka meedias tegutsenuna on mul kurb meel siinkohal nentida Eesti pressis vahel veel seniajani vohavaid püüdlusi tunneliprojekti ikka nagu mingit naljanumbrit serveerida (90-ndail käsitleti projekti kui üldse totude/arulagedate ettevõtmist). Viimati tehti seda alles hiljuti, septembri lõpupoole ETV-s, kus asja sisu avamise asemel pakuti vaatajaile kümme-konna Eesti ja Soome arhitektibüroo ühiseid mängu „sobivaima tunneliava“ leidmiseks – julgeimate poolt pakuti seda lausa „Estonia“ teatri kõrval parki. Taoliste mõtete autoreid/esitajaid, ka rahvast naerutada üritavaid, võiks süüdistada ükskõik milles, mitte aga asja tegelikus tundmises. Kuidas sellised mängud aga vaatajatele mõjuma peaks? Muide kaks päeva hiljem oli Soome TV-s täitsa juhuslikult pikk jutuaajamine minu kui Baltiraili juhatuse liikmega projekti **tegeliku** külje eri aspektide üle, idee tekkimisest kuni asjade tänase seisuni, pearõhuga sellele, kuidas me Eesti poolt asja hetkel näeme. Seal ütlesin ka veelkord välja selle, mida varemgi korduvalt seletanud olen: ainult Helsingi ja Tallinna vaheliseks liiklemiseks **pole** tunnel esmavajalik. Esmajärjekorras on ta ikkagi Soome

töökindel otseühendus muu Euroopaga; võimalus kahe naaberlinna kiirliikluseks täiesti uuel tasandil on lihtsalt meeldiv ja kasulik tunneli kõrvalprodukt. *Last, but not least*: märtsis toetas tunneli ehitamist Eestis 80% küsitletuist!

Tallinn/Saku, 28.9.2015.

### **Soovitav kirjandus**

- Anttikoski U., Vilo A. 1999. Baltic Sea circular link via rock tunnels. Challenges for the 21<sup>st</sup> Century. *Proceedings of the World Tunnel Congress '99*, Oslo/Norway, Volume 2; lk 473–480.
- Michelson H.-I. (*koost*) 2012. Eestlased Piiteri teel. Üliõpilasaastad. Tallinn 2012, 248 lk.
- Vilo A. 1962. Olukorrast ehitusgeoloogia alal Eesti NSV-s. *Ehitusgeoloogia kogumik I*. „Eesti Tööstusprojekt“. Tallinn, lk 4–13.
- Vilo A. 1986. Ehitusgeoloogia. Tartu Riiklik Ülikool, 112 lk.
- Vilo A. 1988. Geotechnics in Estonia. “Valgus”, Tallinn, 28 lk.
- Vilo A. 1999. Kas on nad tõesti hulluks läinud?! *Horisont* 1999/1, lk 26–29.
- Vilo A. 2000. Eesti ja Soome teest Euroopasse. *Keskonnatehnika* 5, lk 10–13.

---

*Ago Vilo (ago.vilo@mail.ee) – Baltirail r/y, Helsingi*

## Meenutus õpiajast Tartu Ülikoolis 1948–1956

*Dimitri Kaljo*

Olen oma elulugu ja teadlaselu pikemalt käsitlenud ühes varasemas kirjutises (Kaljo 2009), mistõttu käesolevas loos ei pruugiks üldistele isikuandmetele erilist tähelepanu pöörata. Organisaatorid palusid minult viiteid asjaoludele ja tegevustele, mis kujundasid mind ja minu saatust nagu see on tänaseks teada. Püüan järgnevalt neid seoseid leida ja kommenteerida minu elu Tartu perioodist, mis kestis ümmarguselt kaheksa aastat. Mälu aitas raamides hoida äsjane faktirohke geoloogia osakonna lugu (Oraspõld 2013), mida täiendan mõne detaili ja emotsiooniga.

Tulin Tartu Riiklikku Ülikooli geoloogiat õppima 1948. aasta sügisel. Sisseastumine läks vaid väikeste värinatega, mida siiski selgitan, sest loen neid ajale iseloomulikeks. Eesti kirjanduse eksamil ma ei rääkinud Koidula näidendeist nii hästi kui võinuksin, kuid minu vastamise ajal sisenes geograaf Endel Varep, kes oli vastuvõtukomisjoni esimees, ja küsis nagu muuseas, kas ma olen see Kaljo, kes pidi Tallinnast tulema geoloogiat õppima. Sain viie ja olen üsna kindel, et tänu dots. Varepi sekkumisele. Esimesele kursusele pidi võetama 15 noort, eksamid sooritas 2–3 rohkem ja nii käisime veel ükshaaval nn mandaatkomisjonis, kes hindas kandidaatide sobivust. Minult küsis üks komisjoni liige, et mida need Haapsalu koolipoisid seal õieti tahavad? Kuigi olen tõesti sündinud Haapsalu haiglas, siis ometi polnud ma linnas selleks ajaks isegi mitte omal jalal käinud ega kuulnudki, et keegi midagi tahab. Õnneks jäi „seltsimees“ mind uskuma ja minust sai TRÜ geoloogia osakonna üliõpilane. Nii sain realiseerida oma soovi asuda õppima eriala, mille vastu olin suurt huvi tundma hakanud vanemate kooliõpetajate (Valdar Jaanusson, Arvo Rõõmusoks jt) eeskujul ja õhutusel Gustav Adolphi Gümnaasiumi õpilaste Loodusteaduslikus Ringis.

### Inimesed osakonnas

Meid oli algul 15, esimese kursuse lõpuks jäi järele 13 ja sellest sai geoloogia osakonna lõpetanute neljas lend (1953), kelle diplomil on kirjutatud: talle omistati geoloogi kvalifikatsioon. Olime lõpptulemusena üsna värvikas, aga õpiajal ühtehoidev ja omavahel sõbralik seltskond (LISA foto 1), kuigi nägelemisi ikka juhtus. Meie hulgast tulid Eesti geoloogilise kaardistamise *grand old man* Kalju Kajak ja EGK peageoloog Evald Mustjõgi. Mõlemad pidasid lühemat aega ka oma koduülikoolis õppejõu ametit ning Evald oli rida aastaid uuringutel Uuralis ja Marokos. EGK-s tegutsesid ka Ira-Hellin Kajak ja Evi Voolma, kuid suurim oli meie esindus ehitusgeoloogia asutustes (Richard Eesmaa, Hedi Maaring, Selma Nugis,

Olev Sööt), kus meie kõige elukogenum kaasõppur Jüri Maaring (sünd. 1921) juhtis aastaid „Puurkaevuprojekti“. Evald Sammet Peterburis ja Heiti Traat Komis rakendasid oma oskusi Venemaa geoloogiateenistuses kaardistajatena ning nende renomee oli kõrge. Teadusesse läksid meist ainult kaks: Tõnis Loit – kaitses kraadi filosoofias ja sai tuntuks kui karm õppejõud; allakirjutanu erialaks sai paleontoloogia, aga õppejõu ametis olin vaid pool aastat, edasi tegutsesin juba uurimisinstituudis.

Toodud loetelu on nõ lõpptulemus ja see näitab meie lennu liikmete eelistustes rakendusgeoloogia kindlat ülekaalu (85%). Pean seda suhet ootuspäraseks, sest geoloogia on üldse üpris avara praktilise väljundiga valdkond, kus rakendus ja teadus on omavahel tihedalt seotud ning piir hägune. Kaldun arvama, et öeldu on kooskõlas ka meie koosluse valdava osa mentaliteedi ja püüdlustega juba õpiajal. Kui vaadata mainitud % detailselt alade järgi, siis on geoloogilise kaardistamise ja maavarade otsingute-uuringutega tegelejaid pisut enam (6) kui ehitus- ja hüdrogeolooge (5) ning just viimaste suhteliselt suur osakaal ongi üllatav tollaste olude kohta. Võib-olla aga ka mitte, vaid ette poole vaatav, sest ma ei tea tänast geoloogiaspetsialistide täpset jaotumust töökohtade järgi, kuid kindlasti ei ole enam ENSV MN Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsuse ajal olnud geoloogide suurt kontsentratsiooni ühes asutuses.

Niisugune oli kursus (praeguseni on alles peaaegu kõik naishinged peale Ira, kuid ainult üks mees), mis moodustas ühe olulise osa keskkonnast, milles asusin õppima, et ellu viia oma unistust saada teadlaseks – geoloogiks. Olgu kohe öeldud, et mul vedas (õnne peab olema!), sest Tartu ülikooli geoloogia osakond möödunud sajandi keskpaigas oli ülimalt soodus koht noorte õppurite arenemiseks (siin ei ole võrdlust hilisema ajaga), kui neil vaid oli selleks soovi tööd teha. Ei saa kiidelda, et kõik osakonna kolmes kateedris tegutsenud õppejõud olid oma ala korüfeed, see olnuks ebareaalne, sest viimane maailmasõda oli hajutanud suure osa ka sellest vähesest kaadrist, kes oli olemas Eestis enne suurt sõda. Siiski olid kateedrid komplekteeritud, õppetöö käis ja osakonna tegeliku liidri prof. Karl Orviku nõudliku ja oskusliku juhtimise all oli loodud osakonnas väga õdus, töö- ja teaduselembeline õhkkond. Olen sügavalt veendunud (seda on kinnitanud vestlustes ka teised), et osakonnas valitsenud kodune ja hooliv-innustav olustik oli väga suureks positiivseks mõjuriks üliõpilaste personaalses arengus. Üks edu hoobadest oli ka üliõpilaste teaduslik ring oma koosolekute, seinalehe (Vasar) ja isegi ekspeditsioonidega (kuulus Kohila-Rapla töö), mis tugevasti toetas noorte soovi uute teadmiste järele ja arendas iseseisva tegutsemise oskust. Õppimist/harjutamist vajas ka geoloogiliste tekstide kirjutamine, sest koolikirjandid eeskujuks eriti ei kõlvanud. Vaevaliselt, aga arenesin, kui professor lasi mul seinalehe artiklit korduvalt ümber kirjutada.

Minu stuudiumi lõpul ja järgnenud aspirantuuri ajal täienes kateedrite kaader noorte andekate õppejõududega, mis muutis järkjärgult õpetamise stiili ja sisu. Minule erialalt kõige lähedasemana mainin siin näitena ainult dotsent Asta Oraspõldu, kes lõpetas ülikooli geoloogia osakonna 1. lennuga 1950. aastal, sai 1953. aastal teaduskandidaadi kraadi vägagi novaatorliku töö eest (paleoökoloogia juurutamine) ning oli minu eksamineerija kandidaadi eksamil, mis sundis mind kõvasti vaeva nägema paleoökoloogilise kirjanduse tundmaõppimisel. Aga pole põhjust nuriseda, see teadmus on olnud hiljem korduvalt vajalik (näiteks ökostratigraafia IGCP projektis). Asta on tegus tänini ja ma olen õnnelik, et ma sattusin tema õpilaste hulka.

### **Kaugem õpikeskkond**

Minu õpikeskkonda ei iseloomustanud ainult kursused ega Aia 46 inimesed ja ruumid (auditooriumid, laborid, muuseum, pimik, raamatukogu – igal neist oli oma aura, mis andis teatud häälestuse), vaid terve ülikool. Tegelikult tuleks vaadata veelgi kaugemale, sest õpikeskkonna teatud jooned olid ju määratud sellega, et olime ENSV ja NSVL ülikooli üliõpilased, keda püüti kasvatada toonaste ideoloogiate vaimus. Ma ei pea seda kasvatustööd väga edukaks, sest „kommunistliku ülesehituse aktiviste“ meist ei saanud, kuid igapäev võttis midagi teadmiseks või omaks lootuses, et need aitavad tal elada ja edasi jõuda selles, tagantjärele tarkusega öeldes, kummalises ühiskonnas.

Illustreerimaks minu õpiaja pingelist poliitilist õhkkonda mainin 1949. aasta küüditamist (elasin Tähe tänaval ja avasin küüditajatele ukse, kuid ära viidi naabertoa elanikud), EKP KK 8. pleenumit 1950. aastal, mis vallandas kodanliku natsionalismi vastu võitlemise, ülikooli 150. juubeli tähistamist 1952. aastal, Stalini surma 1953. aastal, stalinismi taandumist ja „sula“ algust 1956. aastal. Väga rusuv aeg – on, mida meenutada. Paljud on oma mälestustes selle aja märksõnaks pidanud tunnet „hirm“, tudengitena me ei tundnud seda pidevalt, kuid arvan, et just see tõi meie ja mõne teise kursuse kaaslasid spontaanselt küüditamisele järgnenud ööl kateedri ruumidesse varjule kogunema. Saanud meie omavolitsemisest teada, jäi prof. Orviku väga rahulikuks ja hoolitsevaks.

Aspirantuuri lõpetasin 1956. aasta oktoobris eestikeelse korallide-alase väitekirja kaitsmisega ning esimesena saatis autoreferaadi kohta arvamuse Vene geoloogia „patriarh“ akadeemik D. V. Nalivkin. Selle nime kaalu teades olin siis rahulik, et kraad kinnitatakse, kuigi see toimus alles mais 1957. Õppimise aeg õpilasena oli seega läbi, kuid „elukestev“ õppimine algas kohe, sest septembris hakkasin lugema doktorantuuri läinud Arvo Rõõmusoksa asemel ajaloolise geoloogia kursust ning Evald Mustjõe

lahkumisel vabaks jäänud maavarade geoloogiat (viimane oli eriti arendav minule endale, sest hoolimata *cum laude* diplomist oli minu teadmus selles aines kesisepoolne), kuid siis kutsus TA Geoloogia Instituudi direktor Karl Orviku mind Tallinna oma instituudi teaduslikuks sekretäriks (veebruarist 1957). See oli suur pööre minu elus – lahkumine ülikooli keskkonnast tõi kaasa „bürokraatia“ toimimise tundmaõppimise, kuid õnneks ei tähendanud teadustööst täielikku loobumist. Lõivu tuli maksta, aga mitte liiga palju ja see ei ole selle kirjutise teema. Huvilistele soovitan lugemiseks selle instituudi ajaloo ülevaadet (Aaloe jt 2012).

Kokkuvõtteks minu teadlaseks saamise tee algusest märgin mõnda kogemust või aspekti, mis vähemalt soodustasid mu püüdluste täitumist sõjajärgse Eesti kaose ja sovjetiseerimise keerulistes oludes. Esiteks, soov kellekski või millekski saada peab olemas olema. Keskkoolist tulles teadsin ma, mida tahan, ja see aitas minu ettevõtmisi võib-olla alateadlikult sihipärasemalt suunata. Teiseks, ma astusin Tartu ülikooli, kus oli mind huvitav eriala ja väga motiveeriv õpikeskkond (õppejõud, kaasõppurid, heatahtlik suhtlus ja kõik muu), mis tõmbas nooruki kaasa positiivsesse tegevusse ning samal ajal kaitses teda ka kaasaja totruste eest (vähemalt mingil määral). Väga oluliselt mõjutas minu studiumi edukust, eriti aspirantuuris, võimalus saada heatahtlikke nõuandeid juhendajatelt ja teha koostööd kaasõppuritega. Tänu sellele olen hiljem alati õigeks pidanud ühistegevust kolleegidega. Ma nautisin oma õpiaega, olin aktiivne, võinuks olla targem ja mõned rumalused tegemata jätta, aga see oleks juba liiga ilus.

Vilistlasena tunnen head meelt, et saan tunnustada Tartu Ülikooli geoloogia osakonda õpetamise 195. aastapäeva puhul ja soovida jätkuvat edu noorte geoloogide kasvatamisel.

### Kasutatud kirjandus

- Aaloe A., Heinsalu A. ja Kaljo D. (toim), 2012. Geoloogia Instituudi kuuskümmend viis aastat. Loomine ja muutumised, inimesed ja teadus, meenutused ja suundumused. TTÜ kirjastus, Tallinn, 341 lk.
- Kaljo D. 2009. Objektivist ja subjektivist minu teadusteelt. Villems R. (toim) Eesti Vabariigi teaduspreemiad 2009. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn, lk 8–22.
- Oraspõld A. 2013. TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna geoloogia osakonna lugu aastatel 1945–1960. Verš E., Nemliher R., Amon-Veskimeister L., Truuver K. ja Ehrlich K. (toim) *Aeg. Schola Geologica IX*. Eesti Loodusuurijate Selts, Tartu, lk 115–132.

---

*Dimitri Kaljo (dimitri.kaljo@tu.ee) – Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn*



## Kolleegi kadumine

*Elga Mark-Kurik*

Geoloogilise kaardistamise ekspeditsioon Severnaja Zemljal Oktoobrirevolutsiooni saarel oli lõpule jõudmas, kuid tööd jätkus pisikesel naabersaarel, Srednil, tagasilendu oodates piisavalt (LISA fotod 1 ja 2). Suur osa varustusest ning tohutu laadung kive ootas korralikku pakkimist. Geoloogilise kaardi mustandki vajab täpsustamist. Ja siis otsustasid töölised, et nemad enam ekspeditsiooni koosseisu ei kuulu ning lukustasid end barakki. Ega nad tegelikult olnudki mingid seanaha vedajad, tegid tööd täitsa keskmisel tasemel, kohati koguni huviga. Probleem seisnes hoopis selles, et lõpuks ometi avanes võimalus hankida, õigemini ise toota kangemat kraami, mille järele terve välitöö vältel neelud käisid. Polnud siis imeks panna, et rühmaülem Anatoli Hapilin oli tulivihane. Töölised arvati toidult maha ning pakkima asusid kolm geoloogi, kellest kaks olid ühtlasi ametis kaardi joonistamisega.

Kui järgmisel hommikul "kameralkasse" jõudsin, oli tavaliselt härrasmehe olemisega, galantnegi Anatoli morn ja tujust ära. Nurgas mängis tasakesi raadio, mis hakkas just päevauudiseid edasi andma. Räägiti midagi kurdidest, kes taotlesid iseseisvust. Anatoli, kellele juba iga asi niigi närvidele käis, pahvatas ootamatult: "Kurdid? Kes need niisugused üldse on ja milleks neile veel vabadus?"

Anatoliga saime tuttavaks Norilski kontoris enne väljalendu Severnaja Zemljale. Geoloogidel olid tööruumid endisel vangilaagrite juhatuse territooriumil, mida ümbritses kõrge müür ning hulk vahitorne. Ju siis polnud laagrite administratsioon endas nii väga kindel. Kuigi vangivalvureid oli ohtrasti, kardeti nähtavasti, et tuhanded sunnitöölised võivad kord võimu enda kätte haarata. Nüüd sai muidugi väravaist vabalt sisse-välja käia ning ruumidki sarnanesid mistahes normaalse ekspeditsiooni omadega. Võigas kindlusetatoline moodustus paiknes otse kesklinnas, selle otstarvet polnud raske ära arvata. Nüüd käis territooriumil usin lammutamine. Tehti ruumi uusehitistele – igikeltsa tõttu sammastel seisvatele paneelmajadele. Muide, kaduvikule määratud kapitaalse rajatise süngust rõhutas selle ehitusmaterjal, mis koosnes mustjaslilladest tellistest.

Sobiva lennuilma ootuses polnud meil baasis suurt midagi teha. Nii sai tutvuda Norilski vaatamisväärsustega, näiteks kohaliku koduloomuuseumiga, mille ekspositsioonis paistis silma galerii kaevanduste direktoritest (enamik neist KGB kõrgemate ohvitseride mundrites). Linna lähiümbrus üllatas suurte põlenud metsadega. Keegi kohalikest selgitas, et need põlised lehisemetsad ei olnud põlenud, vaid hoopis koobalti-nikli või vase suitsus hääbunud. Suits kolme suure

kombinaadi korstnatest vajas aeg-ajalt linna peale. Õhk tõmbus siis ebaloomulikult kollakaks ning hüüete peale: "Dõm idjot!" pandi kiiresti aknad-uksed kinni.

Meie peatuspaigaks sai korter, mille lahkesti loovutasid ajutiseks kasutamiseks juba varem välitööle läinud geoloogid. Üks tubadest kuulus Vasjale – sümpaatsele noorele ekskavaatorijuhile, kes oli kuskilt Volga alamjooksult pärit ning sattunud Norilskisse kõrge töötasu ajendil. Õhtul ühisköögis kohtudes sai meile harjumuseks koos teed juua. Olime Peebuga (st ekspeditsioonikaaslase Peep Männikuga) juba köögis ning valmistusime teed jooma, kui Vasja koju tuli. Seekord ta oma toast ei väljunud ning selle põhjus selgus järgmisel päeval. Südalinnas näidati Vasjale vundamenti süvendi kaevamiseks plats kätte. Niipea, kui kopp maasse kaevus, hakkasid õhukese mullakihi alt välja tulema vaid inimluud ja koljud – satunud oldi kunagisele vangide matmispaigale. Vasja, kel polnud õrna aimugi, mida Norilsk veel suhteliselt hiljuti endast kujutas, sai tohutut augutaolist "surnuaeda" nähes täieliku šoki.

Ka meie šokk polnud palju väiksem, kui selgus, et üks Norilski laagri "vabakäigu" vange oli Nikolai Urvantsev, geoloog, kes avastas selle piirkonna kuulsat polümetallide maardla ning kaardistas kolme aasta vältel geoloogiliselt Severnaja Zemlja arhipelaagi saared viimase nn Nanseni tüüpi ekspeditsiooni koosseisus. Selle, aastatel 1930–1932 toimunud ekspeditsiooni töö toimus peamiselt talvel, et kaldapaljanditele paremini ligi pääseda, ning transpordivahendina kasutati koerarakendeid. Peatselt sai Urvantsevist aga Norilski mäetehnikumi õppejõud, kes ööd pidi veetma laagri barakis koos kaasvangidega.

Anatoliga me kunagi poliitikast ei rääkinud, sest eriala ja olmet puudutavaid teemasid jätkus küllaldaselt. Tänu tema pikaajalisele kogemusele tööks arktilises taimkatteta ja tuulises "kõrbes" oli meie rühma elu üsnagi talutav. Ekspeditsiooni tarvis konstrueeriti koguni portatiivne kemp, mis osutus eriliseks luksuseks. Elada tuli küll tavalistes telkides, kuid sooja saamiseks olid neis väikesed raudahjud. Seda tüüpi ahjuga seoses meenub Pioneeri saarel paar aastat varem juhtunud lugu.

Üks geoloogidest jättis enne ekspeditsiooni arsti juures käimata ning kõige kibedamal tööajal hakkas hammas jubedalt valutama. Mees oli täiesti rivist väljas ning tema asemel pidid teised, eriti rühmaülem Anatoli kahekordselt pingutama, et ettenähtud marsruudid ära teha. Arstibile sel täiesti asustamata saarel lootat polnud. Väsinud ja kolleegi soigumisest tüdinud Anatoli pani ühel õhtul töölt tagasi jõudes poolpimedas telgis punaselt hõõguvale ahjule naelatängid ning ütles, et tõmbab nüüd tal selle hamba ise välja. Isehakanud tohtri pikk kasv ja must habe suurendasid ähvardavat muljet veelgi ja vaata imet – silmapilkselt oli hambavalu kui käega pühitud.

No jah, aga kuidas siis arenes meie vestlus Anatoliga edasi?

Kurdide mainimisega seoses hüüatasin endalegi täiesti ootamatult: “Aga meie tahame ka vabadust!”. “Mis asja?” pöördus Anatoli siiralt imestades ümber. ”Milleks teile vabadus?” Tundsin, kuidas süda hakkas täis minema. Sõna lausumata hüppasin vihaselt barakist välja ja jäin siis alumisel trepiastmel seistes mõttesse: “Aga kui tulebki VABADUS? Mida siis ette võtta? Ahh, ükskõik! Kõigepealt hüüan HURRAA ja eks vaatan, mida edasi saab...” Läksin rahunenult tööle tagasi. Oli ilus päikesepaisteline päev, oli 1979. aasta.

Sügisel saabus Tallinna Aerofloti abiga tonni jagu kivimiproove (konodontide väljalahustamiseks) ning hulgaliselt unikaalseid Devoni kalade leide. Kalade seas oli mitmeid uusi perekondi ja liike. Üks perekondadest sai Anatoli auks nime *Hapilaspis*. Läksid aastad, kuid mul ei õnnestunud kuidagi tema aadressi saada. Räägiti, et Anatoli pidi töötama kuskil Taimõri taigas. Nii jäigi talle ütle mata, et tal on temanimeline kala. Ning et VABADUSE saime ka!

### Järeisõna

Selle loo pani autor kirja 2008. aasta suvel.

Urvantsevi mälestuseks sai üks uus kalaliik tema nime – *Benneviaspis urvantsevi* (Mark-Kurik, Janvier 1995) ning teine, temanimeline rüükala perekond (*Urvaspis*), on nüüdseks kirjeldatud (Long et al. 2014).

Nikolai Urvantsev (1893–1985) pääses Norilski vangilaagrist siiski eluga ning töötas elu lõpuni Leningradis Arktika Geoloogia Instituudis (NIIGA). Ta valiti NSVL Geograafia Seltsi auliikmeks ning sai seltsi Suure kuldmedali.

Peep Männiku (TTÜ GI vanemteaduri) tõhus töö Severnaja Zemlja Siluri-Devoni stratigraafia alal 1979. aasta ekspeditsioonil ning järgnevatel aastatel tegi temast suure ühisartikli peaautori (Männik et al. 2002).

Sama ekspeditsiooni muljetest saab lugeda veel Elga Mark-Kuriku 2012. aasta artiklist „Kolm külma suve“.

### Kasutatud kirjandus

- Long J. A., Mark-Kurik E., Young G. C. 2014. Taxonomic revision of buchanosteoid placoderms (Arthrodira) from the Early Devonian of south-eastern Australia and Arctic Russia. *Australian Journal of Zoology* 62, lk 26–43.
- Mark-Kurik E. 2012. Kolm külma suve. Geoloogia Instituudi kuuskümmend viis aastat. TTÜ Kirjastus, Tallinn, lk 223–228.

- Mark-Kurik E., Janvier P. 1995. Early Devonian osteostracans from Severnaya Zemlya, Russia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15(3), lk 449–462.
- Männik P., Menner V. V., Matukhin R. G., Kuršs V. 2002. Silurian and Devonian strata on the Severnaya Zemlya and Sedov archipelagos, Russia. *Geodiversitas* 24(1), lk 99–122.

---

*Elga Mark-Kurik (elga.mark-kurik@ttu.ee) – Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn*

## **Radiosüsiniku laboratooriumi ajaloo**

Arvi Liiva

Nüüdseks on möödunud juba rohkem kui 55 aastat Baltikumi esimese radiosüsiniku meetodil materjali vanuse määramist võimaldava laboratooriumi asutamisest Tartus. Vajaduse sellise loomiseks tingis ENSV Eesti Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika instituudi tollaegse zooloogiasektori juhataja Kalju Paaveri doktoritöö, mille teemaks oli Baltikumi imetajate arenguloo uurimine. Sellest tulenes ka otsene vajadus uurimismaterjali, luuleidude ja nende leiupaikade usaldusväärseks dateerimiseks. Sobiva vanusemääramise meetodi valimisel jäadi peatuma toona alles hiljuti ameerika teadlase W. F. Libby poolt avastatud perspektiivsel radiosüsiniku meetodil.

Tõdega uue laboratooriumi rajamiseks alustati 1957. aastal – ajal, mil tuumauuringute ja radioaktiivsuse mõõtmisega seotud tööd olid Nõukogude Liidus rangelt salastatud. Kuigi radiosüsiniku meetodi kasutamine ise mingit sõjalist tähtsust ei kujutanud, oli radioaktiivsuse määramiseks vajalike seadmete hankimine vägagi raskendatud. Seetõttu tuli suur osa dateerimise aparatuurist kohapeal ise valmistada, tuginedes põhiliselt Lääne perioodika pakutud informatsioonile ja ülikooli füüsikute abile. 1959. aastaks oli vajalik aparatuur komplekteeritud, meetoodika omandatud ja ka esimesed proovide vanused määratud. Alles aasta peale seda, 1960. aastal, omistati W. F. Libbyle Nobeli preemia nn. “aatomkalendri” loomise eest.

Tollaegses Nõukogude Liidus oli Tartu labor kolmandaks, Baltikumis aga esimeseks töötavaks radiosüsiniku laboratooriumiks. Kuna nõudlus radiosüsiniku dateeringute järele oli küllaltki suur, tingis see vajaduse laboratooriumi edasiseks laiendamiseks ning dateerimismetoodika pidevaks täiustamiseks. Kui laboratooriumi rajamise aastail oli selle ainukeseks koosseisuliseks töötajaks käesoleva kirjutise autor, siis 1960. aastaks oli lisandunud TÜ keemiaosakonna lõpetanud Evald Ilves ning 1963. aastal samuti TÜ lõpetanud keemik Jaan-Mati Punning. Kujunes välja töötajate omavaheline laboratooriumisisene temaatiline tööjaotus – nii tegeles E. Ilves Holotseeni arenguga seotud proovidega, J.-M. Punning Ülem-Pleistotseeni ja Läänemere kronoloogia küsimustega ning A. Liivale jäid administratiivsed ülesanded ja arheoloogiliste proovide dateerimine. Suureks sammuks labori arengule oli see, kui õnnestus saada inglise firma "Nuclear Enterprise" dateerimisaparatuur ning maailma tippkvaliteediga fotoelektronkordistid firmast EMI. Uue dateerimispreparaadi, benseeni sünteesi juurutamine võimaldas tunduvalt tõsta määramiste täpsust ja dateeritavate proovide vanuselist diapasooni. Ühtlasi täiustati ka proovide võtmise ja eeltöötlemise meetodikat. Kolme keemiku ühistööde tulemusena

kujunes neil aastail Tartu radiosüsiniku laboratoorium üheks Nõukogude Liidu oma ala juhtivamaks laboriks, kus käidi uute laborite rajamisel kogemusi ja teadmisi omandamas. Tekkis ka viljakas teadusalane koostöö radiosüsiniku dateeringuid vajavate Nõukogude Liidu instituutidega, mille käigus osaleti ühisekspeditsioonidel ning saadud teadustulemused avaldati ühispublikatsioonidena.

Oma pika tegevusaja vältel on Tartu radiosüsiniku labor andnud küllaltki mainimisväärse teadusalase panuse – dateeritud on üle 3000 erineva proovi ja avaldatud ligi 200 teadusartiklit. Kolme esialgse labori töötaja (E. Ilves, A. Liiva, J.-M. Punning) kandidaaditööde materjalide põhjal avaldatud monograafia “Radiosüsiniku meetod ja selle kasutamine” oli üle terve Nõukogude Liidu aastaid ainukeseks ja põhiliseks radiosüsinikualaseks käsiraamatuks, mis võttis üldistatult kokku ka esimesed Baltikumis tehtud dateeringud geoloogia, arheoloogia ja paleozoologia alal.

Käesolevas lühiartiklis ei ole võimalik anda isegi kõige üldisemat ülevaadet neist küsimustest ja probleemidest, mille lahendamisel on kasutatud Tartu radiosüsiniku laboratooriumi dateeringuid. Mulle endale kõige südamelähedasemaks on laboris tehtud Pulli-Sindi asulakoha dateering, mis kalibreeritud vanusena 11 000 aastat on nüüd võetud üldkehtivalt Eesti territooriumi asustamisaja algusdaatumiks. Kuna selle asulakoha avastamisloo kohta on senini avaldatud küllaltki vastukäivaid versioone, siis tahaks siin oma mälestuste põhjal kunagi toimunut meenutada ja täpsustada. 1967. aasta algul tõi Eesti Geoloogia Valitsuse töörühma juht Kalju Kajak Tartu radiosüsiniku laboratooriumi seal töötava noore keemiku J.-M. Punningu kätte vanuse määramiseks proovid, mis olid võetud Pärnu jõe kaldalt Sindi asula lähedalt. Proovide ettevalmistamise käigus märkas J.-M. Punning proovides sisalduvaid looma- ja kalaluu tükikesi. Tekkis kahtlus, et kas pole need luutükikesed sattunud sinna inimtegevuse tagajärjel? Seetõttu otsustati neid näidata instituudi paleozooloog prof. Kalju Paaverile ja tema professionaalne otsus oli: "Antud juhul on need tõenäoliselt inimeste poolt purustatud luuosakesed." Edasi aga tekkis juba küsimus, et kas pole siin tegemist mingi muinasaja asustusega? Kuna tegemist oleks sel juhul olnud seni teadaolevatest asulatest tublisti vanemaga (turbaproov oli andnud vanuseks  $9300 \pm 75$  aastat), otsustati sellest informeerida ka tuntud kiviaja uurijat, arheoloog Lembit Jaanitsat. Ning juba sama 1967. aasta suvel viis L. Jaanits antud kohas läbi proovikaevamised. Kuigi esialgu saadud leidude arv polnud suur, kuskil kümne ringis, polnud aga enam kahtlust, et siin oli tegemist tõesti muistse asulakohaga. Sellega oli mitme erineva eriala töötajate ühistöö tulemusel avastatud uus, ka tänini vanim teadaolev Eesti asula. Ka edaspidised kordusdateeringud kinnitasid esialgseid tulemusi. Võiks öelda,

et selle asula avastamine andis meie muinasaja uurimiseks andmed, mis muutsid oluliselt kogu senist ettekujutust keskmise kiviaja algusest ja asustusest Baltikumis.

Meenutades nüüd Tartu radiosüsiniku labori ajalugu ja arengut, ei saa märkimata jätta aegade jooksul laboris töötanud kaastööliste osa (LISA foto 1) ja panust selle arengus:

- Tartu labor oli omal ajal esimeseks töökohaks keemik **J.-M. Punningule**, kus ta omandas dateerimistööks vajalikud kogemused. Peale kandidaaditöö edukat kaitsmist siirdus J.-M. Punning tööle Tallinnasse, kus ta TA Geoloogia instituudis rajas isotoopgeoloogia laboratooriumi ning hiljem iseseisva TA Ökoloogia Instituudi, mille juhatajaks ja hingeks oli ta kuni elu lõpuni.
- Suure panuse Eesti soode ja metsade arengu kronoloogia uurimisele ja meetodika täiustamisele on andnud laboris aastaid töötanud **Evald Ilves**
- Hindamatu panuse labori rajamisele ja väljaarendamisele andis kunagine töörühma lausa universaalsete võimetega töömees **Olev Kerem**. Mees, kes tundis ja ei põlanud ühtegi, ka kõige erinevama iseloomuga tööd alates klaasipuhumisest kuni lukksepa ja treialitööni. Tema valmistatud loenduspreparaat, benseeni sünteesiliin töötas laboris kuni viimase ajani.
- Kustumatu mälestus on jäänud elupõlisest labori töötajast ja heast sõbrast **Toivo Rinnest** (töötas kuni 2014. aastani laboris insenerina). Tema põhitöök oli aastaid proovide dateerimisprotsessi kõige töömahukam osa – proovide eeltöötus ja loenduspreparaadil benseeni süntees. Välitöödel ja ekspeditsioonidel oli ta ideaalne reisikaaslane ja abimees.

1995. aastal Eesti teadusasutuste ümberkorralduste tulemusena viidi radiosüsiniku labor üle Tartu Ülikooli geoloogia osakonna alluvusse, kus see töötab tänaseni. Peale uue TÜ keemiahoone valmimist sai radiosüsiniku labor omale asukoha Chemikumi uues hoones, olles nüüdseks ka aparatuuri poolest kõigiti kaasaegselt varustatud. Uut täisautomaatset dateerimisseadet käitleb nüüd geoloogiadoktor Katrin Lasberg, täites ühtlasi ka töörühma juhataja ülesandeid. Proovide ettevalmistuse ja benseeni sünteesi meetodika on nüüdseks omandanud noor keemiamagistrant Kaspar Metsar.

Huvitava teadusalase järjepidevuse näitena võiks siin välja tuua alljärgneva: Tartu radiosüsiniku laboratooriumi rajamise initsiaatori akadeemik Kalju Paaveri lastelastest on nüüdseks saanud geoloogid: tütre tütar Hanna Raig on kvaternaargeoloogina doktorantuuris ja pojapoeg Peeter Paaver geoloogiastudengina magistrantuuris.

## Meenutusi laboriga seonduvatest juhtumitest

Nõukogude Liidu Teaduste Akadeemia kunagisel asepresidendil akadeemik Konstantinovil tekkis kord huvi saada mingitki täiendavat selgitust väga haruldaste, kuid erakordselt võimsate kosmose varematal aegadel toimunud supernoovade plahvatuste kohta. Tänapäeval on kosmoseuuringutel kasutatavate seadmete põhipuuduseks teatavasti see, et nad võimaldavad saada ja kasutada ainult seda informatsiooni, mis praegusel ajahetkel kosmosest uurijateni jõuab. Supernoovade plahvatused on aga toimunud ka varem ja üldiselt toimuvad väga harva, 1–2 korda aastatuhande jooksul. Sealjuures on aga ajaloost teada isegi aasta-täpsusega viimase paari supernoova plahvatuse ajad. Nüüd oli akadeemikul, erialalt Nõukogude tuumafüüsika korüfeel, tekkinud julge idee: kas supernoova plahvatuse tõttu välja kiirgunud energia ei peaks kajastuma ka tol ajal kasvanud puude vastava aastaringi radiosüsiniku sisaldustes? On ju looduslik radiosüsinik oma tekkelt samuti kosmilise päritoluga. Esimene informatiivne teadusnõupidamine sellel alal toimus Moskvas asepresidendi töökabinetis, kus ta tutvustas radiosüsiniku laborite esindajatele oma ideid ning kuulas ära nende lühiülevaated laborite praegusest olukorrast ja võimalustest. Hiljem valiti üle Nõukogude Liidu välja 5–6 töötavat radiosüsiniku laborit, kellele eraldati selle uue probleemiga tegelemiseks lisaraha koosseisu ja aparatuuri täiustamiseks. Proovide ettevalmistamiseks laiendati ka tegutsevat Vilniuse ülikooli dendroloogia laborit. Järgmine selle ala teadusnõupidamine avaistungiga Tõraveres toimus juba Tartus. See leidis ka Eesti pressis järgnevalt kajastust: Tartus toimus üleliiduline teaduskonverents aktuaalsel teemal “Astrofüüsikalised nähtused ja radiosüsinik”. Et rõhutada omalt poolt selle teema praktilist tähtsust, oli ajakirjaniku poolt sinna veel juurde lisatud “läbiviidavad uurimised võimaldavad efektiivselt ära hoida supernoovade plahvatustega kaasnevaid katastroofe”. Kuna edasised supernoovade plahvatustele vastavate puidu aastaringide radiosüsiniku mõõtmised erinevates laborites märgatavaid kõrvalekaldeid ei näidanud, siis huvi selle probleemi vastu peale akadeemik Konstantinovi surma rauges.

Juhtub, et inimese perekonnanimi Takjas ja käitumismaneer langevad vägagi kokku. Nõnda võis seda öelda ka enesekindla, isegi ülbelt pealetükkiva noormehe suhtes, kes ennast meie laboris üleliidulise informatsiooniagentuuri TASS kaastöölisena esitles ning meilt labori kohta infot saada tahtis. Laboratooriumi sisuline töö ja uurimissuunad teda eriti ei huvitanud. Rohkem tundis ta huvi ja tahtis teada, kui suure täpsusega me proove dateerime. Seletasin siis talle, et sõltuvalt proovi vanusest ja iseloomust võime suhteliselt noori, kuni paarisaja aasta vanuseid proove dateerida kuni mõnekümne aastase statistilise täpsusega. See vastus teda



aga ei rahuldanud. Ta lausa pressis välja infot, et kas ei oleks kuidagi võimalik proovide vanust suurema täpsusega ka meie laboris määrata? Seletasin siis, et seda võimaldab teine, dendrokronoloogiline meetod, millega puude aastaringide abil saaks määrata puidu vanust isegi ühe aasta täpsusega. Lisasin, et käib ka juba laboritevaheline koostöö, et edaspidi saaks neid kahte meetodit omavahel ühendada, kuid see on alles tuleviku küsimus. Palusin temalt veel, et ta enne reportaaži edasisaatmist seda meile kindlasti näitaks, kuid selle jättis ta tegemata. Suur oli meie vapustus, kui mõne päeva pärast üleliidulises pressis TASS levis teade: “Eesti Teaduste Akadeemia Tartu radioaktiivse süsiniku vanuse määramise laboratooriumis määratakse proovide vanust juba ühe aastase täpsusega”. Võib arvata, kui raske oli mul järgmisel teaduskonverentsil oma kolleegidele teistest laboratooriumidest selgitada, kuidas selline desinformatsioon TASSi jõudis. Naljatades paluti siis minult ka neile õpetada, kuidas radiosüsinikummeetodil oleks võimalik proove ühe aasta täpsusega dateerida.

---

*Arvi Liiva (arvi.liiva@ut.ee)–TÜ radiosüsiniku labori kauaaegne töötaja.  
Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

## **Kuusnõmme bioloogiajaam ja Eesti geoloogid XX sajandi esimesel poolel Saaremaal**

*Tõnu Talvi*

Eesti riigi iseseisvumise järel jätkas Tartu Ülikool 1919. aasta 1. detsembril tööd emakeelse rahvusülikoolina. Oma ülikooli peamiseks eesmärkideks seati ennekõike Eesti maa ja kultuuriga seotud teaduse ja hariduse arendamine. Keiserlikus ülikoolis olid loodusteadused XX sajandi alguses suhteliselt tagasihoidlikul tasemel. Tulenevalt impeeriumikesksest teaduspoliitikast oli oma maa looduse uurimine vähetähtsustatud ja kohati isegi alla surutud. Rahvusülikooli rajamise järgselt pöörati looduse uurimise, dokumenteerimise ja õpetamise fookus selgelt taas Eestile. Esimeseks keerulisemaks probleemiks sai vajalike teadmiste, ettevalmistuse ja keeleoskusega õppejõudude leidmine. Teiseks oli vaja oma ülikooli vastavalt püstitatud eesmärkidele edasi arendada.

Looduse uurimist, õpetamist ja kaitset ei saa valdaval osal juhtudest teha ilma pikemat aega ühes ja samas paigas vaatlusi, harjutusi või muid tegevusi sooritades. Maailmas on juba üle poolteise sajandi olnud looduse uurimise ja tundmaõppimise tähtsateks tugipunktideks bioloogiajaamad – looduse uurimisbaasid keset loodust. Järgnevalt vaadeldakse Eesti geoloogide rolli Tartu Ülikooli Kuusnõmme bioloogiajaama tegevuses XX sajandi esimesel poolel.

### **Kuusnõmme bioloogiajaama rajamine**

Tartu Ülikoolile püstitatud eesmärkide täitmisel oli möödapääsmatu asutuse igakülgne arendamine. Ülikooli kõrge teadusliku taseme poole püüdlemise kõrval oli samas oluline tagada tulevase haritlaskonna mitmekülgne praktiline ettevalmistus. Et rahvusülikoolis pöörati esmajärjekorras tähelepanu oma maa looduse ja rahva uurimisele ning teenimisele, toimusid ülikooli struktuuri kaasajastamisel rahvusteaduste kõrval olulisemad arendused nimelt põllumajandus-, loomaarsti- ja matemaatika-loodusteaduskonnas. Matemaatika-loodusteaduskonna loodusteaduste osakonnas jätkasid abiõppeasutustest tööd botaanikaaed, zoologiamuseum ja mineralogiakabinet.

Imselt oleks loodusteaduslikku uurimistööd ja üliõpilaste praktilist koolitamist toetava välibaasi rajamise vajadus üsna pea ülikoolis ka ametkondlikult üles kerkinud. Konkreetne ettepanek tuli siiski väga varakult üksikisiku, Tartu Ülikooli botaanikaprofessori Fedor Bucholtzi (1872–1924) poolt. Baltisaksa juurtega, Moskvast ja Riias kogunenud esmaklassilise hariduse, teadus- ja õppetöö ning looduseuurimise

organiseerimise kogemusega Bucholtz esitas juba 20. oktoobril 1920 Tartu Looduseuurijate Seltsile saadetud kirjas ettepaneku algatada Lääne-Saaremaal bioloogiajaama taasavamine. Tema pöördumine kõlab ka tänapäeval väga kaasaegse ja programmilisena. Bucholtzil oli põhjalik isiklik Saaremaa looduse uurimise kogemus ja kokkupuuted 1910–1914 toimunud Riia Looduseuurijate Ühingu Kihelkonna bioloogiajaamaga. Käesoleva töö põhiteema huvides olgu märgitud, et kõrvuti Lääne-Saaremaa ornitoloogiliste ja botaaniliste eripäradega rõhutab botaanikaprofessor oma ettepanekus eraldi ka piirkonna geoloogilisi väärtusi. Bioloogiajaama omanduses ja uurimisobjektiks „*peaksid ka olema Rootsiküla kivimurrud, kus palju üliharuldasi muistsete loomade kivistusi leidub. Siin on leitud kivistusi, mis peale üksikute juhtumiste Ameerikas, tundmata, näituseks Eurypterus, vähjade ja ämblikude vahel olev loom jne. Kivimurrul puudub suurem majandusline väärtus, sest et säälnu lubjapaas puhas ei ole*“ (EAA.211.4.126, 4p; tsiteeritud on originaalkirja omaaegset tõlget eesti keelde). Seega ei olnud tulevane Tartu Ülikooli bioloogiajaam juba algatamisfaasis pelgalt zooloogiline, või veelgi enam, ornitoloogiline, nagu hiljem sageli on meelevaldselt tõlgendatud.

Tartu Ülikool asutas oma bioloogiajaama Lääne-Saaremaale Kuusnõmmele. Bioloogiajaam tegutses seal väga viljakalt aastatel 1922–1939 (Talvi 2015). Jaama rajajaks ja kauaaegseks patrooniks oli Tartu Ülikooli rektor, arstiteadlane ja ühiskonnategelane Henrik Koppel (1863–1944). Bioloogiajaama juhatajaks oli enamusel tegetsemisaastatel zooloogiaprofessor Johannes Piiper (1882–1973). Kuusnõmme bioloogiajaama võib kindlalt pidada üheks olulisemaks Eesti loodusteadusliku uurimistöö ja hariduse keskuseks II maailmasõja eelses Eestis. Siin viibisid välipraktikal, tegid oma teaduslikku uurimistööd või kogusid muuseumikogudesse materjali sellised Eesti loodusteaduste suurkujud nagu näiteks zooloogid Mihkel Härms, Edvin Reinvaldt, Hans Kauri, Juhan Aul, Johannes Lepiksaar, Aleksander Määr, Harald Haberman, botaanikud Teodor Lippmaa, Elmar Lepik, Karl Eichwald, August Vaga, metsateadlane Andres Mathiesen ning väga paljud teised. Eelnimetatud loodusteadlaste kõrval oli Kuusnõmme bioloogiajaama tegevuses väga oluline roll ka mitmel geoloogil.

### **Kuusnõmme bioloogiajaam ja geoloogid**

Bioloogiajaamade kultuuri teke XIX sajandi teisel poolel oli ennekõike seotud keset loodust paiknevate uurimiskeskuste vajadusega. Evolutsiooniteooriast ärgitatud võrdlev-morfoloogilised teadussuunad, mis kasutasid üha enam eksperimentaalseid meetodeid, vajasid rohkem ja värsket uurimismaterjali. Samaaegselt hakkasid uudsele, looduses paikneva

laboratooriumi eksperimentaalsele metoodikale lisanduma ekskursioonide ja vaatluskäikude abil kogutav empiiriline andmestik. Loodusteaduslik tegevus siirdus pikkade ja kaugete ekspeditsioonide käigus muuseumidesse kogutud materjali kabinetivaikuses tehtava analüüsi juurest üha enam looduse keskel tehtava töö poole. Seda suundumust võis jälgida ka geoloogia arengus.

Geoloogia kui teadusharu arengus Eestis on Saaremaal väga oluline roll. Nii olid ka vähesed (vt nt Isakar 2005) Tartu Ülikoolis töötavad geoloogid ja geoloogiaüliõpilased Kuusnõmme bioloogiajaamaga algusest peale tihedalt seotud (LISA foto 1). Esialgselt Hallest rahvusülikooli ühendatud mineraloogia ja geoloogia õppetooli juhatajaks kutsutud professor Hans Scupini (1869–1937) side Eesti teaduse ja loodusega jäi kogu tema ametiaja vältel nõrgaks. Ta töötas Tartus sisuliselt vaheaegadega aastatel 1920–1926, kasutades palju assistent Karl Duhmbergi (1862–1931) abi. Nii on ka seletatav, et H. Scupin Kuusnõmme ei jõudnudki. Kaks aastat peale Scupini alustas ülikoolis geoloogiadotsendina töötamist eestlane Hendrik Bekker.

Hendrik Bekker (1891–1925) oli peamiselt paleontoloogia ja Eesti aluspõhja stratigraafiaga tegelenud geoloog. Ta oli 1918. aastal üks viimaseid keiserliku Tartu Ülikooli loodusteaduste kandidaadi diplomiga lõpetajaid. Bekker täiendas ennast 1919–1921 kolmel korral Londonis, kaitses 1921. aasta sügisel Londonis Imperial College'is doktoriväitekirja ning valiti 1922. aastal Tartu Ülikooli geoloogia dotsendiks ning 1924. aastal geoloogia ja paleontoloogia erakorraliseks professoriks (Rõõmusoks 1992).

Hendrik Bekker oli väga entusiastlik ja võimekas Eesti loodusteaduste ja -hariduse eestvedaja. On imetlusväärne, et lisaks varakevadisele dotsendi kutse eeldusena esitatud habilitatsiooniloengule (loengu oponentideks professorid J. Piiper ja H. Scupin), mahuka õppetöö alustamisele, geoloogiamuuseumi kogude ja ekspositsiooni avamise korraldamisele ning geoloogiaõpiku käsikirja valmimisele jõudis Hendrik Bekker bioloogiajaama esimese tegutsemisaasta suvel ka Kuusnõmme. Esimesel tegutsemisaastal bioloogiajaamas ornitoloogiliste (Härms, Piiper) ja terioloogiliste (Reinvaldt) kõrval ka geoloogiliste uuringute alustamine oli ülikooli jaoks igatahes väga oluline. Riigivanemale 1923. aasta veebruaris saadetud edasist rahastamisvajadust põhjendavas kirjas märgitakse bioloogiajaama tegevussuundade mitmekesisust eraldi ära: „*Mineval suvel [...] dotsent Bekker on jaama oma geoloogiliste uurimiste aluseks võttes väärtuselisi materjaalisi kogunud*“ (EAA.2100.4.126, 78).

1924. aasta suvel pöördus Hendrik Bekker koos vahepeal ülikooli assistendina tööle kutsutud Artur Luha, mineraloogia assistendi Karl Duhmbergi ja geoloogiaüliõpilase Armin Öpikuga (1898–1983)

Kuusnõmme tagasi. Uuriti Saaremaa Siluri ladestut, Bekkeri ja Luha peamiseks eesmärgiks oli geoloogiline kaardistamine, Duhmbergil ja Õpikul kivististe kogumine. Hendrik Bekkerit seob Kuusnõmme bioloogiajaamaga lisaks teaduslikele eesmärkidele ilmselt ka mitu isiklikumat laadi seost. Bioloogiajaamade tähtsus ja sobivus loodusteaduste arengus oli talle selgeks saanud juba õpingute ajal. Ülikooli loodusteaduste üliõpilasena oli Hendrik Bekker veetnud zooloogiaprofessor Konstantin Saint-Hilaire (1866–1941) juhendamisel 1915. aasta suve tollase Jurjevi (Tartu) ülikooli Kovda bioloogiajaamas Valge mere ääres. Hiljem, oma Londoni õpingute ajal, oli Bekker kogenud ka Plymouthi merebioloogiajaama võimalusi. Kuusnõmmes töötamisega kinnitas ja tähtsustas Bekker bioloogiajaama olulisust. Ning veel teinegi Bekkerit, Kuusnõmme bioloogiajaama ja Eesti loodusteaduste arengut siduv seik – nimelt oli just Hendrik Bekker see, kes oma kogemustele tuginedes julgustas ja suunas Johannes Piiperit doktoritööd tegema Londoni Imperial College'i juures (Piiper 1962). Ilmselt ei olnud siin Kuusnõmmel koos veedetud päeval mitte kõige tagasihoidlikum osa.

Artur Luha (1897–1953) õppis 1912–1922 Tartu Ülikoolis loodusteadusi (geoloogiat), töötas õpingute vahel koolmeistrina, osales Vabadussõjas, asus 1922. aastal H. Bekkeri kutsel tööle ülikooli assistendina, kaitses 1923. aastal kandidaadiväitekirja ja 1930. doktoritööd. Pärast 1930. aasta kevadel geoloogiaprofessori valimistel segastel asjaoludel Armin Õpikule allajäämist jätkas ta tööd eradotsendina ja tegutses palju väljaspool ülikooli (Rõõmusoks 1982). Teemaga seoses on oluline nimetada, et sarnaselt Hendrik Bekkerile omas ka Artur Luha 1915. aasta suvest üliõpilasena Kovda bioloogiajaamas töötamise kogemust.

Artur Luha jätkas peale H. Bekkeri varajast surma Kuusnõmme bioloogiajaamas käimist (LISA foto 2). Ta töötas Kuusnõmmel aastatel 1927–1931 igal suvel mitu nädalat, juhendades loodusteaduste üliõpilaste praktikaid, kogudes oma doktoritööks (Luha 1930) materjali ning abistades USA Darthmouthi ülikooli zooloogiaprofessorit ja evolutsionisti William Pattenit (1861–1932) viimase välitöödel Saaremaal. Peamiseks A. Luha Saaremaale meelitavaks magnetiks olid Kuusnõmme lähedal Viita ja Himmiste-Kuigu paemurdudest tema enda poolt avastatud ja peamiselt W. Patteni poolt kuulsaks kirjutatud lõuatute leiud (Tinn 2009, Märss 2011, Tuuling 2011). Luha pöördus Kuusnõmme veel kord tagasi aastaid hiljem peale Patteni surma, 1937. aasta suvel. Kuigi Artur Luha oma doktoritöö järel tehtud paleontoloogiliste tööde kohta ise midagi olulist ei avaldanud, on tema Kuusnõmme bioloogiajaama baasil tehtud töödel geoloogia ajaloos väga oluline roll. Seda tunnustas kolmel aastal (1928, 1930 ja 1932) just A. Luha hindamatul toel (Luha oli ameerika professorile välitöödel üheaegselt teaduslikuks assistendiks, tõlgiks, töömeeste suunajaks-juhendajaks kui

logistika korraldajaks) Kuusnõmme lähistel välitöid teinud William Patten selgelt (Patten 1931a, 1931b). Artur Luha teaduslike saavutuste suhtes jäi ausaks ka viimast konkurentsisis professori kohale edestanud Armin Öpik. Värskest erakorraliseks professoriks valitud Öpik viseeris A. Luha poolt matemaatika-loodusteaduskonnale oktoobris 1930 esitatud suviste välitööde aruande omalt poolt: „NB! Kalade leid Pilgusel on kahtlemata meie sajandi silmapaistvam paleontoloogiline leid Eestis ja Baltimaadel. Dr. A. Luhale tuleb soovida tõsiselt õnne. A. Öpik“ (EAA.2100.2.576, 59).

Armin Öpik viibis 1930. aastatel veel korduvalt Kuusnõmmel, tehes ümbruskonnas paleontoloogilisi uurimistöid, juhendades üliõpilasi ja täites aastatel 1930–1931 prof J. Piiperi asemel bioloogiajaama juhataja ülesandeid. Teada on ka geoloogiaüliõpilase Karl Orviku (1903–1981) viibimine 1929. aastal Kuusnõmme bioloogiajaamas. Orviku veetis siiski suurema osa ajast Sõrve poolsaarel geoloogilise kaardistamise välitöödel (Orviku 1935).

### **Kokkuvõtteks**

Kuusnõmme bioloogiajaamas tegutsesid aastatel 1922–1939 erinevate loodusteaduste esindajad. Bioloogiajaam ei olnud pelgalt ornitoloogiline uurimisjaam, nagu kohati on lihtsustatult tõlgendatud. Kuusnõmmel töötasid ka mitmed XX sajandi tuntuimad Eesti geoloogid.

Geoloogid kasutasid oma Kuusnõmmel kogutud teaduslike välitööde andmeid enamasti üldistavates töödes. Suur osa enda ja kolleegide tehtud tööde tulemustest võttis Artur Luha kokku Saaremaa koguteose geoloogia osas (Luha 1934). Lisaks avaldas ta bioloogiajaamas töötatud ajal tehtud vaatluste kohta mitmeid lühemaid kirjutisi (Luha 1930a, Luha 1931, Luha 1940). Teised Eesti geoloogid olid Kuusnõmme perioodil kogutud materjalide avaldamisel tagasihoidlikumad (Orviku 1935). Arvestades kahe maailmasõja vahel Tartu Ülikoolis geoloogiat õppinud isikute tagasihoidlikku arvu (kokku alla 20 üliõpilase, Isakar 2005), peab geoloogide osalust Kuusnõmme bioloogiajaama toimimises ja saavutatud tulemusi pidama silmapaistvaks.

Bioloogiajaama peamiseks eesmärgiks oli olla baasiks ülikooli teadlastele ja üliõpilastele Saaremaa looduse teaduslikul uurimisel, loodusteaduste õppimisel ja õpetamisel. Tartu Ülikooli Kuusnõmme bioloogiajaamal on Eesti loodusteaduste, -kaitse ja kultuuri ajaloos väga oluline osa.

### **Kasutatud allikad ja kirjandus**

Eesti Ajalooarhiiv (EAA) Fond 2100 – Eesti Vabariigi Tartu Ülikool

- Isakar M. 2005. Geoloogia õpetamine ülikoolis aastatel 1918–1945. Rmt: E. Verš, I. Puura, Ivar, M. Isakar (toim). *Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi*. Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Tartu, lk 44–63.
- Luha A. 1930a. Saaremaa marmor. *Loodusevaatleja* 1 (3), lk 73–78.
- Luha A. 1930b. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eurypterusschichten). *Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A*, Annales XVIII, lk 1–18.
- Luha A. 1931. Salajõgedest Mustjalas, Saaremaal. *Loodusevaatleja* 2 (3), lk 67–70.
- Luha A. 1934. Saaremaa pinnaehitus ja aluspõhi. Rmt: A. Luha, E. Blumfeldt, A. Tammekann (toim). Eesti. Maateaduslik, majanduslik ja ajalooline kirjeldus. VI. Saaremaa. Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus, Tartu, lk 4–22.
- Luha A. 1940. Uusi ostrakoderme Saaremaa *Eurypterus*-lademest. *Eesti Loodus* 9 (1), lk 17–24.
- Märss T. 2011. Ühe väljasurnud kala lugu Saaremaalt. *Loodusesõber* 3, lk 20–23.
- Orviku K. 1935. Quartärgeologische Karte der Halbinsel Sörve (Saaremaa, Estland). *Eesti Loodusteaduse Arhiiv, Ser. 1*, 9 (1), lk 1–20.
- Patten W. 1931a. New Ostracoderms from Oesel. *Science* 73 (1903), lk 671–673.
- Patten W. 1931b. The Dartmouth Expedition to the Island of Oesel. (Running Down the Missing Link). *The Dartmouth Alumni Magazine* 6, lk 1–5.
- Piiper J. 1962. *Curriculum vitae*. Käsikiri Tartu Ülikooli Raamatukogu käsikirjade osakonnas.
- Rõõmusoks A. 1982. Professor Artur Luha. *Eesti Loodus* 7, lk 434–438.
- Rõõmusoks A. 1992. Esimene Eesti geoloogiaprofessor Hendrik Bekker. *Tartu Ülikooli Toimetised 956. Töid geoloogia alalt* 12, lk 3–14.
- Talvi T. 2015. Tartu Ülikooli Kuusnõmme bioloogiajaam. *Estonia Maritima* 10, lk 1–164.
- Tinn O. 2009. Ühest unustusehõlma vajunud evolutsiooniteooriast ning sellest, kuidas Eestist tõendusmaterjali otsiti. Rmt: E. Verš, L. Amon, L. Laumets (toim). *Schola Geologica* 5. *Piirideta geoloogia*. Sulemees, Tartu, lk 97–103.
- Tuuling I. 2011. Tükikese kodusaare lugu Ameerika loodusloomuuseumis New Yorgis. *Eesti Loodus* 3, lk 46–49.

## Käänukohad Eesti majandusgeoloogias: teaduspõhine populaarne ülevaade

*Väino Puura*

Eesti majandusgeoloogia kui teadusharu käekäik on olnud tugevas sõltuvuses meie rahva riiklikust kuuluvusest:

- Vene tsaaririigi kolooniais 200 aastat tagasi tekkinud geoloogiateaduses ilmus peagi esimesi väljundeid, mida hakkas kasutama hilisem rakendusgeoloogia;
- Eesti Wabariigi (EW) valitsus seadustas geoloogiateaduse arendamise ja õpetamise ülikoolis, suunas juhtivaid õppejõude ja teadlasi rakenduslikke ülesandeid lahendama ning valitsusaparaati ja ettevõtlust nende tulemusi kasutama;
- NL esimene okupatsioonivõim ruttas Eestis kogutud geoloogilist informatsiooni koguma ja keskusesse suunama;
- Hitleri-Saksa okupatsiooni võimud toimisid samal viisil;
- NL okupatsioonivõim aastatel 1944–1991 korraldas varasemaga võrreldes mitu suurusjärku laialdasema geoloogilise kaardistamise ja maavarade otsingute/uuringute kampaania, mille andmestiku rakendusgeoloogiline ja sügavam majandusgeoloogiline interpreteerimine ning maapõuekasutuse otsustamine ja organiseerimine toimus impeeriumi keskuses; kohalikul teadusel polnud selliste otsustuste tegemise juurde asja.
  - o Siiski, okupatsiooni lõpukümnenditel kujunes Eesti teadlaste ja inseneride hulgas omaalgatuslik vastuseis ebamajandusliku, ebaefektiivse ja keskkonnakahjuliku kaevandamise ja mäetööstuse ning nende laiendamise kavade vastu; majandusgeoloogilistel hinnangutel oli selles oma koht. Nn „fosforiidisõja“ vältel levitati seda teavet üldsusele, mis liitis rahvast taasiseseisvumisprotsessis. Kuid sellal kujunes üldsuse teatud osas ka kestav negatiivne suhtumine mäendusse ja sealtkaudu geoloogilistesse uuringutesse üldse, mis on tõusnud takistuseks majanduse arengule taasiseseisvunud Eestis.
- Taasiseseisvunud Eestis (alates 1991) pole majandusgeoloogilisi uuringuid süsteemselt arendatud. Poliitikud ega riigi valitsus pole vastavatest hinnangutest olnud huvitatud. Tähtsamate maavarade uuringuid on takistatud ning maapõuekasutusprojekte keelatud. Fosforiidisõja järelmina kujunes poliitikute ja üldsuse teatavas osas kestav negatiivne suhtumine mäendusse ja sealtkaudu ka geoloogilistesse uuringutesse üldse, mis on tõusnud takistuseks majandusharu arengu ette meie taasiseseisvunud riigis.



## Geoloogiateenistuste ja majandusgeoloogia teke

Majandusgeoloogia käsitleb maapõuekasutuse võimalusi ja sellest saadavat kasu ning ka maapõue ehituse ja dünaamika iseärasustest tulenevate ohtude vältimist ja kaasnevaid kulusid. Majandusgeoloogia kui teadusharu defineeriti XX sajandi algul. See eelkõige kvalitatiivseid meetodeid rakendav uurimissuund sai geoloogia, mitte majandusteaduse haruks. Kuuludes teiste loodusvarasid käsitlevate rakendusliku väljundiga teaduharude hulka teenib ta eelkõige riigihaldust, ettevõtlust, investoreid, loodushoidu ja informeerib üldsust.

Majandusgeoloogia alusteabe loomiseks ning geoloogilise andmestiku ja selle pädeva hinnangu edastamiseks laiale huviliste ringile hakkasid XIX sajandi edukad riigid looma riiklikke rakendusteaduslikke uurimisasutusi – geoloogiateenistusi. Ebaõnnestunud riigid pole suutnud seda teha tänaseni. On palju riike, kus maapõuerikkuste kasutamine loob riigi majandusliku rikkuse aluse, teisi, kus sellel on oluline osa, ning kolmandaid, kus selline võimalus puudub või pole seda osatud kasutada.

Esimene geoloogiliste rakendus- ja alusuuringute sihiga riiklik teaduspõhiste uurimisasutuste institutsioon loodi 1835. aastal Suurbritannias – Briti Geoloogiateenistus (*the British Geological Survey - BGS*), nõustamaks Briti valitsust kõikide riigi ja rahva eksistentsi mõjutavate maapõueutingimuste ja -kasutuse probleemide paljususes. Edasipidi loodi geoloogiateenistused Rootsis (SGU, 1858), USA-s (USGS, 1879), Soomes (Geologian Tutkimuskeskus GTK, 1885) jm. Eestimaad koloniseerinud Venemaa Geoloogiline Komitee loodi 1882 ja muuseum sai selle esimeseks direktoriks 1825. aastal Tartu Ülikooli lõpetanud Grigori (Gregor von) Helmerson. Näiteid geoloogiateenistuste eesmärkidest: BGS on osaliselt riiklikult rahastatav asutus, mille eesmärk on edendada geoteaduslikke teadmisi Ühendkuningriigi maismaa ja mandrilava kohta süstemaatilise uurimise, seire ja teadustöö abil. BGS praegune moto on „*Applied geoscience for our changing Earth*“ („*Rakendusgeoloogia meie muutuva Maa heaks*“). SGU tegeleb süstemaatiliste kivimite, pinnase ja põhjavete uuringutega Rootsis, eesmärgiga anda kogukonnale vajalikku geoloogilist informatsiooni nii lühemas kui kaugemas perspektiivis. Ajendatuna Rahvusliku Teaduste Akadeemia aruandest otsustas USA kongress 1879. aastal luua riikliku geoloogiateenistuse (the United States Geological Survey – USGS) kui riigi valitsuse teadusasutuse. See sai suunise uurida riigi maastikke, looduslikke ressursse ja looduslikke ohte nelja teadusvaldkonna – bioloogia, geograafia, geoloogia ja hüdroloogia – võimekustega. USGS on „fakte koguv“ (uuriv, talletav ja analüüsiv) teadusasutus, ilma et kannaks regulatiivvastutust. Sellesse koguti seni hajutatud uurimisgrupe ja teadlasi kogu riigist. Aastani 1997 oli USGS

motoks „Maateadus rahva teenistuses“, selle järel „Teadus muutuva maailma heaks“.

Uue majandusgeoloogia teadusharu ajakirja „*Economic Geology*“ hakati välja andma 1905. aastal USA-s. 1920. aastal moodustas suur grupp Ameerika Geoloogiaühingu (GSA, 1888) liikmeid Majandusgeoloogide Seltsi, mis praegu ühendab enam kui 7000 liiget kogu maailmast. Ajakiri kujunes Seltsi väljaandeks. Selts näeb majandusgeoloogiliste tegevuste eesmärkidena:

- Edendada maardlate ja maavarade uurimise abil maavarade otsinguid, hindamist ja kaevandamistingimuste uuringuid;
- Levitada alus- ja rakendusuuringute informatsiooni publikatsioonide, nõupidamiste ja ekskursioonide, loengute korraldamisega;
- Edendada maavarade ja maardlate teadusuuringuid selleks, et kaasa aidata üldise maavarade otsingute, uuringute, hinnangute, kaevandamise ja toorme töötlemise metodoloogia ja tehnoloogia parendamisele;
- Tõsta majandusgeoloogia uurijate staatust, kindlustada professiooni kõrgeid erialaseid ja eetilisi standardeid.

Majanduslikult tugevate riikide geoloogiateenistustest kujunesid võimsad riiki teenindavad ja rakendusgeoloogiat arendavad uurimisasutused, majandusgeoloogide ühendustest aga geoloogia alusteaduse ja rakendusgeoloogia integreerijad. Rakendusgeoloogilise esmasuunitlusega uuringud loovad määrava osa alusuuringute allikmaterjalidest ja analüütikabaasist, ja vastupidi, alusuuringute tulemused ja metoodika-/tehnikarendused loovad aluse otsingutele, uuringutele. Meenutagem laamtektoonika teooria tekke tähtsust maavaraotsingutele ja maavärinate prognoosile. Alus- ja rakendusuuringute edu eeldus on nende orgaaniline ühtsus.

Geoloogilised otsingud ja uuringud nagu ka nende tarbeks teostatavad geoloogilise, hüdrogeoloogilise, geofüüsikalise, geokeemilise jne kaardistamise tulemused on sisendiks majandusgeoloogilistele hinnangutele. Riigi seisukohalt on oluline saada majandusgeoloogialt pädevaid hinnanguid ja soovitusi otstarbeka maapõuekasutuse suunamiseks. Selliseid hinnanguid ja soovitusi on tarvis ka edasiste geoloogiliste uuringute suunamiseks. Majandusgeoloogiliste hinnangute ja soovitude koostamine on küll geoloogiateenistuste otsene ülesanne, kuid selles protsessis osaleb laiem akadeemiline ringkond, eriti ülikoolidest, ettevõtlusest jm, haarates kaasa sidusvaldkondade teadmused, seisukohti ja vajadusi. Suur reguleeriv osa selles on antud rahvus- ja ametkondadevahelistele erialaühingutele ja -seltsidele ning laia levikuga teadusajakirjade toimetustele.

Vahelülilis majandusgeoloogiliste hinnangute ning konkreetsete maapõuekasutuse otsuste ja disaini vahel on tasuvusuuring, mille käigus geoloogilise andmestiku kõrval kõikide järgnevate tegevuste tehnoloogiaid ja maksumusi uuritakse, katsetatakse ja hinnatakse. Seetõttu pole algne majandusgeoloogiline hinnang, otsustus ega soovitus otsene arendusettepanek mäenduslikuks või muuks tegevuseks. See on vaid objektiivne teaduslik iseloomustus ja kvalitatiivne potentsiaali hinnang analoogiate põhjal, esiteks detailselt konkreetseid uurimistulemusi tundes ja teisalt kogu maailma teadmuse kasutades. Sel moel saavad pädevad otsusetegijad, investorid (pangad) ja arendusettevõtted toimida usaldusväärse teadmuse põhjal.

## **Majandusgeoloogia algete ja aluste teke ja areng Eestis**

### **Eellugu**

Præguse ajaarvamise alguses hakati Eestis sooranda sulatama, et sellest relvi ja tööriistu valmistada. See kestis enam kui poolteist aastatuhandet. Küllap kujunesid teadjamehed, kes sooraua kihte oskasid otsida, ja kogukondade juhid, sõjapealikud ja kaupmehed, kes maagiotsinguid ja algelist metallurgiat innustasid. Maa koloniseerimine XIII sajandil tõi rauamaagiotsingutele lisaks ehituskiviks ja lubja põletamiseks sobiva paekivi otsingud. Seda korraldas maid hõivanud uus võim – ordu- ja aadlimehed, kes teadjamehi kaasa tõid. Sobivate kristalsete rändkivide kasutamise oskused ehituseks kujunesid ehk juba kohapeal. Koloniseerivad võimud otsisid allutatud maade rikkusi igal pool ning ruttasid neid hõlvama. Eesti vähestest maavaradest on paekivi kõrval XVII sajandil Rootsi mäetöösturitele huvi pakkunud Kesk-Eestis Pilstvere ümbruses mullakihis esinenud galeniidi-mugulad, mis kokku koguti ja kottidesse laotuna hobuveokitel Rootsi poole teele saadeti. Leningradi geoloogide otsingutega XX sajandi keskel leiti vaid üksikuid galeniidimugulaid. Leiukoht oli ammu ammendatud.

**Regionaalse geoloogiateaduse teke.** Vene tsaarivalitsus, kes aktsepteeris Baltisaksa aadelkonna vajadusi, otsustas luua ülikooli omaaegsete Liivimaa, Eestimaa, Kuramaa ja Soome kubermangu jaoks. Eestikeelsete pärismaalaste asumisalal taasloodigi Tartu Ülikool 1802. aastal. Geoloogia kabinet loodi 1820. aastal. Selle looja, Tartu Ülikoolis loenguid kuulanud Otto **Moritz Ludwig von Engelhardt** (1779–1842) asus õpetatud geoloogi (sai 1815 TÜ audotoriks) asju ajama Tartus **1820.** aastal ehk 195 aastat tagasi. Geoloogilise hariduse sai ta Freibergi Bergakademie's. Veel enne kabineti avamist ja õppetöö alustamist koostas ta Saksa traditsiooni kohase geoloogilise uuringu meetodite käsiraamatu

(1817). Järkjärgult hakkasid kujunema algteadmised, mida XX sajandil iseseisvunud Eesti sai kasutama hakata. Diskuteerides välismaa teadlastega jõudis ka von Engelhardt oma tegevuse lõpuaastatel arusaamisele, et Tartu ümbruse liivakivid lasuvad Virumaa ja Järvamaa paekihtidel ning on seega nooremad kui põhjaranniku liiva- ja savikivimid – hakati eristama Devoni, Siluri ja Kambriumi kihte. Eesti geoloogia esimene sajand oli eelkõige paleontoloogiliste uuringute aeg. Selle rakendusliku tähtsusega väljundiks kujunes Eesti- ja Liivimaa aluspõhja stratigraafilise skeemi ja geoloogilise kaardi koostamine (Carl **Friedrich Schmidt** 1832–1908 ja **Constantin Caspar Andreas Grewingk** 1819–1887). Viimasel olid näidatud Kambriumi, Siluri (jagatud 8-ks kihistuks ja sisaldas ka hiljem eraldatud Ordoviitsiumi) ja Devoni avamused. Aladel, kus paksude kobedate pindmiste setendite alt puudusid andmed aluspõhjakihtide kuuluvuse kohta, olid kaardile kantud diluviaalsed setted. Termin “diluuvium“ kaotas XIX sajandi esimesel poolel oma Piiblikohase sisu – geneetilise seose üleilmsest uputusest tingitud vooludega. Selgituse leidis kristalsete rändkivimite – erraatilise materjali – päritolu Fennoskandiat piiravatel settekivimite levikualadel ning tekkis mandrijäätumiste teooria. G. Helmerseni kaudu jõuti teadmiseni, et settekivid katavad kõikjal levivat kristalset aluskorda – „Urgebirge“. Selgus, et meie ala settekivimitest pealiskord pakseneb lõuna suunas. Settekivimites lasuvaid põhjaveekihte hakati kasutama Eesti põhjarannikul kuni aluskorrani ulatuvaid kaeve puurides. Geotektoonika ja kaasaegse dünaamika valdkonnas jõuti arusaamisele, et Ida-Euroopa lavamaal on juba Paleosoikumile eelnenud aegadest valitsenud rahulikum geoloogilised tingimused, kuid esineb maatõus, mis on kõige kiirem Loode-Eestis. Samalaadne maatõus oli Rootsis ja Soomes teada juba XVII-XVIII sajandist.

Venemaa valitsusringkondades oli teada, et Eestimaa kubermangu maapõues leidub põlevkivi. Tartu Ülikoolis filosoofiakandidaadi kraadi kaitsmise (1825) järel suunati Gregor Helmersen Vene rahandusministeeriumi, mis organiseeris maavarade otsingute ja geoloogilise kaardistamise geoloogilisi ekspeditsioone. Esimese geoloogina uuris Helmersen aastatel 1838–39 Eesti põlevkivi – kukersiiti ja diktüoneema-(graptoliit-)argilliiti(kilta). Kukersiidi nime andis Peterburi paleobotaanik M. Zalesski Kuckersi ehk Kukruse mõisa järgi. Eesti fosforiit, mida hakati kutsuma „Obolus-fosforiidiks“, ja „Dictyonema-kilt“ said nime kivististe järgi. Ka Eesti paekivirikkus oli viimase aastatuhande jooksul üldteada, tuntud ja ehituses ära kasutatud, kuid kivististe leiupaikadena ilmusid paemurrud teadustöösse alles XIX sajandil.

Vene Keisririigis ei tekkinud olulist huvi ega vajadust Balti provintside maapõuerikkuste järele enne kui puhkes esimene maailmasõda. Sõda tekitas Venemaa pealinnas Petrogradis küttepuuduse, mille leevendamiseks

Geoloogiline Komitee pakkus põlevkivi kaevandamist Kukruse lähedalt. 1916. aastal tehti uuringupuurimised ja proovikaevamine Kukruse lähedal ning põletamiskatsed Peterburis. Eestimaa ja Liivimaa kubermanguvalitsustes maapõue ega maavaradega teadaolevalt ei tegeldud.

### **Geoloogia iseseisvunud Eesti Wabariigis (EW-s)**

Eesti Wabariigis (EW) loodava eestikeelse Tartu Ülikooli õppe- ja teadustöö suundade ja õppetoolide nimekirja lülitati teiste teadusvaldkondade hulgas ka geoloogia. Mineraaltoorme uurimine lülitati uurimistöökavadesse. Noored tulijad Henrik Bekker (1891–1925; lõpetas TÜ geoloogina 1918, Dr. 1921, dotsent 1922–1924, professor 1924), Armin Aleksander Öpik (1898–1983; professor 1930–1944), Artur Luha (1897–1953; sünd. Luhha, Dr ja TÜ eradots. 1930, 1938–40 Majandusministeeriumi Mäeameti Geoloogiakomitee juhataja, TTÜ dotsent, 1940–46 Tööstuslike Uurimiste Instituudi geoloogia (maavarade) sektori juhataja, 1945–51 TÜ prof, 1947–55 Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi direktor, 1946 akadeemik; 1897–1953) ja Karl Orviku (1903–1881; sünd. Jaanson, Dr 1940, TÜ prof 1944–1958, 1954–1968 TA Geoloogia Instituudi direktor, akadeemik 1954). EW-s suunati nii TÜ kui TTÜ professorite tegevusi rakenduslike uuringusuundade loomisele ja viljelemisele, lisaks alusgeoloogiliste uuringute ülesannetele.

EW-s arenema hakanud rakendusgeoloogilise fookusega uuringud sobitusid kenasti rahvusvaheliselt kujunevasse rakendusgeoloogiliste uuringute metodoloogilisse võrkstruktuuri, ehkki riikliku geoloogiateenistuse loomise algeteni jõuti alles iseseisvusaja lõpul. Küll aga oskasid noore riigi ametnikud kaasata algavat ülikooliteadust maapõueuuringutesse ja kasutada saadud teadmisi põlevkivi kontsessioonialade eraldamiseks välisfirmadele. H. Bekker kirjutas oma doktoritöö Eesti põlevkivikihtidest, mille ta kaitses 1921. aastal Londonis. 1921. aastal oli põhimõtteliselt selge põlevkukersiidikihi lääne-idasuunaline avamus Põhja-Eesti paelava põhjaserval. Põlevkivi kaevandamise plaanide koostamisel tekkis vajadus hinnata karjääriivisiliseks kaevandamiseks sobiva vööndi laius. Lähtudes G. Grewingi 1855. aasta hinnangust, et kihid on 2–3° nurga all kaldu loodesuunas, ja veel 1918. aastal kirjutatust, et põlevkivikihid on 2–5° kaldu, arvutas H. Bekker, et kaevandamiseks sobiva lääne-idasuunalise maariba laius on 36,62–77,36 m. Kuid juba 1923. aastal, kasutades 1921.–1922. aastate otsingupuurimise andmeid Kohtla-Järvelt, Apandikult, Arvila-Ratvast, Tarumaalt ja Tudulinast (Tökke), määrati põlevkivikihi kallakus 11'–13' lõuna suunas. Maardu lähedal määras A. Öpik kihtide kallakuseks 12'–15' lõuna suunas. Edaspidi arvutasid Bekker, Öpik, Luha ja Orviku kallakusi kogu Põhja-Eestis ja selle eri piirkondades, saades

väärtusi kuni 25'. Loetletud puurakude südamike kirjeldustega selgusid Eesti maardla põlevkivikihindi paksuste jaotumuse ja sisemise kihisuse põhilised muutused. Kahetsusväärne on, et välisfirmade uuringutega kogutud kivimproovid (puursüdamikud) ja enamus aruandematerjale pole säilinud.

1920.–30. aastail jõuti Eestis geofüüsikaliste meetodite kasutamise algfaasi. Üldise magnetilise kaardistamise tulemusel, mida teostas A. Gernet sõjaväe hüdro-topograafilisest osakonnast, koostati Eesti territooriumi magnetvälja kaardid. Avastatud Jõhvi anomaalial tegi mäeinsener E. Differt majandusministeeriumi loal detailsema magnetomeetrilise kaardistamise. TTÜ adjunkt-professor A. Linholm-Linari (1903–1983) interpreteeris järsu kaldega magnetilise keha. Selle koostise uurimiseks, rauamaagi avastamise lootuses, rajas selleks moodustatud aktsiaselts Magna kaks puurauku. Teemantkroonidega käsitsi puurides tõsteti kristalsete kivimite südamikke alates 238 m kuni 505 ja 721 m sügavusvahemikust. TTÜ professorid A. Linari ja J. Kark eraldasid magnetiiti sisaldavate gneisside ja kvartsiitide vahelihid migmatiidistunud moondekivimite lasundis. See esimene maagileid aluskorras on jäänud seni suurimaks Eestis.

Toodud näited viitavad sellele, et kogu oma olemasolu vältel haldas EW valitsus eesmärgipõhiselt maapõueuuringuid ning omaaegsete võimaluste piires püüdis luua tingimusi mäenduse arendamiseks, mis õnnestus olulisel moel kukersiit-põlevkivi puhul. EW ministeeriumides olid maapõueuuringuid edendavad osakonnad ning vähem kui 20 aasta jooksul jõuti Geoloogilise Komitee (EGK, 1937) kui geoloogiateenistuse eellase ja ka Loodusvarade Instituudi loomiseni, sh geoloogia (maavarade) osakond. Iseloomulik on, et ülikoolide professorid ja juhtivad spetsialistid olid haaratud rakendusgeoloogiliste ülesannete täitmisse ja probleemide lahendamisse ning loodavate rakendusgeoloogiliste üksuste juhtimisse. Hilisem TÜ professor Artur Luha ja TTÜ professor Jaan Kark said vastavalt EGK juhiks ja asejuhiks.

### **Okupatsioonide all**

***Nõukogude okupatsioon 1940–1941.*** EW-s loodud geoloogiaasutused likvideeriti. NL valitsusasutused ruttasid Eestis olevaid geoloogilisi andmeid ja teadmust NL keskasutustesse toimetama. Professor A. Öpikult telliti analüüs Eestis ja Baltimaades nafta- ja gaasimaardlate esinemise võimaluste kohta (vene keeles).

***Saksamaa okupatsioon 1941–1944.*** Ka Saksamaa okupatsioonivõimud ruttasid Eestist geoloogilist andmestikku koguma ja välja viima, sealhulgas radioaktiivse diktioneerimiskilda kohta. Ka nemad tellisid professor A.

Õpikult analüüsi Eestis ja Baltimaades nafta- ja gaasimaardlate esinemise võimaluste kohta (saksa keeles). TTÜ professor A. Linari koostas saksakeelse aruande Maardu fosforiidimaardla ning fosforiidi rikastamisprotsessi ja sellest saadava kontsentraadi koostise kohta (saksa keeles).

***Nõukogude okupatsioon 1944–1991.*** Sel perioodil laiendati järsult geoloogiauringuid ja ka geoloogiaasutusi Eesti NSV-s. Kohe 1944. aastal asusid NL keskkasutustele alluvad uuringuekspeditsioonid ja rühmad Eesti maavarade uuringute suuremahulistele ettevalmistustöödele, eelkõige Sillamäe diktüoneemakilta ja Eesti kukersiit-põlevkivimaardlat sihikule võttes. Kuni aastani 1957 teostasid Eestis rakendusgeoloogilisi töid – otsinguid, uuringuid ja geoloogilist kaardistamist mitmete NL ministeeriumide salastamata ja salastatud ekspeditsioonid ja rühmad. Nende töö toimus vene keeles ja personal oli komplekteeritud Venemaal. Hakkasid toimuma seninägematult laialdased puurimised, geofüüsikalised profileerimised jm. Tööde üldplaanid ja projektid koostati NL keskministeeriumide asutustes, kohalikud geoloogid olid nendest tööd eemaldatud. Tööde aruanded arhiveeriti Venemaal. Eesti ülikoolidele ega Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi (asutatud 1946) tippspetsialistidele võimalusi asjade käiku mõjutada polnud antud. Kohe peale sõda laiendati geoloogiainseneride ettevalmistust Tartu Ülikooli geoloogia osakonnas, sh vastuvõttu kuni 25 tudengini, kuid kuni 1958. aastani suunati enamik lõpetajaid Eestist tööle mujale NSV Liitu.

1958. aastal rakendus NL geoloogiauringute reform. Enamus geoloogilise, hüdrogeoloogilise, geofüüsikalise ja geokeemilise kaardistamise ning mittestrateegiliste maavarade otsingute ja uuringute töid koondati NL Geoloogiaministeeriumi alla. Selle alluvusse moodustati liiduvabariikide geoloogiavalitsused. Nimetatud töid hakkasid tegema ka uuea loodud Eesti NSV Geoloogiavalitsuse töörühmad, mida suurel määral komplekteeriti Eestis hariduse saanud spetsialistidega. Geoloogiavalitsuse personali hulk ületas ajuti 700. Mitmesuguse suunitlusega (geoloogiline kaardistamine, aluskorra süvakaardistamine, põlevkivide, fosforiidi, põhjavee, ehitusmaterjalide, turba jt maavarade uuringud) puurimistöde maht ulatus ajuti 60 000 m-ni aastas ja enamgi, sellest pool oli südamikupuurimine. 1958–1990 viidi läbi kogu territooriumi keskmisemõõduline geoloogiline ja hüdrogeoloogiline kaardistamine, magnetomeetriline jm geofüüsikaline kaardistamine, aga samuti Põhja-Eesti süvageoloogiline kaardistamine ja suuremõõduline geoloogiline ja hüdrogeoloogiline kaardistamine. Mitmete südamikuhoidlate põlengutest hoolimata on sellest ajast alles veel ülisuur maht täiendavat uurimist ootavaid puursüdamikke.

Geoloogilist alusmaterjali oli üleüldiselt alusteaduslike uuringute tarbeks TÜ geoloogia osakonnale ja eriti laienenud ja tugevnenud TA Geoloogia Instituudile. Piiratud valdkondades jõuti teadusuuringuteni Geoloogiaavalitsuses endas ja palju sellest materjalist on publikatsioonidena maailmakirjandusse jõudnud. Kahjuks puudus võimalus Geoloogiaavalitsuse poolt produtseeritud rakenduslike tulemuste analüüsimiseks ja kasutamiseks Eesti oma põhivajadustele vastavate maapõuekasutuse sihtprogrammide koostamiseks ja teostamiseks, eelkõige põlevkivi ja fosforiidide suunal. Eesti rakenduslike asutuste ega ka mitte Teaduste Akadeemia ja ülikoolide teadlaskonna osavõtuks ei antud võimalusi. Eesti teadlastel ega ka Geoloogiaavalitsuse juhtivspetsialistidel polnud asja Eesti maapõue uurimist ja kasutamist käsitlevate tähtsaimate otsuste tegemise ega selle protsessi majandusgeoloogiliste probleemide lahendamise juurde. Tähtsaid põlevkiviuuringute küsimusi arutas ja otsustas keskvõim 1940. aastate teisel poolel ja 1960. aastatel, ning fosforiiduuringute küsimusi 1970. (Toolse maardla) ja 1980. (Toolse, Kabala, Rakvere maardlad) aastatel. Siiski, Eesti NSV Geoloogivalitsusele anti võimalusi läbi viia rakendusteaduslike uurimistööde ja algatada varude uuringuid kohaliku toorme, näiteks turba, kohalike ehitusmaterjalide ja väiksemate asulate põhjavee varude vajadusteks ning perioodi lõpukümnenditel ka põhjavee kaitse eesmärgil. Venemaa keskne geoloogia juhtimis- ja maapõuehalduse süsteem, millele olid allutatud teiste liiduvabariikide vastava suuna asutused, oli mahukas ja võimukas.

Kõige selle juures olid aga meie professorid, akadeemikud ja juhtivad teadlased üsnagi vabad kasutamaks puursüdamikke ja teisi uuringute materjale alusuuringuteks, sh uurimaks maavarade teket ja koostist. Selliste alusteaduslike töödega on teenitud kuulsust maailmas.

### **Taasiseseisvunud Eesti Vabariigi (EV) 1991–2014 majandusgeoloogiline võimetus**

Käimasolevatesse protsesside muutmise kavadesse ajaloolise loomuga ülevaade ei peaks tungima, kuid 2014. aasta seisuga ei olnud EV jõudnud geoloogiateenistuse moodustamiseni. Riigi poolt tellitud Eesti põhimaavarasid haarav majandusgeoloogiline teadustegevus hääbuvates TA instituutides ja laienevates ülikoolide instituutides praktiliselt puudus, vähemalt rahvusvaheliselt tunnustatud teaduskirjandusse jõudis selle tulemusi vähe. Eelkõige seetõttu, et neile ei olnud riiklikku tellimust ega neid riigi majanduse ja eriti mäenduse sektori edendamise kavades. Tavaliselt arvestatakse mäenduse või mõne muu majandusharu tähtsust eelkõige selle osakaalu alusel SKT-st, aga peaks rõhutama ka, et mäendusest mitmete maksudena saadav kasu on ikka olnud tähtsaks



tuluallikaks. Kõrvutades sellega, et näiteks maaelu vereringe – põllumajanduse – hea käekäik oleneb kliimaoludest tingituna dotatsioonist, milleks ka mäenduse tulu suunatakse, haridusest, tervishoiust, julgeolekust rääkimata. Jpm.

Ühtset majandussüsteemi moodustavate riikide peres on EV piiranud ühe oma looduslikku tooret ja looduslikke tingimusi kasutava majandussektori teadmusbaasi arendamist, mida mujal teevad geoloogiateenistused koostöös kogu valdkonna ja sidusalade akadeemilise võimsusega. EW-aegse algatuse hävitasid okupatsioonid ning suundumust riiklikule geoloogiateenistusele ei suutnud EV taaselustada. Kuidagi takistati ka teadusringkondade tegusat osalemist ja rahvusvahelise kogemuse arvestamist ajal, mil kehtestati keeldusid maavarauuringutele ja piiranguid mäendusele.

Selle tagajärjeks on, et poliitikud ja valitsuse esindajad on ilma jäänud teaduslikult adekvaatsest informatsioonist maavarade esinemise, kasutamise otstarbekuse, kaasnevate looduskasutuse ja –hoiu probleemide kohta. Ettevõtjad ja investorid on ilma jäetud adekvaatsest informatsioonist ja võimalustest maavarasid uurida ja kasutada. Arvel olevate uuritud varude ja ka prognoosvarude kasutamiskõlblikkuse andmed on vananenud. Maavarade kasutamise valdkondlikes arengukavades on kajastatud varude ja kaevandamistingimuste, aga ka loodushoiu aspektide ebapiisav uuritus. Geoloogiliste uuringute ja arengukavade varude kasutatavuse hinnanguid on nn ekspertarvamuste ja administratiivotsustustega alandatud. Põlevkivi-, fosforiidi-, paekivivarude allahinnanguid aktiivsetest passiivseteks on tehtud meelevaldsete arvamuste põhjal, ilma mõistlikke, riigi majandushuvist ja rahva healootlusi arvestavaid hinnanguid tegemata. Kaotused aktiivsete põlevkivi- ja fosforiidivarude passiivseteks tunnistamisega on paljukordselt suuremad kui seni kogu Virumaal aastakümnete jooksul ammendatud põlevkivivarude väärtus. See tähistab majandusgeoloogilise analüüsita tehtud otsustest tulenevaid tulevikukahjusid. On selge, et on vastu võetud ebamõistlikke piiranguid, ilma et mäenduse ja loodushoiu integratsiooni võimalusi oleks piisavalt kõrge teadusliku kompetentsi tasemel uuritud ja kaalutud.

Elame iseenesest heas EV-s, kuid siin esineb väljastpoolt seirates kentsakaid ühiskondlikke liikumisi, mis kannavad anomaalseid vaateid. On esinenud mõne elukutse mainet halvustavaid mõtteavaldusi, mida levitas press. NL lõpuaastate röövmäendusest johtuv õigustatult negatiivne hinnang haaras kaasa kogu ühiskonna suhtumise mäendusse üldse. Järgneva 20 aasta jooksul toimunud pidev tehnoloogiate, sh keskkonnahoidlike tehnoloogiate täiustamine mäenduses ja töötlevas tööstuses pole aga leidnud piisavat tunnustust ega adekvaatset pressit kajastust. Reliktina säilinud arvamused igasuguse mäenduse arendamise *a priori* negatiivsest

kuvandist suudavad ikka veel üles kaaluda arvamusi ja rehkendusi kasuliku maapõuekasutuse kohta. Ja seda ka teatud valitsevate poliitikute ja ametnikkonna silmis. Ei nõustata täit teadmust valdavat kogu kokku kutsuma, arutlema, kaalutlema ja kokku kirjutama, kuidas anda võimalusi geoloogia ja mäenduse arendamisele, et sellest kasu leida ja ka loodust säästa.

Siinesitatav morn arusaam geoloogia, rakendusgeoloogia ja selle tulemusi kasutava mäenduse seisundi kohta pole väljamõeldis. Ka rakendusgeoloogia Siiami kaksiku alusgeoloogia rahastamine on EV-s madalseisu surutud. Selle all kannatab noorte huvi geoloogi elukutse vastu ja geoloogide erialane tööhõive.

Valgust antud temale otsigem näiteks BGS ja USGS tunnuslausetest ning Soome ja Rootsi maapõueuringute strateegiatest, mis rõhutavad ühiskonna ja käsitletava valdkonna huvide ja arusaamade kooskõlastamise tähtsust. Kõik on leitav internetist. Liikugem ka meie selles suunas. Oleme ju Põhjala eeskujusid imetlev riik. Noortelt oodakem avaramat ning samas oma eriala eesmärkidest ja eetikast lähtuvat suhtumist ja aktiivsust. Loodus vajab hoidu, ühiskond vajab heaolu, rahvus vajab arenguvõimalusi. Halbu seadusi ja otsuseid tuleb muuta.

---

*Väino Puura (vaino.puura@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

## Uusi andmeid Baltika mandri ajaloost ja Eesti tektoonikast

### *Ülo Sõstra*

Fennoskandia kilbi äärealal, kus nüüd paikneb Eesti, oli Hadaikumi ja Arhaikumi ajal veel ookeani põhi. Ligikaudu 90% planeedi pindalast oli veega kaetud. Intensiivne geoloogiline tegevus toimus vaid Karjalas, Koola poolsaarel, Soome ida- ja põhjaosas, Rootsi ja Norra põhjapoolsetel aladel. Fennoskandia kilbi asend õnnestus paleomagnetiliste uuringutega määrata alles hiljuti. Kilbi asukoht oli 2,55 miljardit aastat tagasi peaaegu samas, kus tänapäevalgi. Proterosoikumi alguses, vahemikus 2,5–2,45 mld a, hakkas Baltika ürgmanner triivima ekvaatori lähedusse, kus tekkisid mandrilised riftid, kuhu leidsid endale koha umbes 3–4 km sügavuses kihitatud peridotiit-gabronoriidi massiivid, mis moodustasid sageli vööndeid Arhaikumi kivimites Proterosoikumi vulkaaniliste ja settekivimite piiril. Suumi happelised vulkaanid tegutsesid riftivööndites, kus osa samast magmast tardus sügavamates kihtides magmakehadena, mis tulid nähtavale Arhaikumi granodioriitides pärast ala mitmekordset tektoonilist töötlust ja pikaajalist murenemisprotsessi (Mertanen, Pesonen 2005). Kõik need geoloogilised perioodid: Suumi, Sarioli, Jatuli, Lüdikovi, Liivi ja Vepsi on saanud oma nimetuse kohalike hõimude järgi ja said alguse Sariolist, mille võttis kasutusele P. Eskola (1918). Termin „Suumi“ võttis kasutusele K. O. Kratts (Кратц 1958), teised nimetused moodustati V. A. Sokolovi juhtimisel 1984. aastal autorite kollektiiviga NSVL TA Karjala filiaali Geoloogia Instituudis Rahvusvaheliseks geoloogiliseks konverentsiks Moskvast. Korrastatud andmed on toodud V. A. Sokolovi toimetatud raamatus (В. А. Соколов 1984).

Perioodi 2,35–1,95 mld a kohta ei andnud paleomagnetilised uuringud konkreetseid tulemusi, sest neile olid olulist mõju avaldanud hilisemad metamorfismi protsessid. Kihitatud massiivide vanus on 2,4–2,5 mld a. Nendel lasuvad hulgaliselt happeliste vulkaniitide veeriseid sisaldavad konglomeraadid, mis omakorda on kaetud Sarioli padilaavadega, mille vanus ei ületa 2,35 mld a. Seega pidi kihitatud massiivide kerkimine maapinnale kestma vaid mõne miljoni aasta. Umbes 2,3 mld a tagasi kattis suurt osa Ürg-Baltika mandrist ulatuslik madalmeri. Paleomagnetilised andmed näitavad, et manner asus *ca* 30° pl ja triivis ekvaatori poole (Mertanen et al. 1989). Jatuli ja Lüdikovi setted kinnitavad sooja mere olemasolu, kivimite seas on palju dolomiitseid marmoreid, mis koosnevad sageli ainult erinevatest stromatoliitidest (Макарихин, Кононова 1983).

Setete vahele lisandus basaltsete vulkaanide katteid ja sille. Palju oli sel ajal aluselisi daike, mis jagunesid kolme rühma: karjaliite (vanus 2,2 mld a), Fe–Ti–rikkaid toleiite (2,1 mld a) ja Lüdikovi aega kuuluvaid toleiite

(vanus 1,97 mld a) (Vuollo, Huhma 2005). Dolomiitide all asuvast Kiitelisvaara laavast pärit tsirkoonid andsid U–Pb meetodiga vanuseks  $2113 \pm 4$  mln a, Siilinjärvi happelised laavad karbonaatsetel kivimitel andsid sama meetodiga  $2062 \pm 2$  mln a (Karhu 1993). Peräpohja happelised vulkaanilised porfüürid, mis vahelduvad dolomiitide ja mustade kiltadega, on andnud U–Pb meetodi järgi tsirkoonide vanuseks  $2050 \pm 8$  mln a (Perttunen, Vaasjoki 2001).

Olulise tähendusega Soomes ja Eestis oli Svekofennia orogenees, mis tõenäoliselt algas *ca* 1,95 mld a tagasi (Nironen 2005). Soome kivimites selle aja kohta paleomagnetilisi andmeid säilinud ei ole, mitmekordne metamorfism on algsed andmed hävitanud. Fennoskandia kilbi kaguosas Venemaal on määratud vastavad isotoopsed vanused Sm–Nd meetodil  $1974 \pm 27$  mln a (Pisarevsky, Sokolov 1999). Umbes 1,95 mld a tagasi järgnes Svekofennia orogeneesile litosfääri plokkide lahkumine Outokumpu–Jormua–Nuttio vööndis ja lühiajaline ofioliidide teke avanenud ookeani põhjas (Kontinen 1987; Peltonen 2005). Põhja-Karjalas põhjustasid tektoonilised liikumised süvamurrangu Karjala kraatoni ja Valgemere kurrutusvööndi vahel, millele viitab suur hulk ultraaluselisi massiive ja Paleoproterosoikumi vulkaanilisi ja sette kivimeid. Ajavahemikust 1,95–1,05 mld a on olemas põhjalikud paleomagnetilised andmed Baltika mandri triivi kohta (Mertanen, Pesonen 2005).

Paleoproterosoikumi maakoorel Lõuna- ja Kesk-Soomes valdavad turbitiitsed setted vanusega *ca* 1,92 mld a ja saarkaarte tüüpi vulkaanilised kivimid vanusega 1,90–1,88 mld a. Neile kivimitele vastab kõrge temperatuuri ja madala rõhuga amfiboliitse faatsiese metamorfism, mis väljendub selgelt kahes perioodis, *ca* 1,89–1,86 mld a ja *ca* 1,83–1,81 mld a, nõrgalt on väljendunud *ca* 1,91–1,90 mld a sündmused (Kähkönen 2005). Olulised on mitme kurrutusfaasi ajal moodustunud kõrged mäeahelikud, mis võisid olla isegi Himaalaja mägede taolised. Igatahes on praegugi Svekofennia kurrutusala piirkonnas maakoore paksuseks kuni 65 km. Svekofennia kurrutusaltalt on ära kulutatud 15 km maakoore kivimeid, kaasaegne erosiooni tase oli 1,8 mld a tagasi 15 km sügavusel (Vaasjoki et al. 2005). Denudatsioon tõstis vulkaanilise ja settelise päritoluga moondekivimid tagasi maapinna lähedale, sest rabakivide sissetung toimus *ca* 5 km sügavusel. Kaasaegne erosioonipind on määratud Kambriumi fossiilidega liivakividega Ahvenamaa saarte lõhetäidetes ning rea meteoriidikraatrite täitematerjaliga (Pirrus jt 2006).

Rabakivigraniitide sissetung toimus 200–300 mln a pärast Svekofenni orogeneesi kohtades, kus maakoore paksus oli kõige väiksem. Vanimad on Viiburi ja Eesti rabakivimassiivid (1,67–1,62 mld a), neile järgnevad Riia–Botnia lahe intrusioonid. Salmi massiivi vanus Laadoga kirdekaldal on 1,55–1,53 mld a ja Rootsi väikeste massiivide vanuseks on antud 1,53–1,47

mld a (Rämö, Haapala 2005). Rabakivigraniitidega kaasnesid tektoonilistes depressioonides mitmesugused setted. Erilise kiiruse andis denudatsioonile mandri asend vahetult ekvaatori lähedal. Maakoore väljavenimine ja Svekonorra orogenees ca 1300–900 mln a tagasi lisas juurde 1,26 mld ja 1,1–1,0 mln vanuseid diabaase. Mesoproterosoikumis moodustusid Botnia lahe ja Laadoga nõgudes aulakogeenid, kus settekivimite vahele tungisid diabaasi sillid ja daikid vanusega 1,46 mld a Valaami saarel ja 1258–1268 mln a Botnia lahe ümbruses (Kohonen, Rämö 2005). Kõige nooremad on Salla 1120 mln a ja Laanila–Ristijärvi 1042–1013 mln a vanused diabaasi daikid (Mertanen et al. 1996). Selleks ajaks liikus Baltika manner 30° ekvaatorist lõunasse (Mertanen, Pesonen 2005).

Sel ajal, ca 1,0 mld a tagasi, moodustas Baltika manner Rodinia superkontinendi ühe osa. Rodinia lagunemine toimus 200 mln a hiljem, umbes 800 mln a tagasi, aga Baltika jäi Rodiniaga seotuks kuni sai 570–550 mln aastat tagasi uuesti iseseisvaks, seoses laamade lahknemisega Iapetuse ookeani põhjaosas (Cocks, Torsvik 2005).

## **1. Eelkambriumi kurrud ja murrangud Fennoskandia kilbil ning Eesti aluskorras**

Maakoore suur paksus Paleoproterosoikumi Svekofenni kurrutusosal ja laialt levinud vertikaalsete kurdude esinemine viitab moondekivimite tihedale kokkusurutusele kurrutuse käigus. Paleoproterosoikumi kivimid Arhaikumi vundamendil on säilinud Karjalas ja Soomes kitsastes sünkliinaalides Karjala kraatoni ümber või keskosas (Сыстра 2004). Suur osa vulkaanilisest ja settelisest Paleoproterosoikumi katendist on pikaajalise kurrutuse käigus ära kulutatud. Näiteks Onega sünkliinoriumis on nüüd pealiskord läbi puuritud 3537 m sügavuseni, seal algab läbilõige alles Jatuli kivimitest. Üllatuseks oli puuraugu allosas kivisoola kiht, selle peal anhüdriidi ja magnesiidi kiht, kokku paksusega üle 1 km (Крупеник и др. 2011).

Helsingi ümbruses on vertikaalsed kurrud sageli nähtavad teesüvendite äärtes. Soome lahe lõunarannikul on aluskorra sügavus 100–140 m, seepärast on Eesti poolel just põhjaranniku lähedal suhteliselt palju puurauke. Loode-Eesti puursüdamikese on moondekivimid kurrutatud ja kaldenurk lähedane vertikaalsele, 50–85° (Koppelmaa ja Kivisilla 1999). 1937. aasta sügavpuurimistel oli rauamaagi kihtide kallakus samuti 45–80° (Linari 1940). Karjala Eelkambriumis on erineva vanusega kivimites teada vähemalt 15 kurrutusfaasi (Сыстра 1991). Peale selle on Fennoskandia kilbi Eelkambrium kaetud tiheda murrangute võrguga, nende vanus ja ehitus on väga erinev. Süvamurranguid on võimalik tuvastada ühesuguse koostise ja vanusega magmakehade järgi. Palju murranguid on tekkinud

intensiivse Svekofenni kurrutuse ajal. Kooniliste kurdudega Valgemere kurrutusvööndis on seotud 1,8 mld a vanused pegmatiidid ja Kukasozero sünkliinaali pegmatiidid Jatuli settekivimites. Hilisemates murrangutes esineb mõnikord ainult hüdrotermilisi mineraale. Soomes on kohati lõhedes leitud isegi Kesk-Paleosoikumi vanusega mineraale.

Uljaste-Sonda piirkonnas on teada viis aluskorra pealispinna kõrgendikku, mida varem loeti kerkestruktuurideks (Вахер и др. 1964). Fennoskandia kilbi piirides sellist kõngaste teket ei ole teada. Küll tõusevad sadade meetrite kõrgusele graniidi ja aluselise koostisega massiivid. Tõenäoliselt on laugjate nõlvadega murenemiskindlamatest kivimitest koosnevad Uljastes Ediacara ja Kambriumi settekihtide alla jäänud monadnokid, kuigi nende teket on püütud mitmel muul moel seletada (Mens jt. 1981).

Üldine pikaajaline murenemine ja 15 km paksuse kihi eemaldamine kergitas maapinnale vanemad kihid. Läbi settekivimite on kurdude ja murrangute olemasolu raske hinnata. Paremini on nad tuntavad Eelkambriumi paljandites, kaevandustes ja karjäärides. Eestis on rida puurauke sattunud murenemiskoorikusse murranguvööndites, mille paksus on suur: Tallinnas 48 m (Koppelmaa, Kivisilla 1998), Kiiklas 147,65 m (Koppelmaa, Kivisilla 1997) jne. Eestis on Eelkambriumi kivimid sügaval maapõues, seetõttu on nende uurimine toimunud ainult seal, kus võiks olla midagi vajalikku. Kõige rohkem puurauke on rajatud Kärkla kraatri ümbruses, Maardus graniidimaardlas, Sonda–Uljaste piirkonnas ja Jõhvi rauamaagi leiukohas. Mujal on olnud vähem uuringuid.

## **2. Eesti aluspõhja kurrud ja murrangud**

Eesti kristalne aluskord on nõrgalt kaldu lõuna poole, keskmiselt 3 meetrit ühe kilomeetri kohta. Kõige lähemal merepinnale on Juminda poolsaare lõpu puurauk, kus aluskord on 96,9 m allpool merepinda (Koppelmaa, Kivisilla 1998). Lõuna-Eestis on kristalsed kivimid juba 500 m sügavusel, välja arvatud Mõniste–Lokno kerkeala, kus Kaledoonia kurrutus on aluskorra kivimid tõstnud kuni 232 meetrini alla merepinna (Puura, Vaher 1997). Häädemeeste piirkonnas on sügavus juba üle 600 m ja Ruhnu saarel 784,2 m (Põldvere 2003). Seega on erinevus Põhja-Eesti ja Ruhnu saare vahel 687,3 m. Muutub kivimite iseloom, Balti sünekliisis on eriti paksud mõlemad Siluri ladestikud (Nestor, Soesoo 2006).

Võrreldes kristalse aluskorraga on aluspõhja settekivimites kurde vähem ja nad on enam avatud. Peamiselt esinevad kurrud erineva kõvadusega kihtides, nt kui vahelduvad liivakivi ja aleuroliit või põlevkivi ja lubjakivi. Varem ei olnud teada kurdusid Siluri kivimites, kuigi juba 1938.a ekskursiooni ajal märkas E. Rosenstein (1941) kihtide tavalisest

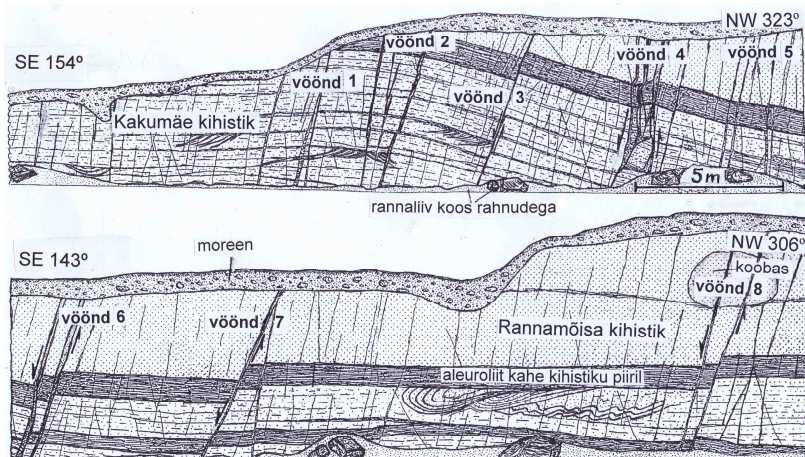
suuremat kallakust kirde suunas Karinu küla lähedal. Praeguseks on kurde leitud kõigis Eestis paljanduvates Paleosoikumi ladestutes. Eriti palju on neid põlevkivikarjäärides ning -kaevandustes. Mäeahelike moodi kurrutust Eesti aluspõhjas ei ole, kuid teatud kivimites võib kurdstruktuure olla palju, näiteks põlevkivi kihtides, kohati Siluri karbonaatsetes kivimites ja Devoni liivakivides ning karbonaatsetes kivimites.

## **2.1. Kurrud Kambriumi liivakivides**

Kopli lahe edelanurgas Tallinnas on mandriliustiku kulutusest ja mere murrutusest hästi säilinud 60 m pikkune ja kuni 8 m kõrge liivakivist klindijärsak aleuoliidi vahekihtidega, kus Rocca al Mare erakooli õpilased armastavad kaljuronimist harjutada. Selles liivakiviseinas on dokumenteeritud tektoonilise tekkega endise „Alam-Kambriumi“ seni veel nimetamata 2. ladestiku (Põldsäär, Ainsaar 2015) antiklinaalne kurd (joonis 1), tiibade haardega 25 m ja vertikaalse amplituudiga 5,5 m (Sõstra ja Sõstra 2006). Kambriumi algus oli setteprotsesside toimumiseks rahutu aeg, millele viitavad mitmesuguste settelünkade, rullimis- ja libisemisstruktuuride, põimkihilise, paljandi piirides kihtide väljakiildumise, kuivamislohede ja virgmärkide esinemine. Paljand koosneb Tiskre kihistu alumisest, Kakumäe kihistikust, mis on esindatud halvasti sorditud liivakividega aleuoliidi vahekihtidega, kus on sageli erinevad struktuurid ja märgid. Ülemise, Rannamõisa kihistiku heledad kollakad peeneteralised liivakivid ei sisalda aleuoliidi vahekihte ja on nõrgalt väljendunud horisontaalse kihilisusega. Mõnes paljandis on teada virgmärke ja õhuke si aleuoliidikihtikesi.

Mullakiht on järsaku peal 20–30 cm paks ja selle all on ligi 2 m paksune liiva-kruusa lasund paljude kristalsete kivimite veeriste ja väiksemate rahnudega, ilmselt moreeniga. Kaldajärsak on nõrgalt kaarjas, lõunapoolsel osal on asimuut NW 341°, põhjapoolses otsas NW 311°. Paljand on kokku surutud, tiheda lõhelisusega ja läbi lõigatud kaheksa rikkevööndiga. Kahes vööndis on ainult üksikud murrangud, teistes vööndites on 2–4 peaaegu paralleelset või veidi ülespoole laienevat murrangute lehvikut. Igas murranguvööndis on toimunud nihked, kus mööda murrangupinda on alati üles nihutatud loodepoolne plokk, amplituudiga mõnest kuni 85 cm-ni. Kõige tihedamalt on murranguid kurru keskel, kus esimese kuue vööndi vaheline kaugus on väiksem kui 5 m, teiste vaheline kaugus on 5–15 m. Antiklinaali kagusuunaline tiib ei ole täielikult säilinud, kurru teljepinnaks võib lugeda vööndi nr 2 kagupoolset murrangut (foto 1, vasakul), mis jagab struktuuri kõige paremini kaheks võrdseks osaks. Enam purustatud on vöönd nr 4 (foto 1, paremal), kus osa vertikaalseid plokkide on üksteisest lahti murtud, nende vahe aga täidetud purustatud liivakivi ja aleuoliidi tükkidega. Lõhetäited koosnevad samast

materjalist, millest kivimidki. Ainult kõige ülemises osas võib leida üksikuid Kvaternaari setete kristalseid veeriseid.



Joonis 1. Rocca al Mare antiklinaal kaheksa murranguvööndiga. Koostasid Ü. ja I. Sõstra 2005. a.



Foto 1. Vasakul Rocca al Mare murranguvöönd nr. 2, NW ploki nihe üles on 30 cm. Paremal tugevasti purustatud murranguvöönd nr. 4. Kompassi pikkus on 11,5 cm.

Liiva ja aleuriidiga täidetud avatud lõhed osutusid mõnikord suletuks, sest naaberplokid olid lükatud ülemiste lõhetäidete peale. Sellistes lõhetäidetes ei olnud Kvaternaari setete tüüpilisi kristalseid veeriseid ega moonde- või magmakivimite mineraale. Mõnes avatud lõhes võis üksikuid



kristalseid veeriseid leida 1,5 m ulatuses lõhe ülemisest pinnast. Rikkevööndite tekke ajal täitis lõhesid kohalik materjal, hiljem on paljandi ülemist osa kulutanud mitmekordsed mandrijäätumised. Rikete kirdesuunaline orientatsioon on küllalt püsiv, asimuut NE 65–70°, kaldenurk SE 65–80°, kusjuures iga vööndi piirides muutub murrangute kaldenurk kurru keskmest kaugenedes väiksemaks. Kõige rohkem on purustatud rikkevöönd nr 4, kus algselt vertikaalsed plokid on kõverdatud. Vööndis nr 7 oli ploki nihe suurim, 85 cm, ja lõhede täitematerjali paksus 10–15 cm. Teljepinna orientatsioon on NE 65°, kallakus SE 82°. Samasugune oli valdavate tektooniliste lõhede orientatsioon. Üllatuseks oli kurrul esinevate kuni 30–40 cm pikkuste lohistikurrukeste olemasolu peenekihilistes liivakivides koos õhukeste savika aleuroliidi vahekihtidega (foto 2), mis selgelt tõestas kurru tektoonilise päritolu. Kui alumised kihid liiguvad edasi ülemistest kiiremini, siis tekivad kihtide vahele lohistikurrukesed. Selliseid oli Rocca al Mare paljandis kolm. Kurrud tekivad peamiselt kivimites, kus erineva koostise ja füüsikalise–mehaaniliste omadustega kihid vahelduvad läbilõikes. Maksimaalne surve oli loodest, mis võib viidata Kaledoonia kurrutuse jälgedele Kambriumi kivimites.



Foto 2. Lohistikurruke Rocca al Mare kaljujärsaku alumises osas Kakumäe kihistu liivakivides koos savikate aleuroliitide vahekihtidega. Objektiiv 6 cm.

## 2.2. Ordoviitsiumi kurrud ja nendega seotud murrangud

M. S. Gazizov (Газизов 1971) tegeles karsti ja tektooniliste rikete uurimisega ajal, kui ei olnud veel teadmisi mandrite triivist, nende pörkumistest ja sukeldumisest sügavale maapõue. Temagi arvas, et

pealenihked maapinnalähedastes põlevkivides ja katendis on ilmselt seotud mandriliustike tegevusega. Kaasaegne tektoonika alus põhineb alatisel mandrite liikumisel, millega on seotud kõik tektoonilised protsessid. Mõnes mõttes on lihtsam teostada uuringuid, kui põhjused on teada, teisest küljest nõuavad protsessid hoopis teisi uurimismeetodeid ja täpsust. Erinevalt teistest geoloogilistest uuringutest tuleb rikkeid ja kurdusid dokumenteerida, mõõta, kirjeldada kohapeal ning, kui on tegemist aktiivse liikumisega, külastada objekti mitu korda.

Varem oli rohkem andmeid murrangute ja karsti kohta (Вахер и др. 1962; Хейнсалю, Андра 1975; Каттай, Вингисаар 1980, Вахер 1983). Nüüd on Põhja-Kiviõli karjääris suhteliselt hästi uuritud kurrutust maapinna lähedastes kihtides, kus alates 2005. a oli autoril võimalus koostöös V. Kattai ja R. Vaheriga Viru Keemia Grupi loal detailselt uurida Sonda rikke läbilõikeid ja teostada isegi elektrilist sondeerimist. Tulemused on osaliselt publitseeritud (Systra et al. 2007; Sõstra ja Vaher 2007; Sokman et al. 2008). Hiljem, seoses vajadusega maha kanda rikete piirides varude puudumist, on olnud vajadust ja võimalusi üksiti dokumenteerida uusi rikkevööndeid, täpsustada murrangute ja kurdude omavahelisi suhteid ning tekkimise tingimusi.

Esimesed kurrud koos karstiga tulid nähtavale Põhja-Kiviõli karjääris 2005. a Sonda rikke läbimisel. Kõiki geolooge kutsuti riket vaatama. See oli harv juhus, rikkevööndite siseehitust tavaliselt ei uurita, sest seal ei ole põlevkivil kütteväärtust. Juba esimene kurd oli igati tõeline tektooniline kurd, kuigi tektoonikast kaugel olev geoloog luges selle liustikutekkeliseks.

Andmete kogumisel selgus, et looduses on kõik seaduspärane: sünkliinaalide all on kõva aluspõhi, sest Uhaku lademe lubjakivid on tugevamad kui kogu põlevkivi tootuskiht (foto 3). Ülespoole tõstetud antikliinaalsetel kurdudel selliseid tugesid ei ole, horisontaalsel liikumisel surutakse kihid kurdudeks ja antikliinaalides tekivad murrangud, mis täituvad karstisaviga. Savi uhutakse välja ülemistest kihtidest savikatest lubjakividest. Sonda rikke täielik läbilõige on koostatud piki karjääri serva kagust SE 164° loodesse NW 344° (LISA joonis 2).

Tüüpilised on avatud antikliinaalsed ja sünkliinaalsed kurrud tiibadevahelise laiusega keskmiselt 10–30 m. Kurdude vahele ja sisse jäävad karstisaviga vööndid, mis on enamasti kaldu kagu suunas. See tähendab, et surve on olnud loodest ja põlevkivi tootuskihis on kihtide liikumine olnud kiirem kui alumistes kihtides. Kaevandustes esinevad sageli pikad liivaga täidetud lõhed, kus peaaegu alati on üks kuni viis kihti paigast nihkunud, alati loodest kagusse (Kattai jt 2000). Kurrutuse ja murrangutega tektooniliste rikete vahele jäävad nõrgalt lainelised kihid, kus avatud kurdude pikkus ulatub sadade meetriteni, kurru amplituud aga on tavaliselt vaid mõni meetri. Põhja-Kiviõli karjääris on peaaegu risti Sonda

tektoonilisele rikkele koostatud mitu detailset läbilõiget. Karjäär on madal ja selle põhjapoolses otsas tuli tootuskiht täielikult maapinnale välja. Maapinna lähedal kerogeenset ainet põlevkivis enam ei olnud, tuhandete aastate jooksul oli sademete vesi selle välja leostanud. Karjääri sügavus oli keskmiselt 8–12 meetrit, põhjapoolsel äärealal vähem. Põlevkivi tootuskihi peal on 0,5 m paksune moreenikiht, mida katab sama paks mullakiht, kus esineb küllalt palju väiksemaid ja keskmise suurusega rahnusid. Üldiselt on moreeni alumine pind tasane, tektoonilise rikke ülemine osa on hästi tasandatud liustiku poolt põlevkivi, lubjakivi ja karstivöändite kohal, isegi seal, kus põlevkivi kihid tõusevad maapinnale (LISA joonis 2).



Foto 3. Laineline kurrutus Põhja-Kiviõli karjääris 2013. a suvel.

Rikke dokumenteerimine ja hiljem joonestamine algas kagupoolsest otsast loode suunas, sest sein oli edelapoolne. Põlevkivikihid, nagu teisedki kihid, on väikese nurga all kaldu lõunasse – 6–12° ehk keskmiselt 3 meetrit ühe kilomeetri kohta (Kattai jt 2000). Rikke piirides on aga kihtide kaldenurk 20–45°. Murranguid täitis peamiselt rohekas karstisavi, mis sisaldas nurgelisi lubjakivi tükke, ülemises osas tumepruune, mustade äärtega oksüdeerunud põlevkivitükke. Karstisavi ääred on samuti musta värvi, mis viitab põlevkivi sügavale lagunemisastmele. Rikke tekkel oli peamine surve loodest, mis viitab Kaledoonia kurrutusele. Enamasti on igal kurrul vähemalt üks murrang, mis on täidetud karstisaviga. Kõige kagupoolsemas kurrus oli palju lõhesid, mille täiteks oli kaltsiit, püriit, markasiit, galeniit ja dolomiit (Sõstra ja Kallaste 2008).

Kurrud tekivad sagedamini läbilõigetes, kus vahelduvad erineva kõvadusega kivimid, nt põlevkivi ja lubjakivi. Allpool pööratud kihid sünkliinaalides on kaitstud deformatsioonide eest, sest alt toetavad neid kõvemad lubjakivid (foto 4). Antiklinaalide purunemist sette kivimites on struktuurigeoloogid varemgi tähele pannud (Laubscher 1965; Suppe 1985 jt), kuid Eestisse jõudsid need teadmised alles nüüd (LISA foto 5). Eestis ei saagi olla üleüldist territooriumi kurrutust nagu mäeahelikes, siin esineb kurrutus ainult piirkondades, kus on selleks vastavad tingimused. Karsti ilmingud on põlevkivikihtides sagedased just antiklinaalide tektoonilistes rikes, sest neis lõhedes ja murrangutes on loodud kõik võimalused vee liikumiseks. Lubjakivi ise lahustub vees hästi, kuid savid ei lahustu ja täidavad karstivõõndi. Tektoonilised rikked, lõhelisus ja karst raskendavad põlevkivi kaevandamist ja suurendavad varinguid.



Foto 4. Põhja-Kiviõli karjääri põhjaserv.

### **2.3. Tektoonilised kurrud Siluri ajastu karbonaatsetes kivimites**

Elsa Rosenstein oli esimene, kes 1941. aastal märkas Tūrje ja Karinu küla vahelise metsatee ääres Siluri kihtide nähtavat kirdesuunalist kallakust. Tol ajal arvati, et kihtide kallutatuse põhjuseks on seotud mandrijää tegevuse tagajärjel tekkinud dislokatsiooniga. Konkreetsemaid andmeid Siluri tektooniliste kurdude kohta ei õnnestunud autoril leida kuni täiesti ootamatult seoses Eesti Mäeseltsi 2009. a konverentsi ettevalmistamisega Põltsamaal avanes



võimalus külastada Siluri Raikküla lademe dolo- ja lubjakivide töötavaid karjääre Põltsamaa ümbruses.

Otisaare karjääri idanõlvas pälvis tähelepanu kihtide ebatavaliselt suur kallakus, mis ulatus 8–9°. Oli selge, et sellise kallakusega tiivad iseloomustavad tavaliselt avatud kurde, kuid esimestel kordadel kurdusid leida ei õnnestunud. Väike Sopimetsa karjäär näitas samuti sissesõidul suuremaid kaldenurki, kuid tõelised kurrud tulid nähtavale siis, kui karjäärid laienesid.

Esimesed tõelised avatud kurrud Siluri kivimites tulid nähtavale Paide lähedal Koigi karjääris. Seal viitas kurdude olemasolule kihtide suur kallakus karjääri sissesõidul (foto 6). Kuna Siluri ladestu kivimites esinevad mitmesugused biohermid, mis on küllalt sarnased kurdudega, siis tavaliste kaevetööde juures neid eriti tähele ei panda.



Foto 6. Kalkkihilisus kuni 10° Koigi karjääri dolokivides, 2013. a.

Võimalus Siluri tektoonilisi kurde põhjalikumalt uurida ja esinduslikke fotosid saada avanes 2014. a aprillis–mais Otisaare karjääris, kus erinevates seintes oli võimalik dokumenteerida ja pildistada erinevaid kurde. Kurdude teljepinnad on Otisaare karjääris kirdesuunalised, NE 65°, mõnikord läbib kurru telge peaaegu vertikaalne 6–8 cm laiune murrang, mida täidab savikarst. Paralleelselt murranguga on samasuguse orientatsiooniga kitsam lõhe (foto 7). Antud karjääris oli teisigi samasuunalisi kurde.



Foto 7. Keskmise suurusega sünkliinaal Otisaare karjääri edelaserval.

Sopimetsa karjäärides I ja II, kus praegu kaevandatakse lubjakivi ja dolokivi killustikuks, on tavalised veelgi suuremad kurrud ja murrangud. Juba sissesõidutee ääres on kihid märgatavalt kaldu kagu suunas, kuni  $6-7^\circ$  (foto 8). Otisaare I karjääris võib kohata lamedaid mõnesaja meetri laiuseid kurde, nii antikliinaale kui ka sünkliinaale, mis näitab, et kogu ala on läbi teinud suhteliselt nõrga, kuid siiski täiesti märgatava kurrutuse. Kesk-Eesti Siluri kivimites peaks selline kurrutus olema küllalt levinud, kuid siiani on tehtud vähe uuringuid isegi karjäärides.

#### **2.4. Kurrud Kesk- ja Ülem-Devoni liivakivides ja dolomiitides**

Meie ala geoloogiline ajalugu ei piirdunud Siluri kivimitega, noorimaks on Devoni ajastu, kus setete moodustumine algas pärast miljonite aastate pikkust settelünka, mis algas umbes 420–400 mln a tagasi, Püridolí ajastul (Roberts 2003). Kivimite sukeldumine 125 km sügavusse 407 mln a tagasi ja kiire maapinna lähedastesse kihtidesse väljatoomine olid protsessid, mis ei kestnud üheski piirkonnas rohkem kui 10 mln a (Terry et al. 2000). Vahemikus 405–395 mln a tagasi toimus pealenihed ja koos sellega juba osa materjali tagasinihed (Osmundsen et al. 2003). Eesti lõunaosa puuraukudes on teada Alam-Devoni kivimeid, aga tegelik mere pealetung algas Eifeli ea lõppuole, umbes 395 mln a tagasi, ja kestis peaaegu Famenne'i ea lõpuni. Eestis on Devon esindatud peamiselt liivakividega, kuid Kesk-Devoni Narva lademes leidub domeriite ja dolokivi vahekihte, mistõttu see juhib halvasti vett ja on loetud ainsaks suhteliseks Devoni veepidemeks Eestis.



Foto 8. Laineline lubjakivide kurrutus Sopimetsa karjääris. 17. aprill 2014. a.

Narva karjääris välitoid tehes oli võimalus saada foto suhteliselt suurest kurrust Kesk–Devoni dolokividest savide vahekihtidega (foto 9).



Foto 9. Tektooniline kurd Narva lademes ja karjääris.

Piusa karjääris oli veel 1990. aastate alguses teada sünkliiniline kurd. Seda on pildistanud paljud geoloogid ja lihtsalt turistid, kes käisid Piusa kaevanduse käike vaatamas. Alguses arvati, et see kurd võis tekkida hoopis käikude varisemise pärast, kuid karjääris on rida savi- ja liivatäitega



daikisid, mis on sama orientatsiooniga nagu kurd (foto 10). Selle sajandi alguses Piusa karjäär hüljati ja suuremas osas on kurd kinni mattunud. Nüüdseks on maa-alused kaevanduskäigud muutunud ohtlikeks ja neid on võimalik vaadata ainult väljaspoolt.



Foto 10. Sünkliinaal Gauja lademe vanas Piusa karjääris.

Täiesti kindlalt on tektoonilise päritoluga kurrud Eesti-Vene piiri lähedal paiknevas Marinova karjääris (foto 11). Erinevused on selles, et Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Siluri kurrutus on seotud Kaledoonia kurrutuse Skandia faasiga, Devoni kivimite kurrutus on aga toimunud hiljem mõne teise kurrutuse käigus, mida siiani on vähe uuritud, sest liivakivid sisaldavad vähe materjali, mida saaks tööstustes kasutada. On küll teada mitmes piirkonnas Fennoskandia kilbi ümber kohti, kus Devoni kivimid on kurrutatud.





Foto 11. Marinova dolomiidi karjäär on punaste Kvaternaari liivade all sünkliinaalsed ja antikliinaalsed kurrud.

### **Kokkuvõte**

Pikaajaliste uuringute, karjäärides ja kaevandustes töötamise tulemusena on selgunud, et Eesti geoloogilises aluspõhjas esineb kurrutus kahes etapis: Kambriumist kuni Siluri lõpuni ja uuesti Devonis või hiljem, siiani ei ole andmeid Devoni kivimite kurrutuse vanusest. Tõenäoliselt katsid Eesti ala kuigi palju nooremate ajastute setted ja kivimid, kuid neist pole jäänud arvestatavaid jälgi. Lätis on nooremad kihid olemas praegugi. Orientatsioonilt on Skandia kurrutuse kurrud ja tektoonilised rikked võrreldavad Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Siluri settekivimite. Devoni kurdusid on vähem ja neid on raskem uurida, sest karjääre on vähem kui Ordoviitsiumi ja Siluri kivimite. Kuna peamiselt avaneb võimalus tektoonilist rikutust ja kurde uurida ainult kaevandustes ja karjäärides, siis tuleks kaevandajatega rohkem koostööd teha. Kesk-Eestis on vähe aluspõhjalisi paljandeid, kus võib teostada geoloogilisi uuringuid. Koostöö kaevandajatega võib anda uusi originaalseid fossiile, uusi kurde ja murranguid, lõhesid, uusi kivimite tüüpe läbilõigetes.

Käesolev uuring on teostatud ETF grandil No 8999 „Eesti mandrialaja ja rannikumere tektoonika ning struktuuriline areng Proterosoikumis ja Paleosoikumis“ toetusel paljudes karjäärides ja kõigis töötavates kaevandustes, mis võimaldas täiendada oluliselt teadmisi Eesti tektoonika alal. Suur tänu kõigile mäespetsialistidele, kes võimaldasid oma objektidel läbi viia vajalikke uuringuid.

## Kasutatud kirjandus

- Cocks L. R. M., Torsvik T. H. 2005. Baltica from late Precambrian to mid-Paleozoic times: the gain and loss of a terrane's identity. *Earth Science Reviews* 72 (1–2), lk 39–66.
- Eskola, P. 1918. Hufvuddragen av Onega–Karelens Geologi. Helsingin geol. yhd. tiedon-antoja, 1917u. 1918. s. lk 13–18.
- ICC 2015. International Chronostratigraphic Chart 2015/1. International Commission of Stratigraphy.  
[www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-1.pdf](http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-1.pdf)
- Karhu J. A. 1993. Paleoproterozoic evolution of the carbon isotope ratios of sedimentary carbonates in the Fennoscandian Shield. *Geological Survey of Finland* 371, lk 1–87.
- Kattai V., Saarde T., Savitski L. 2000. Eesti põlevkivi: geoloogia, ressurs, kaevandamis-tingimused. Tallinn, EGK. 226 lk.
- Kohonen J., Rämö O. T. 2005. Sedimentary rocks, diabases and late cratonic evolution. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 563–603.
- Kontinen A. 1987. An early Proterozoic ophiolite – the Jormua mafic–ultramafic complex, Northern Finland. *Precambrian Research* 35, lk 313–341.
- Koppelmaa H., Kivisilla J. 1997. Geological map of the crystalline basement of North-Eastern Estonia. 1:200 000. Explanation to map. Eesti Geoloogiakeskus, lk 1–37.
- Koppelmaa H., Kivisilla J. 1998. Geological map of the crystalline basement of Northern Estonia. 1:200 000. Explanation to the map. Geological Survey of Estonia, lk 1–33.
- Koppelmaa H., Kivisilla J. 1999. Loode-Eesti kristalse aluskorra geoloogiline kaart. 1:200 000. Seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskus, lk 1–30.
- Kähkonen Y. 2005. Sfecofennian supracrustal rocks. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 343–406.
- Laubscher H. P. 1965. Ein kinematisches Modell der Jura faltung. *Eclogae Geologicae Helveticae* 58, lk 231–318.
- Linari (Lindholm) A. A. 1940. Aruanne sügavpuurimistest Jõhvi lähedal. *TTÜ Toimetised Ser A no 15*, Tartu, lk 1–27.
- Mens K., Pirrus E., Puura V. 1981. Kirde-Eesti Sonda ja Uljaste kerkestruktuuride kujunemisest Vendi ja Kambriumi settekivimite analüüsi osusel. *Settekivimid ja tektoonika*. LUS, Tallinn, lk 23–42.
- Mertanen S., Pesonen L. J. 2005. Drift history of the shield. Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *Precambrian Geology of Finland–Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 645–668.
- Mertanen S., Pesonen L. J., Huhma H., Leino M. A. H. 1989. Paleomagnetism of the Early Proterozoic layered intrusions, northern Finland. *Geological Survey of Finland* 347, lk 1–40.

- Mertanen S., Pesonen L. J., Huhma H. 1996. Paleomagnetism and Sn-Nd ages of the Neoproterozoic diabase dykes in Laanila and Kautokeino, northern Estonia. Brewer T. S. (toim.) *Precambrian Crustal Evolution in the North Atlantic Region. Geological Society Special Publication* 112, lk 331–358.
- Nestor H., Soesoo A. 2006. Silur Eestis. *MTÜ GEOGUIDE Baltoscandia*, Tallinn, lk 1–32.
- Nironen M. 2005. Proterozoic orogenic granitoid rocks. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *In: Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 443–480.
- Osmundsen P. T., Braahten A., Nordgulen Ø., Roberts D., Meyer G., Eide E. 2003. The Devonian Nesna Shear Zone and adjacent gneiss-cored culminations, north-central Norwegian Caledonides. *Journal of the Geological Society, London* 160, lk 137–150.
- Peltonen P. 2005. Ophiolites. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 237–278.
- Perttunen V., Vaasjoki M. 2001. U-Pb geochronology of the Peräpohja Schist Belt, northwestern Finland. Vaasjoki M. (Ed.). *Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Geol. Surv. Finland. Spec. Pap.* 33, lk 45–84.
- Pirrus E., Nestor H., Soesoo A., Linna A. 2006. Vend ja Kambrium Eestis ning Lõuna-Soomes. *MTÜ GEOGUIDE Baltoscandia*, Tallinn, lk 1–32.
- Pisarevsky S. A., Sokolov S. J. 1999. Paleomagnetism of the Paleoproterozoic ultramafic intrusion near Lake Konchozero, Southern Karelia, Russia. *Precambrian Research* 93, lk 201–213.
- Puura V., Vaher R. 1997. Tectonics. Deep structure. Cover structure. Raukas A. ja Teedumäe A. (toim) *Geology and mineral resources of Estonia*. Tallinn, Estonian Academy Publishers, lk 167–177.
- Põldsaar K., Ainsaar L. 2015. Soft-sediment deformation structures in the Cambrian (Series 2) tidal deposits (NW Estonia): implications for identifying endogenic triggering mechanisms in ancient sedimentary record. *Palaeoworld* 24, lk 16–35.
- Pöldvere A. 2003. Ruhnu (500) drill core. *Estonian Geological Sections, Bull.* 5, *Geol. Survey of Estonia*. Tallinn, lk 1–76.
- Roberts D. 2003. The Scandinavian Caledonides: event chronology, paleogeographic settings and likely modern analogues. *Tectonophysics* 365, lk 283–299.
- Rosenstein, E., 1941. Raikküla lade Tamsalu-Paide vahelisel alal. *TÜ Geoloogia Instituudi Toimetised* 63, Tartu. Äratrükk „Eesti Loodusest“ nr 4/5, 1940, lk 1–11.
- Rämö T. O., Haapala I. 2005. Rapakivi granites. *In: Precambrian Geology of Finland-Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 533–562.
- Sokman K., Kattai V., Vaher R., Systra Y. J. 2008. Influence of tectonic dislocations on oil shale mining in the Estonian deposit. *Oil Shale* 25 (2S), lk 175–187.
- Suppe J. 1985. *Principles of structural geology*. Prentice-Hall, Inc., lk 1–537.

- Sõstra Ü. 2015. Kaledoonilise kurrutuse jäljed Eesti Paleosoikumis. XXIII Aprillikonverents, 2. aprillil 2015. a “Eesti maapõue strateegiast” Eesti Geoloogaakeskus, lk 32–34.
- Sõstra Ü., Sõstra I. 2006. Rocca al Mare tektooniline rike – uus aluspõhja geoloogiline mälestusmärk Tallinnas. XIV aprillikonverents. Teesid. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus, lk 9–11.
- Sõstra Ü., Vaher R. 2007. Sonda tektooniline rike Põhja-Kiviõli karjääris. XV aprillikonverents. Teesid. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus, lk 37–39.
- Sõstra Ü., Kallaste T. 2008. Sonda tektoonilise rikke hüdrotermilised mineraalid. *Põlevad maavarad ja –jäätmed. Estonian combustible material resources and Wastes*, 1–2, lk 6–8.
- Systra Y. J., Sokman K., Kattai V., Vaher R. 2007. Tectonic dislocations of the Estonian kukersite deposit and their influence on oil shale quality and quantity. *15<sup>th</sup> MAEGS meeting Georesources and public policy: research, management, environment*, 16.–20.09.2007. Tallinn, Estonia. Abstracts, lk 74–76.
- Systra Y. J. 2014. Tectonic deformation of the Ediacaran-Paleozoic bedrock in Estonia. *31<sup>st</sup> Nordic Geological Winter Meeting. Lund, Sweden, January 8.–10. 2014*. Abstracts. 123 lk.
- Terry M. P., Robinson P., Hamilton M. A., Jercinovic M. J. 2000. Monazite geochronology of HP and HP metamorphism, deformation and exhumation, Nordøyane, Western Gneiss Region, Norway. *American Mineralogist* 85, lk 1651–1664.
- Vaasjoki M., Korsman K., Koistinen T. 2005. Overview. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *Precambrian Geology of Finland – Key to the evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, Elsevier B.V., lk 1–17.
- Vuollo J., Huhma H. 2005. Paleoproterozoic mafic dikes in NE Finland. In: Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.). *In: Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Amsterdam, lk 195–236.
- Вахер Р.М. Тектоника фосфоритно-сланцевого бассейна северо-востока Эстонии. Автореф. канд. геол.-мин. наук, Минск. 22 с.
- Вахер Р.М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. 1962. Тектоническое строение Северо-Восточной Эстонии. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР 10, с. 33–53.
- Вахер Р. М., Кууспалу Т. И., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. 1964. О геологическом положении сульфидных рудопроявлений в районе Улясте. В кн.: Литология палеозойских отложений Эстонии. Таллин, с. 33–53.
- Газизов М. С. 1971. Карст и его влияние на горные породы (В условиях Прибалтийского сланцевого бассейна). Наука, Москва, с. 1–204.
- Каттай В. А., Вингисаар П. 1980. Строение Ахтмеского тектонического нарушения. – Изв. АН ЭССР. Геол. 29, 2, с. 55–62.
- Кратц К.О. 1958. К расчленению и терминологии протерозоя Карелии. Известия Карельского и Кольского филиалов АН СССР 2, с. 9–15.
- Крупеник В. А., Ахмедов А. М., Свешникова Л. Ю. 2011. Строение разреза Онежской структуры по данным бурения ОПС (Онежской параметрической скважины). В кн.: Онежская палеопротерозойская

- структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерагения). Петрозаводск, с. 172–189.
- Макарихин В. В., Кононова Г. М. 1983. Фитолиты нижнего протерозоя Карелии. Л., с. 1–180.
- Соколов В.А. (Отв.ред.). 1984. Стратиграфия докембрия Карельской АССР (Архей, нижний протерозой). Петрозаводск, 115 с.
- Сыстра Ю. Й. 1991. Тектоника Карельского региона. Наука, Санкт–Петербург, с. 1–176.
- Сыстра Ю. Й. 2004. Основные черты геологического строения Карельского района. В кн.: Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Ред. Шаров, Н.В. Петрозаводск, с. 14–29.
- Хейнсалу Ю., Андра Х. 1975. Трещиноватость в районе сланцевых шахт Зстони и геофизические методы ее исследования. Валгус, Таллин, с. 1–116.

---

*Ülo Sõstra (ulo.sostra@ttu.ee) – Tallinna Tehnikaülikool, Energeetikateaduskond, Mäeinstituut, Rakendusgeoloogia õppetool, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn*

## Paleobioloogia: geoloogia ja bioloogia piirimaadelt

*Olev Vinn*

Paleobioloogia on suhteliselt uus teadussuund, mis on välja kasvanud paleontoloogiast. Klassikaline paleontoloogia on geoloogiat abistav maateaduse haru, mille peamine ülesanne on kirjeldada erivanuselistes kivimikihtides esinevaid kivistisi. Kivististe abil on paleontoloogidel võimalik määrata kivimikihtide suhtelist vanust ja seeläbi korreleerida samavanuselisi kihte üksteisest eemal asuvates läbilõigetes. Kihtide paleontoloogilise korreleerimisega tegeleb biostratigraafia. Paleobioloogia seevastu on bioteaduste haru, mis lahendab bioloogilisi ülesandeid ning kus geoloogial on abistav roll. Paleobioloogia eesmärgiks on bioloogiliste protsesside uurimine geoloogilises ajas.

Alljärgnevalt vaatleme lähemalt mõningaid paleobioloogia uurimissuundi, millest enamusega olen tegelenud või jätkuvalt tegelen.

### **Bioerosioon**

Bioerosioon on organismide poolt põhjustatud materjalide keemiline ja mehaaniline kulutamine. Bioerosioon avaldab tänapäevastes ookeanides tugevat mõju karbonaatsetele kivimitele ja skelettidele ning skelettidest koosnevatele riffidele, sest need on keemiliselt kergesti lahustatavad. Vähesemal määral on organismid suutelised kulutama ka silikaatseid sette kivimeid, süvakivimeid ja vulkaanilisi kivimeid. Viimati mainitud kivimite kulutamine organismide poolt on valdavalt mehaaniline. Bioerosiooni tulemusena satub ookeani vette pidevalt värsket peeneteralist settematejali ja üleslahustatud kivimeid. Seega on bioerosioonil oluline roll tänapäevases ookeani settingluses. Maismaal on bioerosioonil oluline roll settinglusele väiksem mõju, kuid kohati võivad maismaa organismid (eriti urge kaevavad ja uuristavad loomad) põhjustada märgatavat setendite kulutust.

Paleobioloogia perspektiivist on oluline mõista organismide materjale kulutava võimekuse evolutsiooni. Varasemad märgid bioerosioonist pärinevad eelkambriumist. Nendeks märkideks on oiidide ja stromatoliitide sisse keemiliselt uuristatud mikroorganismide käigud (Taylor, Wilson 2003). Alates Fanerozoikumist on bioerosioonil olnud oluline koht ookeani settingluses. Ordoviitsiumis toimus loomariigis suur evolutsiooniline muutus, mis on tuntud inglisekeelse nimega *Ordovician Bioerosion Revolution* (Wilson, Palmer 2006). Bioerosiooni intensiivistumine Ordoviitsiumis oli seotud üldise bioloogilise mitmekesisuse järsu kasvuga. Paljudel ilmunud uutel loomarühmadel osutus materjalide kulutamise

võime kasulikuks kohastumuseks. Ordoviitsiumis olid laialt levinud sedimentatsiooniga samaaegselt kivistunud merepõhjad (ingl. *hardground*). Sellised kivistunud kihipinnad on tihti tihedalt täis uuristatud väikeseid auke, mida tuntakse *Trypanites* nime all. Palju enam olid Ordoviitsiumis bioerosioonist mõjutatud aga erinevad karbonaatsed skeletid. Ordoviitsiumivanuste skelettide seest on leitud väga mitmekesise morfoloogiaga käike. Enamus nendest olid uuristatud usside või ussilaadsete loomade poolt, kuid osa suuremaid käike võisid olla tekitatud karpide poolt. Järgmine suurem bioerosiooni intensiivistumine leidis aset Mesosoikumis (Taylor, Wilson 2003). Eriti rohkete uuristuste poolest torkavad silma Juura ajastust pärit skeletid ja kivistunud kihipinnad. Üldjoontes järgib bioerosiooni intensiivistumine ja jälgede mitmekesisustumine organismide evolutsioonilist mitmekesisustumist ja arengut.

### **Inkrusteerivad faunad**

Bioloogiliste koorikutega kattumine on bioerosioonile vastassuunaline bioloogiline protsess. Tänapäevastes ookeanides on mereveele avatud skeletid tihti kaetud teiste organismide tiheda koorikuga. Bioloogiliste koorikutega kattumine võib põhjustada tõsiseid probleeme laevadele ja sadamaehitistele. Paleobioloogilisest perspektiivist on oluline bioloogiliste koorikutega kattumise evolutsioon. Bioloogilisi koorikuid moodustavatest loomadest omavad paljud mineraalset skeletti, mis säilib fossiilsel kujul. Tavaliselt esinevad kivistunud setendites teataval määral läbisegi ning raske on rekonstrueerida bioloogilisi kooslusi. Bioloogilisi koorikuid moodustavad kooslused on seevastu säilinud algsel kujul, väljaarvatud pehmekehalised organismid. Seega pakuvad bioloogiliste koorikute kooslused paleobioloogidele suurt huvi, kuna need on suhteliselt hästi võrreldavad tänapäevaste analoogidega ning uuritavate organismide kooslusesse kuuluvuses pole kahtlust. Bioloogiliste koorikute uurimisel tuleb arvestada sellega, et kõik mingit fossiilset substraati inkrusteerivad organismid ei pruukinud korraga elus olla. Vanimad bioloogilised koorikud on teada eelkambriumist ning need kuuluvad stromatoliitidele. Esimene suurem bioloogilisi koorikuid moodustava fauna mitmekesisustumine leidis aset Ordoviitsiumis ning sarnaselt bioerosiooni intensiivistumisele on see seotud järsu üldise bioloogilise mitmekesisuse suurenemisega (Taylor, Wilson 2003). Bioloogilised koorikud ei katnud Ordoviitsiumis mitte ainult organismide skelette, mille hulgas domineerisid käsijalgsed, vaid ka tsemeterunud kihipindu (ingl. *hardground*) ning veeriseid ja rannikukaljused. Bioloogilisi koorikuid moodustavad faunad näitavad skelettide massiivsemaks muutumise trendi Fanerooikumi jooksul.

Nimetatud areng peegeldab tõenäoliselt kiskjate mõju suurenemist Fanerooikumis (Taylor, Wilson 2003).

### **Kiskjate mõju evolutsioonile**

Kiskjad avaldavad organismide evolutsioonile tugevat selektiivset mõju. Paleobioloogidele pakub huvi eelkõige kiskjate pikaajaline mõju geoloogilises ajas: kas see on evolutsiooni jooksul suurenenud ja kuidas on organismid kohastunud sellega toime tulemaks. Paleobioloogiline materjal kiskjate tegevuse kohta jaguneb kaheks. Esiteks on teada kiskjate ründele iseloomulikud vigastused, mille puhul ei ole võimalik kindlaks teha, kas saagiks olev organism elas rünnaku üle või hukkus. Teiseks on vigastuste paranemise jäljed, mille puhul on kindel, et saakorganism oli elus teatava aja pärast kiskja rünnakut. Merelistel selgrootutel on tüüpilisteks kiskja ründe jälgedeks koja iseloomulik murdumine või koja sisse uuristatud iseloomuliku morfoloogiaga augud. Selgroogsete kivististelt on leitud ka teiste selgroogsete hambajälgi, mis mõningatel juhtudel näitavad paranemise märke. Paleontoloogilise materjali põhjal on kindlaks tehtud, et kiskjate mõju ei ole olnud läbi geoloogilise aja ühesugune, vaid on mitmel korral järsult suurenenud. Esimene suurem kiskjate mõju intensiivistumine leidis aset Hilis-Ordoviitsiumis (Huntley, Kowalewski 2007) ja teine Mesosoikumis (Vermeij 1977). Üldjoontes on kiskjate mõju teataval määral kasvanud kogu Fanerooikumi jooksul (Vermeij 1987) ning see pidi kindlasti avaldama mõju saakloomade evolutsioonile. Kasvava kiskjate mõju tagajärgedeks on näiteks settesse kaevunud organismide osakaalu kasv Fanerooikumis ja molluskite kodade ajas okkalisemaks muutumine (Vermeij 1987). Kiskjate mõju võis põhjustada ka organismide kolimist teiste, paremini kaitstud organismide sisse. Selliseid näiteid esineb kornuliitidel ja rugoosidel, kes leidsid varju massiivse skeletiga stromatoporoidide sees (Vinn 2009, Vinn jt 2014).

### **Sümbioos**

Erinevate organismide kooselu on tänapäevases biosfääris laialt levinud. Paleobioloogidele pakub huvi eelkõige sümbioosi evolutsioon geoloogilises ajas. Enamasti ei ole paleontoloogilise materjali põhjal võimalik otsutada, millised organismid elasid sümbiootiliselt koos. Üksikutel juhtudel on kooselu aga üheselt tuvastatav, näiteks siis kui ühe organismi skelett on mõjutatud teise organismi elutegevusest. Mõnikord võivad koos kasvavad loomad olla mõlemad skeletiga, nagu näiteks stromatoporoidide sees kasvanud rugoosid (LISA foto 1) ja kornuliidid (Vinn, Mõtus 2012, Vinn jt 2014). Teinekord on sümbiondist säilinud ainult



kanal skeletis, kus skeleti kasv kanali ümber viitab kanali eluaegsusele. Sümbiootiliste suhete evolutsioon vajab veel täiendavaid uuringuid, et analüüsida pikaajalisi trende. Arvatavasti peegeldab sümbioosi areng organismide evolutsioonilise mitmekesisuse suurenemist. Võimalik, et Ordoviitsiumi suure bioloogilise mitmekesisuse kasv tõi kaasa ka järsu sümbiootiliste suhete arvu kasvu. Sümbioosi mõju bioloogilisele mitmekesisusele ei ole hästi teada. Tõenäoliselt aitas sümbiootiliste suhete arvu kasv omakorda kaasa mitmekesisuse suurenemisele.

### **Biominalisatsioon**

Paleobioloogias on biominalisatsiooni uuringutel oluline roll kõrgtaksonite tuvastamisel ja seeläbi fülogeenesi pildi täiendamisel. Samuti pakub huvi biominalisatsiooni kui protsessi evolutsioon nii üksikute organismigruppide lõikes kui ka biosfääris tervikuna. Vanimaks teadaolevaks biominaliseerunud kojaga loomaks on Ediacara ajastul elanud *Cloudina*. Usse meenutava kojaga *Cloudina* oli tõenäoliselt siiski ainuõõsne, tänaste meduuside kauge sugulane (Vinn, Zaton 2012). Suur biominaliseerunud loomade ilmumine leidis aset Kambriumis (Bengtson 2004), mis võis olla seotud nii merevee keemiliste muutuste kui ka arvukate kiskjate äkilise ilmumisega (Bengtson 2004).

Bominalisatsiooni uuringud on aidanud välja selgitada mitmete kõrgtaksonite evolutsiooni. Näiteks seda, et Paleosoikumi ussilaadsed kivistised ei kuulu rõngussidele vaid hoopis väljasurnud lofoforaatidele (Vinn, Mutvei 2009). Osade rõngusside kodade biominalisatsiooni evolutsioon peegeldas ookeani geokeemilisi tsükleid: aragoniidi ookeanis (Triias) tekkisid eelistatult aragoniitse kojaga serpuliidid ning kaltsiidi ookeanis kaltsiitse kojaga serpuliidid (Juura-Kriit). Tänapäevases aragoniidi meres on eelistatud tõenäoliselt aragoniitse skeletiga serpuliidid (Vinn 2012; Ippolitov et al. 2014).

### **Astrobioloogilised perspektiivid**

Paljud paleobioloogiliste uuringute käigus saadud teadmised on suure praktilise väärtusega uues teadusharus – astrobioloogias. On võimalik, et tulevikus võib meie kätte sattuda paleontoloogilist materjali ehk bioloogilist päritolu struktuure teistelt planeetidelt. Maise paleontoloogilise materjali uuringud on aidanud mõista, et fossiilsed skeletid, kuigi mineraalsed, erinevad oma ehituselt elututest geoloogilises keskkonnas kujunenud mineraalsetest struktuuridest. Need erinevused avalduvad elule iseloomulikes isotoopkoostistes, mineraalide võreparameetrites ning mikrostruktuurides. Samuti on aidanud bioloogide, geoloogide ja

paleontoloogide tööd mõista, et elutus keskkonnas tekkinud struktuuride geomeetria on üldjuhul täielikult erinev elusorganismide geomeetriast, seda eriti keerukamate organismide puhul. See teadmine on oluline eriti juhtudel, kus pole tegemist fossiilsete mineraalsete skelettidega ning pole võimalik uurida kristallvõre, mikrostruktuuri ega isotoopkoostist. Näitena võib tuua pehmekehalise Ediacara fauna. Ediacara makrofossiilide anatoomia erineb tänapäeva organismide omast, kuid nende geomeetria ei jäta kahtlust, et tegemist on elusorganismide kivististega.

Maise elu analoogi üheseks tuvastamiseks paleontoloogilises materjalis on siiski vaja kindlaks teha bioloogilise evolutsiooni asetleidmine ja ökoloogiliste seaduspärasuste olemasolu.

### Kasutatud kirjandus

- Bengtson S. 2004. Early skeletal fossils. Lipps J. H. ja Waggoner B. M. (toim). *Neoproterozoic-Cambrian Biological Revolutions. The Paleontological Society Papers* 10. lk 67–78.
- Huntley J. W., Kowalewski M. 2007. Strong coupling of predation intensity and diversity in the Phanerozoic fossil record. *PNAS* 38, lk 15006–15010.
- Ippolitov A. P., Vinn O., Kupriyanova E. K., Jäger M. 2014. Written in stone: history of serpulid polychaetes through time. *Memoirs of Museum Victoria* 71, lk 123–159.
- Wilson M. A., Palmer T. J. 2006. Patterns and processes in the Ordovician Bioerosion Revolution. *Ichnos* 13, lk 109–112.
- Vermeij G. J. 1977. The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology* 3, lk 245–258.
- Vermeij G. J. 1987. *Evolution and Escalation: An Ecological History of Life*. Princeton University Press, Princeton, N.J. 527 lk.
- Vinn O. 2009. Attempted predation on Early Paleozoic cornulitids. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 273, lk 87–91.
- Vinn O. 2012. Calcite in the Skeletons of Annelids. Dobrev J. ja Marković P. (toim) *Calcite: Formation, Properties and Applications*. Nova Science Publishers, lk 245–261.
- Vinn O., Mutvei H. 2009. Calcareous tubeworms of the Phanerozoic. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58 (4), lk 286–296.
- Vinn O., Mõtus M.-A. 2012. Diverse early endobiotic coral symbiont assemblage from the Katian (Late Ordovician) of Baltica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 321–322, lk 137–141.
- Vinn O., Wilson, M. A., Mõtus M.-A. 2014. Symbiotic endobiont biofacies in the Silurian of Baltica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 404, lk 24–29.
- Vinn O., Zatoń M. 2012. Inconsistencies in proposed annelid affinities of early biomineralized organism Cloudina (Ediacaran): structural and ontogenetic evidences. *Carnets de Géologie CG2012\_A03*

---

Olev Vinn (olev.vinn@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu

## **Meditsiiniline geoloogia – teadusharu tutvustus ning näiteid Eestist**

*Marge Uppin, Enn Karro*

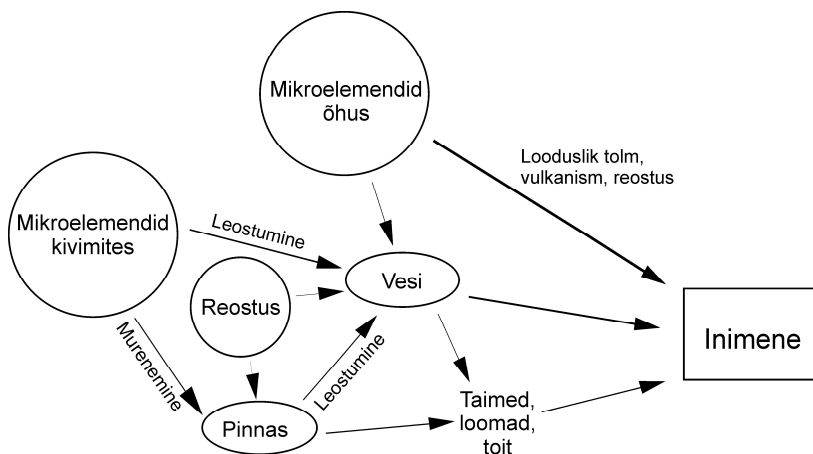
### **Mis on meditsiiniline geoloogia?**

Meditsiiniline geoloogia on viimastel kümnenditel kiiresti arenev teadusharu, mille eesmärgiks on uurida geoloogiliste protsesside mõju elusorganismidele, ühendades mitmete erinevate valdkondade teadlasi – geolooge, geograafe, arste, keemikuid, biolooge jt. Peamisteks uurimisvaldkondadeks siinkohal on põhjavees, pinnavees ning pinnases esinevate keemiliste elementide ja mineraalide ning geoloogiliste protsesside mõju nii inimeste kui ka loomade tervisele. Geoloogiliste protsesside all peetakse silmas näiteks vulkaanilist tegevust, maavärinaid, maalihkeid, erosiooni, tsunaamisid, aga ka kaevandustegevusest, kõrbetest, maavärinatest, vulkaanipursetest pärinevat loodusliku tolmu (Bunnell et al. 2007; Centeno 2008). Termin „meditsiiniline geoloogia” kõrval ja asemel kasutatakse tihti ka terminit „geomeditsiin”. Tegemist on kahe omavahel seotud, kuid siiski erineva valdkonnaga, mis lähenevad meditsiinile ja geoteadustele veidi erinevalt. Kui meditsiiniline geoloogia (ka meditsiiniline geokeemia) uurib geoloogiliste ja geokeemiliste tegurite mõju tervisele, siis geomeditsiin kujutab endast pigem meditsiinilist geograafiat, mis vaatleb erinevate haiguste geograafilist levikut ning seoseid mingi kindla haiguse ning füüsilise ja sotsiaalse elukeskkonna vahel, keskendumata piirkonna geoloogilisele eripärale (Bowman et al. 2003).

Meditsiinilist geoloogiat peetakse uueks ja arenevaks teadusharuks, kuid tegelikult on see pigem uuesti esile kerkinud valdkond. Meditsiinilise geoloogia rajajaks peetakse Vana-Kreeka filosoofi Hippokratest, kes kirjeldas seoseid inimtervise, vee keemilise koostise ja erinevate mineraalide vahel. Rooma arhitekt Vitruvius avastas, et kaevandused ning nende läheduses leviv vesi kujutab endast ohtu inimtervisele. Aastasadu on kasutatud erinevaid keemilisi elemente ja mineraale ravi otstarbeks. Näiteks elavhõbedat on kasutatud valuvaigistina imikutel hammaste tulemise ajal, aga ka ravimina süüfilise sümptomite leevendamiseks. Elavhõbe oli ka tuntud algallikaks alkeemikutel, kes üritasid sellest kulda ja hõbedat toota, samuti leidis see kasutust 19. sajandil viltimistöökodades. Pikaajaline elavhõbedaga kokkupuude põhjustab vaimseid häireid ning sealt on tulnud ka väljend „hull kübarsepp”. Arseeni kasutati väikestes kogustes puudrites, et saavutada heledamat jumet, kuid samas on arseen olnud läbi sajandite üks populaarsemaid mürgitamisvahendeid (Bowman et al. 2003; Bunnell et

al. 2007). Ka mineraalvee ja ravimuda positiivsest mõjust tervisele on teatud juba aastatuhandeid (Gomes ja Silva 2007).

Meditšiinilise geoloogia üheks oluliseks suunaks on vaadelda, kuidas erinevad keemilised elemendid ja mineraalid levivad geoloogilises keskkonnas, kuidas need jõuavad elusorganismidesse ja millist mõju need avaldavad. Elusorganismid on igapäevaselt eksponeeritud atmosfääris, litosfääris ja hüdrofääris esinevatele keemilistele ühenditele. Peamiselt jõuavad nii looduslikku kui antropogeenset päritolu keemilised elemendid ja ühendid pinnasest ja kivimitest inimorganismi läbi toidu ja joogi, õhus olevad osakesed ka hingamise teel (joonis 1). Võimalik on ka keemiliste ühendite absorbeerumine läbi nahapinna (Bowman et al. 2003; Selinus 2004).



Joonis 1. Mikroelementide jõudmine keskkonnast inimorganismi (Selinus 2004).

Keemilised elemendid ja ühendid osalevad ainevahetuses ja avaldavad mõju organismide füsioloogilisele arengule ning paljunemisele. Ligikaudu 22 elementi on nimetatud n-ö „hädavajalikeks” (joonis 2). Näiteks kaltsium, fosfor, magneesium ja fluor on olulisteks komponentideks luustruktuuris. Naatrium, kaalium ja kloriidid osalevad rakkudes elektrolüütide tasakaalu säilitamises. Tsink, vask, seleen, mangaan jt mängivad olulist rolli ainevahetuslikes funktsioonides ning jood ja kroom on olulised hormonaalsüsteemi talitluses. Erinevate uuringute käigus on leitud seos joodidefitsiidiga seotud haiguste levikupiirkondade ja joogivee joodisisalduste vahel. Piirkondades, kus joogivesi on joodivaene (näiteks Hiina), on oluliselt sagenenud haigestumine struumasse. Leitud on ka

vaimset mahajäämust ja sünnidefektide tavapärasest suuremat esinemist (Bunnell et al. 2007).

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	P	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	P	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Inimorganismile vajalikud elemendid  
 Inimorganismile toksilised elemendid

Joonis 2. Inimorganismile elutegevuseks vajalikud ning toksilised elemendid (British Geological Survey)

Lisaks vajalikele elementidele esineb keskkonnas mitmeid toksilisi elemente, näiteks radioaktiivsed elemendid, arseen, elavhõbe, plii, kaadmium jt (joonis 2). Toksilised elemendid mõjutavad tervist juba väikeste tarvitavate koguste juures. Levinud joogivee kvaliteediprobleemiks on arseen. Arseenirikast põhjavett leidub Bangladeshis, Indias, Taiwanis, Vietnamis ja Mehhikos. Arseeni peetakse kantserogeenseks elemendiks, mis avaldub eelkõige nahavähina, kuid sagedased on ka kroonilised nahahaigused (nt muutused naha pigmentatsioonis, keratoos). Samuti on arseenirikka joogivee tarbimisel täheldatud kardiovaskulaarsete haiguste, arenguhäirete, neuroloogiliste häirete, diabeedi ja kuulmislanguse esinemise sagenemist (Bowman et al. 2003; Bunnell et al. 2007).

Tervisehäireid võib kaasa tuua nii arenguks vajalike keemiliste elementide defitsiit kui ka nende ületarbimine. Sellest tulenevalt on välja toodud grupp keemilisi elemente, mis on väikestes kogustes vajalikud organismide arenguks, kuid suurtes kogustes omavad toksilist mõju. Siia hulka kuuluvad nt raud, kroom, mangaan, fluoriid, seleen, baarium jt (joonis 2). Seleen on suurtes kogustes toksiline, kuid väikestes kogustes organismi arenemiseks vajalik element. Seeleni peetakse antioksidandiks, mis mängib olulist rolli ka hormonaalsüsteemi talitluses. Piirkondades, kus seleeni on põhjavees ja pinnases vähe (näiteks Hiina, Korea), on sagenenud

haigestumine Keshani tōppe (sūdamelihasehaigus kardiomiopaatia) ja Kashin-Beck haigusesse (luustiku ja liigeste vāärareng) (Bunnell et al. 2007).

### **Geoloogiliste protsesside mõju tervisele**

Geoloogilised protsessid avaldavad tervisele nii otsest kui ka kaudset mõju, mis on selgelt eristatavad vulkaanilise tegevuse ja maavārinatē puhul. Otseseks mõjuks on maavārinatē ajal toimuvad purustused, mis vōivad olla fataalsete tagajārgedega. Meditsiiniline geoloogia keskendub siinkohal pigem maavārinatēst tulenevatele kaudsetele mõjudele, milleks on nāiteks maavārinatē tagajārgel toimuvad maalihked. Maalihetē tōttu vōib toimuda pinnases esinevate elementide, sh toksiliste, ja teiste ohtlike tegurite (nt eosed, spoorid) ũmberpaigutumine, mille tulemusel vōib suureneda inimeste ekspositsioon tekkinud ohuteguritele. Vulkaanipurske ajal ōhkupaisatavad magma, tuhk ja gaasipilved avaldavad otsest mõju inimestele ja loomadele, pōhjustades nii hingamishāireid kui ka surma. Otsene mõju vōib muutuda mōne aja mōōdudes kaudseks mõjuks. Kui vulkaanipurske tagajārgel ōhkupaisatud tuhk avaldab kohest ja otsest mõju hingamisteedele, siis maapinnale settinud tuhk toob kaasa toksiliste elementide leviku pinnases, mis omakorda jōuavad aja jooksul toiduahelasse (Bowman et al. 2003). Lisaks lūhijalalisele hingamisteede ārritusele vōib ōhuga leviv tuhk tuua kaasa silikoosi haigestumise. Silikoos on kopsukahjustus, mida pōhjustab pikaajaline rānidioksiidi sisse hingamine.

Hingamiselundkonna hāireid vōib lisaks vulkaanilisele tuhale pōhjustada ka kaevandustegevusest, liivatormidest ja maavārinatēst tulenev mineraalne tolm. Tekkiv tolm vōib endaga kaasas kanda eoseid ja spore, mis pōhjustavad n-ō „oru palavikku” (koktsidoidmūkoosi). Haigusega kaasnevad gripilaadsed tunnused. Maavārinatē jārgset “oru palavikku” haigestumise sagenemist on dokumenteeritud USA edelaosas ja Pōhja-Mehhikos (Bunnell et al. 2007). Sahara ja Gobi kōrbetēst tulenevate liivatormidē puhul on tāheldatud peenete liivaosakeste kandumist vāga kaugele. Nāiteks on leitud korrelatsioon Sahara kōrbe liivatormidē ja Lōuna- ja Kesk-Ameerikas sagenenud haigusjuhtude vahel. Sarnaselt vulkaanilise tuhaga vōib ka kaevandustest ja kōrbetēst pārinev mineraalne tolm pikaajalise ekspositsiooni korral pōhjustada silikoosi.

## Joogivesi ja tervis

Vees leiduvad keemilised elemendid ja ühendid osalevad ainevahetuses ja avaldavad mõju organismide arengule, kasvule ning paljunemisele. Seepärast on väga oluline tarbitava joogivee ohutus ja keemiline koostis. Joogivee peamiseks allikaks on põhjavesi, vähem pinnavesi. Põhjavee keemiline koostis kujuneb mitmesuguste keskkonnategurite koosmõjul. Põhjavesi, mis on pikemat aega kontaktis ümbriskivimiga, peegeldab kivimi keemilist koostist, veekompleksi geokeemilist ja hüdrodünaamilist iseloomu. Sellest tingituna on vees lahustunud keemiliste elementide ja nende vahekorra tulenev vee keemiline tüüp samuti piirkonniti erinev. Põhjavee üldisest keemilisest koostisest sõltub omakorda teiste keemiliste elementide vees esinemise määr. Valdav osa mikroelemente on sedimentatsiooni käigus settesse kuhjunud ning alluvad hilisematele geokeemilistele protsessidele, sattudes põhjavette veekompleksi moodustavate kivimite pikaajalisel leostumisel. Lisaks looduslikele allikatele võivad erineda keemilised ühendid põhjavette sattuda inimtegevuse tagajärjel. Olulisemad antropogeensed allikad on kaevandamistegevus, põllumajandus, tööstus (ravimitööstus, klaasitööstus) jne.

### Fluoriidid ja boor

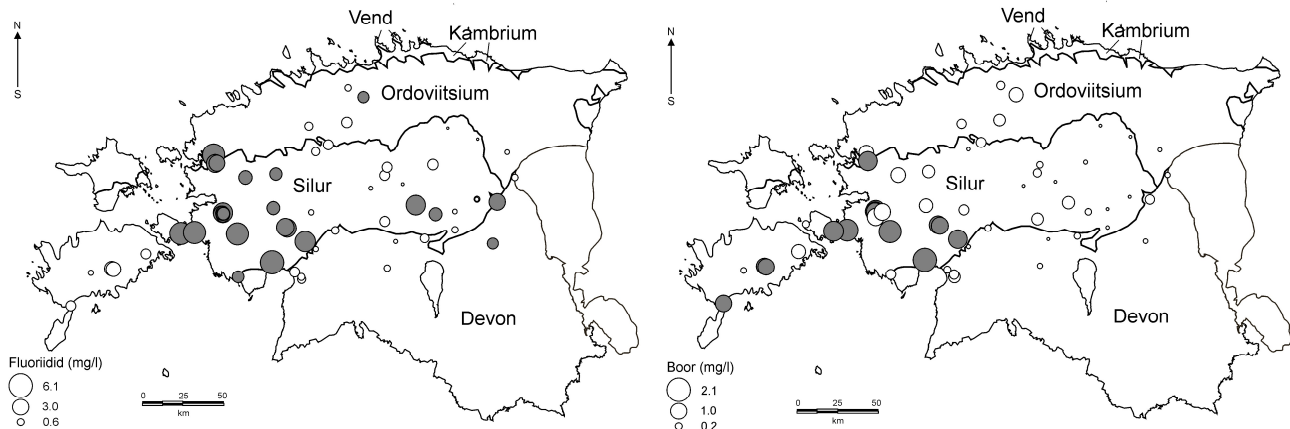
Fluoriidide suurenenud sisaldus joogiveses ja selle looduslikud allikad põhjavees on üks enamuuritud veekvaliteedi probleeme maailmas. Inimorganismis on fluor vajalik eelkõige hammaste ja luude arenguks. Erinevalt muudest bioelementidest ei suuda toit katta organismi fluorivajadust ning peamise koguse fluori (75–90% päevasest kogusest) omastab inimene joogivee kaudu. Elemendi optimaalne toimeala on suhteliselt kitsas. Defitsiidi korral tarbitavas joogiveses (alla 0,5 mg/l) on soodustatud hambakaariese teke ja areng, mistõttu väike kogus fluori on organismile vajalik kaariese profülaktikaks. Liigse sisalduse korral joogiveses ( $F^- > 1,5$  mg/l) avaldub fluori toksiline toime esmalt hambafluuroosina (jäävhammaste struktuurikahjustus), mis areneb lastel välja hammaste arengu perioodil varases lapseas (sünnist kuni 6.–8. eluaastani) ning jääb kogu eluks. Väljakujunenud kahjustus on ravimatu. Hambafluuroosi peetakse üheks enam levinud endeemiliseks haiguseks, mis on seotud paikkonna geokeemiaga. Veelgi kõrgema fluoriidisisaldusega ( $F^- > 4$  mg/l) joogivee pidev tarbimine võib viia skeletifluuroosi väljaarenemiseni, mille tulemusena tiheneb luukude, esinevad liigesevalud ning liigese liikuvus väheneb (Indermitte ja Saava 2006; WHO 2008; Indermitte 2010).

Fluoriididerikkas põhjavees esineb tihti peale ka kõrgenenud boorisaldust. Pikaajalised loomkatsed on näidanud, et liigne boorisaldus joogivees põhjustab eelkõige reproduktsioonisüsteemi häireid ja loote kehakaalu mahajäämist, aga ka ainevahetushäireid, peensoolepõletikku, kõhunäärme kahjustusi ning neuroloogilisi häireid. Boori mõju inimorganismile on väga vähe uuritud, kuid on teada, et booritööstuses töötavate inimestel esineb ülemiste hingamisteede ärritusi (WHO 2008).

Kõrgenenud  $F^-$  ja B sisaldused esinevad Eestis eelkõige Siluri-Ordoviitsiumi (S-O) veekompleksis, mis on oluliseks veevarustuse allikaks Pärnu-Põlva joonest põhja pool ja Lääne-Eesti saartel. Karbonaatsetest kivimitest koosneva S-O veekompleksi vesi moodustab ligikaudu 30% Eestis tarbitavast põhjaveest. Eesti joogivee kvaliteedinõuete kohaselt on kehtestanud fluoriidi ( $F^-$ ) piirsalduseks 1,5 mg/l ning boori puhul 1,0 mg/l (Joogivee 2001). Fluoriidide sisaldus S-O veekompleksi avavates puurkaevudes ulatub 0,1–6,1 mg/l ning boorisaldused 0,05–2,1 mg/l (Karro, Uppin 2013). Mõlema elemendi suurimad väärtused esinevad eelkõige Lääne-Eesti sügavamates puurkaevudes (joonis 3).

Fluoriidide ja boori looduslikud allikad on üsna sarnased, sattudes peamiselt põhjavette veekompleksi moodustavate kivimite leostumisel. Peamised fluori sisaldavad mineraalid on fluuriit, apatiit, vilgud (biotiit) ja amfiboolid ning boori võib sisalduda turmaliinis, biotiidis ja amfiboolides. Mõlemaid elemente seostatakse eelkõige savikate setetega, kus F ja B võivad asendada savimineraalide struktuuris olevat OH-iooni. Fluori ja boori leidub hulgaliselt ka vulkaanilises materjalis ning hüdrotermaalsetes setetes. F ja B esinevad veel graniitides, karbonaatsetes kivimites ja evaporiitides. Mõlema elemendi üheks võimalikuks allikaks põhjavees on vulkaaniline tuhk ja gaasid, kuna uuringud on näidanud, et need sisaldavad rohkesti fluori ja boori (Hem 1985). Kivimiproovide koostise analüüsid näitavad, et S-O veekompleksi moodustavate kivimite fluori- ja boorisaldused on seotud kivimi tüübi ja selle savikusega. Kivimi savisisalduse suurenemisega kasvavad oluliselt fluori ja boori sisaldused kivimis. Lisaks on Eesti Siluri ja Ordoviitsiumi ladestute läbilõigetes eraldatud savikaid vulkaanilise tuha – K-bentoniitide – kihte, mille fluori- ja boorisaldused on kõrged (Uppin, Karro 2012). Selgitamaks fluori ja boori geoloogilisi allikaid põhjavees viidi läbi laboratoorsed leostuskatsed, kus purustatud kivimiproove leostati destilleeritud vees. Katsete tulemused näitasid selgelt, et mõlemat elementi leostub vette tunduvalt rohkem savikamast materjalist (Uppin, Karro 2013). Seega võib eeldada, et  $F^-$  ja B leostub põhjavette peamiselt savikatest karbonaatsetest kivimitest – merglitest ja domeriitidest, aga ka K-bentoniidi kihtidest.





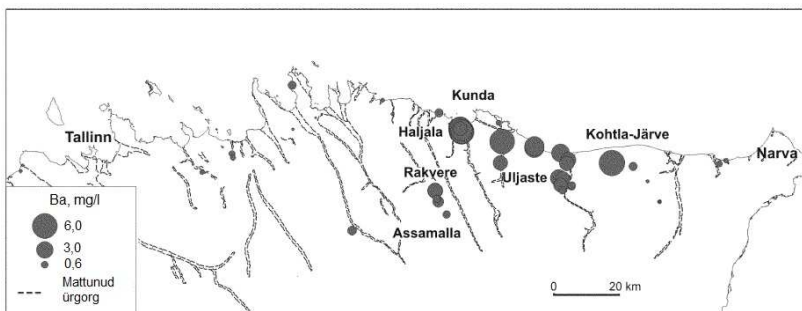
Joonis 3.  $F^-$  ja B sisaldused ja levik S–O veekompleksis. Ülenormatiivsete fluoriidide ja boori sisaldustega ( $F^- > 1,5$  mg/l;  $B > 1$  mg/l) puurkaevud on tähistatud halli värviga (Karro, Uppin 2013 järgi).

## Baarium

Eestis kehtivad joogivee kvaliteedinõuded (Joogivee 2001), mis on vastavuses Euroopa Liidu joogiveedirektiiviga (98/83/EC), ei limiteeri joogivee baariumisisaldust. Varasemas standardis (Joogivesi 1995) oli baariumi piirväärtuseks WHO poolt kehtestatud juhtarv 0,7 mg/l (WHO 2004). Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitseagentuur (EPA 1995) on kehtestanud USA joogiveestandardis baariumi piirnormiks 2 mg/l. EPA andmetel võib piirnormist suurema baariumisisaldusega joogivee lühiajaline tarbimine põhjustada seedehäireid ja lihasnõrkust, pikemaajalisem tarbimine aga kõrget vererõhku.

Eesti riikliku keskkonnaseire programmi raames avastati 1996. aastal Ida-Virumaa tööstuspiirkonna sügavate (120–270 m) Kambriumi-Vendi veekompleksi vett tarbivate puurkaevude vees baariumisisaldused (Tamm 1998), mis ületasid sel ajal kehtinud nõuete (Joogivesi 1995) kohaselt 2–13-kordselt lubatud piirväärtust (0,7 mg/l). Hilisemate kogu Põhja-Eestit katvate uuringute (Karro, Marandi 2003; Marandi et al. 2004; Mokrik et al. 2009) tulemusena selgus, et Kambriumi-Vendi veekompleksi baariumisisaldused varieeruvad vahemikus 0,07–6,37 mg/l ning et sisalduste levikupildis on märgatav selge pindalaline jaotus (joonis 4).

Baariumi sisaldus on kõrgeim uuringuala keskosas ning see kahaneb äärealade (Paldiski ja Narva) suunas. Seega võib Põhja-Eestis Kambriumi-Vendi veekompleksis välja eraldada anomaalia, mis hõlmab Kunda-Rakvere-Kohtla-Järve linnade vahelise ala. Anomaalia piires on põhjavees baariumi 0,41–6,37 mg/l ning kõrgeimad kontsentratsioonid esinevad Cl-HCO-Na-Ca tüüpi põhjavees.

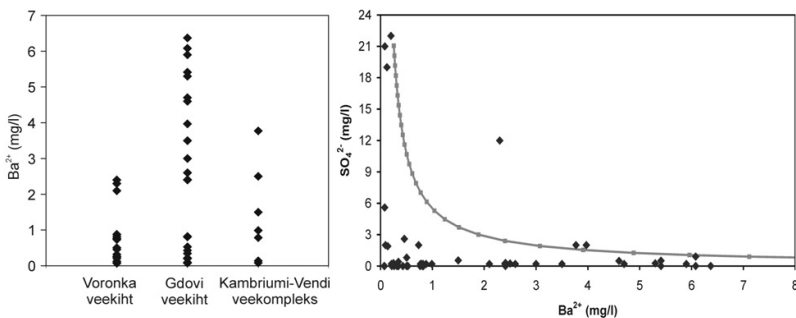


Joonis 4. Baariumi levik ja sisaldused Põhja-Eestis Kambriumi-Vendi veekompleksis (Karro, Marandi 2003).

Gdovi põhjaveekihis on sisaldused tunduvalt suuremad kui lasuvas Voronka veekihis (joonis 5). Gdovi põhjaveekihiga on seotud ka kõik kõrged väärtused, kusjuures kontsentratsioonid üle 2 mg/l seostuvad

anomaaliaga. Voronka põhjaveekihi baariumisisaldused jäävad enamasti alla 1 mg/l, millest kõrgemad väärtused on seotud mattunud orgude piirkonnas asetsevate puurkaevudega. Mattunud orgude kaudu võib toimuda alumise, Gdovi veekihi põhjavee, sissevool Voronka veekihti, kui viimases on tarbimise tõttu toimunud rõhu alanemine. Mõned tarbekaevud avavad Kambriumi-Vendi veekompleksi kogu läbilõike ulatuses, mis tähendab, et puurkaevu avatud osa paikneb nii Voronka kui ka Gdovi põhjaveekihi. Selliste puurkaevude vees fikseeritud kõrgeim baariumisisaldus (3,77 mg/l) on kaevus, mis ulatub 3 m pikkuselt aluskorra kivimitesse.

Baarium on maakoos laialt levinud, kuid väikestes kogustes esinev element. Kõige rohkem leidub seda liivakivides ja magmakivimites (Kunesh 1978). Põhjaveete satub baarium kivimite murenemisel. Looduslike vete baariumisisaldus on tavaliselt väike ning kontrollitud peamiselt barüüdi ( $\text{BaSO}_4$ ) ja viteriidi ( $\text{BaCO}_3$ ) lahustumisega (Ball, Nordstrom 1991). Neist kahest omakorda kontrollib baariumi lahustumist vees enam barüüt (Hem 1985). Joonisel 5 on näha, et Kambriumi-Vendi põhjavees on tegemist madalate sulfaadisaldustega, mis muudavad baariumi kõrgete sisalduste esinemise geokeemiliselt võimalikuks. Samas on hulgaliselt proove, kus nii sulfaatiooni kui ka baariumisisaldused on madalad – veed asuvad barüüdi küllastuspiirist kaugel. Viimane fakt viitab asjaolule, et baarium ei ole pindalaliselt ühtlaselt kättesaadav, mistõttu tuleb baariumi anomaaliale otsida geoloogilist põhjust.



Joonis 5. Baariumi sisaldus sõltuvalt hüdrogeoloogilisest üksusest, baariumi ja sulfaatiooni sisaldus põhjavees ning modelleeritud barüüdi lahustuvuskõver (Karro, Marandi 2003; Marandi et al. 2004).

Vastavalt Eesti aluskorra kivimite geokeemilistele uuringutele on gneissides baariumisisaldus ligikaudu 700 ppm (Klein jt 1983). Suurimad baariumisisaldused (1000 ppm) esinevad silikaatmarmorites, mis levivad Uljaste, Assamalla ja Haljala hüdrotermaalsete pürrotiin-pürriidi

maagistumise tsoonides. Samas adsorbeerivad savimineraalid vesilahuses olevat baariumi ning osa baariumist seotakse ka metallioksiidide ning - hüdroksiidide poolt (Kabata-Pendias, Pendias 1992). Eesti aluskorral lasuv murenemiskoorik, mis koosneb kaoliniidist, illiidist, kloriidist ning montmorilloniidist võib seega käituda murenemisel vabanenud baariumi adsorbendina.

Kuivõrd suurima baariumisisaldusega puurkaevud avavad Gdovi veekihi alumise osa ning mõned neist ka kristalse aluskorra, siis võib pumpamise tulemusena intensiivistuda veevahetus aluskorra kivimites ning murenemiskoorikus. Seega võivad viimased hakata käituma baariumi allikatena. Kuivõrd Kambriumi-Vendi veekompleks on oluline Põhja-Eesti joogivee allikas, siis on soovitatav võimalike baariumist tulenevate terviseriskide vältimiseks kasutada Kambriumi-Vendi veekompleksi ülemist osa avavaid puurkaeve.

### **Radioaktiivsed elemendid keskkonnas**

Keskkonnas levivatest radioaktiivsetest elementidest uuritakse peamiselt raadiumi- ja radoonisaldusi. Mõlemad elemendid on uraani radioaktiivse lagunemise rea elemendid ning radoon on omakorda raadiumi lagunemissaadus. Seega on nimetatud elemendid omavahel seotud ning võib eeldada, et piirkondades, kus on tegemist kõrgete raadiumisisaldustega, võib esineda ka kõrgeid radoonisaldusi. Looduslike radioaktiivsete elementide sisaldus põhjavees sõltub eelkõige nende sisaldusest veekompleksi moodustavates kivimites. Kivimites ja põhjavees esinevate radioaktiivsete ainete vahel esineb dünaamiline tasakaal, mis radioaktiivsete elementide lagunemise ning põhjavee ja kivimite vaheliste protsesside tõttu pidevalt muutub. Nende protsesside toimumine ning kulg sõltub radioaktiivsete elementide füüsikalise-keemilistest omadustest, hulgast ja olekust kivimites, põhjavee keemilisest koostisest ja kivimite litoloogilistest omadustest (Appelo, Postma 1999).

Radioaktiivsete elementide mõju organismidele avaldub eelkõige nende kantserogeenses toimes (Bowman et al. 2003). Vee radionukliididesisalduse väljendamiseks kasutatakse aktiivsuskontsentratsiooni (ühik Bq/l). Radionukliidi aktiivsuse kontsentratsioon vees sõltub mitmetest teguritest, millest olulisemad on veekogumiga kokkupuutuvate pinnasekihtide ja kivimite koostis, vee mineraalide sisaldus ja uuritava elemendi keemilised omadused. Efektiivdoos on kõikides inimese organites või kudedes neeldunud kiirgusenergia summa. Joogiveest saadav aastane oodatav efektiivdoos, mis saadakse kiiritusest (radionukliidide sissesöömine, sissehingamine, väliskiiritus) ühe aasta jooksul (ühik Sv/a), leitakse arvutuste teel. Arvutustes võetakse arvesse radionukliidide aktiivsuse

kontsentratsioon vees, vanusest tulenevat koefitsienti ja aastas tarbitavat veekogust (Kiirguskeskus 2005).

Eestis loetakse ohutuks joogivett, millest saadav oodatav efektiivdoos on väiksem kui 0,1 mSv/a, mis on kehtiva seadusandluse kohaselt määratud ka piirväärtuseks (Joogivee 2001). Eesti kristalse aluskorra kivimites on leitud uraanisisalduse anomaaliaid (Raudsep jt 1993). Aluskorra kivimitel lasuv Kambriumi-Vendi veekompleks on Põhja-Eesti rannikul oluliseks veevarustusallikaks, mistõttu on uraanirea elementidega rikastunud eelkõige just nimetatud veekompleksi põhjavesi. Veekompleksi vett tarbib igapäevaselt ligikaudu 17% elanikkonnast. Paljudes kohtades, eelkõige Harjumaal ja Lääne-Virumaal, tarbitakse joogivett, millest saadav efektiivdoos on seniste uuringute põhjal lubatust tunduvalt kõrgem. Kiirguskeskuse poolt tellitud 2005. aasta uuringus leiti, et lubatust kõrgema radionukliidide sisaldusega vett tarbib ligikaudu 184 000 inimest, mis on 14% Eesti elanikkonnast (Kiirguskeskus 2005). Kambriumi-Vendi põhjavee kõrge radionukliidide sisalduse põhjustab eelkõige kontakt aluskorra kivimitega (Karise 2004).

Kui enamasti annavad suurema osa oodatavast efektiivdoosist vees lahustunud radooni isotoobid, siis Eesti eripäraks on asjaolu, et põhiliseks doositekitajaks põhjavees on raadium. Põhjaveete satub raadium peamiselt ümbritsevatest kivimitest ning tema sisaldus on kõrgem aeglase veevahetusega kihtides, kus raadiumi väljakanne on takistatud. Raadiumi lahustumist mõjutab suuresti mineraalainetesisaldus, olles intensiivseim kõrge mineraalsusega vees. Näiteks Maardu linnas on raadiumi isotoopide sisaldused ulatunud üle 0,5 Bq/l. Sellise joogivee aastane tarbimine põhjustab täiskasvanud inimesele kuni 0,4 mSv suuruse efektiivdoosi (eeldades, et inimene tarvitab aastas u 730 l joogivett), mis ületab tunduvalt Eesti seadusandluses joogiveele kohaldatavat piirväärtust. Kõige kõrgemaid radionukliidide sisaldusi on mõõdetud Kundas. Kõrgemaid radionukliidide väärtuseid on mõõdetud ka Kundas, Kuusalus, Viimsis, Tallinnas, Jõelähtmes, Rakveres ja Kehras (Kiirguskeskus 2005).

Radoon on looduslik värvitu ning lõhnatu radioaktiivne element, mis ei võta osa keemilistest reaktsioonidest, kuid lahustub hästi vees. Tänu oma gaasilisele olekule on ta hea liikuvusega ning teda leidub suuremates või väiksemates kogustes nii pinnases, põhjavees kui ka atmosfääris. Kuna radoon on gaasilises olekus, siis põhjavees teda üldjuhul suurtes kogustes ei leidi. Siiski võib radoon olla migreerunud gaasina läbi pinnase elamutesse, kus selle kontsentratsioon võib ületada lubatud piirmäärasid, mõjutades sellega tervist. Vastavalt Eesti Standardile EVS 839:2003 „Sisekliima“ peab hoonete elu-, puhke- ja tööruumides aasta keskmine radoonisisaldus olema väiksem kui 200 Bq/m<sup>3</sup>. Projekti „Radoon majades“ andmetel jäid radooniohtlikes piirkondades keskmised radoonikontsentratsioonid

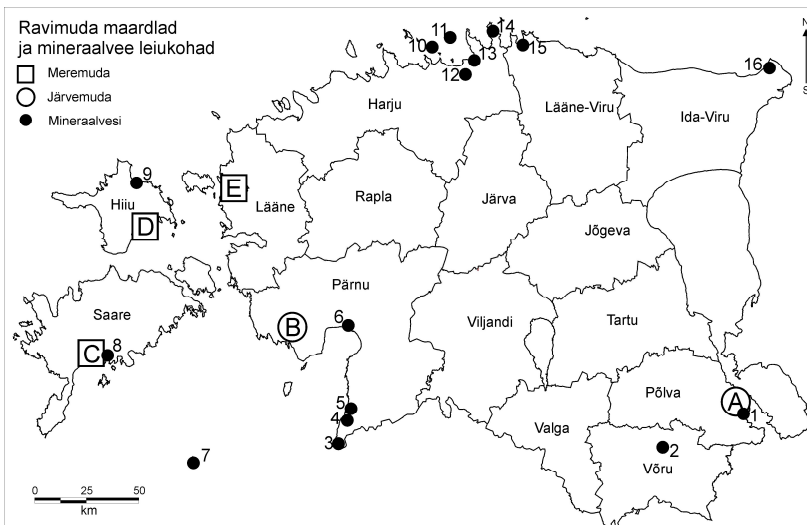
elamutes vahemikku 58–641 Bq/m<sup>3</sup> (va Kunda linn, kus oli keskmiseks 2349 Bq/m<sup>3</sup>), mis põhjustab aastas oodatava efektiivdoosi 1–11,3 mSv (Kundas kuni 41 mSv) (Pahapill ja Rulkov 2004). Väga kõrged radoonitasemed majades on kõige sagedamini seotud uraanirikka diktüoneemakilda avamusaladega Põhja-Eesti klindil. Lõuna-Eesti Devoni liivakivides esineb uraanirikka tumedama savi ja aleuroliidi vahekihte ja läätsi, milles on uraanirikaste mineraalidega rikastunud erimeid. Seega esineb kõrge radoonisisaldusega alasid ka Ida- ja Lõuna-Eestis Devoni kivimite levilal.

### **Mineraalvesi ja ravimuda**

Mineraalvee ja ravimuda ehk peloidide raviomadused on tuntud juba aastatuhandeid ning nende kasutamist raviks peetakse ühtedeks vanimateks raviprotseduurideks. Teadusharu, mis algselt uuris eelkõige mineraalvee, tänapäeval ka ravimuda ja turba raviomadusi, nimetatakse balneoloogiaks (ehk kümbblusraviõpetus). Kuna mineraalvett ja ravimuda esineb laialdaselt, siis on balneoloogilisi teadusuuringuid läbi viidud paljudes riikides.

Mineraalvesi on looduslik põhja- või pinnavesi, mis oma toimelt mõjub inimorganismile soodsalt. Mineraalvesi erineb magedast veest mineraal-, harvem orgaaniliste komponentide, gaaside suurema sisalduse ja mingite füüsikaliste omaduste (kõrgem temperatuur, radioaktiivsus) poolest. Eestis peetakse mineraalveeks põhjavett, milles lahustunud mineraalainete sisaldus on vähemalt 2 g/l (Karise 1997). Suurema kui 4 g/l mineraalainete sisaldusega vett tuleks käsitleda ravi-mineraalveena (Karise jt 2004). Eestis on mineraalvett leitud 16 leiukohas ning välja on eraldatud viis mere- ja järvemudamaardlat (joonis 6).

Eesti kuurortravi traditsiooni alguseks peetakse ravimuda arstlikku kasutuselevõttu 1824. aastal, mil meremuda leiukohas Rootsikülas Saaremaal avati esimene raviasutus, kus raviprotseduure tehti arstliku kontrolli all. Järgmisena rajati kuurortraviasutused 1825. aastal Haapsallu, 1838. aastal Pärnusse, 1840. aastal Kuressaarde ning 1876. aastal Narva-Jõesuusse. Kõik need paigad tegutsevad kuurortitena tänapäevalgi. 1957. aastal loodi Eesti NSV Teaduste Akadeemia Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut, mis oli esimene kurortoloogia-alane teadusasutus Eestis. 1993. aastal nimetati see ümber Kurortoloogia ja Taastusravi Instituudiks, mis 2002. aastast tegutseb Tartu Ülikooli Pärnu Kolledži kurortoloogialaborina. Käesolevaks ajaks on rajatud ka Terviseedenduse ja Rehabilitatsiooni Kompetentsikeskus Tallinna Ülikooli Haapsalu Kolledžisse, mille üks eesmärke on teostada ka ravimuda uuringuid Eestis.



Joonis 6. Mineraalvee ja ravimuda (maardlatena arvele võetud järve- ja meremudad) leiukohad Eestis. Joonisel 1-Värskas, 2-Võru, 3-Ikla, 4-Häädemeeste, 5-Arumetsa, 6-Pärnu, 7-Ruhnu, 8-Kuressaare, 9-Kärdla, 10-Rammu, 11-Põhja-Uhtju, 12-Hirvli, 13-Pudisoo, 14-Pärispea, 15-Käsmu, 16-Narva-Jõesuu, A-Värskas laht, B-Ermistu järv, C-Mullutu-Suurlaht, D-Käina laht, E-Haapsalu laht (Karise 1997; Maa-Ameti maardlate kaardirakendus).

Värskas, mis on Eestis tuntumaid mineraalveeleiukohti, avastati mineraalveed 1967. aastal, saades samas teavet võimaliku ravimuda olemasolu kohta Värskas lahes (joonis 6). 1969. aastal algasid uuringud Värskas lahes, mille tulemusena leiti lahes ravimudalasund. 1971. aastal tunnistati Värskas ümbrus kohaliku tähtsusega kuurordiks ning sellega sai alguse Värskas sanatooriumi rajamine. Värskas sanatooriumi omapära seisnebki eelkõige järvemuda ehk sapropeeli kasutamises, mida pumbatakse naabruses olevast Värskas lahe ravimudamaardlast. Värskas lahe ravimuda on orgaaniliste ainete poolest rikkam kui meremuda ja sisaldab rohkelt väärvesinikku. Ainsana Eestis kasutatakse Värskas sanatooriumis raviprotseduurides kohalikku, sanatooriumile kuuluvate puurkaevudega ammutatavat, mineraalvett. Lauta-, ravi- ja ravi-vanniveena tuntud Värskas mineraalvesi pärineb mitmest põhjaveekihi (tabel 1).

Tabel 1. Värska mineraalvee leiukohad (Karise 1997; Karise jt 2004).

Veekompleks ja veekiht	Leiukoha sügavus	Vee keemiline tüüp	Mineraalainete sisaldus
Kesk-Alam-Devoni veekompleks (D <sub>2-1</sub> ), Pärnu veekiht	259–314 m	SO <sub>4</sub> -Cl-Ca-Na	4.6 g/l
Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleks (O-Ca)	451–500 m	Cl-Na-Ca	2.0–2.2 g/l
Kambriumi-Vendi veekompleks (Ca-V), Voronka veekiht	520–535 m	Cl-Na-Ca	5.6–6.0 g/l
Kambriumi-Vendi veekompleks (Ca-V), Gdovi veekiht	575–595 m	Cl-Na-Ca	15.0–19.0 g/l

Mineraalvee ja ravimuda ravitoime sõltub peamiselt nende keemilisest koostisest. Kõige ülemise, Kesk-Alam-Devoni veekompleksi mineraalvesi on SO<sub>4</sub>-Cl-Ca-Na-tüüpi mineraalainetesisaldusega üle 4 g/l. Sellest sügavamal asuva kloriidset keemilist tüüpi Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi mineraalvesi on madalama soolusega – mineraalainete sisaldus ulatub veidi üle 2 grammi liitri kohta. Mõlema veekompleksi vett kasutatakse soolakadu kompenseeriva joogiveena. Kambriumi-Vendi veekompleksi Voronka veekihi mineraalvesi on eelmistest kõrgema mineraalainetesisaldusega (kuni 6 g/l) ning seda iseloomustab ka kõrgeenenud broomi- ja joodikontsentratsioon. Värska sanatooriumis kasutatakse seda vett mao, kaksteistsõrmiku ja sapiteede haiguste raviks. Kõige sügavamalt pärit Kambriumi-Vendi veekompleksi Gdovi veekihi mineraalvees ulatub mineraalainete sisaldus 19 g/l. Mikrokomponentidest väärib märkimist broomi (56 mg/l) ja boori (27 mg/l) kõrge sisaldus. Vett tarvitatakse sanatooriumis vanniveena närvisüsteemi, luu- ja lihassüsteemi, naha- ja teiste haiguste raviks (Põldvere 2003). Mineraalvett lisatakse tihti peale raviprotseduurides ravimudale. Ravimudad sisaldavad lisaks mineraalainetele ka orgaanilisi ühendeid. Oma koostise tõttu mahutab muda palju soojust ja hoiab seda kaua. Soojuse toimel veresooned laienevad, nende läbilaskvus ning verevarustus paraneb, mis aitab mudas sisalduvatel toimeainetel paremini imenduda. Orgaaniliste ühendite üheks põhikomponendiks on humiinhapped, mis aeglustavad liigeste kulumise kulgu, vähendavad reumaatiliste põletike aktiivsust ja kiirendavad tursete alanemist. Lisaks standardsetele veekeskuse teenustele pakutakse



sanatooriumi veekeskuses ka Väraska mineraalveel põhinevaid tervise- ja lõõgastusprotseduure.

### Kasutatud kirjandus

- Appelo C. A. J., Postma D. 1999. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema, Rotterdam, 536 lk.
- Ball J. W., Nordstrom D. K. 1991. WATEQ4F – User’s manual with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters. USGS Open- File Report 90–129, 185 lk.
- Bowman C. A., Bobrowsky P. T., Selinus O. 2003. Medical geology: new relevance in the earth sciences. *Episodes* 26 (4), lk 270–278.
- Bunnell J. E., Finkelman R. B., Centeno J. A., Selinus O. 2007. Medical Geology: a globally emerging discipline. *Geologica Acta* 5 (3), lk 273–281.
- Centeno J. A. 2008. Editorial – Introducing a special theme issue on medical geology. *Journal of Environmental Monitoring* 10, lk 1391–1393.
- Council directive 98/83/EC - on the quality of water intended for human consumption. Official Journal L 330, 05/12/1998 P. 0032-0054.
- EPA. 1995. Contaminant Specific Fact Sheets. Inorganic Chemicals - Consumer Version. National Primary Drinking Water Regulations. EPA 811-F-95-002-C, October 1995.
- Gomes C. S. F., Silva J. B. P. 2007. Minerals and clay minerals in medical geology. *Applied Clay Science* 36, lk 4–21.
- Hem J. 1985. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254: 263.
- Indermitte E. 2010. *Exposure to fluorides in drinking water and dental fluorosis risk among the population of Estonia*. Dissertationes Geographicae Universitatis Tartuensis 41, Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 136 lk.
- Indermitte E., Saava A. 2006. Fluor joogivees, selle võimalikud tervisemõjud. *Eesti Arst* 85 (1), lk 26–31.
- Joogivee kvaliteedi-ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid. 2001. SOMm RTL 100, 1369.
- Joogivesi. Üldnõuded. Eesti standard. EVS 663:1995. Eesti Standardiamet.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1992. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Inc. Boca Raton, 365 lk.
- Karise V. 1997. Composition and properties of groundwater under natural conditions. Raukas A. ja Teedumäe A. (toim) *Geology and mineral resources of Estonia*. Tallinn, Estonian Academy Publishers, lk 152–156.
- Karise V., Metsur M., Perens R., Savitskaja L. ja Tamm I. 2004. *Eesti põhjavee kasutamise ja kaitse*. Tallinn, lk 14–21.
- Karro E., Marandi A., Vaikmäe R., Uppin M. 2009. Chemical peculiarities of the Silurian-Ordovician and Cambrian-Vendian aquifer systems in Estonia: an overview of hydrochemical studies. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58, lk 342–352.

- Karro E., Marandi A. 2003. Mapping of potentially hazardous elements in Cambrian-Vendian aquifer system, northern Estonia. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 75, lk 17–27.
- Karro E., Uppin M. 2013. The occurrence and hydrochemistry of fluoride and boron in carbonate aquifer system, central and western Estonia. *Environmental Monitoring and Assessment* 185 (5), lk 3735–3748.
- Kiirguskeskus. 2005. *Joogivee radioaktiivsusest põhjustatud terviseriski hinnang*. Tallinn.
- Klein V., Kivisilla J., Koppelmaa H. 1983. Aruanne mineraal-petroloogilistest uurimustest Põhja-Eesti metamorfsetes kompleksides, alamproterosoikum. Aruanne nr 3982. EGK fond. Keila, 204 lk.
- Kunesh C. J. 1978. Barium. Grayson M. ja Eckroth D. (toim) *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. Vol. 3, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, lk 457–463.
- Maa-amet. Maardlate kaardirakendus. <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGIS> (18.09.2015)
- Marandi A., Karro E., Puura E. 2004. Barium anomaly in the Cambrian-Vendian aquifer system in North Estonia. *Environmental Geology* 47, lk 132–139.
- Mokrik R., Karro E., Savitskaja L., Drevaliene G. 2009. The origin of barium in the Cambrian-Vendian aquifer system, North Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58(3) lk 193–208.
- Pahapill L., Rulkov A. 2004. *Maapõue programmi projekti Radoon majades aruanne*. Tallinn. 19 lk.
- Pöldvere, A. 2003. Kagu-Eesti rikas põu. *Eesti Loodus* 7/8, lk 10–17.
- Raudsep R., Räägel V., Savitskaja L., Orru M., Kattai V. 1993. *Eesti maapõuerikkusi*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 64 lk.
- Selinus O. 2004. Medical Geology: an emerging speciality. *TERRAE* 1 (1), lk 8–15.
- Tamm I. 1998. Kirde-Eesti ja Kunda Kambriumi-Vendi põhjavee raskemetallide seire aastatel 1996–1998. Maves, Tallinn.
- Uppin M., Karro E. 2012. Geological sources of boron and fluoride anomalies in Silurian-Ordovician aquifer system, Estonia. *Environmental Earth Sciences* 65(4), lk 1147–1156.
- Uppin M., Karro E. 2013. Determination of boron and fluoride sources in groundwater: batch dissolution of carbonate rocks in water. *Geochemical Journal* 47, lk 525–535.
- WHO 2004. Barium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO 2008. *Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed.* World Health Organisation, Geneva, Switzerland.

---

Marge Uppin (marge@steiger.ee) – OÜ Inseneribüroo STEIGER, Männiku tee 104, 11216 Tallinn.

Enn Karro (enn.karro@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu

## **Kesk-Devoni veekompleksi looduslikult kõrge raua sisaldus – Lõuna-Eesti joogivee peamine kvaliteediprobleem**

*Mariina Hiiob, Enn Karro, Marge Uppin*

Joogivee kvaliteet on üheks inimese tervist mõjutavaks teguriks, mistõttu on väga oluline, et see vastaks seatud nõuetele. Mõne keemilise näitaja vähesus või üleküllus joogiks kasutatavas vees võib häirida oluliste füsioloogiliste protsesside kulgemist ja seeläbi põhjustada erinevaid haigusi. Näiteks pikaajaline kõrge rauasisaldusega joogivee tarbimine võib organismis luua positiivse rauabilansi ning seeläbi põhjustada oksüdatiivset stressi (Rehema et al. 1998).

Enamus Eestis tarbitavast joogiveest on pärit settekivimitest, kuid mõnede piirkondade põhjavesi ei vasta geoloogilistest ja hüdrogeoloogilistest tingimustest tingituna joogiveele seatud nõuetele. Peamiselt lubjakivist ja dolokivist koosneva Siluri-Ordoviitsiumi veekompleksi vees on kõrged fluoriidi ja boori sisaldused (Karro, Uppin 2013). Sügaval paikneva terrigeense Kambriumi-Vendi veekompleksi põhjavees esineb piirkonniti aga looduslikult kõrgeid radionukleiidide kontsentratsioone (Forte et al. 2010).

Lõuna-Eestis kasutatakse joogiveena peamiselt Kesk-Devoni (D<sub>2</sub>) liivakivides paiknevat põhjavett, mille kõige suuremaks kvaliteediprobleemiks on looduslikult kõrge rauasisaldus. Euroopa Liidu joogivee direktiivi 98/83/EC (Council directive 1998) ja meie siseriiklike õigusnormide kohaselt (Joogivee 2001) ei tohi tarbija kraanivees raua sisaldus olla kõrgem kui 0.2 mg/l.

Viimase kümne aasta jooksul on märkimisväärselt investeeritud Lõuna-Eesti veehaarete rauaärastusseadmetesse, kuid siiski ei vasta ligikaudu 19% veevõrkidest raua osas joogiveele kehtestatud nõuetele (Hiiob et al. 2014). Näiteks aastatel 2008-2013 suunati läbi Eesti Keskkonnainvesteeringute Keskuse veepuhastusse (sh rauaärastus) ligikaudu 63 000 eurot.

Käesolev artikkel annab ülevaate raua levikust, looduslikest kontsentratsioonidest ning neid mõjutavatest teguritest Kesk-Devoni veekompleksis.

## Devoni ladestu hüdrokeoloogiline ehitus

Lõuna-Eesti hüdrokeoloogiline läbilõige algab Kvaternaari veekompleksiga, millele järgnevad Ülem-Devoni, Kesk-Devoni, Kesk-Alam-Devoni-Siluri, Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi veekompleksid. Hüdrostratigraafilised üksused erinevad üksteistest leviku ulatuse, hüdrauliliste parameetrite ning põhjavee keemilise koostise poolest.

Kvaternaari setetes paiknev põhjavesi on Lõuna-Eesti eramajapidamiste peamiseks veeallikaks, kuid seda kasutatakse Meltsiveski veehaarde abil ka Tartu linna veevarustuses. Sügavamal lasuvad Kesk-Alam-Devoni-Siluri ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksid leiavad valdavalt kasutamist suuremates asulates. Enamus piirkonna veetarbijatest aga tuginevad Devoni ladestu (tabel 1) kivimites paiknevatele veevarudele.

Ülem-Devoni veekompleksi ( $D_3$ ), mis levib vaid 500 km<sup>2</sup> alal Eesti kagunurgas, moodustavad karstunud ja lõhelised dolokivid ja dolomiidistunud lubjakivid paksusega 17–25 m. Kuna Ülem-Devoni ladestiku kivimid levivad väga piiratud alal, kasutatakse veekompleksi joogivee allikana vaid vähesel määral.  $D_3$  lasub Snetnaja Gora-Amata veepidemel (tabel 1).

Kesk-Devoni veekompleks ( $D_2$ ) levib kogu Lõuna-Eestis (LISA joonis 1) ja on seetõttu piirkonna üheks olulisemaks joogivee allikaks. Veekompleksi moodustavad Gauja, Burtnieki ja Aruküla lademete liivakivid ja aleuroliidid, milledes esineb savikamaid vahekihte ja läätsi. Veekompleksi paksus kasvab Devoni ladestu avamuse põhjapiirilt lõuna suunas ning ulatub Kagu-Eestis 250 meetrini. Põhjavesi on veekompleksis survealine ning selle piesomeetriline tase varieerub 40 meetrist 140 meetrini (LISA joonis 1). Veekompleksi moodustavate kivimite veejuhtivus jääb vahemikku 1–3 m/ööp. Põhjavesi on keemiliselt koostiselt peamiselt  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  tüüpi, kus lahustunud osakeste sisaldus on valdavalt 0.2–0.6 mg/l (Perens, Vallner 1997).

Kesk-Alam-Devoni ( $D_{2-1}$ ) põhjaveekompleksi vettandvad kivimid koosnevad peeneteralistest nõrgalt tsementeerunud liivakividest ja aleuroliitidest ning seda eraldab Kesk-Devoni veekompleksist Narva veepide (tabel 1).

Tabel 1. Devoni ladestu jagunemine hüdrostratigraafilisteks üksusteks (Perens ja Vallner 1997 põhjal).

Lade	Ladestik	Veekompleks	Veepide
Devon (D)	Daugava	Ülem-Devoni (D <sub>3</sub> )	
	Dubniki		
	Plavinas		
	Amata		Snetnaja Gora-Amata (D <sub>3sn</sub> -D <sub>2am</sub> )
	Gauja	Kesk-Devoni (D <sub>2</sub> )	
	Burtnieki		
	Aruküla		
	Narva		Narva (D <sub>2nr</sub> )
	Pärnu	Kesk-Alam-Devoni (D <sub>2-1</sub> )	
	Rezekne		
	Tilže		

### Põhjavee looduslikult kõrge raua sisaldus ja seda mõjutavad tegurid

Lõuna-Eesti joogivee kvaliteedi peamiseks probleemiks on raua, vesiniksulfiidi (H<sub>2</sub>S) ja mangaani kõrged kontsentratsioonid. Ehedal kujul eksisteerib rauda looduses väga piiratult, kuna raud moodustab kergesti erinevaid hapnikku ja väävlit sisaldavaid ühendeid: oksiide, hüdroksiide, karbonaate ja sulfaate. Looduses võib rauda leida peamiselt oksiidsel kujul (Ponka et al. 2007). Peamiseks looduslikuks raua allikaks põhjavees on rauda sisaldavate mineraalide nagu magnetiidi, püriidi, sideriidi, amfiboolide, pürokseenide, oliivini, biotiidi, glaukoniidi ja smektiidi lahustumine või siis hematiti (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), götiidi (FeO(OH)) või amorfse Fe(OH)<sub>3</sub> redutseerumine (Hem 1985, Appelo, Postma 2005). See, millisel kujul ning millise oksüdatsiooniastmega raud põhjavees esineb, sõltub suuresti valitsevast hapnikurežiimist. Viimane on omakorda seotud mitmete keskkonnateguritega, olles mõjutatud nii vettkandvate kivimite tüübist ja

struktuurist, vee keemilisest koostisest, rauabakterite olemasolust vees kui ka põhjavee dünaamikast.

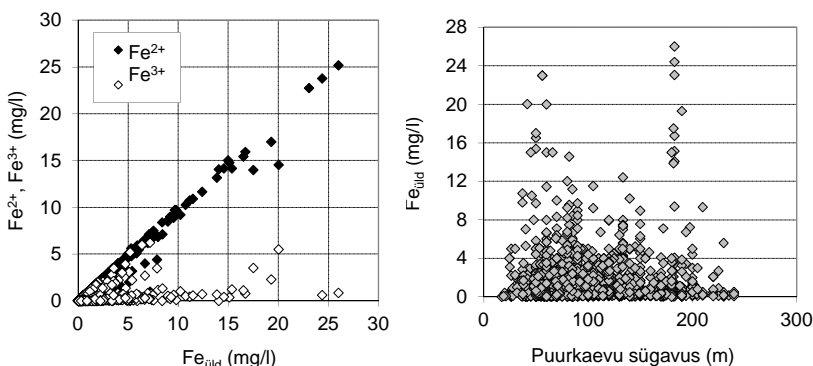
Põhjavee keemilise koostise seire andmebaasi haldab Eestis Keskkonnaagentuur. Aastakümnete jooksul on Kesk-Devoni veekompleksi puurkaevudest teostatud üle 4000 põhjavee keemilise analüüsi. Olenevalt analüüsi eesmärgist, on uuritud keemiliste parameetrite spekter olnud väga varieeruv. Näiteks üldraua ( $Fe_{\text{üld}}$ ) sisaldusi on määratud ligikaudu 2500 korral, eraldi kahe- ja kolmevalentse raua määranguid on aga tunduvalt piiratumalt – 650 tulemust. Samas on andmestik piisavalt esinduslik ning proovipunktide jaotus kaardipildis (LISA joonis 2) üsnagi tihe, et iseloomustada raua hüdrokeemilist käitumist veekompleksis tervikuna.

Seireandmete alusel kõigub Kesk-Devoni veekompleksi üldraua sisaldus 0–26 mg/l. 2500 üldraua määrangu aritmeetiline keskmine on 1.47 mg/l ning mediaanväärtus 0.64 mg/l. Proove, milles üldraua kontsentratsioon on >2 mg/l, esineb 480. Arvestades tõsiasja, et vastavalt joogivee kvaliteedinõuetele peab tarbijani jõudvas vees olema üldraua sisaldus kuni 0.2 mg/l, viitavad eelpool esitatud andmed uuritud veekompleksi märkimisväärsele looduslikule rauarikkusele.

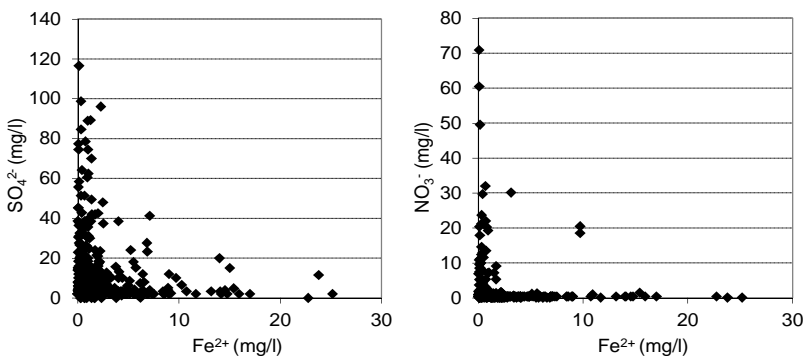
Kuigi üldraua ülenormatiivsed kontsentratsioonid esinevad kogu Kesk-Devoni veekompleksi levikualal (LISA joonis 2), võib raua esinemises leida piirkonniti teatud erisusi ning seaduspärasusi. Põhjavee keemilise koostise, maapinna reljeefiandmete ning veekompleksi hüdroisopieside e. samasurvejoonte kõrvutamine näitab, et kõrged raua kontsentratsioonid ühtivad topograafiliselt madalamate aladega. Näiteks esinevad kõrged raua sisaldused Põlva maakonnas Pepsi madalikul ehk piirkonnas, mis on veekompleksi põhjaveele väljavoolualaks. Madalama raua kontsentratsiooniga piirkonnad aga ühtivad kõrgustikega (Otepää, Haanja), mis on põhjavee toitealadeks. Seega eksisteerib veekompleksis ootuspärane hüdrokeemiline tendents – pikal filtratsiooniteekonnal toitealalt väljavooluala suunas rikastub põhjavesi keemiliste elementidega, antud juhul rauaga. Esialgne ja väga üldine andmete analüüs näitab ka seda, et Lõuna-Eestis levivate sügavate ja Kvaternaari setetega täidetud ürgorgude piirkonnas esinevad madalamad üldraua kontsentratsioonid, mille põhjuseks on rauarikka Kesk-Devoni ja rauavaese Kvaternaari veekompleksi põhjavete segunemine.

Lõuna-Eestis on Devoni ladestu kivimid piirkonniti kaetud paksu Kvaternaari setete kihiga. Vesi, infiltreerudes läbi savika ja paksu settekihi, muutub hapnikuvaeseks ning oksüdeerivad tingimused asenduvad sügavuse ning filtratsiooniteekonna kasvades järjest enam redutseerivate tingimustega. Selle tulemusena suureneb põhjavees kahevalentse raua ( $Fe^{2+}$ ) ning väheneb kolmevalentse raua ( $Fe^{3+}$ ) osakaal. Analüüsitulemused näitavad, et kõrged  $Fe_{\text{üld}}$  väärtused Kesk-Devoni veekompleksi vees on

peamiselt seotud kõrgete  $\text{Fe}^{2+}$  sisaldustega (joonis 3), mis omakorda kinnitavad, et Kesk-Devoni veekompleksis domineerivad redutseerivad tingimused. Kahevalentse rauda sisaldused on pöördvõrdelises seoses hapnikku sisaldavate anioonide ( $\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{NO}_3^-$ ) kontsentratsioonidega põhjavees (joonis 4). Viimased, eriti  $\text{NO}_3^-$ , on iseloomulikud aeroobsele keskkonnale ning kõrged  $\text{NO}_3^-$  sisaldused esinevad eelkõige põhjavee toitealadele jäävates madalates puurkaevudes.



Joonis 3. Kahe- ja kolmevalentse rauda osakaal üldraua kontsentratsioonis ja üldraua sisalduse sõltuvus puurkaevu sügavusest.



Joonis 4. Kahevalentse rauda ning sulfaat- ja nitraatiooni sisalduste vaheline seos.

Sügavuse kasvades lahustunud ainete kontsentratsioon põhjavees reeglina kasvab, sest veevahetus aeglustub ning pikeneb vee viibeaeg kivimis. Anaeroobses põhjavees, kus raud esineb  $\text{Fe}^{2+}$  kujul, jäävad selle sisaldused tavaliselt vahemikku 0.5–10 mg/l, kuid esineb ka

konsentratsioone kuni 50 mg/l (Hem 1985). Samas, puurkaevu konstruktsiooni ja keemilise andmestiku võrdlus ei näita ühest seost puurkaevu sügavuse ning põhjavee rauasisalduse vahel (joonis 3). Kõrgeid raua konsentratsioone leidub kogu kuni 250 m paksuse Kesk-Devoni veekompleksi ulatuses. Raua hüdrokeemilise käitumise ja leviku detailsemaks selgitamiseks tuleks edaspidistes uuringutes süveneda filtratsiooni teel aset leidvatesse muutustesse, võttes arvesse uuritud puurkaevude sügavusi, avatud intervalle ja neisse jäävate kivimite mineraloogilist ning keemilist koostist, põhjavee keemilist koostist ja tüüpi ning põhjavee liikumisteedkonnal aset leidvaid geokeemilisi protsesse.

### Tänuõnad

Autorid tänavad Keskkonnaagentuuri seireandmete eest. Raua hüdrokeemilisi uuringuid toetab Eesti Teadusfondi grant 9172.

### Kasutatud kirjandus

- Appelo C. A. J., Postma D. 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, Balkema, Rotterdam, 649 lk.
- Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Communities*, L 330, 05/12/1998, lk 0032-0054, 1998.
- Forte M., Bagnato L., Caldognetto E., Risica S., Trotti F., Rusconi R. 2010. Radium isotopes in Estonian groundwater: measurements, analytical correlations, population dose and a proposal for a monitoring strategy. *Journal of Radiological Protection* 30(4): lk 761–780.
- Hem J. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters, U.S. *Geological Survey Water-Supply Paper* 2254, 263 lk.
- Hiiob M., Karro E., Uppin M., Marandi A. 2014. Naturally iron-rich groundwater in south-eastern Estonia: Problem related to the fulfilling the drinking water quality requirements. *14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2014), Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd*, lk 487–494.
- Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid. 2001. SOMm RTL 100, 1369.
- Karro E., Uppin M. 2013. The occurrence and hydrochemistry of fluoride and boron in carbonate aquifer system, central and western Estonia. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(5): lk 3735–3748.
- Marandi A. 2010. Põhjavesi Eestis ja Tallinna ümbruses. Rmt.: Soesoo A. ja Aaloe A. (toim) *Tallinna Geoloogia*, Tallinna Raamatutrükikoda, lk 40–55.
- Perens R., Vallner L. 1997. Water-bearing formation. In: *Geology and Mineral Resources of Estonia*, Estonian Academy Publishers, Tallinn, lk 137–145.



- Ponka P., Tenenbein, M., Eaton, J. W. 2007. Iron. *In: Handbook on the Toxicology of Metals*, Elsevier, Amsterdam, lk 577–598.
- Raukas A., Teedumäe A. 1997. Geology and mineral resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 436 lk.
- Rehema A., Zilmer M., Zilmer K., Kullisaar T., Vihalemm T. 1998. Could long-term alimentary iron overload have an impact on the parameters of oxidative stress? A study on the basis of a village in South Estonia. *Annals of Nutrition & Metabolism* 42, lk 40–43.

---

*Mariina Hiiob (mariina.hiiob@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

*Enn Karro (enn.karro@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

*Marge Uppin (marge@steiger.ee) – OÜ Inseneribüroo STEIGER, Männiku tee 104, 11216 Tallinn.*

## JÄRELSÕNA

### *Tõnu Pani*

Sellest, mis oli enne algust ehk ärajäänud algus...

Eesti /institutsionaalse/ geoloogia alguseks peame Tartu ülikooli mineraloogiaprofessori asutamist 1820. aastal ja Otto Moritz Ludvig von Engelhardt (1779–1842) asumist sellele kohale. Kõik, millest käesolevas kogumikus juttu, on ühel või teisel moel sellega seotud.

Mis oli enne algust? Mis toimus mujal?

1798. aasta Vene keisri ukaas: Kõik Vene impeeriumist pärinevad üliõpilased peavad välismaalt tagasi pöörduma – kardeti Prantsuse revolutsiooni ideede levikut. Samal ajal käisid ettevalmistused ülikooli avamiseks Balti provintssides. Lõpliku valiku jaoks jäid konkureerima Dorpat/Tartu ja Mitau/Jelgava – Senat tegi otsuse Tartu kasuks.

4. mail 1799 Paul I poolt kinnitatud Protestantliku Dorpati ülikooli plaanis oli filosoofiateaduskonnas ette nähtud loodusteaduste professor ja temale alluv Looduskabinet/muuseum/. Avatava ülikooli töö korraldamisega tegeles Balti provintside aadelkondade esindajatest koosnev kuratoorium. Paul I sai Liivi- ja Eestimaa kindralkuberner L. von Nagelli kaudu teada kavatsusest kutsuda avatavale ülikoolile professoreid välismaalt. 11. augustil 1800 andis ta Gattšinast teada, et „... ei näe vajadust saata kedagi kuratooriumi liikmetest välismaalt professoreid otsima... aitab nendest (õpetlastest), kes Venemaal asuvad...“

24. veebruaril 1802 määrati Saksamaal õppinud Gottfried Albrecht Germann (1773-1809) Volmarist/Valmiera kuratooriumi poolt loodusteaduste professoriks. On selge, et Germann arvestas professorikohta vastu võttes, et peab õpetama ka geoloogiat/mineraloogiat. 1802. a. Tartus Kuratooriumi poolt trükitud, aga ametlikult kinnitamata statuudis (Statuten der Kayserlichen Universität zu Dorpat nach Anleitung des am 4. May Allerhöchst confirmirten Planes, Dorpat 1802) nimetati seda professori „*der Naturgeschichte überhaupt, Botanik und Mineralogie insbesondere und der Technologie*“. Ametlikus, keisri poolt 12. septembril 1803 kinnitatud (ja tagasiulatavalt alates 23. aprillist 1802 kehtivas Põhikirjas (Statuten der Kaiserlichen Universität zu Dorpat, 1803) aga „*der Naturgeschichte überhaupt und der Botanik insbesondere*“. Seega oli professori nimetusest kadunud mineraloogia ja Germanni surma järel loodusteaduste professoriks saanud C. C. Ledebour enam mineraloogia õpetamisest huvitatud ei olnud.

Üldise loodusteaduse ja eriti botaanika professor G. A. Germann kuulutas 1802. aasta sügisel välja mineraloogialoengud (3 tundi nädalas) ja 1803. aastast 6 tundi nädalas, aga Eesti institutsionaalse geoloogia sünnini jäi oodata veel kaheksateist aastat.

Esimene kollektsioon uue loodusmuuseumi jaoks – Suurvürst Konstantin Pavlovitši kingitus – jõudis Tartusse 25. märtsil 1802 ja seda võibki pidada muuseumi alguseks. Kogude korrashoiuks võeti ametisse E. M. Ulprecht (töötas muuseumis 1804–1813)

Loodusmuuseumi külastamiseks tuli algul pöörduda professor Germanni poole, lisaks avati loodusmuuseum kõigi huviliste jaoks 1807. aasta sügisest kõigil kolmapäevadel ja laupäevadel kella 2–4.

1820. aastal, kui koos mineraloogiaprofessuuri loomisega eraldati Loodusmuuseumist iseseisev Mineraloogiakabinet/muuseum – oli geoloogiliste kogude suurus 3356 säilikut (koos dublettidega ca 4700).

Geoloogia tänapäevase sisuga mõistena võttis kasutusele Saussure 1779. aastal, kuigi sõna ise oli tunduvalt vanem. Tänapäevane geoloogia tekkis 18. saj lõpul – 19. saj algul. Geoloogia ajaloos on nimetatud perioodi ca 1790 – 1820+ ka Kangelaslikuks ajastuks (*Heroic Age*). Paljud nimed on olulised, kuid teistest sagedamini tõstetakse geoloogia rajajate – „geoloogia isade“ hulgas esile Nicolaus Stenoniuse (1638–1686), Georges-Louis Leclerci, hiljem Comte de Buffoni (1707–1788), James Huttoni (1726–1797), Abraham Gottlob Werneri (1749–1817), William Smithi (1769–1839), Georges Cuvier’ (1769–1832) nimesid. Kangelaslikku ajastut iseloomustavad suuremad üldistused, kaugvaated – nii mõnedki piirkonnad olid geoloogiliste huvidega loodusteadlaste poolt nägemata. Järgnevaid perioode aga juba täpsem ja aeganõudvam süvenemine. Neid on võrreldud ka kui vaatamist pikksilmaga ja mikroskoobiga. Varasematest geoloogiaalastest uurimistest suur osa, kui mitte enamus, oli tehtud mitte teadusasutuste/ülikoolide töötajate poolt – geoloogia-institutsioone oli veel väga vähe. Geoloogia/mineraloogia õppetoolide asutamine ülikoolides sai suurema hoo just sellel Kangelaslikul ajastul. Ka meie esimese mineraloogiaprofessori, Werneri üliõpilase Moritz von Engelhardti tegevusest ja ilmunud töödest umbes pool on iseloomulikud just Kangelaslikule ajastule. Kui Engelhardti seosed Tartu Ülikooliga ühte lausesse kokku võtta, siis kuratooriumi liikmena oli ta tegelenud ülikooli avamisega, seejärel kuulus füüsika ja keemia loenguid, 1815 sai audoktoriks, vabatahtliku tööna aitas korrastada mineraloogilisi/geoloogilisi kogusid ja 1820 sai esimeseks mineraloogiaprofessoriks.

Londoni Geoloogiaseltsi president, prof W. Whewell (1794–1866) on oma kõnes seltsi aastapäevakoosolekul 15. veebruaril 1839 öelnud:

„... I consider the eminent men by whom I am surrounded as the Heroic Age of geology. They have slain its monsters, and cleared its wildernesses, and founded here and there a great metropolis, the queen of future empires. They have exerted combinations of talents which we cannot hope to see often again exhibited, especially, when the condition of the science which produced them is changed. I consider that it is now the destiny of geology to pass from the heroic to the Historical Period. She can no longer look for supernatural successes, but she is entering upon a career, I trust a long and prosperous one, in which she must carry her vigilance into every province of her territory, and extend her dominion over the earth, till it becomes, far more truly than any before, an universal empire.“

---

*Tõnu Pani (tonu.pani@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu*

Märkused

LISAD

M. Kohv *Raamatud, kuld ja inimesed.*



Foto 1. Hang seletab tudengile (foto: M. Kohv)



Foto 1. Mälestus kursuse kokkutulekult 1986 Tallinnas. Viisik ees on (vasakult) Ira Kajak, Selma Nugis, taga Evi Voolma ja Hedi Maaring, keskel Evaldi abikaasa Ludviga Sammet, tagareas Dimitri Kaljo, Kalju Kajak, Evald Sammet ja Olev Sööt. (foto: Jüri Maaring)



E. Mark-Kurik *Kolleegi kadumine.*



Foto 1. Peep Männik (paremal) ja Anatoli Hapilin 1979. a. Sredni saarel Severnaja Zemlja saarestikus.



Foto 2. Elga Mark-Kurik Severnaja Zemljal.



Foto 1. Radiosüsiniiku labori koosseis 1980ndatel. Tagareas, vasakult paremale on Helle Mäemets, Toivo Rinne, Arvi Liiva, Sirje Õunmaa ja Epp Loot. Ees istub Evald Iives.



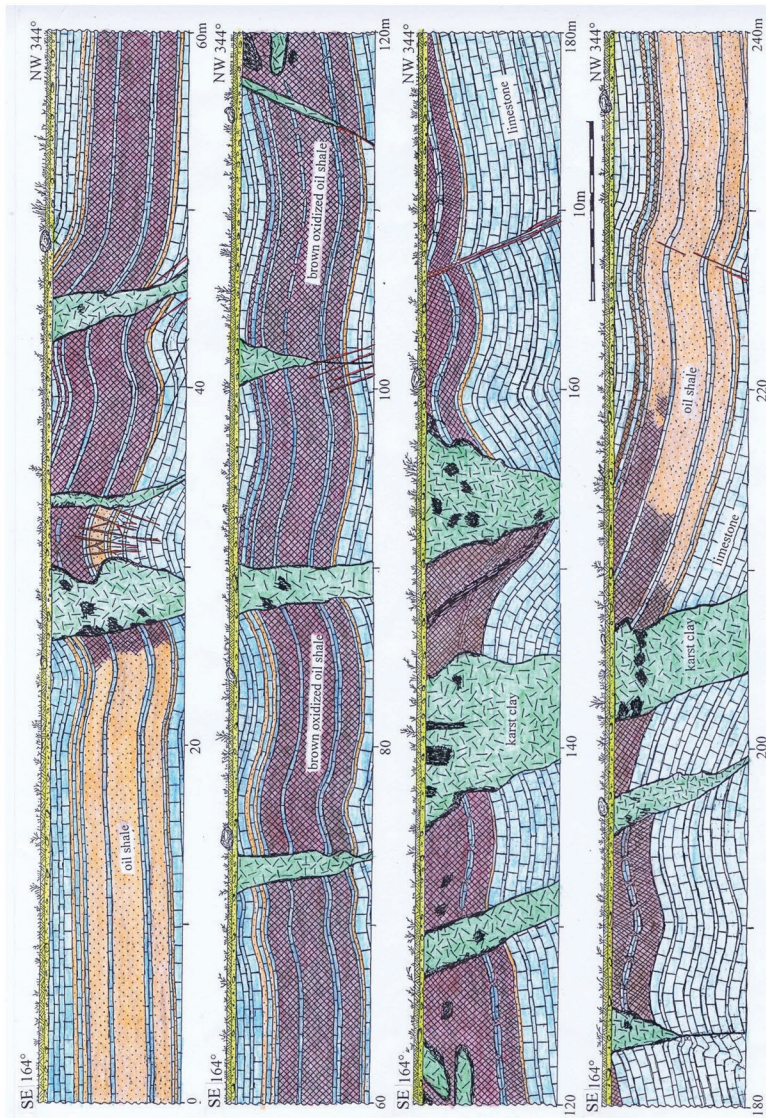
T. Talvi *Kuusnõmme bioloogiajaam...*



Foto 1. Kuusnõmme bioloogiajaamaga enam seotud Tartu Ülikooli geoloogid Armin Õpik (vasakult esimene), Hendrik Bekker (vasakult kolmas), Artur Luha (paremalt esimene) ja Karl Orviku (paremalt teine). Foto tehtud 1922–1924, autor teadmata. TÜ geoloogiamuuseumi fotokogu.



Foto 2. Geoloogiline puurimine Kuusnõmme lähedal Vesiku ojal. Foto tehtud 1927–1928, autor A. Luha. TÜ geoloogiamuuseumi fotokogu.



Joonis 2. Sonda tektoonilise rikke läbilõige Põhja-Kiviõli karjääris 2007.a. Koostas Ü.Sõstra.



Ü. Sõstra *Uusi andmeid Baltika mandri...*

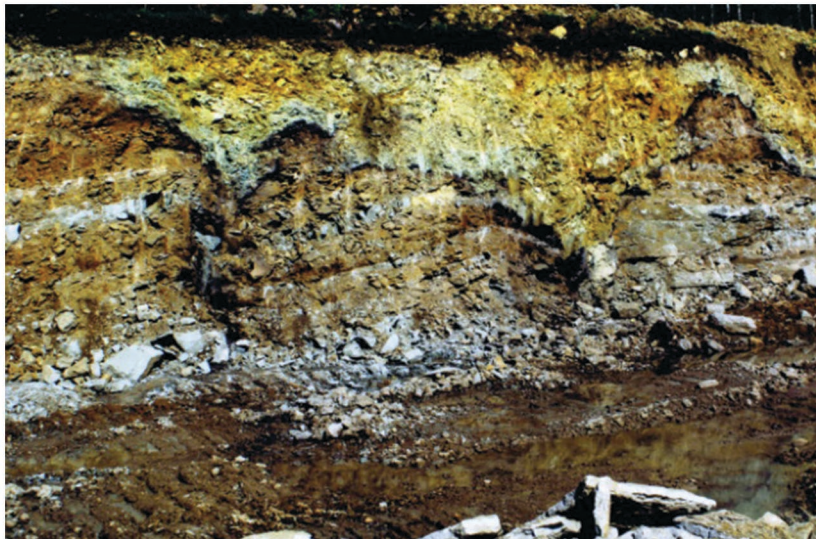
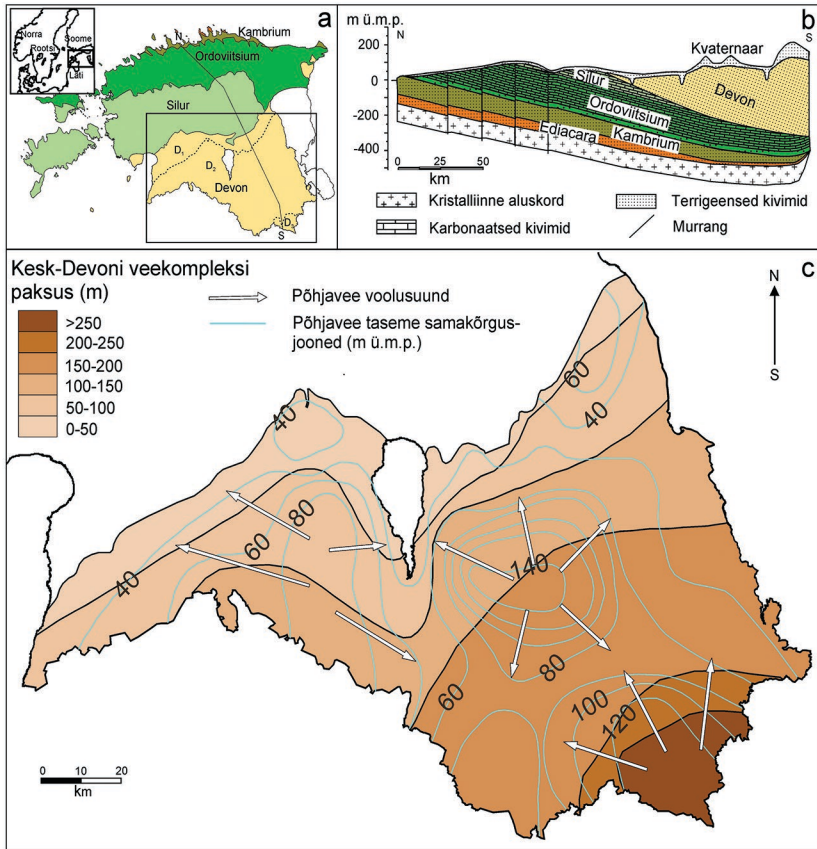


Foto 5. Antiklinaal Põhja-Kiviõli karjääri seinas, murrangute ja karstiga.

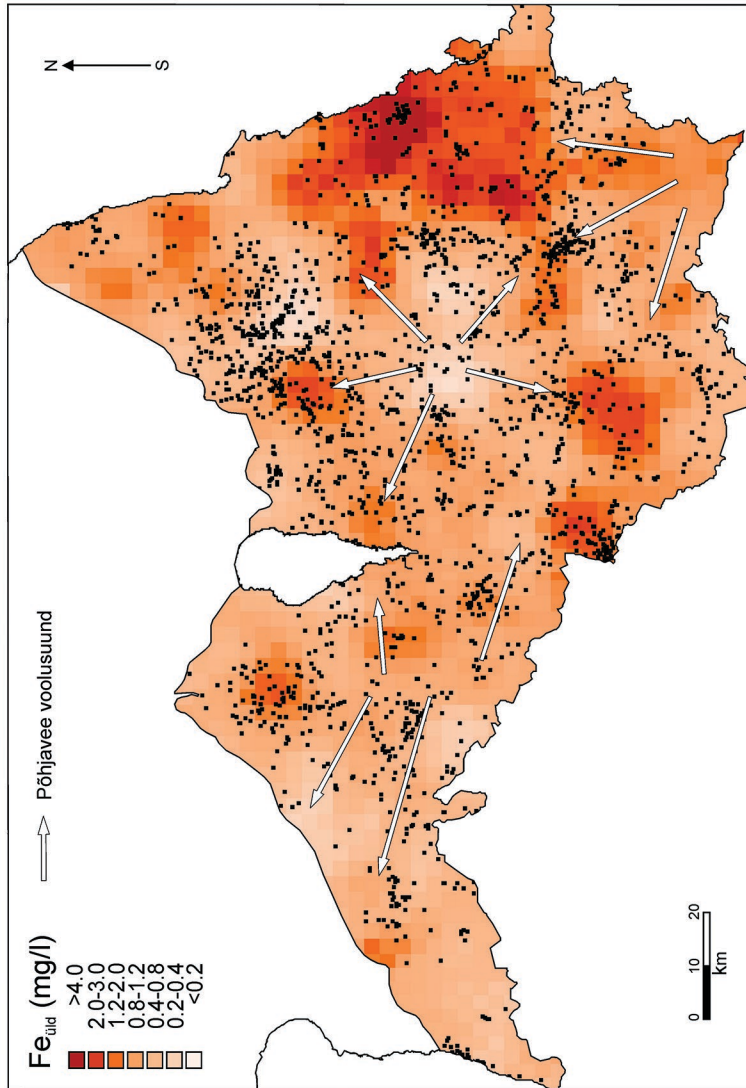
O.Vinn *Paleobioloogia: geoloogia ja...*



Foto 1. Sümbiootilised rugoosid stromatoporoidi sees. Raikküla lade, Eesti Silur (Foto: G. Baranov).



Joonis 1. Skemaatiline Eesti geoloogiline kaart (a), geoloogiline läbilõige (b) ja Kesk-Devoni veekompleksi levik, paksus ning põhjavee survetase Lõuna-Eestis (c). Joonis on koostatud Raukas & Teedumäe (1997) ning Marandi (2010) põhjal.



Joonis 2. Üdraua sisaldus (mg/l) Kesk-Devoni veekompleksi. Punktid kaardil märgivad analüüsitud puurkaevude asukohti ning nooled põhjavee liikumissuunda veekompleksi.



## MEENUTUSI KÜMNENDAST SÜGISKOOLIST



Sügiskooli juubeliks olid Jänedale “tellitud” kuldne sügis.

Foto: K. Lasberg



Ettevalmistused saalis...

Foto: K. Lasberg





Ei jõua ära oodata....registreerimisjärjekord.

Foto: K. Lasberg



Kui mõni alles registreerib, siis teine juba uudistab kogumikku. Foto: K. Lasberg



Fosfor - see on söök!

Foto: K. Lasberg



ATP teemadel...

Foto: K. Lasberg



Kirglik arutelu jätkus kohvipausil...

Foto: K. Lasberg



Käsijalgseid, kes ei osanud unistada oma tulevasesst kuulsusest... Foto: K. Lasberg





Ekskursioon Leho juhendamisel...

Foto: K. Truuver



Leho tegi nalja...

Foto: L. Lang



Kõnniks justkui kosmosetunnelis...

Foto: K. Lasberg



Ülgase koopa petroglüüfid...juba sel ajal Eestis suusatati!

Foto: K. Lasberg





Varsti on minek edasi...

Foto: L. Lang



Etskae, mis seal on?

Foto: K. Lasberg



Aeti "mäele".

Foto: L. Lang



Kivistisi otsimas...

Foto: K. Lasberg



## MEENUTUSI KÜMNENDAST SÜGISKOOLIS



Väike söber leidis suure söbra...

Foto: K. Lasberg



Tuldi ka terve perega...

Foto: K. Lasberg





Kas näed puude taga metsa?

Foto: L. Lang



Loodusnaitlejad...

Foto: L. Lang



Seltskond Haavakannu lubjakivikarjääris.

Foto: K. Lasberg



Inimeste käitlemise programmi avalikustas kaugel külaline...

Foto: L. Lang





Juubelitort tuhamägede ja kõrgustikega...

Foto: L. Lang



Ja juttu jätkus kauemaks...

Foto: K. Lasberg



Kas sina valdad kohaoleku kunsti?

Foto: K. Lasberg



Ainuke teadeolev geo-punki viljelev bänd – meie oma Eterniit. Foto: K. Truuver



Ongi käes viimane ettekanne...

Foto: L. Lang



ja aitäh tegijatele!

Foto: K. Lasberg





X geologia sügiskooli seltskond

Foto: K. Truuver