

Eesti Looduseuurijate Selts
Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut
Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut
Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
Määnduse ja geoloogia teadusklubi

AEG

Schola Geologica IX

Tartu 2013

Autoriõigused: autorid, toimetajad ja Eesti Looduseuurijate Selts

TOIMETAJAD: Evelin Verš, Reet Nemliher, Leeli Amon-Veskimeister, Karin Truuver, Kairi Ehrlich

Kirjastanud Eesti Looduseuurijate Selts

Esikaane foto: Hibiinid: Aeg kulutab nii loodust kui ka inimest, kuid loodus seisab miljoneid aastaid, inimene vaid hetke.

Autor: Kärt Üpraus

Kaanekujundus: Kadri Sohar

Pildilisa koostaja: Liisa Lang

Eestikeelsed tõlked: Karin Truuver (*Rautenberg ja Schmitz; Gomez; Xu; Buono ja Schemm-Gregory*), Hanna Raig (*Gomez; Xu*), Kairi Ehrlich (*Rautenberg ja Schmitz*)

Tõlke korrektuur: Ivo Sibul (*Rautenberg ja Schmitz; Gomez; Xu*), Oive Tinn (*Buono ja Schemm-Gregory*)

Soovitatav viitamise vorm:

Kogu väljaandele:

Verš E., Nemliher R., Amon-Veskimeister L., Truuver K., Ehrlich K. (toim.) 2013. *Aeg. Schola Geologica IX*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, 174 lk.

Artiklile:

Rosentau A. 2013. Litoriinameri ja kiviaeg Narva-Luuga klindilahes. Rmt.: Verš E., Nemliher R., Amon-Veskimeister L., Truuver K., Ehrlich K. (toim.) *Aeg. Schola Geologica IX*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk. 10–11.

Üheksanda geoloogia sügiskooli toimumist ja seotud teadusettekannete sarja "*Schola Geologica*" väljaandmist toetasid **Keskkonnainvesteeringute Keskus, Maateaduste ja ökoloogia doktorikool**, Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut ning Mäenduse ja geoloogia teadusklubi.

ISSN 1736-3241

ISBN 978-9949-9234-6-5

*Tarkus kuulub minevikule,
tegevus olevikule ning rõõm tulevikule.
(Hiina vanasõna)*

*See kes küsib,
on rumal viis minutit,
see, kes ei küsi,
jääb aga igavesti lolliks.
(Hiina vanasõna)*

EESSÕNA

Leho Ainsaar

Niisiis, oleme jõudnud üheksanda sügiskoolini, mille teemaks on „Aeg“. Aega selleks on kulunud kõigest kaheksa aastat (sest sügiskooli numbriga 0 miskipärast ei toimunud). Kuhu me siis selle ajaga oleme jõudnud? Algatuseks defineerisime Teaduse geoloogias (I), sellele järgnes teekond Vasaraga tähtede poole (II); Mudelite ja modelleerimise (III) kaudu jõudsimme Suurte teooriateni (IV), mis avas meile Piirideta geoloogia (V), järgnenud Globaalsed muutused (VI) tõid meid Maa ressursideni (VII) ja lõppes see viimati Katastroofidega Maa ajaloo (VIII). Peale seda apokalüpsist on meil nüüd aega ja põhjust filosoferida aja teemadel.

Ajal, kui väga sügaval ja kõigile tunnetataval mõistel, on sõltuvalt valdkonnast muidugi erinev definitsioon. Targas internetiavaruses „surfates“ saab kiiresti teada, et relativistlikus füüsikas mõistetakse aega kui sündmustevahelist kaugust piki aegruumi muutkonna neljandat telge. Aeg on füüsikaliselt üks neist vähestest fundamentaalsetest suurustest, mida ei saa defineerida teiste suuruste kaudu; ning nii nagu ruumi ja massi, saab ka teda defineerida ainult mõõtmise kaudu. Kõigile arusaadavaks ja keskseks mõõtühikuks on kokku lepitud sekund – ajavahemik, mis kulub ¹³³Cs aatomi 9 192 631 770 üleminekuks tema põhiolekku ülipeenstruktuuri nivoode vahel.

Geoloogid, nagu ka ajaloolased, oma laiskuses seda lihtsat ühikut otse ei kasuta, vaid on kujundanud omale mugavatest ühikutest ajaskaalad. Veelgi enam, oskamata veel piisavalt täpselt ajahühikutes väljendada kivimite ja sündmuste vanust, on geokronoloogilisel ajaskaalal defineeritud piirid nn. kuldsete naeltega – s.t. ühes kokkulepitud setteläbilõikes on märgitud ära konkreetse ajapiiri asukoht ehk selle ajapiiri standard ja kõike ülejäänut mõõdetakse selle standardi suhtes. Selliseid naelu on ajastute, ajastike ja lademete piiridel juba üle 65 ja nende loomise töö pole veel lõppenud. Kirglikud vaidlused stratigraafiliste piiride ja vanuste üle igal juhul näitavad, et aeg on geoloogias üks ütlemata tähtis mõõde, ilmselt midagi sellist, mille mastaapide tunnetamine eristab geolooge paljudest teistest maa- ja loodusteadlastest. Lihtne, kuid seni teaduslikult lõpuni seletamata tõsiasi, et aeg on pöördumatu ühesuunaline nähtus, kus liikuda saab vaid minevikust läbi oleviku tulevikku, ongi andnud kogu geoloogiateadusele sisu ja mõtte.

Kuigi me ei saa liikuda ajas tagasi, on meil õnneks võime vaadata ajas tagasi ja seda geoloog ka teeb. Vabal ajal aga, näiteks pimedal sügisel nädalavahetusel, vaadake vahel taevasse, sest meil on aega veel... (no nii mõni miljard aastat).

Leho Ainsaar (lainsaar@ut.ee) – Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut.

SISUKORD

<i>Leho Ainsaar</i> Eessõna	4
<i>Alar Rosentau</i> Litoriinameri ja kiviaeg Narva-Luuga klindilahes	10
<i>Laurits Leedjärv</i> Aeg enne ja pärast geoloogiat	12
<i>Tiit Sepp</i> Universumi kõige kiiremad ja aeglasemad protsessid	18
<i>Leo Vallner</i> Aeg hüdrogeoloogiliste protsesside mõjurina ja selle arvestamine	25
<i>Stefan Rautenberg ja Thomas Schmitz</i> Aluspõhjaliste settekihtide geoloogiline 3D-modelleerimine ja hinnang Kirde-Eesti geoloogilisele potentsiaalile	38
<i>Shirin Gomez</i> Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil	41
<i>Shaojuan Xu</i> Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil	43
<i>Vladimir Sazonov</i> Aeg, ajaarvamine ja kalendrid muistses Mesopotaamias	46
<i>Bruno Mölder</i> Aja kolm metafüüsilist mudelit	58
<i>Sirje Kupp-Sazonov</i> Kas täna on täna ja eile oli eile?	74
<i>Tõnn Paiste</i> Planeet Maa vanus	80

<i>Riin Magnus ja Margus Ott</i>	
Ajast aega	86
<i>Terje Tähtjärv, Aide Tsahkna ja Eve Runno-Paurson</i>	
Kartul ajas ja aeg kartulis	92
<i>Aivo Averin</i>	
Tsivilisatsioonide erosioon	99
<i>Giuseppe Buono ja Mena Schemm-Gregory</i>	
Aeg ja Basiliolidae (Brachiopoda): uued tähelepanekud adaptiivse evolutsiooni, fenotüübilise plastilisuse ja funktsionaalse morfoloogia vallas	104
<i>Katrin Lasberg</i>	
Viimase Skandinaavia liustiku pealetungi ja taandumise aja hindamisel kasutatavad dateerimismeetodid	111
<i>Asta Oraspõld</i>	
TRÜ Matemaatika–loodusteaduskonna geoloogia osakonna lugu aastatel 1945–1960	115
<i>Jaan Kaplinski</i>	
JÄRELSÕNA: Aeg läbi aegade.....	133
<i>Maris Rattas</i>	
EKSKURSIOON: Vooremaa ja voored.....	138
LISAD värvilised joonised ja fotod	142

AJAKAVA
"AEG"

IX geoloogia sügiskool
Voore, Jõgevamaa

Reede, 11. oktoober

14:00 – start Tallinnast (TTÜ peahoone, Ehitajate tee 5)

16:00 – start Tartust (TÜ Chemicum, Ravila 14A)

17:00 – saabumine ja registreerumine

17:15 – kohvipaus

18:00 – Avaettekanne: Aja määratud määramatus – Kalle Kirsimäe (TÜ geoloogia osakond)

18:40 – Geoloogia aeg – Tõnu Pani (TÜ geoloogiamuuseum)

19:20 – Läänemere veetaseme muutused ja kiviaegne asustusmuster Narva-Luuga klindilahes – Alar Rosentau (TÜ geoloogia osakond)

20:00 – õhtusöök

Laupäev, 12. oktoober

08:15 – hommikusöök

09:15 – Aeg enne ja pärast geoloogiat – Laurits Leedjärv (Tartu Observatoorium)

09:45 – Universumi kõige kiiremad ja aeglasemad protsessid – Tiit Sepp (Tartu Observatoorium)

10:15 – Aeg hüdroteoloogiliste protsesside mõjurina ja selle arvestamine – Leo Vallner (TTÜ Geoloogia Instituut)

10:45 – kohvipaus

11:30 – Paleomagnetism ja paleogeograafilised rekonstruktsioonid – Jüri Plado (TÜ geoloogia osakond)

12:00 – Geological 3D-modelling of pre - Quaternary strata and evaluation of related geopotentials in North-East Estonia - a case study – Stefan Rautenberg ja Thomas Schmitz (Darmstadt'i Tehnikaülikool)

12:30 – Extraction of glacial landforms in northeast Estonia using LiDAR data – Shirin Gomez ja Shaojuan Xu (Darmstadt'i Tehnikaülikool)

13:00 – lõunasöök

14:00 – matk Maris Rattase juhendamisel / Jääaja keskuse külastus

17:00 – kohvipaus

17:30 – Sõna AEG, selle vasted eri keeltes, ajaga seotud müütilised kujutelmad eri rahvastel – Jaan Kaplinski

- 18:00 – Aeg, ajaarvamine ja kalendrid muistses Mesopotaamias – Vladimir Sazonov (KVÜÕA; TÜ orientalistika keskus)
18:30 – Aja kolm metafüüsulist mudelit – Bruno Mölder (TÜ filosoofia osakond)
19:00 – Kas täna on täna ja eile oli eile? – Sirje Kupp-Sazonov (TÜ Tõlkekeskus)
19:30 – õhtusöök
20:30 – Uganda – Jüri Plado (TÜ geoloogia osakond)

Pühapäev, 13. oktoober

- 09:00 – hommikusöök*
10:00 – Aeg ja igavik – Einar Laigna (Eruohvitseride Kogu)
10:30 – Planeet Maa vanus – Tõnn Paiste (TÜ geoloogia osakond)
11:00 – Ajast aega – Margus Ott (TLÜ filosoofia osakond) ja Riin Magnus (TÜ semiootika osakond)
11:30 – kohvipaus
12:00 – Vesi ja Aeg – Andres Marandi (TÜ geoloogia osakond)
12:30 – Kartul ajas ja aeg kartulis – Terje Tähtjärvi (Eesti Taimekasvatuse Instituut)
13:00 – Tsiivilisatsioonide erosioon – Aivo Averin (MTÜ Peramõtsa Press)
13:30 – lõppsõna
14:00 – lõpulõuna
14:45 – lahkumine Tartusse ja Tallinnasse

Kasutatud lühendid:

TÜ – Tartu Ülikool

TLÜ – Tallinna Ülikool

TTÜ – Tallinna Tehnikaülikool

KVÜÕA – Kaitseväge Ühendatud Õppeasutused

GEOLOGIA 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**

Litoriinameri ja kiviaeg Narva-Luuga klindilahes

Alar Rosentau

Läänemere veetaseme muutused Litoriinamere arenguetapil on oluliselt mõjutanud keskmise ja noorema kiviaja rannikuasustuse kujunemist ja arengut, aga ka arheoloogilise leiutmaterjali säilumist. Veetaseme kõikumised on seotud nii ajas kui ruumis muutuvate teguritega – maailmamere veetaseme tõusu ja pärastjäaaegse maakerkega. Taanis ja Saksamaa aladel, kus maakerge on tagasihoidlik või puudub hoopis, on kiviaja asulapaigad tänapäeval mitmeid meetreid allpool merepinda (Fischer 2011; Lübke jt. 2011). Varasemad asulapaigad asuvad sealjuures suurematel sügavustel, markeerides maailmamere taseme tõusu. Botnia lahe ümbruses, kus maapind intensiivselt kerkib, võib kiviaja rannasidusaid (s.t. rannikule valitud) asulakohti leida enam kui 60 m kõrgusel üle merepinna ning nooremaid kiviaja asulapaiku kümneid meetreid sellest madalamal (Vaneckhout 2010).

Ettekandes käsitlemist leidev Narva-Luuga klindilaht (Tammekann 1940) paikneb nende kahe regiooni vahel, kus maailmamere kiire tõus mattis ligi 7800–7600 aastat tagasi vee alla ulatuslikud rannikumaastikud ja mitmed kiviaja asulakohad. Hilisem maakerge on need mattunud ja juba meresetetega kaetud alad taaskord merest välja kergitanud (Rosentau jt. 2013). Ettekandes arutletakse aja teemadel seoses Läänemere rannavööndi muutustega Narva-Luuga klindilahes ja selle võimalikust mõjust sealsele arvukale kiviaja asurkonnale.

Kasutatud kirjandus

- Fischer A. 2011. Stone Age on the continental shelf. An eroding resource. In: Benjamin, J., Bonsall, C., Fisher, A. & Pickard, C. (eds.): *Submerged Prehistory*. Oxbow Books, Oxford, 298–310.
- Lübke H., Schmölcke U. & Tauber F. 2011. Mesolithic hunter-fishers in a changing world: a case study of submerged sites on the Jäckelberg, Wismar Bay, northeastern Germany. In: Benjamin, J., Bonsall, C., Pickard, C. & Fischer, A. (eds.): *Submerged Prehistory*. Oxbow Books, Oxford, 21–37.
- Rosentau A., Muru M., Kriiska A., Subetto D.A., Vassiljev J., Hang T., Gerasimov D., Nordqvist K., Ludikova A., Lõugas L., Raig H., Kihno K., Aunap R., Letyka, N. 2013. Stone Age settlement and Holocene shore displacement in the Narva-Luga Klint Bay area, eastern Gulf of Finland. *Boreas* 10.1111/bor.12004. ISSN 0300-9483.

- Tammekann A. 1940. *The Baltic Glint. A geomorphological study. Part 1. Morphography of the Glint.* Publicationes Instituti Universitatis Tartuensis Geographici 24, 103 pp.
- Vaneeckhout S. 2010. House Societies among Coastal Hunter Gatherers: A Case Study of Stone Age Ostrobothnia, Finland. *Norwegian Archaeological Review* 43(1), 12–25.
-

Alar Rosentau (alar.rosentau@ut.ee) – Tartu Ülikooli Ökoloogia ja maateaduste instituut, Ravila 14a, Tartu; Tartu Ülikooli Ajaloo ja arheoloogia instituut, Jakobi 2, Tartu.

Aeg enne ja pärast geoloogiat

Laurits Leedjärv

Geoloogia uurimisobjektiks on planeet Maa, laiemas käsitluses ka teised (Päikesesüsteemi) planeedid. Maa vanus on vaid umbes üks kolmandik Universumi teadaolevast vanusest (vastavalt 4,6 ja 13,8 miljardit aastat). Kardetavasti ei ole maakera igavene, vaid hävib hiljemalt 4–5 miljardi aasta pärast paisuva Päikese kuumuses. Universum aga eksisteerib edasi. Seega on geoloogiline aeg vaid üks väike osa üldisel ajateljel, kus toimub Universumi areng.

Aeg füüsikas ja astronoomias

Mis üldse on aeg? Aja mõiste argielus ei pruugi olla päris sama mis füüsikas. Aega on püütud defineerida kui sündmuste järgnevust või järgnevuslikku korrastatust, aga ka kui sündmuste omavahelist kaugust selles korrastatuses. Füüsikas on aeg üks dimensioon neljamõõtmelises aegruumis. Füüsika seadused on aja suhtes sümmeetrilised, s.t. teoreetiliselt võiks aeg kulgeda nii ühes kui teises suunas (minevikust tulevikku või tulevikust minevikku). Ometi teame nii igapäevasest kogemusest kui füüsikast, et aeg kulgeb ainult ühes suunas. Ajanool on suunatud minevikust tulevikku. Selle põhjuseks on termodünaamika teine seadus, mille järgi asjade loomulik käik on entroopia suurenemise ehk korrastatuse vähenemise suunas. Korrastatuse suurendamiseks peame kulutama energiat.

Isaac Newtoni jaoks oli aeg absoluutne suurus, mis kulgeb alati ja igal pool ühte moodi ning mis ei sõltu kuidagi ruumist ega füüsikalistest kehadest. Albert Einsteini relatiivsusteoorias kaotas aeg oma absoluutsuse. Relativistlikus füüsikas on aeg sündmustevaheline kaugus neljandas dimensioonis, kuid see kaugus sõltub sündmuste vaatlejate suhtelisest kiirusest. Suure kiirusega liikuva vaatleja aeg kulgeb aeglasemalt kui paigalseisja oma. Samuti mõjutab aja kulgu gravitatsioonivälja tugevus.

Aja relatiivsus ei mõjuta aga aja kulgemise suunda – see on ikkagi minevikust tulevikku ehk astronoomia mõistetes väljendudes 'Suurest Paugust paisuva Universumi poole'.

Mis oli alguses?

Tänapäeva füüsika ja astronoomia käsitluses tekkisid aeg ja ruum Suure Pauku hetkel umbes 13,8 miljardit aastat tagasi. Ei ole olemas tühja absoluutset ruumi, millesse Universum paisuma hakkas, vaid ruum tekkis koos Universumiga. Mis aga oli enne Suurt Pauku? Enamasti püüavad

füüsikud oma teadmatust välja vabandada seletusega, et mõisted enne ja pärast tekkisid koos ajaga, s.t. Suure Pauku hetkel. Väljend 'enne Suurt Pauku' on lihtsalt füüsikaliselt ebakorrektn. Tänapäeva üks suuremaid füüsikuid Stephen Hawking on öelnud, et küsimus "Mis oli enne Suurt Pauku?" on samaväärne küsimusega "Mis asub põhjapoolusest põhja pool?" Argimõistus ei taha selliste seletustega hästi leppida. Kvantefektide arvestamine lubab siiski loota, et midagi oli ka enne Suurt Pauku. Juba mainitud Stephen Hawking kasutab mõistet imaginaaraeg, milles Universum oleks lõplik, aga ilma piirideta ja singulaarsusteta – nii nagu maakera kahemõõtmelisel pinnal pole mingeid "ääri" ega "auke" ning põhja- ja lõunapoolus ei erine põhimõtteliselt teistest maakera punktidest. Meie poolt reaalselt tajutavas ja ka füüsikas kasutatavas ajas leidub aga singulaarne punkt – Universumi algus ehk Suur Pauk.

Sõltumata sellest, kas midagi oli enne Suurt Pauku või mitte, kirjeldavad tänapäeva füüsikateooriad Universumit enam-vähem rahuldavalt alates hetkest umbes 10^{-43} sekundit pärast Suurt Pauku. Esimestel sekunditel ja minutitel oli Universumi areng kujuteldamatult kiire. Juba 10^{-36} sekundit pärast Suurt Pauku algas füüsikaline protsess, mida me nimetame inflatsiooniks. Universumi mõõtmed suurenesid sekundi imepisikese murdosa jooksul umbes 10^{78} korda. Esimesel sekundil eraldusid meile praegu tuntud tugev, elektromagnetiline ja nõrk interaktsioon, esimese sekundi lõpuks olid juba tekkinud vesiniku aatomi tuumad ehk prootonid. Ajavahemikus 3–20 minutit pärast Suurt Pauku toimus termotuumasüntees, mille käigus vesiniku tuumadest tekkis heeliumi tuumasid. Kiiresti paisuv Universum aga ka jahtus kiiresti, nii et termotuumareaktsioonid ei saanud enam toimuda ja raskemaid keemilisi elemente ei jõudnud tekkida. Suure Pauku järel oli Universumis umbes 76% vesinikku ja 24% heeliumi.

Rahulikumad aastamiljonid ja -miljardid

Tormilistele esimestele minutitele ja aastatele järgnesid rahulikumad ajad. Tinglikult võime nende alguseks lugeda aega umbes 380 000 aastat pärast Suurt Pauku. Siis eraldusid elektromagnetkiirgus (footonid) ja aine. Sellest ajast säilinud reliktkiirgust ehk taustkiirgust saame tänapäeval vaadelda raadiokiirgusena, mis täidab ühtlaselt kogu vaadeldava Universumi. Absoluutselt ühtlane see kiirgus siiski ei ole, selle tugevuses esinevad väikesed fluktuatsioonid (ca 1/100 000), tänu millele me üldse olemas oleme. Nimelt näitavad need fluktuatsioonid, et samasugused väikesed erinevused olid ka paisuva Universumi aine tiheduses ja tänu sellele hakkasid gravitatsiooni mõjul tekkima struktuurid – galaktikad ja tähed. Teoreetiliselt võinuks Universum edasi paisuda ka täiesti ühtlase

tiheduse juures, kuid siis poleks seal tekkinud ei galaktikaid, tähti, planeete ega nende asukaid.

Esimesed tähed tekkisid 200–400 miljonit aastat pärast Suurt Pauku. Nad koosnesid tollal saadaolevast toorainest ehk vesinikust ja heeliumist. Tähtede sisemuses toimuvates termotuumareaktsioonides hakkasid tekkima raskemad keemilised elemendid. Esimese põlvkonna tähed olid suure massiga (ca 100 Päikese massi ja rohkem), mistõttu nende evolutsioon oli kiire ja nad lõpetasid oma eksistentsi supernoovadena, paisates oma sisemuses sünteesitud keemilised elemendid tähtedevahelisse ruumi laiali. Koos seal leidunud vesiniku ja heeliumiga said need elemendid uute tähtede tooraineks. Nn. teise põlvkonna tähtedes (mille esindajad on praegugi vaadeldavad keraspardes ja Galaktika halos) oli juba mõne protsendikümendiku jagu raskemaid keemilisi elemente.

Päikeses ja temataolistes tähtedes on vesinikust ja heeliumist raskemaid keemilisi elemente ca 2% tähe massist. Sellise kontsentratsiooni saavutamiseks pidid arvukad tähed miljardite aastate jooksul neid elemente sünteesima ja laiali paiskama – supernoova plahvatustes või rahulikumalt, planetaarududena. Alles sellise elementide sisalduse juures, kus vesiniku kõrval domineerivad hapnik, lämmastik, süsinik, räni, raud ja teised keemilised elemendid, sai võimalikuks Maa ja teiste Päikesesüsteemi planeetide teke. Päikesesüsteem tekkis umbes 4,6 miljardit aastat tagasi ehk umbes 9 miljardit aastat pärast Suurt Pauku.

Geoloogiline aeg

Päike on tavaline täht meie Galaktika 150–200 miljardi tähe hulgas. Galaktikaid omakorda on Universumis vähemalt 100 miljardit. Küsimus planeetidest ja võimalikust elust teiste tähtede juures on inimesi huvitanud ammustest aegadest. Alles napilt paarikümne aasta jooksul oleme hakanud saada neile küsimustele vaatluslikult tõestatud vastuseid. Praeguse loo ilmumise ajaks (sügis 2013) on teada ligi 1000 eksoplaneeti, kuid elu märkide leidmiseni meie otsimismeetodid veel ei küündi. Üksikuid Maa-taolisi planeete sobival kaugusel oma ematähest on siiski juba leitud.

Hiidplaneedid (Päikesesüsteemis Jupiter, Saturn, Uraan ja Neptuun) võivad koosneda küll peamiselt vesinikust ja heeliumist, kuid sisaldavad ikkagi raskematest keemilistest elementidest koosnevat tuuma. Maa-tüüpi planeetides domineerivadki raskemad elemendid. Seega oleks üsna keerukas ette kujutada planeetide teket Universumi esimestel aastamiljonitel või -miljarditel. Võib-olla on eespool mainitud 9 miljardit aastat pärast Suurt Pauku just esimene võimalus ja paras aeg Maa-sarnaste planeetide (ja elu?) tekkeks. Elu on meil teada ainult ühe näitena ja seetõttu ei saa suuremaid üldistusi teha. Maise elu põhijoontest tasub tähele panna asjaolu,

et esimestest elu algetest (prokarüoodid) mõistusliku elu (*Homo sapiens*) tekkeni kulus ca 3,8 miljardit aastat. Selliseid pikki ajavahemikke aitab võib-olla paremini mõista võrdlus, mida esimesena kasutas tuntud USA astronoom ja teaduse populariseerija Carl Sagan: ta võrdsustas Universumi vanuse (praegu teadaolevalt 13,8 miljardit aastat) ühe aastaga. Suur Pauk toimus 1. jaanuaril kell 00:00. Allpool esitame mõned näited edasistest sündmustest sellises ajaskaalas, kus 434 tegelikule aastale vastab üks sekund:

- 11. mai Linnutee teke
- 1. september Päikese (ja peagi ka planeetide) teke
- 16. september Vanimad Maal tuntud kivimid
- 21. september Elu teke (prokarüoodid)
- 12. oktoober Fotosünteesi algus
- 26. detsember Esimesed imetajad
- 30. detsember Katastroof (asteroidi põrge) 65 miljonit aastat tagasi, mis muutis maapealset elustikku märkimisväärselt
- 31. detsembri sündmusi tuleb kirjeldada juba minuti ja lõpuks sekundi täpsusega:
 - kell 06:05 Esimesed ahvid
 - kell 14:24 Hominiidid
 - kell 22:24 Primitiivsed inimesed
 - kell 23:44 Tule kasutuselevõtt
 - kell 23:52 Tänapäeva inimesed
 - kell 23:55 Viimase jääaja algus
 - kell 23:59:32 Põllumajanduse algus
 - kell 23:59:47 Pronksiaeg, kirjaliku ajaloo algus
 - kell 23:59:48 Egiptuse esimene dünastia, sumerid, astronoomia teke
 - kell 23:59:51 Hammurabi koodeks
 - kell 23:59:53 Antiikolümpiamängud
 - kell 23:59:55 Ptolemaiose astronoomia, Rooma impeerium, Jeesus Kristuse sünd
 - kell 23:59:58 Ristisõjad, Ameerika avastamine, renessanss
 - kell 23:59:59 Tänapäevane teadus ja tehnoloogia, I ja II Maailmasõda, kosmose vallutamine

Selline kokkusurutud ajatelg aitab ehk paremini mõista Maa ja inimkonna tühisust Universumi mastaabis. Samas võib see ka jahutada maaväliste tsivilisatsioonide otsijate optimismi ja lubada skeptilisemat suhtumist Drake'i võrrandisse. Nimelt pani USA astronoom Frank Drake 1961. aastal kirja valem, mis võimaldab suure hulga mitte eriti hästi teadaolevate tõenäosuste korrutisest leida arukate tsivilisatsioonide arvu meie Galaktikas. Leitud lahendid jäävad enamasti ühe tuhande ja saja miljoni vahele. Tegelikult teame vaid üht ja võib-olla ei peagi neid rohkem

olema, kasvõi sel põhjusel, et teiste potentsiaalsete tsivilisatsioonide jaoks ei ole need 31. detsembri viimased sekundid veel kätte jõudnud.

Igal juhul eksisteerib praegu planeet Maa koos vaatlejatega, kes on võimelised Universumit uurima. Kui kaua selline aeg veel kestab?

Tulevik on kuum...

Astronoomilisest maailmapildist lähtudes võiks inimkonda oodata üsna helge tulevik. Vähemalt 1–2 miljardit aastat peaksime saama veel rahulikult toimetada – tõsi küll, tingimustel, et Maad ei taba hiidmeteoriid, et meie lähedal ei plahvata supernoova ega sähvata gammakiirguse allikas, aga eriti, et inimkond ise oma rumala käitumisega ennast ei hävita. Kuid sõltumata inimeste oskustest elu hoida saabub hiljemalt 4–4,5 miljardi aasta pärast aeg, mil Päike punaseks hiidtäheks paisudes teeb elamise Maal talumatult kuumaks. Kui Maa jääb oma senisele orbiidile, ootab teda ees aurustumine Päikeses väliskihitides. Võib-olla realiseeruvad praegu ulme valdkonda kuuluvad ideed sõita koos Maaga Päikesest kaugemale või kolida mõnele teisele planeedile, kuid Päike ei ole ikkagi igavene. Hiljemalt 5 miljardi aasta pärast on ta oma välised kihid planetaaruduna laiali heitnud ja järelejääv jahtuv valge kääbustäht vaevalt suudab enam planeetidel elu hoida. Koos Maaga saab otsa ka geoloogia (ehk nõ. „õpetus või lugu Maast“; kr. *geo* – maa, *logos* – mõiste, käsitlus).

... ja tume

Kaugem tulevik pärast 5 miljardit aastat vist inimestele enam korda ei lähe, aga ikka on ju huvitav teada, mis maailmast edasi saab. Praeguste arusaamade järgi Universum paisub ja paisumine järjest kiireneb. See Nobeli preemia vääriline avastus tähendab, et galaktikad ja galaktikaparved eemalduvad üksteisest nii kaugemale, et tuleviku astronoomid ei pruugi enam saada õiget aimu ei Universumi sünnist Suures Paugus ega Universumi koostisest ja mõõtmetest. See juhtub umbes 10^{12} aasta pärast (tuletame meelde, et Universumi praegune vanus on umbes 10^{10} aastat).

Teiselt poolt on mõistusega astronoomide eksisteerimine sellises kauges tulevikus vähetõenäoline, sest umbes samaks ajaks (või hiljemalt 10^{14} aasta pärast) lõpeb uute tähtede teke Universumis. Oma evolutsioonitee läbi käinud tähed – mustad kääbused, neutrontähed või mustad augud – enam optilises spektripiirkonnas praktiliselt ei kiirga: taevas muutub tumedaks.

Veel kaugema tuleviku võtame allpool lühidalt kokku koos minevikuga. Universumi ajaloo – nii nagu me seda praegu ette kujutame – võib jagada viieks ajastuks.

- Footonite ajastu:* Suurest Paugust kuni 10^5 aastani, mil eraldusid taustkiirgus ja aine.
- Aine ajastu:* ca 10^6 – 10^{14} aastat. Universumis domineerivad tumeaine, tähed ja galaktikad. Oleme selle ajastu keskel (10^{10} aastat). Aine ajastu lõpuks lõppevad termotuumareaktsioonid tähtedes. Uusi tähti enam juurde ei teki.
- Degeneratsiooniajastu:* 10^{15} – 10^{37} aastat. Planeedid lahkuvad tähtede juurest, galaktikad hajuvad, mustad augud haaravad tähti.
- Mustade aukude ajastu:* 10^{38} – 10^{100} aastat. Prootonid on lagunened. On jäänud vaid mustad augud, mis ajastu lõpuks aurustuvad.
- Pimeduse ajastu:* $>10^{100}$ aastat. Mustad augud on aurustunud. On jäänud ülipika lainepikkusega footonid, neutriinod, elektronid ja positronid, mis jaotuvad ülihõredalt üle Universumi.

Selline tulevikuperspektiiv võib ju üsna sünge tunduda, kuid mõelgem lohutuseks siiski veelkord ajaskaalade pikkusele ja ka suhtelisusele. Inimkond on eksisteerinud tühise osa Universumi ligi 14 miljardi aasta pikkusest ajaloost. Aeg, mil eksisteerib planeet Maa kui geoloogia uurimisobjekt, on tühine osa aine ajastust. Ja aine ajastu, milles me elame, on omakorda üks väike osa Universumi kujutletavast vähemalt 10^{100} aasta pikkusest eksistentsist. Inimese elus tundub vahel üks aastagi väga pikk aeg. Tuhad või mõni tuhat aastat on ajavahemik, mis veel kuidagi mahub tavapärase kujutlusvõime piiridesse. Miljon või miljard aastat tundub juba peaaegu lõpmatusena. Meil on aega veel...

Kirjandust

- Hawking S.W. 1992 – 1993. Aja lühilugu. *Akadeemia* 12/1992 – 4/1993.
- Planck Collaboration 2013. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results. *ArXiv*: 1303.5062 [astro-ph.CO].
- Sagan C. 1977. The Dragons of Eden. Random House Publishers, 263 pp.
- Tempel E. 2011. Nobelleeritud supernoovad ja tumeenergia. *Horisont* 6, 24–27.
- Õiglane H. 1997. Füüsikaseaduste evolutsioon. Rmt: R. Veskimäe (toim.) *Universum*, Horisont, Tallinn, 28–35.

Laurits Leedjärv (laurits.leedjarv@to.ee) – Tartu Observatoorium, Tõravere 61602, Tartumaa.

Universumi kõige kiiremad ja aeglasemad protsessid

Tiit Sepp

Pikk ja kummaline sissejuhatus

Kui rääkida ajast, siis mõtleme me harilikult seierite asendit kellal või siis moodsamal ajal pigem juba numbrikombinatsiooni mobiiliekraanil, sest kes tänapäeval ikka enam käekella kannab? Kui me vaatame aga aega, mis on oluline Universumi arengule, siis harva on meil käekella või mobiiltelefoniga midagi teha. Sageli on sündmuste kestvused kas nii lühikest aega, et sekund tundub selle kõrval igavikuna või on siis nende kestvus hoopis nii pikk, et ühe inimese eluajal saame neid vaadata vaid kui hetkvõtteid, mille jooksul sündmus jätkab oma aeglast käiku.

Kui tulla hetkeks artikli pealkirja juurde, siis mõneti oleks see jutt juba ette räägitud, sest füüsikas on defineeritud kõige lühem sisu omav ajahetk. Selleks on Plancki aeg, mis on $\sim 6 \times 10^{-44}$ sekundit ja ta on määratud Plancki konstandi, valguse kiiruse ja gravitatsioonikonstandi abil; teisisõnu – ainult fundametaalkonstantide kaudu. Lihtsustatult võiks öelda, et Plancki aeg on vähim aeg, mille jooksul toimuvad sündmused on füüsikaliselt võimalikud või siis Plancki ajast lühema aja jooksul võib kõike juhtuda, aga ebastabiilsuse tõttu nende mõju ei säilu. Loomulikult on meil matemaatiliselt võimalik defineerida ka veel lühemaid ajahetki. Üks groteskne näide sellest oleks kogu näiva Universumi vaatamine suletud süsteemina, sel juhul oleks selle süsteemi mass $\sim 10^{53}$ kg. Kuigi on öeldud, et parem vältida kirjutistes valemite kasutamist, kuna iga tekstis sisalduv valem vähendab lugejaskonda kaks korda, astun ma sellest heatahtlikust soovitusest üle ja näitan, kuidas aja defineerimine kehtivaid füüsika-paradigmasid kasutades käib. Meenutame massi ja energia seost:

$$E = m c^2 ,$$

kus c on valguse kiirus vaakumis. Vaadeldes Universumi (kui suletud süsteemi) omavõnkumist, mille leiame energia ja sageduse seosest:

$$E = h \nu \rightarrow \nu = E / h \rightarrow \nu = m c^2 / h ,$$

kus ν on sagedus ja h Plancki konstant, saaksime defineerida lühima aja kahe võnkeamplituudi vahelisel ajavahemikul, mis annaks ajaühikuks 10^{-103} sekundit. Loomulikult tuleks sellised definitsioonid liigitada ennekõike matemaatilisteks mõttemängudeks, kui mitte otsesõnu totrusteks. Samamoodi võib läheneda ka pikima aja defineerimisele. Füüsikaliselt kõige pikem mõistlik protsess on meie Universumi areng – see on kestnud juba viimased 14 miljardit aastat ja kestab edasi. Põhimõtteliselt on võimalik defineerida veel pikemaid ajahetki.

Teine võimalus pealkirja mõtestada oleks jutustada absoluutsetest rekorditest Universumis, nagu näiteks kõige pikema elueaga tähed või kõige kiiremad valgussähvatused, suurima pöörlemiskiirusega pulsarid jne. Fookusesse sead ma hoopis selle, kuidas üks väga kiire protsess, mis toimus kiiremini kui miljardik sekundist, mõjutas neid protsesse, mida me saame jälgida aastamiljoneid. See on oluline, et mõista meie Universumi arengut esimestest hetkedest alates, kuigi just nende hetkede kohta on siiani kosmoloogias palju spekulatsioone, sest otsesid mõõtmistulemusi lihtsalt ei ole. Täpsemalt kirjeldan sündmusi, mis toimusid enne Universumi esimest sekundit ja kuidas need mõjutasid maailma, milliseks Universum on arenenud täna ehk kuidas väga lühiajaline sündmus mida nimetatakse inflatsiooniks mõjutas Universumi 14 miljardi aasta pikkust arengut.

Alustame sellest, et räägime lühidalt Universumi loo, mida meie praeguste arusaamade järgi kirjeldab nn. „Suure Paugu“ teooria. Graafiliselt on see kokku võetud joonisel 1 (vt. LISA). Lihtsustatult võiks Universumi arenguetapid jagada järgmiselt: esimene sekund – tekib praegune aegruum ja elementaariosakesed, millest areneb meie maailm, toimub inflatsioon ja palju muud, mis isegi ulmefilmis ebausutav tunduks. Järgmised 100 sekundit – Universum jahtub ning elementaariosakesed saavutavad stabiilse seisundi. Järgmisel 100. aastal eraldusid aatomite tuumad ja tume aine hakkas struktuuri moodustama. Seejärel järgnevad 380 000 aastat, mille lõpuks tekkisid neutraalsed aatomituumad ning kust pärineb Universumi vanim pilt ehk kosmilise reliktkiirguse mõõtmisel saadud temperatuurijaotus, mis ühtlasi vastab nähtava aine jaotusele; seejärel mõned miljardid aastad, mil midagi näha polnud, sest nähtav aine moodustas vaid gaasipilvi millest lõpuks tekkisid tähed, galaktikad ja teised meie öötaeva „majakad“. Lõpetuseks ülejäänud miljardid aastad, kus arenes edasi struktuur, tekkisid kõik heeliumist raskemad keemilised elemendid, tekkis elu jpm. Kogu selle aja jooksul on Universum jätkanud oma tasast paisumist. Loomulikult nõuaks kogu teooria mõistmine mõnevõrra pikemat ja seletavamalt kirjeldust, aga artikli edasiseks arusaamiseks pole pikem jutt esmalt tarvilik.

Inflatsioon ja ruumi isotroopsus

Kui me vaatame pimedas kohas, nagu näiteks Voorel, Jõgevamaal, öötaevasse, näeme me tuhandeid tähti, märkame meie kodugalaktika Linnutee ketta moodustatud heledat riba ning võibolla ka lähimat naabergalaktikat Andromeedat. Jättes kõrvale Linnutee ketta, võiks esmapilgul öelda, et tähed on kogu tähistaeva ulatuses ühtlaselt jaotunud. Sellist nähtust, kus sõltumata vaatesuunast näib vaadeldav objekt samasugune, nimetatakse isotroopsuseks. Vaatlustehnika arenedes avastati, et ka galaktikad, mis on siis sadadest miljonitest tähtedest koosnevad

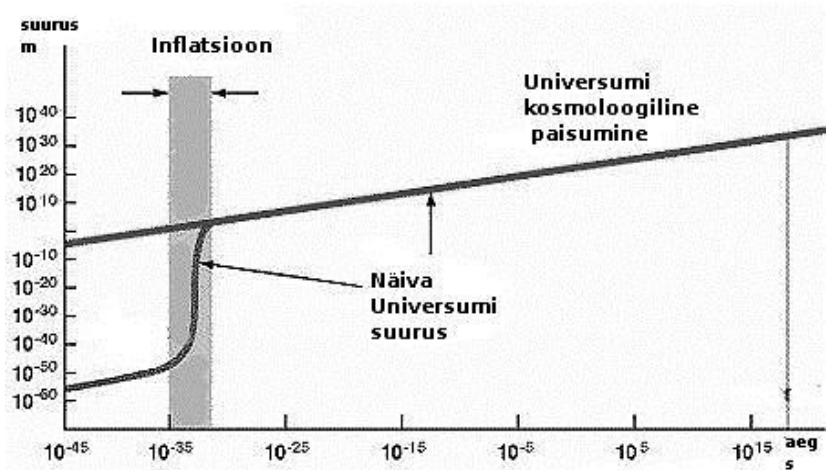
hiiglased, kui kõige suuremal skaalal Universumi suuremastaabilise struktuuris aine jaotuse indikaatorid, pole jaotunud mitte ühtlaselt, vaid hoopiski mesilaskärgedesarnasesse mustrisse. Esimesena märkas seda Tartu Observatooriumi teadlane Jaan Einasto koos Mihkel Jõeveeru ja Enn Saarega juba 1970-ndate teisel poolel. Vaatlusandmete lisandumisel avastati, et suurel skaalal kärgmustrid korduvad ning ka nende jaotus on nähtavas Universumis suunast sõltumata igal pool ühtlane. Galaktikate jaotust suurel skaalal on kujutatud joonisel 2 (vt. LISA).

See kõik oleks väga tore, kui aine ühtlane jaotus ei tekitaks meil Universumi mõistmisega probleeme. Nimelt on Universum teadaolevalt juba piisavalt suur (võttes arvesse paisumiskiirust ning seda, et kõik vastastikmõjud levivad valguse kiirusega), et tema „äärealad“ pole kunagi omavahel gravitatsioonilises kontaktis olnud (loomulikult on päris elus, erinevalt Adamsi „Pöidlaküüdi reisijuhist galaktikas“, vale rääkida Universumi servadest kui sellistest, sest see, mida me näeme, on kõigest vaadeldava Universumi piir ehk kaugus, kust valgus on meieni jõudnud). Mitte-kontaktis olemine tähendab aga seda, et me peaksime nägema erinevaid struktuure, sõltuvalt sellest, kuhu me vaatame, sest kõik struktuurid on tugevalt mõjutatud aine jaotuse väikestest häiritustest varases Universumis, sest gravitatsiooni tõttu kuhjub aine ikka sinna kus teda rohkem on. On väheusutav, et kaks sõltumatut piirkonda arenevad ühtmoodi ja et neis olid algsed juhuslikud häiritused ühesugused. Põhimõtteliselt oleks see sama tõenäoline, et juhul kui paluda kõigil Eesti lastel joonistada elevant ja nad kõik joonistaksid orava. Tagasi kosmoloogia juurde tulles võib tõdeda, et vaadeldes aine jaotust sõltuvana suunast, ei leia me mingeid suuri korrapäratusi. See vihjab asjaolule, et algses ruumis pidid häiritused olema üksteisest sõltuvad; kuna muidu ei oleks võimalik aine statistiliselt ühtlane jaotuse. Arvutades aga Universumi suurust tagasiulatuvalt lähtudes andmetest Universumi paisumise kohta, selgub et varane, nii oluliselt noorema kui ühe sekundi vanune Universum, kus esmased häiritused olid juba tekkinud, oli liiga suur, et eri piirkonnad võiksid omavahel kontaktis olla. Liiatigi võiks ju sel juhul eeldada, et massi koondumine sai juba siis hoo sisse ja jätkub täistuuridel tänaseni. Midagi sellist aga me ei näe isegi rekombinatsiooniaegse Universumi temperatuurijaotuse joonisel ehk ajal, mil tekkisid neutraalsed aatomid (LISA joonis 3). Kuigi võib tunduda, et Universum oli ka oma algusaegadel hierarhilise ainejaotusega, kuid kuna värvide erinevus väljendab üks kümnetuhandik-kraadiseid temperatuuri erinevusi, millest johtub ka, et aine oli väga ühtlaselt jaotunud. Kui me tahame sellist ühtlast jaotust põhjendada gravitatsioonilise koondumisega, sest ühtegi paremat põhjendust meil võtta pole, viitab see, et varem pidid häiritused olema omavahel vastastikmõjus elik seotud.

Teine vaatlustest järelduv põhjus, mis ütleb meile, et kunagi pidi Universum olema põhjuslikult seotud, on Universumi lamedus. Kosmoloogias tähendab mõiste "lame" seda, et kui me peaksime Universumit kaardistama mõne „loomuliku“ koordinaatsüsteemiga, siis peaksime me selleks kasutama kõige lihtsamaid Karteesiuse (Descartes) koordinaate ehk siis kordinaate, kus koordinaatteljed on üksteisega risti ning paralleelsed sirged on igal pool üksteisest samal kaugusel, just sedasama, kõige lihtsamat mida koolis kõik õppisid. Loomuliku kordinaattelje all pean ma siinkohal silmas trajektoori mida mööda valgus liigub. Võrreldes seda aga meie arusaamaga varasest Universumist selgub, et aine jaotuse ebaühtlused pidanuks kasvama oluliselt kiiremini, mistõttu peaks meie Universum olema kõver. Kõver ruum tähendab seda, et võib leiduda kohti, kus paralleelsed sirged, või siis paralleelsed valguskiired lõikuvad. Hea näide väga kõverdunud ruumist on gloobus, kus meridiaanid poolstel lõikuvad. Midagi sellist aga seni Universumi geomeetriat kaardistades täheldatud pole, küll on seda täheldatud üksikobjektide juures, näiteks isegi Päikese juures, kes oma massiga valguskiiri „painutab“. Mõõtmisandmete põhjal võib praegu 99% kindlusega väita, et Universumi ruum on lame. Loodetavasti tulevad 99,9999% kindlusega mõõtmistulemused juba järgmise kümnendi jooksul, kui ilmaruumi saadetakse teele ESA Euclid satelliit.

See viiski 1980-ndatel füüsikud arvamusele, et väga varajases Universumis pidi toimuma valguse kiirusest kiiremini toimuv ruumi paisumine ehk inflatsioon, sest paremat seletust vaatluslikele tulemustele polnud. Esimestena tulid selle peale 1980. aastal Alan Guth ja 1981. aastal Katsuhiko Sato, katsudes lahendada magnetiliste monopoolide puudumise probleemi. Nimelt postuleerisid teoreetilised füüsikud, et varane Universum oli mõjutatud ühe skalaarvälja poolt, mis põhjustas ruumi ülikiiret paisumist. Skalaarväli on selline kummaline moodustis, mis koosneb skalaarosakestest mis on igal pool ja mis annavad endast märku interaktsioonide kaudu teiste elementaarosakestega. Ainus eksperimentaalselt tõestatud skalaarosake on Higgsi boson, millega vastastikmõju annab kõikidele elementaarosakestele massi. Mõistmise muudab raskemaks ka asjaolu, et kui nõ harilikke osakesi me kirjeldame vektoritega st neil on kolm (või neli kui arvestame ka aega) kordinaati, mis nende asukoha defineerivad, siis skalaarosakesel on ainult üks „kordinaat“, aga see eest võib ta igal pool olemas olla. Ruumi paisumine on juba ise üks mõnevõrra keeruline mõiste, mistõttu katsuks ka seda natuke seletada. Näiteks Maa peal tähendaks see seda, et kui Maa paisuks, siis jääksid Tallinna ja Tartu geograafilised koordinaadid samaks, aga maanteel nende vahel tuleks läbida oluliselt rohkem kilomeetreid kui praegused 190. Kui juurde lisada kolmanda mehe, Poola kosmoloogi Aleksei Starobinski töö,

kes arvutas lähtudes üldrelatiivsusteooriast, missugune oli Universumi geomeetria Suure Paugu järel, siis saame kokku enamvähem tänapäevase kirjelduse inflatsioonist, mis on kujutatud ka joonisel 4.



Joonis 4. Vaadeldava Universumi suuruse muutus.

Inflatsioon ise elik põnevik jutu lõpus

Mis siis on see inflatsioon, mis mõjutas meie Universumi arengut 13 miljardit aastat kestnud arengul?

Kujutame ette Universumit, nagu ta oli ajahetkel $\sim 10^{-35}$ sekundit pärast teket. Näiv universum ei ole miljard-miljardiku meetrigi suurune. Põhiliselt koosneb ta ringilendavatest footonitest. Nende intensiivsetest interaktsioonidest tekivad kvark-gluon „supiklombid“. Neist supiklompidest saab kunagi ääretult kauges tulevikus, nii umbes sekundi pärast, omavahel kombineerudes hadronid või siis teisiti öeldes prootonid, neutronid ja kõik teised tuumaosakesed. Lisaks „supiklompidele“ tekib kobaratena ka fermione, nagu elektrone ja neutriinosisid, kus kõigil on väga „kuum“ olla – temperatuur on umbes 10^{27} kraadi, kõigil skaaladel Kelvini, Celsiuse ja isegi Fahrenheidi järgi. Footonite elu on lühike ning nad interakteeruvad pidevalt teineteise „supiklompide“ ja fermionidega. Ainus sõltumatu fundamentaaljõud on gravitatsioon, mis oma Higgsi välja nime kandva skalaarväljaga annab endast parima, et struktuuri moodustada. Selline idüll kestab veel mõne 10^{-35} ndiku sekundi.

Järsku hakkab tööle mingi seninähtamatu skalaarväli – nagu ühest skalaarväljast juba küll poleks. 13,7 miljardit aastat hiljem hakatakse teda inflatsiooniväljaks kutsuma. Erinevalt Higgsi väljast, mis on meile tuttav ning mille laengukandjat Higgsi bosonit isegi CERNis möödunud aastal lagunenuna nägime, on uus väli väga agressiivne ning praegugi veel mõneti mõistatuslik nagu näiteks jutt eestlastest, kes Sigtuna maha põletasid, ainult et inflatsiooniväli on veel mõistatuslikum. Ta „kisub“ Universumit plahvatuslikult suuremaks. Kõik senised häiritused lihtsalt silutakse ära, sest uus väli jagab Universumi materjali igale poole ühtlaselt. Ta käitub justkui negatiivne vaakum, mis ainet igale poole ühtlaselt laiuli surub. Isegi Universumi kiirusrekordihoidjad – footonid ei jõua paisuva ruumiga sammu pidada. Sõber footon -kellega koos loodeti sama gluuoniga põrgata-sentimeetri kaugusel viiakse hoopis kaugemale ja kahel sõbral kaob igasugune lootus kunagi sama elementaarosakesega põrgata. Tekkinud esimesed aineklombid on “solvunud”, sest kogu vaev, mis nähti struktuuri loomiseks, nõ. lendab hetkega sõna kaudses mõttes taevasse: struktuurialged silutakse peaaegu ideaalseks ühtlaseks Gaussi väljaks elik ruumiks, kus kõik häiritused on Gaussi jaotusega üheülbed klombid. Kuna ruum paisub nii kiiresti, ei jõua footonid oma interaktsioonidega teda enam soojendada. Saabub esimene „jääaeg“, temperatuur langeb rohkem kui 100 000 korda, ning siis, sama äkki kui algas, umbes 10^{-32} sekundit hiljem, paisumine lakkab. Kummaliste skalaarosakeste jõud raugab ja nad lagunevad termililisest, kiirates sedasi hulгим uusi footoneid, mis soojendavad Universumi taas 10^{27} kraadi juurde. Maailm on jälle endine ja tuttav, ainult et 10^{40} korda suurem.

Umbes 100 000 aastat hiljem on ruum oma tasase paisumise ja jahtumisega jõudnud niikaugale, et neutriinod pääsevad pidevast interakteerumisest ning tekitavad esimese foon- või siis taustkiirguse, mida kahjuks neutriinoteleskoopide mõõtepiirangute pärast me veel vaadelda ei saa. Sellest omakorda 280 000 aastat hiljem jõuab paisumine sinnamaale, et elektronid, mis satuvad prootonite lähedale, ei suuda prootonite juurest ära lennata ning moodustuvad esimesed vesiniku aatomid. Kuna selle käigus eraldus palju footoneid, siis suudame me sellest hetkest, mida tunneme rekombinatsioonina, ka lõpuks pilti teha, nagu see on näha joonisel 3 (vt. LISA). Veel enne rekombinatsiooni on tume aine, mida on nähtavast massi järgi viis korda rohkem, jõudnud hakata struktuurialgeid looma. Tumeda aine suurematesse klompidesse, mida nimetatakse halodeks tekivad miljardite aastate pärast esimesed galaktikad. Kogu sellest tormilisest ajast $13,8 \pm$ mõned miljardit aastat hiljem, on meil tekkinud hierarhiline Universum, mis tervikuna vaadates on igas suunas ja igast kohast vaadeldes ühtlane ja lame. On tekkinud meie oma kodune ja tuttav Universum.

Kasutatud kirjandus

Gravity: an introduction to Einstein's general relativity / James B. Hartle / San Francisco (Calif.) [etc.] : Addison Wesley, c2003.

Modern cosmology / Scott Dodelson / Amsterdam [etc.] : Academic Press, c2003.

Tiit Sepp (tiit.sepp@ut.ee) – Tartu Observatoorium, Kosmoloogia osakond, Observatooriumi I, 61602 Tõravere. Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, Füüsika Instituut, Tähe 4, 51010 Tartu.

Aeg hüdrogeoloogiliste protsesside mõjurina ja selle arvestamine

Leo Vallner

Põhivõrrandid

Põhjavee oleku peamised vahetult mõõdetavad karakteristikud on rõhk, temperatuur ja ingredientide kontsentratsioon. Nende arvvaartused võivad oluliselt muutuda väga kiiresti, ent ka erakordselt aeglaselt. Näiteks antropogeense, s.t. inimtekkelise plahvatuse poolt tekitatud põhjavee rõhu järsk kasv toimub vaid mõne millisekundi jooksul ja väga suur kogus põhjavett võib avariisituatsioonis reostuda väheste minutitega. Teisest küljest on hüdrogeoloogias tuntud ka geoloogilise aja kestel kulgevad nähtused, nagu sügava põhjavee koostise muutumine mineraalide lahustumise ning advektiooni- ja difusiooniprotsesside tulemusena. Nimetatud äärmuslike juhtumite vahele jäävad meteoroloogiliste tegurite, veehaarete, kuivendussüsteemide, kliima jms. mõjul toimunud muutused, mis kujundavad põhjavee olekut mõnest päevast kuni aastatuhandeteni kestvatel ajavahemikel.

Erinevalt mitmetest teistest loodusteaduslikest distsipliinidest, näiteks paleontoloogiast, saab hüdrogeoloogiliste protsesside kulgu aegruumis küllalt adekvaatselt kirjeldada matemaatilise füüsika detailselt uuritud fundamentaalsete diferentsiaalvõrrandite alusel. Praktika on veenvalt tõestanud, et nende võrrandite lahendite järgi arvatud põhjavee olekud ühtivad piisavalt hästi mõõdetud olekutega *in situ*, kui ainult arvutuste lähteparameetrid on õigesti määratud.

Põhjavee hüdraulilise rõhu h mittestatsionaarset (ajast sõltuvat) ruumilist jaotumust väljendatakse võrrandiga (McDonald & Harbaugh 1996):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

kus K_{xx} , K_{yy} ja K_{zz} on filtratsioonikoeffitsiendi väärtus (dimensioonivalem LT^{-1}) piki ortogonaalseid koordinaattelgi; $h(x, y, z, t)$ on piesomeetriline rõhk [L]; $W(x, y, z, t)$ on hüdrogeoloogilise süsteemi mingi positiivne või negatiivne ajast sõltuv rõhu allikas [T^{-1}]; $S(x, y, z)$ on filtratsioonikeskkonna elastne mahutavus [L^{-1}] ning t on aeg [T], mis võib muutuda vahemikus $0 \leq t \leq \infty$.

Võrrand (1) lahendatakse konkreetsetele rajatingimustele vastavalt, milleks võivad üldjuhul olla ajas muutuv rõhk, rõhu gradient või nende lineaarne kombinatsioon vaadeldava filtratsioonikeskkonna piiiril. Uuritava

ruumi mõõtmel varieeruvad hüdrogeoloogilises praktikas laboriekperimentideks kasutatavatest meetripikkustest filtratsioonitorudest kuni tuhandete kilomeetriteni regionaalsete põhjaveebasseinide uurimisel. Rajatingimuste hulka peab kuuluma ka rõhu jaotumist vaadeldavas piirkonnas ajamomendil $t = 0$ kirjeldav funktsioon $h(x, y, z, 0)$ kui algtingimus.

Mingi põhjavees lahustunud ingrediendi ajast sõltuvat transporti kolmemõõtmelises filtratsioonikeskkonnas kirjeldatakse võrrandiga (Zheng & Bennet 2002; Zheng & Wang 1998):

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\Theta v_i C) + q_s C_s = \frac{\partial (\Theta C)}{\partial t}, \quad (2)$$

kus $C(x, y, z, t)$ on vee lahustunud ingrediendi kontsentratsioon [ML^{-3}]; Θ on filtratsioonikeskkonna poorsus (dimensioonita); x_i on kaugus Cartesiuse koordinaatsüsteemi vastaval teljel ($i=1, 2, 3$); D_{ij} on hüdrodünaamilise dispersioonikoefitsiendi tensor ($j=1, 2, 3$) [L^2T^{-1}]; v_i on vee kiirus kivimipoorides [LT^{-1}]; q_s on negatiivne või positiivne vooluhulga allikas [T^{-1}] ja C_s on ingrediendi kontsentratsioon selles allikas [ML^{-3}].

Võrrandi (2) lahendamiseks on tarvis eelnevalt lahendada sama filtratsioonikeskkonna jaoks võrrand (1), kuna Darcy seaduse järgi

$$v_i = \frac{q_i}{\Theta} = -\frac{K_i}{\Theta} \frac{\partial h}{\partial x_i}, \quad (3)$$

kusjuures K_i on filtratsioonikoefitsiendi tensori komponent [LT^{-1}] ja q_i on põhjavee vooluhulk [L^3T^{-1}].

Nagu võrrand (1) puhul, on ka võrrandi (2) lahendamiseks vaja anda rajatingimustena üldjuhul ajast sõltuv vee ingrediendi kontsentratsioon, selle gradient või nende mõlema kombinatsioon filtratsioonikeskkonna piiril. Algtingimusena on vaja anda vee lahustunud ingrediendi kontsentratsioon arvutuste algmomendil $C(x, y, z, 0)$.

Aja jooksul muutuvat filtratsioonikeskkonna temperatuurirežiimi saab kirjeldada matemaatilise kuju poolest samasuguste võrranditega nagu (1) ja (2). Sel juhul on otsitavateks ja antud funktsioonideks temperatuuride jaotumused ning kivimite karakteristikuteks nende soojusjuhtivus ja -mahutavus.

Kui filtratsioonipiirkonna rajatingimused ja rõhu või ingredientide kontsentratsiooni allikad W ja C_s ajas ei muutu, siis omandavad võrrandite (1) ning (2) paremad pooled väärtuse 0 ning võrrandid väljendavad põhjavee statsionaarset (ajast sõltumatut) voolu- või transpordirežiimi.

Säärane lihtsus võib olla otstarbekas või vajalik erinevate hüdrogeoloogiliste olukordade teatud momendi fikseerimiseks, sh. võrrandite lahendamiseks vajalike algtingimuste kujundamisel.

Ühemõõtmelised lahendid

Võrrandite (1) ja (2) elementaarfunktsioonides avalduvad analüütilised lahendid, mille alusel saab arvutada põhjavee olekut kalkulaatori ning erifunktsioonide tabeli abil, on seni leitud vaid teatud lihtsustatud eelduste puhuks. Kõige enam kasutatud lihtsustusteks on eeldused, et filtratsiooniprotsess kulgeb juhtivuse poolest homogeenses ja isotroopses keskkonnas, sõltudes vaid ühest ruumikoordinaadist ning et rajatingimused on kas ajas konstantsed või muutuvad hüppeliselt (momentselt) või püsiva kiirusega. Hoolimata näilisest ülelihtsustamisest annavad analüütilised ühemõõtmelised lahendid matemaatiliselt korrekse ettekujutuse mitmesuguste parameetrite vastastikusest kvantitatiivsest seostatusest hüdrogeoloogilistes protsessides. Ühemõõtmelised lahendid väljendavad küllalt täpselt põhjavee olekut monoklinaalses lasuvuses suhteliselt vettpidavates kihtides, kus filtratsioon toimub peamiselt vertikaalsuunas. Silinderkoordinaadistikus esitatud ühemõõtmelised lahendid sobivad hästi puuraukudest toimuva põhjaveevõtu toime analüüsimiseks.

Ühemõõtmeline mittestatsionaarne hüdraulilise rõhu jaotumus $h(x, t)$ läbilaskvuse poolest homogeenses ja isotroopses keskkonnas avaldub summana

$$h(x, t) = h(x, 0) + \Delta h(x, t). \quad (4)$$

Siin sõltub $h(x, 0)$ ainult ruumikoordinaadist ja ajas muutuv komponent $\Delta h(x, t)$ avaldub kujul (Rushton 2006)

$$\Delta h(x, t) = H \cdot F(x, t), \quad (5)$$

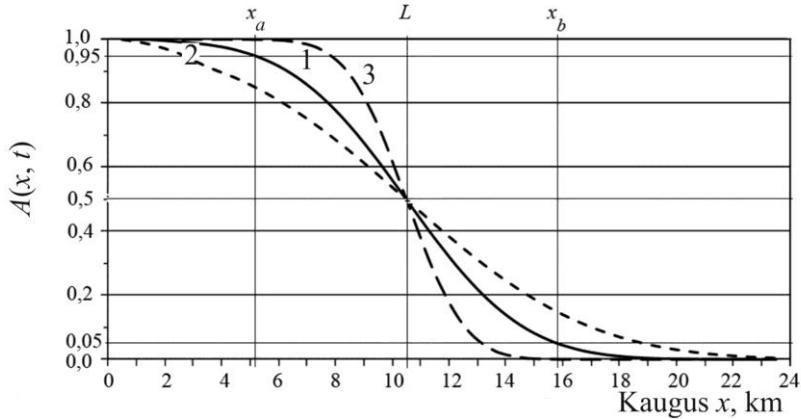
kus $F(x, t) = \operatorname{erfc} \lambda$ on tabuleeritud komplementaarne veafunktsioon ja

$$\lambda = x / 2\sqrt{at} \text{ ning } a = K_{xx} / S.$$

Valemist (5) ilmneb, et mittestatsionaarse filtratsioonirežiimi puhul momentne rõhu suurenemine põhjaveevoolu mingis lõikes tekitab aja kulgedes pideva, kuid allavoolu järkjärgult eksponentsiaalselt väheneva rõhu muutuse.

Põhjavee mingi ingrediendi kontsentratsiooni ühemõõtmelise leviku puhul määrab aeg dispersioonifrondi asendi ja ulatuse. Dispersioonifrondi

all mõistetakse põhjaveevoolu vahemikku (Fetter 1992), kus rajatingimuste tekitatud ingrediendi kontsentratsioon voolu suunas järkjärgult muutub kuni algtingimusega antud kontsentratsioonini (joonis 1). Ajas muutuvate rajatingimuste toimel võib ingrediendi kontsentratsioon põhjaveevoolus nii suureneada kui väheneda.



Joonis 1. Dispersioonifront ja selle parameetrid. 1 – tüüpgraafik koos dispersioonifroni algus-, kesk- ja lõpp-punktiga (vastavalt x_a , L , x_b); 2 – dispersioonifroni kuju pikidispersiooni koefitsiendi α_L suhteliselt suure väärtuse puhul; 3 – dispersioonifroni kuju pikidispersiooni koefitsiendi suhteliselt väikese väärtuse korral.

Käesoleva kirjutise autor on tuletanud valemid mis tahes konservatiivse (keskkonnaga mitte reageeriva) ingrediendi ühemõõtmelise dispersioonifroni $A(x, t)$ parameetrite määramiseks. Seejuures eeldatakse, et säärase ingrediendi kontsentratsiooni muutust on praktiliselt võimalik avastada vaid siis, kui see erineb antud rajakontsentratsioonidest vähemalt 5% võrra.

Vaadeldgem ühemõõtmelist filtratsiooni- ja dispersioonimaduste poolest homogeenst ning isotroopset keskkonda vahemikus $0 \leq x \leq \infty$, kus lõikes $x = 0$ ingrediendi kontsentratsioon omandab momentselt ajas püsiva väärtuse $C_0 [C(0, t) = C_0]$ ja $C(\infty, t) = 0$. Siis kontsentratsioon $C_0 \geq C \geq 0.95C_0$ esineb vahemikus $0 \leq x \leq x_a$, kusjuures dispersioonifroni alguspunkti kauguse x_a voolu lõikest $x = 0$ määrab valem

$$x_a = v_x t - 2.238 \sqrt{\alpha_L v_x t}, \quad (6)$$

milles v_x on valemi (3) alusel arvatud põhjaveevoolu kiirus ja α_L on keskkonna pikidispersiooni koefitsient.

Ingrediendi sisalduse järkjärguline lahjenemine kontsentratsioonilt $C(x_a, t) = 0.95C_0$ kuni kontsentratsioonini $C(x_b, t) = 0.05C_0$ toimub sel juhul dispersioonifronniks nimetatavas vahemikus $x_a \leq x \leq x_b$, kus dispersioonifronni lõpppunktiks on kaugus x_b voolu lõikest $x = 0$:

$$x_b = v_x t + 2.238 \sqrt{\alpha_L v_x t} . \quad (7)$$

Dispersioonifronni kogupikkus L_f on

$$L_f = x_b - x_a = 4.656 \sqrt{\alpha_L v_x t} . \quad (8)$$

Dispersioonifronni keskpunktis $C=0.5C_0$, selle punkti kaugus L lõikest $x = 0$ on

$$L = v_x t . \quad (9)$$

Vastavalt L väärtusele võib dispersioonifront tervikuna asuda kas lähemal või kaugemal voolu alglõikest $x = 0$, ent see kontsentratsiooni muutumise iseloomu ei mõjuta. Dispersioonifronni kogupikkus L_f on võrdeline ruutjuurega pikidispersiooni koefitsiendi väärtusest. Hõlpsasti arvutatavad parameetrid x_a , x_b , L_f ja L sõltuvad kõik ajast. Konservatiivset ingrediendi võib käsitleda kui teatavat trasserit, mille liikumine aitab interpreteerida põhjavee dünaamika probleeme. Üheks sääraseks trasseriks on näiteks hapniku isotoop ^{18}O .

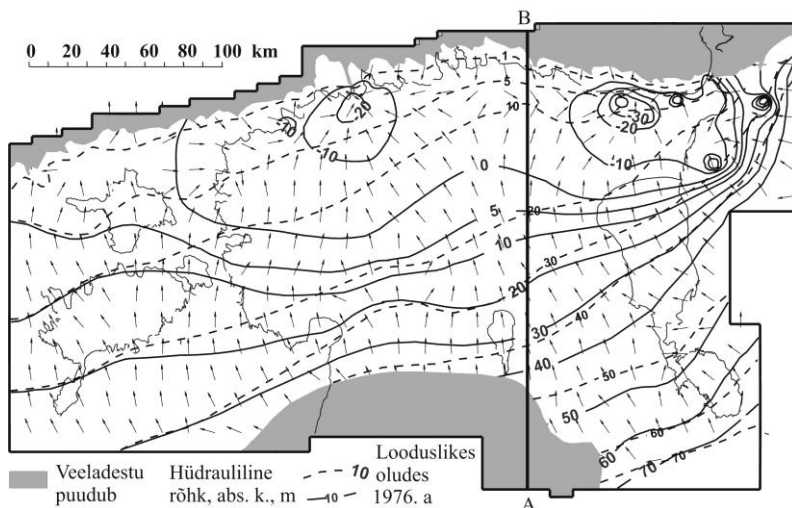
Regionaalsete protsesside modelleerimine

Võrrandite (1) ja (2) ühemõõtmelised analüütilised lahendid, mis väljendavad vaid teatavaid lihtsustatud olusid, ei suuda hõlmata tegelikkuse kogu mitmekesisust. Reaalselt eksisteerivates filtratsioonikeskkondades võivad esineda läbilaskvuse ja dispersiooninäitajate poolest heterogeensed ning anisotroopsed ebaühtlases lasuvuses kihid, kus paljude looduslike või antropogeensete ajas muutuvate rajatingimuste ja allikate toimel liiguvad erineva kontsentratsiooniga lahused. Keerukaid hüdrogeoloogilisi protsesse saab siiski matemaatilisel kirjeldada võrrandite (1) ja (2) kolmemõõtmeliste mittestatsionaarsete numbriliste lahenditega, mille läbiarvutamiseks on digitaalarvutite jaoks loodud rida programmipakette (McDonald & Harbaugh 1984; GMS User 2012; Rambaugh & Rambaugh 2007; Visual MODFLOW 2013, 2012 jt).

Need programmipaketid kujutavad endast sisuliselt mis tahes piirkonna abstraktseid matemaatilisi mudeleid. Pärast abstraktse mudeli laadimist adekvaatse tegeliku andmestikuga tekib konkreetse piirkonna reaalne hüdrogeoloogiline digitaalmudel. Võrrandi (1) numbrilisi lahendeid

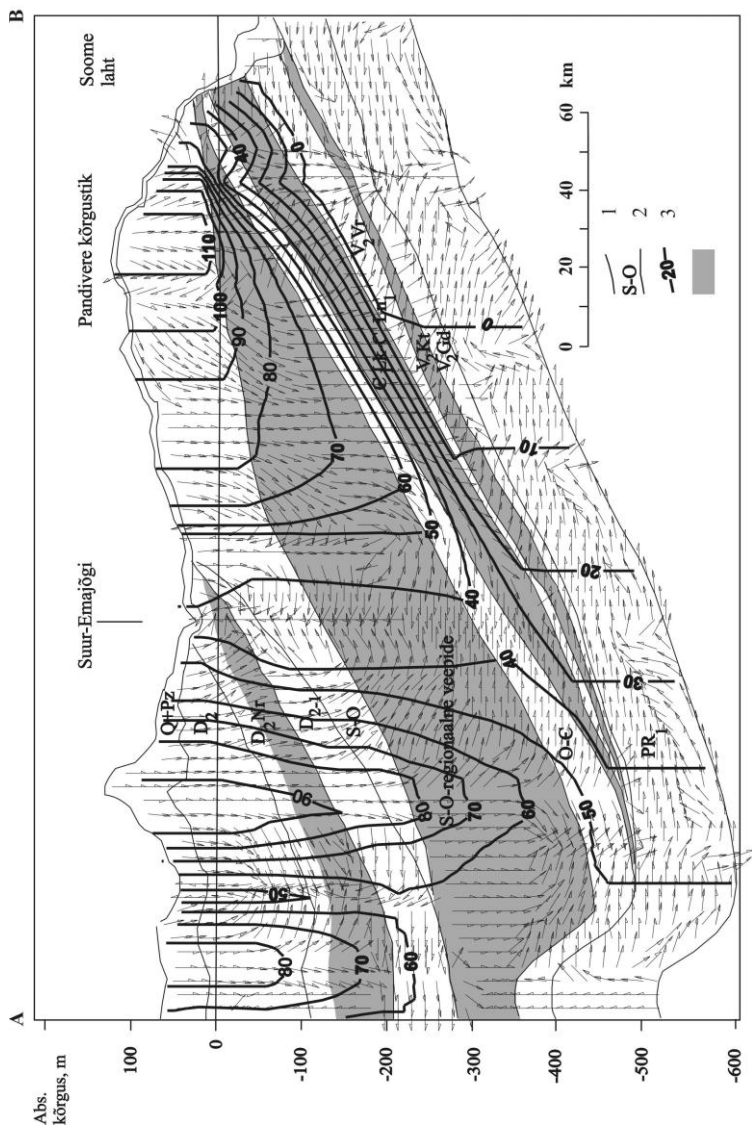
nimetatakse filtratsiooni- ehk voolumudeliteks. Võrrandi (2) lahendid koos nende saamiseks üldjuhul vajalike võrrandi (1) lahenditega on tuntud kui põhjavee transpordimudelid.

Mudelite usaldatavust kontrollitakse kalibreerimisega, mille all mõistetakse neisse sisestatud andmete korrigeerimist nii kaua, kuni mudeli arvutustulemused ühtivad küllalt hästi tegelikkuses mõõdetud põhjavee oleku näitajatega. Loomulikult peavad seejuures andmete parandused jääma reaalsuses esineda võivate väärtuste piiridesse.



Joonis 2. Eesti hüdrogeoloogilise regionaalmodeli ala (astmeline piirjoon) ja modelleeritud rõhk Kambriumi-Vendi veeladestus (isojooned). Nooled näitavad põhjavee liikumise suunda; A–B – hüdrogeoloogilise lõike joon.

Eesti hüdrogeoloogiline regionaalmodel (EHRM) geofiltratsiooni ja põhjavee transpordi uurimiseks loodi aastal 2002 (Vallner 2003, 2002). See mudel haarab Eesti maismaa ja territoriaalmere, Venemaa osad kuni Opolje ning Pihkva meridiaanini, Peipsi-Pihkva järve tervikuna ja Põhja-Läti alasid kuni Asti (Burtneki) järveni, kokku ligikaudu 88 000 km² (joonis 2). EHRM hõlmab kogu põhjaveekihtkonna (joonis 3), kusjuures 22 mudelikihina eristatakse kõik peamised vettandvad ja suhteliselt vettpidavad hüdrogeoloogilise stratigraafia ühikud (Perens & Vallner 1997) maapinnast kuni kristalse vundamendi ülemise 100 m paksuse võõni (kaasa arvatud).



Joonis 3. Põhjavee hüdrauline rõhk lõikel A–B. 1 – põhjaveekihi indeks ja piirjooned; 2 – rõhu isojoon 1976. aastal; 3 – regionaalne veepide. Nooted näitavad põhjavee liikumise suunda.

EHRM kätkeb kogu vajalikku ja representatiivset põhjavee olekut käsitlevat informatsiooni, sh. geoloogilise kaardistamise, proovipumpamiste, vee kvaliteedi, põhjaveevõtu, kaevanduste kuivendamise ning jõgede vooluhulga andmeid. Mudel on detailselt kalibreeritud põhjavee 1976., 1990., 1998. ja 2006. aasta tasemete ning neile vastavate miinimumvooluhulkade järgi hüdrograafilises võrgus.

EHRM-i andmestikku ja tarkvara on aja jooksul pidevalt täiustatud. Praegu moodustab põhitarkvara Visual MODFLOW (2013, 2012). Mudeli abil saab arvutada modelleerimisala põhjaveekihtkonna kõikide punktide jaoks igaks ajamomendiks põhjavee hüdraulilise rõhu, filtratsioonivoolu suuna, kiiruse ja hulga; samuti põhjavee ingredientide kontsentratsiooni, nende transpordivoo suuna, kiiruse ning hulga; võib koostada üksikasjalikke regionaalseid ja lokaalseid vee- ning ainebilansse. EHRM tervikuna ja selle lokaalsed arendused on praktikas toimivaks tunnistatud põhjaveekihtkonna loodusliku seisundi rekonstrueerimise, põhjavee optimaalse eksploatatsioonirežiimi määramise ning reostusainete transpordi analüüsimisega. Seejuures on koostatud rida tegelikult iseseisvaid mudeleid, ent kõik need haakuvad funktsionaalselt EHRM-ga ja täiendavad üksteist vastastikku (Bruin jt. 2006; Gavrilova jt. 2010; Marandi & Vallner 2010; Sørliie jt. 2004; Vallner 2002, 2011).

Paleohüdrogeoloogiliste põhjavee voolu- ja transpordimudelite seeria käsitleb ajavahemikku 22 kuni 0,1 tuhat aastat tagasi (ka. t.), mil mandrijää transgressioonist ja regressioonist tingitud nähtused muutsid kardinaalselt Eesti põhjaveekihtkonna seisundit Hilis-Pleistotseenis ja Holotseenis. Seeria moodustavad käesoleva kirjutuse autori poolt koostatud seitse erinevat, kuid üksteisega arvutuslikult seostatud EHRM-le tuginevat mudelit. Nende mudelite ajapiirid ja üldsituatsioonid on järgmised:

1. 22–20 ka. t., transgreesseeruva mandrijää lõunaserv liigub ligikaudu Ruhnu-Kunda jooneni;
2. 20–18 ka. t., kogu Eesti kattub 2,3 kuni 3 km paksuse jääkilbiga;
3. 18–14,7 ka. t., mandrijää sulab ja ikka veel kogu Eestit katva jääkilbi paksus kahaneb 0,1–2,2 kilomeetrini;
4. 14,7–12,7 ka. t., suurem osa Lõuna-Eestist ja Pandivere kõrgustik vabanevad jääkattest ning kujunevad kohalikud jääpaisjärved;
5. 12,7–10,2 ka. t., Eesti vabaneb täielikult mandrijääst ja moodustub Balti jääpaisjärv;
6. 10,2–4,0 ka. t., Läänemere arengust tingitud veetaseme ulatuslikud kõikumised;
7. 4,0–0,1 ka. t., kaasaegse reljeefi ja intensiivse põhjaveevõtu eelse seisundi kujunemine.

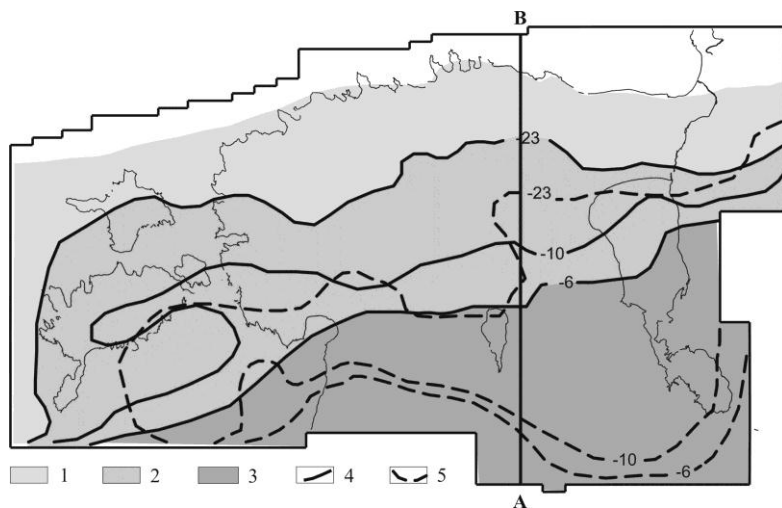
Nimetatud mudelite seeria poolt hõlmatud 22 000 aasta jooksul toimunud põhjavee oleku olulistest teisenemistest on meieni jõudnud vaid nende lõpptulemus, mis avaldub kaasajal registreeritavates põhjavee koostise, taseme jms. andmetes. Säärase informatsiooni kasutatavus paleogeograafiliste olukordade rekonstrueerimiseks pakub tunnetuslikku ja metodoloogilist huvi.

Paleohüdrogeoloogiliste voolumudelite rajatingimused (veekogude piirid ja taseme kõrgused, mandrijää paksused, liikumissuunad, jääserva asendid jms.) seati varasemate geoloogiliste ja paleogeograafiliste uurimuste alusel (Elverhøi jt. 1993; Kalm jt. 2011; Lambeck jt. 2009; Raukas 2009; Raukas & Kajak 1997; Siegert 2001 jt.). See võimaldas määrata rajatingimustest tulenevad põhjavee rõhud, voolusuunad, -kiirused ja -hulgad.

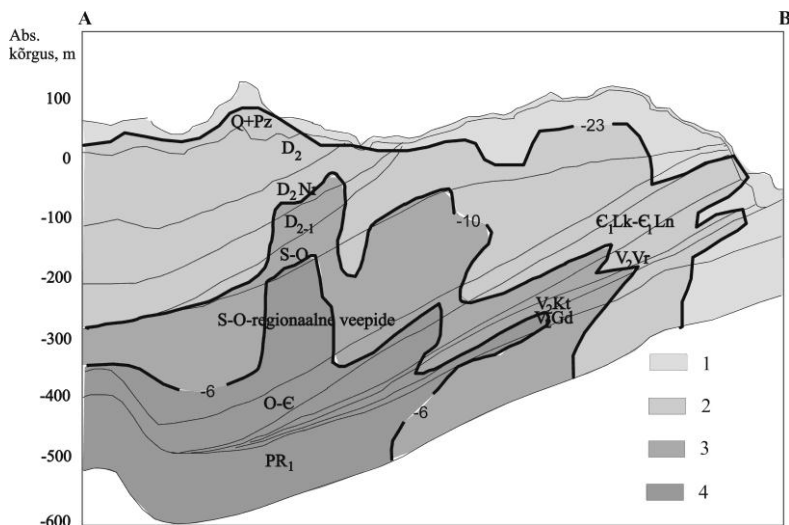
Modelleerimiste usaldusväärsust kontrolliti vees sisalduva ja konservatiivseks trasseriks peetava hapniku isotoobi ^{18}O kontsentratsiooni järgi. Selleks kasutati Eesti kõikide peamiste põhjaveekihtide 185 vaatluspunkti tehtud ^{18}O määranguid (Raidla jt. 2009; Vaikmäe jt. 2008, 2001).

Arvutuste juures eeldati, et enne viimast mandrijää transgressiooni Eesti piirkonda oli siinsete geoloogiliste struktuuride alumises osas ülekaalus süngeneetiline ja ülemises osas meteogeenne põhjavesi, mille ^{18}O suhteline sisaldus $\delta^{18}\text{O}$ oli vastavalt -6 ja -10% . See postulaat seati ^{18}O kontsentratsiooni jaotumuse algtingimuseks. Mandrijää edasilikumisel hakkas selle all tekkinud suhteliselt väiksema ^{18}O sisaldusega jää sulavesi ($\delta^{18}\text{O} = -24\%$) tungima lamavatesse põhjaveekihtidesse. Mandrijää taganemisel tekkis vastupidine protsess – jääst vabanenud aladel taastus atmosfääri sademete vee infiltratsioon vahepeal jää sulaveega täitunud ülemistesse põhjaveekihtidesse.

Erinevat geneetilist tüüpi vete segunemisel nende ^{18}O kontsentratsioonid muutusid (joonised 4 ja 5) ja omandasid lõpuks kaasajal esinevad $\delta^{18}\text{O}$ väärtused. Keerukate segunemisprotsesside reprodutseerimiseks kasutati mittestatsionaarset transpordimodelleerimist. Seejuures võeti eelmise mudeli arvutusaja lõpule vastav ^{18}O jaotumus järgmise mudeli algtingimuseks. Kogu modelleerimise lõpptulemusena saavutati, et lineaarse korrelatsiooni kordaja mainitud 185 vaatluspunkti veeproovide ^{18}O mõõdetud sisalduse ja arvutatud ruumilise jaotumuse vahel oli 0,88. Järelikult võib kirjeldatud paleomodelleerimise kontseptsiooni ja protseduuri koos mudelitesse sisestatud lähteandmetega õigeks pidada.



Joonis 4. ^{18}O suhteline kontsentratsioon $\delta^{18}\text{O}$ (‰) Ordoviitsiumi-Kambriumi veeladestus. 1 – mandrijää sulamisvesi; 2 – mandrijää sulamisvee ja Kvaternarieelse põhjavee segu; 3 – Kvaternarieelne põhjavesi; 4 – $\delta^{18}\text{O}$ väärtuse isojoon 18 ka. t.; 5 – $\delta^{18}\text{O}$ väärtuse isojoon 13,7 ka. t.



Joonis 5. ^{18}O suhteline kontsentratsioon $\delta^{18}\text{O}$ (‰) lõikel A–B 18 ka. t. 1 – mandrijää sulamisvesi; 2 – mandrijää sulamisvee ja meteogeense põhjavee segu; 3 – meteogeense ja Kvaternarieelse põhjavee segu; 4 – Kvaternarieelne põhjavesi.

Loodud paleohüdrogeoloogiliste mudelite seeria annab kvantitatiivse ettekujutuse põhjavee dünaamika ja kvaliteedi kujunemisest Eesti arteesiabasseinis viimase 22 000 aasta jooksul. Niisugune regionaalne rekonstruktsioon kinnitab ühtlasi ka modelleerimiseks kasutatud geoloogilise andmestiku paikapidavust, kuna vastasel korral puudunuks mõõdetud ja arvatud ^{18}O sisalduse rahuldav kooskõla.

Uudse hüdrogeoloogia-alase seisukohana tõestab kirjeldatud paleomudelite seeria, et ^{18}O kui konservatiivse trasseri jaotumust kolmemõõtmelises aegruumis on võimalik vahetult modelleerida vabaturul igäihele kättesaadavate tarkvarapakettide abil (GMS User 2012; Visual MODFLOW 2013, 2012 jt.). See võimaldab paremini mõista ^{18}O kontsentratsiooni ja seda kujundavate mõjurite vahelist seost.

Hüdrogeoloogiliste rakenduste puhul on sageli tarvis prognoosida põhjavee olekut lähemas või kaugemas tulevikus. Keerukates tingimustes on soovitatav vajalikeks arvutusteks koostada sobiv voolu- või transpordimudel, mis tugineb võrrandite (1) ja (2) ajast sõltuvatele numbrilistele lahenditele.

Siinkohal on kohaseks näiteks Kohtla-Järve põlevkivi-poolkoksi prügila ohutustamise probleem. Vastavalt Euroopa Liidu direktiividele otsustas Eesti keskkonnaministeerium tõkestada prügilast väidetavalt leviva põhjavee reostuse. 2012. aastal tasandati prügila pinda ja kaeti see bentoniitmattide ja õhukese tihendatud poolkoksi kihiga, mis pidi takistama sademeteeve prügila kehandisse imbumist. Selle Eesti kõigi aegade kalleima keskkonnakaitselise ürituse realiseerimise käigus hakkas poolkoksis sisalduv kerogeen põlema ja tööd tuli katkestada (Haravee 2012; Niitra 2012).

Keskkonnaministeeriumi tellitud tööde projekt ei tuginenud ühelegi prügilapiirkonna põhjavee seisundi kvantitatiivsele prognoosile. Siiski, juba alates 2004. aastast oli niisuguseid prognoose tehtud põhjavee transpordimodelleerimisega (Sørliie jt. 2004). EHRM-st lähtuva Kohtla-Järve lokaalse transpordimudeliga näidati, et olenemata prügila kattekihist reostunud põhjavee areaal prügila ümber aastaks 2110 märkimisväärselt ei laiene (Vallner 2011). Seega – käivitatud Kohtla-Järve poolkoksiprügila ohutustamise aktsioon pole teaduslikult põhjendatud.

Kokkuvõte

Ajast sõltuvaid põhjavee olekuid väljendavad küllalt täpselt vastavate diferentsiaalvõrrandite lahendid, kui ainult nendesse kuuluvad arvutusparameetrid on õigesti määratud. Põhjaveesüsteemide oleku igasuguste ergastuste toime üldiselt kahaneb aja t möödudes nagu $\exp(-at)$, kus a on filtratsioonikeskkonna parameeter. Säärane muutumine kestab

senikaua, kuni toimub uus ergastus, mille mõju hakkab omakorda aja jooksul vähenema. Erinevate ergastuste mõjud liituvad.

Eesti regionaalse hüdrogeoloogilise mudeli alusel on loodud rida üksteisega arvutuslikult seonduvaid, aja kulgu arvestavaid erimudeleid põhjaveeprotsesside rekonstrueerimiseks minevikus või nende tuleviku prognoosimiseks.

Kasutatud kirjandus

- Bruin de E.F.L.M., Vliegthart F.J.L., Shipper P., Pallo T., Antons P., Botterweg T., Reincke K.J., Boomen van den R., Kotta J., Vassiljev A., Perens R., Vallner L., Kivinukk A. 2006. *Harju sub-river basin district water management plan*. Amsterdam, Tallinn, Ministry of Environment of the Republic of Estonia, Grontmij Nederland bv, ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ECORYS Research and Consulting, Witteveen+Bos, The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe.
- Fetter C. W. 1993. *Contaminant hydrogeology*. New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Gavrilova O., Vilu R., Vallner L. 2010. A life cycle environmental impact assessment of oil shale produced and consumed in Estonia. *Resources, Conservation and Recycling* 55: 232–245.
- GMS User Manual (v8.3). The Groundwater Modeling System 2012.
- Haravee J. 2012. Võim ja raha sõitsid rahvusvaheliselt tunnustatud metsateadlase elutööst traktoriga mürinal üle. *Õhtuleht*, 15. September 2012.
- Kalm V, Raukas A, Rattas M., Lasberg K. 2011. Pleistocene glaciations in Estonia. *Developments in Quaternary Science* 15, doi: 10/1016B978-0-444-53447-7.00008-8 ISSN:1571-0866. Elsevier B. V.
- Lambeck K., Purcell A., Zhao J., Svensson N.-O. 2009. The Scandinavian ice sheet: from MIS 4 to the end of the Last Glacial Maximum. *Boreas* 39(2): 410–435.
- Marandi A. & Vallner L. 2010. Upconing of saline water from the crystalline basement into the Cambrian-Vendian aquifer system on the Kopli Peninsula, northern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences* 59(4): 277–287.
- McDonald M.G. & Harbaugh, A.W. 1996. User's Documentation: MODFLOW-96, An update to the USGS Modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. U.S. Geological Survey Open File Report 96–485.
- Niitra N. Mäkke maetud miljonid. *Postimees*, 31. august 2012, nr 202 (6587).
- Perens R. & Vallner L. 1997. Water-bearing formation. In: Raukas A., Teedumäe A., (toim.). *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Tallinn, Estonian Academy Publishers, pp. 137–145.
- Raidla V., Kirsimäe K., Vaikmäe R., Jõelet A., Karro E., Marandi A., Savitskaja L. 2009. Geochemical evolution of groundwater in the Cambrian-Vendian aquifer system of the Baltic Basin. *Chemical Geology* 258: 219–231.
- Ramabough J.O. & Ramabough D.B. 2007. *Guide to using Groundwater Vistas: version 5*. Environmental Simulations, New York.
- Raukas A. 2006. Evolution of the theory of continental glaciation in northern Europe. In: Grigelis A, Olroyd D (toim.), *History of Quaternary geology and*

- geomorphology, Abstracts of papers, INHIGEO Conference, 28-29 July 2006, Vilnius, Lithuania, 47–50.*
- Raukas A. & Kajak K. 1997. Ice ages. In: Raukas, A., Teedumäe, A. (toim.). *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Tallinn, Estonian Academy of Publishers, 256–262.
- Rushton K.R. 2006. *Groundwater hydrology*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- Sørliie J.-E., Bitjukova L., Sæther O.-M., Rudolph-Lund K., Kahru A., Vallner L., Petersell V., Razgonjajev A., Põllumaa L. 2004. *Estonia, the oil shale industry. Risk based environmental site assessment of landfills*. Oslo, Norwegian Geotechnical Institute.
- Vaikmäe R., Kaup E., Marandi A., Martma T., Raidla V., Vallner L. 2008. The Cambrian-Vendian aquifer, Estonia. Edmunds, W. M. & Shand, P. (toim.). *The natural baseline quality of groundwater*. Blackwell Publishing, 175–189.
- Vaikmäe R., Vallner L., Loosli H.H., Blaser P.C., Julliard-Tardent M. 2001. Paleogroundwater of glacial origin in the Cambrian-Vendian aquifer of northern Estonia. In: Edmunds, W. M., Milne, C. J. (toim.) *Paleowaters in coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene*. Geological Society, London, Special Publications, 189, 17–27.
- Vallner L. 2011. *Punktreostuse mõju mudelid. Projekti lõpukoolituse ja lõpuseminari materjalid. Jätkusuutlik põhjaveeseire süsteem Ida-Viru maakonnas*. Tartu, Keskkonnaministeerium, Tartu Ülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Geoloogiakeskus, 48–60.
- Vallner L. 2003. Hydrogeological model of Estonia and its applications. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology* 52(3): 179–192.
- Vallner L. 2002. *Eesti hüdrogeoloogiline mudel*. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus.
- Visual MODFLOW Classic user's manual. 2012. Waterloo, Schlumberger Co.
- Visual MODFLOW Flex user's manual. 2013. Waterloo, Schlumberger Co.
- Zheng C. & Bennett G.D. 2002. *Applied contaminant transport modeling*. NY, John Wiley & Sons, Inc.
- Zheng C. & Wang P.P. 1998. MT3DMS. *A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*. Documentation and User's Guide. Vicksburg, Waterways Experiment Station US Army Corps of Engineers.

Leo Vallner (vallner@gi.ee) – Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn.

Aluspõhjaliste settekihtide geoloogiline 3D-modelleerimine ja hinnang Kirde-Eesti geoloogilisele potentsiaalile

Stefan Rautenberg ja Thomas Schmitz

Antud töö eesmärk on Maa-ameti ja Darmstadt'i Tehnikaülikooli vahel sõlmitud koostööprojekti raames luua kolmemõõtmeline mudel Kvaternaari-eelsetest setetest, et anda hinnang Kirde-Eesti geoloogilisele potentsiaalile. Selleks kasutati programme ArcGIS 10.0, Paradigmi GOCAD ja SKUA 2011. Uuritav ala (LISA joonis 1) asub laiuskraadidel 59°15' kuni 59°38' N ja pikkuskraadidel 24°45' kuni 28°12' E. Ala on jagatud enam-vähem kaheks ühesuuruseks osaks, et kiirendada modelleerimise protsessi. Lääneosa koosneb Eesti baaskaardi Kiviõli, Rakvere, Kadrina, Karepa ja Võsu ning idaosa Narva, Sillamäe ja Kohtla-Järve lehtedest.

Vastavalt Maa-ameti geoloogilistele kaartidele ja läbilõigetele koosneb uuringuala aluspõhi (Kvaternaari-eelne läbilõige) kristalliinest aluskorrast ja sellel lasuvatest Neoproterosoikumi, Kambriumi ja Ordoviitsiumi aegsetest settekivimitest. Uuritava ala idaosas esinevad aluspõhja läbilõike ülemises osas Devoni setted. Kristalliinse aluskorra moodustavad Paleo- ja Mesoproterosoilised metamorfid ja intrusiivsed kivimid. Paleosoikum on enamasti esindatud lubjakivi, dolokivi ja mergli ning aleuoliidi, argilliidi ja liivakividega (Maa-amet, 2013). Kuna kivimikihid on kallutatud lõuna suunas, on nende paksus väga varieeruv, samas on Kvaternaari setete paksused kogu uuritaval alal kõigest veidi enam kui mõne meetri paksused. Rannikualadel, uuringuala põhjaosas on Ordoviitsiumi setted täiesti erodeeritud, siin asub märkimisväärne lubjakivipaljand – Balti Klint. Kogu uuringuala katab ulatuslik murrangute võrgustik. Kirde-Eestis asuvad savidiapiirid – Vaivara Sinimäed on omapärane geoloogiline kurioosum. Diapiirid kerkivad Kambriumaegsest aluspõhjast ning nende päritolu ei ole siiani selge (Vahter jt. 2013). Sinimäed on 3D-modelleerimisel tõsiseks väljakutseks.

Autori poolt väljatöötatud mudel põhineb Maa-ametilt saadud andmetel, sisaldades rohkem kui 20 000 puuraugu andmestikku, erinevaid digitaliseeritud geoloogilisi kaarte ja mitmeid läbilõikeid kogu uuritavalt alalt. Lisaks kasutati Gomez ja Xu (2013) kogutud LiDAR andmekogu, millel põhineb nende digitaalne kõrgusmudel. Digitaliseeritud kujundifailidena on ära toodud info murrangute võrgustiku kohta, samuti sügavusinfo. Antud info kasutamiseks tuli andmestik viia kujule, mida GOCAD on võimeline töötleva. Kuna tarkvara põhineb peamiselt Malleti (1989) loodud DSI (*Discrete Smooth Interpolation*) algoritmil, mis kasutab pinna loomiseks punktide ühendamist, on levinuim viis andmestikku

käsitleda nn. *PointSet* kujul. Näiteks digitaalse kõrgusmodeli (DEM) LiDARi andmestik konverteeritakse punktideks, lahutades mudeli paljudeks pisikesteks rakkudeks (*cells*), mille kese on kirjeldatud punktina ning x-, y- ja z-väärtustega. Tulemuseks saadakse detailne ühispunktide kogum (*Multipoint Set*) AscII-faili vormis (LISA joonis 2). Läbilõikeid saab importida 2D-piltidena ning GOCADis kuvada ArcGIS programmi SHP (*shapefile*) formaadist saadud koordinaate kasutades, kus on võimalik kihid digitaliseerida nn. hulkjoonte või kõveratena, mis on põhimõtteliselt lõikudega ühendatud punktiread (LISA joonis 3). Need kõverad on tähtsad infoallikad kivimkehade kaldenurkade ja -suundade ning paksuste kohta.

Tegekkuses oli töö puuraukude andmestikuga üsna keerukas. Meie käsutuses oli suur hulk infot : puurimise asukoht, absoluutne kõrgus (kõrgus üle merepinna), aluspõhja ja kristalliinse aluskorra lasuvate pindade absoluutsed kõrgused. Kristalliinse aluskorra lasuv pind ühtib kogu uuritava ala ulatuses Paleoproterosoikumi pealispinnaga. Arvestades aluspõhja avavate puuraukude asukoha erosiooniastet jagati nad esmalt erinevate sügavustasemetega alusel (s.t. milliseid kivimkehasid puurauk läbis). Seejärel kasutati aluspõhja geoloogilist kaarti, et korrigeerida puuraukude andmeid kaardil avanevate kivimkehade järgi (LISA joonis 4).

Järgmiseks koondati kõik ühte aluspõhjalisse kivimkehasse ulatuvate puuraukude andmed ühte AscII-faili ning loodi GOCAD-is andmekogu, mis sisaldab puurauku kujutist maapinnal, puuraukude telgjoont ja nn. markereid, mis näitavad puuraugus kirjeldatud kihistute lamavate ja lasuvate pindade sügavusi. Kaevumarkerid teisendati hiljem samuti punktideks. Järgmise sammuna kasutati eeltöödeldud andmestikku mudelile kõigi vajalike pindade interpoleerimiseks. Seega on GOCADi suurimaks eeliseks juba eelmainitud DSI algoritm – see võimaldab oma interaktiivsuse tõttu ühelt poolt mudeli omadusi ja geometriat sisaldavat interpolatsiooni, ning teiselt poolt luua silutud mudeli. Kui punktid on korrektselt loodud, suudab tarkvara kogu suures ja väga mitmekülgses andmehulgas, mis sisaldab nii täpseid kui ka ebatäpseid andmeid, info tähtsust hinnata.

Täpne info peaks olema paika pandud kui nn. kontrollsõlm, mis püsib interpolatsioonil liikumatult paigal; samas iga ebatäpne infoühik peab olema defineeritud kui kontrollpunkt, mida kirjeldab liikuv vektor, et võimaldada tarkvaral neid punkte interpolatsioonil lühikese lõigu võrra liigutada. Selle tulemusel luuakse iga kivimkeha esialgsed lasuvad pinnad ja digitaalne kõrgusmodel (LISA joonis 5).

GOCADiga saab modelleerida ka rikkeid. Neid saab kirjeldada kui pindu, mis loodi, lihtsustades need vertikaalseteks riketeks ning kasutades nende sügavust ja nende levikut kivimites kõvera kujul. GOCADiga loodud pindu kasutati edasises töös tarkvaraga SKUA. Kuigi see tarkvara on GOCADiga üsna sarnane, pakub see erinevaid töökaske. Kasutades nn.

Struktuuri ja Stratigraafia töökäsku, koondati seni eraldi loodud pinnad, et luua kogu mudelile ühtne geoloogiline võrgustik.

Hoolimata detailsetest andmetest, tulevad mudeli lähemal vaatlusel välja mõned ebatäpsused või tarkvara väärad interpolatsioonid. Seega, säilitamaks geoloogiliselt väljapeetud mudelit, tuleb vead käsitsi parandada. Loomulikult võib tulevikus mudelit oluliselt täiendada. Võrgustikku saab lisada rohkem infot, et näidata kivimkihtide hulka ja levikut kolmemõõtmelises ruumis.

*Artikli tõlkisid inglise keelest Kairi Ehrlich ja Karin Truuver.
Tõlke korrektoori teostas Ivo Sibul.*

Kasutatud kirjandus

- Gomez S. 2013. Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil. Rmt.: Verš E., Nemliher R., Amon-Veskimeister L., Truuver K., Ehrlich K. (toim.) *Aeg. Schola Geologica IX*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk. 41–42.
- Maa-amet 2013. Eesti Geoloogilise digitaalkaardistamise (möötkavas 1:50 000) juhendi seletuskiri, Maa-amet, Tartu.
- Mallett J.-L. 1989. Discrete Smooth Interpolation. *ACM Transactions on Graphics* 8(2): 121–144.
- Vaher R., Miidel A., Raukas A. 2013. Structure and origin of the Vaivara Sinimäed hill range, Northeast Estonia. *Estonian Journal of Earth Science* 63(3): 160–170.
- Xu S. 2013. Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil. Rmt.: Verš E., Nemliher R., Amon-Veskimeister L., Truuver K., Ehrlich K. (toim.) *Aeg. Schola Geologica IX*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk. 43–45.

Stefan Rautenberg (stefan_hermann.rautenberg@stud.tu-darmstadt.de) – Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittpahnstraße 9, 64287 Darmstadt.

Thomas Schmitz (thomas_martin.schmitz@stud.tu-darmstadt.de) – Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittpahnstraße 9, 64287 Darmstadt.

Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil

Shirin Gomez

Käesolev uuring on üks osa projektist, mis viidi läbi Darmstadt Tehnoloogiaülikooli Rakenduslike Geoteaduste Instituudi ja Eesti Maa-ameti koostööna. Uuringu eesmärgiks oli tuvastada liustikulisi pinnavorme ning nende alusel potentsiaalseid liiva- ja kruusaleiuukohti Kirde-Eestis (LISA joonis 1), kasutades Maa-ametist saadud LiDARi andmestikku.

Viiekümne kaardilehe digitaalse kõrgusmodeli (DEM) kokkuliitmisel koostati maapinna reljeefimudel, mida analüüsiti programmiga ArcMap 10. Loodi mitu reljeefimodeli kaardipilti (nt. *Hillshade, Slope, Curvature*), mis kombineeriti LiDAR kõrgusmodeliga glatsiaalsete vormide visuaalseks esiletoomiseks ja tuvastamise lihtsustamiseks. Uuringu üldised tulemused ühilduvad hästi juba olemasolevate kaardiandmetega. Esinenud väiksematest erinevustest tuleb juttu allpool. Hoolimata kaartide võrdlemisel ilmnevatest erinevustest, toob uuring välja LiDARi andmestiku kasutamise eelised pinnavormide tuvastamise ja kaardistamise kiiruse näol. Välitööd ja kogunud silm on siiski samuti vajalikud, eriti tulemuste interpreteerimisel ebaselgete kohtade või andmestiku vasturääkivuste korral.

Oosid

Oosid olid uuringualal kõige kergemini tuvastatavad pinnavormid (LISA joonis 2). Uuringuala läänesektoris tuvastati kaheksa oosi, millede pikkused varieerusid umbes 30 kilomeetrist (suurim oos uuringualal) 4 kilomeetrini. LiDAR-i kõrgusmodelil tuvastatud oosid ühildusid hästi olemasolevatelt kaartidelt ja kirjandusest (Rattas 2005; Karukäpp 2005; Rattas & Kalm 2004) leitud oosidega; mõningad ebaolulised erinevused ilmsid nende laiuses, pikkuses ja asukohas. Näiteks uuringuala suurima, Pikasaare–Tapa–Viitna–Ohepalu oosi pikkuseks määrati LiDAR-i kõrgusmodeli põhjal 31 kilomeetrit, kirjandusandmete järgi on selleks 40 km. Tulemuste võrdlemisel Eesti glatsiotektoonilise kaardi (Rattas & Kalm 2004) ja Eesti geoloogilise baaskaardiga ilmsid ooside ja mõhnade identifitseerimisel samuti mõned erinevused: nt. mõned alad, mida (selles uuringus) seostati mõhnadega, olid geoloogilisel baaskaardil kirjeldatud oosidena (vt. LISA joonis 3–4).

Mõhnad

Kirjanduses (Karukäpp 2005; Karhima & Raukas 2007) on Põhja-Eesti oose kirjeldatud kui positiivseid pinnavorme, mida katavad tihti sulglohud ja mis esinevad sageli koos mõhnade, astangute või orgudega. Selline

kirjeldus ühtib mõhnade ja sulglohkude leidudega, mis näivad uuringualal koonduvat ümber ooside. Uuringuala mõhnad on enamasti koondunud kolme peamisesse piirkonda (LISA joonis 2): Viitna ja Pikasaare oosid (pilt a) ligikaudse suurusega 43 km², Neeruti oos (pilt b) ligikaudse suurusega 21 km² ning Mõdriku ja Võlumäe–Linnamäe oosid (pilt c) ligikaudse suurusega 56 km². Pildil (c) kujutatud ala oli ebaselge. Esialgu näis, et selles piirkonnas levib otsamoreen, kus tõenäoliselt leidub ka vooi või ooside kogumeid; need aga ei ühtinud liustiku servaasenditega ega liustiku üldise liikumissuunaga. Rattase (2007) esitatud Kirde-Eesti ooside ruumilise leviku ja morfoloogia kaardi järgi koosneb see ala mõhnadest ja sulavešetetest. Võrdluses geoloogilise baaskaardiga tulid välja erinevused mõhnadena kirjeldatud aladel: näiteks alad, mis märgiti selles uuringus mõhnadeks ei olnud mõhnadeks märgitud geoloogilisel baaskaardil ja vastupidi.

*Artikli tõlkisid inglise keelest Karin Truuver ja Hanna Raig.
Tõlke korrektuuri teostas Ivo Sibul.*

Kasutatud kirjandus

- Karhima A. & Raukas A. 2007. *Ice Shaped Landscapes in Estonia and Southern Finland*. MTU GeoGuide Baltoscandia, 31 p.
- Karukäpp R. 2005. Eskers in the periphery of their distribution in North Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Geology* 54(1): 26–39.
- Rattas M. 2005. Subglacial Drainage System Under and East-Baltic Weichselian Ice Stream: Distribution of Eskers and Tunnel Valleys in Estonia. *International Field Symposium on Quaternary Geology and Landforming Processes. 4–9 September 2005*.
- Rattas M. 2007. Spatial Distribution and Morphological Aspects of Eskers and Bedrock Valleys in North Estonia: Implications for the Reconstruction of a Subglacial Drainage System under the Late Weichselian Baltic Ice Stream. Presented in *Applied Quaternary Research in the Central part of Glaciated Terrain, Special Paper 46*, 63–68. Geological Survey of Finland.
- Rattas M. & Kalm V. 1999. Classification and areal distribution of glaciotectionic features in Estonia. *Geological Quarterly* 43(2): 177–182. Warszawa.
- Raukas A. 2004. Application of OSL and Be Techniques to the Establishment of Deglaciation Chronology in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Geology*. 53(4): 267–287.
- Raukas A. & Teedumäe A. (eds.) 1997. *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn. 436 pp. ISBN 9985-50-185-3.

Shirin Gomez (shirin.gomez@gmail.com) – Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittspahnstraße 9, 64287 Darmstadt.

Glatsiaalsete pinnavormide eristamine Kirde-Eestis LiDARi andmestiku abil

Shaajuan Xu

Käesolev uuring on osa projektist, mis viidi läbi Darmstadt Tehnoloogiaülikooli Rakenduslike Geoteaduste Instituudi ja Eesti Maa-ameti koostöona. Uuringu eesmärgiks oli Maa-ametist saadud LiDARi andmestiku abil tuvastada glatsiaalseid pinnavorme Kirde-Eestis. Glatsiaalsete pinnavormide paremaks visualiseerimiseks loodi LiDAR kõrgusmudelist varjutusega reljееfkaardi (ShadedRelief) ja varjutuspildi (Hillshade) kihid ning need kombineeriti omavahel. Saadud kaardimudeli abil tuvastati uuringuala idaosas kuus eri tüüpi liustikutekkelist pinnavormi. Käesolevas artiklis käsitletakse kolme peamist ala nende erinevate glatsiaalsete pinnavormidega.

Ala 1 – Kurtna

Kurtna ala kõige tähelepanuväärsemad pinnavormid esinevad selle idaosas. (LISA joonised 1 ja 4). Seal asub ümbritsevast reljееfist eristuv, isoleeritud ja ebahütlase pealispinnaga terrass. Pinnavormi vasakpoolne serv tõuseb ümbritsevast maapinnast järsult 10-meetri kõrgusele ning selle parempoolse serva kõrgus ümbritsevast on 5 meetrit. Terrassi mõlema külje nõlvakallakus on peaaegu 90 kraadi. Terrassi parempoolne serv on kaetud liigestatud voolujälgedega. Serva kuju vastab kunagise liustikuserva asendile: kui liustik püsis paigal, siis jää jätkas tagantpoolt ette liikumist, kuhjates enda ette üha uut purdmaterjali ning selle tulemusena löi vaadeldava ala ümbritsevast kõrgemaks (Grotzinger & Jordan 2010). Seega saab terrassi serva järgides kindlaks teha liustiku serva asendi.

Eeltoodust tulenevalt võib kirjeldatud terrassi defineerida otsmoreenina, mis asus vahetult tollase liustikuserva taga. Tänapäeval asuvad terrassi peal sõllijärved. Terrass-otsmoreeni vasakul küljel asuvad ümbritsevast veidi kõrgemad sirge, lineaarse struktuuriga vallid, mis paiknevad maastikul gruppidenä koos (mõned neist asuvad teistest 7 kilomeetri kaugusel), asetledes üksteisega paralleelselt. Kirjeldatud valle käsitletakse voortena.

Ala 2 – Kalina

Kalina (ala 2) piirkonnas on oosid kitsa ja sirge kujuga, mis teeb nende leidmise küllaltki lihtsaks (LISA joonised 2 ja 4). Uuringuala idasektiooni pikim oos on umbes 10,4 km pikk ning sellel on umbes 4,5 km pikkune

haru. Pikima oosi läheduses asub mitmeid lühemaid oose. Tihti on kaks oosi ühinenud üheks – nagu kaks ühinevat vooluteed.

Ala 3 – Sirtsu

Glatsiotektoonilisel kaardil (Rattas & Kalm 2010) paikneb Sirtsu alal puudulikult dateeritud liustikuserv. Varjutusega reljeefkaardi kihil eristub selgelt pinnavorm, mis sarnaneb ülalmainitud liustikuserva asendile (LISA joonised 3 ja 4). Kõnealune voolujälgedega kaetud pinnavorm on umbes 9 km pikk ning sellel on näha ümbritsevast alast 3–5 m kõrgemaid valle. Seda pinnavormi järgides on leitud uus liustikuserva asend. Liustikuserva asendit ümbritsev ala on ebahütlase pinnaga ja künklik, mistõttu seda piirkonda võib pidada katkendliku/hajutatud servamoodustise piirkonnaks.

Arutelu

Võrreldes LiDARi andmestiku järgi tuvastatud pinnavorme glatsiotektoonilise kaardi (Rattas & Kalm 2010) ja Maa-ametist saadud geomorfoloogilise kaardi (GM_Landform) järgi leitudetega, ilmneb selgelt eristuvate ja silmapaistvate pinnavormide puhul nende kolme andmestiku hea ühilduvus. Näiteks on pikim voor defineeritud kõikjal üheselt (LISA joonis 4). Samuti paigutuvad väiksemad pinnavormid, näiteks oosid, nendel kaartidel samadesse kohtadesse (nt. hästi dateeritud liustikuserva asendi ümbrusesse).

Andmetes on siiski ka palju erinevusi. Hästi dateeritud liustikuserva asendi läheduses olev ebatasane ala on LiDARi andmestiku alusel määratud otsmoreeniks, Maa-ameti geomorfoloogilise kaardi alusel aga glatsiofluviaalseks mõhnaks. Sirgala ja Narva karjääridest põhja poole jääb palju väikesi künkaid. Need on LiDARi andmete põhjal kirjeldatud kui mõhnastik, Maa-ameti geomorfoloogilise kaardi andmete põhjal kui künklik moreentasandik ja glatsiotektoonilisel kaardil kui liustiku poolt ümber paigutatud aluspõhjakiivid.

Peamised erinevused kolme kaardi vahel ilmnevad liustikuserva asendite aladel. Glatsiotektoonilisel kaardil kaardub hästidateeritud liustikuserva asend kirdesse, kuid LiDARi andmestiku põhjal kaardub see loodesse. Puudulikult dateeritud liustikuserva asendi alal on väikesed laialipillutatud künkad LiDARi andmete alusel kirjeldatud otsmoreenina, Maa-ameti geomorfoloogilise kaardi andmete alusel aga moreenikünka ja seljandikuna. Lisaks on eelmainitud moreentasandik palju suurem kui moreenikünka ja seljandiku ala Maa-ameti geomorfoloogilisel kaardil. Väljatoodud erinevusi peaks edaspidiste uuringutega lähemalt vaatlema.

Käesolev uuring toob välja LiDARi andmestiku kasutamise eelised liustikuliste pinnavormide määramisel. LiDARi andmestiku abil eraldati välja suur hulk nii vaevumärgatavaid kui silmatorkavaid pinnavorme. Siiski ei pretendeeri need järeldused puhtale tõele ning neid tuleks täiendada välitööde ja edasiste uuringutega.

*Artikli tõlkisid inglise keelest Karin Truuver ja Hanna Raig.
Tõlke korrektuuri teostas Ivo Sibul.*

Kasutatud kirjandus

Grotzinger J. & Jordan T.H. 2010. *Understanding Earth (6th edition)*. New York.
Rattas M. & Kalm V. 2010. Glaciotectonic deformation patterns in Estonia. *Geological Quarterly* 48(01): 15–22.

Shaojuan Xu (sjuan.xu@gmail.com) – Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittspahnstraße 9, 64287 Darmstadt.

Aeg, ajaarvamine ja kalendrid muistses Mesopotaamias

Vladimir Sazonov

Aeg. Mida me selle all mõistame? Aeg on alati mänginud ja mängib tohutut rolli meie elus. Ilma ajata poleks inimkonda, Maad ega Universumi. Kõik, mis toimub, toimub ajas ja ruumis. Need on banaalsed tõed.

Minu kui ajaloolase jaoks on ajal eriline tähtsus ja koht. Milline sündmus, kus ja millal see toimus – küsib ajaloolane alati. Võib öelda, et aeg mängib ajaloos lausa kesksel rollil, aeg on ajaloo osa. Lisaks, ajalugu ju koosnebki sõnadest „aeg“ ja „lugu“.

Eriala, millega ma tegelen, nimetatakse Vana Lähis-Ida uuringuteks või assürioloogiaks (vt. lähemalt Espak & Sazonov 2013). Iga assürioloogi jaoks omab aeg erilist tähendust, kuna ta tegeleb kauge minevikuga, mis jääb eelkristlikku ajastusse. Kuid oluline on see, et mitte ükski Vana Lähis-Ida spetsialist ei saa teha tööd ilma kahe asjata – dateerimisteta ja kronoloogiateta. Ehk jällegi jõuame me „aja“ mõiste juurde.

Kronoloogia ja dateerimine assürioloogias

Kogu muistse Sumeri tsivilisatsiooni ajalugu võib dateerida erinevalt, kasutades erinevaid kronoloogiasüsteeme ja dateeringu meetodeid. Tänapäeva assürioloogia kohaselt on Mesopotaamia ajaloo (s.h. ka Sumeri) dateerimisel aktsepteeritud kolm, koguni neli erinevat kronoloogiat: pikk, keskmine, lühike ja ülilühike (kronoloogiate kohta vt. Depuydt 2008; de Martino 2004; Pruzsinsky 2004; Sassmannshausen 2004). Inglise keeles nimetakse neid kronoloogiad järgmiselt: *long chronology*, *middle chronology*, *low or short chronology* ja *ultra-low chronology* (Zeeb 2004).

Kronoloogiate üksteisesse suhestumise heaks näiteks on kuningas Hammurapi valitsemisaastate erinevus sõltuvalt kasutatavast kronoloogiast. Pika kronoloogia kohaselt valitses Vana-Babüloonia kuningas Hammurapi aastatel 1848–1806 e.Kr., keskmise järgi aastatel 1792–1750 e.Kr., lühikese kronoloogia järgi aastatel 1728–1686 e.Kr. ning ülilühikese kronoloogia kohaselt valitses Hammurapi koguni aastatel 1696–1654 e.Kr. (Espak & Sazonov 2005). Seega on pika ja lühikese kronoloogia järgi leitud valitsemisaegade vaheks 128 aastat. Enam-vähem absoluutse täpsusega daatumeid Mesopotaamia ajaloo kohta saab esitada alles II aastatuhande lõpust ning päris täpselt juba I eelkristlikul aastatuhandel aset leidnut sündmuste kohta. Siia maani ei ole leitud lahendust III ja II eelkristliku aastatuhande alguse ajaloosündmuste täpseks dateerimiseks. Erinevate sumeri tekstide dateerimisega on tegelenud TÜ orientalistika vanemteadur Peeter Espak (vt. näiteks Espak 2009).

Ajaarvamine ja dateerimine muistses Lähis-Idas

Kuidas siis käis ajaarvamine ja dateerimine muistses Lähis-Idas? Meie ajaarvamine tänapäeva lääne kultuuriruumis algab Jeesus Kristuse sünnist, ida ja teistes kultuurides on see teisiti. Modernses Lähis-Idas on moslemitel ajaarvamine teine kui lääne traditsioonidega riikides ja see algab meie mõistes 16. juulist 622. aastal (Juliuse kalendri järgi) ehk *hidžrast* (vt. Waines 2003, lk. 35); kuupäevast, mil esimesed moslemid eesotsas prohvet Muhammadiga kolisid Mekkast Medinasse. Kui meil on hetkel aasta 2013, siis moslemid on jõudnud alles aastasse 1434.

Oma ajaarvamine ja kalendrid on samuti hiinlastel, hindudel, Aafrika hõimudel, erinevatel usunditel nagu zoroastriididel jne. Kalendrid olid olemas muistsetel egiptlastel, sumeritel, babüloomlastel, kreeklastel, roomlastel, keltidel, germaanlastel, maiadel, inkadel, asteekidel ning veel väga paljudel rahvastel ja kultuuridel, keda kõiki siinkohal loetleda ei jõua. Peatume vaid Mesopotaamia rahvaste kalendritel ja nende poolt kasutatud ajaarvamise süsteemil, ja sedagi väga põgusalt.

Muistses Mesopotaamias olid kasutusel oma ajaarvestamissüsteem ja kalendrite süsteemid. Aega arvestati valitseva kuninga ametiaja järgi ning aastaid ei dateeritud hoopiski mitte numbritega, vaid mingi aasta tähtsama sündmusega. See võis olla näiteks mingi eriti tähtis tegu, ehitustöö või sõjakäik, mille kuningas oli ise ette võtnud. Erialateadlased nimetavad neid dateeringuvormeliteks. Dateeringuvormelid on lühikesed informatiivsed tekstid, mis on koostatud eesmärgiga dateerida mingi kindla sündmuse toimumine. Näiteks Akkadi kuninga Sargon I (2334–2279 e.Kr.) (Akkadi kuningate kohta vt. Sazonov 2007) dateeringuvormel *D-5 Sargon 4* on järgmine: *mu Ma-ri^{ki} hul-a* – „aastal pärast seda, mil Mari (linn/riik) oli hävitatud” (FAOS 7, lk. 50). Veel ühe näitena võiks tuua 23. sajandil e.Kr. valitsenud Akkadi kuningas Narāmsu’eni (Farber 1983) dateeringuvormelitest (*D-9*), mis kõlab nii: „Aasta pärast seda, kui Narāmsu’en Maridabani hävitas” (FAOS 7, lk. 51).

Selliseid dateerimisvormeleid kasutati ka ametlikes dokumentides tehingu toimumise aja fikseerimiseks. Dateeringuvormelite järgi saab esmalt kindlaks määrata rohkelt ajaloosündmusi, mis realselt aset leidsid. Samuti on sel moel võimalik panna paika erinevate valitsejate ning dünastiate valitsemisperioodide pikkused. Kuna erinevates linnriikides olid kasutusel erinevate valitsejate järgi erinevad dateerimissüsteemid, on vahel väga raske täpselt Lähis-Ida III eelkristliku aastatuhande kronoloogiat kindlaks määrata.

Järgnevalt veel mõned näited dateerimisest muistses Mesopotaamias. 1932. aastal e.Kr. haaras Lõuna-Mesopotaamias asuvas väikeses, aga strateegiliselt väga tähtsas Larsa linnriigis võimu amoriit Gungunum (1932–

1906 e.Kr.), kes oli tõenäoliselt teeninud varem Isini kuninga Lipit-Ištari ametnikuna. Seejärel hakkasid amoriidid järk-järgult oma võimu alla haarama ülejäänud Mesopotaamiat. Auahne ja ambitsioonikas Gungunum kuulutas ennast peagi „Sumeri ja Akkadi kuningaks“ (IDV I: 317-318). Tema oligi esimene Larsa valitseja, kes kasutas isiklikke dateerimisvormeleid, nagu näiteks *mu Gungunum* – sumeri keeles tõlgituna see tähendab: “Gungunumi aasta”, mis tähistas tema võimuletulekut.

Kuningas Hammurapi (1792–1750 e.Kr.) ajal, kes valitses Babüloonia (Jaritz 1964) ja löi Vana-Babüloonia suurriigi, oli kasutusel sama süsteem. Pärast Hammurapi surma käis tema poolt loodud suurriik alla (Hammurapi kohta vt. Klengel 1999). Tema järglased olid enamasti kahvatud ja nõrgad isiksused. Mainimist vääriks ehk vaid üks neist – Ammi-saduqa (1646–1626 e.Kr.), kes valitses alumises Mesopotaamias, ülemist Mesopotaamiat ta enam ei kontrollinud. Ammi-saduqa kaheksandal valitsusaastal, 1639. aastal e.Kr. toimus tähtis astronoomiline sündmus – planeet Veenuse tõus. Sellele tänapäeval täpselt dateeritava astronoomilisele sündmusele on teadlased üles ehitanud Mesopotaamia 3. ja 2. aastatuhande kronoloogia (IDV I: 415-416).

Anatoolia aladelt tulnud hetiidid vallutasid Babüloni 1595. aastal e.Kr. ja tegid lõpu Hammurapi dünastiale, millega lõppes Vana-Babüloonia periood. Babüloonia pääsesid võimule võõrvallutajad kassiidid, hetiiitide liitlased (Bryce 2005, lk. 98; Mayer 1995, lk. 167). Hetiidid olid muistne indoeuroopa päritolu rahvas, kes III eelkristliku aastatuhande II poolel vallutas peaaegu terve Anatoolia ning löi tänapäeva Türgi ning Põhja-Suuria aladel omapärase tsivilisatsiooni. Kassiitide ajal ei kasutanud kuningad enam iga aasta kindlaks määramiseks dateeringuvormeleid ega koostanud dateeringuormeliste nimekirju, nagu seda tegid nende eelkäijad, Sumeri, Akkadi, Isini, Larsa ja Vana-Babüloonia valitsejad. Juba hilisemal ajal koostatud Kassiidi kuningate nimekiri koos numbritega, mis tähistasid nende valitsemisaastaid, on väga ebatäpne ja sisaldab rohkelt vigu (IDV I: 416).

Kassiidi kuningate valitsemisaastaid saab ligikaudse täpsusega määrata alles alates 15. või 14. sajandist e.Kr., toetudes nende kuningate kirjavahetusele Egiptuse vaaraodega, Aššuri linna valitsejatega ja Hetiidi kuningatega. Kuid see informatsioon ei võimalda täpse kronoloogia paikapanemist. Kirjavahetust analüüsides on võimalik teada saada vaid seda, milline Kassiidi kuningas valitses teatava Egiptuse vaarao või Hetiidi kuningaga samaaegselt. Kassiidi kuningas Burnaburiaš II (1363–1335 e.Kr.) valitsemisaeg on esimene, mida saab kindlatele allikatele tuginedes enam-vähem täpselt määratleda. Kesk-Babüloonia Kassiidi valitsejatest on teada, et (Kassiidi) kuningas Agum II, kes oli võimul 16. sajandil e.Kr ja kelle valitsemisaega dateeritakse ligikaudu aastatel 1595–1571 e.Kr., kontrollis

suuri territooriume Lõuna-ja Kesk-Mesopotaamias, kuid mereäärsed alad Pärsia lahe piirkonnas jäid tema võimu alt välja (IDV I: 416-419).

Nagu näha, sõltuvad Vana Lähis-Ida uurijad oma uuringutes arheoloogiliste meetodite kõrval suurel määral muistsete valitsejate enda dateeringutest, samuti astronoomilistest sündmustest (nt. päikesevarjutus ja Veenuse tõus 1639. aastal e.Kr.) ning paljudest teistest faktoritest ja asjaoludest. Mitte viimasel kohal ei asu selles loetelus ka muistsed kalendrid ja kalendrisüsteemid.

Mesopotaamia kalendrid ning nende roll erinevates rituaalides

Kalendrite järgi oli muistses Mesopotaamias üleshitatud terve elu ja need mängisid väga tähtsat rolli mitte ainult põllumajanduses, vaid ka sõjanduses ja religioonis. Näiteks olid suurimad religioosed pidustused ja rituaalid (vt. nt. Sachs 1969; Kramer 1969) seotud kalendriga. Väga oluline oli Sumeris ja Akkadis Nippuri linn, mis oli sumerlaste ja akkadlaste kõige püham linn, nõ „muistne Vatikan“; seega oli Nippuri kalendril suur mõju ja roll terves Lõuna-Mesopotaamias (vt. lähemalt Емельянов 1999).

Nippuri kalendri järgi jagunes aasta kaheks perioodiks ehk poolaastaks. Esimest poolaastat nimetati sumeri keeles E₂.ME.EŠ (tuntud samuti kui E₂.MEŠ) ja akkadi keeles *ummatu*, mis tähendas „palavus“, ehk siis aasta palavam osa. Teine poolaasta oli sumeri keeles EN.TE.EN (või EN.TE.NA) ja akkadi keeles *kuššû* – „külm“ (Емельянов 1999, lk. 45).

Iga poolaasta alguses toimusid uue aasta pidustused ehk sumeri keeles ZA₃.MU ja akkadi keeles *akītu*. Samuti olid olemas aastaajad nagu meilgi – kevad, suvi, sügis ja talv. Näiteks jumal Enlili aastaaeg vastas suvele, jumal Enki aastaaeg aga talvele (Емельянов 1999, lk. 45).

Kõiki kuid siinkohal vaatlema ei hakka, peatume ülevaate saamiseks vaid mõnel neist.

Nippuri kalendri esimene kuu kandis sumeri keeles nimetust BARA₂-ZA₃-ĜAR ja see vastab meie märtsile-aprillile. Iraagis on see suhteliselt soe kuu, minimaalne temperatuur on 12°C ja maksimum võib olla 29°C. Sel ajal sulab mägedes lumi ja sajab vihma, mõnikord on äikest. Sel kuul toimusid Uue Aasta pidustused (Емельянов 1999, lk. 47–56). Teine kuu kandis nimetust GU₄-SI-SU₃/SA₂, mis vastas meie mõistes aprillile-maile. Temperatuur oli juba tõusnud, maksimaalselt võis olla kuni 34°C, minimaalselt 19°C. See on Tigriise ja Eufrati jõgede suurvee tippaeg, aeg, mil valmib oder (*še-gu-nu*), mis oli külvatud veebruaris. See on „GU₄-SI-SU₃/SA₂ pidustuse kuu“ (Емельянов 1999, lk. 56–71). Neile järgnesid neljas, viies, kuues kuu jne. Kokku kaksteist kuud nagu meilgi.

Oma kalender ja sellega seotud tavad, pidustused jne. olid igas linnriigis. Kui esile hakkasid kerkima esimesed tsentraliseeritud suurriigid

nagu Akkadi impeerium, Uus-Sumeri suurriik, Vana-Babüloonia kuningriik jt., tegid nende valitsejad katseid kalendrit unifitseerida. Terves riigis sooviti sisse viia ühtne kalender ning tõrjuda välja lokaalsete linnriikide kalendrisüsteemid – teisisõnu sooviti „aeg“ ja „ajaarvamine“ oma kontrolli alla võtta.

Ühe esimese taolise katse maailma ajaloos tegi Akkadi impeeriumi rajaja Sargon I (24. sajandil e.Kr.). Luues võimsa Akkadi impeeriumi ja allutades oma kontrolli alla linnriigid ja nende administratsiooni, alustas Sargon unifitseerimispoliitikaga, mis oli omane piiramatutele valitsemissüsteemidele koos selge bürokraatliku ülesehitusega. Sargoni poliitika nägi sealhulgas ette ühtset kaalusüsteemi (eelkõige odra ja hõbeda jaoks) ning samuti ühise kalendri sisseviimist terves impeeriumis (Емельянов 2003a, lk.77).

Kalendrite roll Uus-Sumeri riigis

Järgnevalt vaatleme mõningate näidete varal kalendritesüsteemi olulisust. Muiste Lähis-Ida kalendrite uurija M. E. Cohen kirjutab (Cohen 1993, lk. 4)

„The Sumerian term for 'year', usually twelve lunar cycles, sometimes thirteen, was MU; the Akkadian term was *šattu*, *šnt* at Ugarit, and *šānā* in Hebrew. The inhabitants of Mesopotamia referred to these years by designating the number of the regnal year of a leader or king or by assigning each year a name based upon an event of the past year or at the beginning of the current year. The term for 'month' was ITI in Sumerian, *arhu* in Akkadian, *yrh* at Ugarit, and *yerah* or *hōdeš* in Judah and Israel.“

Kalendrikuud Mesopotaamias kestsid 29 või 30 päeva ja olid seotud kuufaasidega. Kokku tegi see aastas 354 päeva (Cohen 1993, lk. 4). Näiteks oli Drehemi linna kalender Sumeri kuninga Amar-Su'ena ajal (21. sajandil e.Kr.) kuupõhine, selles oli 12 kuud (Cohen 1993, lk. 5) ning igal kuul oli oma nimetus. Kõige varasem teadaolev kalendrikuu (III eelkristliku aastatuhande keskpaik) pärineb Lõuna-Mesopotaamiast, kohast nimega Fara (muistne Šuruppak) ja see kandis nimetust ^{iti}a-DU-gir₅^{ku} – M.E.Cohin'i sõnul „*the month being named for a fish of either economic or cultic significance during the month*“ (Cohen 1993, lk. 8–9).

Mesopotaamia ametlike dokumentide ühed huvitavamad osad kujutavad endast nn. ohverdusnimekirju. Neis on loetletud erinevatele jumalatele toodud ohvriannid ning kuna ohverdamisid toimusid mingi kindla kultusliku kalendri ja jumaluste hierarhia kohaselt, on need muistse Mesopotaamia uurimise seisukohast ülioluliseks allikaks. Ohverdusnimekirjad aitavad mõista muistse Lähis-Ida eri linnriikide

jumalate panteonide ülesehitust, kuid ka dateerimise seisukohast võib neil olla mõnikord oluline roll.

Miks vaatleme siinkohal just Uus-Sumeri riiki? Esiteks, kuna antud valdkonna uurimine on tohutult mahukas, siis me valime välja näitena vaid Uus-Sumeri riigi, sest see on ajastu, millest on säilinud piisavalt allikaid; kuigi peatume siinkohal vaid mõningatel aspektidel.

Teiseks, uurida kalendri rolli despootlikus Uus-Sumeri riigis ehk Ur III ajastul (2112–2004 e.Kr.) on olnud üks olulisi ja raskemaid teemasid Vana Lähis-Ida uuringutes. Võib lausa väita, et kultuslik kalender oli üks kesksemaid Uus-Sumeri riigi toimimiseluseid, selle riikliku ideoloogia ja religiooni üks lahutamatu osa. Perioodi nimetatakse Ur III ajastuks seetõttu, et sel perioodil oli pealinnaks ehk poliitiliseks keskuseks Lõuna-Iraagi aladel asuv Uri linn. Kuna Uris oli eelnevalt kerkinud esile kaks dünastiat, siis sai see periood erialakirjanduses Ur III dünastia ja vastavalt Ur III ajastu nimetuse.

Ur III ajastu kultuslikku kalendrit on uurinud Müncheneri Ludwig-Maximiliani Ülikooli professor Walther Sallaberger (Sallaberger 1993) ja ka teised mainekad uurijad. Uus-Sumeri ehk Ur III kõige tuntum ja võimsam valitseja oli kuningas Šulgi (valitses aastatel 2093–2046 e.Kr.), kes austas väga religioosseid pidustusi ja rituaale ning lähtus oma tegevustes kalendrist. Šulgi peaaegu pool sajandit kestnud valitsemisajaga algas Sumeris poliitiline ja kultuuriline renessanss, mis jättis märgatava mõju kogu Uus-Sumeri riigile, kuid kajastus ka hilisemates ephhides ja mõjutas mesopotaamlaste mitmeid põlvkondi (Sazonov 2008; Klein 1995).

Šulgi mängis tähtsat rolli mitte ainult riigi poliitikas ja ideoloogias, vaid ka riiklikes kultustes ja templipoliitikas. Religiooni, riikliku ideoloogiat ning poliitikat ei saa Mesopotaamias selgelt eristada, sest need olid omavahel tihedalt seotud ja lahutamatud. Seetõttu oligi kuningas Šulgi nii Sumeri kui Akkadi piiramatute võimuga kuningas, olles samal ajal ka ülempreester, seadusandja, kohtumõistja ja lisaks ka ehitaja. Šulgi andis käsu uute templite ehitamiseks ja vanade renoveerimiseks ning kontrollis seda tegevust. Ta osales aktiivselt rituaalides ja oma riigi religioosses elus, olles kalendritega hästi kursis. Näiteks üks tähtis pidustus toimus sügiseti (oktoober–november) Tummali linnas, kus asus jumalanna Ninlil peamine pühamu (Tummali kohta vt. Sazonov 2013). Jumalanna Ninlil oli sumerite peajumala Enlil abikaasa. Sügiseti sõitsid nad koos Nippuri linnast laeva juurde, mis asus Tummali pühamu läheduses. Päev pärast pidustusi läks jumalik paar tagasi Nippurisse, mis kindlustas kuningale ja kogu riigile soodsa saatuse uuendamise (Westenholz & Sallaberger 1999; vt. ka “Šulgi ja Ninlil bargas” – Black jt. 2006, lk. 113–116).

Muidugi oli taolisi pidustusi ja riitusi Uus-Sumeri riigis palju ning tähtsad nii kuningavõimu legitimeerimise kui riigi heaolu, kuninga ja rahva edaspidise eksistentsi jaoks.

Alates umbes oma 31. valitsemisaastast kanti Šulgi käsul Uri linna kalendrisse uus, kaheksas kuu. See oli Šulgi-nimeline kuu. Selle nimetus oli iti-ezen-^dŠul-gi – „jumaliku Šulgi kuu“ (Sallaberger 1993, lk. 197; Емельянов 1999, lk. 108). See fakt tõestab, et hiljemalt 30. valitsemisaastal tõsteti Šulgi jumaliku isiku seisusesse ja see näitab, kuidas Sumeri kuningas kasutas kalendrit ära oma võimu legitimeerimise ja propaganda huvides. Šulgi järglane, poeg Amar-Su'ena (valitses aastatel 2045–2038 e.Kr.) seadis Umma linnas, mis asus Lõuna-Sumeris, sisse uue omanimelise pidustuse ja kuu nimetusega „Amar-Su'eni pidustused“ – Ezem-^dAmar-^dSu'ena. See oli kalendris seitsmes kuu (Sallaberger 1993, lk. 197). Järgmise Uus-Sumeri kuninga Šu-Su'eni (valitses 2037–2030 e.Kr.) valitsemise ajal tekkis sarnane Šu-Su'eni kuu nimetusega Ezem-^dŠu-^dSu'en („Šu-Su'eni pidustused“) (Sallaberger 1993, lk. 252).

Nagu eelnevast on näha, olid rituaalid ja religioossed pidustused seotud kalendriga, olles nende lahutamatuks osaks (vt. nt. Емельянов 2003b; Емельянов 2009; Hooke 1958; Fleming 2000; Holloway 2002). Näiteks olid eriti olulisteks rituaalideks Uue Aasta pidustused. Suurt rolli mängisid ka sõjalised rituaalid (vt. Bahrani 2008; eriti sõjakas Assüüria impeeriumis I eelkristlikul aastatuhandel), erinevad valitsejaga seotud rituaalid (nagu Uus-Sumeri kuninga kroonimine või tuntud kroonimisrituaal Assüürias; Klein 1991, lk. 292–313; assüüria rituaale vt. Müller 1937) ning paljud muud pidustused ja rituaalid. Enamik neist olid seotud jumalatega või pühendatud neile.

Uue Aasta rituaalid Mesopotaamias ja Anatooolias

Kõige tähtsam rituaal Mesopotaamias oli ilmselt Uue Aasta rituaal, tuntud kui *Akītu*-festival. See oli kuninga introniseerimisrituaal. Stsenaarium muutus aegade jooksul mõnevõrra, kuid sisu jäi samaks. II eelkristlikul aastatuhandel Anatooolias (praegustel Ida-, Kesk- ja Lõuna-Türgi aladel) elavad hetiiidid nimetasid uus-aasta rituaali *purulli*-pidustusteks (Beckman 1997; Gurney 1958, lk. 106–107). Hetiidi Uue Aasta pidustused leidsid kajastust väga olulises hetiidi müüdis *Illujanka ja Tešub* (Sazonov 2011). Rituaalsed *purulli* pidustused, nagu kirjeldatud müüdis *Illujanka ja Tešub* olid II eelkristlikul aastatuhandel väga levinud Hetiidi kuningriigis ja neil oli väga suur tähtsus terve Hetiidi kuningriigi jaoks.

Märkimisväärne on see, et *purulli* pidustused oli kuninglik kevadine uue aasta festival. Selle vasteks Mesopotaamias oli samuti kevadel

toimunud uue aasta *Akītu* festival, mis toimus erinevates linnades, mh. Babülonis *nisannu* kuul (märtsis–aprillis). Peamine tegelane *Akītu* festivalil oli muidugi kuningas ise (Holloway 2002, lk. 71). Uue aasta *Akītu* pidustused olid Mesopotaamias kuningavõimu jaoks üks tähtsaimaid rituaale, kuna see kinnitas tema kuninglikku staatust iga uue aasta alguses.

Sumeris ja muistses Isinis asus *Akītu* ajal troonile sõjakas jumal Ninurta (ülalmainitud peajumala Enlili poeg), Babüloonias aga jumal Marduk (Babüloonia peajumal), Assüürias assüürlaste peajumal Aššur jne.

Marduki kroonimisest jumalate kuningaks on juttu Babüloonia loomiseeposes *Enuma eliš* (Kämmerer & Metzler 2012). Eeposes esineb koletise tapmise motiiv, kus Babüloonia peajumal Marduk tapab naissoost ürgolendi Tiamati, keda samastatakse kurjusega (Annus 2003, tahvel IV, read 59–122, lk. 42–46). Babüloonlaste arvates võitles Babüloni kuningas kurjusega – kaitses oma rahvast kurjuse eest (nt. demonite pealetungi ja võõrvallutajate eest). *Enuma eliš* tähendus Mesopotaamia teoloogia jaoks oli äärmiselt suur, kuna aitas legitimeerida Marduki peajumalaks saamist, tema kroonimist kõikide jumalate kuningaks ja rõhutas Marduki tähtsust ning võimsust. Kuna valitseja oli Marduki soosik, tema asehaldur ja vahel vaadeldi Babüloni kuningat lausa kui Marduki maapealset kehastust, oli sellel teosel ka suur tähtsus kuningavõimu eksistentsi jaoks. Uue Aasta pidustustel, igal kevadel, ajal mil Babüloonias sai kuningas taas jumalate kinnitust, et ta on kuningas ja et tema valitsemine kestab ka edaspidi, deklameerisid Babüloni preestrid *Enuma eliš*'it.

Kuningat samastati muistses Lähis-Idas jumalaga, näiteks Assüürias peeti kuningat peajumala Aššuri asehalduriks. Assüüria kuningas oli samastatud „kosmilise inimesega“ ja ta oli kõikvõimsa jumala Aššuri reinkarnatsioon maa peal (Parpola 2000, lk. 190: „In the first place, it identified him with the „cosmic man“ and thus implied that he was the human incarnation of the almighty God, Aššur“). Tuntud soome assürioloog prof. Simo Parpola kirjutab (Parpola 2000, lk. 192):

As a „perfect man“, the king was not only God in human form, whose government represented the „kingdom of heaven“ upon earth; he was the very cornerstone of man’s salvation. As we shall see, he was presented in Assyrian ideology as a child of God – in this case represented by the goddess Ištar, the mother aspect of Aššur, rather than Aššur himself – and his appointed role was that of the “good shepherd” leading humans to the right path as servants of God.

Taalisi rituaale ja pidustusi Mesopotaamia, Süüria, Palestiina ja Anatoolia kultuuriruumis oli sadu või lausa tuhandeid, kuid siinkohale me neid rohkem ei käsitle.

Kokkuvõte

Aeg on alati olnud oluline, nii ka muistsetes kultuurides. Ajaarvamine ja dateerimine mängisid suurt rolli, rääkimata kalendrist, millega oli seotud kogu kultuslik elu, aga ka templite, paleede ja linnade rajamine, kuningate sõjad jne. Kalendrid ja kalendripidustused olid nii tähtsad, et see võis mõjutada terve riigi ja selle rahva elu.

Näiteks on teada, et Hetiidi kuningas pidi alati osalema *purulli* pidustustel, kuna sellest võis sõltuda kogu tema kuningriigi heaolu. Allikatest on teada, et Hetiidi suurvürst Muršili II (valitses 1339–1306 e.Kr.) peatas isegi ühe väga tähtsa sõjaretke selleks, et tulla tagasi Hattušasse, Hetiidi impeeriumi pealinna, ja osaleda seal kevadistel *purulli* pidustusel (Haas 1994, lk. 184).

Nagu näha, sõltus kogu muistse Lähis-Ida elu paljuski kalendrist. Kalendris oli fikseeritud pööripäevade ja jõgede üleujutuste toimumisajad. Jõgedest nagu Niilus, Tigris, Eufraat jne. sõltus kogu muistse Lähis-ida regioon – Mesopotaamia, Egiptuse, Anatoolia ja Palestiina inimeste eksistents. Kalendrid omasid seega väga suurt tähtsust muistse mesopotaamlase või egiptlase jaoks, aga ka preesterkonna ja kuninga ehk valitseva kihi jaoks, aidates neil hallatavat riiki kontrollida ja valitseda. Teadagi on iga kalendri, olgu see päikese, kuu või mõni muu loodusnähtuse järgi seatud kalender, aluseks ikka ja jälle „aeg“.

Tänuõnad

Käesolev artikkel valmis Eesti Teadusfondi grantide 8669 ja 8993 toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Annus A. (tõlk.) 2003. *Enuma eliš: Babüloonia loomiseepos*. Kirjastuskeskus, Tallinn.
- Bahrani Z. 2008. *Rituals of War. The Body and Violence in Mesopotamia*, Zone Books, New York.
- Beckman G. 1997. *The Storm-God and The Serpent (Illuyanka)*, The Context of Scripture, *Canonical Compositions from the Biblical World*, (toim.) Hallo, W.W. volume 1, Brill, Leiden-New York-Köln, 150–151.
- Black J., Gunningham G., Robson E. & Zólyomi G. 2006. *The Literature of Ancient Sumer*. Oxford University Press, Oxford – New York.
- Bryce T. 2005. *The Kingdom of The Hittites*. New Edition. Oxford University Press, New York.
- Cohen M.E. 1993. *The Culctic Calendars of the Ancient Near East*. CDL Press, Bethesda, Maryland.

- Depuydt L. 2008. Ancient Chronology's Alpha and Egyptian Chronology's debt to Babylon. - *From the Banks of the Euphrates*. Studies in Honor of Alice Louise Slotsky, ed. by Micah Ross, Eisenbrauns, Winona Lake, Indiana, 35–50.
- Espak P. & Sazonov V. 2005. *Idamaise despotismi lätted: kuningavõim muistses Sumeris ja Akkadis*. *Horisont* 5, 34–41.
- Espak P. & Sazonov V. 2013. *Orientalistikast Tartus ja Eestis üldisemalt*. *Kirik & Teoloogia*, 26. juuli 2013 (<http://kjt.ee/2013/07/orientalistikast-tartus-ja-eestis-uldise-malt-2/>), viimane külastus 8.9.2013.
- Espak P. 2009. *Sumeri kuningate nimekirja dateerimisest*. *Usuteaduslik Ajakiri* 2(59), 53–63.
- FAOS 7 = Gelb I.J. & Kienast B. 1990. *Die altakkadischen Königsinschriften des Dritten Jahrtausends v. Chr.* Freiburger Altorientalische Studien, 7 Stuttgart: Franz Steiner.
- Farber W. 1983. Die *Vergöttlichung Naramsins*, *OrNS* 52, 67–72.
- Fleming D.E. 2000. *Time at Emar, The Cultic Calendar and the Rituals from Divier's Archive*. *Mesopotamian Civilizations*, 11, General Editor: Cooper, J.S., Eisenbrauns, Winona lake, Indiana.
- Gurney O.R. 1958. *Hittite Kingship, rmts: Myth, Ritual and Kingship, Essays on the Theory and Practice of Kingship in the Ancient Near East and in Israel*, (toim) Hooke, S.H. Oxford University Press, At the Clarendon Press, Printed in Great Britain, 105–121.
- Haas V. 1994. *Geschichte der hethitischen Religion*. *Handbuch der Orientalistik*. Erste Abteil. Der Nahe und Mittlere Osten. Hrsg. von H. Altenmuller et al. Bd. 15. Leiden, New York: E. J. Brill.
- Holloway S.W. 2002. *Aššur is King! Aššur is King! Religion in the Exercise of Power in the Neo-Assyrian Empire*, *Culture and History of the Ancient Near East*, (toim.) Halpern, B. Weippert, M.H.E., Hout, Th. Ph. J.Van den, Winter, I. Volume 10, Brill: Leiden-Boston-Köln.
- Hooke S.H. (toim.) 1958. *Myth, Ritual and Kingship, Essays on the Theory and Practice of Kingship in the Ancient Near East and in Israel*, Oxford University Press, At the Clarendon Press, Printed in Great Britain.
- Jaritz K. 1964. *Babylon und seine Welt*, Francke Verlag, Bern und München.
- Klein J. 1991. The Coronation and Consecration of Šulgi in the Ekur (Šulgi O), *Ah Assyria...: Studies in Assyrian History and Ancient Near Eastern Historiography, Presented to Hayim Tadmor* (Scripta Hierosolymitana 33), (toim) Cogan, M. ja Ephal, I. 1991, 292–313.
- Klein J. 1995. Šulgi of Ur: King of a Neo-Sumerian Empire, *Civilizations of the Ancient Near East*, Vol. 2., (toim) Sasson, Jack A., New York: Scribner, 843–857.
- Klengel H. 1999. *König Hammurapi und der Alltag Babylons*, Düsseldorf; Zürich: Artemis & Winkler
- Kramer S.N. 1969. *The Sacred Marriage Rite, Aspects of Faith, Myth, and Ritual in Ancient Sumer*, Bloomington, Indiana University Press, London.
- Kämmerer Th.R. & Metzler K.A. 2012. *Das babylonische Welterschöpfungsepos Enūma eliš*. – AOAT 375. Münster: Ugarit-Verlag.

- Müller K.Fr. 1937. *Das Assyrische Ritual, Teil I, Texte zum assyrischen Königsritual*, rmts. Mitteilungen der Vorderasiatisch-Aegyptischen Gesellschaft (E.V.), 41. Band, 3. Heft, J.C. Hinrichs Verlag, Leipzig.
- de Martiono S. 2004. A tentative Chronology of the Kingdom Mitanni from its Rise to the Reign Tušratta. – *Mesopotamian Dark Age Revisted, Proceedings of an International Conference of SCIM 2000 (Vienna 8th-9th November 2002)*, (toim.) Hunger, H. ja Pruzsinszky, R., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Denkschriften der Gesamtakademie, Band XXXII, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2004, 35–42.
- Mayer W. 1995. *Politik und Kriegskunst der Assyrer*, Abhandlungen zur Literatur Alt-Syrien-Palästinas und Mesopotamiens, hrsg. von Dietrich, M., Loretz, O., Band 9, Ugarit-Verlag, Münster.
- Parpola S. 2000. Monotheism in Ancient Assyria, rmts. *One God or Many? Concepts of Divinity in the Ancient World*, (toim.) Porter, B.N., Transactions of the Casco Bay Assyriological Institute, Volume 1, Casco Bay, 165–209.
- Pruzinsky R. 2004. Evidence for the Short Chronology in Mesopotamia? The Chronological relationship between the Texts from Emar and Ekalte, rmts. *Mesopotamian Dark Age revisted, Proceedings of an International Conference of SCIM 2000 (Vienna 8th-9th November 2002)*, (toim.) Hunger, H. ja Pruzsinszky, R., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Denkschriften der Gesamtakademie, Band XXXII, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2004, 43–50.
- Sachs A. 1969. *Akkadian Rituals: Temple Program for the New Year's Festivals at Babylon*, rmts. Ancient Near Eastern Texts relating to the Old Testament, Pritchard, J.B. (toim), Third Edition with Supplement, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 331–334.
- Sallaberger W. 1993. Der kultische Kalender der Ur III-Zeit, Bd. 1–2. Berlin: deGruyter.
- Sassmannshausen L. 2004. Babylonian Chronology of the 2nd half of the 2nd Millennium B.C., rmts. *Mesopotamian Dark Age Revisted, Proceedings of an International Conference of SCIM 2000 (Vienna 8th-9th November 2002)*, (toim.) Hunger, H. ja Pruzsinszky, R., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Denkschriften der Gesamtakademie, Band XXXII, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2004, 61–70.
- Sazonov V. 2007. Vergöttlichung der Könige von Akkade – *Studien zu Ritual und Sozialgeschichte im Alten Orient; Studies on Ritual and Society in the Ancient Near East*. Beihefte zur Zeitschrift für alttestamentliche Wissenschaft, Bd. 374. Kämmerer, Thomas R., Hg. (Berlin; New York: de Gruyter, 2007), 325–341.
- Sazonov V. 2008. Kuningas Šulgi laul: mõned märkused uus-sumeri kuninga Šulgi (2093-2046) kuningavõimu ideoloogia kohta . *Usuteaduslik Ajakiri* 57(1), 84–107.
- Sazonov V. 2011. Müüt „Illujanka ja Tešub“ ja EZEN.purulliyaš pidustused hetiiidi religioosse ideoloogia ja kuningavõimu kontekstis. Mesopotamia ja hatti mõjutused. *Usuteaduslik Ajakiri* 1(62), 143–161.
- Sazonov V. 2013. Tummali ajalugu, Mõningaid märkusi Sumeri kuningate ja nende kuningavõimu ideoloogia kohta. *Mäetagused* 54, 169–184 .

- Waines D. 2003. Sissejuhatus islamisse. (tõlk.) Üllar Petereson, Heili Einasto, AS BIT
- Westenholz A. & Sallaberger W. 1999. *Mesopotamien: Akkade-Zeit und Ur III Zeit. Annäherungen 3*. Hgg. Attinger, P., Wäfer, M. Orbis Biblicus et Orientalis, 160/3. Freiburg: Universitätsverlag; Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Zeeb F. 2004. *The History of Alalah as a Testcase for an Ultrashort Chronology of the Mid-2nd Millennium B.C.E., rmts*. Mesopotamian Dark Age Revisited, Proceedings of an International Conference of SCIM 2000 (Vienna 8th–9th November 2002), (toim.) Hunger H. ja Pruzsinszky, R., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Denkschriften der Gesamtakademie, Band XXXII, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 81–95.

Venekeelne kirjandus:

- IDV I = Дьяконов И.М. (ред.) 1983. *История Древнего Востока, часть первая, Месопотамия*, Главная редакция восточной литературы, Наука, Москва.
- Емельянов В.В. 1999. *Шумерский календарь и ранняя история зодиака*, Санкт-Петербург, Петербургское Востоковедение.
- Емельянов В.В. 2003а. *Древний Шумер: очерки культуры*, Азбука-классика, Петербургское Востоковедение, Санкт-Петербург, 2003.
- Емельянов В.В. 2003б. *Ритуал в Древней Месопотамии*, Издательство «Азбука-классика», «Петербургское Востоковедение», Санкт-Петербург.
- Емельянов В.В. 2009. Шумерский календарный ритуал. Категория ME и весенние праздники. Санкт-Петербург, Петербургское Востоковедение.

Vladimir Sazonov, dr. phil. (sazonov@ut.ee) – Kaitseväe Ühendatud Õppeasutused (KVÜÕA), Kaitseväe keelekeskus, Tartu, Riia 12; Tartu Ülikool, Kultuuriteaduste ja kunstide instituut, Orientalistikakeskus, Tartu. Jakobi 2-119, 127, Tartu 50090

Aja kolm metafüüsilist mudelit

Bruno Mölder

Aeg on filosoofe paelunud juba iidsetest aegadest alates. Lääne filosoofia alguses vastandusid aja teemal oma ideede poolest Parmenides ja Herakleitos – kui neist esimene ei näinud maailmas kohta muutusel, siis teise järgi oli olemasolev pidevas muutumises. Muutus ja aeg on aga lähedalt seotud, sest ilma muutuseta ei saa eeldatavasti olla ka aega.

Tänaseks päevaks ei ole aja teema filosoofiast kuhugi kadunud. Otse vastupidi, saab rääkida lausa eraldi filosoofiaharust – *ajafilosoofiast* – mis on iseäranis plahvatuslikult arenenud just viimase saja aasta jooksul, saades tõuke John McTaggarti aja ebareaalsust toetavast argumentidest. Ajafilosoofia hõlmab ennekõike analüütilist metafüüsikat, mis tegeleb aja olemusega; kuid ka keelefilosoofiat ja loogikat, mis analüüsivad seda, kuidas me ajast räägime ning kus vaieldakse selle üle, kas ajalistest sündmustest saab ammendavalt kõnelda ajavormitus keeles.

Ajafilosoofial on ühise samuti teadusfilosoofia ja epistemoloogiaga. Teadusfilosoofiat on tarvis tunda selleks, et hinnata teadusteooriate rolli aja käsitlemisel. Kuivõrd teadusfilosoofiasse kuulub ka füüsika filosoofia, langevad siia rubriiki otseselt ka tulised arutelud selle üle, milliseid kitsendusi seab aja metafüüsikale tänapäeva füüsika. Epistemoloogia ehk tunnetusteooria seondub aja teemaga eeskätt seoses meie teadmiseiga tulevikust ja minevikust. Aja kogemise ja kogemuse ajalise teema aga kuulub ühtaegu ajafilosoofiasse ja vaimufilosoofiasse. Juba see loetelu näitab, kui mitmetahuline ning mahukas valdkond ajafilosoofia on. Käesolev tekst saab paratamatult puudutada ainult ühte osa sellest põnevast temast. Artikli põhiosas annan esmase ülevaate peamistest aja metafüüsilistest mudelist ning kaalun nende tugevusi ja nõrkusi. Artikli lõpus vaatlen lühidalt küsimust aja metafüüsika ning kogemuse vahekorras. Rõhk on ülevaatlikkusel, kuna kõikidele siin vaadeldavatele argumentidele on esitatud vastuseid ja neile omakorda vastulauseid, mida kõiki siin süvitsi käsitleda ei jõua. Sel põhjusel pole ka viidetega liialdatud, suuresti on tegemist antud valdkonna standardvarustusse kuuluva teadmiseiga (vt. nt. Dainton 2010b; Tallant 2011; Miller 2013).

Aja metafüüsilised mudelid

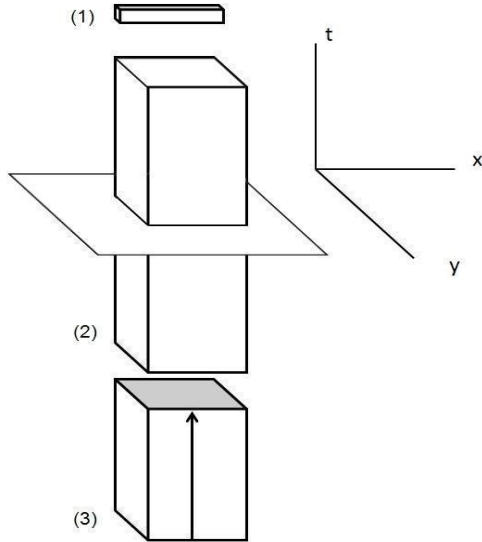
Keskne osa möödunud sajandi ajafilosoofiast keerles ühe küsimuse ümber – kuidas tuleks analüüsida ajavorme („praegu“, „tulevikus“, „minevikus“) sisaldavaid väiteid? Sellest vaidlusest keele ja mõistete üle kasvasid välja kaks vastandlikku arusaama ajast, mis ei piirdu üksnes

keeleliste vormidega. Ajaloolistel põhjustel nimetatakse neid A-teooriaks ja B-teooriaks. Need nimetused pärinevad McTaggarti klassikalisest artiklist, mis eristas A-seeriat B-seeriast (McTaggart 2003; vt. ka Mellor 2003).

A-seeria kujutab endast mõttelist telge, millel on sündmused jaotatud mineviku-, oleviku- ning tulevikusündmusteks. Positsioonid B-seerias ei viita sündmuste olevikulisusele või minevikulisusele, vaid asetavad need teineteisega sellistesse suhetesse nagu *varasem*, *hilisem* või *samaaegne*. B-seeriat võib pidada staatiliseks, kuna sündmustevahelised suhted selles seerias ei muutu. Kui sündmus a on varasem, kui sündmus b, siis on ta alati varasem, sõltumata sellest, mis ajal me neid sündmusi vaatleme. A-seeria seevastu on dünaamiline: sündmuste ajavormid ehk A-omadused on pidevas muutumises. Tänapäevane olevikusündmus on homme minevikusündmus. A-teooria on seisukoht, mille järgi on A-seeria määratlused sündmustele taandumatult omased ning neid ei saa kadudeta teisendada B-seeria määratlusteks. See, mis muutub A-teooria järgi, on sündmuste asukoht A-seerias. B-teoreetikute meelest aga on fundamentaalsed B-seeria määratlused ning nad ei pea mõttekaks rääkida muutusest A-teooria mõttes. Muutus B-teoorias on see, kui asjadel on eri aegadel (B-seerias) erinevad omadused, mitte sündmuse liikumine tulevikust läbi oleviku minevikku.

Kuid on olemas ka üks teine vaidlus, mis ei lange täiesti ühte A- ja B-teooriate vahelise dispuudiga, ehkki tihti ei eristata neid vaidlusi teineteisest piisavalt selgelt. See on vaidlus maailma ajalise ülesehituse üle ning puudutab mineviku ja tuleviku reaalsust. A- ja B-teooriate vaidlus seevastu seondub rohkem sellega, kumb kontseptsioon ajast on fundamentaalne ning mida kujutab endast tõeline muutus.

Alljärgnevas keskendun sellele teisele vaidlusele, mis hõlmab järgmisi küsimusi. Millised ajad eksisteerivad? Kas on olemas ainult praegune hetk või saab mõttekalt rääkida ka mineviku ja tuleviku reaalsusest? Tegelikult võib selline sõnastus olla mõnevõrra eksitav. Rääkides näiteks mineviku reaalsusest, ei peeta üldiselt silmas, et eksisteerib selline eraldiseisev objekt nagu minevik; pigem on kõne all minevikusündmuste ja minevikku jäänud asjade reaalsus kui selline. Sama kehtib oleviku ja tuleviku suhtes. Aja metafüüsikas on antud küsimuses kolm põhilist positsiooni: eternalism, presentism ja kasvava ploki teooria (joonis 1); kuigi leidub veel ka mõningaid eksootilisemaid mudeleid (nagu näiteks liikuva valgusvihi mudel, kahaneva puu mudel või pluralistlik presentism; vt. Dainton 2010b). Lühidalt öeldes on *eternalismi* järgi kõik ajad ühtviisi reaalsed, *presentismi* järgi on reaalne vaid see, mis eksisteerib praegusel hetkel ning *kasvav plokk* on kahe mudeli hübriid: selle järgi on reaalne pidevalt kasvav minevik ning praegune hetk kui selle kasvav äär.



Joonis 1. Aja kolm mudelit, kujutatuna kolme mõõtme abil: (1) presentism; (2) eternalism; (3) kasvava ploki mudel; t – aja telg; x ja y – ruumimõõtmed (kolmas ruumimõõde on jooniselt välja jäetud). Tinglikult esitab kujundi iga kahemõõtmeline sektor kolmemõõtmelist ruumi.

Presentismi (joonis 1, kujund 1) järgi on olemas vaid praegune hetk kogu universumis. Mõnes presentismi vormis on see hetk teatava ulatusega, kuid üldiselt käsitatakse olevikku sõna otseses mõttes hetkelisena. Siinsel kujundil on jäetud alles väike ulatus t -teljel, et vältida kujundi muutumist kahemõõtmeliseks. Eternalismi (kujund 2) tuntakse ka plokkuniversumi mudeli nime all. See plokk sisaldab kõiki aegu ning selles puudub mineviku, oleviku ja tuleviku vahel metafüüsiline erinevus. Joonisel on plokist tinglikult tehtud läbilõige, mida võib pidada praeguseks hetkeks, ent nagu alljärgnevas selgitatakse, ei ole see hetk millegi poolest eriline. Sarnaselt eternalismiga on kasvava ploki mudeli (kujund 3) puhul tegemist plokiga, ent see ei sisalda tulevikku. Noolega on näidatud aja suund, tähistades ploki kasvamist. Kasvamiskoht on halliks toonitud, kujutades praegust hetke koos kõigega, mis selles leida on.

Loetlen siinkohal ka neid seisukohti pooldavaid esinduslikumaid filosoofe. Mõistagi on igäihe lähenemine individuaalne ning ei tohiks eeldada, et ühe mudeli pooldajana mainitud autor kaitseb tingimata selle mudeli kõiki aspekte. Aja teemal sõna võtnud filosoofide rühmitamist kolme mudeli alla raskendab ka asjaolu, et varasemad vaidlused olid

sõnastatud A- ja B-teooriate vastanduses, mitte kolme mudeli kaudu. Ühesõnaga, presentismi on kaitsnud A.N. Prior, J. Bigelow, C. Bourne, T.M. Crisp ja N. Markosian; eternalistide kilda kuuluvad D.C. Williams, J.J.C. Smart, W.V.O. Quine, A. Grünbaum, D.H. Mellor, R. Le Poidevin ja T. Sider; ning kasvava ploki mudelit on pooldanud ja arendanud C.D. Broad, M. Tooley, P. Forrest ja R.M. Adams.

Kuidas metafüüsilisi mudeleid hinnata?

Kuna aja metafüüsilised mudelid on liiga üldised, ei saa neist otseselt tuletada empiiriliselt kontrollitavaid järeldusi. Samuti ei ole metafüüsiliste teooriate näol tegu puhtformaalsete väidetega, mida saaks aksioomidest rangelt tuletada. Kuidas siis nende mudelite vahel valida? Metafüüsikas on teooriate vahel valimiseks käibel mitmeid kaalutlusi, millest antud teema puhul on olulisemad kolm kriteeriumi.

Esimene kriteerium, mida metafüüsiliste teooriate ja kontseptsioonide puhul tuleks vaadata, on nn. sisemised tunnused: kas ta on seesmiselt kooskõlaline ja milline on tema seletuslik jõud. Viimase puhul eelistatakse teooriaid, mis võimalikult väheste postulaatide abil suudavad seletada võimalikult palju. Ükski vaatluse all olev mudel ei ole seesmiselt vasturääkiv ja selle alusel nad ei eristu. Kuna presentismi postuleeritud maailm on kõige minimaalsem, võiks teda teistele mudelitele eelistada. Samas ei ole sugugi selge, kas tema seletusjõud on võrdne teiste mudelite omaga.

Teiseks tuleks vaadata, kas metafüüsiline teooria on vastuolus mõne üldtunnustatud teadusliku teooriaga. Teaduslik ja metafüüsiline teooria võivad olla omavahel kooskõlas lihtsalt tänu sellele, et nad seletavad erinevaid asju. Ent kui on alust arvata, et nad taotleavad hõlmata ühte ja sama nähtust, näiteks aega, siis on vastuolu teadusliku teooriaga sageli väga tugevaks vastuväiteks metafüüsilisele käsitlusele.

Kolmandaks vaatavad filosoofid sageli, kas metafüüsiline teooria on kooskõlas meie kogemusega. Kogemuse all ei mõelda siin mitte elukogemust ega ka tunnetusallikat, vaid pigem seda viisi, kuidas maailm meile igapäevaselt paistab. Aega puutuvalt paistab maailm meile muutuvana, sündmused vahelduvad ning aeg tundub mööduvat. Kui metafüüsiline teooria on sellega kooskõlas, siis võib seda võtta teooria kasuks rääkiva asjaoluna; ent kui teooriast järeldub, et maailm on teistsugune kui ta meile paistab, siis lasub metafüüsikul kohustus seletada millest on see tingitud. Mõnikord osutub selline seletus vastuvõetavaks. Ainult siis, kui seletuse andmine luhtub, on tegemist vastuväitega teooriale.

Järgnevalt käsitlen kolme põhilist mudelit lähemalt, tuues esile nende põhilised vored ja puudused.

Presentism

Presentismi tutvustatakse sageli kui tavamõistuslikku vaadet, ehkki lähemal vaatlusel ei pruugi see päris nii olla. Esmapilgul tundub ilmne, et reaalne on ainult see, mis toimub praegu. Sündmused, mis jäävad minevikku ei ole enam reaalsed, ehkki nad kunagi olid seda, siis kui nad aset leidsid, ning ka tulevikusündmused ei ole reaalsed, sest need pole veel teoks saanud. Presentismi järgi ei ole praegune hetk fikseeritud. Otse vastupidi, igal hetkel on see, mis on praegu, erinev. Selles osas on presentism sarnaselt A-teooriaga dünaamiline ajakäsitus. Sageli esitataksegi seda kui üht A-teooria vormi, ent samas ei pea A-teoreetik olema tingimata presentismi pooldaja. Presentistliku ettekujutuse järgi toimub niisiis pidev saamine, uued hetked saavad reaalsuseks ning praegused hetked mööduvad, muutudes ebareaalseteks.¹

Kuid mida toob endaga kaasa minevikusündmuste käsitlemine ebareaalsetena? Tänapäeva metafüüsika lähtub suures osas põhimõttest, et tõesed väited on tõesed millegi tõttu (vt. nt. Armstrong 2004). Tõesus ei teki tühjast kohast, vaid on tingitud millestki olemasolevast. Seda tuntakse tõetagamise [*truth-maker*] printsiibi nime all, mis (oma kitsendamata kujul) ütleb, et igal tõel on tõetagaja: miski, mis tagab selle, et tõene väide on tõene. Kuidas puutub see presentismi? Tavamõistusliku maailmapildi juurde kuulub ka minevikust rääkimine. Selle käigus esitame eeldatavasti tõeseid väiteid minevikusündmuste kohta. Presentism aga satub nendele väidetele tõetagajate väljapakkumisel tõelistesse raskustesse. Võtame laialt kasutatud näite: „Kunagi olid olemas dinosaurused“. Kuivõrd presentismi järgi on reaalselt olemas ainult praegune hetk, siis ei saa selle väite tõesust tagada

¹ Omaette keerukas küsimus on see, mismoodi üldse sõnastada presentismi põhiväidet nii, et see ei langeks kokku eternalismiga (vt. nt. Callender 2012; Miller 2013). Näiteks, kui eksisteerimist mõista ajaliselt, siis üks võimalus tõlgendada presentisti väidet, et eksisteerivad ainult praegused sündmused, on järgmine: praegu eksisteerivad ainult praegused sündmused. Teise tõlgenduse järgi ütleb see, et eksisteerivad, on eksisteerinud ning saavad eksisteerima ainult praegused sündmused. Paraku on see tees esimeses tõlgenduses triviaalne ning kooskõlas eternalismiga ja teises tõlgenduses väär. Eksisteerimist võib mõista ka ilma ajaliste kitsendusteta. Sellisel kujul ei täpsusta „eksisteerimine“ lauses „eksisteerivad ainult praegused sündmused“ aega, millal need sündmused eksisteerivad. Niimoodi mõistetuna saab tõesti öelda, et presentisti ja eternalisti seisukohad lause „eksisteerivad ainult praegused sündmused“ tõesuse osas lahkevad. Ent ka siin tekib küsimusi, näiteks selles osas, kas tegu on tõelise lahkavuse või üksnes teineteisest möödarääkimisega.

ükski minevikusündmus. Tõetagaja peab leiduma olevikus, kuid olevikust on sobivat tõetagajat raske leida. Näiteks ei sobi tõetagajaks meie mälestused (antud näite puhul ei saa neid ollagi) või olevikku jäetud jäljed, kivististe või muude säilmete kujul. Tõde jääb tõeks ka siis, kui selle kohta ei leidu olevikus mälestusi või jälgi.

Presentistid on vastanud sellele probleemile mitmesugusel moel. Üks võimalus on loobuda tõetagamise printsiibist täielikult või kitsendada seda niimoodi, et väited mineviku kohta tõetagajaid ei vaja. See pole siiski väljapääs, kuna tõetagamise printsiip on tänapäeva metafüüsika üks põhilisi alustalasid ning kui seda kitsendada, vajab minevikuväidete staatus ikkagi selgitust. Mõned filosoofid on otsinud võimalusi paigutada nõutud tõetagajad olevikku või teispoole aega ja ruumi. Viimasel juhul oleks tegu teatud laadi abstraktsete objektidega, mis esitavad möödunud aegade sündmusi. Sellise lahenduse puhul aga vajab selgitust, millises vahekorras on need abstraktsed objektid aegruumis toimuvate sündmustega. Kui abstraktsed objektid tekivad pärast nende sündmuste lõppu, on nad siiski mingis mõttes ajalised ning see ei pruugi presentismiga hästi kooskõlas olla. Teine probleem on selles, et esitus kui selline ei ole sobiv tõetagaja kandidaat, kuna ta vajab ise tõetagajat (vrd. Armstrong 2004, lk. 147). Esitus võib olla täpne või mitte. Juhul, kui see on täpne, siis on ta seda millegi tõttu.

Mis puutub võimalikesse olevikus asuvasse tõetagajatesse, siis John Bigelow (1996) on pakkunud välja, et maailm ise, mis presentismi järgi koosneb maailmast praegusel hetkel, sisaldab minevikuvormis omadusi, mis võiksid tagada minevikuväidete tõesust. Teisisõnu kehastab maailm praegu omadust „on hõlmanud dinosauruseid“, mis tagab väite „Kunagi olid olemas dinosaurused“ tõesuse. Sellele lahendusele on ette heidetud, et see nõuab väga ebaharilike omaduste postuleerimist (Cameron 2011). Nimelt on sellised omadused suunatud minevikule ning ei avalda mõju sellele, milline nende omaduste kandja parajasti on. Selliste omaduste omamine või mitteomamine ei mõjuta nende kandja seesmist loomust nende omamise ajal, s.t. praegu. Kuivõrd presentismi jaoks koosnebki maailm vaid sellest, mis on praegu olemas, järeldub siit, et minevikuvormis omadused ei avalda olemasolevale mingit mõju. Isegi kui selliseid omadusi leidub, erinevad nad teistest, harilikest omadustest. Võib kahtlustada, et kui ei oleks kerkinud esile nõuet anda minevikuväidetele tõetagajaid, siis ei oleks keegi arvanud, et selliseid omadusi võiks olemas olla (Tallant 2011, lk. 151).

See on ainult üks raskustest, mis varitsevad presentisti metafüüsikas. Samas on see üks peamistest, mille üle tänapäeval vaieldakse. Tõetagajate metafüüsilise probleemi kõrval seisab presentismi ees veel teinegi, mis on paljude kriitikute meelest ületamatu. Nimelt on presentism vastuolus tänapäeva füüsikaga, täpsemalt erirelatiivsusteooriaga (vt. nt. Putnam

1967). Presentismi väitest, et eksisteerivad vaid praegused sündmused, järeldub, et praegune moment on metafüüsiliselt ja kogemuslikult väga eriline. Erinevalt teistest aegadest on ta ainus, mis eksisteerib. Mõeldav ei ole ka, et praeguseid momente oleks ühtaegu mitu või et see, mis minule on praegune hetk, ei ole praegune hetk teistele subjektidele. Teisisõnu käib presentismiga kaasas absoluutse samaaegsuse tunnistamine. Mistahes praegune hetk on praegune kõige olemasoleva jaoks. Seevastu erirelatiivsusteooria järgi sõltub samaaegsus taustsüsteemist, milles liigutakse ning see lükkab absoluutse samaaegsuse tagasi. Eri kiirusega liikuvate vaatlejate taustsüsteemid erinevad ning võib juhtuda, et ühe vaatleja olevikusündmus on teise vaatleja jaoks juba minevikku langenud. Selle tõttu ei saa rääkida erirelatiivsusetestooriast lähtuvalt ühest, kõigile ühisest nüüd-punktist. See, milline on praegune hetk, sõltub taustsüsteemist.

Nagu ülal väidetud, on vastuolu üldiselt omaksvõetud teadusteooriatega metafüüsilise mudeli jaoks tõsine, isegi otsustav komistuskivi. Kuivõrd mõlemad ütlevad midagi maailma kohta, ei saa nende tulemused olla vasturääkivad. Erirelatiivsusteooria tagasilükkamine ei ole tänapäeva füüsika seisukohast mõeldav, seega peaksid presentismi pooldajad üritama presentismi erirelatiivsusteooriaga ühitada. Mõistagi on seda ka tehtud, näiteks otsides selliseid erirelatiivsusteooria tõlgendusi, mis tunnistavad üleüldist samaaegsust. Laskumata siinkohal detailidesse tuleb tunnistada, et need katsed ei ole osutunud eriti edukaks.²

Presentismi kui metafüüsilise positsiooni miinuspoolel on niisiis suutmatuse pakkuda adekvaatseid tõetagajaid mineviku kohta käivatele väidetele ning vastuolu erirelatiivsusteooriaga. Kuid mis võiks asuda selle mudeli plusspoolel? Sageli väidetakse, et A-teooria, sealhulgas presentism, on hästi kooskõlas meie igapäevase kogemusega (Craig 1999). Me suhtume olevikusündmustesse teisiti kui tuleviku- ja minevikusündmustesse.³ Näiteks hoolib inimene oma praegusest valust palju rohkem kui kunagi minevikus tuntud valudest. Samuti on kogemusega kooskõlas maailma dünaamiline iseloom. Maailm paistab kogemuses dünaamilise ja muutuvana ning presentism suudab dünaamilise ajateooriana seda väidetavalt kergesti seletada. Käsitlen kogemuse küsimust artikli lõpus lähemalt, nüüd võtame vaatluse alla presentismile traditsiooniliselt vastanduva mudeli, eternalismi.

² Põhjalikumad eestikeelsed arutlused sellel teemal on Savitt (2005) ja Kivimaa (2013).

³ George N. Schlesinger (1980, lk. 23) rõhutab praeguse hetke kogemuslikku erilisust väga ilmekalt, kirjutades, et praegust hetke „ei tule mõista mitte teatud sorti objektina, vaid pigem kui seda punkti ajas, mil ajalise ulatusega indiviid on elus, reaalne või Eksisteerib suure E-ga.“

Eternalism

Eternalism on populaarseim ajamudel füüsikataustaga filosoofide seas, mis ei ole üllatav, kuna eternalism on arusaam ajast, mida paistab toetavat füüsika või vähemalt see osa füüsikast, mis mõistab aega neljanda mõõtmena ruumi kolme mõõtme kõrval (Minkowski interpretatsioon Einsteini erirelatiivsusteooriast). Eternalismi järgi võib kogu maailma vaadelda neljamõõtmelise plokina, mille ükski osa pole vähem reaalne kui teine. Aega käsitatakse ruumi eeskujul. Sündmused toimuvad ruumi eri paigus. Näiteks, ma kirjutan seda artiklit Tartus ning see sündmus pole rohkem ega vähem reaalne kui samal ajal Londonis toimuv autoavarii. Samamoodi leiavad sündmused aset eri ajal ning see ei mõjuta nende reaalsust. See, et ma kirjutan praegu antud artiklit, et ma aasta tagasi kirjutasin ühte teist artiklit ning aasta pärast kirjutan mõnda järgmist, on kõik osa reaalsusest, mis sellest, et nad toimuvad eri aegadel.

Ent mis saab praegusest hetkest eternalistlikus mudelis? Lühidalt öeldes eitab eternalistlik mudel praeguse hetke metafüüsilist erilisust. Praeguse hetke näiv omapära on tingitud sellest, et me osutame talle indeksilisel viisil. Indeksilisteks terminiteks ehk indeksikaalideks nimetatakse neid väljendeid, mille osutus sõltub väljenduse kontekstist. „Siin“ on indeksiline termin, ta osutab sellele kohale, kus asub selle termini kasutaja. Nii nagu saab rääkida sündmustest, mis toimuvad siin, saab rääkida sündmustest, mis toimuvad praegu. Sõna „praegu“ on samuti indeksikaal, osutades sellele ajale, mil teda kasutatakse. Nõnda on neljamõõtmelises plokis iga aeg praegune nende jaoks, kes sel ajal elavad.

Erinevalt presentismist ei ole eternalismil probleeme erirelatiivsusteooriaga, kuna ta ei eelda privilegeeritud nüüd-momenti. Samuti ei ole sel mudelil vähimatki probleemi tõetagajate leidmisega mineviku kohta käivatele väidetele, kuna minevik on neljamõõtmelise plokki täisväärtuslik osa. Eternalismi on aga süüdistatud selles, et see ei tunnista aja voolu. Neljamõõtmeline plokk ise on staatiline, sellega muutusi ei toimu. Kuid oleks vale öelda, et eternalism ei võimalda muutust, ta üksnes mõistab seda teistmoodi, B-teoreetiliselt. Muutus seisneb ajas ja ruumis asuvate objektide omaduste muutuses. Nagu liikumine kujutab endast erineval ajal eri ruumipunktis asetsemist, nii kujutab objektide muutus seda, et erineval ajal on neil erinevad omadused. Eternalistide meelest sellest piisab, et hõlmata kõiki neid muutusi, mida igapäevaselt eest leiame. Aja voolu, kui midagi enamat objektide omaduste vaheldumisest, nad tõepoolest ei tunnista. Eternalismi kriitikute meelest aga ongi ajaline saamine tõeline muutus. See on maailma kui terviku muutumine igal hetkel. Arvatavasti seetõttu kannabki eternalism oma nime. Maailm tervikuna on igavesti selline, nagu ta on. Sellele lisandub eternalismiga sageli paari pandud B-

teoria juba mainitud aspekt B-seeria kohta, et B-seeria määratlused ei muutu. Kui on tõsi, et Emajõe vesi on soe 25. juulil 2013, siis on igavesti nii, et Emajõe veel on omadus olla soe 25. juulil 2013. See ei tähenda muidugi, et mõnel muul ajal ei võiks see vesi olla külm.

Muutuse ja igaviku teemaga seondub üks laialt levinud vastuväide eternalismile, mille järgi viib eternalism determinismi. Kui tulevik on reaalne, siis on ta ühtlasi fikseeritud ning tuleb see, mis tuleb: miski, mida me teeme, ei saa seda muuta. Oletame näiteks, et kunagi tulevikus saab see artikkel valmis. Kuivõrd tulevik on reaalne, leidub aegruumis piirkond, kus see artikkel on valmis. Kui te seda artiklit loete, siis te asute selles piirkonnas. Kas saab sellest järeldada, et praegu, mil see artikkel on alles pooleli, on ta ette määratud valmis saama ning mul ei ole mingit võimalust seda lõpetamata jätta?

See vastuväide põhineb siiski eksitusel, mis võib olla tingitud sellest, kuidas me ajast mõtleme. Mõeldes näiteks antud artiklile, püüame ühitada hetke, kus artikkel on veel pooleli (t_1) kujutlusega tulevikuhetkest, kus see artikkel on valmis (t_2). Tundub, et tulgu, mis tuleb, see artikkel on määratud valmis saama. Tegelikult sõltuvad eternalismi järgi praegune hetk ning seega ka kõik minevikku ja tulevikku kuuluv sellest, millises positsioonis vaatleja parajasti on. Minu jaoks praegusel hetkel t_1 see artikkel veel valmis ei ole, aga tulevikus, praegusest poole aasta pärast (t_3), võin ma vaadata tagasi ning siis asub selle artikli valmimishetk t_2 minevikus. See ei tähenda, et artikkel oli määratud valmis saama. Lihtsalt uuest vaatepunktist vaadatuna on ta valmis. Oleks ta jäänud lõpetamata, siis kuuluks reaalsesse tulevikku asjaolu, et artikkel jäi lõpetamata. Kui mõelda universumile ajatust vaatepunktist, kuhu inimesel on õigupoolest end raske asetada, siis saab ette kujutada kõikides aegades toimuvat (sealhulgas valminud artiklit). Sellest aga ei tulene tuleviku ettemääratus. Need tulevikusündmused, mis tegelikult juhtuvad, moodustavadki neljamõõtmelise ploki osa, mis vaatepunktist t_1 võetuna jääb tulevikku. Punktis t_1 asujale aga ei pruugi olla fikseeritud, kas seda osa moodustav tulevik sisaldab valmis artiklit või mitte. Asudes punktis t_1 on mul võimalik oma tegudega mõjutada seda, milline tulevik olema saab.

Eternalismi plussideks võib niisiis pidada kooskõla füüsikaga ning seda, et esitatud vastuväidetele on võimalik omakorda vastata. Siiski ei ole eternalism vastuvõetav neile, kelle meelest on maailm pidevas saamis. Omaette probleemiks peetakse ka kogemuste seletamist, kuid sellest lähemalt artikli lõpuosas.

Kasvava ploki mudel

Kasvava ploki mudelit kutsutakse mõnikord ka possibilismiks. Sellisel juhul tahetakse rõhutada, et antud mudelis on tulevik lahtine. Võib arvata, et arusaam, nagu kaasneks eternalismiga tuleviku äramääratus, lisab kasvava ploki mudelile veetlust. See mudel sarnaneb plokkuiversumiga mineviku osas. Minevik on reaalne, nagu seda on ka olevik, kuid viimane on eriline selle poolest, et selle serval maailm kasvab. Tulevik ei ole reaalne. Sarnaselt presentismiga toimub kasvava ploki mudelis tõeline saamine – iga hetkega lisandub uus osa maailmast.

Sarnaselt eternalismiga ei teki kasvava ploki mudelis raskusi tõetagajate leidmisega minevikuväidetele. Kuna minevik on reaalne, asuvad tõetagajad seal. Võib tekkida küsimus, mida öelda tulevikusündmuse puudutavate väidete kohta, kuid siin on üheks võimalikuks väljapääsuks seisukoht, et tuleviku kohta käivate väidete tõeväärtus on määramata. Sarnaselt presentismiga ei pääse kasvava ploki mudel aga vastuolust erirelatiivsusteooriaga, kuna eeldab samuti absoluutset olevikuhetke. Lisaks on argumenteeritud, et erirelatiivsusteooriast järeldub tuleviku reaalsus, mida kasvava ploki mudel ei tunnista. Selle mudeli pooldaja ees on niisiis ülesanne seletada, kuidas neid vastuolusid ületada.

Tutvustan järgnevalt ühte omapärast vastuväidet, mis puudutab ainult kasvava ploki mudelit. Tegu on skeptilise probleemiga: kui kasvava ploki mudel on õige, siis me ei tea, kas praegu on praegu (Dainton 2001; Braddon-Mitchell 2004). Sõna „praegu“ on eelmises lauses oma esimesel kasutusjuhul indeksiline mõiste ning teisel juhul osutab objektiivsele praegusele hetkele. See tähendab, et kui isik mistahes asupaigas kasvava ploki sees mõtleb oma käesolevast hetkest kui praegusest hetkest, siis ei saa ta olla kindel, kas see hetk on praegune ka objektiivses mõttes, selles mõttes, et asub maailma kasvuserval. Eternalismi jaoks siin probleemi ei ole. Kuivõrd „praegu“ on indeksikaal, ei saa eksitust sisse tulla: iga kord, kui öelda, et on praegu, ongi praegu. Ka presentismi puhul ei saa selline probleem üles kerkida, kuna see ei tunnista mineviku ja tuleviku reaalsust ning seega ei saa leiduda isikuid, kes mõtlevad „praegu“ siis, kui ei ole objektiivselt praegune hetk. Kasvava ploki teooria aga tunnistab lisaks objektiivselt praeguse hetke olemasolule veel kogu mineviku reaalsust. Kui objektiivses minevikus asuv subjekt mõtleb „Ma eksisteerin praegusel hetkel“, siis ta eksib, sest tegelik, metafüüsiliselt objektiivne praegu asub olevikus. Selline mõte on tõene vaid nende inimeste puhul, kes eksisteerivad ploki serval. Kuid neid, kes eksisteerivad ploki sees, on palju rohkem ning maailm paistab neile samasugune kui ploki serval viibijatele. Inimeste hulka arvesse võttes on tõenäolisem, et ka meie ei ole selle erilise

vähemuse hulgas, kes asuvad ploki serval. Nii kerkibki esile skeptiline probleem: mis alust on meil arvata, et just meie asume päris olevikus?

Selle argumendi kriitikud, näiteks Peter Forrest, lükkavad tagasi eelduse, et meie kogemuse puhul ei mängi rolli see, kas asume olevikuhetkes või sellele eelnevas ploki osas. Asi olla hoopis vastupidine: meil on teadvus ning me kogeme ainult siis, kui asume olevikus. See on nõnda sellepärast, et elus ning teadvusel olemine on põhjuslikud protsessid, mis „saavad üksnes toimuda reaalsuse äärejoonel“ (Forrest 2004, lk. 359). See tekitab aga küsimuse: mida kujutab sellisel juhul kasvava ploki teooria väide mineviku reaalsuse kohta? Kui ploki äärejoon välja jätta, sisaldab plokk selle ettekujutuse järgi sündmusi ilma põhjuslikkusega ning inimesi ilma teadvuseta. Seda on väga raske hoomata. Kas mineviku inimesed käituvad nagu tavaliselt, ent on teadvuseta olekus, teisisõnu zombid, nagu neid vaimufilosoofias nimetatakse⁴; või on nad tardunud nendesse poosidesse, milles nad olid, kui neid tabas oleviku üleminek minevikuks? Milles seisneb kummalgi juhul nende reaalsus? See on väga erinev ettekujutus eternalistlikust pildist, mille järgi inimese asukoht plokis ei mõjuta tema teadvust. Lisaks paneb see vaade teadvuse olemasolu sõltuma sellest, kas antud hetkele leidub *järgnevaid* hetki või mitte. Kui leidub järgnev hetk, siis antud hetk ei ole olevik ning seega seal asuvatel olenditel teadvus puudub. Üldiselt aga oleks mõistlik eeldada, et teadvus sõltub sellest, milline on maailma seis teadvusel olemise hetkel ning millised sündmused sellele eelnesid, mitte sellest, kas leidub ka hilisemaid hetki (Miller 2013, lk. 359).

Niisiis on kasvava ploki mudeli pooldajatel tarvis selgitada, mis mõttes on minevik reaalne, kui n.ö. reaalne saamine toimub oleviku hetkel. Miinuspoolele langeb veel vastuolu erirelatiivsusteooriaga, plusspoolele aga võimelisus lahendada minevikuväidete tõetagajate küsimus ning hõlmata tõelist muutust.

Ajakogemus

Eelnevas on kõne all olnud aeg ja selles toimuv kui osa objektiivsest maailmast. Lisaks sellele räägitakse sageli ajast kui millestki, mida inimene läbi elab. Räägitakse sellest, kuidas mõned elavad minevikus ning teised olevikus. Aeg võib venida või kiiresti käest kaduda. Neid kahte aja mõistet ei tohiks omavahel segi ajada. Tuleb eristada *objektiivset aega* ehk aega,

⁴ Zombideks nimetatakse vaimufilosoofias olendeid, kes on tavaliste, teadvusega inimestega igas suhtes samaväärsed, neil puudub ainult teadvuslik kogemus. Filmidest tuttavad zombid käituvad ning riietuvad tavainimestest erinevalt, nende teadvuse eripära kohta on andmed vastukäivad.

mida uurivad metafüüsika ja füüsika ning *subjektiivset aega* ehk aega meie teadvuses, mida uurivad psühholoogid ja vaimufilosoofid. Kuid millises vahekorras on objektiivne ja subjektiivne aeg? Artikli alguses mainisin, et kooskõla kogemusega on üks metafüüsilise ajamudeli hindamise kriteeriume. Sellest tulebki järgnevalt juttu.

Metafüüsilise mudeli ning kogemuse kooskõlast kõneldes tuleks omakorda eristada vähemalt kaks küsimust. (1) Milliseid nõudmisi esitab ajakogemus aja metafüüsikale ehk millised on need kogemuse aspektid, mida peab aja metafüüsiline mudel arvesse võtma? Eraldi võib sealjuures püstitada veel küsimuse selle kohta, milliseid tingimusi seavad ajakogemuse juba olemasolevad mudelid aja metafüüsilisele teooriale. (2) Millised järeldused tulenevad aja metafüüsilistest mudelitest kogemuse käsitlusele? Teisisõnu, kas objektiivne aeg seab kitsendusi sellele, milline saab olla ajakogemuse seletus? Olen seisukohal, et objektiivse ja subjektiivse aja käsitlusi saab arendada teineteisest üsna sõltumatult. Kui ka esineb vastastikuseid kitsendusi, on mõlemas vallas piisavalt mänguruumi, et vastuolusid vältida.

Milline on siis meie ajakogemus? Rääkides ajakogemusest ei loeta aega ennast üldjuhul üheks kogemuse objektiks. Me oleme teadlikud ajast ning ajalistest omadustest, kogedes esmajoones midagi muud kui aega ennast: objektide muutust, liikumist, järgnevust ning muid ajalisi suhteid hõlmavaid sündmusi ja olukordi. Näiteks seisneb muutus objekti omaduste teisenemises erinevatel hetkedel, liikumine on objekti ruumilise asupaiga muutumine eri hetkedel ning järgnevus on ühe objekti järgnemine teisele kindlas ajalises järjekorras.

Mõnikord kohtab väiteid, nagu me kogeksime praegusust või mööduvust⁵; kuid on vaieldav, kas need on midagi kogetavat või on nende puhul tegemist juba järeldustega muutuse jms. kogemusest (Callender 2008; Paul 2010). Kui mööduvus oleks antud kui kogemuse objekt või kvaliteet, siis võiks tõesti öelda, et aeg kui selline on meie kogemuse objektiks. Enda kogemusest ma selliseid kvaliteete ei leia. Võib-olla ei oska ma neid ära tunda, teisalt võib väidetava kogemuse näol olla tegu siiski filosoofiliselt laetud otsustuse, mitte vahetu kogemusega. Me ei koge mööduvust kui sellist – see on arvamus, mis põhineb sellel, et me kogeme muutusi maailmas. Samuti ei koge me praegusust kui sellist – see on arvamus, mis põhineb sellel, et iga sündmus, mida me kogeme, tundub meie jaoks toimuvat praegu. See aga ei tähenda sisuliselt muud, kui et iga kogemus toimub sellel hetkel, millal ta aset leiab. Dünaamilise ajakäsitluse pooldajad

⁵ Inglise keeles *passage*. Seda väidavad näiteks juba mainitud W.L. Craig ja G.N. Schlesinger.

esitavad mööduvuse ja praegususe kogemusi kui midagi sellist, mille võimalikkus eeldab erilist nüüd-hetke ning tõelist mööduvust või saamist. Teisisõnu, neid kogemuse tunnuseid esitatakse kui argumenti eternalismi vastu. Kui aga on tõsi, et tegu ei ole vahetu kogemusega, vaid otsustuse või muutuste tajuga, siis see argument luhtub (vt. Paul 2010). Ajakogemusest tulenevad otsustavad tagajärjed aja metafüüsikale vaid siis, kui eeldada aja kui sellise vahetut kogemist, kuna vahetu kogemus vajab kogetava objekti olemasolu. Kui me aga tunnetame aega tänu sellele, et me kogeme vahetult midagi muud – muutust, liikumist vms. –, siis piisab seletamisest, kuidas sellised kogemused tekivad. See küsimus aga kuulub psühholoogiasse, mitte metafüüsikasse.

Kas olemasolevad ajakogemuse mudelid seavad mõne metafüüsilise lähenemise teistest paremasse olukorda? Siin ei ole kahjuks võimalik neid mudeleid lähemalt tutvustada, piirdun põgusate märkustega. Põhjaliku ülevaate ajakogemuse käsitlustest saab Daintoni (2010a) entsüklopeedilisest artiklist (küsimuse kohta metafüüsiliste mudelite ja ajakogemuse käsitluste vahekorra vt. Dainton 2010b, 2011, 2012). Enamik nendest mudelitest eristab ajakogemuse seisundit ja sisu. Kogemuse sisu on see, mida kogemus esitab või mis on kogemuses antud; seisund on kogemine kui protsess või akt.

Mis puutub sisse, siis selleks, et kogeda muutust või liikumist, peab vähemalt kogemuse sisu omama ulatust. Sisu ei saa hõlmata ainult ühte hetke, kuna muutus ning liikumine kestab ühest hetkest kauem. Representatsionalistlike ehk esituslike mudelite korral ei järeldu sellest aja metafüüsika jaoks midagi, kuna vajalik on üksnes ulatus sisus, mitte sisu enda ulatuvus. Teisisõnu, ajalise kestusega olukorra esitus ise ei pea omama kestust.⁶ Ent, nagu juba mainitud, kui sisu mõistetakse kogemuses vahetult antuna, siis nõuab kestuse antus reaalselt kestust. See tekitab esmapilgul raskusi presentismile, mis tunnistab ainult praeguse, ulatuseta hetke olemasolu, kuid võimaliku lahendusena võib öelda, et kogemuses antu kestus täieneb pidevalt reaajas uute olevikuhetkedega. Teisalt, kui ajakogemuse mudel haarab kogemuslikult vahetult antusse ka lähituleviku nagu mõni niinimetatud näiva oleviku käsitlus seda teeb, siis sellega satuvad raskustesse nii presentism kui kasvava ploki mudel, mis ei tunnista tuleviku reaalsust. Seega sobib nende lähenemiste pooldajale paremini representatsionalism.

⁶ Samamoodi ei ole kogemuses esitatud mööduvus ise metafüüsilise mööduvuse vorm. Mööduvuse esituse seletamiseks piisab üksnes esituse tekkimise ja võimalikkuse seletamisest. Seevastu Dainton (2012) käsitleb kogemuslikku mööduvust samavõrd reaalsuse osana kui seda taotleb olla metafüüsiline mööduvus.

Mis puutub kogemuse seisundisse, siis mõne ajakogemuse mudeli järgi omab ka seisund ise ulatust, teiste järgi on kogemusakt hetkeline. Hetkeline akt on kooskõlas kõigi metafüüsiliste mudelitega. Ulatusega akt eeldab reaalselt aega, milles ta saaks kesta. Eternalismi jaoks siin probleemi ei ole, kuid ka presentism ning kasvava ploki teooria saavad põhimõtteliselt probleeme vältida seeläbi, et lasevad sellel ajal, milles ulatuvusega akt teostub, hetk hetke järel tekkida.

Vaatleme nüüd lühidalt teist küsimust. Kas aja metafüsika mängib rolli selles, kuidas me peaksime mõistma ja seletama subjektiivset aega? Olgu alustuseks öeldud, et ehkki eternalismi järgi ei leidu objektiivset saamist, ei eita eternalism subjektiivset aega. Ajakogemust on võimalik seletada ka eternalistlikus aegruumiplokis. On tõsi, et presentismi ja kasvava ploki teooria pooldajad rõhutavad, et nende mudelid pakuvad väga lihtsa seletuse ajakogemusele. Muutust, liikumist, järgnevust ning teisi ajalisi suhteid hõlmavad sündmused on oma loomult dünaamilised ning seda on ka nimetatud mudelid. Ajaline möödumus seisneb presentismi järgi selles, et igal hetkel vaheldub üks olevikuhetk teisega ning kasvava ploki mudeli järgi kasvab plokk igal hetkel minevikuks saanud olevikuhetke võrra. Muutuse ja teiste sündmuste kogemine on vastavalt võimalik tänu sellele, et maailm ise muutub igal hetkel. Iga kogemuse lõik on vastavuses maailma lõiguga ning mõlemad (kuna ka kogemus on maailma osa) uuenevad alatasa. Sellele vastukaaluks võib aga tuua kolm argumenti.

Esiteks on tegu väga lihtsustatud arusaamaga kogemuse tekkemehhanismidest. Moodsa neuroteaduse ning psühholoogia tulemused viitavad sellele, et kogemus on midagi sellist, mis konstrueeritakse ajus viimse suguste protsesside koostoimel ning kogemuses ilmnev ei ole sugugi üks-üheses vastavuses maailmas toimuvaga (nt. Dennett & Kinsbourne 1992 või Callender 2008). Dünaamika meie kogemuses tagab meie tunnetussüsteem, see ei ole pelk maailma peegeldus.

Teiseks, isegi kui dünaamiline ajakäsitlus on õige, ei aita möödumus seletada subjektiivset aega. Nimelt, nagu Barry Dainton (2011, lk. 414) on märkinud, ei avalda objektiivne möödumus spetsiifilist mõju ajakogemusele, vaid mõjutab ühtviisi kõike terves maailmas. Sellisel juhul ei leia me möödumuse faktist seletust ajakogemusele. Saamises on kogu maailm ning kogemus ei erine selle poolest ühestki teisest nähtusest.

Kolmandaks toon välja ühe arvatavasti üllatava argumenti, mille järgi on aja möödumus epifenomen ehk nähtus, millel puudub põhjuslik toime. Lühidalt öeldes: aja objektiivne möödumus ei mõjuta füüsikalise maailma seisundit ning seetõttu ei saa ta mängida rolli kogemuse tekkes. See väide põhineb Simon Prosseri (2007) argumentil, mis lähtub sellest, et aja möödumus ei kuulu füüsika poolt pakutud maailma kirjeldusesse. Füüsikaseaduste sõnastamiseks piisab B-seeriasse kuuluvatest määratlustest.

Kui eeldada füüsikalismi ehk seisukohta, mille järgi kogu maailm on füüsikaline, siis on kogemus osa füüsikalisest maailmast ning kuivõrd möödumus füüsikalist maailma ei mõjuta, ei mõjuta see ka kogemust. Prosseri (2007) järelalus on tugevamgi: mööduvust ei saa vahetult kogeda ning oletatav mööduvuse kogemus on illusioon.

Need kaalutlused näitavad, et ajakogemuse seletamine ei ole midagi sellist, mis presentistile ja kasvava ploki teoretikule lihtsalt „kätte tuleb“ ning eternalistile tõsiseid raskusi valmistab. Seletamine, kuidas aju meie subjektiivset aega konstrueerib, on keerukas ettevõtmine igähele, sõltumata sellest, millist metafüüsikat ta pooldab.

Lõpetuseks

Minu eesmärgiks selles artiklis ei olnud veenda lugejat ühe või teise ajamudeli õigsuses. Pigem oli minu sihiks pakkuda esmast ülevaadet arutlustest aja üle tänapäeva metafüüsikas. Siiski võib tõdeda, et vastuväited eternalismile tunduvad lihtsamalt vastatavad kui teiste mudelite pooldajate ees seisvad raskused. Teisalt on eternalismi staatilisus ning praeguse hetke erilise eitamise paljudele mõtlejatele vastuvõetamatud.

Lõpetuseks mõned lugemissoovitused. Esimeseks ülevaateks ajafilosoofiast sobib hästi Bardon (2013), populaarse ja piltliku sissejuhatause annab ka Callender ja Edney (2010). Sügavuti aja ja ruumi filosoofiasse tungiv, ent siiski õppematerjaliks mõeldud on Dainton (2010b). Põhjaliku ülevaate filosoofilise arutelu hetkeseisust annavad koguteosed Dyke ja Bardon (2013) ning Callender (2011). Tõsistele huvilistele on soovitatav tutvuda ka artiklitega kogumikus Bardon (2012). Nagu näha, on kõik need teosed ilmunud paari viimase aasta jooksul. See ei ole juhuslik – ajafilosoofiat on tabanud buum.

Tänu sõnad

Autori poolt läbi viidavat uurimistööd aja teemal toetavad grant ETF9117 ning osalemine TIMELY võrgustikus (Cost Action TD0904).

Kasutatud kirjandus

- Armstrong D.M. 2004. *Truth and Truthmakers*. Cambridge University Press.
- Bardon A. (toim.) 2012. *The Future of the Philosophy of Time*. Routledge.
- Bardon A. 2013. *A Brief History of the Philosophy of Time*. Oxford University Press.
- Bigelow J. 1996. Presentism and properties. *Philosophical Perspectives 10: Metaphysics*, 35–52.
- Braddon-Mitchell D. 2004. How Do We Know it is Now Now? *Analysis* 64(3): 199–203.
- Callender C. 2008. The Common Now. *Philosophical Issues* 18: 339–361.

- Callender C. (toim.) 2011. *The Oxford Handbook of Philosophy of Time*. Oxford University Press.
- Callender C. 2012. Time's Ontic Voltage. *The Future of the Philosophy of Time*, A. Bardon (toim.), Routledge, 73–98.
- Callender C. & Edney R. 2010. *Introducing Time: A Graphic Guide*. Icon Books.
- Cameron R. 2011. Truthmaking for Presentists. *Oxford Studies in Metaphysics*, vol. 6, K. Bennett, D. Zimmerman (toim.), Oxford University Press, 55–100.
- Craig W.L. 1999. Tensed Time and Our Differential Experience of the Past and Future. *Southern Journal of Philosophy* 37(4): 515–537.
- Dainton B. 2001. *Time and Space*. Acumen.
- Dainton B. 2010a. Temporal Consciousness. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2010 Ed)*, E. N. Zalta (toim.): <http://plato.stanford.edu/archives/fall2010/entries/consciousness-temporal> (viimati vaadatud 08.09.2013).
- Dainton B. 2010b. *Time and Space. Second Edition*. Acumen.
- Dainton B. 2011. Time, Passage, and Immediate Experience. *The Oxford Handbook of Philosophy of Time*. C. Callender (toim.), Oxford University Press, 382–419.
- Dainton B. 2012. Time and Temporal Experience. *The Future of the Philosophy of Time*, A. Bardon (toim.), Routledge, 123–148.
- Dennett D.C. & Kinsbourne M. 1992. Time and the Observer: The Where and When of Consciousness in the Brain. *Behavioral and Brain Sciences* 15(2): 183–201.
- Dyke H. & Bardon A. (toim.) 2013. *A Companion to the Philosophy of Time*. Wiley-Blackwell.
- Forrest P. 2004. The Real but Dead Past: A Reply to Braddon-Mitchell. *Analysis* 64(4): 358–362.
- Kivimaa C. 2013. *Presentism ja erirelatiivsusteooria*. Bakalaureusetöö Tartu Ülikooli filosoofia osakonnas.
- McTaggart J.M.E. 2003. Aja ebarealsus. Tlk Unt, A. *Akadeemia* 5: 939–957.
- Mellor D.H. 2003. Aeg meie elus. Tlk Kaskmann, M. *Akadeemia* 5: 958–976.
- Miller K. 2013. Presentism, Eternalism, and the Growing Block. *A Companion to the Philosophy of Time*, H. Dyke, A. Bardon (toim.), Wiley-Blackwell, 345–364.
- Paul L.A. 2010. Temporal Experience. *The Journal of Philosophy* 107(7): 333–359.
- Prosser S. 2007. Could We Experience the Passage of Time. *Ratio* 20(1): 75–90.
- Putnam H. 1967. Time and Physical Geometry. *The Journal of Philosophy* 64(8): 240–247.
- Savitt S. 2005. Olemine ja millekski saamine tänapäeva füüsikas. Tlk Unt, A. *Akadeemia* 7: 1520–1554.
- Schlesinger G.N. 1980. *Aspects of Time*. Hackett.
- Tallant J. 2011. *Metaphysics: An Introduction*. Continuum.

Bruno Mölder (bruno.moelder@ut.ee) – Tartu Ülikool, Filosoofia osakond, Jakobi 2, Tartu 51003.

Kas täna on täna ja eile oli eile?

Sirje Kupp-Sazonov

*Tulevik jõuab kätte aeglaselt,
olevik lendab nagu nool, kuid
minevik seisab igavesti paigal.*

Friedrich Schiller (1759–1805)

Aja suhtelisuse üle ei vaidle vist enam keegi. See aksioom on võetud omaks nii teaduses kui igapäevaelus. Küllap on vist igaüks meist tundnud, et puhkus möödub oluliselt kiiremini kui tööpäevad, tüütu ootamine võib ka paar minutit venitada justkui tundidepikkuseks jne. Kuigi tegelikult me ju teame, et ööpäev on nii töötades kui puhates ühtviisi 24 tundi pikk ja et igas ootamisele kulunud minutis on ikka vaid 60 sekundit nagu tavaliselt.

Inimesed on tundnud vajadust aega kuidagi jaotada juba tuhandeid aastaid ning loonud kalendrid, mis on reeglina kooskõlas looduses toimuvate protsessidega. Lisaks nõ. mõõdetavatele ajaühikutele on inimene mõelnud enda jaoks välja ka ebamäärasemad ja mitte nii kergesti ühikuteks jagatavad ajatelje osad.

Ameerika kirjanik Don DeLillo (2005) on öelnud, et „väljaspool meie mõistust ei ole olemas minevikku, olevikku ega tulevikku“. Hoolimata sellest, et mõisted *olevik*, *tulevik* ja *minevik*, nii nagu erinevad ajaühikudki (*aasta*, *tund*, *minut* jms.), on inimeste väljamõeldis, peame me tõdema, et tegelikult ei ole meil aja üle mitte mingisugust kontrolli. Erandiks võib siinkohal pidada ehk vaid kirjanikke, kes oma fantaasiates võivad ajaga ringi käia just täpselt nii, nagu nemad seda soovivad. Nad võivad aega peatada või kiirendada, luues aega, mida tegelikkuses ei eksisteeri.

Siiski näib, et ka nn. tavainimene ei taha päriselt loobuda tundest, et aeg on pisutki juhitav. Heaks tõestuseks on meie igapäevakeel. Kui seda lähemalt uurida, siis võib näha, kuidas me tavalistes suhtlusolukordades aega mõjutada püüame ning sellega ühtlasi ka oma keelekasutust värvikamaks muudame. Võib koguni öelda, et mõnikord teeme me minevikust oleviku või tuleviku.

Algajale keeleõppijale luuakse grammatilisest ajast väga lihtsustatud pilt – ikka selleks, et keeleõpet esimestel etappidel hõlbustada. Näiteks võidakse talle öelda, et sõnadega *täna*, *praegu* jne. sobib kokku tegusõna olevikuvorm, samas kui *eile*, *möödunud nädalal* ja *eelmisel aastal* nõuavad tingimata mõne minevikuvormi kasutamist. Selles lihtsustatud keelepildis ei ole midagi halba – õppimise algstaadiumis on see igati õigustatud. Samas, emakeelekõneleja või edasijõudnud võõrkeele kõneleja näeb, et tegelikult pakub keel meile palju rohkem võimalusi, kui esmapilgul võiks arvata.

Käesolevas artiklis keskendutaksegi eelkõige eesti keele võimaluste vaatlemisele, kuid paar näidet on võrdluseks toodud ka vene keelest.

Eesti keeles on kindlas kõneviisis teadupärast neli ajavormi: olevik, lihtminevik, täisminevik ja enneminevik. Eraldi morfoloogilist tuleviku vormi ei ole ning tulevikus asetleidva tegevuse väljendamiseks kasutame erinevaid vahendeid (nt. oleviku vormi koos tulevikule viitavate ajamäärsõnadega, erinevaid verbikonstruktsioone: *hakkan kirjutama*, *homme alustame pakkimist* jms.).

Eesti keele grammatika kohaselt on olevik ehk preesens „verbi ajavorm, mis märgib sündmuste toimumist kõnehetke suhtes mitteminevikulisel ajahetkel“ (Erelt jt. 1995, lk. 76). Lisaks võimaldavad keelelised vahendid kasutada olevikuvormi ka mineviku kontekstis (näited 1 ja 2):

(1) *1930. aastate teisel poolel ilmub EHL-i ja Taavet Mutsu teatrikirjastuse kaudu keskmiselt 30–40 näidendiraamatut aastas, kusjuures tegu on valdavalt tarbetekstidega.* (Eesti kirjanduslugu)

(2) *Lähem kord koridori mööda ja kuulen äkki vingumist. Esiti mõtlesin, et siga tapetakse, siis aga kuulatasin ja kuulen, et Veera Nikitiitšina kellegagi riidleb...* (A. Tšehhov 2007)

Näites (2) kasutatakse määrsõna *kord*, mis eesti keeles saab esineda kas mineviku või tuleviku kontekstis (Langemets jt. 2009).

Mõlema näite puhul on selge, et tegevused on toimunud minevikus, kuid neid esitatakse nii, nagu toimuksid need kõnelemise hetkel. Oleviku kasutamist minevikus toimunud sündmuste edasiandmiseks nimetatakse keeleteaduses *praesens historicum*’iks või *ajalooliseks olevik*’uks. Üldiselt kasutavad kirjanikud olevikuvormi selles tähenduses eelkõige eesmärgiga, et tekst oleks elavam ja emotsionaalsem ning et lugejal tekiks mulje, nagu kõik kirjeldatav toimuks siin ja praegu tema silme ees. On selge, et igasugustesse tekstidesse selline ajavormi kasutusviis ei sobi. Näiteks pole mõeldav, et juriidiline tekst (nt. seadus või leping) sellist stiilivõtet kasutaks. Eelkõige võib selliseid kontekste leida siiski vaid ilukirjanduses ja kõnekeeles, mõnikord harvemini teaduslikes tekstides.

Võrdluseks tuleb öelda, et näiteks vene keel astub olevikuvormi kasutamisel mineviku kontekstis veel sammukese edasi. Nimelt on vene keeles võimalik selline olukord, kus otseselt minevikule viitav keelend ja olevikuvorm esinevad ühes lauses koos (näited 3 ja 4).

(3) *Вчера после совета он мне **говорит**: «Устал, Федор Ильич! Устал!»* (A. Tšehhov 2006)

**Eile pärast õppenõukogu koosolekut ütleb ta mulle: „Ma olen väsinud, Fjodor Iljitš, väsinud.“*

(4) *Вчера в полночь прохожу через столовую, а там свеча горит.* (A. Tšehhov 2006)

* *Eile lähen südaöösel läbi söögitoa, seal põleb küünal.*

Näib, et eesti keeles päris selline kasutusviis võimalik ei ole, vähemalt mitte kirjalikus tekstis (seetõttu on eestikeelsed laused tähistatud tärniga). Näited (3) ja (4) on eesti keelde tõlgitud minevikuvormide abil: *Eile pärast õppenõukogu koosolekut ütles ta mulle: „Ma olen väsinud, Fjodor Iljitš, väsinud.“* ja *Eile läksin südaöösel läbi söögitoa, seal põles küünal.*

Tegelikult juba V. Tauli (1980, lk. 33) märkis oma õpikus *Eesti keele grammatika II. Lauseõpetus*, et lihtmineviku vormi asemel ei saa olla olevikuvorm siis, kui verbi laiendab minevikku märkiv väljend nagu *eile*, *möödunud nädalal*, *kahe aasta eest* jms.

Eelnevad näited demonstreerisid, kuidas olevikuvormid minevikulises kontekstis tegevusi ja olukordi meile justkui ajalisel lähemale toovad, nagu toimuksid need meie silme ees siin ja praegu. Nüüd aga vaadelgem keeekasutust, kus hoopis minevikuvorm väljendab tegevust või olukorda olevikus (näide 5).

(5) *Kas Teie nimi oli härra Tamm?*

Sellist lihtminevikuvormi kasutust võib ette tulla näiteks olukorras, kus suhtlevad kaks inimest, keda on omavahel tutvustatud ning kellest üks soovib vestluse käigus kontrollida, kas ta mäletab oma vestluskaaslase nime õigesti. Eesti keeleteaduses nimetatakse sellist nähtust *meenutusminevikuks*, mis tähendab seda, et „tuletades meelde minevikus teada saadut kasutatakse minevikku vaatamata sellele, et öeldu võib sisuliselt kehtida olevikuski“ (Erelt jt. 1995, lk. 77).

Näiteks vene keele kõneleja, kelle emakeeles ei ole võimalik minevikuvormi sellises tähenduses kasutada, saab küsimusest hoopis teistmoodi aru. Ta eeldab, et küsija arvates on kõnetatu perekonnanimi küsimise hetkeks muutunud ning soovitakse teada, millist perekonnanime kandis vestluskaaslane varem. Seega võib selline küsimus eesti keeles põhjustada mitte emakeelekõneleja jaoks segadust, kuna küsija soovib vaid kontrollida oma valduses olevat informatsiooni, aga vastajale võib jääda mulje, et küsimus puudutab tema eelmist perekonnanime.

Esmased analüüsitulemused näitavad, et tõenäoliselt võimaldavad sellist kasutusviisi ka teised tegusõnad. Järgnev näide (6) on pärit ühest tavavestlusest, osapool A räägib eesti keelt emakeelena ja teine osaleja B on kakskeelne (eesti ja vene).

(6) *A: Kas Siim elab nüüd Prantsusmaal?*

B: Jah, juba aasta.

A: Oota, mida ta seal õppis, õigusteadust?

B: Ta õpib praegu ka – jah, õigusteadust.

Olukord on sarnane näitelausega (5). Vestluses osaleja A soovib vaid Siimu puudutatavat informatsiooni kontrollida, samal ajal kui vestluspartner B mõistab tema küsimust hoopis teisiti ning seetõttu ta parandab A-d. Tõenäoliselt mõjutab teda seejuures tema teine emakeel, kuna nagu eespool juba mainitud sai, vene keeles tegusõna minevikuvormi selles tähenduses kasutada ei saa.

Niisiis kasutavad ülalpool kirjeldatud näidetes kõnelejad lihtmineviku vormi selleks, et saada kinnitust olevikus kehtivale olukorrale. Eesti keeleteaduses eristatakse veel lisaks selliseid kontekste, mille puhul minevikuvorm tähistab tegelikult tulevikus asetleidvaid tegevusi või olukordi. Kahte sellist nähtust vaatleme vaid põgusalt, sest tegu on suhteliselt keeruliste keelekonstruktsioonidega, mille illustreerimiseks pole rohkem näiteid õnnestunud leida (vt. näited 7 ja 8; Erelt jt. 1993, lk. 33). Eesti keele grammatikas eristatakse nn. *mineviku tulevikku* ja *mineviku mineviku tulevikku*, mida väljendab infiniitvormi enneminevik:

(7) *Pomm oli plahvatamas* ehk *Pomm hakkas plahvatama*.

(8) *Kana oli olnud just valmis saamas*, kui *Mari koju tuli*.

Kolmas minevikuvormi kasutamise võimalus on huvitavam ja väärib rohkem tähelepanu, sest seda võib küllaltki sageli meie igapäevakeeles kohata (näited 9 ja 10). *Eesti keele käsiraamatus* nimetatakse seda *tuleviku minevikuks*, mis tähendab, et „täismineviku vormi kasutatakse ka siis, kui kõnehetkele järgnevat tegevust vaadeldakse mingi veel hilisema vaatlushetke seisukohalt (tuleviku minevikus)“ (Erelt jt. 2007, lk. 279).

(9) *Loodame, et pühapäeva õhtuks oled sa selle töö lõpetanud*.

(10) *Järgmiseks kevadeks on ta raamatu valmis kirjutanud*.

Artikli alguses oli põgusalt juttu algajale keeleõppijale esitatavast lihtsustatud ajavormide kasutamise skeemist, kus minevikuvormid eeldavad minevikule viitavate ajamäärsõnade kasutamist ja olevikuvormid vastavalt oleviku või tulevikuga seotud keelendite kasutamist. Eespool oli juttu ka sellest, et ajamäärsõna *eile* on eesti keele seisukohast ilmselt liiga „minevikuline“, selleks, et see võiks esineda lauses koos olevikku märkiva tegusõnaga. Ajamäärsõna *täna* lubab aga hoopis vabamat lähenemist ja seetõttu võib algaja keeleõppija sattuda segadusse, kui ta puutub kokku järgmiste lausetega (näited 11 ja 12).

(11a) *Täna ma pesin pesu, koristasin tube ja küpsetasin kooki.*
vrđ.

(11b) *Täna ma pesen pesu, koristan tube ja küpsetan kooki.*

(12a) *Täna kirjutati Riias alla Eesti-Läti laenuleping ning Põhjamaade vaheline koostööleping.* (Äripäev)

vrđ.

(12b) *Täna kirjutatakse Riias alla Eesti-Läti laenuleping ning Põhjamaade vaheline koostööleping.*

Need näited demonstreerivad, et ajamäärsõna *täna* saab edukalt kasutada nii mineviku kui tuleviku väljendamiseks.

Eesti keele seletava sõnaraamatu kohaselt tähendab *täna* – käesoleval päeval (Langemets jt. 2009). Näitelause (11) ja (12) puhul näeme, et ühel juhul viidatakse minevikus toimuvale tegevustele ja teisel juhul tulevikus asetleidvatele sündmustele, s.t. *täna* ≠ praegu, hetkel. Täna võib muuhulgas hõlmata endas ka käesolevat hetke, see on võimalik esiteks, kas staatiliste verbidega⁷ (näited 13 ja 14),

(13) *Täna on ilus ilm.*

(14) *Laps magab täna kaua.*

või teiseks verbide puhul, mis väljendavad kestvat tegevust (näited 15 ja 16).

(15) *Turul müüakse täna lambaliha.*

(16) *Täna küpsetame pirukaid.*

Kui pöörduda korraks tagasi olukorra juurde, kus lauses on koos ajamäärsõna *täna* (mis peaks selgelt viitama olevikule) ja tegusõnad minevikuvormis (näide 11), siis väärub eraldi tähelepanu ka kõnelemise hetk. Kui lauses on vaid üks tegevus ja seda väljendab olevikuvorm, võib eeldada, et see on aktuaalne ka kõnelemise hetkel (näitelause 13–16). Kui lauses on mitu (üksteisele järgnevat) tegevust olevikuvormis (näide 11b), siis omandavad need tulevikus asetleidvate tegevuste tähenduse, mis tähendab, et kõnehetkel on tegu kõneleja kavatsustega. Samas pole välistatud võimalus, et ühe tegevuse toimumisaeg langeb kokku kõnelemise hetkega.

Kui kõneleja ütleb: *Täna ma pesin pesu, koristasin tube ja küpsetasin kooki*, siis tekib küsimus, millisel ajahetkel midagi sellist öelda saab. Asjaolu, et kõneleja kasutab sõna *täna*, viitab sellele, et käesolev päev ei ole veel lõppenud, vastasel juhul oleks korrektne viidata toimumishetkele juba ajamäärsõnaga *eile*. Teisest küljest aga eeldaks minevikuvormide kasutamine seda, et mainitud sündmused toimusidki kõnelemise hetke suhtes millalgi minevikus.

⁷ Staatilised verbid väljendavad seisundeid. Kui verb ei ole staatiline ehk seisundiverb, on ta dünaamiline (Argus 2007, lk. 15).

Kui näiteks võrrelda järgmisi lauseid: *Turul müüakse täna lambaliha / Turul müüdi täna lambaliha*. Siis erinevalt esimesest lausest, on minevikuvormi puhul kaks tõlgendusvõimalust:

- 1) turupäev on lõppenud ja kauplemist enam ei toimu või;
- 2) kõneleja ei näe enam lambaliha müümist (näiteks ta on turult lahkunud) ning seetõttu ei saa ta olla kindel, kas tegevus jätkub.

Seega tuleb kokkuvõtteks tõdeda, et ainult ajamäärsõnade ja tegusõna ajavormide põhjal ei saa langetada otsust selle kohta, kas kõneleja räägib oleviku olukorrast, minevikus asetleidnud sündmustest või hoopis tuleviku kavatsustest. Kui me suhtume tähelepanelikult oma emakeelde või omandame kõrgel tasemel võõrkeele, siis võime lubada endale seda lõbu, et kas või näiliselt muudame pisut aja vääramatut kulgu ja toome näiteks minevikus toimunu hetkeks olevikku.

Kasutatud kirjandus

- Kruusmaa S. 2010. Täna kirjutati alla Eesti-Läti laenuleping. *Äripäev* 21.09.2010 <http://www.ap3.ee/?PublicationId=168c0a1c-8aff-4d29-8e94-b563bec6c098> (viimane külastus 24.08.2013)
- Annus E., Epner L., Järv A., Olesk S., Süvalep E., Velsker M. 2001. *Eesti kirjanduslugu*. Koolibri, Tallinn.
- Argus R. 2007. Eesti keele verbi ajamorfoloogia ja aspektilisuse omandamisest. *Emakeele Seltsi aastaraamat* 52, 7–32.
- DeLillo D. 2005. *Valge müra*. Pegasus, Tallinn.
- Erelt M., Kasik R., Metslang H., Rajandi, H., Ross K., Saari H., Tael K., Vare S. 1993. *Eesti keele grammatika II. Süntaks*. Eesti Teaduste Akadeemia Keele ja Kirjanduse Instituut, Tallinn.
- Erelt M., Erelt T., Ross K. 2007. *Eesti keele käsiraamat*. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn.
- Langemets M., Tiits M., Valdre T., Veskis L., Viks Ü., Voll P. 2009. *Eesti keele seletav sõnaraamat*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus.
- Tauli V. 1980. *Eesti grammatika II. Lauseõpetus*. Finsk-ugriska institutionen. Uppsala.
- Tšehhov A. 2007. *Humoorikad jutustused*. Tallinn. (Tõlk. Linask V., Murdmaa E., Küla-Nurmik M., Tuglas F., Viires P.)
- Tšehhov A. 2006. *Näidendid*. Tallinn. (Tõlk. Raudsepp E., Samma O.)
- Чехов А. П. 1982. Пьесы. Москва. Rmt: Erelt M., Kasik R., Metslang H., Rajandi, H., Ross K., Saari H., Tael K., Vare S. 1995. *Eesti keele grammatika I. Morfoloogia. Sõnamoodustus*. Eesti Teaduste Akadeemia Eesti Keele Instituut, Tallinn.
- Tsitaat.com http://www.tsitaat.com/tsitaadid/autorid/friedrich_schiller (viimane külastus 27.09.2013)

Sirje Kupp-Sazonov (Sirje.Kupp-Sazonov@ut.ee) – Tartu Ülikooli Germaani, romaani ja slaavi filoloogia instituut, Tõlkekeskus, 51014 Ülikooli 17-120, Tartu.

Planeet Maa vanus

Tõnn Paiste

Paljud väidavad, et aeg on suhteline. Kui rääkida sellisest objektist nagu planeet Maa, oleks vaja aga täpsemat arusaama ajast. Mis on aja väärtus? Mis vahet on sellel, kas Maa vanus on 6000, 24 miljonit või 3 miljardit aastat? Kui suureks me peame nullirida venitama, et saaksime vajaliku tulemuse? Täpse Maa vanuse tähtsus väljendub erinevate teadusharude omavahelisel koostööl, paljude teooriate mõistmisel, ebatäpsete ideede väljanappimisel ja alternatiivsetele teooriatele mõtlemisele julgustamises. Kaasajal levinud tulemused ja arusaamad ajast on ajaloo jooksul saavutatud tänu pikkadele vaidlustele, uue tehnika väljatöötamisele ja teisitimõtlejate vapustavatele arusaamadele. Seda kõike – kuidas n.ö. teadus on võitnud usku ja kuidas oleme oma arusaamades ajast jõudnud tänapäevastele tulemustele – kavatsen teile lühidalt mõnel järgneval leheküljel tutvustada.

Usust küsimusteni

Küsites mõne primitiivsema rahva esindaja käest meie “jalgealuse” tekkimise hetke kohta, saaks ilmselt vastuseks: kaua aega tagasi. Arusaadavalt, nende tõekspidamiste kohaselt on see täiesti aktsepteeritav vastus. Arusaam Maa vanusest, mis on olnud levinud valdava osa inimkonna ajaloost, on tuletatud religioonist. Alles 17. sajandil mindi vastuollu inimrahvaid tuhandeid aastaid valgustanud religiooniga, millal tekkisid küsimused, millele usk enam vastata ei suutnud.

Meie teekond algab kuulsast peapiiskop Ussherist, kes 1650. aastal Piiblit analüüsidest tõlgendas Maa tekke hetkeks 23. oktoobri kell 20:00, aastal 4004. enne Kristust (Shaviv 2009). Tol ajal inimestele sellest täiesti piisas. Tulemus saadi tuginedes Piibli Esimesele Moosese raamatule, kus kirjeldatakse Maailma loomist kuue päevaga (Genesis 1). Seejuures tuleks märkida, et Piibli järgi on Jumala üks päev meile tuhat aastat (2 Peter 3:8). Kahte eelnimetatud arusaama kokku pannes arvutaski piiskop välja Maa vanuse (Lewis & Knell 2001). Ussheri tulemuste mittepõldajate vastumeelsus ei püsinud kaua, kuna inimeste kiindumus pühasse raamatusse oli piisavalt suur. Tol ajal kasutati Jumalasõna igasuguste nähtuste ning nendega kaasneva selgitamisel. Paljudele Piiblile tuginevatest seletusest siiski ei piisanud. Loodusteaduste ja dateerimismeetodite arenguga seoses ei mahtunud enam Maal leiduvate paikade ja objektide vanused mõnetuhande aastasesse ajaraami. Tekkisid küsimused, millele vastamiseks oli vaja muuta siiaamaani levinud arusaamu (Dean 1981).

Filosoferimisest miljonite aastateni

17. sajandi lõpuga kaasnes täiesti uudne usuline – deism (õpetus jumalast kui maailma loojast, kes hiljem ei sekku looduse arengusse) – mis andis tekkinud küsimustele sobivaid vastuseid. Oli arusaam aastast 6000 kui hetkest, mil inimene loodi (Holmes 1913). Seejuures oldi veendunud, et maapinnas leiduvad fossiilid on tekkinud viimasest suurest üleujutusest mis Maad tabas (Dean 1981). Võib arvata, et ühed esimesed geoloogilised uurimused olid seotud üleujutuste tõestamisega. Välitöödel nähtu ehk loodusvaatlustest ning usust lähtuvate arusaamade vahel tekkisid ebakõlad, mis põhjustasid tolaeegses teadusmaailmas ärevust. Vaidlused kogusid järjest suuremat hoogu ning 18. sajandil arenes välja palju uusi teooriaid Maa tekkest ja selle vanusest. Levis hulganisti arusaamu ja küsimusi, millele polnud enam võimalik tolele aja tõekspidamistele tuginedes vastuseid leida. Nii näiteks sai selgeks, et inimese areng ei saa olla nii lühike, nagu oli Piiblile tuginedes välja arvatud. Koos teadmiste suurenemisega fossiilidest ja geoloogiast mõisteti, et fossiilid on vanemad kui viimane globaalne üleujutus; jõed on vajanud pikemat aega, et kulutada oma teed mööda maapinda jne (Dean 1981).

Tänapäeval modernse geoloogia isana tuntud James Hutton hakkas populariseerima ideid Maa tegelikust vanusest. Tema raamat “Theory of the Earth” kirjeldas meie koduplaneeti, erinevalt eelnevatest tõekspidamistest, vanema süsteemina. Oma väite tõestamiseks kasutas ta roomlaste ehitatud Hadrianuse müüri, mis oli 1500 aastat vana. Nähes, et selle ehitamisest peale ei olnud müüriga midagi juhtunud, jõudis Hutton järeldusele, et Maa pidi tunduvalt vanem olema, kui seni arvatud (Shaviv 2009). Tema arvates pole maailmal algust ega lõppu, kuna seda pole Maa geoloogilises ehituses näha. Huttoni ideed hakati nimetama plutonismiks, mis seisnes selles, et Maal leiduvad kivimid on tekkinud vulkanismi tulemusel, koos pideva kulutuse ja erosiooniga mille settimisel tekivad settetikivimid. Olid ka arusaamal, et suuri üleujutusi ei ole juhtunud. Siiski ei nõustunud kõik teadlased Huttoni maailmavaatega ning tekkis vastanduv teooria, mida teame kui neptunism, mille eestvedajaks oli Abraham Gottlob Werner. Neptunismi idee põhines arusaamal, et kõik kivimid Maal on tekkinud mineraalide kristalliseerumisel ookeanites. Vaidlused ja arutelud viisid uute ideede ja teadusrühmade tekkimiseni, kuid üldine arusaam maailma vanusest ei muutunud. Seda kõike seni, kuni sekkus inimene, kes teaduslikele aruteludele tuginedes lükkas ümber üleujutuste vanusele toetuva teooria Maa vanusest (Bryson 2003; Löther 2008).

Suured mehed, suured arvud

Raamatu “Principles of Geology” ilmumisega vapustas 19. sajandil maailma mees nimega Charles Lyell. Vaibusid vaidlused vanade arusaamade üle ja Maa vanuse määramisele hakati lähenema teaduslikult (Shaviv 2009). Kätte jõudis aeg, kus geoloogia kui eraldiseisva teaduse viljelejad said avaldada oma teooriaid ja mõtteid, kartmata sattuda n.ö. paha poisina Jumala silme alla (ehk siis juhtivate kirikusade põlu ja tagakiusamise kätte; Lewis & Knell 2001). Just 19. sajandil tuli mängu minevik, kuhu paljud kunagi varem vaadata ei julgenud. Teadusringkondades Maa vanuse üle arutledes kõneldi juba kümnetest miljonitest aastatest, ning see omakorda andis tõe selliste loodusteaduste nagu bioloogia, astronoomia ja muudugi ka geoloogia arengule (Lewis & Knell 2001).

19. sajand rikastas paljude uute teadmiste ja avastustega, kuid siinkohal tooksin esile vaid mõned teadlased ja nende saavutused. Kui Lyell n.ö. “võttis Maa vanusepiirangud maha”, hakkasid teooriad Maa vanuse kohta levima tänapäevasemas suunas (Burchfield 1998). Maa vanust hakati leidma kvantitatiivsetel meetoditel. Nii näiteks publitseeriti vanuseid, mis arvutati ookeanite keemilise koostise, erosiooni ja settimise põhjal. Nii näiteks saab, teades ookeani soolust ja soolade sissekande hulka aastas, leida aja, mille vältel soolad on ookeanis akumulunud. Saadud tulemused küündisid 25–100 miljoni aastani. Vaatamata metoodika ebatäpsusele peeti seda tõele kõige lähedasemaks tulemuseks (von Hevesy 1930).

Teine meetod kasutas ära teadmisi erosiooni ning settimise kohta. Põhilised uurimised kasutatud setted koguti Mississippis jõe lademetest (Mcgee 1893). Vaadeldi settekihtide paksusi ning teades, kui kiirelt konkreetse suurusega kiht moodustus, sai arvutada selle vanuse. Sellise meetodiga Maale omistatud vanused ulatusid mõnest kümnest miljonist kuni miljardite aastateni. Vaidlused mõõtmiste täpsuse või meetodite õigsuse üle veel kestsid, kui avastati radioaktiivsetel elementidel põhinev dateerimine.

Geoloogia kõrval sündinud bioloogia teadusharule oli samuti Maa vanus tähtis. Nimelt vajas Charles Darwin oma kuulsat evolutsiooniteooria loomiseks piisavalt kõrget Maa vanust. Temagi rakendas sedimentatsiooni kohta kogutud teadmisi ning leidis, et maailm on eksisteerinud 300 miljonit aastat (Burchfield 1998). Säärast vanust aktsepteerisid paljud teised tolleaegsed teadlased, kuid Darwini meetodi ja arvude ebatäpsus ei rahuldanud sugugi mitte kõiki.

Nii geoloogidele kui ka bioloogidele oli tollal suureks pinnuks silmas William Thomson, kes oli füüsikuna maailmale rohkem tuntud Lord Kelvinina. Lisaks oma teadustööle mäletatakse teda kui paljude füüsika

folkloori kuuluvate väljaütlemiste autorit. Tal oli kombeks vaielda kõigiga ja kõigest. Mõned tema meeldejäävamad ütlused: 1895. aastal kuulutas ta Austraalia füüsika instituudis, et “*õhust raskemad lennumasinad on võimatud*”; 1896. aastal: “*Mul ei ole kõige vähematki molekuli usku teistesse lennuvaatlussüsteemidesse kui õhupallid*” ja 1900. aastal: “*Praegu ei ole füüsikas midagi uut avastada. Ainuke, mis veel alles jääb, on järjest täpsemad andmed ja mõõtmised*” (Shaviv 2009). Sellegi poolest pälvis ta oma teenete eest lordi tiitli. Maa vanuse arvutustes põhines ta arusaamale planeedist kui jahtuvast kehast, arvestades Maad kui homogeenset ja ideaalset sfääri. Sama teooriat rakendas ta ka Päikese vanuse määramisel, leides et tegemist on keraga, mis saab soojust gravitatsioonilisel kokkutõmbel. Teades, et Maa moodustus algselt sulamaterjalist ja et jahtudes kehad tõmbuvad kokku, siis kasutades Maa pinna temperatuuri (leides vajalikud väärtused sellel hetkel olemasolevatest andmetest maakoore temperatuuri kohta), saab arvutada aja möödumist Maa selle vormi saavutamiseni (Shaviv 2009). Samas puudusid tal teadmised Maa sisesoojusest ja Päikese seesmisest energiaallikast.

Alge arusaama kohaselt sai Päike oma kütuse väljastpoolt, Päikesesse sööstvate meteoriitide näol (Holmes 1913). Ilmselt pole tänapäeval raske aru saada, miks see teooria paika ei pea. Samas ei suutnud keegi võrdlemisi pikka aega tema teooriatele vastu vaielda. Isegi siis, kui kivimite vanuseks dateeriti miljard aastat, ei suudetud seletada ega ümber lükata Päikese vanuse kohta käivat arvamust (Stacey 2000). Kelvini arvutuste põhjal oli Päikese vanuseks 100 miljonit aastat (Shaviv 2009), mis teeks Päikese Maal leiduvatest kividest nooremaks. Siiski kestis tema arvamus kuni 1939. aastani, kuni mõisteti termotuumareaktsiooni ja Päikese seost. Seejuures tuleks märkida, et Kelvini arvutused Maa vanuse kohta haavasid geolooge juba tema arvutuste avalikustamisest saadik, kuna füüsika seadusi ja arvutusi hinnati kõrgemalt kui geoloogide teadmisi sedimentatsioonist ja sellest tuletatud vanusemääranguid (Stacey 2000). Põhjus oli lihtne, nimelt settimise seaduspärasustel polnud veel kindlaid tõestusi. Isegi 19. sajandi lõpus avastatud radioaktiivsus ei rahuldanud Kelvini, sest tema arvutused ei saanud ju olla valed ning samuti leidis veel piisavalt palju tema ideede pooldajaid. Ta arvas, et sedimentatsioon sai toimida vaid Päikese abil, seega pidi enne vastuse saama küsimusele, kui vana on Päike, millest võis edasi minna radiatsiooniga (Stacey 2000).

Tegelikult ei olnud Kelvin üldse kangekaelne. Asi oli selles, et mitte miski füüsikas ei suutnud seletada, kuidas Päikese suurune keha, põletades pidevalt oma sisemist kütust, saab kesta rohkem kui kümned miljonid aastad. Lähtudes nendest teadmistest tuletati ka Maa vanus (Stacey 2000). Sellega kaasnes ootus millegi täpsema ja kindlama suhtes. Viimaseks sai just radioaktiivsus, mis andis lootuse näha Maad kui vanemat planeeti.

Radioaktiivsus, isotoobid ja tänapäev

Olen jõudnud sinna maani, kus meie armas koduplaneet on saanud (viimase kahe sajandiga) endale piisavalt aktsepteeritava vanuse. Hetkest, mil Röntgen ja Becquerel avastasid “omanimelised” kiired, ei olnud radioaktiivsuse avastamise eest enam pääsu. 1904. aastal sooritas ühe esimestest radioaktiivse dateeringu katsest Rutherford, saades mõõdetava kivimiproovi vanuseks 500 miljonit aastat (Lewis & Knell 2001). Samas, aasta varem leidis Marie Skłodowska-Curie, et raadiumi enda temperatuur on kõrgem teda ümbritseva keskkonna temperatuurist. Sellele avastusele tuginedes leidis John William Strutt, et Maakera ei ole jahtuv kera, vaid peab omama sisesoojust (Lewis & Knell 2001).

Kätte jõudis aeg n.ö. särada geofüüsikutel. Igasugused täpsustused ja korduvmõõtmised kestsid ajani, kuni leiutati mass-spektromeeter, millega kaasnesid suure hulga erinevate isotoopide avastamised. Edaspidi tärkas suuremat sorti huvi ning leidis hulganisti teadlasi, kes üritasid leida erinevaid, mass-spektrometriaal põhinevaid dateerimismeetodeid. Vanuseid määrati hulgi, kuid need muutusid peaaegu igal aastal ning järjest kaugemale minevikku meie “jalgealuse” sünd ajaskaalal nihkus. Aina täpsemaks arenes geoloogilise aja märkimine, jõudu said ka bioloogid oma evolutsiooniteooria ja inimese arengu uurimisel. Kokkuvõtvalt öeldes, sai geofüüsikaliste meetodite abil vanuste määramisega uue hoo sisse kõik, mis nõudis täpsemaid dateeringuid (Lewis & Knell 2001).

Jõudes tänapäeva, peab mainima, et uued avastused ja sellega kaasnevad teadmised ning teaduse areng on viinud ühtsele arusaamale Maa vanusest. Praegusel ajal põhineb Maa “parima” vanuse määramine dateerimismeetodil, mille jaoks mõõdetakse väga vanadest pliiimaakidest nende isotoopkoostise suhet. Praegu kehtivaks peetav Maa vanus on määratud Canyon Diablo meteoriidi plii isotoopkoostise põhjal (Kuroda 1999), kuna eeldatakse, et meteoriit on moodustunud protoplaneetidega samaaegselt ega ole allunud moondele või muudele keemilist koostist mõjutavatele nähtustele. Selliselt saadud Maa vanus küündib 4,55 miljardi aastani, mis ei erine palju Claire Pattersoni 1956. aasta tulemusest (Patterson 1955; 1956).

Maa vanuse teadmisel saab edasi minna hulgaliste täpsustamata küsimustega, mille tulemused sõltuvad meie planeedi enda vanusest; näiteks millal tekkis elu?, kui vana on universum?, kuidas ja kuna on toimunud inimeste ränne jne. Võimalused kõige selle määramiseks on käeulatuses ning geoloogidki ei ole jätnud ülesannet leida, dateerida ja tõestada vanimate kivimite asukoht Maal.

Kokkuvõte

All the king's horses and all the king's men, couldn't put Humpty together again. Selle vana inglisekeelse ütlosega soovin öelda midagi, mida Claude Allégre on juba varem ilusasti sõnastanud: enamus meist teavad, mis päeval nad sündisid, mõned teavad isegi mis tunnil see juhtus, aga keegi ei tea seda täpset sekundit (Lewis & Knell 2001). Saadavad tulemused ja dateerimistel saavutatav tundlikkus (s.t. mõõtmise veapiiri vähenemine) ei saa kunagi saajaprotsendilise kindlusega kinnitada Maa vanust miljonite aastate täpsusega. Praegu, kuidas iganes me ka ei prooviks, ei suuda me puslet lõplikult kokku ära panna, täpselt nagu ei suutnud kuninga jüngrid Humptyt. Sellegi poolest on tänaseks suudetud ajalisel kindlaks määrata mitmed olulisemad hetked meie planeedi mineviku kohta – seda sageli tänu erinevate teadussuundade omavahelisele koostööle ühtsete arusaamade otsimisel.

Kasutatud kirjandus

- Bryson B. 2003. *A Short History of Nearly Everything*. Broadway Books (US).
- Burchfield J.D. 1998. The age of the Earth and the invention of geological time. *Geological Society, London, Special Publications* v.143: 137–143.
- Dean D.R. 1981. The age of the earth controversy: Beginnings to Hutton. *Annals of Science* 38(4): 435–456.
- Holmes A. 1913. *The Age of the Earth*. Harper & Brothers.
- Kuroda P.K. & Myers W.A. 1999. Age of the earth and the moon. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 241(3): 655–658.
- Lewis C.L.E. & Knell S.J. 2001. The Age of the Earth: From 4004 BC to 2002 AD. *Geological Society Special Publication, No. 190*. Geological Society of London. (November 1, 2001)
- Löther R. 2008. Historical sketch. The Age of the Earth and Evolution. *Entomol. Z.* 55(2): 209–213.
- Mcgee W.J. 1893. Note on the "Age of the Earth". *Science* 21(540): 309–310.
- Patterson C. 1956. Age of meteorites and the Earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 10: 230–237.
- Patterson C., Tilton G. & Inghram M. 1955. Age of the Earth. *Science* 121(21): 69–75.
- Shaviv G. 2009. *The Controversy about the Age of the Earth. The Life of Stars: The Controversial Inception and Emergence of the Theory of Stellar Structure*. The Hebrew University Magnes Press and Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, lk. 1–44.
- Stacey F.D. 2000. Kelvin's age of the Earth paradox revisited. *Journal of Geophysical Research* 105(B6): 13,155–13,158.
- von Hevesy G. 1930. The Age of the Earth. University of Freiburg. *Science* LXXII (1873): 509–513.
- Genesis 1. *Esimene Moosese raamat*. Piibli ja Vana Testamendi esimene raamat.
- 2 Peter 3:8. Uus Testament, 2 Peter, 3 peatükk, 8 lõik.

Tõnn Paiste (tonn@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Ravila 14A, 50411 Tartu.

Ajast aega

Riin Magnus ja Margus Ott

Ilma elava subjektita ei saa olla ei ruumi ega aega

Jakob von Uexküll & Georg Kriszat 2012 [1934]⁸, lk. 89

Kujutame ette varasügisest parkmetsa, mille servas kasvab üksik vahtrapuu. Mahalangenud vahtralehel peesitab sügispäikese käes tigu. Puujuuri katvas mullas lagundavad orgaanilist ainet mitmed bakteriliigid. Puuvõra aga varjutab kolme pargiteel jalutavat ja mõtteid seadvat inimest: Juliust, Jakobit ja Martinit. Nõnda näib, nagu elaks ja toimetaks kõik need olendid ühes ja samas ajas ja ruumis. Pilt muutub, kui me järsku taipame, et kõigil neil olenditel on omaenda vaatepunkt.⁹ Seeläbi paistab maailm neile kõigile isemoodi ning ühe ja sama keskkonna asemel tabame end jälgimast tervet ilmade plejaadi, kus kõigil on oma aegruum ja selle sisustus. Heidame alljärgneva pilgu nende ilmade ajalisse korrastatusse, kasutades toena seejuures kolme pargiskõndija — ajateoreetik Julius Fraseri, biosemiootika esiisa Jakob von Uexküll ja filosoof Martin Heideggeri kirjatöödeks vormitud mõtteid. Nii erinevate ajavormide katmine toob küll kaasa suured üldistused ning detailikao, kuid see, kuidas subjektide ja vaatepunktide paljusust tingib aja erinevad ilmingud, võiks alltoodust siiski välja tulla.

Bakterite ajanool

Liigume esmalt oma pilguga maapinna alla ning püüame kujutada aega mullas elavate bakterite seisukohast. Paljud neist kasutavad toiduallika kindlakstegemiseks kemotaksist, liikudes toitaine kontsentratsiooni kasvu suunas. Bakteri liikumisel on seega kindel suund – eemale kahjulikust ja lähemale kasulikule. Säärasele liikumise suunale annavad aluse bakteri vajadused (toitainete puudus), mille kaudu määratakse järgnevad tegevused. Aeg saab seeläbi, võrreldes elueelsete nähtustega, kitsamalt fokuseerituks ning omandab suuna.

⁸ Siin ja edaspidi märgib esimene aastaarv viitamisel kasutatud väljaannet; nurksulgudes on toodud teose esmailumise aasta.

⁹ “*Lüga sageli [...] me kujutleme, et suhted, mis mingil loom-subjektil on oma ümbruse asjadega, asuvad samas ajas nendega, mis ühendavad meid oma inimmaailma objektidega. See illusioon tugineb uskumusel, et on olemas üksainus maailm, milles asuvat kõik elusolendid. Uexküll näitab, et sellist ühtset maailma pole olemas, nõnda nagu pole olemas kõikidele elusolenditele ühesugust aega ja ruumi.*” (Agamben 2002, lk. 45; vrd. Uexküll & Kriszat 2012 [1934], lk. 88).

Esiteks on see seotud igasuguse elusolendi – sealhulgas juba ka bakteri – suurema individualiseeritusega. Elusolendi elu sõltub suure hulga keemiliste reaktsioonide omavahelisest koordineeritusest ja regulatsioonist, mis tagavad terviku koospüsimise. Juba oma sisekeskkonnas kätkeb bakter väga suurel arvul biokeemilisi protsesse, mis tähendab, et ta ei ole samal tasandil üksiku keemilise reaktsiooniga, vaid kujutab endast kõrgemat, ülevaatlikumat aja kulgemise tasandit.

Teiseks peab bakter oma keeruka sisekeskkonna alalhoidmiseks ümbrusest hankima vajalikke aineid. See annabki päriselt ajale suuna. Keemiliste ühendite jaoks on protsesside kulgemissuund (nt. liitumine või lagunemine) ükskõikne, võrdväärne. Aga bakteri puhul see enam niimoodi ei ole. Keskkond on talle juba tähenduslikult laetud, teatud aineid bakter vajab ja nende poole ta liigub ning teisi väldib ja nende juurest ta eemaldub (vt. ka Hoffmeyer 2010, lk. 163). Sellistes liikumistes on nõue, probleem (mingi vajaliku aine puudus sisekeskkonnas või mingi ohtliku aine sissetungimisoht). See kätkeb endas nõude lahendamist, ennetamist, enda tulevikku projitseerimist (kus on kätte saadud vajalik aine või eemale pääsetud ohtlikust ainest). Seeläbi ongi aeg esmakordselt universumi ajaloos saanud suuna, nagu kirjutab Julius Fraser (2007, lk. 46). Bakter reguleerib ajariba, mis hõlmab endas lähteolukorda ja soovitud seisundit, s.t. eristatakse olevikku ja tulevikku. Aja suund ja ajataju tekivad seoses elusolendi nõuete, soovide, eelistuste, vajaduste, tähenduste omistamise ja väärtustega (kui need puuduvad, siis ei saa rääkida suunast). Bakteril on vaja just teatud laadi tulemust ning vastupidiste tulemuste suhtes ei ole ta ükskõikne, sest need on kas ebaseeldivad, kahjulikud või ohtlikud (seevastu keemilistes reaktsioonides osalejad on reaktsiooni tulemuse suhtes ükskõiksed). Elusolend annab ajale suuna ning on ühtlasi selgemini piiritletud ja endassekoonduvam kui aatomid ja molekulid.

Vahtra ajarütmid ja ajatud footonid

Vaatame järgmisena bakterite lagundamis- ja ülesehitustööst toitu ammutavat vahtrapuud. Hulkrakse organismina näeme vahtral ainuraksega võrreldes juba rohkemaid ajastruktuure ja kõrgemat regulatsioonitasandit, mis omakorda tähendab ka nüanssiderikkamat ja ülevaatlikumat ajataju. Tema elutsükli jälgides näeme, et oma elutegevuses arvestab puu väga erinevate ajarežiimidega välkkiirest footoniajast aeglase aastaajalise rütmini, reguleerides oma käitumist nii päeva- kui ka aastatsükli. Ta ilmutab nendega seoses kindlaid eristusi, neelates nt. fotosünteesi puhul ainult kindla sagedusega valguslaineid (eelkõige nähtavat valgust 400–700 nm, sellest enim sinist ja punast spektriosa).

Fotosünteesi puhul võib ka küsida, kuidas paistaks maailm valguslainele, fotonile endale? Julius Fraseri sõnul on fotonid atemporaalsed ja vastavalt aspatsiaalsed (s.t. nende endi jaoks pole ajalist järgnevust ega ruumilist kõrvutuvust) või õigemini kujutavad endast piiri atemporaalse ja temporaalse vahel (1982, lk. 50). Fotonitel pole massi ja nad liiguvad suurima füüsikalisel võimaliku kiirusega. Seetõttu – kui ajast rääkida – ei saa nende jaoks olla tähendust mineviku ja tuleviku eristamisel. Ühtlasi on muidugi kõnelemine fotonitest kui individuaalsetest osakestest äärmiselt tinglik, ehkki saab rääkida fotonite ehk elektromagnetlainete erinevast võnkesagedusest. Aeg ja ruum pole fotonite omailmas lahku viidud: oma elementaarvõnkega foton loob mingi algelise eristamise, mis peaaegu võiks olla ruumiline; ning seesama eristus on ka see, mille varal ta edasi liigub. Selle endast-eristamisega teeb foton midagi, mis võiks saada ajaks ja ruumiks, aga kuna puudub igasugune salvestamine, igasugune püsiv seisund, siis need hakatused igal hetkel nurjuvad või tühistavad iseennast. Foton on justkui igavene aja-algatus, mis tekib ja kohe hävib. Seetõttu võiks tema maailm sarnaneda millelegi igavikulisele. Ta on igavesti olevikus, mis lakkamatult tühistub ja taasloob iseennast.¹⁰

Teo momendid

Valguskiirusel kihutatavelt fotonitelt pöörame pilgu aegluse kehatuseks tõstetud teole. Kolm pargis jalutavat inimest märkavad ümberringi igasuguseid liikumisi – tuules laperdavad puulehed, puuvõras askeldavad linnud, langenud lehti rehitsev pargivaht. Teo jaoks on kõik need liikumised aga liiga kiired, et liikuvast objektis muutusi tajuda. Juba 1930. aastatel Hamburgi Ülikooli Omailmauringute instituudis tehtud uurimustes tõdeti, et nagu erinevate loomaliikide nägemisväljal on erinev optiline resolutsioon, kuulmisväljal akustiline resolutsioon jne., nõnda saab kõnelda ka liigiomasest ajalisest resolutsioonist (Brecher 1932; Uexküll & Kriszat 2012 [1934], lk. 105–107). Ajaline resolutsioon sõltub sellest, kui suur ajavahemik peab jääma kahe ärrituse vahele, et neid kahe erineva impulsina tajutaks. Ühe või teise isendi ajalise resolutsiooni kindlakstegemiseks on vaja teada tema momendi pikkust. Momendist kui ajavahemikust, mil maailm seisab olendi jaoks paigal, kuna erinevusi kahe ärritaja vahel ei tajuta, kirjutas ühena esimestest Karl Ernst von Baer (2002 [1862]). Tigusid uurides leiti, et neil on sekundis 3–4 momenti inimese 18

¹⁰ vrd. Gilles Deleuze'i kirjeldust aja ehk kestuse sünteesi kohta: *“Hetkede järgnevus ei tee [fait] aega, vaid sama hästi lagundab [défait] seda; see märgib ainult aja üha nurjuvat sünnipunkti. Aeg moodustub ainult korduvate hetkede algupärasest sünteesis. See süntees tõmbab sõltumatuid järgnevaid hetki üksteisesse kokku.”* (Deleuze 1968, lk. 97).

momendi vastu. See tähendab, et inimesed tajuvad samas ajatühikus ligi 5 korda rohkem ärritusi kui teod (vt. Brecher 1932).¹¹ Teo jaoks vihub vahtralehti riisuv pargivaht oma reha peadpööritava kiirusega.

Vahtraga võrreldes on teo ajalised rütmid palju täpsemini liigendatud, sest tal on spetsiaalne vahend oma hulkrakse keha koordineerimiseks – tema närvisüsteem. See võimaldab palju täpsemaid ja kiiremaid ühendusi organismi eri osade vahel ning vastavalt mitmekesisemat, kontrollitumat ja kiiremat tagasisidet oma ümbrusest. Tigu liigub ringi ja on seetõttu organismina selgemini piiritletud, eritletum (osadeks lahutatav) ja individualiseeritum ning ühtlasi on tema ajanool jõulisemalt suunatud, sest ta valib aktiivsemalt oma tulevikuseisundeid. Ta ei sõlta nii palju välitesteguritest nagu vaher (valgusolud, ilm, pinnas), vaid saab ise leida endale sobivaid tingimusi. Vajaduste kerkides võtab ta ise nende suhtes midagi aktiivselt ette ning seetõttu on ajalõik vajaduse ja rahulduse vahel mitmekesisemalt ja selgemini liigendatud, hõlmates mitmesuguseid taju ja tegevuse tsükleid.

Inimese ajanihked

Viimaks võtame vaadata inimest ennast ja tema ajataju põhijooni nii, nagu eelkõige üks eespool nimetatud sammuseadjatest – Martin Heidegger – seda on kujutanud (1993 [1927]). Teiste elusolendite puhul omandab aeg küll suuna, aga aeg kui selline ei tule nende eneste jaoks veel välja. On hulk üksikprotsesse, mis kõik loovad oma ajalise vormi (toitumine, paljunemine, ohu vältimine jne.), aga nad ei moodusta üht ajakulgu. Teised elusolendid pigem elavad läbi nende, kui et päriselt elavad neid *läbi* või kogevad neid nende eripäras. Selles mõttes moodustab inimesele omane ajalise vorm uue, põhimõtteliselt erineva ajatasandi.¹² Inimese eripära teiste loomadega võrreldes on see, et ta temaatiliselt ja eksplitsiitselt (st. selgesti väljendatult) suhestub oma lõpu ja algusega. Julius Fraser kirjutab sealjuures inimkultuuri põhinemisest püüdel lahendada kogetava ja teatava aja konflikti (Fraser 2007, lk. 257–265). Kogetav aeg on vahetult antud, elatav aeg; teatav aeg on tunduvalt suurema ulatusega, hõlmates muuhulgas ka teadmist inimese surelikkusest. Tarvidus kesta ja teadmine selle võimatusest on kultuuri tõukejõuks.

¹¹ Erinevate liikide ajalise resolutsiooni erinevusi on hilisemates uuringutes seostatud nt. organismide kehasuuruse ning ainevahetuse kiirusega (mida väiksem ja kiirema ainevahetusega organism, seda suurem ajaline resolutsioon; Healy jt. 2013) ning elukeskkonna valgusoludega (pimedas elavad või aktiivsed isendid väiksema ajalise resolutsiooniga; McComb jt. 2010; Autrum 1958).

¹² Fraser nimetab seda nootemporaalsuseks (kreeka sõnast *noos* või *nous*, “mõistus”), vt. 2007, lk. 46.

Ainult inimene on teadlik oma sünnist ja surmast. Ometi, elus olevana pole ta veel surnud, sest surm pole veel kätte jõudnud ja sünn on alati juba olnud. See vahemik enne surma ja pärast sünni avab ajalisuse hoopis teravamal kujul kui on omane teistele elusolenditele ning inimese ajanoole suund saab hoopis valusama, ängistavama, õõvastavama tähenduse. Sellisel moel oma surma ennetades inimene justkui asetab vaatepunkti oma elu lõppu – ehkki mõistus seda ei võta, sest siin tekib paradoksaalne olukord: *ma* kujutluses vaatlen olukorda, kus *mind* enam ei ole (vt. Heidegger 1993 [1927], lk. 235–267). See probleem jääb lahendamata, kuna sellele ei saa anda lahendust mõtlemise enese terminites.

See elulõpuline paradoks, millele mõistlikku lahendust ei ole, avab aga meile kogu tuleviku uuel moel; selles mõttes, et *ma* suudan ennast eksplitsiitselt asetada tuleviku vaatepunkti. See paradoksaalne või võimatu surma-vaade, elule otsavaade, avab ühtlasi kõik vahepealsed vaated, s.t. ma saan ette kujutada tulevikulisi olukordi ise “elu sees olles”, ja tänu sellele omakorda sättida oma praegust tegutsemist sedamoodi, et mõnda soovitud olukorda saavutada. Ma saan hakata tahtlikult planeerima, seadma, sättima. See on tehnika alus, tehnoloogia läte. Veelgi enam – kogu aeg saab niimoodi kasutatavaks, “rännatavaks” (vt. Allik & Tulving 2003): ma saan tahtlikult meenutada, s.t. oma minevikku hüpata, kujutleda end mõnda mineviku vaatepunkti ja hoida seda eraldi olevikust, s.t. saan lõhestada ennast minevikupunktis meenutavaks ning praeguseks minaks, kes ma ennast minevikupunkti projitseerin. Kolmandaks tähendab see võimet oma vaatepunkti nihutada sünkroonis, minuga kaasaegsetesse teistesse olenditesse – nii teistesse inimestesse, teistesse elusolenditesse kui üldse mistahes tasandile. Neid ajalisi mõõtkavu saab nüüd suvaliselt kitsendada või välja venitada. Selline ajakasutamine tähendab ühtlasi ka ruumi ja ruumiasunike hoopis uutlaadi kasutatavust: maailm saab ressursiks, tehnilise opereerimise kohaks. Inimene saab maailma ümber korraldada (vt. Heidegger 1989 [1953]).

Niimoodi formeerub globaalne ja justkui kõikehõlmav inimmaailm, millest me alguses rääkisime. Ometi on sellise iselaadi maailma tekke aluseks võime seada end teise ajapunkti ja teiste vaatepunkti. Seda tasub taas meelde tuletada.

Kasutatud kirjandus

- Agamben G. 2002. *L'aperto. L'uomo e l'animale*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Autrum, H. 1958. Electrophysiological analysis of the visual systems in insects. *Experimental Cell Research* 5, 426–439.
- Allik J. & Tulving E. 2003. Ajas rändamine ja kronesteesia. *Akadeemia* 5, 915–937.
- Baer K.E. von 2002 [1862]. Milline vaade elusloodusele on õige? ning kuidas seda rakendada entomoloogias? *Akadeemia* 14(12), 2556–2584.

- Brecher G.A. 1932. Die Entstehung und biologische Bedeutung der subjektiven Zeiteinheit, des Moments. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* 18, 204–243.
- Deleuze G. 1968. *Différence et répétition*. Paris: PUF.
- Fraser J. 1982. *The Genesis and Evolution of Time*. Brighton: Harvester Press.
- Fraser J. 2007. *Time and Time Again*. Boston: Leiden.
- Healy, K. et al. 2013. Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information. *Animal Behaviour* 86, 685–696.
- Heidegger M. 1989 [1953]. Kūsimus tehnika järele. *Akadeemia* 6, 1195–1227.
- Heidegger M. 1993 [1927]. *Sein und Zeit*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
- Hoffmeyer J. 2010. Semiotic freedom: an emerging force. In: Davis P. and Gregersen N.H. (eds.). *Information and the Nature of Reality. From Physics to Metaphysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 185–204.
- McComb D.M. et al. 2010. Temporal resolution and spectral sensitivity of the visual system of three coastal shark species from different light environments. *Physiological and Biochemical Zoology* 83 (2), 299–307
- Uexküll J. von & Kriszat, G. 2012 [1934]. Rännud loomade ja inimeste omailmades. Uexküll J. von. *Omailmad*. Tartu: Ilmamaa, lk. 79–157.

Riin Magnus (Riin.Magnus@ut.ee) – Tartu Ülikool, Semiootika osakond, Jakobi 2, 51014 Tartu.

Margus Ott (Margus.Ott@tlu.ee) – Tallinna Ülikool, Filosoofia osakond, Uus-Sadama 5, 10120 Tallinn.

Kartul ajas ja aeg kartulis

Terje Tähtjärv, Aide Tsahkna, Eve Runno-Paurson

Kartuli (*Solanum tuberosum*) mugulatest valmistatud toidud on meile nii igapäevased, et me ei mõtle taime päritolu ja meie maale saabumise peale, samuti ajale, mis on kulunud kartuli muutumiseks selliseks, nagu ta praegu on. Rohkem kui sada aastat tagasi on kartuli kohta öeldud - tema väärikus on nii suur, et ta jääb alatiseks rahva armastatud toiduks. Selles lühiartiklis käsitleme põgusalt kartuli rännakut läbi ajaloo nii maailmas kui meil Eestis ning tutvustame seda, kuidas aeg on mõjutanud kartuli kasvamist.

Kartuli ajalugu

Kartul on pärit Lõuna-Ameerikast Andide kõrgmägedest (Peruu ja Boliivia aladelt). Kartuli kultuuristamise perioodi arheoloogiliste leidude vanused on paikkonniti erinevad, näiteks 10 000 aastat tagasi Tšiili lõunaosas ja 7000 aastat tagasi Peruu Titicaca järve piirkonnas (Grun 1990; Hawkes 1990). Kõige suuremad kartuliga seotud arheoloogilised leiud on seotud Mochica, Chimú ja Inka kultuuridega. Kartuli jäänuseid on leitud haudadest, elamutest ja jäätmetest. Mõningatest kohtadest on leitud teatud liiki kuivatatud kartulit (*chuño* või *tunta*), mida valmistavad indiaanlased ka tänapäeval. Ugent jt. (1982) on uurinud arheoloogilistel väljakaevamistel saadud leide: vanimad neist on pärit metsikutelt kartulivormidelt, mida koguti loodusest. Hilisemad on ise kasvatatud ehk kultuuristatud kartuli jäänused. Väljakaevamised Mehhikos ja mujal tõendavad, et kultuuristatud kartulite leidude vanus viitab põllupidamise alguse ajale Uues Maailmas (Hawkes 1992).

16. sajandi alguses, kui Hispaania vallutajad jõudsid Lõuna-Ameerika aladele, oli kartul seal laialdaselt kasvatatav kultuurtaim. Kuningas Felipe II käsul tõid meremehed kartuli Hispaaniasse 1565. aastal maadeuurija ja vallutaja Gonzalo Jiminez de Quesada juhtimisel Peruust. Hispaaniast viidi kartul 16. sajandi lõpus ja 17. sajandi alguses teistesse Euroopa riikidesse – Iirimaaale, Belgiasse, Austriasse, Saksamaale jne (Arber 1938). Põhja-Ameerikas oli kartul tundmatu kultuur kuni 17. sajandi alguseni. Indiasse viisid kartuli inglise misjonärid 17. sajandi lõpus, samal ajal hakati seda kasvatama ka Jaapanis ja mõningates Aafrika osades; Hiinasse jõudis kartul veidi varem. Venemaale jõudis kartul samuti 17. sajandi lõpus, troopilistele aladele levis taim aga alles 18. sajandi keskpaiku.

Eestis on kartul suhteliselt noor kultuur. Julius Aamisepa arvates toodi kartul Eestisse Venemaalt aastatel 1740–1760 (Aamisepp 1939) Habaja

mõisnik von Hunnius on aga märkinud, et kartul jõudis üheaegselt Eestisse ja Soome aastatel 1730–1750 (Aamisepp 1939). 1821. aastal kirjutati Maarahva Nädalalehes (Aamisepp 1939), et 1774. aastal kasvatati kartulit vaid üksikutes mõisaaedades ja põllul hakati kasvatama kartulit aastatel 1820–1825. Taim, mille kasvuareaal oli kuni 16. sajandi lõpuni piiritletav vaid Lõuna-Ameerikaga, jõudis 400 aasta jooksul saavutada olulise koha kogu maailma põllukultuuride hulgas, olles 21. sajandi alguseks oma kogutoodangult maailmas jõudnud nisu, riisi ja maisi järel neljandale kohale (Viileberg 1966; Jõudu 2002).

Kartuli sordiaretus

Esimeste Euroopasse sissetoodud kartulivormide seemnete paljundamise tulemusena kujunes siin välja kartulisortide teatud mitmekesisus. Suurema hoo sai sordiaretustöö 19. sajandi keskel Ameerika Ühendriikides, Saksamaal ja Inglismaal. Inglismaal hakkas kartuli sordiaretustöö, võrreldes teiste Euroopa maadega arenema kõige varem. 1835. aastal alustas seemikute aretusega Knight ja esimene teadaolev sort Inglismaal oli 'Viktoria' (1862 registreeritud), selle aretaja Paterson alustas sordiaretustööd aastal 1853 (Bukasov 1948). Algselt kasutati sordiaretustöös isetolmlemisel saadud seemikuid, seejärel katsetati sortidevaheliste hübriididega ja 1870-ndatel prooviti juba liikidevahelist ristamist, mis küll esialgu ebaõnnestus. Esimesed liikidevahelised ristamised õnnestusid alles pärast 1940. aastat, seda nii Põhja-Ameerikas kui Saksamaal (Bukasov 1948; Tsahkna 2002).

Kartuli sordiaretus Eestis sai alguse Julius Aamisepa kartuli sordivõrdluskatsete ja kloonvaliku meetodi rakendamisega tema isakodus Vasalemmas aastatel 1907–1916. 1920. aasta kevadel loodud Jõgeva Sordikasvanduses algas J. Aamisepa juhtimisel sihipärane kartuli sordiaretus ja uurimine Eestis (Aamisepp 1939). Seda tööd tehakse tänapäevani Jõgeval. Vahepeal on asutuse nimi teinud mitmeid muutusi, olles alates 2013 aasta 1. juulist Eesti Taimekasvatuse Instituut, kus sellealaseid töid teostab sordiaretuse osakond. Täna on maailmas kokku 100 riigist teada üle 4500 kartulisordi. Eestis on täna registreeritud 41 omamaist kartulisorti; neist esimene oli 'Kalev', mis pärineb aastast 1934 ja käesoleval aastal (2013) aretati viimane sort 'Teele'. Eestis on oma kartulisortidest kõige kauem kasvatatud sorti 'Jõgeva kollane' (alates aastast 1942), mis on ka sellel aastal paljude kartulikasvatavate põllul.

Uue kartulisordi aretamine on pikk protsess, mis algab ristamisvanemate valikuga ja lõpeb aretise riiklikku sordivõrdluskatsesse lisamisega. Tavalist kartuli sordiaretust tehakse tetraploidisel tasandil ja see põhineb (liigisisel või liikidevahelisel) ristamisel, mutatsioonidel ja

valikul. Suurest kogusest ristatud materjalist valitakse üksikud sobivad järglased, mida paljundatakse vegetatiivselt (Tsahkna 2002). Aretuskeem Eesti Taimekasvatuse Instituudis on järgmine:

1. aasta – ristamine;
2. aasta – hübriidsete seemiktaimede kasvatamine;
3. aasta – seemiktaimede I muguljärglaskond;
4. aasta – II põlvkonna hindamine;
- 5.-7. aasta – eelvõrdluskatsed;
- 8.-10. aasta – põhivõrdluskatse;
- 11.-12. aasta – riiklik sordivõrdluskatse.

Uus kartulisort kantakse Eesti Sordilehele juhul, kui see vastab järgmistele nõuetele: (1) on püsiv, ühtlik ja eristatav; (2) omab küllaldast majanduslikku viljelusväärtust; (3) sobib kasvatamiseks Eesti mullastiku- ja kliimatingimustes; ning (4) kannab nõuetekohast registreeritud sordinime.

Kartuli kahjustajad läbi aegade

Looduses leiduvad kahjustajad on kohastunud kindlate liikide hävitamisele, et ise ellu jääda. Euroopa ajaloo ühe suurima näljahäda põhjustas kartulihaigus. 1846–1852 suri Iirimaa ligi miljon inimest nälga ja 1,5 miljonit emigreerus teistesse riikidesse. Sellel ajal toitus 1/3 sealsest elanikkonnast täielikult kartulist, aga niiske ja sooja ilma tõttu ägenenud kartuli lehemädaniku infektsioon põhjustas kartuliikalduse. Lehemädanik *Phytophthora infestans* (parasiteeriv taime hävitaja) on sarnaselt kartulile pärit Lõuna-Ameerikast Andidest. Lehemädaniku tekitaja viidi Mehhikost seemnemugulatega Põhja-Ameerikasse, kust see omakorda Euroopasse rändas. 1840-ndatel väitis reverend M. J. Berkeley, et lehemädanik on tegelikult seen ja kuigi teda ei usutud, selgus hiljem siiski, et tal oli õigus (APSnet 2013). Lehemädanik on olnud kartuli kasvatajatele probleemiks rohkem kui 150 aastat. Kuni 1970-ndateni teati haigusetekitajal vaid ühte A1 tüüpi vormi. 1980-ndate alguses tuvastati A2 tüüp, mis on samuti algselt pärit Mehhikost. Esialgu levis haigus ainult seemnemugulatega, kuid teise tüübi ilmumisega kaasnes kahe haigusetekitaja tüvede omavaheline suguline paljunemine. Varem paljunes seen vaid sugutul teel sporangiumide abil. Vastas paarumistüüpide seeneniitide koostoimel tekivad anteriidid ja oogoonid, mis võib viia oosporide moodustumiseni, mistõttu patogeen on võimeline paljunema suguliselt. Oosporid võivad mullas eluvõimelisena säilida vähemalt kolm aastat ning nad on vastupidavad ebasoodsate ilmastiku-ja keskkonningimuste suhtes. Oosporidest alguse saav lehemädanik võib lööbida senisest tunduvalt varem (mais, juunis) ja põhjustada seeläbi suurt kartulisaagi langust ja sellest tulenevat majanduslikku kahju. Eestiski on tuvastatud mõlema paarumistüübi

olemasolu (Runno-Paurson 2010). Lehemädanik võib hävitada kartulitaime maapealse osa mõne päevaga. Selleks, et lehemädaniku tekitajad sporangiumid või oospoorid saaksid taime nakatada, on vajalik õhuniiskust üle 90% ja õhutemperatuuri 4–12°C. Haiguse arenguks peale nakatumist on vajalik soojust 20–27°C, sest sellisel temperatuuril areneb seeneniidistik kiiresti ning hävitab kartulitaime. Soodsatel tingimustel liiguvad oospoorid ka mulda, kus nakatavad mugulaid. Mugulatel tekivad pruunid kuivad laigud, mida nimetatakse pruunmädaks ehk kuivmädaks. Niimoodi talvitubki haigustekitaja mugulatel ja kevadel võib sattuda taas põllule uuele ringile, kus soodsate tingimuste saabudes alustab hävitustööd.

Teine kõigile teada-tuntud kartulikahjustaja on kartulimardikas ehk Colorado kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata*). Kartulimardika avastas 1811. aastal Thomas Nuttall ning Thomas Say leidis neid 1824. aastal Rocky mägedest, toitumas nokjal maavitsal Datum (*Solanum rostratum*). Kuni aastani 1859 ei osatud mardikat kartuliga seostada, kuid siis avastati ta kartulit kahjustamas Nebraska lähedal Omahas ning 1874. aastaks oli ta rännanud ida suunas kuni Atlandi ookeani rannikuni. Algselt polnud mardikal õiget nime, teda kutsuti erinevalt ja eesti keeles kõlaksid need umbes nii: „kümme-triip kartulimardikas“, „kümne-vöödiline odamees“, „kartuli uus putukas“ või „kartuli putukas“. 1865. aastal leiti mardikaid Colorado osariigi territooriumilt ja 1867. andis C. V. Riley mardikale nimeks „Colorado potato beetle“ (http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/potato_beetles.htm).

Euroopa sadamates nähti üksikuid kartulimardika isendeid juba 19. sajandi lõpul, kuid siis suudeti tema laialdasem levik ära hoida. Esimese maailmasõja ajal jõudis kartulimardikas Ameerika laevadel Prantsusmaale ning lokaliseerus esialgu sadamate lähistel kartulipõldudel, levides sealt sisemaale. Sellest ajast alates on ta oma levikut pidevalt laiendanud kõikides ilmakaartes ja praegu arvatakse, et mardikas on jõudnud kõikjale, kus kartul kasvab. Eestis leiti esimesed kahjurikolded 1965. aastal Pärnu rajoonis, 1966. aastal Tartu rajoonis ja 1972. kuuma suvega levis kartulimardikas juba peaaegu üle terve Eesti, puutumata jäi vaid Hiiumaa.

Mardika valmik on 10–12 mm pikkune, kummalgi kattetiival vaheldumisi viis musta ja kreemikasvalget triipu. Üks emane võib suve jooksul muneda 150–2000 muna, millest kooruvad tõugud läbivad neli kasvujärku ja seejärel nukkuvad. Sügisel mullast väljunud noormardikad peavad veel paar nädalat toituma, et talve üle elada. Kartulimardika elutsükkel koosneb 2–3 aastatsüklist, mille vältel ta korduvalt paljuneb ja langeb puhkeseisundisse (Hiiesaar & Metspalu 2002).

Kartuli kasvamine ja arenemine

Kartul on oma omadustelt mitmeaastane isetolmleja taim. Parasvöötme tingimustes on ta muutunud üheaastaseks, sest mugulad ei talu madalat temperatuuri. Tavaliselt paljundatakse kartulit vegetatiivselt (mugulatega), et säilitada sordi tunnused ja omadused. Mugulast kasvatamisel algab uue taime kasv ja areng mugula silmades olevate pungade idanemisega. Kartuli kasvutsüklil jagatakse neljaks: tärkamine, õiepungade moodustumine, õitsemine ja valmimine. Kasvufaaside saabumine ja kulgemine tehakse kindlaks fenoloogiliste vaatlustega ja igas kasvufaasis on taimel kindlad spetsiaalsed tunnused. Eestis kulub eelidandamata kartuli tärkamiseks 20–35 päeva. Selle perioodi pikkust mõjutavad sordi bioloogilised omadused, mahapaneku aeg ja seemnemugulate mahapanekueelne ettevalmistus. Õiepungade moodustumisfaas algab üldjuhul 3–4 nädalat pärast tärkamist ja sel perioodil on märgatud ka mugulate moodustumise algust. Kartul õitseb tavaliselt juuli keskpaigast kuni augusti alguseni. Olenemata kasvuaja pikkusest kulub õiepungade faasist kuni õitsemiseni umbes kümme päeva. Õitsemise ajal saavutavad pealsed maksimaalse kasvukõrguse, nende kasv seiskub ja algab intensiivsem toitainete kogumine mugulatesse. Valmimisfaas registreeritakse kui 10% taimedest hakkavad alumised lehed kolletuma.

Õitsemisest kuni valmimiseni kulub varajastel sortidel ligikaudu kaks korda vähem aega kui hilistel. Varajastel kulub selleks umbes 3 nädalat, hilistel 6 ja enamgi. Mitmete teadlaste uurimuste põhjal algab varajastel sortidel mugulate tekkimine 40.–45. päeval, keskvalmivatel 65.–70. ja hilistel 80.–85. päeval pärast mahapanekut. Agrotehnika ja ilmastik võivad seda 3–4 päeva ulatuses mõjutada (Jõudu 2002).

Levides üle kogu maakera, on kartul kohanenud väga erinevate tingimustega. Suuremad kartulisaagid saadakse riikides, kus vegetatsiooniperioodi päeva pikkus varieerub 13–17 tunnini, keskmine temperatuur on alla 20°C ja valgustingimused on mõõdukad. Erineva kasvupikkusega kartulisordid vajavad oma arengutsükli läbimiseks erinevas koguses soojust. Varajased sordid vajavad aktiivsete temperatuuride (s.t. üle 10°C) summana 1000–1200°C, keskvalmivad 1200–1500°C ja hilised sordid 1500–1900°C. Käesoleval aastal on aktiivsete temperatuuride summa väga kiirelt kasvanud ja seetõttu on ka kartuli küpsemine toimunud varakult. Augusti lõpuks oli aktiivsete temperatuuride summa juba 2006°C, kuigi selle aja keskmine on 1669°C (Keppart 2013). Olenevalt mahapaneku ajast saidki sel aastal varajased sordid küpseks juba juulis ja hilised sordid valmisid kuu aega varem.

Miks hakkab kartul idanema, kust ta teab, et kevad tuleb? Ta ei teagi. Tema idanemist mõjutab hoidla temperatuur ja sordile omane

puhkeperioodi pikkus, mille lõppedes soodsate tingimuste saabumisel hakkab kartul idanema. Puhkeperioodi pikkust mõjutab kasvuperioodi vältel kogutud aktiivsete temperatuuride summa.

Eesti oludes on kartuli koristamise ja mahapaneku vaheline periood kuni 7 kuud, mistõttu tuleb enneaegse idanemise ärahoidmiseks säilitada kartulit temperatuuril 4–5°C. Kartulimugulate puhkeperiood jaguneb kaheks: loomulik ja sundpuhkeperiood. Loomuliku puhkeperioodi pikkus on sordiomane tunnus. Kartuli mugulad, mis on täiesti küpsed ja terved, ei hakka kunagi idanema loomulikult puhkeperioodil, seda nähtust juhivad taime hormoonid (abtsiishape ABA ja etüleen hoiavad idanemise ära ning tsütokiniin ja giberelliin aktiveerivad idanemist; Plant Protection 2013) . Lühikese puhkeperioodiga sortide säilitamisel on vajalik kasutada keemilisi või looduslähedasi idanemist pärssivaid inhibiitoreid (Tartlan 2007).

Kartuli tootmine

Kartul on nisu, riisi ja maisi järel tähtsusetl neljas kultuur maailmas. Maailma kartulikasvatust iseloomustas perioodil 1961–1992 kasvupinna vähenemine ja saagikuse suurenemine. Kogutoodang jäi 270–307 miljoni tonni piiridesse. Selline muutus toimus tänu agrotehnika võtete arengule ja uute saagikamate sortide kasvatamisele. Ülemaailmse kartuli aastal (2008) avaldatud andmete kohaselt suurenes kartuli tootmine 1991. aasta 267,99 miljonilt tonnilt 2007. aastaks 325,30 miljoni tonnini (FAO). 2011. aastal toodeti maailmas juba 374,4 miljonit tonni kartulit: suurim tootja oli Hiina (88,4 miljonit tonni), teisel kohal India (42,3 miljonit tonni) ja kolmandal Venemaa (32,7 miljonit tonni) (<http://www.potato2008.org/en/world/>).

Eestis on kartulikasvatases toimunud väga suured muutused. Eesti oli kartuli tootmises ühe elaniku kohta maailmas esikohal, 19. sajandi alguses (1900–1913), kui Eestis kasvatati kartulit 70 000 kuni 80 000 hektaril (umbes 25% kogu põllumaast) ja saagikus oli 10–12 tonni hektari kohta. Ka pärast Esimest maailmasõda jäi Eesti kartuli tootmises ühe elaniku kohta maailmas esikohale, vaatamata Peterburi turu kadumisele. Ajavahemikul 1913–1940 kõikus kartulipind Eestis vahemikus 56 400 hektarist 88 900 hektarini ja kogusaak vahemikus 503 800 tonnist 1,5 miljoni tonnini. Vahepealsed muutused Eestimaal tõid uusi suundi ka kartulikasvatases ja nii kõikus 1945–1965 aastal kartuli kasvupind vahemikus 73 000–104 000 hektarini, kuid saagikus jäi endiselt madalaks, olles vahemikus 8,8–16,1 tonni hektari kohta.

Eestis algas kartulikasvatuse pinna vähenemine 1966. aastast, jõudes 1991. aastaks langeda 59 200 hektarile. Taasiseseisvunud Eesti Vabariigi ajal on vähenemine pidevalt jätkunud. Kui 1992. aastal toodeti kartulit veel 46 300. hektaril, siis 2004. aastaks oli statistikaameti andmetel

kartulipõldude pindala Eestis vähenenud 16 100 hektarini ja praegu, 2013. aastal, on see ainult 6400 hektarit (Statistikaamet). Selline kartulitootmise vähenemine Eestis on tingitud vabaturumajandusest. Võistlemine kartuli tootmises kliimaatiliselt tingimustelt kartulikasvatamiseks sobivamate suurte Euroopa riikidega (nagu Saksamaa, Holland ja Poola), on seis Eesti suhtes väga ebavõrdne. Eesti oma kartulit saab maalt vanaemalt või sugulastelt, kes kasvatavad veel Eesti kartulisorte Eesti mullas.

Kasutatud kirjandus

- Aamisepp J. 1939. Mõnda meie kartulikasvatuse ajaloost. *Kartulikasvatus I*, 7–11.
- Arber A. 1938. *Herbals*. Cambridge University Press 2nd edition, 307lk
- Burton W. 1952. *Kartoffel*. Moskva, 264 lk.
- Bukasov, S. M., Kameraz, A. J. 1948. Seleksija kartofelja. Leningrad, 359 lk (Kartuli sordiaretus).
- Hawkes J.G. 1990. *The potato: Evolution, biodiversity, and genetic resources*. Washington, Smithsonian Institution Press, 259pp.
- Hawkes J.G. 1992. *History of the potato. The potato crop*. London, 1–13.
- Hiiessaar K., Metspalu L. 2002. Kartulikahjurid ja nende tõrje. Rmt: Jõudu, J. (koost.) *Kartulikasvatus*. Tartu, 403–408.
- Grun P. 1990. The evolution of cultivated potatoes. *Economic Botany* 44 (3rd supplement): 39–55.
- Jõudu J. 2002. *Kartulikasvatus*. Eesti VR põllumajandus ministeerium ja Eesti Põllumajandusülikool. Tartu.
- Keppart L. 2013. *Ilmastikust kartuli kasvuperioodil*. Jõgeva. (käsikiri 1.09.2013)
- Tsahkna, A. 2002. Kartuli sordiaretus. Rmt: Jõudu, J. (koost.) *Kartulikasvatus*. Tartu, 103–141.
- Ugent D., Pozorski S., Pozorski T. 1982. Archaeological potato tuber remains from the Cosma Valley of Peru. *Economic Botany* 36: 182–92.
- Viileberg K. 1966. *Kartulikasvatus*. Tallinn, Valgus, 207.
- <http://cipotato.org/press-room/press-releases/new-world-catalogue-of-potato-varieties> (4.09.2013)
- http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/mar2001.html (25.08.2013)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Potato> (30.08.2013)
- <http://www.potato2008.org/en/world/> (02.09.2013)
- www.eria.ee/public/files/Lopparuanne_1.5_2006.pdf (30.08.2013)
- http://www.plantprotection.hu/modulok/angol/potato/dormacy_pot.htm (04.09.2013)
- http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/potato_beetles.htm (28.08.2013)
- <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/PotatoLateBlightPlantDiseasesBirth.aspx> (1.10.2013)

Terje Tähtjärvi (terje.tahtjarvi@etki.ee) – Eesti Taimekasvatuse Instituut, Julius Aamisepa 1, Jõgeva alevik, 52309. Eesti Maaülikool, Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu.

Aide Tsahkna (aide.tsahkna@etki.ee) – Eesti Taimekasvatuse Instituut, Julius Aamisepa 1, Jõgeva alevik, 52309.

Eve Runno-Paurson (eve.runno.paurson@emu.ee) – Eesti Maaülikool, Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu.

Tsivilisatsioonide erosioon

Aivo Averin

Põllumajanduse teke ja areng võimaldas muistsetel inimestel paikseks jääda ning maaviljelusmeetodeid edasi arendades toota rohkem toitu kui hädapärast oma tarbeks kulus. Rakendatavad revolutsioonilised põlluharimismeetodid tekitasid olukorra, kus kõik kogukonna liikmed ei olnud enam hõivatud toidu tootmisega. Osadel jäi üle aega ja ressursi tegelemaks sellega, mis parasjagu pähe tuli. Järgnevate tuhandete aastate jooksul tuli aga mõttesse nii mõndagi – kiilkirjast pilvelõhkujate ja internetini. Nimetagem seda mitmekülgset kompotti eestikeelse terminiga „kultuuri tootmine“ või siis ühe teise keele vähe suupärasema väljendiga, „ilotamine“. Kogukond sai järjest võimsamaks ja tugevamaks; vastavalt sellele, kuidas laienesid põllud ja linnad, vohas ka kultuur.

Kuid see kultuur ja ilotamine ei olnud järjepidev lumepallina veerev protsess. Et kui sai hoo ja suure kultuuri-tegemise-tuhina sisse, siis muudkui läks ja laulis lepase reega ilma tagasi vaatamata? Oh ei! Nimetagem mingil ajavahemikul mingit territooriumi hallanud ja seal toimetanud inimrühma ja nende saavutusi tsivilisatsiooniks. Tsivilisatsioonid tulevad ja lähevad – nad tärkavad, kosuvad ja lõpuks lagunevad koost. Mõned tõusevad hiljem uuesti. Mäletame vast põhikooli ajalootundidest kõik ajatelge, kus muistsetele sumeritele järgnesid mõne aja pärast muistsed egiptlased, neile omakorda muistsed kreeklased, muistsed roomlased ja nii edasi ja edasi, igauks eelmisest pisut vähem muistne, ent see-eest oluliselt uuema ja parema kultuuri kandja! Mispärast küll need teised, need eelmised, loobusid ja pelgalt muististeks taandusid? Kas uus tsivilisatsioon oli oma lämmataval tõusul tõepoolest eelmisest niipalju uhkem ja igakülgsem üle? Kes on süüdi tsivilisatsioonide hukus?

Mater terra

Ameerika geoloog David R. Montgomery sattus California Berkeley ülikooli tudengina antikvariaadis tuulates juhuslikult peale 1950-ndatel avaldatud kogumikule „*Topsoil and Civilization*“. Kokkupuude selle *Dust Bowl*'i ja tööstusliku põllumajanduse ajastu vahelisel sulal välja antud raamatuga muutis Montgomery suhtumist mulda. Hiljem geomorfoloogina maailmas ringi vaadates soojendas ta üles mõtte, et muld võis tsivilisatsioonide tõusus ja languses olla kriitilise tähtsusega. Nähes mulda geoloogia ja bioloogia dünaamilise vaheastmena, kogu maapealse elu allikana, sõnastas professor Montgomery n.ö. bumerangiefekti: see, kuidas me kohtleme maad, paneb paika selle, kuidas maa kohtleb meid ja kui pikalt ta meid talub (Montgomery 2012).

2007. aastal ilmus Montgomery sulest tema mullaalaseid tähelepanekuid kokku võttev teos „*Dirt: The Erosion of Civilizations*“. Raamat kirjeldab tsivilisatsioonide kulgu ajas läbi mullaprisma ja geomorfoloogi pilgu. Montgomery nägi muistsete tsivilisatsioonide arengutes tõusust languseni sarnaseid mustreid. Sumer, Hiina, Vana-Kreeka, Vana-Rooma, maiad, Lihavõttesaar, Island – hoolimata suurusest või väiksusest kulges kõigi nende tee tõusust languseni üsna sarnast stsenaariumi mööda.

Esmalt hariti üles piirkonna viljakaimad mullad, enamasti orupõhjad. Sellele järgnes rahvastiku plahvatuslik juurdekasv. Rohkemad suud nõudsid rohkem toitu, mistõttu võeti kasutusse kehvemad mullad (nõlvaalad, soised piirkonnad), samas intensiivistati varasemate põldude harimist – vähem põlde jäeti sööti ning peamiselt monokultuure kasvatades kurnati endised viljakad mullad kiirendatud tempos välja. Ka nõlvaaladel polnud pikka pidu. Ehkki paljud tsivilisatsioonid õppisid rajama terrasspõlde, ei võimaldanud viimaste rajamise töömahukus ja järjest suurenev nõudlus toidu järele takistada nõlvade erodeerumist.



Joonis 1. Adraga kündmine Mesopotaamia silinderpitsatilt. *Mahajoonistus pitsatijäljendi fotolt Dominique Colloni raamatust „First Impressions: Cylinder Seals in The Ancient Near East“ (1987) lk. 146, joonis 616.*

Esimese „päris“ tsivilisatsiooni – Sumeri – leiutiste arsenalis kuulub ka ader. Ehkki vahest vähem tähtsustatud kui mõni teine Sumeri leiutis, hakkas ader mängima olulist rolli tsivilisatsioonide edasises arengus. Võrreldes varasema „köplapõllumajandusega“ oli adra näol tegemist tõelise raskekahurväega, mis tegutses mullas põhimõttel: „Kõike rohkem ja kohe!“. Pööranud mulla ümber, vabastas ader seni taimedele kättesaamatud toitained, ühtlasi võimaldas ta üles harida maid, mille peale köplameeste „hammas“ ei hakanud. Ent sel kõigel oli oma hind.

Maa nahk

Muld on oma olemuselt universaalne. Olles toidulauaks taimedele ja loomadele, on ta ka kilbiks, mis kaitseb erosioonitundlikke pinnase alumisi kihte erinevate atmosfäärinähtuste eest nagu temperatuur, vihm ja tuul. Muld on vastupidav. Tänu kõigile koostisosadele moodustab muld struktuuri, mida on võrdlemisi raske murda, kui muld on täies elujõus – terve. Taimkate toimib mulla ülemise kaitsekihina, mis on samas ka mulla toitumisbaas – taimejäänused, mille olulisim osa on süsinik, seotakse ajapikku mulla poolt ja nad saavad osaks suuremast aineringest.

Muld erodeerub. Iseenesest pole selles midagi hirmsat, sest mullateke ja erosioon on teineteist tasakaalustavad protsessid. Lähtekivimi murenemine mulla mineraalosakesteks aeglustub/peatub, kui mulla erosioon jääb alla mullatekkeprotsessidele ning intensiivistub siis, kui erosioonitase suureneb.

Atra leiutades oli inimene enda teadmata avanud Pandora laeka. Uks ulatuslikuks mullaerosiooniks oli jalaga lahti löödud. Hetkega oli tasakaal kaalukaasil mullateke *versus* erosioon kallutatud otsustavalt erosiooni kasuks. Rajanud oma põllud nõlvadele ja lõhkudes ning liigutades mulda, leidsid muistsed tsivilisatsioonid mõne aja möödudes, et põldude viljakas muld on aja jooksul allamäge kõige kaduva teed läinud. Ehkki see protsess tundub tsivilisatsioonide ajaskaalal (rääkimata geoloogilisest ajaskaalast) vaid viivuna, on mulla vaesumine enamasti ühe inimese eluaja jooksul hoomamatu protsess. Seega polnud mullaerosioon põllumehe teadlik valik, vaid üks elu poolt pakutavatest riikalikest präänikutest; umbes nagu juustutükk hiirelõksus – vähese vaevaga saavutatav, ent letaalse lõpuga kõhutäis. Lisaks teadmatusel tundis maad kurnama surve kaaskondlaste poolt, kes sõltusid otseselt põldude saagikusest. Saavutanud maksimaalse rahvaarvu, mida toodetava toidukoguse juures oli võimalik ülal pidada, asus tsivilisatsioon vegeteerima sõna otseses mõttes nälja piiril. Iga tagasilöökö põllumajanduses tähendas allakäigutrepi võimalikku esimest astet.

Tsivilisatsioonid lahendasid probleemi erinevalt. Mõned kasutasid oma sõjalist võimsust ja asusid kurnama naaberlade mulda, mõned arendasid põllumajandusmeetodeid, võttes kasutusele viljavahelduse, põldude väetamise või uued künnitehnoloogiad. Mis iganes tee ka valiti, kui sellega ei kaasnenud erosiooni ja mullatekke vahelise tasakaalu muutust (mida enamasti ei juhtunud), oli tegemist üksnes (eksistentsi) agoonia pikendamisega.

Ent leidis ka kogukondi, kes talitasid kardinaalselt teisiti. Lõuna-Ameerikas Peruus on endiselt kasutusel inkade tsivilisatsiooni pärand – terraspõllud – mille viljakus pole aastasadade jooksul vähenenud, vaid hoopis suurenenud. Samamoodi peidab Amazonase džungel endas saladust – *terra preta* nimelisi muldasid. Nende aastasadadega saavutatud viljakust

müüvad ekskavaatoriga relvastatud tänapäeva Brasiilia „ärimeesnossovid“ tonn tonni haaval maha, mõtlemata seejuures hetkekski, miks õnnestus vihmametsade muistsetel asukatel see, millega tänapäevase *know* ja *how*'ga varustatud ülikooliharitud põllumajandajad mitte kuidagi hakkama ei saa. Tegeleda Amazonase vesikonna õhukestel erosioonitundlikel muldadel jätkusuutliku põllumajandusega on latt, mille alt modernne põllumajandus kogu oma kõrgtehnoloogilise rauakola ja keemiapaketiga mühinal läbi jookseb (Montgomery 2007).

Quo vadis?

Alates 1960-ndatest aastatest on maailma põllumajanduse religiooniks tööstuslik põllumajandus ning usutunnistuseks NPK (lämmastik-fosfor-kaalium) väetamine. Seda õpetatakse ülikoolides ja praktiseeritakse lõviosal maailma põllumajandusmaast. Siia juurde kuulub ka tasakaalutu niisutuspõllumajandus ning *factory farming* (meeletu pindalakontsentratsiooniga intensiivne looma- ja linnukasvatus). Vähemal või rohkemal määral toimub suurel osal maailma muldadest *soil mining* – mulla kurnamine, röövides temast huumust ja toitaineid. Mullast toitaineid rabades toitub inimene, looduse kroon, samas ise üksluiselt nagu ei keegi teine.

Maailma toidupüramiid kogu oma bioloogilise mitmekesisuse võimalustes püsib tegelikult peamiselt kolme taime (nisu, riisi ja maisi) kasvatamisel, millele püüdliselt järgnevad sojauba ja oder¹³. Nagu viis olümpiarõngast! Metsikud taimed, mis kunagi tuhandeid aastaid tagasi juhuslikult inimese poolt üles korjati, kontrollivad nüüd meie igapäevast toitumist ja tervist. Kahe suupoolega saia vohmides haarame sinna kõrvale lihatüki, mis on samamoodi eelpool mainit' „viie rõnga“ baasil looma- ja linnuvabrikus valmis meisterdatud. Toidusedeli tervislikumaks muutmiseks hakkab tänapäeva inimene saia asemel tarbima täisterasaia, kokakoola asemel dieetkokakoolat ning sellega tervisliku toitumise revolutsioon enamasti piirdubki.

Tõsiasi, et alates tööstusliku põllumajandamise rakendamise algusest on igaveseks ajaks põllumaana kaduma läinud India-suurune tükk põldu (Montgomery 2012), ei paista majandajaid kuigi palju häirivat. Üleüldise globaliseerumise tuules kaovad ka väikepõllumehed – need, kellel on veel säilinud side oma maaga. Põllumajandustööstusest saadav lühiajaline kasum on saanud omaette eesmärgiks, mis pühitseb kõik abinõud.

¹³ <http://www.gardeningplaces.com/articles/staple-crops-compared2.htm> (viimane külastus 03.10.2013)

Kasutatud kirjandus

- Collon D. 1987. *First Impressions: Cylinder Seals in The Ancient Near East*. Chicago: University of Chicago Press, lk. 146, joonis 616.
- Montgomery D.R. 2007. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California, 286 lk.
- Montgomery D.R. 2012. Preface. Rmt: *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press; With a New Preface edition, IX–XIV.
-

Aivo Averin (aivo@peramotsa.ee) – MTÜ Peramõtsa Press, Puuri küla, Põlva vald, 63220 Põlvamaa.

Aeg ja Basiliolidae (Brachiopoda): uued tähelepanekud adaptiivse evolutsiooni, fenotüübilise plastilisuse ja funktsionaalse morfoloogia vallas

Giuseppe Buono ja Mena Schemm-Gregory

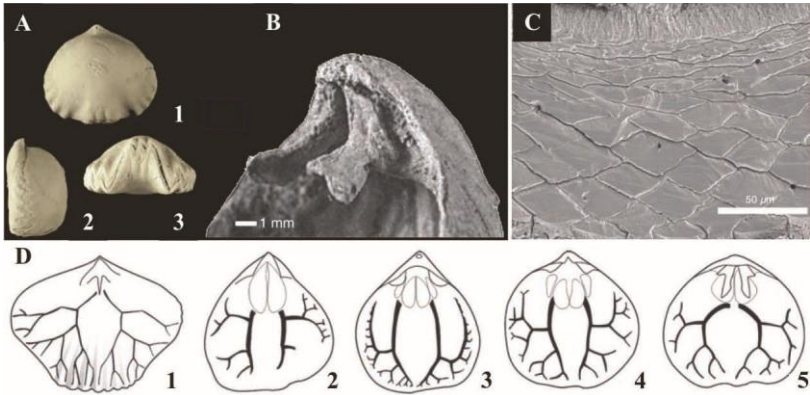
Basiliolidae on pika evolutsioonilise ajalooga brahhiopoodide sugukond, kes sai alguse juba vähemalt Devonis ning eksisteerib ka tänapäeval. Dr. Attila Vörös koostas 2005. aastal väga huvitava evolutsioonilise mudeli, millest nähtub, et basilioliidid on tänapäevani ellu jäänud tänu nende arenenud võimele kohastuda süvaveeliste keskkondadega. Merede sügavad osad on läbi aegade olnud omamoodi varjupaigad (Kaufmann & Erwin 1995 järgi), kus sealsete tingimustega kohastunud evolutsiooniliste liinide esindajad on suutnud üle elada suuri mere madalaveelist elustikku tabanud kriise ning soodsate ökoloogiliste tingimuste taastudes taasasustanud madalaveelised keskkonnad. Käesolev artikkel annab ülevaate mõnest tähelepanekust sugukonna Basiliolidae funktsionaalse morfoloogia ja adaptiivse evolutsiooni/fenotüübilise plastilisuse kohta (joonis 1).

Sugukonna Basiliolidae funktsionaalne morfoloogia ja adaptiivne evolutsioon

Sugukonna Basiliolidae evolutsioonilises ajaloos on mõned huvitavad aspektid, mis väärivad esiletõstmist ja lähemat uurimist:

- **Siledus ja ornamentatsioon**

Basilioliidseid brahhiopoodide võib kirjeldada kui „siledaid“ rühonelliforme, kuna vaid nende koja eesmine osa on ribiline, mistõttu on neid minevikus ka terebratuliidideks peetud (Vörös 2009). Kodade „siledus“ ja nende leiud küllaltki sügavaveelistest keskkondadest (nt. Alam-Juura kihid Bakony mägedes, Ungaris) on viinud teadlasi mõttele, et selline ornamentatsiooni puudus on kohastumus mere süvaveeliste keskkondadega. Siiski ei tule koja siledus kõigi, eriti aga Lacunosellinae (vt. *Stolmorhynchia*) ja Pamirorhynchinae (vt. *Orbirhynchia*) alamsugukondadesse kuuluvate perekondade puhul nii selgelt esile. Ornamentatsiooni areng võib olla seotud kiskjate hulga suurenemisega madalaveelistes keskkondades (Vörös 2010) ning seda võib lugeda fenotüübilise plastilisuse tõestuseks. Selle lisatõendiks võib tuua ka perekonna *Achantobasiliola*, kelle puhul ogade teke suurendas ornamentatsiooni astet.



Joonis 1. Basiliolidae. **A:** näide sugukonda Basiliolidae kuuluvatest brahhiopoodidest: *Homalectarhynchia limbata* (von Schlotheim 1813), Van Damme karjäär Ciplý's (Hainaut provints, Belgia). Fosfaatne kriit, Alam-Maastricht (Ülem-Kriit), Ciplý-Malogne fosfaatse kriidi kihistu, *Belemnella obtusa* tsoon: Belgia Loodusteaduste Kuninglik Instituut (IRScNB), Brüssel, Belgia. Illustreeritud eksemplar on täiskasvanud, täielikult säilinud, kahe poolmega (IRScNB MI-11044), L=13,2 mm. **1:** selgmine vaade; **2:** külgsvaade; **3:** eesmine vaade (Motchurova-Dekova & Simon 2007); **B:** Basiliolidae lofofoori toetavad struktuurid (lad. k. *crura*). *Aphelesia bipartita* (Brocchi) - lofofooritoesed on sirpjad ja sileda eesosaga. Miotseen, USNM 549380. (Mancenido & Motchurova-Dekova 2010); **C:** Basiliolidae koja ultrastruktuuri näide. *Pseudogibbirhynchia erycina* (Di Stefano), GI BAS M686-3, Dobravitsa-1, Sofia piirkond, Bulgaaria, Ülem-Toarci lade (Alam-Juura), kiht 7 (ülemine osa), Ozirovo kihistu Bukorovtzi kihistik. Kõhtmine kojapoolse kogupaksuses, primaarkiht ülaosas. (Manceñido & Motchurova-Dekova 2010); **D:** Näited Basiliolidae mantli kanalisüsteemi mustritest. **1:** Ülem-Juura *Lacumosella* selgmine sisevalatis; **2:** Ülem-Oligotseeni *Aetheia* kõhtmise kojapoolse lateksvalatis; **3:** tänapäevase *Basilioia* kõhtmise siseosa; **4-5:** tänapäevase *Rhytirhynchia* kõhtmine ja selgmine siseosa (Mancenido & Motchurova-Dekova 2010).

- **Asümmeetria**

Asümmeetria ei ole brahhiopoodide juures küll haruldane, kuid siiski ebatavaline nähtus. Seega on väga huvitav, et paljudel Basiliolidae sugukonda kuuluvatel perekondadel see ebaharilik tunnus esineb. Asümmeetriat on täheldatud vähemalt perekondadel *Apringia*, *Soaresirhynchia* ja *Orbirhynchia*, kuid mõned näitajad viitavad asümmeetria olemasolule ka teistel perekondadel.

Samuti on selles grupis palju näiteid suurest varieeruvusest nii liigi (*Soaresirhynchia*: Alméras 1994; Buono 2008; Colàs 2010) kui perekonna

tasemel (suur hulk liike perekondades *Apringia*, *Stolmorhynchia*, *Fortunella* ja *Orbirhynchia*).

Käesolevas töös eelistatakse hüpoteesi, mille kohaselt mõlemad tunnused viitavad tõenäoliselt suurele fenotüübilisele plastilisusele ehk võimele reageerida keskkonnastressoritele kiirete morfoloogiliste muutustega (nt. West-Eberhard 2003).

- **Selgmine ehk dorsaalne keskvahesein**

Üks sugukonna Basiliolidae peaaegu kõigi esindajate väga oluline tunnus on selgmise keskvahesein puudumine või tugev taandareng, mis võib olla madala vee-energiaga keskkondadega (ka mere süvaveeliste osadega) kohastumise tulemus. Olles lähendaja-lihaste kinnituskohat, viitab vahesein taandareng mitte kuigi tugevatele lihastele ja seega madala vee-energiaga keskkonnale.

Siiski pole ka paljudel Basiliolidae madalaveelistes keskkondades elanud fossiilsetel liikidel arenenud tugevat selgmist keskvahesein. Järelikult ei ole selle puudumine ellujäämisel ka kõrgema vee-energiaga keskkondades otsustavat rolli mänginud, kuigi arvatavasti on keskvahesein taandareng seotud ikkagi kohastumisega madala energiaga keskkondadega.

Seni on teada vaid kaks erandit, *Pamirorhynchia* ja *Soaresirhynchia*, kellel tõenäoliselt suur selgmine keskvahesein esineb (kuigi arvestades selle grupi varieeruvust ja adaptiivsust võib edasiste uuringute käigus massiivse keskvahesein olemasolu ilmned ka teistel liikidel). Huvitaval kombel oli mõlema liigi optimaalne elukeskkond Vara-Juura Tethise ookeani loodeosa karbonaatne šelfiala (kuigi *Soaresirhynchia* leidude põhjal võib arvata, et ta oli paleoökoloogiliselt palju laiemalt levinud; Andrade 2006; Buono 2008), millest tulenevalt võib oletada, et nende selgmise keskvahesein tugev areng on otsene evolutsiooniline vastus kõrgema vee-energiaga keskkonnale.

Tähelepanu vääriv on ka tõik, et mõlemale perekonnale on iseloomulik küllaltki ümar morfoloogia (vähemalt mõne liigi ja morfotüübi puhul); see omadus võis samuti mainitud spetsiifilise keskkonnaga kohastumisel (tõenäoliselt hüdrodünaamilises aspektis) rolli mängida.

- **Lofofooritoos (*crura*)**

Teine basilioliidide sugukonna oluline tunnus on üldiselt kaltsiform–alamkaltsiform–hamiformse liini selgmise keskvaheseinaga grupile omistatav lofofooritoose (*crura*) olemasolu (Manceñido & Motchurova-Dekova 2010). Basilioliidide leiud tunduvad kinnitavat Manceñido ja Motchurova-Dekova (2010) hüpoteesi heterokroonse hälbe kohta lofofooritoose evolutsioonis, kuigi siinkohal ei välistata, et liikide võimalikud ümberpaigutused erinevates alamsugukondades võivad selle vaate ümber lükata.

Olgu veel öeldud, et praeguste teadmiste põhjal ei ole leitud mingit kindlat tõestust *crura* funktsionaalse morfoloogia seosest paleoökoloogiliste tingimustega (ainsaks erandiks on ehk Buono 2010b), kuid sellealased uuringud on väga vajalikud ning võib ilmneda, et seda tüüpi *crura* areng võis samuti olla kohastumus sügavaveeliste merekeskkondadega.

- **Ultrastruktuur**

Basilioliididele on iseloomulik ka koja sekundaarse kihi eurinoidne ultrastruktuur (jämedakoelisemad ja isomeersemad kiud leptinoidse struktuuri puhul; Manceñido & Motchurova-Dekova 2010; Radulovic jt. 2007). See joon esineb ka kahel teisel rühonelliidide ülemsugukonnal Wellerelloidea ja Norelloidea. Huvitaval kombel kuulub norelloidide hulka mitu üldiselt sileda morfoloogia ja taandarenenud selgmise keskvaheseinaga perekonda, kellel on basilioliidide evolutsiooniteega ühiseid tunnuseid (Vörös 2005). See tõik on viinud teadlased mõttele, et võibolla oli eurinoidne struktuur samuti kohastumus sügavaveeliste keskkondadega. Siiski on ka leptinoidse ultrastruktuuri esindajate seas leitud tüüpilisi mere sügavaveeliste keskkondade asukaid (näiteks Dimerelloidea; Buono 2010b).

- **Mantlikanal**

Mantlikanali jäljendid koos kotilaadse morfoloogiaga on nähtavad sisevalatistel (vt. Williams jt. 1997). See struktuur on eriti lihtsakoeline ja võrreldes teistega ka vähem levinud (nt. Manceñido & Motchurova-Dekova 2010, joonis 11). Võimalik, et see tunnus on koos taandarenenud vaskularisatsiooniga seotud mere sügavaveelise organismi redutseerunud ainevahetusega ning on seetõttu kohastumus antud keskkonnaga.

- **Paleoökoloogilised märkused**

Lisaks eeltoodud paleoökoloogilisele infole toon siin ära veel mõned märkused:

a. Mitte-sugulastest homoloogid – *Apringia*'l on mitu temaga mitte suguluses olevat homeomorfi, mis (Vörös 2005 järgi) on arvatavasti näide konvergentsest kohastumisest väikese vee-energiaga ja/või mere sügavaveelise keskkonnaga (näiteks *Plagiorhynchia*; Fürsich & Hurst 1974; Vogel 1980).

b. Üheliigilised kooslused – *Soaresirhynchia* ja *Basiliocostella*, kes on esimesed taastuva põhjaelustiku esindajad peale Vara-Toarci ja Kriidi lõpu massilist väljasuremisi, moodustavad kohati vaid ühest liigist koosnevaid kooslusi. See näitab teatud grupisisest võimet edeneda ka keskkonnas, kus enamikul samaväärsest põhjaelustikust on raske hakkama saada.

c. Transgressiivsed rühmad – vähemalt *Soaresirhynchia* (Vara-Toarci, Tethise lääneosa) ja *Aphelesia* (Hispaania Pliotseeni lademed) puhul

on tõestatud nende esinemine mere transgressiivse staadiumi keskkonnas (nt. Garcia Joral & Goy 2000; Buono 2010a). See asjaolu klapib täielikult Vörösi (2005) arendatud „sügavikust naasmise“ ideega.

Järeldused

Eelnevat kokku võttes võib järeldada, et siledus, taandarenenud ornamentatsioon ja selgmine keskvahesein ning arvatavasti (järgnevad on siiski vaid spekulatiivsed mõtted) ka septifaalne *crura*, eurinoidne koja sekundaarse kihi ultrastruktuur ja sakaatne (kotjas) kanalijäljend võivad olla seotud kohastumisega mere süvaveeliste ja madala vee-energiaga keskkondadega.

Ümar kuju ja paks selgmine keskvahesein võivad olla mõne perekonna (*Soaresirhynchia* ja *Pamirorhynchia*) reaktsioon kõrgema vee-energiaga keskkonnale karbonaatsel rambil, samas kui alamsugukond *Lacunosellinae* ja sugukond *Pamirorhynchidae* puhul laialt levinud tugevam ornamentatsioon tuleneb ilmselt biotilisest stressist (enamasti kisklus; Vörös 2010).

Suur liigi- ja perekonnasisene varieeruvus, näiteks basilioliididel küllaltki levinud asümmeetria, koos ulatusliku geograafilise, stratigraafilise ja batümeetrilise levikuga on seostatavad erakordse fenotüübilise plastilisusega. See võime koos kohastumisega süvamereliste refuugiumite keskkondadega peaks omakorda olema võtmeks basilioliidsete brahhiopoodide pika ja eduka evolutsioonilise ajaloo uurimisel ning mõistmisel.

Lisainfot tabeli, pildi ja artikli pikema, ingliskeelse versiooniga leiab minu profiililt veebilehtedel www.academia.edu ja www.researchgate.net.

Tänu sõnad

See artikkel on pühendatud minu väga kallile sõbrale, kolleegile ja käesoleva artikli kaasautorile Mena Schemm-Gregory'le (vt. Buono 2013), kes meie seast kahjuks hiljuti lahkus, ning kellega ma meie koostöö algul selles artiklis toodud argumentide üle palju diskuteerisin.

Autorid tänavad toimetajaid, eriti Karin Truuverit, Liisa Langi ja Liina Laumetsa abi ja toe eest artikli valmimisel ning Karin Truuverit ka selle eesti keelde tõlkimise eest.

Esimene autor on finantstoetust saanud Marie Curie grandist ((FP7-PEOPLE, projekt 237449), grantidest MOBILITAS (projekt MJD241) ja SHYNTHESESYS (HU-TAF-3002)).

Kasutatud kirjandus

- Alm ras Y. 1994. Le genre *Soaresirhynchia* nov. (Brachiopoda, Rhynchonellacea, Wellerellidae) dans le Toarcien du sous-bassin nord-Lusitanien (Portugal). *Documents des Laboratoires de Geologie, Lyon*, 130, 1-135.
- Andrad B. 2006. Los braqui podos del tránsito Jur sico Inferior-Jur sico Medio de la Cuenca Lusit nica (Portugal). [The brachiopods from the Lower Jurassic-Middle Jurassic transition of the Lusitanian Basin (Portugal)]. *Coloquios de Paleontologia*, 56, 5-194.
- Buono G. 2008. PhD thesis: "Studi geo-paleontologici su livelli ricchi in brachiopodi del Lias superiore del Gran Sasso d'Italia" [Geo-paleontological researches on brachiopods-rich levels of Late Lias of Gran Sasso d'Italia], unpublished.
- Buono G. 2010a. Toarcian (late early Jurassic) Tethyan brachiopods: palaeobiogeography and response to relative sea level fluctuations. 3rd International Palaeontological Congress (IPC3) Abstracts. London.
- Buono G. 2010b. New implications of ensiform crura and chemosynthesis-based environments of the dimerelloidea (Brachiopoda). 3rd International Palaeontological Congress (IPC3) Abstracts. London.
- Buono G. 2013. Mena Schemm-Gregory.
<http://paleopolis.rediris.es/BrachNet/ANNONCES/OBITUARIES/Schemm-Gregory.htm>
- Col s Gracia J. 2010. Morphometric analysis of *Soaresirhynchia bouchardi* (Davidson, 1852): taxonomical and palaeoecological implications. Shi G.R., Percival I.G., Pierson R.R. ja Weldon E.A. (toim.) 6th International Brachiopod Congress, Melbourne, Australia, Abstracts. *Geological Society of Australia, Abstracts* 95, 34.
- F rsich F.T. & Hurst J.M. 1974. Environmental factors determining the distribution of brachiopods. *Palaeontology* 17, 879–900.
- García-Joral F. & Goy A. 2000. Stratigraphic distribution of Toarcian brachiopods from the Iberian Range (Spain) and its relation to depositional systems. Hall R.L ja Smith P.L. (toim.): Advances in Jurassic Research 2000. Proceedings of the Fifth International Symposium on the Jurassic System, Vancouver, Canada, August 12-25, 1998, *GeoResearch Forum*, 6, 381-386.
- Kauffman E.G. ja Erwin D.H. 1995. Surviving mass extinctions. *Geotimes* 1995, 14–17.
- Manceñido M.O. & Motchurova-Dekova N., 2010. A review of the crural types, their relations to shell microstructure and significance among post-Palaeozoic Rhynchonellida. *Special Papers in Palaeontology*, 84, 203-224.
- Radulovic B., Motchurova-Dekova N. & Radulovic V. 2007. New Barremian rhynchonellide brachiopod genus from Serbia and the shell microstructure of Tetrarhynchiidae. *Acta Paleontologica Polonica*, 52 (4), 761-782.

- Vogel M. 1980. Über Beziehungen zwischen morphologischen Merkmalen der Brachiopoden und Fazies im Silur und Devon die Bedeutung der Wassertiefe. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 131, 781–792.
- Vörös A. 2005. The smooth brachiopods of the Mediterranean Jurassic: Refugees or invaders? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223 (3-4), 222-242.
- Vörös A. 2009. The Pliensbachian brachiopods of the Bakony Mountains (Hungary). *Geologica Hungarica Series Palaeontologica*, 58, 1-295.
- Vörös A. 2010. Escalation reflected in ornamentation and diversity history of brachiopod clades during the Mesozoic marine revolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291, 474–480.
- West-Eberhard Mary J. 2003. *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford University Press.
- Williams A., Brunton C.H.C. & MacKinnon D.I. 1997. Morphology. Williams A., Brunton C.H.C. ja Carlson S.J. (toim.), *Treatise on Invertebrate Palaeontology. Part H, Brachiopoda (Revised), Volume 1, Introduction*. Geological Society of America and University of Kansas, Boulder, Colorado and Lawrence, Kansas: 321-422

Giuseppe Buono (gbuono.geo@gmail.com, giuseppe.buono@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Ravila 14A, 50411 Tartu.

Mena Schemm-Gregory (1976–2013) – eelmine aadress: Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, P-3000-272 Coimbra, Portugal.

Viimase Skandinaavia liustiku pealetungi ja taandumise aja hindamisel kasutatavad dateerimismeetodid

Katrin Lasberg

Valdai jäätumine algas ligikaudu 110 000 aastat tagasi ja sellest ajast peale kuni Holotseenini on Skandinaavia jääkilp kasvanud-laienenud ning kahanenud mitmeid kordi (Ehlers jt. 2011). Üleüldise jäätumise taustal on jälgitavad ka väiksemad jähnenemise ja soojenemise etapid, mida nimetatakse vastavalt stadiaalideks ning interstadiaalideks ja mille puhul muutub vaid liustikuserva leviku kaugus jäätumistsentrist. Hilis-Valdais hakkas Skandinaavia liustik kasvama ja laienes oma maksimaalse levikupiirini, kattes sealhulgas ka Baltikumi. Hilis-Valdai lõpuks ehk Holotseeni alguseks oli juba suurem osa Skandinaavia liustikust sulanud ja Baltikum jäävaba (Ehlers jt. 2011). Hindamaks aega, millal liustik peale tungis või taandus, kasutatakse absoluutse vanuse dateerimismeetodeid, mis on aga antud kontekstis oma sisult pigem suhtelise vanuse dateerimismeetodid.

¹⁴C dateerimismeetod (<50 ka)

¹⁴C dateerimismeetod toimib järgmisel põhimõttel: kosmilise kiirguse toimele tekkinud ¹⁴C moodustab õhuhapniku toimele CO₂, mis jaguneb ühtlaselt atmosfääris, lahustub ookeanide vees ning satub fotosünteesi käigus taimedesse ja edasi loomsetesse organismidesse. Nii jaguneb ühtlaselt koos teiste süsiniku-isotoopidega ka radioaktiivne süsinik. Kui taim või loom lõpetab oma elutegevuse ehk ¹⁴C juurdevool temasse lakkab, hakkab organismis olev ¹⁴C kogus eksponentsiaalselt lagunema. Esmalt oli ¹⁴C dateerimismeetodi eelduseks, et ¹⁴C kogus ja suhe stabiilsetesse süsinikku isotoopidesse atmosfääris on ajas konstantne; hiljem aga avastati, et ¹⁴C kontsentratsioon atmosfääris pole olnud kogu aeg sama ja peale fossiilsete kütuste kasutuselevõttu ning tuumakatsetusi on ¹⁴C looduslik tasakaal rikutud (Punning 1977). ¹⁴C koguse kõikumise tõttu ei ole dateerimisel saadud vanus võrdne kalendriaastates saadud vanusega ning vanuseid peab kalibreerima. Selleks kasutatakse kalibreerimiskõveraid, mis põhinevad enamjaolt puude aastarõngaste dateerimisel ja saadud vanus esitatakse 1950. aasta suhtes (kirjanduses ka tänapäev, inglise k. *before present* = BP), mille ¹⁴C kogus atmosfääris on teada ning veel inim mõjust rikkumata. Radiosüsiniku dateerimismeetodit kasutatakse orgaanilist süsinikku sisaldavate proovide vanuse määramiseks ja tulemuseks saadakse aeg, millal taim või loom elutegevuse lõpetas (Hajdas 2008).

Liustiku pealetungi ja taandumist hinnates väljendavad ^{14}C dateeringud taime või looma surmaaega enne liustiku pealetungi või taimkatte arengu algust peale liustiku kadumist. Selge on see, et taimede kadumine toimus varem, jahenemise käigus, mitte aga vahetult liustiku pealetungil. Samamoodi ka taimkatte areng ei alanud koheselt peale liustiku kadumist, vaid sõltus veel paljudest asjaoludest, nagu näiteks asukoha kliima või reljeefi iseärasused. Tagatipuks on raske öelda, kui usaldusväärsed dateeritud järvesetted on, sest tihti esineb neis nn. „reservuaariefekt“, mis sisuliselt tähendab stabiilse süsiniku isotoobi juurdevoolu kas siis põhjavee või lahustunud karbonaatide näol. See tekitab olukorra, kus radioaktiivse süsiniku kontsentratsioon on „lahjendatud“ stabiilse süsinikuisotoobi suhtes, andes näilise vanuse, mis on vanem kui sette ladestumise aeg (MacDonald jt. 1991).

OSL dateerimismeetod (~100–800 ka)

Optiliselt stimuleeritud luminescents ehk OSL dateerimismeetod toimib põhimõttel, et kvartsi ja K-päevakivi sisaldavad mineraalid hakkavad peale mattumist endasse koguma radiatsioonienergiat. Sisuliselt tähendab see seda, et mineraalides olevad elektronid ergastatakse loodusliku radiatsiooni toimel, aktiveeritud elektronid liiguvad kõrgemale energiatasemele ning jäävad pidama mineraali kristallvõre „defektidesse“ seniks, kuni sete satub uuesti päikesevalguse kätte või seda stimuleeritakse kunstlikult nähtava valgusega. Sette stimuleerimisel nähtava valgusega vabanevad „defektidesse“ seotud elektronid luminescentskiirguse näol. Teades sette mattumise aja jooksul salvestunud radiatsioonienergia hulka ja aastast loodusliku radiatsiooni ümbritsevas keskkonnas, saame kahe väärtuse jagamisel aja, millal sete viimati päikesevalgust nägi ehk nõ. „nullistus“.

OSL dateerimismeetodi abil saab dateerida kvartsi ja K-päevakivi mineraale sisaldavaid setteid, milledeks on näiteks löss, eolne liiv, liustiku- ja jõesete ning mingil määral ka järvesete. Hoolimata sellest, et teoorias saab OSL dateerimismeetodit rakendada paljudele setetele, tuleb siinkohal silmas pidada, et usaldusväärse vanuse saame ainult sel juhul, kui sete enne lõplikku ladestumist on vahepeal päikesekiirguse käes olnud ehk „nullistunud“. Kui sete ei ole enne lõplikku settimist piisavalt või üldse päikesevalgusele eksponeeritud, siis temasse salvestunud energia väljendab aega, mil sete on olnud päikesevalguse eest peidus, kusjuures vahepeal võib sete olla korduvalt ümbersettinud (Preusser jt. 2008). Siinkohal on lihtne ette kujutada liustikusetteid, mis liustiku sulamisel kantakse kiirevooluliste sulavetega järve põhja ilma, et liivaosakesed jõuaksid „nullistuda“ ja eelmisest mattumisest kogunenud radiatsioonienergiast „puhastuda“.

Seetõttu ei väljenda sette dateerimisel saadud vanus enam aega, mil sete järve põhja sattus ja millal liustik sulama hakkas, mida meil aga teada vaja on. Liustiku taandumise kontekstis dateeritud liiga „vanu“ setteid saab aga tihti tõlgendada hoopiski liustiku pealetungieelseteks seteteks ehk nad väljendavad aega, millal enne viimast jäätumist oli konkreetne ala jäävaba.

¹⁰Be dateerimismeetod (~10–100 000 ka)

Kosmogeense berülliumi dateerimismeetod ehk pinna eksponeerituse dateerimine töötab põhimõttel, et kõrge energiaga kosmilise kiirguse toimel tekib kvartsi sisaldavas kivimis kosmogeenne berülliumi isotoop, mille kontsentratsioon kivimi pindmises kihis ajaga kasvab. Teades ¹⁰Be kontsentratsiooni atmosfääris ja kivimi pindmises kihis ning samuti berülliumi poolestusaega, saame arvutada eksponeerituse aja. ¹⁰Be dateerimismeetod on rakendatav kvartsi sisaldavate kivimite puhul, eelkõige sobib selleks graniit (Ivy-Ochis & Kober 2008).

Samuti nagu OSL dateerimismeetodi puhul on ka selle meetodi puhul oluliseks murepunktiks kivimi varasem eksponeeritus – näiteks kui me tahame teada, millal vabanes rändrahn liustiku alt, siis eeldame vaikumisi, et kivi oli eksponeeritud kosmilisele kiirgusele vahetult peale liustiku taandumist. See ei pruukinud aga nii olla, sest kui ette kujutada näiteks liustiku taandumist Eestist, siis taanduva liustikuserva ette tekkis Balti Jääpaisjärv ja praegu Põhja-Eestis laiutavad rändrahnud võisid tol ajal olla veekogu põhjas ning sellisel juhul ei jõudnud nendeni piisavalt kosmilist kiirgust. Lisaks sellele on ka paljud rändrahnud tulnud setete alt välja hiljem, kas siis looduslike protsesside tulemusena või inimtegevuse tagajärjel.

¹⁰Be dateerimismeetodi täpsus sõltub ka kivimi pealispinna murenemisest, sest ¹⁰Be kontsentratsioon kasvab eelkõige kivimi pindmises kümnesentimeetrisel kihis; sügavuse suunas kontsentratsioon väheneb (Ivy-Ochis & Kober 2008). Eelkirjeldatud juhtudel on dateerimisel saadud vanus liiga noor, hindamaks liustiku taandumist. Teinekord võib aga saadud vanus olla ka „liiga vana“; näiteks kui kivi, ise juba liustiku koosseisus olles, on pidevalt või vahepeal eksponeeritud kosmilisele kiirgusele ning selle tõttu on ¹⁰Be kontsentratsioon pidevalt suurenenud.

Dateeringute kasutamine

Igal dateerimismeetodil on omad plussid ja miinused, mistõttu on kõige otstarbekam kasutada neid kõiki koos – teineteist täiendades. Liustiku pealetungi ja taandumist hinnates on äärmiselt oluline teada asukoha geoloogilist situatsiooni iga üksiku dateeringu jaoks, millest on omakorda

võimalik teha järeldusi selle kohta, mida saadud vanus tegelikult näitab. Peale „usaldusväärsete“ dateeringute väljavajalimist kantakse need kaardile ja hinnatakse nende kaugust jäätumistsentrist mööda liustiku pealetungi ja taandumise suunda. Üsna tavapärane on, et mida rohkem andmeid, seda rohkem segadust – nii on ka dateeringute puhul ning peale kõikide „usaldusväärsete“ vanuste kandmist ühele sirgele selgub, et erinevate dateeringute vea piirid katavad teisi poolenisti või täielikult. Selleks, et saaks teha järeldusi liustiku pealetungi ja taandumise aja kohta, saame kasutada ainult dateeringute mediaane (keskväärtusi), jättes välja vea piirid. Antud viisil lähenedes väheneb aga määratud aja täpsus ning esitatud tulemus ei ole sajaprotsendilise tõenäosusega.

Kasutatud kirjandus

- Ehlers J., Gibbard P.L. & Hughes P.D. 2011. *Developments in Quaternary Science* 15, 1108 p. Amsterdam, Elsevier.
- Hajdas I. 2008. Radiocarbon dating and its applications in Quaternary studies. *Quaternary Science Journal* 57(1–2): 2–24.
- Ivy-Ochis S. & Kober F. 2008. Surface exposure dating with cosmogenic nuclides. *Quaternary Science Journal* 57 (1–2): 179–209.
- MacDonald G.M., Beukens, R.P. & Kieser W.E. 1991. Radiocarbon Dating of Limnic Sediments: A Comparative Analysis and Discussion. *Ecology* 72(3): 1150–1155.
- Preusser F., Degering D., Fuchs M., Hilgers A., Kadrett A., Klasen N., Krbetschek M., Richter D. & Spencer J.Q. G. 2008. Luminescence dating: basics, methods and applications. *Quaternary Science Journal* 57 (1–2): 95–149.
- Punning J.-M. 1977. *Isotoobid jutustavad minevikust*. Tallinn, Valgus, 135 lk.

Katrin Lasberg (katrin.lasberg@ut.ee) – Tartu Ülikooli Ökoloogia ja maateaduste instituut, geoloogia osakond, Ravila 14a, 50411, Tartu.

TRÜ Matemaatika–loodusteaduskonna geoloogia osakonna lugu aastatel 1945–1960

Asta Oraspõld

Käesoleva kirjutise koostamiseks andis mulle ajendi tõdemus, et 1945. aasta sügisel geoloogia osakonda õppima asunuist olen veel ainsana elus. Lahkunud on kõik minu õpetajad ning veelgi enam – manalateele on läinud samuti enamik neid, kellega samaaegselt üliõpilased olime ning seejärel juba õppejõududena tegutsesime.

Kuna minu tegevus geoloogia osakonnas on seotud selle loomisest peale 1945. aastal, siis võtsin endale kohustuse vaadelda osakonna lugu selle esimese 15 aasta jooksul, mil osakonnas oli maksimaalne hulk üliõpilasi ning osakond elas üle üpris keerukaid aegu.

Alljärgnev baseerub nii minu isiklikel mälestustel kui ka osakonna kateedrite arhiivimaterjalidel ning mitmetel erinevatel trükis ilmunud töödel (vt. ka LISA joonised 1–9).

Sõjajärgne geoloogia-õppe taastamine Tartu Ülikoolis

Kui Eestis 1940. aastal kehtestati Nõukogude võim, hakati 1940/41. õppeaastal ümber korraldama õppetööd ka Tartu Ülikoolis ning seda vastavalt NSVL-s kehtivale õppekorraldusele. Kehtestati kursuste süsteem.

Matemaatika-loodusteaduskonnas loodi geograafia-geoloogia osakond kahe – geoloogia ja geograafia kateedriga. Geoloogia kateedri juhatajaks ja professoriks kinnitati ENSV Hariduse rahvakomissari käskkirjaga prof. Armin Öpik. Samuti määrati ta geograafia kateedri juhataja asetäitjaks (Isakar 2005). Õppetöö põhjalikum sisuline ümberkorraldamine jäi siiski ära, sest algas sõda ja juba 1941. aasta suvel algas saksa okupatsioon, mis Tartu jaoks lõppes alles 25. augustil 1944. Kuigi siis lõppes otsene lahingutegevus, jäi Tartu ikkagi veel septembri keskpaigani rindelinnaks, mida pommitati ning mille tulemusel põlesid maha paljud hooned, sealhulgas Vanemuise teatrihoone, Jaani kirik jt. Tugevasti sai kannatada ka Aia 46 (praegune Vanemuise) tänava õppehoone (Mitt 1977).

Sõja lõppemisel taastati Eestis uuesti Nõukogude kord. Võrreldes varasemaga oli olukord ülikoolis muutunud. Paljud õppejõud olid emigreerunud. Anatoli Miti, Ülikooli üld- ja eksperimentaalfüüsika kateedri juhataja (1945–1960) ja matemaatika-loodusteaduskonna dekaan (1951–1961), meenutuste järgi olid matemaatika-loodusteaduskonnas keemia, füüsika ja geograafia erialad nimekatest teadlastest tühjaks jäänud. Geoloogia erialalt oli lahkunud Armin Öpik. Ainsana oli paigale jäänud Karl Orviku, kellele pandigi geoloogia eriala jätkamise korraldamine

ülikoolis. 1944. aasta hilissügisel taastati ülikoolis geograafia-geoloogia osakond geoloogia ja geograafia kateedriga, ainult selle erinevusega, et juhatajaks ja juhataja kohusetäitjaks määrati Karl Orviku. Muuseas oli ta paariks kuuks määratud ka Vanemuise õppehoone komandandiks, kes pidi organiseerima töid nii, et ruumid oleksid õppetöökaks enam-vähem kasutatavad. Kõige keerulisem oli olukord õppehoone küttesüsteemiga, mis oli sõjas tugevasti kannatada saanud ning oli rivist väljas veel 1945/46. õppeaasta talvel, mil mina olin esimesel kursusel. Geoloogia auditooriumi oli paigutatud raudahi, mille kütmisest jäi väheseks ning üliõpilased istusid loengus mantlites.

Siinkohal on põhjust meenutada, et K. Orviku oli palju aastaid töötanud ülikoolis prof. A. Öpiku alluvuses vanemassistendina (vt. Isakar 2005), teinud mitmesugust teadustööd ning jõudnud 1940. aastal kaitsta doktoritööd, mille põhjal talle omistati doktorikraad. Kõik see andis võimaluse kinnitada ta 1945. aastal (professorikutse kinnitati 1946. aastal) ka professori ametikohale.

Pärast A. Öpiku emigreerumist said avalduda K. Orviku suurepäraseid organisaatorivõimed. Oli saabunud Karl Orviku aeg. On tõenäoline, et ettepanek luua ülikoolis kolm geoloogia-alast kateedrit, tuli just K. Orvikult. Kuna ta oskas nende vajadust küllaldaselt põhjendada, siis asutati ENSV Haridusministeeriumi 1945 aasta 23. aprilli käskkirjaga geograafia-geoloogia osakonnas (alates 1946. aastast geoloogia osakond) üldise geoloogia ja geomorfoloogia, paleontoloogia ja stratigraafia ning mineraloogia ja petrograafia kateedrid. Üldise geoloogia ja geomorfoloogia kateedri juhatajaks professori ametikohale kinnitati K. Orviku. Teistele kateedritele tuli juhatajad K. Orvikul leida.

Loodusteaduste doktor Artur Luha töötas tollal ENSV Tööstuse Teadusliku Uurimise Keskinstituudis maavarade osakonna juhatajana ning tal olid ka pikaajased pedagoogilised ja rakendusgeoloogilise uurimistöö kogemused. Temalt saadi nõusolek ning ta kinnitati paleontoloogia ja stratigraafia kateedri juhatajaks ja professoriks. Mineraloogia ja petrograafia kateedri juhataja kohale asumiseks tehti ettepanek magister Evald Mölsile, kes töötas A. Luhaga samas instituudis sektorijuhatajana. Pärast ülikooli lõpetamist (1942) oli ta töötanud mitmesugustel rakendusgeoloogilistel töödel. Pedagoogilise töö kogemused E. Mölsil puudusid. Hoolimata sellest kinnitati ta ENSV Haridusministeeriumi rahvakomissari vastava käskkirjaga nimetatud kateedri juhataja ja dotsendi ametikohale.

Sellele järgnes juba kateedrijuhatajate töö abijõudude s.t. assistentide leidmiseks. Nendeks said sõjaeelses Tartu Ülikoolis loodusteaduste alal hariduse saanud ja seejärel õpetajatena töötavad Leonidia Orviku ja Alide Rimmel. Neist esimene asus tööle Orviku kateedrisse, teine Luha kateedrisse. Mineraloogia ja petrograafia kateedri assistendiks kinnitati

Heldela Teder, kes oli saksa okupatsiooni ajal töötanud A. Öpiku alluvuses noorema assistendi kohusetäitjana. H. Teder lõpetas ülikooli 1945. aastal geoloogia erialal. Ka temal vahetud pedagoogilise töö kogemused puudusid.

Nende jõududega, prof. K. Orviku üldjuhtimisel, asuti 1945. aasta sügisel osakonnas õppetööd korraldama ja suunama.

Üliõpilaspere ja õppetöö

Kui vaadelda eelnevat perioodi, siis ajavahemikul 1918–1945 õppis Tartu Ülikoolis geoloogiat ja mineraloogiat või loodusteadust, hilisema spetsialiseerumisega geoloogia erialale, vaid 17 üliõpilast (Isakar 2005). Pärast nõukogudeaegse õppekorralduse taastamist 1945. aastal, avati vastuvõtt geoloogia ja geograafia erialale. Kokku planeeriti vastu võtta kuni 45 üliõpilast. Nii suured lootused paraku ei täitunud, sest huvitatuid oli märgatavalt vähem. Vastu võeti vaid 14 üliõpilast, sest rohkem soovijaid polnud. Minu arvates oli tagasihoidlik huvi tingitud sellest, et sõjaeelses Eesti Vabariigis oli geoloogiateadus üldiselt vähetuntud, samuti vähendas noorte inimeste arvu järgnenud sõjaaeg. 1945. aasta sügisel geograafia-geoloogia osakonnas õppima asunud üliõpilastele viidi õppetöö sügissemestril läbi ühiselt, kuid kevadsemestri alguseks pidid nad tegema valiku, millisel erialal soovitakse õpinguid jätkata. Et üliõpilastel oleks eriala valikul suurem selgus, hakkasid K. Orviku ja E. Möls reklaamima geoloogia, Jakob Kents aga geograafia eriala. Lõpptulemus jäi 8:6 geoloogide kasuks. Geoloogide hulgas olin ka mina.

Tulevaste tudengite huvi geoloogia vastu hakkas aasta aastalt suurenema. Kui Tartu Ülikool (aastatel 1940–1941 ning 1944–1989 kandis nime Tartu Riiklik Ülikool (TRÜ)) läks 1946. aastal senisest ENSV Haridusministeeriumi alluvusest NSVL Kõrgema Hariduse Ministeeriumi (NSVL KHM) alluvusse, nähti ette kursuste suuruseks 25 üliõpilast.

Üliõpilaste vanuseline koosseis polnud algul ühesugune. 1945. aastal vastuvõetud olid vanuses 18–37 aastat. Edaspidi astusid ülikooli enamasti samal aastal keskkooli lõpetanud noored. Aastatel 1951–1954 oli geoloogia osakonnas korraga ligikaudu 100 üliõpilast. Ajavahemikul 1946–1948 tulid Tallinna Gustav Adolphi Gümnaasiumi (Tallinna 1. Keskkool) lõpetanutest Tartu Ülikooli õppima Ralf Männil, Arvo Rõõmusoks, Ago Aaloe ja Dimitri Kaljo, kes hakkasid peagi osakonna elus olulist rolli etendama. Alates 1955. aastast hakkas üliõpilaste arv aga aasta-aastalt vähenema. Miks, sellest juba lähemalt allpool.

Õppetööd hakati läbi viima üleliiduliste õppeplaanide järgi. Neid muudeti iga 3–5 aasta järel, ainete õppeprogramme veelgi sagedamini. Näiteks 1945–50. aastal kasutusel olnud plaanis oli 17 põhi- ja 9 valikainet.

Viimaseid võisid kateedrid, vastavalt vajadusele, ka muuta (vt. ka Oraspõld 2006).

Kui osakonnas oli kolm kateedrit, jäid prof. A. Luha kateedritele paleontoloogilis-stratigraafilised ja regionaalgeoloogilised ained, prof. K. Orviku kateedritele kvaternaargeoloogilised ja geomorfoloogilised ained, samuti üldine geoloogia, geoloogiline kaardistamine ja geotektoonika. Dots. E. Mölsi kateedritele langes aga kogu mineraloogilis-petrograafiliste ainete komplekt ja lisaks neile veel arvukalt rakendusgeoloogilise suunitlusega valikaineid (vt. põhjalikumalt Viiding 1993). Ma arvan, et kõige raskemad olid E. Mölsile esimesed 5 aastat, mil ta hakkas meie kursusele neid aineid esmakordselt õpetama. Kui 1950-ndal aastal paleontoloogia ja stratigraafia kateeder liideti mineraloogia ja petrograafia kateedriga, tuli E. Mölsil organiseerida ka selle kateedri ainete õpetamine.

Mineraloogilis-petrograafiliste ainete õpetamine nõuab vastava aparatuuri, eelkõige polarisatsioonimikroskoopide olemasolu; neist oli aga kogu aeg suur nappus. Vaatamata pidevatele taotlustele saadi mikroskoobe ikkagi väga vähe. Sellest johtuvalt tuli praktikume teha mitmes rühmas, mis omakorda tõstis õppejõudude töökoormust.

Kergemaks läks kateedrite õppejõududel siis, kui osakonna lõpetasid Erna Lõokene (1950), Asta Oraspõld (1950), Arvo Rõõmusoks (1952), Herbert Viiding (1952), Kalju Utsal (1952), Evald Mustjõgi (1953) ja Kalju Kajak (1953), sest neid oli võimalik järkjärgult õppetöö läbiviimisesse lülitada. Peale osakonnas tehtava õppetöö tuli õppejõududel mõningaid geoloogilisi aineid õpetada ka bioloogia ja geograafia osakondade üliõpilastele.

Õppeülesande korras käisid Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudist (TA GI) geofüüsikat õpetamas Juhan Kull (geofüüsika sektori juhataja) ning hüdrogeoloogiat Artur Verte. A. Verte oli lõpetanud Leningradi Mäeinstituudi ja seejärel töötanud Nõukogude Liidu (NL) eri piirkonnas ehitus- ja hüdrogeoloogina. TA Geoloogia Instituuti tulnuna, töötas ta algul teadustöötajana ja alates 1958. aastast hüdrogeoloogia sektori juhatajana (Aaloe 1995).

Üliõpilastele oli õppetööst osavõtt kohustuslik. Kursusevanematel tuli pidada vastavat päevikut, milles tuli ära märkida puudujad ning loengu või praktikumi lõpul see õppejõule esitada, kes siis oma allkirjaga kinnitas esitatud andmete õigsust. Kursusevanem pidi andmed igal nädalal esitama dekanaati. Enamik üliõpilasi said ka stipendiumi.

Stuudiumi kestus geoloogia erialal oli viis aastat. Pärast kõigi õppeplaanis ettenähtud ainete, kolme kursusetöö, praktikumide ja välipraktikate sooritamist oli ülikooli lõpetamiseks vajalik kaitsta

diplomitöö ja sooritada kaks riieksamit – marksismi-leninismi alustes ja geoloogias.

1947. aastal asutati Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut ja kuna tollal kvalifitseeritud, kogenud ja doktorikraadiga geolooge vabariigis, peale A. Luha ja K. Orviku, peaaegu polnud, siis kutsuti A. Luha instituudi direktoriks ja K. Orviku asedirektoriks. Sinna haarati kaasa sektorijuhataja kohale ka E. Möls. Samaaegselt jäid nad endiselt tööle ülikooli, mistõttu nende töökoormus, eriti A. Luhal, suurenes märgatavalt.

Prof. K. Orviku tegutses pidevalt selle nimel, et praktikad muutuksid tulemuslikumaks. Alguses, kui üliõpilasi oli kursustel vähe, nägi läbiviidav õppepraktika välja rohkem geoloogilise ekskursioonina, selline, nagu see võis olla sõjaeelsel, H. Bekkeri ja A. Öpiku ajal. Näitena võib tuua praktika, mis toimus 1947. aasta suvel ühe kuu vältel nn. paleontoloogia ja mineraloogia akadeemilise praktikumina Paldiski–Tallinna–Jägala ümbruses, millest võttis osa kaheksa geoloogia ja kuus geograafia üliõpilast ning nende juhendajatena geoloogid dots. E. Möls, ass. H. Teder, ass. A. Rimmel ja geograafidest ass. E. Varep ja ass. S. Künnapuu.

Alates 1949. aasta suvest, kui TA GI-I oli olemas juba oma välibaas Püssis, hakati seal läbi viima II kursuse geoloogilise kaardistamise õppepraktikat. Praktika kestel uuriti Püssi ümbruse aluspõhja ja pinnakatet. Saadud tulemuste põhjal koostati vastavad kaardid ja kirjutati aruanded. Esimesel taolisel praktikal, mida juhendas K. Orviku, osalesid mõnda aega ka III ja IV kursuse üliõpilased (sealhulgas ka mina). Praktika ajal tegid üliõpilased baasi territooriumil mitmesugust ühiskondlikult kasulikku tööd, mis oli ka justkui tasu baasi kasutamise eest.

1952. aastal tõi K. Orviku olulise täienduse II kursuse õppepraktikasse (kestus kaks kuud), mis seisnes selle teise poole läbiviimises mägisel Krimmis, piirkonnas, kus paiknesid Leningradi ja Moskva ülikoolide statsionaarsed õppebaasid. Eestlaste baasiks sai Trudoljubovka külas kohaliku pere aed, kuhu pandi üles telgid ning toitu valmistasid tudengid ise pere väliköögis. Peale lähipiirkonna kaardistamist Krimmi mäestiku teise aheliku piires, tutvuti Peaahelikus Suure Kanjoni ja Ai-Petri platooga ning lõpuks ka Krimmi lõunarannikuga. Nii mõnigi kord, pärast praktika lõppemist, läks osa tudengeid edasi matkale Kaukaasiasse.

1952. aasta suvel viisid praktika Krimmis läbi prof. K. Orviku, L. Orviku ja E. Lõokene; 1953 – E. Lõokene ja A. Rõõmusoks; 1954 – E. Lõokene, E. Mustjõgi ja A. Oraspõld; 1955 – A. Oraspõld ja E. Mustjõgi; 1956 – A. Oraspõld ja K. Kajak. Kuna järgneva kolme aasta jooksul osakonnas II kursus puudus (põhjust vt. allpool), siis alles 1960. aastal toimus praktika taas Krimmis, kus juhendajaks olid A. Oraspõld ja H. Viiding.

Kuni 1949. aastani (k.a.) viidi III ja IV kursuse menetluspraktika (kestused 13 nädalat) läbi Eestis, kas siis TA GI-s või rakenduslike institutsioonide juures. K. Orviku arvates oli see siiski ebapiisav ning tema tegutsemise tulemusena, alates 1950. aasta suvest, suunati III kursuse üliõpilased praktikale juba Eestist välja, NL mägisematesse piirkondadesse – seal töötavatesse geoloogilistesse uurimisrühmadesse. Nii käisid meie üliõpilased praktikal Timaanil, Karpaatides, Uraalis, Pamiiris, Ida-Siberis, Ida-Baikalimaal, Kamtšatkal, Tšuktši mägismaal jm.

IV kursuse praktika toimus enamasti taas Eestis ning oli 1950-ndatel aastatel orienteeritud Eesti aluspõhja ja pinnakatte uurimisele. Kuid oli ka neid tudengeid, kes sooritasid selle praktika samuti Eestist väljaspool ja said sealt vajaliku materjali diplomitöö koostamiseks. Tuleb lisada, et Eesti geoloogiaüliõpilased-praktikandid olid uurimisrühmades väga hinnatud nende tõsise töösse suhtumise ja õpihimu poolest ning neid kutsuti tihti tagasi.

Osakonnas tehtud diplomitööde (vt. Kurvits & Kirsimäe 2005) teemade valik oli orienteeritud Eesti geoloogia uurimisele. Tunduvalt vähem tehti sellel perioodil insenergeoloogilise s.t. ehitus- ja hüdrogeoloogilise suunilusega diplomitöid (12 tööd), veelgi vähem kaevandusgeoloogiat käsitlevaid töid (neli). Küllalt palju diplomitöid (31) valmis nende materjalide põhjal, mis saadi olles praktikal Koolal, Timaanil, Uraalis, Ida-Baikalimaal, Pamiiris jm. Üldse kaitsti 1950-ndatel aastatel geoloogia osakonnas 139 diplomitööd.

Diplomitööde juhendamisega on osakonnas tegelenud peaaegu kõik vaadeldaval perioodil töötanud õppejõud. Nende koormatus selles valdkonnas oli väga erinev. 1–9 tööd on juhendanud vastavalt L. Orviku, A. Luha, K. Kajak, D. Kaljo, H. Teder ja E. Lõokene. Suurem on juhendatud tööde hulk olnud A. Rõõmusoksal (12), A. Oraspõllul (15), H. Viidingul (18) ja K. Orvikul (28). Kui Orviku juhendas peamiselt kvaternaargeoloogilisi töid, siis Mölsi juhendatud diplomitööde temaatika oli väga lai haarates pea kõiki geoloogia peamisi valdkondi. Juhendatud tööde arvuga (45 tööd), on kindlalt esikohal E. Möls.

Käesolevas kirjutises pean ma vajalikuks peatuda ka geoloogia ringil. Vaatamata sellele, et 1945/46 õppeaastal õppis osakonnas vaid väikesearvuline I kursus, tegi prof. K. Orviku ettepaneku panna alus geoloogia ringile, kuna ta pidas väga oluliseks, et üliõpilased, tegeleksid plaanilise õppetöö kõrvalt ka mingi väiksema teadusprobleemiga. Ringi sünnipäevaks sai 10. märts 1946, kuid tegeliku hoo sai ringi töö sisse sama aasta sügisel, kui osakonda tuli õppima Ralf Männil.

Järgneva paari aasta jooksul lisandusid R. Männilile veel Ago Aaloe, Arvo Rõõmusoks ja Dimitri Kaljo. Neist said ka ringi aktiivsed liikmed ja eestvedajad. Kõige tulemuslikumaks kujunes paleontoloogia rühma töö.

Selles osalesin ka mina ning minu uurimisobjektiks said Ordoviitsiumi brahhiopoodid. Ringi piires loodi veel petrograafia rühm (juhiks H. Viiding) ning kvaternaarirühm (juhendajaks K. Orviku). Töö tulemusi kanti ette ringi koosolekutel ja ülikooli Üliõpilaste Teadusliku Ühingu (ÜTU) konverentsidel, lisaks esitati neid võistlustöödeks. Ring hakkas välja andma ka seinalehte „Vasar“, mis kujunes osakonna häälekandjaks. Seinalehele tegid kaastööd nii tudengid kui õppejõud. Kõige aktiivsemad olid prof. Karl Orviku, Ago Aaloe, Herbert Viiding, Dimitri Kaljo ja Arvo Rõõmusoks. A. Aaloe oli väga hea seinalehe toimetaja, kes sageli ka ise sinna artikleid kirjutas, varustas fotodega ja tegi sõbralikke šarže nii üliõpilastest kui ka õppejõududest. Seinalehe ilmumise kõrgeaeg oli aastatel 1950–1954.

Ringi teisel aastapäeval, 10. märtsil 1948. aastal, tegi prof. K. Orviku teatavaks osakonna kateedrite otsuse ja kuulutas välja kaks preemiat ning 600 rubla parimale uurimistöole: 1) Eesti paleontoloogia või stratigraafia alal ja 2) kvaternaargeoloogia alal. Sellest innustust saades tuli sama aasta kevadel ringi juhatusel mõte võtta uurimise alla Kohila–Rapla ümbrus, kuna selle piirkonna aluspõhja paljanduvus oli hea ja pinnakate õhuke ja lihtsa geoloogilise ehitusega. Töö korralduse seisukohast oli oluline ka ligipääs raudteele ja lähedus Tallinnale. Baasideks olid Kohila ja Rapla koolimaja. Välitöödeks nähti ette ajavahemik 1948. aasta 5. juulist kuni 14. augustini. Välitööde juhiks sai R. Männil ja teaduslikuks juhendajaks prof. A. Luha. Üritusest võtsid osa I kursuselt Ago Aaloe, Hansi Hein, Adeele Laas, Arvo Rõõmusoks, Lembit Sarv ja Kalju Utsal; II kursuselt Ralf Männil, Ülo Reeben ja Ingeborg Tamm ning III kursuselt Ilmar Elvre ja Asta Oraspõld. Seltskonnas oli veel geoloogiahuviline Ilmari Mitnits.

Kogutud materjali töötasid hiljem läbi R. Männil, L. Sarv ja I. Elvre. Teksti ja kaartide koostamist juhendas prof. K. Orviku. Ringi kolmandal aastapäeval 10. märtsil 1949. tegid R. Männil ja I. Elvre ettekanded uurimistöo tulemuste kohta. Töö oli esitatud ka ülalpool nimetatud preemia saamiseks. Žürii otsustas mõlemad preemiad anda Kohila–Rapla kompleksele geoloogilisele uurimistöole. 1950-ndate aastate teisel poolel hakkas ringi töö, koos üliõpilaste arvu vähenemisega ja aktiivsete liikmete ülikooli lõpetamisega, kaotama endist tähtsust.

Järgnevalt peatun üliõpilaste töölesuunamisel (vt. ka Aaloe 1995). Ülikoolis tegeles sellega vastav riiklik komisjon, kes vaatas läbi kõik töötajaid vajavate asutuste esitatud taotlused. Neid võisid vabariigi asutuste kõrval esitada ka üleliidulised geoloogilised organisatsioonid.

Eestis esitasid oma taotlusi TA Geoloogia Instituut, vabariigi mitmed projekteerimisorganisatsioonid nagu näiteks Eesti Põllumajandusprojekt, Projekteerimise ja Teadusliku Uurimise Instituut (aastast 1958 Eesti Tööstusprojekt) jt., aga samuti ülikooli geoloogiaosakond.

Kui 1957. aastal loodi Eestis oma vabariiklik geoloogiateenistus (lähemalt allpool), siis paari aasta jooksul võeti sinna tööle paarkümmend osakonna lõpetanut. Vaadeldaval perioodil siirdus mitmesugustesse projekteerimisorganisatsioonidesse tööle kokku 32, Geoloogia Instituuti 22 ja TRÜ geoloogia osakonda 13 lõpetanut.

Vabariigist välja, teistesse NL piirkondadesse, eeskätt Karaganda (Kasahstan), Krasnojarski (Ida-Siber) ja Tšita (Ida-Baikalimaa) geoloogia valitsustesse suunati tööle kokku 40 osakonna lõpetanut, sealjuures kõige enam aastatel 1952 (8), 1955 (8), 1956 (7) ja 1957 (11). Pärast kohustusliku teenistusaja (kolm aastat) lõppemist tuli enamik neist Eestisse tagasi, kuid üksikud jäidki sinna, kuhu neid oli tööle suunatud.

Siinkohal on põhjust lisada ka seda, et mitte kõik osakonda õppima asunud ei lõpetanud ülikooli. Põhjusi on olnud mitmesuguseid, nii isiklikke, ideoloogilisi kui ka poliitilisi. Ühe näitena tahaksin tuua Ralf Männili loo. Gümnaasiumi lõpetamise järel sattus ta vanuse tõttu saksa sõjaväkke s.t. valele poolele. Pärast sõja lõppu võeti ta küll 1946. aastal Tartu Ülikooli vastu, kuid ei lastud lõpetada ja eksmatrikuleeriti 1950. aastal. Lisapõhjuseks oli abikaasa küüditamine 1949. aastal Siberisse. Eksmatrikuleerimise järel siirdus ta algul tööle Uraali, siis aga Ida-Siberisse, kus ta 1955. aastal lõpetas Irkutski Ülikooli. Pärast seda naases R. Männil Eestisse ja võeti tööle Geoloogia Instituuti.

Teadustöö osakonnas

Edasi siirduksin teadustöö radadele. Ülikoolis peetakse enesestmõistetavaks, et kõrvuti õppetööga teevad õppejõud valitud kitsamal erialal ka teadustööd. Ideaalsel juhul õpetab õppejõud seda ainet või aineid, mis tema poolt uuritava ainevallaga lähedalt seotud on. Võib arvata, et 1945. aasta sügisel TRÜ-s tööle asunud Artur Luha (53-aastane), Karl Orviku (42) ja Evald Möls (40) uskusid siiralt, et ka neile avanevad soodsad teadustöö tegemise võimalused.

A. Luha varasema teenistuskäigu vaatlemisel toetun ma Heldur Nestori artiklile (Nestor 1993), mille järgi, A. Luha ja H. Bekker olid ülikoolis õpingukaaslased. Kui Bekker sai ülikooli lõpetamise järel Geoloogia Kabineti juhatajaks, siis kutsus ta sinna assistendi kohale ka A. Luha, kes vahepeal oli pidanud katkestama õpingud ülikoolis. Nüüd sai Luha teha lõpueksamid ja kaitsta 1923. aastal magistritööd. Koos H. Bekkeriga alustas ta 1924. suvel välitöid Saaremaal Siluri uurimiseks. Pärast H. Bekkeri surma 1925. aastal nimetati A. Luha Geoloogia Kabineti juhataja kohusetäitjaks. See asjaolu andis talle võimaluse koguda lisamaterjali Muhus ja Saaremaal doktoritöö jaoks ning kaitsta töö 1930. aastal, mille järel talle omistati doktorikraad. Ta oli siis 38-aastane, täis energiat ja

elujõudu. Edasi kandideeris A. Luha Tartu Ülikoolis vakantsele geoloogia ja paleontoloogia professori kohale, kuid jäi sellest ilma, sest sellele kohale kinnitati hoopis Armin Öpik. See oli A. Luhale suur pettumus. Talle anti küll eradotsendi õigused, mis võimaldasid aegajalt mineraloogia kabinetis õppetööd teha, kuid see ei kindlustanud talle püsivat sissetulekut. Sellest johtuvalt tuli A. Luhal järgnevatel aastatel töötada väga erinevatel töökohtadel ja ametites. H. Nestor peab Luha jaoks murranguliseks 1938. aastat, mil ta asus tööle vastloodud Geoloogia Komiteesse, kus ta organiseeris ja juhendas pinnakatte kaardistamist, fosforiitide uurimist, kaeve- ja puurimistöid jm. A. Luha orienteerus kiiresti ümber rakendusgeoloogilisele uurimistöole, mis tipnes 1946. aastal trükitis ilmunud tööga „*Eesti NSV maavarad. Rakendusgeoloogiline kokkuvõtlik ülevaade*“.

Uus muutus A. Luha jaoks tuli 1945. aastal, kui ta andis nõusoleku asuda ülikoolis paleontoloogia ja stratigraafia kateedri juhataja ja professori ametikohale. Järjekordne muutus tuli 1947. Aastal, kui loodi TA Geoloogia Instituut ja A. Luha kutsuti selle direktoriks. Talle langes nüüd suur organisatoorse töö koormus, mis lisandus õppetööle geoloogia osakonnas. Sealjuures tuleb arvestada, et A. Luha oli siis juba 55-aastane ja terviski polnud enam endine. Kõigest sellest tulenevalt ei jätkunud tal enam aega ja jaksu tõsisemaks teadustöök. Jäi vaid üle võimalus oma teadmisi ja oskusi edastada õppetöös.

K. Orviku lõpetas ülikooli magistrikraadiga 1933. aastal olles siis 30-aastane. Peale lõpetamist võeti ta tööle A. Öpiku poolt juhutatavasse Mineraloogia Kabinetit ja seda aastateks. Töötades vanemassistendi ja hiljem instrktor-assistendi ametikohal polnud tal asja loengulisse õppetöösse. Loenguid hakkas K. Orviku pidama 1938. aastal (vt. Isakar 2005). Selline olukord võimaldas tal süveneda mitmekülgsesse teadustegevusse, eelkõige siiski Kesk-Ordoviitsiumi lademete karbonaatkivimite detailsele litoloogilisele uurimisele paekaldal ja selle lähiümbruses. Sellest valmis doktoritöö, mille kaitsmise järel omistati K. Orvikule 1940. aastal doktorikraad. K. Orviku tollaegset teadustegevust on käsitlenud H. Viiding (1989) rõhutades tema tähtsust Eesti litoloogia rajajana. Sõjajärgsetest aastatest tuntakse K. Orvikut eelkõige kvaternaargeoloogina, siiski tegi ta sellesisulisi uurimusi ka varem. K. Orviku töid ja tegemisi kvaternaargeoloogias on kõrgelt hinnanud A. Raukas (Raukas 1989).

Ajavahemikul 1945–1958 oli K. Orviku enam pühendunud organiseerimistöole, algul geoloogia osakonnas, pärast ka Geoloogia Instituudis, mille asedirektor ja 1954. aastast direktor ta oli. K. Orviku oli hea tervise ja suure töövõimega inimene, kes oskas oma töid ja tegemisi planeerida vastavalt kujunenud olukorrale. Osakonnas kasutas ta kõiki võimalusi kogumaks faktilist andmestikku erinevate ainevaldkondade kohta

kvaternaargeoloogias. Tema juhendamisel valmis arvukalt üliõpilaste kursuse- ja diplomitöid. Saadud andmeid kokku võttes ja üldistades valmisid tal hiljem mitmesugused publikatsioonid. Tulemuslikele üldistustele sai K. Orviku enam pühenduda alates 1956. aastast, mil ta loobus kateedri juhatamisest ja jäi vaid poole koormusega kateedri professoriks. Ajavahemikul 1958–1961 avaldas ta trükkis juba arvukalt erinevaid artikleid (vt. Raukas 1989). K. Orvikul oli loodud hea kontakt ka Moskvas NSVL TA Geoloogia Instituudi ja Paleontoloogia Instituudi teadlastega. Mäletan, et paaril korral käis Tartus Paleontoloogia Instituudist prof. R. F. Hecker. Samuti käis Tartus tuntud palünoloog J. D. Zaklinskaja Moskvast. Arvatavasti R. F. Hecker oli K. Orvikule abiks ka II kursuse õppepraktika koha valikul Krimmis.

E. Mölsi elukäik sõjaeelses Eesti vabariigis oli teistest mitmeti erinev. 1933. aastal ülikoolis alustatud õpingud venisid majanduslike raskuste tõttu ettenähtust tunduvalt pikemaks, sest ta pidi õpinguid mitmel korral katkestama, et toimetulekuks raha teenida. 1938. aastal sai E. Möls esimese erialase töökoha Eesti Loodusvarade Instituudis ning talle anti ülesandeks otsida raudtee tarbeks sobivaid tolmuvalu ballastmaterjale (Viiding 1993). 1940. aastal valminud aruande vormistas ta oma magistritööks, et lõpetada ülikool. Selle kaitsmine toimus aga alles saksa okupatsiooni ajal, 1942. aastal. Leiti, et see töö on suure praktilise väärtusega ning see oleks vajalik publitseerida. E. Möls vormistas selle eraldi raamatuna. Kaasautoriks kutsus ta prof. L. Jürgensoni, kelle osa selles töös on siiski tagasihoidlik. Raamat ilmus pealkirja all „Mineraalsetest ehitusmaterjalidest Eesti NSV-s“ (1946). H. Viiding on E. Mölsi hinnanud kõrgelt just hea pedagoogina ja uute ideede genereerijana. Tema loodetud teadustegevus osakonnas jäi aga paraku marginaalseks ja seda eelkõige suure õppekoormuse tõttu. Kahtlemata oli tal õppetöös võimalik kasutada oma rakendusgeoloogilisi teadmisi ja praktilisi kogemusi, aga see oli ka peaaegu kõik.

H. Teder oli samuti õppetöoga väga koormatud. Tal oli küll planeeritud töö karbonaatkivimite dolomiidistumise uurimiseks, kuid see jäi realiseerimata. Ta on uurinud Eesti aluspõhja karbonaatkivimite termoluminestsentsi.

Leonidia Orviku jõudis õppetöö kõrvalt süveneda palünoloogiasse ning sellega taastada uuesti selle uurimissuuna, mida sõjaeelses Eestis edukalt arendas P. W. Thomson.

Noored õppejõud-teadlased

Järgnevalt võtan vaatluse alla teaduslik-pedagoogilise järeldkasvu koolitamise osakonnas. Ajavahemikul 1950–1953 suunati geoloogia osakonnas aspirantuuri neli osakonna lõpetanut (vt. tabel 1). Väljaarvatud

J. Kelpman, lõpetasid teised aspirantuuri ja kaitsesid õigeaegselt dissertatsiooni, saades sellega geoloogia-mineraloogia (geol. min.) teaduste kandidaadi kraadi. Seejärel võttis K. Orviku mind vanemõpetajana tööle oma kateedrisse; H. Viiding samuti vanemõpetajana ning D. Kaljo assistendina läksid ametisse E. Mölsi kateedrisse.

Tabel 1. Geoloogia osakonna aspirantuur aastail 1950–1956.

Eriala	Aspirant	Algus	Lõpp	Teaduslik juhendaja
Paleontoloogia	Asta Oraspõld	1950	1953	prof. A. Luha, 1953. aastast dots. E. Möls
	Dimitri Kaljo	1953	1956	dots. E. Möls
Petrograafia	Herbert Viiding	1952	1955	dots. E. Möls
Geoloogia	Jaan Kelpman	1950	ei lõpetanud	prof. K. Orviku

Kateedrijuhatajal E. Mösil oli taotletud veel 1952. aastal lõpetanud Kaisa Orgole (nüüd Mens) sihtaspirantuur petrograafia alal Moskva Riikliku Ülikooli juures. See koht ka saadi. K. Mensi tegevus aspirantuuris oli samuti edukas. Töö kaitsmise järel omistati talle geol. min. teaduste kandidaadi kraad. Seejärel tuli ta tagasi Eestisse ja asus õppejõuna tööle Tallinna Polütehnilise Instituudi (TPI) mäekateedrisse.

Arvo Rõõmusoks oli ülikooli lõpetamise eel 1952. aastal kindlalt veendunud, et teda suunatakse tööle TA Geoloogia Instituuti, kuid nii see siiski ei läinud. Prof. A. Luha ja prof. K. Orviku olid kutsunud ta vestlusele ning tegid talle ettepaneku jääda tööle TRÜ geoloogia kateedrisse vanemõpetaja kohale ja hakata lugema paleontoloogiat (Rõõmusoks 2005). A. Rõõmusoks oli sellest muidugi üpris nõrkinud, kuid olukorraga tuli leppida. Järgneva paari aasta jooksul koormati teda õppetöös tagasihoidlikult, et anda talle võimalus süveneda kandidaaditöösse. Nii õnnestus tal töö kiiresti valmis saada ja 1954. aastal kaitsta. Ka temale omistati geol. min. teaduste kandidaadi kraad. Nüüdsest tuli tal rohkem ka õppeprotsessis osaleda. K. Orvikul oli aga A. Rõõmusoksa edasise teadusliku kvalifikatsiooni tõstmise osas oma plaan. Nimelt taotles ta vahepeal dotsendi kutse omandanud A. Rõõmusoksale kaheaastase doktorantuuri NSVL TA Geoloogia Instituudis. See saadi aastateks 1956–1958; doktoritöö tegelikult valmimiseks kulus aga märgatavalt rohkem aega. See valmis alles 1967 aastal ja kaitsmine toimus 1. juunil Moskvast. Doktorikraadi kinnitus Kõrgemalt Atestatsioonikomisjonilt (KAK) tuli 1968. aastal.

Ka teised kandidaadikraadiga õppejõud võisid tehtava õppetöö ja trükis avaldatud artiklite alusel oodata dotsendi ametikohale (dotsendi kt.) määramist ja sealt edasi juba dotsendi kutse saamist, mille kinnitas KAK Moskvast vastava diplomi väljaandmisega.

Koheselt pärast ülikooli lõpetamist võeti K. Orviku kateedrisse, algul assistendi või vanemlaborandi kohale tööle Erna Lõokene (1950), Kalju Kajak (1953), Hellin Kalamees-Kajak (1953) ja Aino Sarv (1955); E. Mölsi kateedrisse aga Evald Mustjõgi (1953) ja Kalju Utsal (1953). Aastase töötamise järel määrati E. Lõokene, K. Kajak ja E. Mustjõgi juba vanemõpetaja ametikohale.

Olla või mitte olla ja kui olla, siis kuidas?

Osakonna elus esimene tõsine tagasilöök tuli 1949. aasta kevadel, kui haigestus prof. A. Luha. Ta asus paranemise järel küll uuesti tööle, kuid loobus kateedri juhatamisest. Teiseks tagasilöögiks oli see, et kahel järjestikusel aastal (1949, 1950) ei toimunud üleliiduliste organite otsusel vastuvõttu geoloogiasse. K. Orvikul ja E. Mölsil tuli leida lahendus edasiminekaks ja nii otsustati paleontoloogia ja stratigraafia kateeder liita mineraloogia ja petrograafia kateedriga. Uus moodustis sai nimeks mineraloogia ja paleontoloogia kateeder ja selle juhatajaks dots. E. Möls. Prof. A. Luha jäi sellesse kateedrisse tööle poole koormusega (kohakaasluse alusel). Üldise geoloogia ja geomorfoloogia kateeder nimetati ümber geoloogia kateedriks (juhatajaks K. Orviku). Ümberkorraldus hakkas kehtima alates 1950. aasta 1. septembrist. Kõik ülaltoodud muudatused osakonnas leidsid ametliku kinnituse ka NSVL KHM käskkirjades.

Üliõpilaste vastuvõtt taastati uuesti 1951. aastal, mil esimesele kursusele võeti 23 üliõpilast. Kasutades kujunenud olukorda, organiseeris K. Orviku vastuvõtu ka teisele kursusele s.t. nendele üliõpilastele, kes 1950. aastal oleksid tahtnud tulla geoloogiasse, kuid vastuvõtu ärajäämise tõttu läksid õppima mujale ning nüüd, võimaluste avanedes, said tulla geoloogiat õppima. Teisele kursusele saadi 1951. aastal 13 üliõpilast, kõige enam metsanduse erialalt.

1953. aasta kevadel prof. A. Luha tervis halvenes uuesti ning ta loobus üldse tööst ülikoolis. Aasta lõpul, 29. detsembril tuli kurb teade A. Luha surma kohta. See oli suur kaotus nii Geoloogia Instituudile kui ka TRÜ-le. 1953/54. õppeaastaks oli osakonna kateedrite isikuline koosseis märgatavalt muutunud:

Geoloogia kateeder	Mineraloogia ja paleontoloogia kateeder
1. Kat. juh. prof. K. Orviku	1. Kat. juh. dots. E. Möls
2. Van. õpet. A. Oraspõld	2. Van. õpet. A. Rõõmusoks
3. Van. õpet. E. Lõokene	3. Van. õpet. L. Orviku
4. Van. lab. H. Kalamees-Kajak	4. Van. õpet. H. Teder
5. Van. lab. K. Kajak	5. Ass. E. Mustjõgi
6. Van. prep. E. Kirsimägi	6. Van. lab. K. Utsal
	7. Van. lab. E. Truus
	8. Lab. E. Uus

Selliste koosseisudega tehti osakonnas õppetööd ajal, mil üliõpilaste arv oli osakonnas kõige suurem. Järjekordne tagasilöökk geoloogia õpetamises tuli 1955. aastal, kui NSVL KHM-s võeti vastu otsus lõpetada geoloogide ettevalmistamine Baltikumis põhjendusega, et see pole majanduslikult kasulik. Geoloogiahariduse taotlejad soovitati suunata õppima teistesse NL kõrgkoolidesse Leningradis, Moskvas jm. Läti Ülikoolis Riias lõpetati geoloogide õpetamine koheselt 1955. aastal. Seejärel palus lätlane Viktor Gravitis võimalust jätkata õpinguid Tartu Ülikoolis. See võimalus talle ka anti ning ta lõpetas ülikooli juba Tartus 1956. aastal. 1957. a. sügiseks oli kujunenud olukord, kus pärast 1957. aasta lennu lõpetamist jäid 1957/58. õppeaastaks osakonda järele vaid IV ja V kursuse ca 50 üliõpilasega.

Tehes nüüd väikese kõrvalepõike, rõhutaksin asjaolu, et sõjajärgsetel aastatel töötasid Eestis mitmed üleliidulised projektorganisatsioonid, kelledest vähem tulemuslikeks osutusid varasemaid uurimusi ja kohalikke olusid ignoreerinud tööd, mida viisid läbi Nõukogude Liidu 5. geoloogiline valitsus ja trust „Spetsgeo“ keskmisemõõtkavalisel kaardistamisel ja Üleliiduline Teaduslik Geoloogiliste Uuringute Instituut (VNIGRI) (Viiding & Palmre 1993). Seda silmas pidades tegi TA GI direktor K. Orviku kõik selleks, et reklaamida oma geoloogiateenistuse vajadust vabariigis, kus töötaksid Eesti geoloogilist ehitust tundvad spetsialistid (pidades silmas eelkõige geoloogia osakonna lõpetanuid). Selle nimel tegid agitatsiooni ka mitmed osakonna vilistlased nagu Linda Laane, Valdur Kruus jt., kes töötasid juba erinevates projektorganisatsioonides.

1957. aasta 13. aprillil toimus ülikooli geoloogia osakonna koosolek, mis oli samuti pühendatud kujunenud olukorra analüüsile ja sellest väljatuleku võimaluste leidmisele. Vastu võeti otsus taotleda valitsuselt geoloogiateenistuse ja koos sellega ka geoloogiafondi loomist. Kõrvuti sellega tuli teha kõik selleks, et TRÜ-s taastuks üliõpilaste koolitus geoloogia erialal. Selle ülesandega hakkas tegelema dots. E. Möls.

K. Orviku oskuslik organiseerimistöö andis soovitud tulemuse. Eesti NSV Ministrite Nõukogu poolt loodi 8. augustil 1957. aastal Geoloogia ja Maavarade Kaitse Valitsus ning samaaegselt ka Eesti Geoloogia Fond (Vingisaar 1986). Geoloogia Valitsuse esimeseks juhatajaks kinnitati TPI 1948. aastal mäeinsenerina lõpetanud ja TA GI-s töötav Karl Müürisepp ja Geoloogia Fondi juhatajaks Moskva Riikliku Ülikooli lõpetanud TA GI teadur Ruth Urgard.

Dots. E. Möls pidas läbirääkimisi tollase TRÜ rektori prof. F. Klementiga üliõpilaste vastuvõtu taastamise küsimuses. Ka siin olid tulemused lootustandvad. Pärast seda kui E. Möls oli rektorile selgitanud geoloogia õpetamise pikaajaseid traditsioone ülikoolis alates 19. sajandist ja seda, et siin on õppetööd teinud paljud kuulsad teadlased, oli rektor lõpuks oma seisukoha järgmiselt kokku võtnud – tema ei taha olla selleks

rektoriks, kes geoloogide ettevalmistamise Tartus lõpetab. Rektor F. Klementi läbirääkimised Moskvast olid tulemuslikud ning 1958. aastal taastus üliõpilaste vastuvõtt geoloogia osakonda. Vastu võeti viis üliõpilast ning sellest ajast alates on geoloogide koolitus pidevalt Tartu Ülikoolis jätkunud. 1958/59. õppeaastal olid osakonnas I ja V kursuse 30 üliõpilasega.

Kõik nimetatud positiivsed uudised valmistasid heameelt, kuid probleemid ikkagi jätkusid. Seoses kursuste arvu pideva vähenemisega langesid oluliselt ka õppejõudude koormused, mille alusel neile palka maksti. Kõik see viis osakonna õppejõudude ja teiste töötajate koondamiseni ja osakonna struktuurse muutuseni. Kahe kateedri liitmise tulemusel 1958. aasta sügisel jäi alles üks kateeder – mineraloogia ja geoloogia kateeder dots. E. Mölsi juhtimisel.

Prof. K. Orviku lõpetas geoloogia kateedri juhatamise 1956. aastal, keskendudes täielikult Geoloogia Instituudi juhtimisele ja teadustööle. Osakonda jäi ta tööle professorina poole koormusega. Loobudes kateedri juhatamisest, tegi ta mulle ettepaneku see amet üle võtta ja kuna ta oli sellise otsuse ise juba teinud, ei olnud minu vastuvaidlemisel enam mõtet. See otsus leidis kinnituse ka NSVL KHM käskkirjaga. Olin geoloogia kateedri juhataja kt. aastatel 1956–1958 (kuni kateedrite liitmiseni).

Töötajate koondamisega seotud probleemid tuli lahendada dots. E. Mölsil, mis talle, kui emotsionaalsele inimesele, rüsuvalt mõjus ning halvendas ta tervislikku seisundit. Koondati vanemõpetaja kohad, millel töötasid H. Teder, L. Orviku, K. Kajak ja E. Lõokene. Vanemlaborantidest koondati H. Kajak, A. Sarv ja E. Truus. 1956. aastal lahkus omal soovil vanemõpetaja kohalt E. Mustjõgi, siirdudes tööle Uraali Geoloogia Valitsusse, kust ta juba 1958. aastal Eestisse tagasi tuli, asudes ametisse Eesti Geoloogia Valitsuse peageoloogina. Ka mitmed teised koondatud (nagu K. Kajak ja H. Kajak) said tööle Geoloogia Valitsusse, A. Sarv aga TA Ajaloo Instituuti. D. Kaljo, kes pärast aspirantuuri lõpetamist töötas aasta veel assistendina, siirdus TA GI-sse teadussekretäri kohale.

Kogu muutuste dünaamikat peegeldab kõige paremini Erna Lõokese teenistuskäik: 1950–1951 assistent, 1951–1958 vanemõpetaja, 1958–1960 vanemlaborant, 1960–1961 assistent, 1961–1972 vanemõpetaja ning alates 1972. aastast dotsent. Pingeline olukord koormuste osas kestis edasi veel ka 1960-ndatel aastatel. Kuna dots. E. Mölsil oli õnnestunud organiseerida mitmeid lepingulisi töid, siis nende täitmiseks sai anda tööd nii mõnelegi osakonna lõpetanule (Mare Viiding jt.).

Pärast koondamisi ja ümberpaigutusi oli 1958/59. õppeaastal mineraloogia ja geoloogia (aastast 1960 geoloogia) kateedri uuenenud koosseis järgmine:

Kat. juh. dots. E. Möls (kuni 1960. aastani)
Dots. A. Rõõmusoks
Dots. kt. H. Viiding
Dots. kt A. Oraspõld
Van. lab. E. Lõokene
Van. lab. K. Utsal
Lab. E. Uus
Van. prep. E. Kirsimägi

Minu meenutusi meie õpetajatest

Edasi tahaksin veelkord kirjutada meie õpetajatest, kes oma kõrghariduse ja teaduskraadid said põhiliselt Eesti Vabariigis sõjajärgsel ajal, teistsugustes tingimustes ja oludes. Pärast sõda, 1945. Aastal, asusid nad aga lootusrikkalt ja täis optimismi ülikoolis uut geoloogide põlvkonda õpetama ja kasvatama. Et kõik kavandatu edaspidi siiski ei täitunud, sellest oli juttu ülalpool. Siinkohal tahaksin aga jagada oma isiklike mälestusi ja kogemusi meie õppejõudude lektorimadustest ja nende puhtinimlikest väärtustest.

Lektorina meeldis mulle kõige enam prof. Artur Luha. Ta oli rahulik, rääkis selgelt ja paraja tempoga. Tema lauseehitus oli suhteliselt lihtne, võimaldades hästi kaasa mõelda ning samal ajal kõik vajalik ka konspeteerida. Korralik konsept oli tollal üliõpilase jaoks aga ülioluline, sest geoloogilist õppekirjandust kas polnud üldse või siis väga vähe. Ka oli see venekeelne, millega oli tudengitel, vähemalt algusaastatel, raskusi. A. Luhal endal oli loengus oma konsept olemas, kuid ta kasutas seda peamiselt kontrollimiseks, kas kõik ettenähtud ja vajalik öeldud sai. A. Luha oli ka minu diplomitöö ja kandidaaditöö juhendajaks. Tema nõuanded olid arusaadavad, kasulikud ja asjalikud. Kuna oli vahetu sõjajärgne aeg, tundis ta ikka huvi, kuidas ma majanduslikult hakkama saan. Selline tähelepanu liigutas mind väga. Tema surmateade oli suur löök kõigile.

Prof. Karl Orviku oli hoopis teine natuur. Ta oli temperamentne, liikuv ja suure töövõimega. A. Raukas (1989) on osutanud sellele, et Orviku kirjutamise stiil oli raskepärane. Sedasama võib öelda ka tema loengute kohta, sest ta oli kinni oma keerulises lauseehituses ette valmistatud konseptis. Sellest johtuvalt oli tema loenguid raske konspeteerida.

Vaadeldaval perioodil olid õhtuti osakonnas üliõpilased ja aspirandid, kes tegelesid oma kursusetööde, diplomitööde või dissertatsiooni materjalide läbitöötamisega. Ka K. Orviku armastas õhtuti töötada oma kabinetis, tehes aegajalt puhkepause, liikudes ringi ja vaadates, mida teised teevad. Sellal võis temalt kasulikke nõu saada. Mäletan, et kui tegelesin

oma dissertatsiooni materjalide läbitöötamisega, siis kuna mu teema oli paleontoloogilis-paleoökoloogiline ning Eestis polnud kedagi, kes sellise probleemiga oleks varem tegeleenud, pöördusin oma murega K. Orviku poole. Tema reageeris sellele kohe ja lubas helistada prof. R. F. Heckerile, selle ala spetsialistile Moskvas. Peagi saabus teade, et Hecker on nõus minuga kohtuma ja vajalikku nõu andma. Sõitsin Moskvasse. Kohtusin väga sümpaatse inimesega, kelle nõuanded olid väga kasulikud ja kindlustunnet andvad.

K. Orviku võis aga nii mõnigi kord ägestuda, kui mingi asi või korraldus polnud nii hästi tehtud, nagu tema ootas. Kui „karistamise“ juures juhtus olema tema abikaasa Leonidia, siis hakkas tema „karistatavat“ kaitsma ja kujunenud olukorda pehmemdama ning lõpptulemus võis olla palju soodsam kui esialgu arvanuks. Leonidia Orviku oli inimesena hea suhtleja. Ta suhtus nii tudengitesse kui ka noortesse õppejõududesse väga hoolitsevalt ja emalikult. Tavavestluses, kui polnud juttu geoloogiast, oli K. Orviku enamasti vait, lastes rääkida abikaasal.

Dots. Evald Möls oli emotsionaalne inimene, kuid sealjuures väga tagasihoidlik. Oli tõsiasi, et tema õppekoormus, võrreldes teiste õppejõududega, oli märgatavalt suurem. Kuid võib-olla just tänu sellele omandas ta kiiresti pedagoogilise meisterlikkuse. Mäletan, et kui tudeng ei saanud loengul esitatust päris hästi aru, siis võis ta selle igati selgeks saada individuaalsel konsultatsioonil. Kuna E. Möls luges väga erinevaid aineid, siis juba seetõttu oli konspekti olemasolu vajalik, kuigi selle koostamisega võis ta sattuda ka ajahätta. Kuigi loeng, nagu tavaliselt, oli kahtetunnine, tekkis siiski teisel tunnil tihti probleem selle õigeaegse lõpetamisega, sest lektor oli hoogu sattunud. Tagasihoidlikkuse kõrval oli E. Möls ka väga heatahtlik ja abivalmis ning konflikte vältiv. Ta soovis tekkinud probleeme ikka rahumeelselt lahendada. Kui hiljem Heldela Tederilt küsisin, kuidas kaks kateedrijuhatajat omavahel läbi said, siis vastus oli lühike – suhe oli ametlik, siiras ning reserveeritud. Nii mõnigi kord hoidus E. Möls K. Orvikuga vaidlemast ja laskis tal teha, nagu tema tahtis. On tõsiasi, et E. Mölsil oli suur diplomitööde juhendamise, aga ka nende retsenseerimise koormus. Tudengid esitasid tihti oma töid talle retsenseerimiseks ikka viimasel hetkel ning seetõttu jäi Möls jälle ise ajahätta, võttes aega ka öötundidest.

E. Mölsi kateedris töötanud Heldela Teder oli seltskondlik, rõõmsameelne, hea suhtleja ning alati abivalmis õppejõud.

Veel tahan meenutada 1945. aastal mineraloogia ja petrograafia kateedrisse vanemlaborandina tööle võetud Ella Uusi. Ta oli õppinud „Pallase“ kunstikoolis, oli hea joonestamis- ja masinkirjaoskusega. Temast kujunes paljudeks aastateks kateedrijuhataja E. Mölsile suur abiline, kes hoidis kateedri asjaajamise igati korras. Tema joonestusoskust kasutati ära

loengute jaoks vajalike tabelite valmistamisel. Tema masinkirjaoskusest said kasu nii mitmed üliõpilased kui aspirandid (sh. ka mina) kuni Arvo Rõõmusoks doktoritöö masinkirjutamiseni välja. Tänutundega meenutan Ella Uusi heasoovlikkust, abivalmidust ja tema loovust. Tal oli hea kontakt ka tudengitega.

E. Mölsi kateedris töötas laboritöödel hulk aastaid alati abivalmis ja heatahtlik vanemlaborant Eliise Truus. Peaaegu vaadeldava perioodi algusest peale töötas K. Orviku kateedris preparaatori või vanempreparaatorina Elisabeth Kirsimägi, kelle ülesandeks oli ka välipraktikate ajal Püssi baasis praktikast osavõtjate toitlustamine ning laboris õppejõudude abistamine nende laboritöödel. Ta oli osakonna patrioot.

Lõpuks märgiksin seda, et kõik need õppejõud, kellest käesolevas kirjutises juttu on olnud, töötasid osakonnas missioonitundega. Vaatamata sellele, et nende endi soovid ja ootused kaugeltki alati ei täitunud, andsid nad enesest kõik, et üliõpilased, keda nad õpetasid, saaksid vajaliku geoloogilise baashariduse.

Artikli toimetamisel osalesid Juho Kirs ja Tõnu Pani.

Kasutatud kirjandus

- Aaloe A. (koost.) 1995. *Eesti geoloogia. Bibliograafiline teatmik*. Tallinn, 145 lk.
- Isakar M. 2005. Geoloogia õpetamine ülikoolis aastatel 1918–1945. Rmt.: *Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi*. Tartu, lk. 44–63.
- Kurvits T. & Kirsimäe K. (koostajad). 2005. Tartu Ülikoolis geoloogia erialal kaitstud diplomitööd ja väitekirjad aastatel 1946–2005. Rmt.: *Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi*. Tartu, lk. 66–111.
- Mitt A. 1977. *Meenutusi*. Eesti Raamat, 111 lk.
- Nestor H. 1993. Akadeemik Artur Luha kui Eesti siluri uurija. Rmt.: *Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist*. IX, lk. 126–137.
- Oraspõld A. 2006. 185 aastat geoloogiaharidust Tartu Ülikoolis. *Eesti Geoloogia Seltsi Büll.* 7/06, lk. 5–10.
- Raukas A. 1989. Karl Orviku osa Eesti kvaternaargeoloogias. Rmt.: *Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist*, VII, lk. 118–129.
- Rõõmusoks A. 2005. Geoloogia õpetamisest Tartu Ülikoolis 20. sajandi teisel poolel. RMT.: *Geoloogia õpetamisest Eestis läbi kolme sajandi*, lk. 64–66.
- Tartu Riikliku Ülikooli õppe-teaduskoosseisu biobibliograafia. Nimestik 1944–1980*. Valgus, 527 lk.

- Viiding H. 1989. Akadeemik Karl Orviku – Eesti litoloogia rajaja. Rmt.: *Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist*, VII, lk. 108–117.
- Viiding H. 1993. Evald Möls kui geoloog ja pedagoog. Rmt.: *Teaduse ajaloo lehekülgi Eestis*, IX, lk. 166–176.
- Viiding H. & Palmre, H. 1993 Rakendusgeoloogilisest uurimistööst Eestis 1918 – 1946. Rmt.: *Teaduse ajaloo lehekülgi Eestis*, IX, lk. 5–21.
- Vingisaar P. 1986. Upravlenie geologii ESSP. Rmt.: *Istorija geologicheskikh nayk v Estonii*. „Valgus“, 221–279. [vene keeles]
-

Asta Oraspõld – TÜ Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi geoloogia osakonna emeriitdotsent.

JÄRELSÕNA: Aeg läbi aegade

Jaan Kaplinski

Filosoofid ja teadlased on ikka püüdnud mõista ja seletada, mis on aeg, kuid pole kindel, kas aega millegi muu kaudu üldse väljendada-kirjeldada saabki. Aeg on midagi nii primaarset ja põhilist, et iga katse seda seletada toob selle otse või varjatult sisse. Aeg on kindlasti lahutamatu muutumisest, liikumisest; kuid muutumist ja liikumist ei saa kujutleda ega väljendada, kasvõi valemite, ilma ajata.

Ajas on peidus paradokse, mida märkasid ja mille üle arutlesid nii vana-Kreeka kui vana-India filosoofid. Zenon Eleast jõudis oma mõtlemisega selleni, et kujutlus ajast ja muutumisest viib absurdini, lahendamatu probleemideni, mida ta nimetas apooriateks, tupikuteks. Tuntumad neist on Achilleuse ja kilpkonna ning noole apooriad. Kui aeg on lõputult jaotatav nagu ruumgi, ei jõua tippsportlane Achilleus kunagi kilpkonnale järele ja nool ei pääse vibult kunagi lendu. Mõlemal puhul on probleemi tuumaks tegelikult aja ning ruumi lõputu jaotatavus, üks lõpmatuse aspekte. Lõpmatus oli kreeka filosoofidele midagi tülikat ja ebameeldivat. Praktiliselt aga aitasid sellised filosoofilised arutlused võibolla jõuda infinitesimaalarvutuseeni, mille pioneer oli kindlasti kreeklane Archimedes. Zenon ja teised eleaadid (vana-Kreeka Elea koolkonna filosoofid) tahtsid oma paradoksidega-apooriatega näidata, et loogiliselt ei saa olemine olla ajaline, aeg ja olemine ei sobi kokku. Kuna olemine on midagi, milles ei saa kahelda, jääb üle vaid järeldada, et aeg on midagi illusoorset, midagi, mida tegelikult ei ole. Nii ei ole ka muutumist ja liikumist. Selline filosofoering mõjub meile veidrusena, kuid aja illusoorssusse uskusid ja usuvad nii mõnedki mõtlejad, näiteks ka XX sajandi suurmehed Einstein ja Gödel.

Vanast Kreekast leiame ka filosoofi kelle vaated, niivõrd kui me neid säilinud fragmentide järgi teame, on eleaatidele täiesti vastupidised. See on kuulus Herakleitos, kes näeb just muutumises-voolumises tõeluse kõige tähtsamat omadust. Herakleitos on öelnud, et *kõik muutub ja miski ei püsi ja pole võimalik astuda kaks korda samasse jõkke*. Igal hetkel on jõgi, nagu kõik muugi, täiesti uus.

Analoogseid mõtteid leiame islami ja juudi filosoofiast-teoloogiast, kus mõned õpetlased on väitnud, et Jumal loob maailma iga hetk uuesti. Internetist leidsin rabi Max Ariel Kohanzadi kodulehe, kus ta kirjutab:

“Maailm, universum ja kõik ja kõik pääle selle, inglite müriaadid, mõju avaldavad energiasfäärid, iga eksistentsi kiukene pulseerib olemisse ja olemisest välja.

See kõik on loodud kõige oleva olemuse poolt ja pulseerib olemisse ja olemisest välja täielikust eimiskist täiesti uhiuuenä, igal pisihetkel. Mõne

teadlase seisukoha järgi pulseerib terve universum ja kõik selles olemisse ja sellest välja 10²⁶ korda sekundis.”

Kõige põhjalikumalt on olemise ja aja vahekordi ilmselt analüüsinud buddhistlikud filosoofid alates Nāgārjunast, kes elas arvatavasti III sajandil m.a.j. ning oli *madhyamaka*, „kesktee filosoofia“ algataja. Selles filosoofias ei lepita ka ideega maailmast, mis iga hetk uuesti luuakse või tekib (Jumalal pole budismis olulist tähtsust ega kohtagi). Ka tekkimine ja kadumine nõuab ju mingit aega. Kas universum või tema osake siis ühel pisihetkel tekib, siis on olemas ja siis kaob? See nõuaks juba kolme pisihetke. Kas ühel neist on objekt siis pooleldi olemas? Ent ka pooleldi olemasolev asi vajab päriselt kadumiseks aega, millest ühel pisipisihetkel on ta veel vähem olemas jne. Nii leiame budistlikust filosoofiast väite, et „üürike objekt“ on iseenda hävimine. Hävimine ja tekkimine on siin paradoksaalselt-absurdselt üks ja seesama. Nāgārjuna on aforistlikult väitnud, et pole olemas ühtki asja, miski ei teki ega hävi. Kuid rangelt loogiliselt mõtlevatele buddhistidele oli selge, et filosoofia, kus tekkimine ja hävimine, seega eitus ja jaatus, langevad kokku, on oma paradoksaalsuses ebaloogiline. Maailm ei saa vastata ühelegi filosoofilisele teooriale, maailm on rangelt võttes seletamatu, transsendentaalne. Niisiis on maailma teooria, natuurfilosoofia, tegelikult võimatu. Siit ei järeldata aga, et mingit filosoofiat pole tarvis, vaid seda, et filosoofia võimatust ning võimetust mõistes saab inimene jõuda hoopis teistsuguse arusaamise, tunnetuse, eksistentsi juurde. Filosoofia, metafüüsika ja teadus oleksid siin esimesed astmed inimese teel selleni, mida buddhistid nimetavad nirvaanaks ja mille vaba tõlge oleks „tuulevaikus“. Nii ei suuda inimlik tarkus kuidagi ega kunagi maailma päriselt, loogiliselt laitmatu teooria abil seletada; kuid inimlik tarkus võib meile õpetada, kuidas maailmas kõige mõistlikumalt elada ja kuidas sellest maailmast, tema vaevadest ja muredest, üle saada. Nagu kristluses, on budismis põhiline ikkagi õpetus pääsemisest, lunastusest, muu on vaid selle teenistuses ja väärt niipalju, kuipalju ta meid pääsemisele ligemale aitab. Analoogiaid läänemaises filosoofias ja teoloogias on küllalt. Juudi Talmudis on öeldud, et inimesel, kes tahab teada, mis oli enne ja mis tuleb pärast, mis on üleväl ja mis all, oleks parem, kui ta oleks sündimata jäänud. Keskaja katoliikluses leiti, et filosoofia on teoloogia teenijatüdruk – *ancilla theologiae*. Islamimaailmas on umbusk filosoofia vastu veel suurem, kuigi just sääl tehti keskajal kõige suuremaid edusamme teadustes, näiteks astronoomias ja matemaatikas.

Tänapäeva astronoomia ja matemaatika saab siiski alguse vana-Kreekast ja Indiast. Indias, tänu ennekõike juba nimetatud buddhistlikule filosoofiale, võetakse kasutusse null – *zero*, mis tõenäolikult on pärit terminist *śūnya* – tühi, mis on *madhyamika* filosoofia põhitermineid.

Samamoodi spekulatsioonid buddhistid kartmatult lõpmatusest. Nii leiame Avatamsaka suutras niisuguse arutluse:

*Maailmu on nii palju kui liivateri mere ääres,
suuri ja väikesi, ümmargusi ja nurgelisi,
heledaid ja tumedaid, põliseid ja üürikeisi;
mõned seisavad paigal, mõned pöörlevad;
mõned on üksi, mõned kobaras koos;
ja igatihes nendest suurtest ja väikestest,
ümmargustest ja nurgelistest, heledatest
ja tumedatest, põlistest ja üürikestest
maailmadest on meresid ja randu
me mererannal liivateri ja igas liivateras
niipalju maailmu kui liivateri mere ääres,
suuri ja väikesi, ümmargusi ja nurgelisi;
mõnes maailmas on Buddha juba sündinud,
mõnes sündimata, mõnes elab ja õpetab ta praegu...*

Buddhistid tunnevad terminit „alguseta aeg“; ka aeg on nende kujutluses lõpmatu, alguseta ja lõputa kontiinuum. Iga universum, maailm on ajutine; ta tekib ja kaob, läbides oma tsükli, mis võib olla üürike ent ka väga pikk. Igäihele, kes on lugenud midagi uuemast kosmoloogiast, tulevad need mõtted tuttavad ette. Buddhistegi ei üllataks eriti tänapäevased spekulatsioonid multiversumist („ekspürootilisest universumist“) ja sellest, et eimiskist (tühjusest) võib tekkida miski (universum) ning siis jälle annihileeruda, kaduda. Nii on nüüdne kosmoloogia teinud mõne sammu ligemale muistsele India ja Hiina omale.

Kontrastina Indiale vältisid kreeklased nulli ja lõpmatuse mõisteid, millest muide tuleb see veider fakt, et pole olemas aastat null – aastale -1 e.m.a. järgneb kohe aasta +1 m.a.j., mis tekitab segadust aastatuhande vahetusel.

Kristlik filosoofia ja teoloogia on olnud põhiliselt Kreeka mõttetarkuse mõju all, nii ei ole ka siin aktsepteeritud kujutlust lõputa (ja alguseta) ajast. Maailmal on kristlikus nägemuses algus ja lõpp. Kujutelm teistest maailmadest, maailmade kordumisest, on kristlusele üpris võõras. Selle kajastusi kohtame küll judaismis. Talmudis kohtame arvamust, et Jumal on enne praegust loonud muid maailmu (võibolla kaheksa), ei olnud nendega aga rahul ja hävitas nad. Võime ju spekuloida, kas Jumal on rahul selle maailmaga või annihileerib ta kord sellegi. Oletatavasti siis omas ajas, mis meie omaga kokku ei lange. Judaismis (ennekõike kabalas) on püütud rehkendada Jumala loomispäevade pikkust ja saadud muidugi tulemuseks miljardeid aastaid.

Omaette lõbus fakt on see, et kui jesuiidi misjonärid XVI sajandil läksid Hiinasse, viisid nad kaasa hiinlaste omadest hoopis paremad instrumendid – kellad ja pikksilmad. Samal ajal aga oli nende jutlustatud kujutelm universumist kiriku poolt ainuüksi tunnustatud primitiivne Ptolemaiase süsteem, mida hiina haritlased, kes olid tuttavad buddhistliku ideega maailmade lõputust paljusest ja alguseta ajast, kuigi tõsiselt võtta ei saanud.

Antiikmõtlemisele pole võõras muistne ja üsna laialt (nii muistses Indias, Iraanis, ent ka Ameerikas, näiteks maiadel ja asteekidel) levinud arusaam universumi, siis ka aja, tsüklilisusest; sellest, et praegune maailm hävib, võibolla enne seda degenereerub, vananeb ja pärast tema hävimist tekib uus. Arusaam, mis teaduslikus vormis on uuesti sündinud meie aja kosmoloogias, juba nimetatud „ekspürootilise“ tulest tekkiva või tõusva universumi ideena.

Eesti keeles on ilus sõna „aegilm“, mis minu meelest hästi sobiks kreeka „aiooni“ vasteks „ajastu“ asemel. Aegilm on universum, maailm oma ajas, oma ajaga. Ühele aegilmale järgneb siis võibolla teine, neid võib olla lõputu rida. Kui universum aga on piiratud, tal on lõplik arv osakesi ja seisundeid, peab ta kunagi korduma. Lõpmatus multiversumis peab olema meie omaga täiesti sarnane, ent ka temast mõnevõrra erinev, universum. Kõik võimalik peab multiversumis, aegilmade aegilmas, ka reaalselt eksisteerima. Näiteks see sügiskool oma osavõtjatega siin. Meie aja kosmoloogias on palju poeetilist.

Tuleme tagasi aja mõiste juurde. Nagu teame, kuulutas matemaatik Herman Minkowski 1908. aastal, et sisukalt saab rääkida ainult ajast ja ruumist koos, mitte kummastki eraldi. Ometi on ajal aegruumis erilisi omadusi. Neljas dimensioon erineb ülejäänud kolmest. Võibolla oleks mõistlik mõelda sellelegi, kas sõna „aeg“ substantiivina, nimisõnana, on üldse eriti sobiv selle mõiste kirjeldamiseks, võibolla tuleks ajast rääkida verbina, tegusõnana.

Sõnas endas on peidus muistsed kujutelmad ajast. Vaatame tema vasteid meile tuttavamates keeltes:

Eesti ja lähemate sugukeelte sõna AEG on ilmselt balti laen, leedu vasteks on *eiga* – tee, käik, kulg. Selles väljendub aja linearsus ja dünaamilisus, see, et aeg liigub ja liigub ühes suunas.

Inglise *time* on vana germaani tüvi, mis omakorda pärit indoeuroopa tüvest **di-mon* – katkestama, lõikama. Mis hästi kajastab seda, et aega saab jagada üksusteks, olgu need siis aastad, päevad, tunnid, sekundid või miski muu.

Ladina *tempus* on pärit indoeuroopa tüvest **temp*, mis peaks tähendama ulatust.

Kreeka *chronos* on teadmata päritolu sõna, ilmselt laen mingist muistses Vahemeremaade keelest.

Vene *время* on tegelikult kirikuslaavi laensõna, mille indoeuroopa päritolu tüvi on seotud keerlemise, pöörlemisega (sama tüvi mis vene sõnades *вертеть*).

Leedu *laikas* ja läti *laiks* on tuletised tüvest, mis tähendab jätma, panema – leedu *likti*. Nii oleks aeg midagi ülejäänut, järelejäänut.

Neis sõnades on aja mitmed põhitunnused. Ajal on ulatus, aega saab jaotada ja aeg mingis mõttes kordub: ühele aastale järgneb teine, ühele päevale järgmine, nii ehk ka ühele aegilmale teine aegilm. Kõik need mõisted kuuluvad praktilise mõtlemise valda, nende abil suudab inimene aegilmas orienteeruda, “aega arvata”, mõõta, määrata. Aja arvamisega saavad edukalt hakkama ka muud loomad ja aeg ei ole eriline probleem füüsikule ja matemaatikule, kes metafüüsika vastu huvi ei tunne. Kuigi küsimusele “mis on aeg?” ei ole lihtne ja võibolla üldse võimalik mingit päris rahuldavat vastust anda, elame me ajas, aegilmas, aegruumis ja oleme eluga siin kohanenud.

Jaak Kaplinski (jaan.kaplinski@gmail.com) – Nisu 33–9, 50407 Tartu.

EKSKURSION: Vooremaa ja voored

Maris Rattas

Saadjärve voorestiku e. Vooremaa voolujooneliste künniste ja seljakutega ning nendevaheliste nõgudega omapärane viirgmaastik algab Pandivere kõrgustiku lõunanõlvalt Sadala–Kärde joonelt ja ulatub kagus Tartu lähistele Kõrvekülani. Vooremaa pikkus küündib loode-kagu suunas 55 kilomeetrini. Põhja pool on voorestik laiem (27 km) ja vooredki suuremad, lõuna pool kitseneb aga viie kilomeetrini. Saadjärve voorestik hõlmab 1200 km² ning koosneb ligi 120 voorest või voorjast künnisest (drumlinoididest). Pinnamoodi mitmekesistavad veel lainjas-künklikud moreentasandikud, mõhnad, oosid ja voorte lagedel-nõlvadel leiduvad sulglohud (sõllid), sh. Laiuse Siniallikas. Viirulist maastikumustrit ilmestavad voortevahelised nõod järvede ja soodega.

Saadjärve voorestik koosneb mitmesuguse kuju ja suurusega voortest, eriline on siin just suurvoorte rohkus. Hajali paiknevad laugete lagedega laiad hiidvoored (pikkuse ja laiuse suhe 3:1) annavad tooni voorestiku põhjaosas, seevastu lõunaosa voored on piklikumad, kitsamad ja järsemate nõlvadega (pikkuse ja laiuse suhe 7:1) ning paiknevad tihedamalt (Rõuk 1974). Suurvoorte pikkus küünib 13 kilomeetrini, laius 3 kilomeetrini ja kõrgus jalamist 70 meetrini (nt. Koimula, Laiuse, Kallivere, Kudina ja Saadjärve). Väikevoorte pikkus jääb valdavalt alla viie kilomeetri, laius on keskmiselt mõnisada meetrit ning kõrgus kuni paarkümmend meetrit.

Voored koosnevad Kesk- ja Ülem-Pleistotseeni liustikusetest – moreenidest ja neid üksteisest eraldavatest kohati väga paksudest liustikuveeliste setete kompleksidest. Setete kogupaksus suurte voorte kohal ulatub 60 meetrini, mattunud orgudes kuni 90 m. Väiksemates voortes ja voorjates künnistes varieerub setete paksus 10–20 m, voortevahelistes nõgudes aga 2–20 m (Rattas 2003).

Voorte vormimine võis alata umbes 14 700 aastat tagasi, mil liustikuserv asus Haanja kõrgustiku piirkonnas. Liustikuserva taga suhteliselt paksu jääkatte all voolis loode-kagu-suunaline Saadjärve jäävool Pandivere kõrgustiku taha voored. Hilisjäaaaja lõpus (13 300 aastat tagasi), kui liustiku serv oli taandunud Pandivere kõrgustikust põhja poole, kujunes Vooremaast juba veelahkmeala Peipsi ja Võrtsjärve nõgude vahel. Voortevahelistes nõgudes oli aga rohkesti väikseid külmaveelisi järvi (Rattas & Rosentau 2007).

Laiuse ordulinnus

Laiuse voorel asuv ordulinnus (joonis 1) on ehitatud tõenäoliselt 14. sajandi algul maja- või laiendatud tornlinnusena. Vanimad kirjalikud teated pärinevad aastast 1406. Hiljem on kirjutatud "Laiuse linnakrahvist" ja

varustatud külgeinpinkidega. Müürid on ehitatud maakivist ja paest, kasutatud on ka tellist (*Kultuurimälestiste riiklik register*, <http://register.muinas.ee>).

Laiuse Siniallikas ehk ilmaallikas

Laiuse Siniallikat pidasid muistsed eestlased pühaks paigaks. Rahvas uskus, et allikas annab jõudu, vihma ja põuda, põhjustab viljaikaldust või kindlustab korraliku saagi. Vihmavaesel suvel puhastati selle ümbrust, rookimiseks võeti kaasa labidas, reha, konks ja leivatükk. Sadu tulnud sedamaid. Kui kogemata allikas aga liiga lahti tehti, hakanud sadama kui oavarrest, siis tuli jälle allikasuu kinni katta. Allika vesi pidi ravima silmi ja veel mitmeid teisi tõbesid ning andma naistele ja neidudele priskust ja jumet (*Kultuurimälestiste riiklik register*, <http://register.muinas.ee>).

Siniallikas paikneb Laiuse voore lael sulglohus e. sõllis, mis on kujunenud liustiku taandumisel settesse mattunud irdjää sulamisel (joonis 1). Lehtritaoaline nõgu on küllalt järsunõlvuline (17–18°), tema läbimõõt maapinnal on ~130 m ja sügavuseks 12–13 m. Sõll on suures osas täitunud madalsooturbaga (paksus 11,6 m), mille lamamiks on ~0,7 m paksune aleuriidikiht, mis omakorda lasub moreenil. Palünooloogilise uuringu ja radiosüsiniku analüüsi andmeil arvatakse, et sõlli moodustumine toimus alates preboreaalist kuni atlantilise kliimaperioodi esimese pooleni (Pirrus jt. 1987).

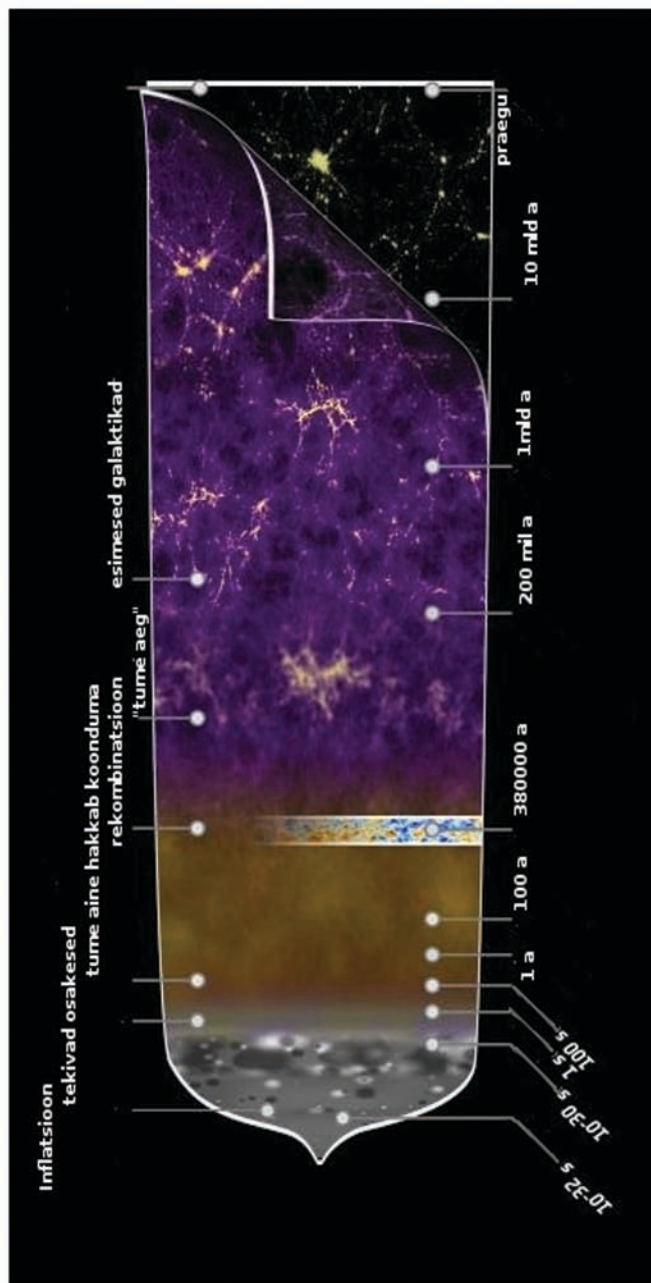
Kasutatud kirjandus

- Pirrus R., Rõuk A.-M., Koff T. 1987. Laiuse Siniallika sõlli ehitus ja areng. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. *Geoloogia* 36 (1), 1–5 (vene keeles).
- Rattas M. 2003. Vooremaa – geoloogiline fenomen. Rmt.: Puura, I., Reier, Ü. (toim.). *XXVI Eesti Loodusuurijate Päev. Vooremaa loodus*. Tartu, 8–16.
- Rattas M. & Rosentau A. 2007. Vooremaa sünd. Rmt: Saksing, A., Marvet, A. (toim.) *Vooremaa – Jääaja vabaõhumuuseum*. Eesti Loodusfoto, Tartu, 10–20.
- Rõuk, A.-M., 1974. Voorte ja voorelaadsete pinnavormide morfoloogiline vaheldusrikkus Saadjärve voorestikus. *Eesti Geograafia Seltsi Aastaraamat* 1973, 5–35.

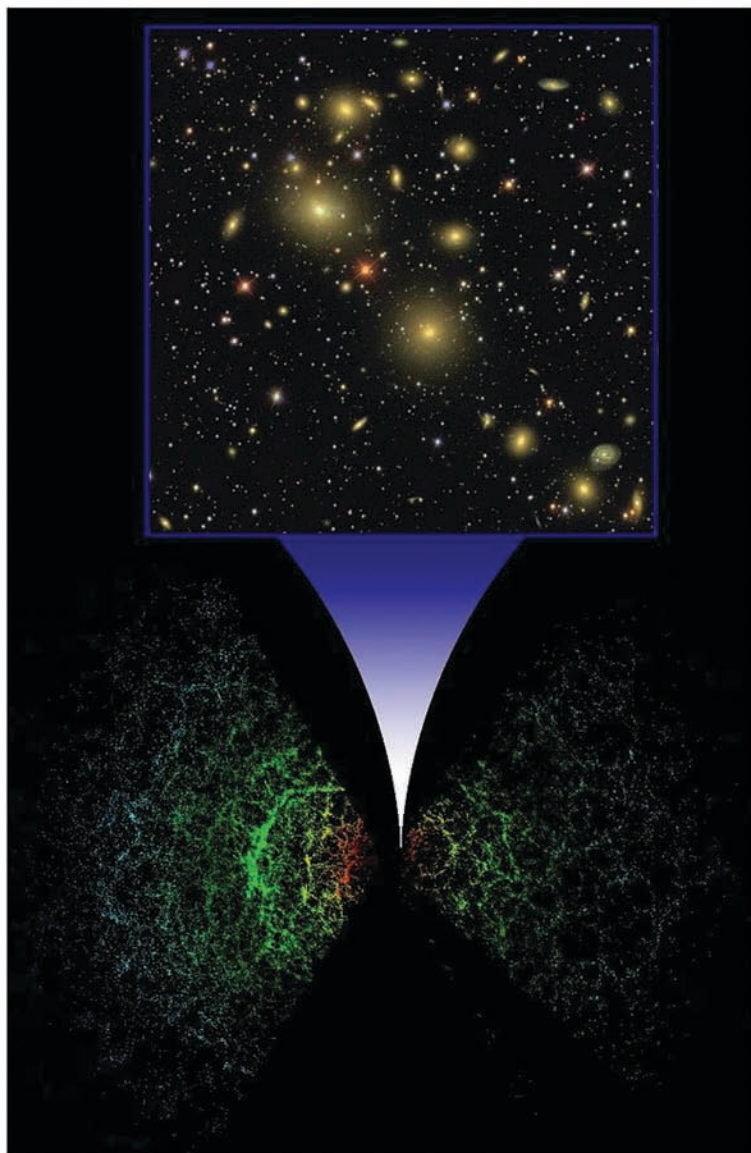
Maris Rattas (maris.rattas@ut.ee) – Taru Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi geoloogia osakond, Ravila 14a, Tartu.

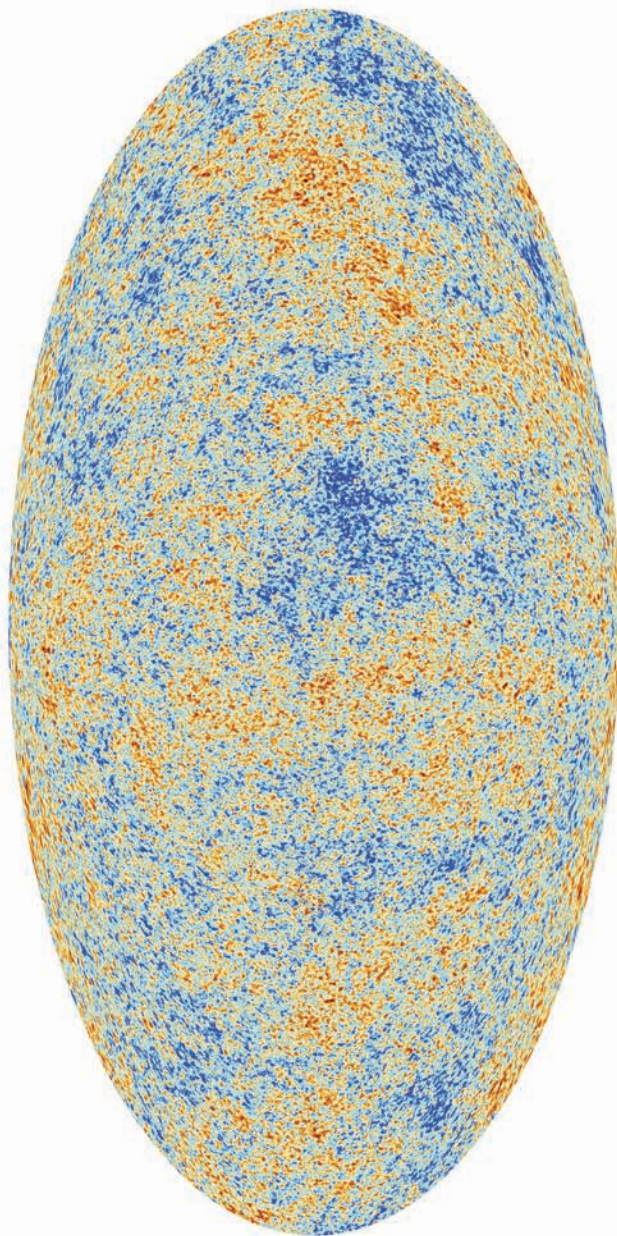
LISAD

T. Sepp *Universumi ...*



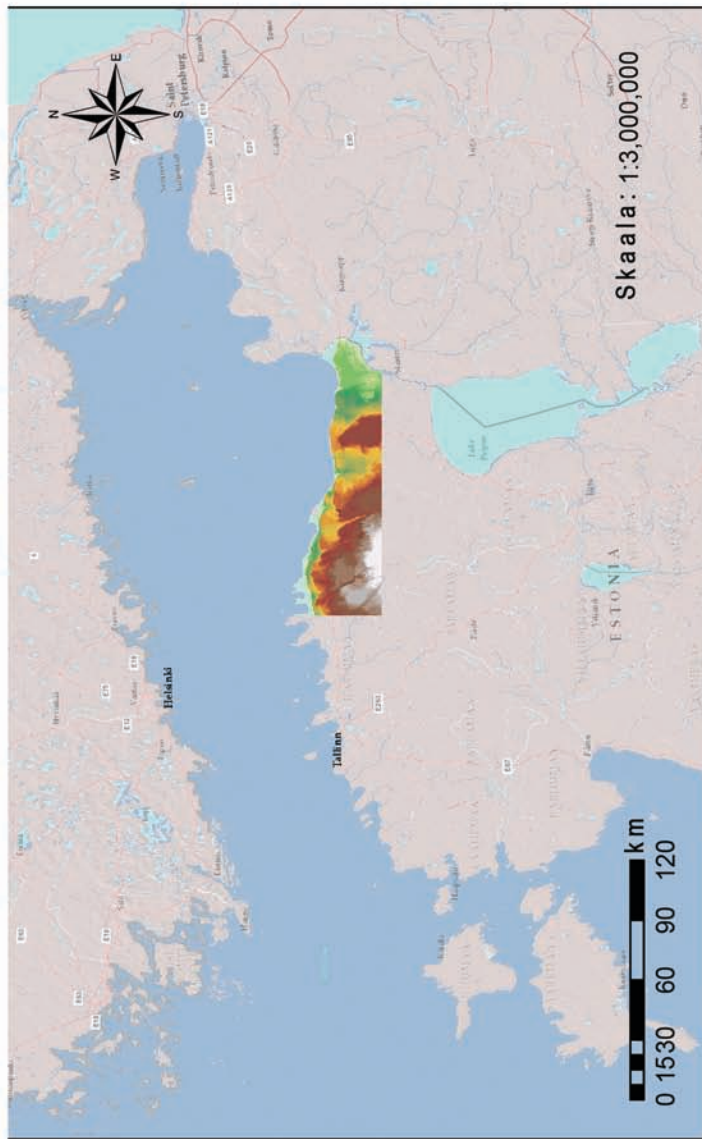
Joonis 1. Suure Pauku ajajoon. Autoriõigused: ESA, Plancki kollaboratsioon.





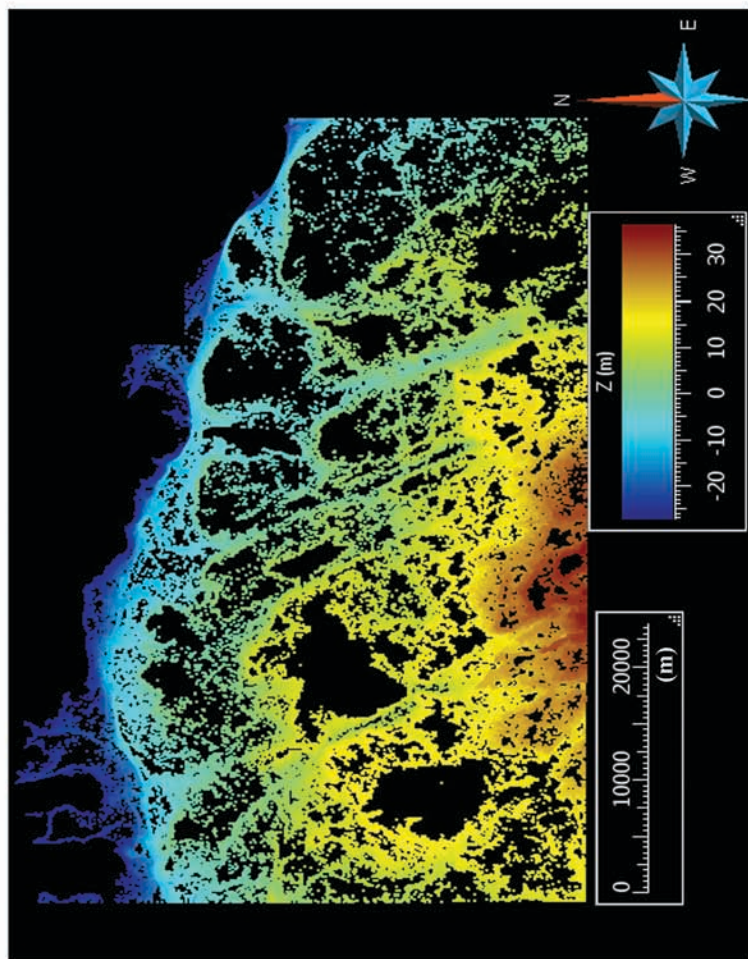
Joonis 3. Kosmiline mikrolaine taustkiirgus, mõõdetuna ESA Planck'iiga. Autoriõigused: ESA, Plancki kollaboratsioon.

S. Rautenberg ja T. Schmitz *Aluspõhjaliste settekihtide ...*



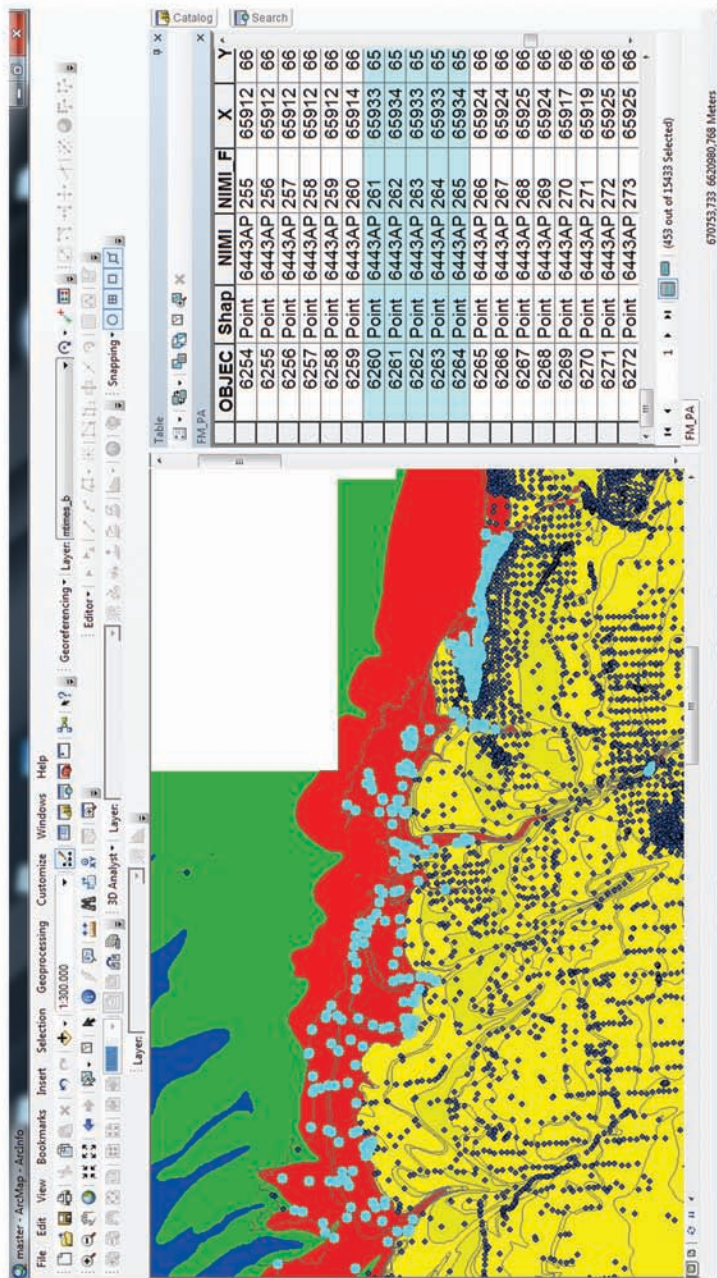
Joonis 1. Projektiala asukoht Eestis (Allikas: Microsofti kaardirakendus, topograafiline pilt <http://www.microsoft.com/maps/>).

S. Rautenberg ja T. Schmitz *Aluspõhjaliste settekihtide ...*

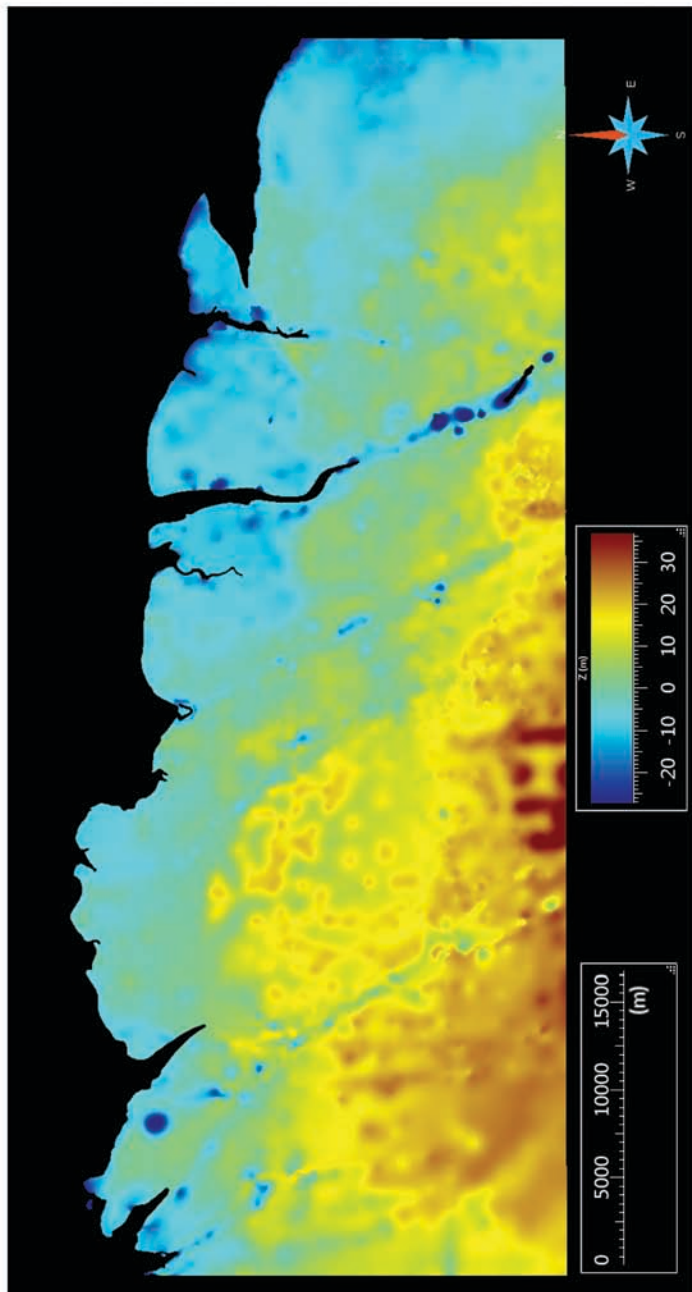


Joonis 2. Digitaalse kõrgusmudeli ekraanipilt PointSet'i ja kõrguste kaardiga.

S. Rautenberg ja T. Schmitz *Aluspõhjaliste settekihtide ...*

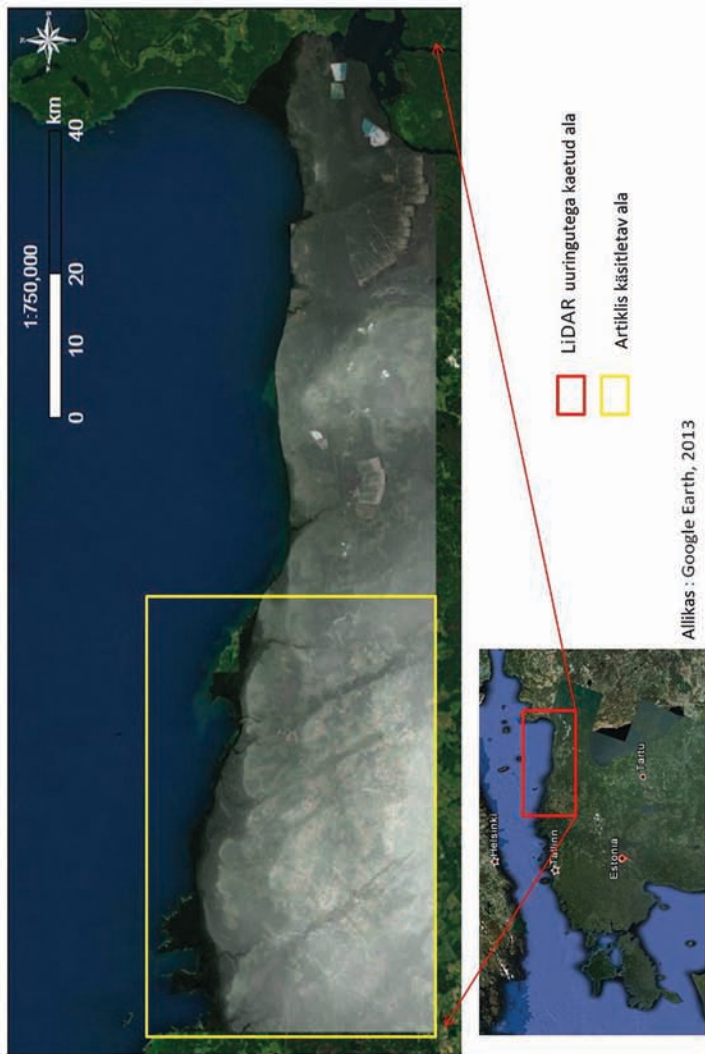


Joonis 4. Puraugud Kambriumi ladestu avamusalal (kollasega).

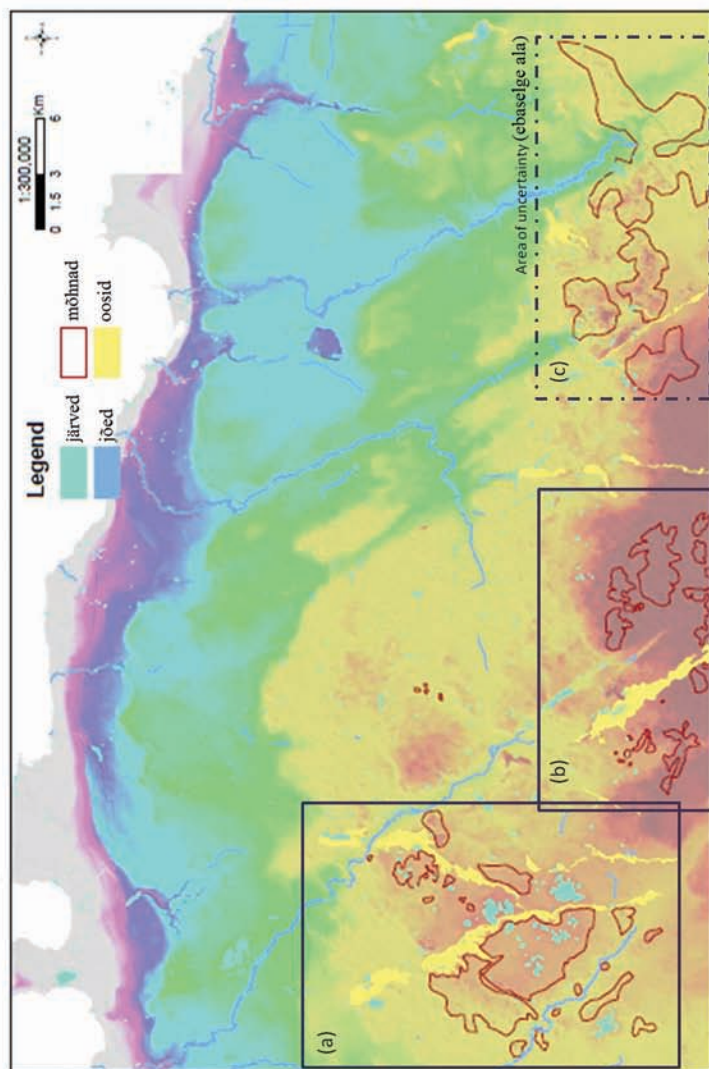


Joonis 5. Ekraanipilt Ordoviitsiumi ladestu lasuvast pinnast läänepoolsele alale ja sellega seotud z-väärtused.

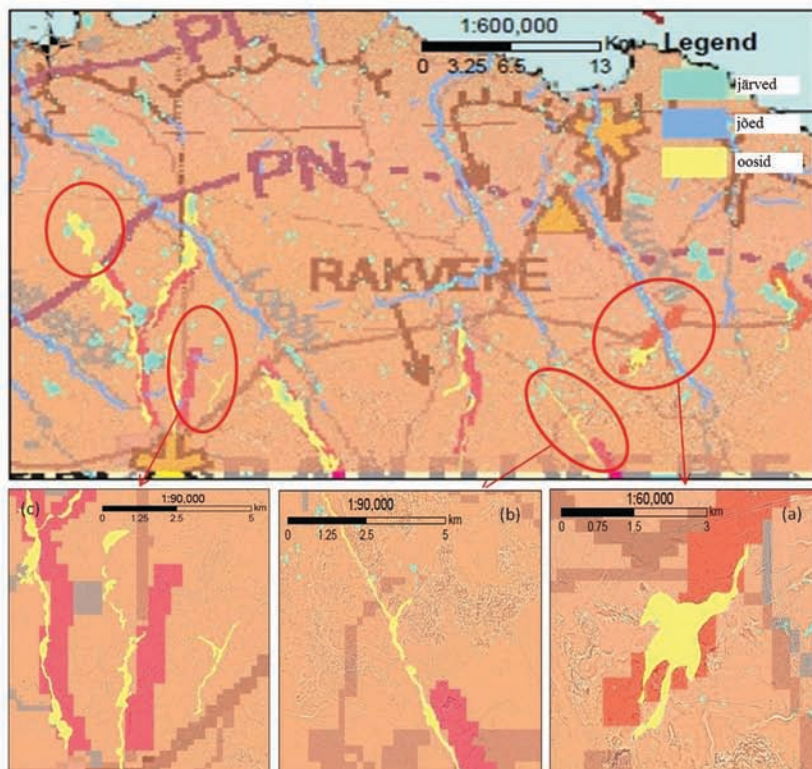
S. Gomez Glatsiaalsete pinnavormide eristamine ...



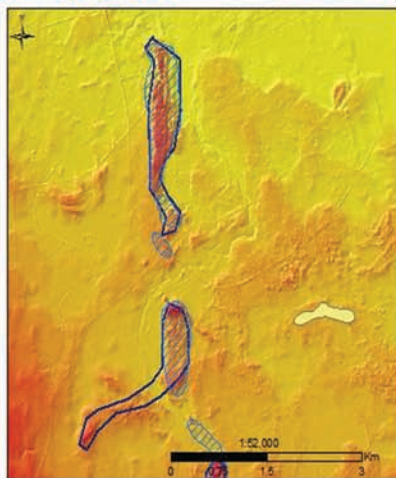
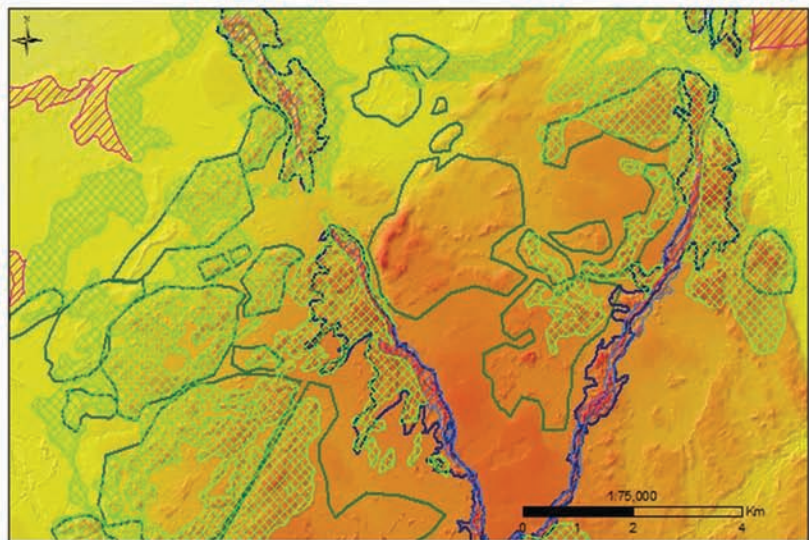
Joonis 1. Punase joonega on piiritletud kogu LiDARI uuringuala, kollase kastiga kaesolevas artiklis käsitletav ala. (Kaardi allikas: Google Earth 2013, hanke kuupäev juuni 2013).



Joonis 2. Uuringutulemuste ülevaade: oosid on märgitud kollase ja mõhnad punase piirjoonega. Mustad kastid märgivad kolme peamist piirkonda, kus tundus olevat mõhnade kogum (musta punktiriijoonega on märgitud ebaselge ala).



Joonis 3. LiDARi andmestik (osaliselt läbipaistvana) asetatuna glatsiotektoonilisele kaardile toob esile LiDARi kõrgusmudeli (oosid märgituna helekollaseks) ja glatsiotektoonilise kaardi (oosid märgituna roosa ja punasega) erinevused. Joonised (a) ja (b) näitavad ooside pikkuste erinevusi; (c) näitab väikest erinevust oosi asukohas ning oosi, mida pole kujutatud glatsiotektoonilisel kaardil. (Kaardi allikas: Rattas & Kalm 2004).



Legend

LiDAR andmestik

oosid

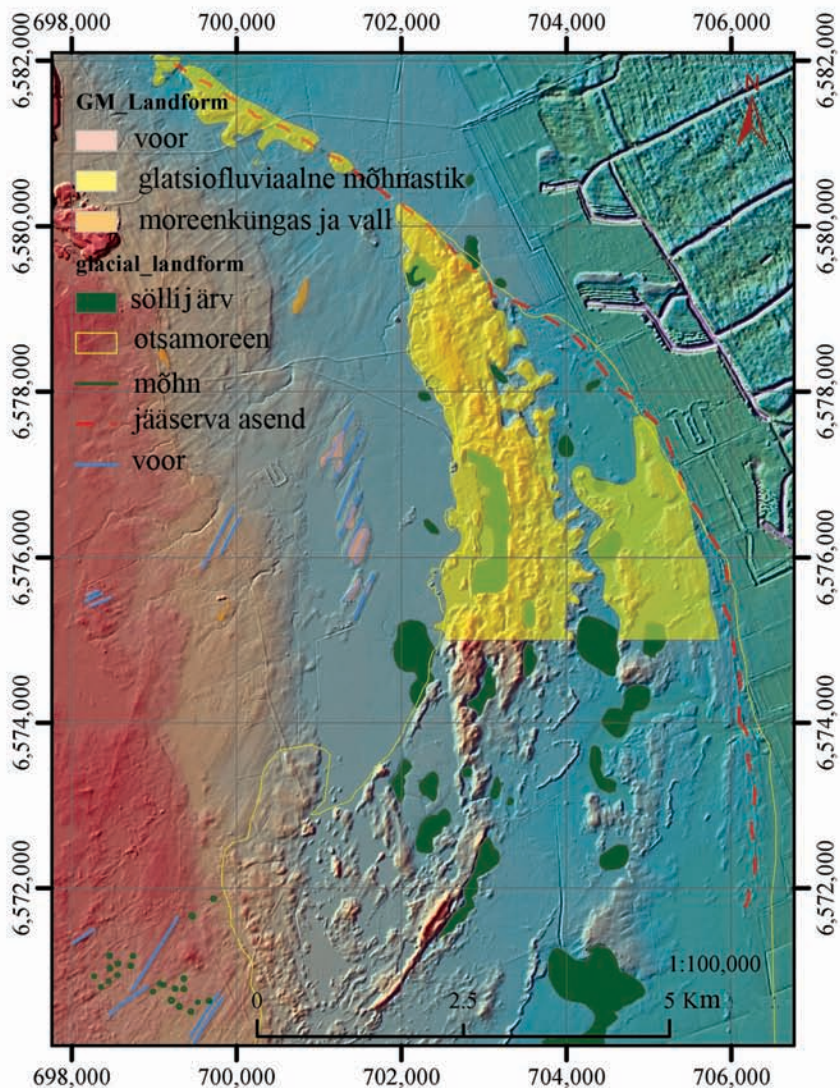
mõhnad

geoloogiline baaskaart

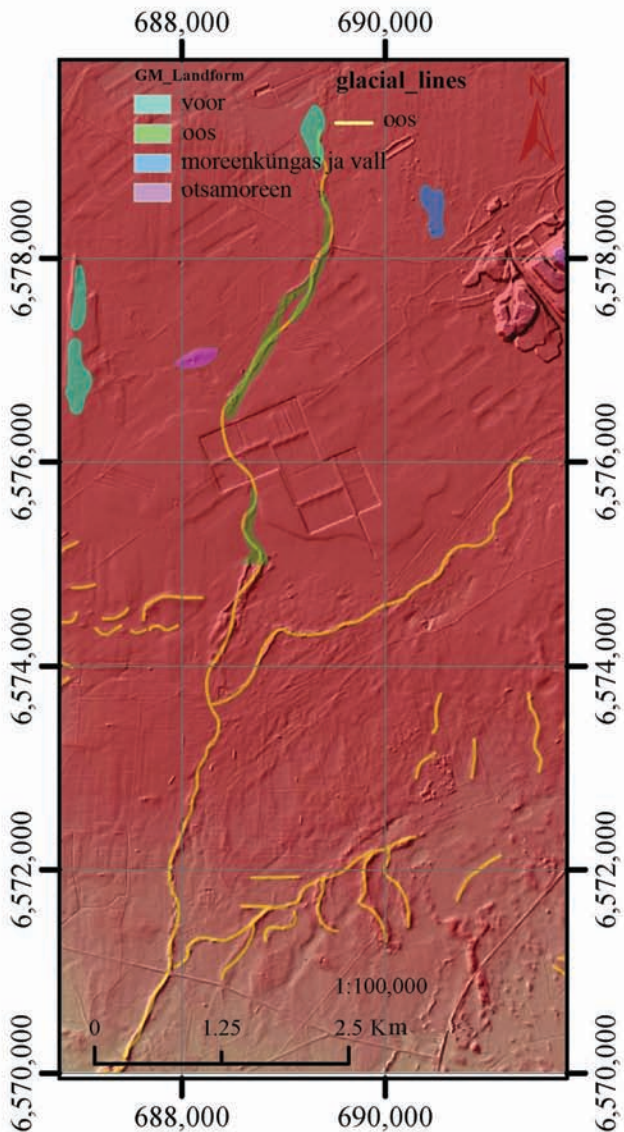
oosid

mõhnad

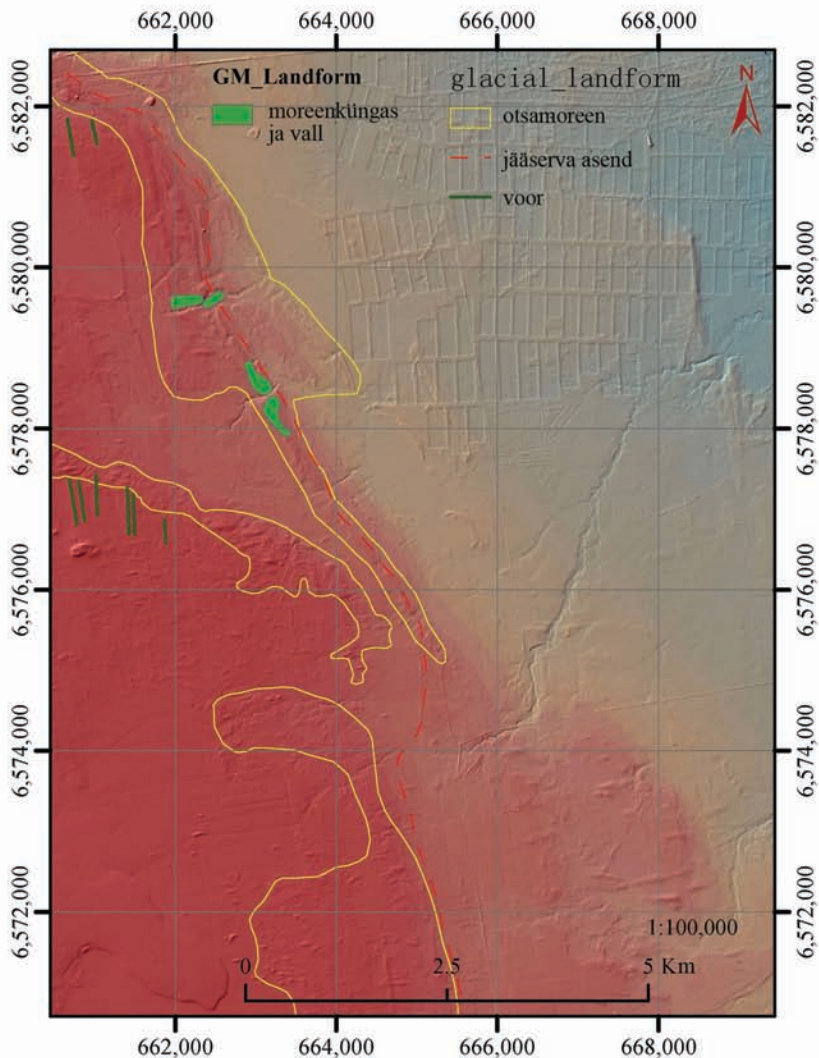
Joonis 4. Geoloogilise aluskaardi (helesinise katkendjoonega on märgitud oosid, helerohelise joonega mõhnad) ja LiDARi andmestiku (tumesinise joonega on märgitud oosid, tumerohelise-ga mõhnad) abil tuvastatud objektide võrdlus. Geoloogiline baaskaart on pärit Maa-ametist. Pildidel on näha väikseid erinevusi ooside suuruses (eriti laiuses, väiksemad erinevused on pik-kuses) ning samuti erinevusi mõhnadena tuvastatud alade suurustes ja asukohtades.



Joonis 1. Kurtna (ala 1) piirkonnas tuvastatud liustikutekkelised pinnavormid. Legend: glacial_landform – LiDARi andmestik (sh. otsamoreen, söllijärv, voor, mõhn, liustikuserva asend); GM_landform – Maa-ameti geomorfoloogilise kaardi andmestik (sh. glatsiofluviaalne möhnastik, moreenküngas ja seljandik, voor).

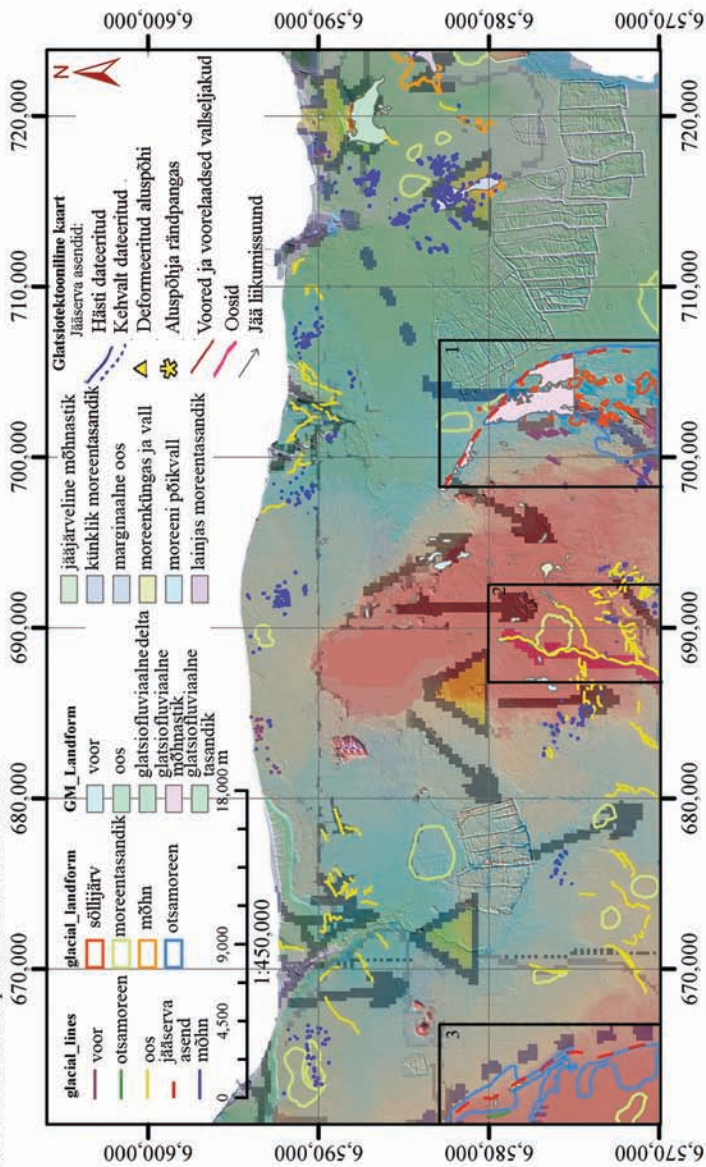


Joonis 2. Kalina (ala 2) piirkonnas tuvastatud liustikutekkelised pinnavormid. Legend: glacial_landform – LiDARi andmestik (ainult oosid); GM_landform – Maaameti geomorfoloogilise kaardi andmestik (sh. voor, oos, moreeniküngas ja seljandik, otsmoreen).



Joonis 3. Sirts (ala 3) piirkonnas tuvastatud liustikutekkelised pinnavormid. Legend: glacial_landform – LiDARi andmestik (ainult oosid); GM_landform – Maa-ameti geomorfoloogilise kaardi andmestik (sh. otsmoreen, liustikuserva asend ja voor).

S. Xu *Glatsiaalsete pinnavormide eristamine ...*



Joonis 4. Koordinoosisel on märgitud uuritud alade 1–3 asukohad; samuti LiDARi (glacial lines, glacial landform), geomorfoloogilise kaardi (GM_Landforms) ja glatsiotektoonilise kaardi andmestik. Geomorfoloogiline kaart pärineb Maa-ametilt, glatsiotektooniline kaart artiklist Rattas & Kalm (2010).

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



Esimese lennu (1950) lõpetajad ja õppejõud: istuvad (vasakult) prof. K. Orviku, A. Oraspõld, prof. A. Luha, M. Ives, dots. E. Möls., seisavad (vasakult) H. Rästa, E. Jürgenson, J. Kelpman, E. Lõokene, van. õpet. L. Orviku.

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



Raif Männil (istub), A. Oraspõld ja J. Kelpman paleontoloogia praktikumis.

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



ÜTÜ geoloogia ringi juhatus ja teaduslik juhendaja (1952). Vasakult alates: A. Rõõmusoks, A. Aaloe, U. Haldre, D. Kaljo, prof. K. Orviku, L. Sarv ja A. Loog.

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



Aspirant A. Oraspõld, prof. R. F. Hecker, dots. E. Möls ja prof. K. Orviku (1952).

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



Prof. J. D. Zaklinskaja (Moskvast) koos Eesti paltnoloogiahuviilistega geoloogია osakonnas (1954). Istuvad (vasakult): K. Veber, prof. J. D. Zaklinskaja, van. õpet. L. Orviku, H. Rästa-Kessel. Seisavad (vasakult): van. õpet. H. Teder, dots. E. Mõls, A. Aaloe, H. Kalamees-Kajak ja prof. K. Orviku.

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



Geoloogia osakonna töötajad 1956. aasta sügisel. Esimene rida (vasakult): dots. E. Mõls, dots. kt. A. Oraspõld, van. õpet. L. Orviku, van. lab. H. Kajak, van. lab. H. Eitchevald, van. õpet. H. Teder. Teine rida (vasakult) dots. Kt. H. Viiding, dots. A. Rõõmusoks, prof. K. Orviku, van. õpet. K. Kajak, R. Männil (TA GF), ass. D. Kalso, van. õpet. E. Lõokene, van. lab. K. Utsal, L. Sarv (TA GF).

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-looduskeaduskonna ...



II kursuse õppepraktika Püssi baasis (1955). Van. õpet. E. Mustjõgi juhendamas ühe rühma aruande koostamist.

A. Oraspõld TRÜ Matemaatika-loodusteaduskonna ...



II kursuse õppepraktikal Krimmis (1956). Kohtumine Leedu geoloogiatudengitega.



Pikisilmi ettekannete algust ootamas.

Foto: Liisa Lang



“Ma avaldan teile pika eluea saladuse... Tuleb olla ”Harju keskmine“!”

Foto: Giuseppe Buono



Vaatamata katastroofilisele teemale on tuju hea.

Foto: Liisa Lang



Saalitais sūgiskoolilisi pingsalt ettekandeid kuulamas.

Foto: Giuseppe Buono



Tõsised mehed, tõsistel teemadel ...

Foto: Giuseppe Buono



Mõttepaus ...

Foto: Liisa Lang



Pea sai klaariks matkaga sügisesse Koitjärve rappa.

Foto: Katrin Lasberg



Rabaromantika :-)

Foto: Katrin Lasberg



Uusi ja vanu sügiskooli kogumikke uudistamas.

Foto: Kadri Sohar



Nalja ja naeru jätkus ka korraldajatele.

Foto: Liisa Lang



Geokunst!

Foto: Kadri Sohar



Iseloomuga tegijad.

Foto: Kadri Sohari fotokogu



Nelijärve puhkekeskus.

Foto: Giuseppe Buono



Tähed ...

Foto: Giuseppe Buono



VIII geoloogia sügiskooli seltskond.

Foto: Liisa Lang