

GEOLOGIA SÜGISKOOL

SA Keskkonnainvesteeringute Keskus
Maateaduste ja Ökoloogia doktorikool
Hasartmängumaksu Nõukogu
Eesti Looduseuurijate Selts
Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia instituut
Tartu Ülikooli geoloogia osakond

Maapõuevisioon

Schola Geologica XIV

Tartu 2018

Autoriõigused: autorid, toimetajad ja Eesti Looduseuurijate Selts

Toimetajad: Oive Tinn, Karin Kungla, Kaidi Sarv, Kairi Põldsaar, Triine Nirgi

Kirjastanud Eesti Looduseuurijate Selts

Kaane illustratsioon: Kärt Paiste

Küljendus, kaane kujundus, pildilisa kujundus ja fotode autor: Sigrid Soomer

Soovitav viitamise vorm:

Kogu väljaandele:

Tinn, O., Raig, H., Põldsaar, K., Nirgi, T., (toim.) 2018. Maapõuevisioon. Schola Geologica XVI. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk.

Artiklile:

Ani.T 2018. Eesti 3D-aluspõhja mudeli loomine. Rmt.: Tinn, O., Kungla, K., Sarv, K., Põldsaar, K., Nirgi, T., (toim.) Maapõuevisioon. Schola Geologica XIV. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, lk 14-16.

Neljateistkümnenda geoloogia sügiskooli toimumist ning seotud teadusettekannete sarja “Schola Geologica” väljaandmist toetasid SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Maateaduste ja Ökoloogia doktorikool, Hasartmängumaksu Nõukogu, Eesti Looduseuurijate Selts, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia instituut, Tartu Ülikooli geoloogia osakond

ISSN 1736-3241

ISBN 978-9949-9979-2-3 (trükis)

Vision without execution is hallucination.
Thomas Edison

Buy low and sell high. It's pretty simple. The
problem is knowing what's low and what's
high.

Jim Rogers

SISUKORD

| | |
|---|----|
| Ajakava..... | 9 |
| Autorid..... | 11 |
| Eessõna..... | 12 |
| Erik Puura | |
| Eesti 3D-aluspõhja mudeli loomine | 14 |
| Tavo Ani | |
| Professoritest ja visioonidest | 17 |
| Tõnn Paiste | |
| Inimvara, kaos ja korrapära eesti maapõuevisioonis..... | 19 |
| Alvar Soesoo | |
| Maapõuenägemus AD 2018 | 26 |
| Kalle Kirsimäe | |
| E-maapõue visioon | 30 |
| Olle Hints | |
| Maapõuevisioon..... | 39 |
| Siim Veski | |
| Talsinki tunnelivisioon | 41 |
| Sten Suuroja | |
| Kes teeb, sel juhtub...: Pildikesi ehitusgeoloogide argipäevast | 44 |
| Aivo Averin | |

| | |
|---|----|
| Mõni mõte Eesti aluskorra potentsiaalid | 45 |
| Siim Nirgi | |
| Teadlaste objektiivsus – on see võimalik? | 50 |
| Andres Marandi | |
| Mida teha põlevkivituhaga? | 54 |
| Peeter Paaver | |
| Geoloogia sügiskoolide statistikat | 58 |
| Tõnn Paiste | |
| Järeisõna..... | 61 |
| Tõnn Paiste | |
| Artiklite Lisad..... | 66 |
| Meenutused XIII Sügiskoolist | 70 |
| Toetajad | 78 |

AJAKAVA

“Maapõuevisioon”

XIV geoloogia sügiskool
Kopra talu, Tuhalaane, Viljandimaa

REEDE, 12. oktoober

14.30 – Väljasõit Tallinnast, TTÜ peahoone eest (Ehitajate tee 5)

15.30 – Väljasõit Tartust, Chemicumi eest (Ravila 14a)

17.00 – Saabumine, registreerimine, tervitusamps

18.15 – Avasõna

18.30 – **Raine Pajo** Eesti Energia arenguplaanidest

19.00 – **Erik Puura** Mida teha oma elu ajal, mis moodustab olematu vahemiku geoloogilisest ajast?

19.30 – **Tavo Ani** Eesti 3D-aluspõhja mudeli loomine

20.00– Õhtusöök

21.00 – Õhtune kava

LAUPÄEV, 13. oktoober

08.00-09.00 Hommikusöök ja ärkamine

09.00 – **Kalev Kallemets** Maa aluse transpordi ja ehituse võimalustest Tallinnas

09.30 – **Alvar Soesoo** Inimvara, kaos ja korrapära Eesti Maapõuevisioonis

10.00 – **Peeter Talviste** Eraettevõtted maapõuevisioonis

10.30 – Kohvipaus

11.00 – Maapõuevisioonist professoritega (**Kirsimäe, Meidla, Hints, Veski, Soesoo**)

12.30 – Lõunasöök

13.30 – Ekskursioon põrgu, Devonit uurima

17.00 – Õhtusöök

18.00 – GeoHack (infotehnoloogilised lahendused maapõuevisioonis)

19.30 – Kohvipaus

20.00 – **Sten Suuroja** Talsinki tunnelivisioon

20.30 – **Aivo Averin** Kes teeb, sel juhtub...

21.00 – Õhtune kava

PÜHAPÄEV, 14. oktoober

08.30 – Hommikusöök ja ärkamine

09.30 – **Siim Nirgi** Mõni mõte Eesti aluskorra potentsiaalist

10.00 – **Peeter Eek** Kas praegused jäätmed on muutumas hindamatukas maavaraks?

10.30 – **Maile Polikarpus** Virumaade põhjaveemudelist

11.00 – Kohvipaus

11.30 – **Andres Marandi** Teadlaste objektiivsus – on see võimalik?

12.00 – **Peeter Paaver** Mida teha põlevkivituhaga?

12.30 – Lõppsõna, pakkimine, pildistamine, tagasiside

13.00 – Lõpulõuna

14.00 – Lahkumine Tallinnasse ja Tartusse

AUTORID

Tavo Ani – Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut;
tavo.ani@ut.ee

Aivo Averin – IPT Projektijuhtimine OÜ;
aivo@geotehnika.ee

Olle Hints – Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituut;
olle.hints@taltech.ee;

Kalle Kirsimäe – Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut;
kalle.kirsimae@ut.ee

Andres Marandi – Technische Universität Darmstadt, Eesti
Geoloogiateenistus;
andres.marandi@ut.ee

Siim Nirgi – Eesti Geoloogiateenistus;
siim.nirgi@egt.ee

Peeter Paaver – Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut;
Peeter.Paaver@gmail.com

Tõnn Paiste – Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut;
tonn@ut.ee

Erik Puura – Tartu Ülikool;
erik.puura@ut.ee

Alvar Soesoo – Eesti Geoloogiateenistus, Majandus- ja
kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia
instituut, Tartu Ülikooli Maateaduste ja ökoloogia instituut;
alvar.soesoo@egt.ee

Sten Suuroja – Eesti Geoloogiateenistus;
sten.suuroja@egt.ee

Siim Veski – Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia Instituut;
siim.veski@taltech.ee

EESSÕNA

Erik Puura

2018. aastal valiti Eesti rahvusloomaks hunt. Hunt on väga hea vastupidavusega, sitke ja äärmiselt nutikas. Hunt on ellujääja. Ta on julge oma pere ja territooriumi kaitsmisel teiste huntide eest. Hundid hindavad privaatsust - tahavad, et neid rahule jäetaks. Hundid austavad oma vanemaid ja armastavad oma peret. Hunt on karismaatiline. Need olid põhjused, miks arvati, et hunt sobib rahvusloomana Eestit ja eestlasi sümboliseerima. Üheks rahvuslooma kandidaadiks oli ka siil. Teatavasti oli siil see, kes õpetas Kalevipoega, et laudadega tuleb serviti äsada. Siil on tark taktik, ta on küll okkiline, aga ta nohiseb armsalt ja tal on hea süda. On siililegi selge, et ilmamaapõuevarade kasutamisetäinimene planeedil Maa elatud ei saa. Kuid sellele samale siilile on selge, et geoloogilises ajas täiesti tühise ajavahemiku järel tekib piir, kus üha tõusvas joones maapõuevarade ammutamine ei ole lihtsalt enam võimalik. Piiride tekkeks on mitu põhjust: inimeste arv järjest kasvab, enamus inimestest (eriti arenguriikides) tahavad tarbida järjest rohkem, ning sellele vastanduvalt maapõuevarade hulk on piiratud, globaalsed keskkonnaprobleemid on juba praegu reaalsus ja maad on vaja hoida ning kasutada ka teistel otstarvetel. Siil soovib, et inimene mõtleks ette mitte 10, mitte 50, vaid vähemalt mitusada aastat. Hunt aga on märgistanud oma territooriumi. Sõltumata sellest, kas tema kõhutäis tuleb metsast või tunneb ta salakäike riiklikusse kanafarmi, ei luba ta teisi hunte oma heaolusse sekkuda. Kuigi talle püütakse selgeks teha, et tema enda ja kõikide huntide ja siilide heaolu kasvab, kui ta osa oma territooriumist loovutab, ei saa ta aru, miks just tema peab see väljavalitu olema ning sõdib vastu. Ega muud üle ei jää, kui mutionu peab kõik karvased ja sulelised kokku kutsuma. Küll on teada, et esialgses versioonis, mis ilmus 1926. aastal ja mille autoriks oli Alide Dahlberg, lõppes pidu 17.-18. salmis tüli ja kehavigastustega: harakal ei olnud saba, jänes otsis karku

taga, kaaren paistes nokaga, põder jäigi lonkama. Seetõttu võiks maapõuevisioon piirduda kuue salmiga, nagu kaasaegses mutionu laulus. Peaasi, et siil ükskord koju jõuab, kohale tuleb ja oma tarkusega huntide seas loogikat püüab luua. Kui hunt tunneb, et ta osa oma territooriumist ilusamana ja funktsionaalsemana kui varem kunagi tagasi saab ning lisaks tema ebamugavused kompenseeritakse, küll ta on valmis ka läbi rääkima. Selleks tuleb talle näidata visionaalset pilti, mis võiks avaneda peale maapõue kasutamist, ning panna tema sissetulek pisutki sõltuma arendusprojekti edukusest. Mutionu laul lubab, et siil tuleb kohale. Vantsis uhkelt karuvana, veeres siili okaskera, jänes nudisabaga, orav kikkis kõrvaga. Joostes tuli väle põder, hiljaks jäi veel reinuvader. Aga veel kord, ka argumentatsioonis tuleb olla tark ja piiri pidada, sest algses Dahlbergi variandis läksid asjad hulluks juba 12. salmis: aeti juttu, tehti nalju, lauldi, joodi õlut palju, – uimane ju karu pea, teisedki ei piiri pea. No ja süüdlasedki teada – lätlased oma odava alkoholiga, aktsiisi ei laeku ja pea on paljudel pidevalt uimane...

EESTI 3D-ALUSPÕHJA MUDELI LOOMINE

Tavo Ani

Järgnev ei ole ehk mitte niivõrd kirjeldus tehtust või tulemuse esitamine, kui kirjeldus teekonnast Eesti 3D-aluspõhja mudeli loomise poole. Antud teema on intrigeeriv, ehk esineb võimalus viia ettekujutus Eesti aluspõhjust 2D läbilõigetest reaalsuse kolmemõõtmeliseks mudeliks. Tõdemuseni jõudmine, et mudel jääb alati vaid representatsiooniks reaalsusest, on jõudnud ka vaikselt kohale. Antud töö raames pidin õppima tundma GIS-tarkvara, töötamist andmebaasidega ja programmeerimiskeeli Python ning JAVA. Seniste töötluste aluseks on olnud Maa-ameti puursüdamike andmebaas, mis on pidevas kasvamises ning koosneb (1.10.2018 seisuga) 65 084 puuraugust ja nende 99 736 üksusekirjest. Võrdluseks, 2016. aasta 18. detsembril sisaldas nimetatud andmebaas vaid 53 479 kirjet. Kuigi andmehulk on üüratu ning detailne, siis antud andmebaasiga opereerides esineb palju probleeme. Hetkel, lahates 2016. aasta andmehulkasid, jäi pärast Kvaternaari üksuste väljafiltreerimist alles vaid 15 658 kirjet, mida oli võimalik kasutada. Projekti „Eesti maapõue kirjeldamise standardiseerimine“ raames leiti, et vaid 6 649 üksust neist on kasutamiseks piisavalt usaldusväärsed oma asukoha, üksuse ning absoluutkõrguste hinnagu poolest. Teisisõnu, näiliselt üüratust andmebaasist vaid 29% sisaldab aluspõhjakirjeid (15 658 / 53 479) ning vaid 12% andmebaasist (6 649 / 53 479) näib olevat kasutusväärne aluspõhja kirjeldamisel.

3D-aluspõhja mudeliga tegelemine sai aga uue hoo sisse 2018. aastal, kui tekkis võimalus minna Briti Geoloogiateenistusse (British Geological Survey) praktikale 3D-modelleerimise meeskonda. Kuna nende üks põhieesmärkidest on järgmise kümnendi jooksul minna täielikult üle 3D-modelleerimisele, tegelevad nad majasiseselt ka oma tarkvaraplatvormi väljatöötamisega, nende seast 3D-modelleerimiseks ning andmete ettevalmistamiseks on sobilikumaks osutunud Groundhog Desktop. Paraku selgus, et andmesisestus sellel platvormil toimub poolautomaatselt,

ehk kuigi andmed on võimalik kenasti sisse laadida, nõuab tarkvara modelleerija interpretatsiooni ning võimaldab koostada 3D-keskkonnas 2D-läbilõikeid. Seega on kogu protsess ajamahukas ning kuna tarkvara võimekus andmeid eksportida oli piiratud, tuli mul endal muutuda loovaks ning kirjutada tarkvara, mis võimaldaks nimetatud andmeid eksportida teistele tarkvaraplatvormidele loetavasse formaati. UK-s viibides selgus ka paar puudujääki aluspõhjamudeli loomisel, mis viisid mu peamise fookuse mujale. Nimelt minu sealne juhendaja Holger Kessler oli üllatunud, kui kuulis et meil puudub kaasaegne ning pädev aluspõhja reljeefi mudel, mistõttu viidi mind kokku kohaliku spetsialisti Marieta Garcia-Bajoga, kes andis vajalikud juhised selle loomiseks. Olukord oli vaid veidi parem aluskorramudeliga, kus digiteerimist vajasid Sildvee & Vaheri 1995. aasta struktuuri ja seismika andmed. Viimaseid tuli täiendada puursüdamike andmebaasis ning kirjanduses leiduvate andmepunktidega.

Viimased pingutused aluspõhja 3D-mudeli tekitamise rindel on veedetud aluspõhja reljeefi mudeli loomisega. Selle raames on digiteeritud vanu mudeleid (Tavast & Raukas, 1982), eksperimenteeritud Maa-ameti puursüdamike andmebaasi ning KAURI hüdroloogia andmebaasi andmetega, tegeletud analüüside, rastri loomiseks vajalike parameetrite sättimise, programmeerimise ning statistilise analüüsiga. Viimane mudel põhineb 34 640 puursüdamiku andmepunktil. Suurimat kimbatust tekitab aga ürgorgude kujutamine, nende esiletoomine nõuaks laiaulatuslikke geofüüsikalisi uuringuid või märksa tihedamat puurandmestikku, kui on hetkel kättesaadav. Õnneks eksisteerib andmetöötluks erinevaid võimalusi, mis võimaldavad neid morfoloogilisi vorme paremini modelleerida.

Eesti 3D-aluspõhja mudeli loomine on olnud õppeprotsess mulle endale ning on näidanud, et kuigi ajalooliselt on selleks vajalike detailidega (aluspõhja ning aluskorra reljeefi mudelid) tegeletud, siis reaalset on vaja tehtud tööde tulemusi täiendada, täpsustada ning mitmete elementide lisamine vajab veelgi suuremat pingutust. Ka on veel lahtiseid küsimusi, näiteks puudub korralik ülevaade aluspõhja rikete ulatustest ja mere all oleva aluspõhja reljeefist. Nagu kõige puhul siin ilmas, peab ühel hetkel endalt küsima, millal on detailsus piisav ning võib edasi minna tööga, millega sai kunagi alustatud.

ALLIKAD

„Puursüdamike andmebaas. Maa-amet, 2018“

<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed/Andmete-allaadimine-p501.html>

Sildvee, H., Vaher, R., 1995. Geologic structure and seismicity of Estonia. Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn. 44, 1, 15-25

Tavast, E., Raukas, A. 1982. Eesti aluspõhja reljeef. Valgus, Tallinn, 193 lk. (vene keeles)

PROFESSORITEST JA VISIOONIDEST

Tõnn Paiste

Tuleb tõdeda, et professori ameti täpsema loomuse kohta on võimalik leida üllatavalt vähe informatsiooni. Leitud kirjelduste hulgas on nii seadusloomest pärinevaid kui ka tavarahva tõekspidamisi:

Riigi Teatajast võib leida ülikooliseaduse, mille 35. paragrahv „Professuur“ ütleb lõikes 2 professori ameti kohta järgmist: „Professor on rahvusvahelisel tasemel teadus-, arendus- või muus loometegevuses aktiivselt osalev oma eriala juhtiv õppejõud, kes korraldab ja viib läbi oma ainevaldkonna õpet, juhhib teadus-, arendus- või muud loometegevust ning juhendab tulemuslikult nendesse tegevustesse kaasatud üliõpilasi, õppejõude ja teadustöötajaid.”

Vikipeediast võib lugeda, et algselt tähendas professor persooni, kes on avalik ekspert mingil kindlal elualal, või siis kõrgeima auastmega õpetajat. Lisaks õpetaja, juhendaja ning iseseisva teaduse tegija rollile, mis tihtipeale iseloomustab ka tavalisi teadlasi, on mõnedes ülikoolides välja toodud ka „täieliku professori” positsioon. See kätkeb endas kõrgeima juhtivisiku rolli instituudis, teadussuunal ja osakondades ning kannab vajadusel ka kohustusi oma asutuse eest. Võrreldes tavateadlasega on professor rohkem avaliku sektori esindaja ja teda peetakse riiklikul tasemel eksperdik.

Eesti keele seletavas sõnaraamatus on professoriameti iseloomustamiseks kasutatud näitelauset „Poiss on hajameelne nagu professor”.

UT siseveebist on võimalik teada saada, et „professor on rahvusvahelisel tasemel teadus-, arendus- ja loometegevuses aktiivselt osalev oma eriala juhtiv õppejõud, kes korraldab ja teeb õppetööd oma ainevaldkonnas, juhhib teadus-, arendus- ja loometegevust ja hoolitseb selleks vajalike vahendite olemasolu eest ning juhendab tulemuslikult nendesse tegevustesse kaasatud üliõpilasi ja akadeemilisi töötajaid. Professoril on doktorikraad või sellele vastav kvalifikatsioon ning tal

peab olema varasem töökogemus professori, dotsendi, juhtivateaduri või vanemteadurina või välisriikides neile vastaval ametikohal. Nõutav on rahvusvaheline kogemus. Lisaks on ka nõuded ja tööülesanded professoritel ära toodud protsentuaalsel jaotusel. Jaotus üldjoontes eeldab, et professor on aktiivselt tegev persoon kõikides oma suunda arendavates ja seotavates tegevustes”.

Isegi kui täpne ja ühtne arusaam on mõnevõrra puudulik, saab kokkuvõtvalt öelda, et professori ametiga seostuvad pädevus oma eralal ja juhioskus. Rääkides mingi teadussuuna visioonist, on alust eeldada, et sellel teemal võiksid kõige kindlamalt kõnelda ja arutleda just selle suuna kõige pädevamad inimesed ehk praegused professorid. Lähtudes eelnevatest definitsioonides ning perioodist, mis on kulunud teadmiste omantamisele, peaks professor olema oma eriala suurima silmaringiga töötaja. See annab võimaluse näha suuremat pilti ja olla potentsiaalselt kõige õigem isik, kes suunab teisi sama valdkonna töötajaid ja õpilasi. Samamoodi kaasneb professori positsiooniga lai tutvusringkond, mis võimaldab koostööd erinevate asutuste ja inimeste vahel. Sellest kõigest lähtuvalt oleks hea teada, milline seis valitseb hetkel Eesti geoloogias (nii õppeasutustes kui ka rakenduslikes asutustes) ja millist tulevikku praegune visioon maapõuele ennustab.

INIMVARA, KAOS JA KORRAPÄRA EESTI MAAPÕUEVISIOONIS

Alvar Soesoo

Eelmine (2017) aasta oli Eesti geoloogiale, ehk ka laiemalt maateadustele märgilise tähendusega. Esiteks, valmis sai Eesti oma, ajalooliselt esimene maapõuevisiooni dokument, mis riiklikul tasandil analüüsib hetkeseisu ja annab suuniseid maapõueuringutes ja -halduses aastani 2050. Dokument iseenesest ei anna raha uuringutele, ei õpeta välja uue põlvkonna maapõuespetsialiste ning ei puuri ega kaevanda iseenesest. Küll aga defineerib teatud suunised ja peegeldab riiklikku poliitikat kogu laias maapõuespektris. Teiseks – ehk ka kena algus poliitilisele dokumendile – võeti vastu otsus riikliku geoloogiateenistuse loomiseks. Geoloogiateenistus iseenesest ei ole Eesti maastikul teab mis uus nähtus, näiteks 20 aastat tagasi lõpetas see riikliku organisatsioonina tegevuse ning sukeldus osahinguga staatusesse. Suurim erinevus on aga see, et üle pika aja teadvustati riigi tasandil, et mitmekümne viimase aasta jooksul on maailma maapõuevaldkonnas üsna palju uut juhtunud ja nüüd oleks ka Eestil vaja kaasaegsema lähenemisega selles valdkonnas tegelema hakata. Eeskätt puudutab see uut hingamist maavarauuringutes, geoloogilise informatsiooni parima süstematiseerimise ja kättesaadavuse tagamise ning reaalses geoloogilises keskkonnaga seonduvate küsimuste lahendamist.

UUED ÜLESANDED EELDAVAD KÕRGTAASEMEL HARIDUST!

Uue geoloogiateenistuse komplekteerimisel ilmnes selgelt, et Eesti geoloogide pink on lühike ning mitmes valdkonnas, näiteks geoloogilise info organiseerimine, vähemtraditsioonilised maavarad jm, napib spetsialiste. Kahes ülikoolis väljaõpetatud geoloogid leiavad töö kas ülikoolide sees või praktilise tegevusega konsultatsioonifirmades. Väike osa geoloogidest on läinud tööle ministeeriumite või kohalike omavalitsuste juurde ning

geoloogiateenistusse. Imekspandavalt oli viimase 5 aasta jooksul OÜ Eesti Geoloogiakeskusega liitunute arv väga madal. Viimane põhjus kajastab kogu süsteemi labiilsust, mis võis osaliselt olla seotud tõsiasjaga, et enne eelmist aastat puudus riigil ka maapõuevisioon. Loomulikult ainuüksi visioon süsteemi käima ei tõmba, selleks on vaja kõigi osapoolte koordineeritud tegevust ühtse eesmärgi nimel. Oluline osa süsteemi suunamisel õigesse suunda on tagasiside ülikoolidele, seda just selles osas, milliste oskustega spetsialiste riigi uuringuorganisatsioonides ja ettevõtluses vaja läheb. Arvestades, kui palju kordi viimase 10 aasta jooksul on ülikoolid (eeskätt TTÜ aga ka TÜ) oma maateadustega seonduvaid õppekavasid ümber teinud on selge, et ülikoolid saaksid vajaduse korral hakkama ka õppetegevuse „suuremahulise ümberprofileerimisega”. See protsess aga eeldab eeskätt aktiivset ja adekvaatset tagasisidet õppesüsteemi suunas. Praeguse globaliseerumise raamistikus, sealhulgas hariduses, kerkib süsteemi komponentide ette oluline lisaülesanne – kogu infoväljas eraldada terad sõkaldest. Aga eestlased on selliste asjadega ka varem suhteliselt rahuldavalt hakkama saanud! Teadmine, et Eestil on oma maapõue osas oma tee, aitab kahtlemata kaasa. Ühiste eesmärkide seadmine, aktsepteerimine ja tegevuskava paikapaneik loovad aluse ka laialdasemaks õppereformiks ülikoolide vahel, kui seda peaks ühel hetkel vaja minema. Siinkohal on osapooltel vajalik väga selgelt aru saada, et meie maapõuevisiooni realiseerimine jätkusuutlikul viisil vajab oluliselt laiemat spetsialistide gruppi kui seda on geoloogid.

TEADUSUURINGUD VERSUS RAKENDUSUURINGUD

Kumb on muna, kumb on kana, kas teadusuuring või rakendusuurik on tähtis ühiskonnale või ülikoolile ja nii edasi – kokku üks väga vana dilemma. Meist keegi ei ole seda lõplikult lahti hammustanud ja seda küsimust ei saagi lineaarselt käsitleda ega lihtsat lahendust oodata. Maateadustes on sarnased võitlused käinud aastakümneid. Taasiseseisvumise algaastatel tehti suuri otsuseid ja ümberpaigutamisi noore riigi geoloogiamastikul, mis, nagu me praegu tahame retrospektiivis hinnata, ei olnud just kõik mitte kõige mõistlikumad. Eelmise sajandi viimane kümnend oli geoloogias ellujäämisperiood: tugevalt jagati ringi instituutide ja geoloogiateenistuse funktsioone ning oluliselt reformiti kõrgharidust. Uue sajandi alguses anti

selge eelisareng tippteadusele – ju selles vallas tegutsevate persoonide hääli oli kõvem. Maateadustega seonduvatel aladel saavutati teadustulemusi, teadusuuringute amplituud ühtis tihti maailmas moes olnud sümbolitega. Vahepeal tundus, et ilma sõnade „kliima“ või „keskkond“ kasutamata ei olnudki võimalik ühtegi teadusteemat rahastatud saada. Kahjuks see ainult nii ei tundunud, vaid tihti oligi nii! See oli periood, kus süsteem oli suuresti tasakaaluasendist väljas, interaktsioonid komponentide vahel vähenesid ning korrapäratus valitses. Kontrollitud kaos tegutses laiades piirides, kontrollimehhanismiks peamiselt sihtfinantseerimise ja ETFi toel jagatavad uuringutoetused ehk raha. Professor oli edukas läbi teaduspublikatsioonide ja mitte läbi tulutoovate rakenduste loomise. Üliõpilastele jäi mulje, et selleks, et tulevikus edukas olla, tuleb kirjutada artikleid. Aga ka tollastel aegadel ei mahtunud kõik lõpetajad ülikoolidesse. Paljud lahkusid Eestist otsima elu mõtet või ellujäämisvõimalusi. Tippteaduse mantra oli kõvahääline ja Eesti raporteeris maailmale oma saavutusi. Kas see kõik tuli rakendusuuringute arvelt, sellele ei saa ühemõtteliselt vastata. Kas rakendusuuringud olid allasurutud – seda pigem küll, ehkki see suhtumine erines ka ülikoolide vahel. Kas rakendusuuringuid (selle uuringu tähenduses), tehti veel kusagil peale ülikoolide? Vähe, väga vähe! Hetkel võime vaadelda ajas tagasi ja leida, et jah, ligi 20 aastane paus on meil tekkinud riigile olulistes maapõue rakendusuuringutes. See on ka põhjus, miks praegu on keeruline startida rahvale oluliste teemadega ja tasandada oma mahajäämust geoinfo ja maavarauuringute vallas võrreldes teiste Euroopa riikidega. Õnneks oleme nüüd üle saanud mitmete persoonide negatiivsest arvamusest rakendusuuringute suunas (à la kui sa millekski muuks enam ei kõlba hakkad rakendust tegema!). Paar aastat tagasi Tartu Ülikoolis läbiviidud uuring näitas, et loodusteadustes edukad rakendusuuringute läbiviijad on edukad ka teadusuuringutes, või oleks seda mõistlik öelda hoopis vastupidi? Igatahes, palju riigile kasulikku on jäänud vahepeal tegemata, seda eriti maapõueteaduste vallas. Paaril viimasel aastal on süsteem saavutamas mõistlikku tasakaalu rakenduse ja teaduse vahel. Ainuke kitsaskoht, mis selgelt välja paistab on inimfaktor – meil napib jätkuvalt spetsialiste ülalnimetatud valdkondades. Nüüd, kus uuringuülesanded on selgelt ka riiklikul tasandil defineeritud, peaks olema ka üliõpilastel kindlam tunne spetsialiseeruda aladele, mis esitab huvitavaid väljakutseid pikkadeks aastateks ja toob erialast tööd tehes

ka leiva lauale. Professoritel on lihtsam defineerida lõputööde teemasid, mis haakuvad meie kõigi poolt kokkulepitud visioonidega ja töötavad terve rahva hüvanguks, sealhulgas maapõueuuringute süsteemi oluliselt tugevdades.

KAS ME OLEME VALMIS OLEVIKUKS EHK KUIDAS KÄSITLEDA SOTSIAALSET SÜSTEEMI – „GEOLOOGIAHARIDUS – GEOLOOGIAUURINGUD – GEOLOOGIATEADUS”?

Maateaduste õppe, uuringute ja rakenduste vaheline side on keeruline (Joonis 1). Teiselt poolt on see nagu iga teinegi valdkond – kompleksne sotsiaalne süsteem, mida valitseb inimene ja mille suurimaks kannatajapooleks on samuti inimene juhul, kui süsteem ei käitu nii nagu meie seda tahame. Aga süsteemi saab arendada, optimeerida ja suunata. Selle süsteemi kujundamise ja haldamise tegevused saavad olla edukad vaid juhul, kui järgitakse juba ammu teada olevaid füüsikaseadusi.

Süsteemil on vabadusastmed, keerulise süsteemi omaduseks on entroopia: süsteeme iseloomustavad korratus ja korrapära ning süsteemidel on energeetilised piirid. Kuidas õpetada maateadusi nii, et lõpetavad spetsialistid viiksid edasi nii geoteaduste rakenduslikku osa kui ka fundamentaalset uuringut? Kuidas viia läbi maateaduslikke fundamentaal- ja rakendusuuringuid nii, et need kajastaks ühiskonna nõudlust ja kõik ühiskonnaliikmed tunnetaksid selle vajalikkust ning positiivselt aktsepteeriks selle tulemusi?

Entroopiat maapõuevaldkonnas võib kirjeldada kui omapead jätud süsteemi liikumist organiseerimatuse poole, mis väljendub süsteemi komponentide omavaheliste interaktsioonide olulise vähenemisena. See füüsikaseadus mängib ka praegu rolli, ehkki sajandi alguses oli Eesti geoloogiasüsteemi siiski märgatavalt kõrgema entroopiaga kui praegu. Entroopiat võib vaadelda kui sünergia täielikku kadu. Ehk teisisõnu, suurendades süsteemi komponentide vahel olevaid seoseid ja interaktsioone ning kaasates süsteemi lisaenergiat saame entroopiat vähendada (seda loomulikult vaid alasüsteemi piires). Siin võib ülikool küsida: „Kust ma seda lisaenergiat võtan?”. Tööandja halab: „... annan noorele spetsialistile tööd, aga ta ei oska neid asju, mis mul vaja on. Mis ma veel teha saan?”. Ametnik manitseb: „Ülikoolid valmistavad ette spetsialiste,

kellele vabariigis pole tööd; ei tegele rakendustega; ei huvitu sellest ja tollest...”. Kas need ei ole tuttavad olukorrad meie maastikul? Loomulikult, see on ju looduseadusteski kirjas! Sünergia aitab. Seda on vahel paganama keeruline ja energiamahukas teha, aga see viib edasi. Sünergia saab tekkida vaid teatud avatusega süsteemis, ehk süsteemi komponentidel peavad olema teatud vabadusastmed, et tekkivad ja arenevad interaktsioonid teiste komponentidega saaks suurenda! Sünergia ei saa tekkida rangelt juhitud süsteemis. Determinism on vajalik ehk kavandatava arengu suunas liikumise algfaasis, aga nagu ka siin tulevad füüsikaseadused appi ja näitavad, et keerulistes süsteemides mängib ka kaos ja iseorganiseerumine oma üliolulist osa. Füüsikalises mõistes kaos ei ole absoluutne segadus ega korrapäratus. Pigem on kaos „kontrollitud” korrapäratus, just see millel on vaba dimensioon, mis aitab süsteemil saavutada olulisi arengupunkte, mida meie surelikud ei oskaks ega saakski täpselt ette ennustada. Just selline maapõue(haridus-teadus-rakendus)süsteem on elujõuline, uute olukordadega kohanemisvõimeline ja ka energeetiliselt optimaalne. Seega eraldi kuningat Eesti geoloogiasüsteemi rangelt juhtima ei ole vaja, pigem tuleb paremini kasutada süsteemi komponentide vahel olevat sünergiat. Kui üks või teine komponent mitte mingisugust sünergiat ega seostumist teiste omasugustega ei oma, on see selge näide selle komponendi hääbumisest ehk süsteemist väljaastumisest. Läbi nõrkade lülide elimineerimise jääb süsteemi rohkem energiat arenguks.

MAATEADUSTE JA EESTI GEOLOOGIA POPULARISEERIMINE ON VÕTI REALISTLIKKU TULEVIKKU

Noorem põlvkond ei mäleta fosforiidisõda, mõned pole ehk sellest kuulnudki. Küll aga mäletavad koolist, et fosforiit on kahjulik ja ohtlik, kaevandamine on kahjulik ja rikub ära põhjavee ning põlevkivi kasutamine viib meid Euroopa mustemaks väikeriigiks. Kust siis sellised teadmised tulevad? Ilmselt ei ole fosforiidisõda Eestis veel lõppenud, naaberriigid muidugi ei tea sellest midagi, ega peagi teadma. Ometi olid eelmise sajandi 80ndad meie ajaloos olulise tähendusega hetked. Nõukogude võim pani palju raha ressursiuuringutesse, mis vahel viisid ka oluliste ressursside avastamiseni ja soovini neid kasutusele võtta. Nii oli õhkõrn oht ka Eesti kohal, et Rakvere lähedal hakatakse kaevandama fosforiiti. Kui see oleks

nii juhtunud, siis see oleks viinud Ida-Eestis võõrrahvuste arvu hüppelise kasvuni ehk domineerimiseni peremeesrahva üle. Muidugi ei saanud tollaseid kaevandus- ja rikastustehnoloogiad võrrelda tänapäevastega ning kahtlemata oleks kannatajaks olnud ka keskkond ja inimene. Sellele probleemile üldrahvusliku tähenduse andmine on sotsiaalselt õige ja aktsepteeritav. Kaevandust ei tulnud, keskkond jäi suhteliselt terveks, nüüd oleks olnud vaja maha rahuneda, emotsioonid kõrvale jätta ja kaevandamisvõimalustele teaduslik hinnang anda. Kuna seda ei tehtud, juurdus Eesti maailmapilti maavara kui õudus ja kaevandamine kui õudusunenägu. See emotsioonilis-sotsiaalne kontseptsioon alustas iseseisvat elu, külastades lapsi alates lasteaiast, domineerides koolides ja tihti jõudes läbi rahvajuttude ja ajakirjanduse kuni kaugete laanteni, kus elavad tädi Maali ja onu Kaali. Pika jutu lühike lõppsõna on see, et meie – geoloogide – ülesanne on massiivselt propageerida praegusi teadussaavutusi Eesti maapõue alal, väljendada endid teaduslikel faktidel põhinevalt ja käituda riigimehelikult. Meie maapõue ei ole vaene ja ilmselt mitmeid maavarasid saaks ka kasutusele võtta, et pikas perspektiivis meie lapsed saaksid jätkuvalt vahetada oma mobiilseid ekraane järjest paremate ja kõrgema resolutsiooniga ekraanide vastu, ja et pensionieas tädi Maalil oleks ikka leib laual. Hea populariseerimistegevus eeldab head koostööd väga erinevate indiviidide (samuti organisatsioonide) vahel, kus vahest tuleb ohvriks tuua oma isiklikud ambitsioonid, ego ja kes-teab-veel-mis!

TULEVIKUVISIOONID

On selge, et inimressurss ehk spetsialistide kapital on olulisem väärtus nii ambitsioonikate ülesannete lahendamiseks kui ka riigi toimimise tagamiseks. Kas keegi kusagil peaks juhtima ja otsustama küsimusi nagu: (1) kuidas ja kus õpetada välja Eesti geolooge, (2) kui palju geolooge on vaja, (3) kui palju geoloogiateadust ja kui palju rakenduslikku geoloogiat on riigil vaja ja nii edasi? Tihti arvatakse akadeemilise poole peal, et selline juhtimine head ei tähenda, ettevõtjad arvavad täielikult teistpidi ning noorel ülikooliastujal ei ole tihti sellistest küsimustest ei sooja ega külma. Kui me käsitleme edaspidi maapõuega seonduva valdkonna arendamist kui keerulise süsteemi arendamist toetudes füüsikaseadustele,

ongi meil lahendused olemas. Süsteemis tuleks entroopia hulk „hoida kontrolli all” tähtsustades sünergiat. Süsteemi ei tohiks muuta rangelt deterministlikuks, mis võtaks ära vajalikud vabadusastmed komponentidevahelise interaktsiooni tugevdamiseks. Üldisele riiklikule maapõuevisioonile (Maapõuepoliitika põhialused aastani 2050) lisaks on vajalik tekitada süsteemi kõikide komponentide poolt omavahel kokkulepitud põhieesmärgid ja tegevuskava. Nii lihtne see ongi, ning siis on kõigil maateaduste alal haridust alustavatel (huvilistel) noortel inimestel sära silmades ja mõistus tuleviku osas selge!

EPILOOG: Nagu üks minu hea sõber, geo-filosoof, on öelnud “kui sellest mõtiskluste jadast mitte miski edasimõtlemisele ei ärgitanud, siis on küll viimane aeg annihilleeruda!” Küsimus jäi õhku, kumb peaks niimoodi tegema ja kellega/millega koos?

MAAPÕUENÄGEMUS AD 2018

Kalle Kirsimäe

...olukord on suurepärane, kuid mitte lootusetu!

Selle, kunagisele tuntud Eesti majandusteadlasele Mihhail Bronšteinile omistatud motoga on kõik öeldud. Maa(põu) eksisteerib selle kivise planetaarkeha moodustumise algusest peale ja Maa-Kuu kaksikplaneedisüsteemi tekkimise järel on läinud tormilisemalt-vaiksemalt oma rada, sõltumata sellest, et mingil hetkel tekkis/ilmus elu, mille apogeeks end peame. Ka tulevisiooni seisukohalt on asi enam vähem selge, sest kusagil 7,5 miljardi aasta pärast haarab punase gigandina laienev Päike Maa(põue) endasse. Sealt edasi on ennustused pisut ebamäärasemad, aga üks on selge – maapõue ring saab täis. Ehk saavad seda moodustavad aatomid kunagi, vananeva universumi kiuste, kusagil ka uue võimaluse uueks maapõueks.

Elu, seejuures, on mööduv nähtus ning sellega tehakse oluliselt kiirem lõpparve. Inimestega ei vea siin kolmandal kivil päikesest arvatavasti üldse kaugemale kui lähemad 1-2 miljardit aastat. Lühinägelik arvata, et meie endi pärast. Süüdi hoopis vääramatu Päikese heleduse kasv ja laamtektoonika (täpsemalt lõpuks selle peatumine), mis sõbralikus koostöös söövad/keedavad ära suurema osa vabast veest ja kõrgema elu kui sellise.

Kõik. Niipalju siis maapõuevisioonist. Pikemas/suuremas vaates.

Säärane kiire kokkuvõte (maapõue) perspektiivist ei ole usutavasti see, mida järjekordse sügiskooli tubli meeskond ja käesoleva kogumiku lugeja ootab, aga geoloogia võlu selles seisnebki, et me tahame ja oskame vaadata ajas tagasi ning (peaksime nägema) ette, et paremini mõista seda, kus ja miks me oleme ning kuhu meil minna; tajuda ajavoo pisikestes kildudes suurt pilti (ning enese tühisust).

Tegelikult kehtib sama ka siis, kui mõtleme Eestile täna, nüüd ja praegu või püüame visualiseerida tulevikusuundumisi, mis siis, et

geoloogilise aja tähenduses vaid mõõtmisvea piires.

Kitsamas ja konkreetsemas vaates ei ole midagi suurt lisada sellele, mis kirjas (üsna) värskes Maapõuestrateegias ja näib, et lõputus arvus vanemates ja uuemates maapõuega seotud arengukavades. Ainus, mida nende strateegiate kõrvale pakkuda, on vaadata põgusalt suuremat pilti ja küsida küsimusi, millest väga kõneleda ei taheta.

Ma ei suuda hetkel mõelda mitte ühelegi Eesti maapõue rikkusele, mille kasutamine oleks ainult „eesti asi“. Ka kõige lihtsam kruus-liiv, turvas või põhjavesi on kuidagipidi seotud maailmamajandusega või vähemalt eurodirektiividega. Saati siis põlevkivisektor, mille tõususid ja languseid (ning perspektiive) ei otsustata (ammu enam) mitte aadressil Lelle 22 või isegi Lossi plats 1a, vaid maailmapoliitika tõmbetuultes. Ärgem laskem end eksitada, ka fosforiidi või magnetiit-kvartsiidi kaevandamist (täpsemalt selleni viivat algtõuget) ei otsustata ühel päeval mitte Eestis ning see pannakse või on juba pandud(?) liikuma Lorenzi elegantse „liblikaefektina“ hoopis teistes mittelineaarsetes sfäärides.

Tehnoloogilise ühiskonna lõppematu nälg üha uuemate ja hinnalisemate varade järgi on maapõuevarade kasutamisevajaduse ürgalge, mis samahästi suunab maapõue(kasutamise) nägemusi. Kummaliselt, nii läbi uute nõudmiste/vajaduste esitamise, kui ka lahenduste leidmise. Nõudluse-pakkumise (loe: maksumuse) tasakaalu nihkumine toob esile üha uusi tehnoloogilisi lahendusi, mis võimaldavad kasutada järjest vaesemaid maake, vähendada kogu maavaratsükli keskkonnamõjusid ning pakkuda võimalusi seal, kus vajadustele vastavaid materjale ei leidu. Geoloogilise maailmalõpu (siin: maavarade ammendumise) kuulutajate vastukaaluks näib „väljakutse-maksumuse“ paradigma (opportunity-cost paradigm) muutuvat üha enam domineerivaks. Igal tasandil, alates kõige suurema nõudluse kasvuga elementidest (nagu näiteks liitium) kuni kõige lihtsamate varadeni. Vaid mõned päevad tagasi liikus Eesti ajakirjandusest läbi teedeehituse „optimeeritud segude“ teema. Kuigi asjaomased ametkonnad tunduvad „masinapõletajatena“ seda juba mujal laiemalt levinud tehnoloogiat tõrjuma, siis paremate teede ehitamise nimel on möödapääsmatu selliste tehnoloogiate rakendamine ja selleks sobivate toorainete leidmine, sest kaasaegsetele nõuetele loodusliku kruusa-liiva Eestis ei ole või on raskesti kättesaadav/kaugel.

Muide, ülal nimetatud liitiumi hinna kerkimine enam kui kaks korda

viimase kahe aasta jooksul käivitas hoogsad liitiumit kandvate pegmatiitide geoloogilised uuringud näiteks ka põhjapoolsetes naaberriikides. Nii lähemas kui ka pikemas vaates võib tunduda see tühjavisatud investeeringuna, sest uued tootmisvõimsused Tšiilis toovad maksumuse järgnevatel aastatel kolinal alla ning ka nõudluse kasvamisel juba seni saavutatud tipptasemele muutub tasuvaks selle tootmine mereveest, mille varud on, lihtsalt öeldes, suured.

Kas Põhjamaade Li-pegmatiitide uuringud on raisatud raha ja kuidas see haakub Eesti maapõuenägemusega? Ei ole raisatud, juhul kui vaade nendele kivimitele on sügavam kui ainult liitium, sest Li-pegmatiitidega käivad koos teised (tehnoloogiliselt olulised) kasulikud elemendid, mille nõudlus ei olegi võib-olla täna kõige teravam, aga siis me teame, et need on seal olemas. Sama kehtib ka Eestis – ka esmapilgul kõige ebatähtsama maavara uuringutes on vaja pöörata tähelepanu kõige väiksematele detailidele/sisaldustele. Eriti siis kui kõne all on maavarad mida me täna ei kasuta (fosforiit), mille tegelikku potentsiaali me tegelikult ei tea (magnetiit-kvartsiit) või mille tasuvates varudes kahtleme (sulfiidne maagistumine).

Teine visioonide oluline aspekt on inimesed. Visiooni loovad ja viivad ellu inimesed. Kõige eelneval ei ole sisulist mõtet, kui ei ole kvalifitseeritud spetsialiste, kes saavad aru nii igapäevastest geoloogia probleemidest-rakendustest, kui oskavad näha pisikesi detaile, kuid veelgi olulisem, oskavad näha puude taga metsa. Seepärast ongi vahest kõige valulisem küsimus Eesti maapõuevisiooni kujundamisel (geoloogia-)teadmuse säilimine, kestmine ja arenemine.

Maapõu on ja jääb, aga maapõueteadmiste kestvus ei ole paraku niivõrd endastmõistetav. Kuigi Eesti geoloogiateaduse tipp (nii nagu kogu Eesti teaduse tase) pole arvatavasti olnud kunagi nii kõrgel maailmatasemel kui täna, siis selle mitmekesisus on juba läinud hääbumise teed ning kriitilise massi alalhoidmine on üha keerulisem ülesanne. Asi ei ole ainult geoloogiateaduse kestvuses vaid üldse geoloogia hariduse ja eriala jätkuvuses.

Siinkohal ei ole mõtet peatuda (retoorilisel) küsimusel, et kas Eestile on vaja geoloogiaspetsialiste ja kas geoloogiat peaks üldse Eestis õpetama...

Paraku on kurb tõdeda, et üldise loodusteaduste populaarsuse

mõõna taustal käib kahe geoloogiaharidust jagava keskuse vahel „võitlus“ nende väheste huviliste pärast ja üksteisele „ärapanemine“. Toimuv on seda valusam, et neoliberalistliku ülikooli mentaliteedi juurdumisel ülikooli(de) juhtimises on viinud olukorrani kus geoloogia (ja paistab, et ka mäenduse) õpetuse säilimise küsimus, täpsemalt rindejoon, ei jookse Haridus- ja Teadusministeeriumiga või Tartust vaadates isegi mitte konkurentsis Tallinna Tehnikaülikooliga, vaid käimas on ülikooli(de)sisene lahing. Tundub, et hetkeks on vähemalt Emajõeäärsete sammaste vahel tekkinud vastastikune mõistmine, kuid see ei lahenda suuremat probleemi ning kaugem strateegiline geoloogiaõppe kestvuse ja tõhustamise eesmärk on geoloogiahariduse dubleerimise lõpetamine, aga mitte ühe või teise õppekava sulgemisega, vaid ülikoolidevahelise ühisõppe loomisega.

Äkki on see võimalik(?), sest sellega ehk jääks kestma geoloogiaõpe, tulevad inimesed ning kestab maapõuevisioon, sest mugandades kahe suurima ülikooli tüürimise kogemusega rektori hiljutist mõtet – on inimesed, tulevad ideed ja leitakse vahendid!

E-MAAPÕUE VISIOON

Olle Hints

SISSEJUHATUSEKS

Eesti on e-riik ja meie rahvas usin e-teenuste kasutaja. Maailmas on vähe ühiskondi, kes meiega võrreldaval tasemel e-toimetavad ning Eestil on ideid ja lahendusi, mida saame jätkuvalt esile tõsta kui maailma parimaid. Kuid maailm ei püsi paigal ja meie e-eduloo jätkumiseks tuleb pingutada igas valdkonnas.

Infoajastu ei ole jätnud puudutamata ka geolooge ja maapõue temaatikat – digitaalse informatsiooni ning töövahenditega puutub enamik meist kokku igapäevaselt. Aga milline on meie maapõue digitaristu hetkeseis? Meil on mõningaid e-lahendusi, mida naabritele eeskujuks tuua, kuid ka selliseid, mille puhul on arenguruumi rohkem või mille loomist alles kavandatakse. Siinseid digimaailma arenguid pidurdab reaalne elu, kus eksisteerivad vastandlikud huvid, kus liiga sageli napib vahendeid, aega ja kompetentsi ning tuleviku osas pole piisavat selgust ega kindlust. Mida teha, et saaksime häbenemata öelda: Eestil on maailma parim maapõue-alast informatsiooni ja e-teenuseid koondav digilahendus, mille kasutajaskond hõlmab professionaale, õppureid ja huvilisi nii Eestis kui ka välismaal?

TÄNANE OLUKORD

Teave Eesti geoloogia kohta hakkas kogunema juba 19. sajandi alguses. Täna toodavad ja kasutavad maapõuealast informatsiooni Eestis kümned asutused ja organisatsioonid ning sajad, kui mitte tuhanded, inimesed. 200 aasta jooksul kogunenud informatsiooni allikateks on teadusartiklid, monograafiad ja muud trükised, uuringuaruanded, kõikvõimalikud käsikirjalised materjalid (nt välipäevikud, joonised), kaardid, plaanid ja projektid, analüütilised ja muud numbrilised andmed, mudelid, dokumendid, foto- ja filmikogud. Samuti võib maapõuealaseks

informatsiooniks lugeda geoloogilisi kollektsioone – kivimi- ja setteproove, puursüdamikke, kivistisi ja mineraale – mille metaandmed sisaldavad infot nende leiukoha, vanuse, nimede, koguja, uuringutulemuste jms kohta.

Suur osa kogu Eesti maapõuealastest teabest ei ole täna veel digitaalsel kujul kättesaadav, kuigi erinevad osapooled on juba enam kui 20 aasta vältel elektroonilisi andmebaase ja e-teenuseid arendanud. Suuremad tegijad Eesti maapõue digimaastikul on akadeemiline sektor ja riigiasutused, kuid geoloogiaga seonduvat informatsiooni loovad ja/või kasutavad pidevalt ka paljud äriettevõtted, kohalikud omavalitsused, kolmas sektor ning laiem avalikkus.

Akadeemilise sektori moodustavad ülikoolid ja muuseumid: Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituut, Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu Ülikooli loodusmuuseum ja botaanikaaed ning Eesti Loodusmuuseum. Nende asutuste põhifookuses on teadustöö ja haridustegevus ning sellega seonduvad andmed ja digilahendused. Teisisõnu, akadeemilise sektori oluliseks panuseks on Eesti maapõue kohta uue teadusliku informatsiooni tootmine, selle kasutamine ja levitamine. Teadusuuringute tulemused jõuavad publikatsioonidesse, lõputöösse või aruannetesse, muutudes tänapäeval enamasti ka elektroonselt kättesaadavaks. Teadus- ja rakendusuuringute alusandemete talletamine ja avaldamine repositooriumites on üha laiemalt leviv praktika, kuid täna on suurem osa sellisest informatsioonist siiski üksikute teadlaste või uurimiserühmade hallata ning selle pikaajaline säilimine ja laiem kasutatavus ei ole tagatud.

Akadeemilise sektori valduses on ühtlasi Eesti suurimad geoloogilised kollektsioonid, mis iseloomustavad Eesti maapõue ehitust ja arengulugu. Just kollektsioonidest sai 15 aastat tagasi alguse tihe asutustevaheline koostöö infosüsteemide arendamisel ja kasutamisel. Selle väljenduseks on mitmed ühised projektid, nt Eesti teadustaristu teekaart „Loodusteaduslikud arhiivid ja andmevõrgustik” (NATARC, <http://natarc.ut.ee>) ning äsja välja kuulutatud üle-Euroopaline ESFRI teadustaristu projekt „Distributed System of Scientific Collections” (DiSSCo, <http://dissco.eu>). NATARCI raames toimub täna geoloogilise infosüsteemi SARV arendus, mille väljundite hulka kuuluvad geokogude portaal (<http://geokogud.info>), fossiilide register (<http://fossiilid.info>), turbauuringute andmebaas ([31](http://</p></div><div data-bbox=)

turvas.geokogud.info) jt rakendused. SARV katab olulise osa geoloogilisest andmeobjektidest (muuseumisäilikud, kivimiproovid, puursüdamikud, paljandid, geoloogiline kirjandus, fotoarhiiv, analüütiline andmestik, stratigraafia jne) ning osa selle kasutajaliideseid on leidnud teadlaste, eriti paleontoloogide hulgas laia rahvusvahelise kasutajaskonna. Ülikoolide poolt on loodud ka mitmeid eraldiseisvaid geoloogilisi rakendusi, millest esiletõstmist väärrib Eesti stratotüüpide andmebaas (<https://stratotuup.ut.ee>) ning mitmed haridusliku sisuga teenused.

Riigiasutused tegutsevad lähtuvalt seaduste ja regulatsioonidega neile pandud kohustustest, pakkudes riigile maapõuealast kompetentsi, informatsiooni kogumist ja haldamist. Täna jagunevad põhirollid riikliku Geoloogiateenistuse ning Maa-ameti geoloogia osakonna vahel. Lisaks on maapõue valdkonnaga seotud ka Keskkonnaamet ja Keskkonnaagentuur (nt põhjavee ja looduskaitse küsimused) ning mitmed teised asutused, kes kõik arendavad ka geoloogilise infoga seotud e-lahendusi.

2018.aastaltaasloodud Geoloogiateenistuse üheksapõhifunktsiooniks on riiklik maapõuealane infohaldus, geoloogiline kaardistamine, aga ka puursüdamike ja muu kivimaterjali säilitamine. Kaardistamine ja seireprogrammide haldamine on tegevused, millest koguneb pidevalt ja suures mahus uut informatsiooni Eesti maapõue kohta, nii digitaalsel kui muul kujul. Geoloogiateenistus vastutab ka Geoloogiafondi eest, mis koondab suurema osa Eesti geoloogiliste rakendusuuringute andmestikust läbi aja. Geoloogiafond täieneb pidevalt ning leiab aktiivset kasutust. Alustatud on selle materjali digiteerimisega, mis peaks lähitulevikus oluliselt avardama ja lihtsustama maapõueinfo kättesaadavust.

Riiklikud maapõue andmebaasiarendused toimuvad seni peamiselt Maa-ametis, mille e-teenuste hulka kuulub geoloogilise kaardistamise andmebaas (mille üheks väljundiks on Maa-ameti geoportaali geoloogia rakendus) ning puursüdamike andmebaas (<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed-p115.html>). Ühtlasi haldab Maa-amet maardlate nimistut ja ehitusgeoloogia andmekogu ning nendega seonduvat infot. Teatav funktsioonide kattuvus ja kompetentsi killustatus Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi alla kuuluva Geoloogiateenistuse ja Keskkonnaministeeriumi haldusala Maa-ameti vahel on üheks optimaalse riikliku maapõue-alase digitegevuse takistuseks. Mõistlikum oleks tulevikus koondada inimvara, ülesanded ning vahendid

Geoloogiateenistusse, mille loomise üheks peamiseks eesmärgiks oli tsentraalse riikliku maapõuealase kompetentsikeskuse loomine.

Maapõue valdkonnas tegutsevad äriettevõtted. Uuringu- ja projekteerimisfirmad ning mäetööstuse ettevõtted toodavad nii uut teavet kui kasutavad olemasolevat informatsiooni. Osa sellest on laiemale kasutajaskonnale mõistagi suletud, kuid geoloogiliste uuringute tulemused (aruanded, algandmed, vajadusel kivimmaterjal) talletatakse Geoloogiafondis ja muutuvad seeläbi ka teistele osapooltele kasutatavaks.

Kolmanda sektori hulgast tuleb esile tõsta Eesti Geoloogia Seltsi ja Looduseuurijate Seltsi geoloogiasektsiooni, kelle algatused ja tegevused sisaldavad sageli ka geoloogilise, või geoloogiaga seonduva, teabe koondamist, haldamist ja avaldamist (geoloogilise teabe hulka võime liigitada ka Geoloogia Sügiskooli kogumikud). Mõlema seltsi egiidi all tegutsevad lisaks erialakomisjonid, nt Eesti stratigraafia komisjon ja terminoloogia komisjon, millel on samuti otsene roll maapõue-alase informatsiooni korrastamisel ja standardite loomisel.

Laiem avalikkus on eeskätt maapõuealase info tarbijad, olgu põhjuseks siis kellegi mure kodukoha maavarade pärast, huvi põhjavee omaduste vastu, või hoopis soov määrata rannast leitud kivistis. Kodanike adekvaatne informeerimine kõikvõimalikest maapõuega seotud küsimustest on kahtlemata nii riigiasutuste kui akadeemilise sektori oluline kohustus, mille täitmisest sõltub ka ühiskonna üldisem suhtumine maapõue valdkonda.

Kokkuvõtvalt võib tänase olukorra kohta märkida järgmist:

- Suur osa Eesti maapõuealasest informatsioonist ei ole veel digitaalselt kättesaadav või puuduvad tingimused selle pikaajaliseks säilimiseks.

- Digitaalne andmestik Eesti maapõue kohta on killustunud ning erinevate süsteemide ja andmeobjektide vahel puuduvad seosed. Seetõttu on keeruline luua erinevaid andmeressursse ühendavaid e-teenuseid.

- Olemasolevad digitaalsed lahendused ja kompetents on hajutatud ning asutuste ja süsteemide tehniline võimekus ebaühtlane. Üheski asutuses pole täna kriitilist massi, et luua kogu maapõue-alast informatsiooni koondav tipptasemel lahendus. Rahvusvahelises kontekstis suudame silma paista üksikute geoloogiliste rakendustega, kuid mitte E-maapõue riigina tervikuna.

E-MAAPÕU

Õnneks ei pea me eelpool kirjeldatud olukorraga leppima. Just praegu, mil mitmeid olulisi maapõue e-lahendusi hakatakse planeerima ja projekteerima, ning samas uuendatakse juba olemasolevaid infosüsteeme, on õige aeg üleriigilise visiooni kujundamiseks ning tihedamaks asutuste ja huvigruppide vaheliseks koostööks. Olgu selle visiooni ja võimaliku lahenduse nimeks käesolevas kirjutises E-maapõu, kus „E“ tähistab nii Eestit kui ka Elektroonilist. Mida E-maapõu endast kujutaks ja mida mitte? Alljärgnev loetelu ei ole kaugeltki täielik ega lõplik, kuid annab mõned vihjed.

- E-maapõu on Eesti geoloogia ja maapõuega seonduv struktureeritud digitaalne informatsioon koos seda vahendavate e-teenustega ning ühiselt kokkulepitud standarditega.

- E-maapõu on Eesti ülikoolide, muuseumite, riigiasutuste, ettevõtete ja teiste huvigruppide ühine ettevõtmine, mille kaudu rahuldada riigisiseseid infovajadusi ning viia Eesti maapõue andmed ja e-teenused maailmakaardile.

- E-maapõu katab perspektiivis kogu maapõuega seonduva informatsiooni ega sea piiranguid kitsamale erialale (paleontoloogia, litoloogia, geokeemia, geofüüsika, stratigraafia, hüdrogeoloogia, maavarade kasutus jne), geoloogilisele vanusele (aluskorra pinnakatteni) või info kogumise eesmärgile (teadustöö, rakendusuuringud, harrastusteadus). Samas ei torma E-maapõu hõlmama seda osa, mille püsivaks säilitamiseks ja/või jagamiseks/publitseerimiseks puudub soov või vajadus.

- E-maapõu ei ole monoliitne kõikehõlmav infosüsteem või tarkvarapakett, vaid paljude teenuste komplekt, milles igaühel on oma selgelt piiritletud ülesanne, vastutav asutus/organisatsioon ning võimekus teiste komponentidega standardseid liideseid kasutades suhelda.

- E-maapõu ei ole valmis lahendus ega saa valmis ühekorraga. Õigupoolest ei saa see terviklikult kunagi valmis, sest üksikuid teenuseid ja komponente saab vastavalt vajadustele ja võimalustele alati lisada, edasi arendada, välja vahetada ning liidestada.

- E-maapõue komponentide arendus ei ole piiratud kindla programmeerimiskeelega, tarkvarapaketiga vms tehnilise lahendusega,

kuid andmevahetuseks on kokku lepitud ühised standardid. E-maapõu baseerub avatud lähtekoodil, mis vähendab võimalusi lukustumiseks ühe tehnilise arendaja või tarkvara külge. Samuti suurendab avatud platvorm arenduste läbipaistvust ning võimaldab avalike vahendite optimaalset kasutamist.

- E-maapõu asub pilves, kasutades optimaalseid tehnilisi lahendusi mahuka info ja laia kasutajaskonna vajaduste rahuldamiseks. E-maapõu ja selles säilitatud informatsioon kestab vähemalt sama kaua kui Eesti riik. E-maapõue toimimise eeskujuks on X-tee ning analoogiks bioteadustes elurikkuse andmebaas PlutoF ja selle väljund eElurikkus (<http://elurikkus.ee>). E-maapõu kasutab ära Eesti eesrindlikke e-lahendusi nagu ID-kaart.

- E-maapõue teenused töötavad erinevatel seadmetel, tööjaamadest kuni nutiseadmeteni, luues juurdepääsu maapõue infole nii kontorisis, laboris kui välitöödel, vastavalt kasutaja vajadustele ja juurdepääsuõigustele. E-maapõues registreeritakse kõik andmete muutmised ning mittevahelike kirjade vaatamised. See tagab turvalisuse ning lubab jälgida süsteemi kasutamist.

- E-maapõues ei dubleerita keskseid komponente ja primaarset informatsiooni. Näiteks, Eesti maapõue puudutava kirjanduse üle peetakse arvestust ühes kohas selliselt, et ka kõik teised komponendid saavad seda kasutada.

- E-maapõue iga partnerasutus saab süsteemis olevat informatsiooni kasutada oma spetsiifilistes rakendustes ja kasutajaliidestest, et tagada optimaalne funktsionaalsus ning meelepärane kujundus. Avalikuks kasutuseks märgitud informatsiooni võivad oma e-teenustes kasutada ja kuvada kõik huvilised nii Eestis kui maailmas. E-maapõu on mitmekeelne, et rahuldada korraga nii Eesti kui välismaa kasutajaskonna vajadusi.

- E-maapõues talletatud informatsiooni kasutustingimused vastavad eelistatult Creative Commons'i vabade litsentside (CC BY ja CC BY-SA, vt <http://creativecommons.org>) ideoloogiale. Samas tagab dunaamiline kasutajaõiguste süsteem selle, et autorile ja andmete omanikule jääb alati võimalus seada juurdepääsupiiranguid lähtuvalt seadustest, ärisaladusest, pooleliolevast teadustööst vms asjaoludest.

- E-maapõu pakub teadlastele andmehaldusteenust, mis rahuldab kohustuslike andmehaldusplaanide nõudeid ja tingimusi ning kaotab

vajaduse muretsemiseks riistvara uuendamise, andmekandjate, varunduse jms pärast. Need teenused on tagatud riigi-pilve vms tehnilise lahendusega. Asjakohasel juhul saab kõik teadusandmed seostada E-maapõue teiste komponentidega ning infokildudega ning kasutada nii rakendusuuringute kui ka hariduse tarbeks, teadusest rääkimata.

- E-maapõu tuleb toime eritüübiliste andmetega, sh ka suurandmetega, ning võimaldab nende analüüsimist nii pilveteenustena kui allalaadimisel.

- E-maapõu loob kõigile andmeobjektidele unikaalsed identifikaatorid, mille kaudu saab konkreetsetele andmebaasikirjetele alati viidata ning neid omavahel siduda. Asjakohasel juhul kasutatakse rahvusvahelisi püsiidentifikaatoreid, nagu DOI koodid (Digital Object Identifier) või IGSN numbrid (International GeoSample Number) kaudu.

- E-maapõues talletatud informatsioon on võimaluse korral alati seotud ruumi, aja ja autorluse kontekstiga. See lubab hinnata informatsiooni usaldusväärsust ja täpsust ning kuvada informatsiooni kaardil ja ruumis – E-maapõue erinevaid komponente aitab üheks tervikuks kokku siduda Eesti maapõue 3D mudel. E-maapõu keskendub Eestile, kuid ei ole geograafiliselt Eestiga piiratud, ei ole takistusi mujalt maailmast pärineva asjakohase maapõueinfo talletamiseks ja avaldamiseks.

- E-maapõue funktsionaalsus toetab mitmekülgset õpetamist ülikoolides ning loodusharidust laiemalt. Selleks on E-maapõu seotud eestikeelsete terminitega ning selle baasil saab luua hariduslikke e-teenuseid, mis kasutavad nii teadusinfot ning avalikke rakendusuuringute andmeid. Samuti on E-maapõue osaks muuseumite virtuaalsed geoloogia lahendused.

MILLEST ALUSTADA?

E-maapõue erinevad aspektid hõlmavad suurt hulka tehnilisi ja sisulisi küsimusi. Maailma tipptasemele jõudmise ajalist perspektiivi tuleb mõõta aastates kui mitte kümnendites. Siiski on mitmeid potentsiaalselt ühist huvi pakkuvaid e-teenuseid, mille realiseerimisega saaks juba lähitulevikus algust teha. Mõned näited:

Ühine maapõue pildipank, mida saaks kasutada nii teaduses kui

õppetöös ja loodushariduses. Teenuse aluseks saaks võtta olemasoleva geokogude infosüsteemi rakenduse, kuhu praeguseks on TTÜ ja TÜ eestvedamisel kogunenud üle 22 tuhande geoloogiaga seonduva foto 19. sajandist tänapäevani. Rakenduse kasutajaskonda oleks lihtne laiendada täiendavate asutuste ja konkreetsete inimeste kaasamisega.

Eesti maapõue puudutav teaduskirjanduse register. Registri kaugemaks eesmärgiks on jõuda olukorrani, kus kogu Eesti geoloogiat puudutav teaduskirjandus on digitaalselt kõigile vabalt kättesaadav (loomulikult tähtsustatud kujul, et võimaldada masintõlget) ning viidatav kasutades nt DOI identifikaatoreid. Samuti on eeltöö tehtud geokogude infosüsteemiga ning teadusasutused võiksid seda tööd jätkata. Oluline on, et kirjanduse register on lingitav muu maapõue-alase infoga, nt paljandite ja stratigraafiliste terminitega.

Puursüdamike andmebaas eksisteerib täna kahes eraldi süsteemis (geokogude infosüsteem ja Maa-ameti andmebaas) ning vastavalt on jagatud ka andmed. Üsna lihtne oleks need kaks süsteemi omavahel ühendada nii, et andmete muutmine oleks tsentraalne, kuid kuvamine erinevate liideste kaudu vastavalt vajadusele, kas eraldi või kõik koos. Puursüdamike andmehalduses peaks omavahel kokku leppima Geoloogiateenistus ja TTÜ kui suurimad puursüdamike haldajad Eestis.

Korrastatud on stratigraafiliste üksuste register, mida saaksid kasutada nii olemasolevad kui tulevikus loodavad infosüsteemid. Kuna stratigraafia küsimusi koordineerib Geoloogia Seltsi juures tegutsev Eesti Stratigraafia Komisjon (<http://stratigraafia.ee>), siis oleks loogiline vastutava rolli andamine just sellele organile. Samavõrd vajalik oleks kiiremas korras käivitada geoloogiliste terminite sõnastik, mida saaks realselt igapäevases teadus-, aga eriti õppetöös kasutada. Terminite loend oleks väga oluline ka nt pildipanga fotode annoteerimisel ja hiljem otsingul. Geoloogia terminoloogiaga on seotud mitmed inimesed nii Eesti Geoloogia Seltsist kui Eesti Looduseuurijate Seltsist.

Suur osa E-maapõue andmetest on seostatav konkreetsete Eesti geoloogidega (materjali koguaja, aruande koostaja, arvamuse autor jne). Eesti Geoloogia Selts on trükisena välja andnud Eesti geoloogide biograafilise teatmiku. Selle baasil oleks lihtne luua elektrooniline Eesti geoloogide register, mida erinevad rakendused saaksid kasutada ning mille täiendamise eest võiks hea seista Geoloogia Selts.

Esmalt tuleks siiski moodustada „E-maapõue konsortsium“, mille raames saaks eri asutuste juba toimuvaid või planeeritud infosüsteemide arendusi arutada, kogemusi vahetada, ja võibolla isegi tegevusi koordineerida.

KOKKUVÕTTEKS

Tehniliselt ei ole väljapakutud E-maapõue üldises kontseptsioonis midagi väga uuendset ega erakorralist, paljud infosüsteemid toimivad sarnastel alustel. On tõsi, et Eesti maapõuealane informatsioon on killustunud, kuid ilmselt mitte rohkem kui enamikes riikides. Väiksuse ja lihtsa geoloogilise ehituse tõttu on meie erialase infokogumise (?) töö mõnevõrra lihtsam. Lisaks – üht-teist on juba olemas ka. E-maapõue visiooni põhiküsimuseks on kas „akadeemilised“ ja „riiklikud“ andmekogud ning kasutajad leiavad sobiva ühise platvormi ja koostöövormi. Ilma selleta ei ole võimalik maailma parimat maapõueinfo e-lahendust luua. Kõigi osapoolte koostöös võib see õnnestuda.

MAAPÕUEVISIOON

Siim Veski

Milleks meile maapõuevisioon? Kas meile on tarvis visiooni kui dokumenti mida järgida, või on meie eesmärgiks arutleda ühel teemal, lasta auru välja ja naasta oma tegevuste juurde teadmiselega, et seda on tehtud? Erialaspetsialistidena, mingil määral tsunftiliikmetena, on meil kindlasti oma visioon ja teadmised sellest, kuidas maapõue uurida või kasutada. Suure tõenäosusega haakuvad meie arusaamad mingil määral ka teiste erialainimeste omadega. Selle teemaga me saame hakkama, pole probleemi... Peaasi, et visiooni kallal nokitsedes ei juhtuks see, mis tavaliselt ikka juhtub – tahtsime parimat, aga välja kukkus nagu alati. Küsimus on, kas tahame muutuda ühe-teema-arutelu-grupiks või vaatame asju laiema pilguga.

Rahulolematus ja plaan. Viimasel ajal olen tähele pannud sõltumatuid rahulolematuse ilminguid mitmetel maapõuevisiooniga haakuvatel teemadel, olgu selleks siis rahulolematus teaduskorraldusega, keskkonnakorraldusega, majanduskorraldusega, üldse kogu korraldusega. Õhus on tunda revolutsioonilist situatsiooni... Igasugune korraldus eeldab esmalt visiooni ja seejärel plaani, mille järgi tegutseda. Eesti teaduskorralduse juht Andres Koppel küsib, kas ainult heast plaanist piisab, ja vastab ise, et hädaks pole mitte plaani puudumine, vaid plaanide vilets täitmine. Kaks märksõna: rahulolematus ja plaan. Millegipärast kangastub mulle üks, loodetavasti juba ajalukku jääv periood ajaloost, mil oli lihtne ja rahvuslik olla suurte plaanide vastu. Mõnes mõttes on vastandumine kogu ethnose tugisammas. See eraldab meid naabritest ja on enesemäärangu aluseks. Objektiivselt võttes on eestlased viimased 800 aastat pidevalt kellegi ja millegi vastu olnud – see on arvatavasti meie mikitaliku seenerahva geenides. Kannatame ära ja oleme vastu, trotsiga.

Vähem on parem. Elu on aga muutunud. Ootamatult oleme globaalses tõejärgses maailmas, kus mõjurid asuvad meist sõltumatult väljaspool, s.t me sõltume suuresti teiste tarkusest või lollusest. Normid on muutunud.

EV100le mõeldes oli toona elu lihtsam, korraldus käis tsunftireeglite järgi. Oli piisavalt kultuuri, erudeeritust ja ametialast viisakust. Praegugi on kõik eelnev olemas, aga selle vahega, et korraldus asub kuskil kaugel ja lähtub ebamäärastest ja vastuolulistest eesmärkidest. Ühest küljest juhib meid majandus, eelkõige ootus, et majandus kasvab. Kogu süsteem on sellele üles ehitatud. Kõike – ressursi, raha, elukvaliteeti – peab saama rohkem. Eelmise aasta müüduim automark maailmas oli Ford F, jah, see kuuemeetrine V8. Sümboliseerimaks seda, et võimaluste olemasolul ei säästeta või kui, siis vaid jutus. Tegelikult on aeg end harjutada mõttega, et vähem on parem. See ei juhtu üleöö, sellele on paljud vastu, aga kui ajapikku prioriteetid paika loksuvad, siis saab sellest uus normaalsus ja praegusele ajale tagasi vaadates tundub praegne sama uskumatu kui pime keskaeg. Kui juba sada aastat tagasi hoiatas Vernadski progressivaimustuses inimkonda noosfääriga, aga ka koos sellega saabuva võimekusega planeet hävitada, siis mõni aasta tagasi defineeriti ajakirja Nature veergudel Antropotseen. Täiesti juhuslikult on minu sünniaasta sama, mis Antropotseeni algus, ehk ma võiksin olla selle ajastu juht(sub)fossiil. Ja sellega faktiga võetud õigusega ütlen: vähem on parem. Ressursid ja energia on baasmõjurid, kõik algab nendest ja mõjutab lõppkokkuvõttes kogu ahelat. Majanduskasvul ei ole mõtet, kui puudub võimalus seda nautida omaenese, aga ka kogu ühiskonna täiuslikus aegruumis. Eesti keeles on selleks ka väga tabav ja märgiline sõna „maailm“, ühendades maa ja ilma(ruumi).

Ma ei tea kuhu tulevik viib, eesti keeles puudub ka tulevikuvorm. Üks on aga kindel, õpetajatena peaksime me edasi andma tsunftireeglid koos maa ja ilma eetikaga. Tänapäevased tudengid on juba eos keskkonnasõbralikumad (ehkki nad seda veel ei tea), samas on nad terve elu elanud heaolus ja sellega ka harjunud. Vanem generatsioon veel teab, et ka vähemaga saab hakkama, aga on selle unustanud. Subfossiilid ehk omavad julgust muutuda, tuletada meelde noorust, mil „kõik veel ilus oli“, kaasa arvatud kasinus. Noored peaksid sellest õppima ja kokku leppima uued normaalsused, visioonid ja plaanid, sest kes poleks nooruses idealist (ja suure südamega)? Delegeerime neile mõistusepärase tegutsemise.

Mis siis võiks olla sõnum? Visioon, teadmised ja plaan võivad olla, süda ja tarkus peavad olema. Peab olema veendumus sellest, millises maailmas me tahame elada. Kas kõik ikka on nii vajalik, kui meile hetkel näib?

TALSINKI TUNNELIVISIOON

Sten Suuroja

Kui Helsingit Tallinnaga ühendava tunneli idee 1992. aastal välja käidi, ei uskunud ilmselt isegi selle autorid, et juba paarikümne aasta pärast reaalse tegevusega algust tehakse.

FinEst Link projekti raames tehtud tasuvusuuringus arvatati tunneli maksumuseks 16 miljardit eurot (2017 aasta hinnatase) ning tõdeti, et praeguse finantseerimise põhimõtete ja 40% EL toetuse juures on projekt pikas perspektiivis Soomele ja Eestile sotsiaalmajanduslikult tasuv. Seejuures oli arvestatud, et kahe linna vahelise maa läbimiseks kulub reisisjal 20 minutit.

Lisaks kahe linna lähendamisele, näeb tunneliprojekti suur eestvedaja, Angry Birds arvutimänguga kuulsust ja kapitali kogunud Peter Versterbacka, et tunnel võiks olla põhjapoolne ühendustee Euroopa ja Aasia vahel. Ta kavatseb projekti kaasata võimalikult palju erakapitali, põhiliselt Hiinast. Ka Soome ja Eesti valitsused on hetkel otsustanud teha koostööd erasektoriga. Tunneliprojekti kiirest käivitamisest on eriti huvitatud Soome pool. Peter Versterbacka lubab meil juba 24. detsembril 2024 läbi tunneli rongiga Lapimaale jõuluvanale külla sõita.

Soome pool on juba alustanud reaalse tegevusega ning käivitanud keskkonnamõjude hindamise programmi, et rajada Soome vetesse suur tehisaar 15 km Helsingist lõuna pool Uppoluoto madala piirkonnas – tulevane pilvelõhkujate ala FinEst Bay Area.

Koostöös soomlastega on koostamisel edasiste geoloogiliste uuringute programm, mis tuleks läbi viia juba enne lõplikku tunnelitrassi valikut ja projekteerimistööid. Uuringuprogrammi kohaselt tuleks trassi Eesti-poolsel alal rajada vähemalt kuus 100-200 m sügavust aluskorraldusi avavat puurauku: Viimsi poolsaarel (2 puurauku), Aegnal, Tallinna ja Uusmaalal ning kümme kilomeetrit Tallinna madalast põhja pool, oletatava tektoonilise rikke piirkonnas. Selleks, et geoloogilisteks, geotehnilisteks, hüdrogeoloogilisteks ja petrofüüsikalisteks uuringuteks

vajalikku proovimaterjali nõrgalt tsementeerunud Ediacara ja Kambriumi liivakividest ning aluskorra murenemiskoorikust kätte saada, seda eriti maismaal rajatavate puuraukude puhul, on kavas kasutada tänapäevaseid puurimismeetodeid (wireline double ja triple tube drilling).

RITA-programmi raames on Ediacara liivakivide geotehniliste omaduste uuringut (seismoakustilist profileerimist) tehtud plaanitava tunneli Eesti-poolses osas. Erilist tähelepanu pöörati uuringute käigus Tallinna ja Uusmadala ning Viimsi poolsaare rannandõlvale, kui võimalikele Ediacara liivakivide avamusaladele, ja Tallinna madalast põhja poole jäävale oletatava tektoonilise rikke piirkonnale. Profileerimise tulemusel eristati tõenäoliste Ediacara liivakivide avamused neis piirkondades. Soome lahe keskosas eristuvad selged rikkevööndid kus purustustsoonid esinevad aluskorra kivimitest seljandike vahel kuni mõnesaja meetri laiuste ja paarikümne meetri paksuste viirsavidega täidetud vagumustena.

Proove, mille kohta tulemused on suuremas osas juba saadud, võeti mitmest Maardu graniidiotsingute käigus puuritud puuraugu südamikust. Kahjuks on neis puuraukudes südamiku saagis sellest intervallist väga väike (maksimaalselt kuni 10%) ja südamikuga on esindatud üksnes tugevamalt tsementeerunud kihid. Selleks, et saada parem ettekujutus nõrgalt tsementeerunud liivakivide-aleuroliidide geotehnilistest ja füüsikalismehaanilistest omadustest, kasutati võrdlusmaterjalina varasemate uuringute (Maardu pump-hüdroakumulatsiooni elektrijaama, Suur-Pakri tuumajaama ja Paldiski pump-hüdroakumulatsiooni elektrijaama) käigus Kambriumi liivakivi paljandeist ja puuraukudest võetud proovide andmeid.

Geofüüsikalisi uuringuid (karotaaži) tehti Tallinna, Viimsi poolsaare ja Maardu piirkonna puurkaevudest. Huvitavaid tulemusi andis gamma-gamma karotaaž. Ühest Tallinna puurkaevust (milles Ediacara liivakivid olid manteldamata) langesid gamma-gamma karotaaži abil tehtud tihedusmäärangud, mis jäid vahemikku 1,8-2,2 g/cm³, üsna hästi kokku analoogsete kivimite proovikehadest saadud näitajatega. Neist puuraukudest, kus need intervallid olid torudega isoleeritud, ei olnud gamma-gamma karotaaži abil tehtud tiheduse määrangud nii selgelt tõlgendatavad.

Esialgsete töödega on kontuuritud Ediacara avamus merepõhjas ning puuraukudes on mõõdetud mereala mõju Kambrium-Vendi põhjavee

kompleksile. Kindlaks on tehtud ka mõned põhjavee väljavoolu kohad merepõhjas.

Teades tunneliala läbilõikes osalevate kivimite geotehnilisi, füüsilis-mehaanilisi ja hüdrogeoloogilisi omadusi, on võimalik kavandada ka tunneli läbindamise meetodeid. Kavandatava tunneli projekti raames on toimunud esimene rahvusvaheline tunneli puurimise seminar. Võimalike lahendustena on välja pakutud erinevaid TBM (tunnel boring machine) lahendusi: hüdro- ja EPB-TBM (Earth Pressure Balance Machine) puurimist Eesti poolel settekivimite ja aluskorra kooriku läbindamiseks. Ühe- ja kahekilbilised (Double Shield TBM) TBM-id on sobilikud Soome lahe keskosale. Soome maismaa osas on sobilik ka puur-lõhkamistöodega läbindamine (Joonis 1). Ohutuse huvides aga ühekilbilist TBM-puurimist Talsinki tunneli puhul ei soovitata. Kuna piirkond on keeruliste läbindamistingimustega, peab arvestama kogu tunneli topeltvooderdamisega.

keeruliste läbindamistingimustega, peab arvestama kogu tunneli topeltvooderdamisega.

KES TEEB, SEL JUHTUB...

PILDIKESI EHTUSGEOLOOGIDE ARGIPÄEVAST

Aivo Averin

Iga geoloog, põlvepikku teisekursuslasest kuni emeritprofessorini välja, teab, et geoloogia üheks suurimaks võluks ja parimaks osaks on välitööd. Miks nii? Sest seal juhtub asju! Alati mitte tingimata prognoosituid, kuid pahatihti just selliseid, mis ses hetkes ise kohal viibides ajavad kõigil kohalviibijatel adrenaliini- ja vererõhutaseme hoobilt punasesse ning verbaalne vägisõnade võimekus kompab piire, millest endal seni täit aimugi ei olnud.

See ongi see geoloogia ilu, võlu ja valu, mida geoloogid hiljem – mõnede eriti kaalukate juhtumite puhul alles aastate pärast – sõpradega koos soojas toas külma õlleklaasi taga istudes meenutavad ja natukene ka taga nutavad. Eriti melanhoolseks muutuvad sellistel puhkudel enamasti just need, kes ise enam väga palju välitöödega kokku ei puutu.

Ehitusgeoloogidel on ses suhtes elu täitsa lill. Väga kaua aega vanu asju taga nutma ei pea, sest uued asjad pressivad peale. Olles ise sel alal viimased 13 aastat „müranud“, peamiselt väligeoloogina, on meenutada nii mõndagi. Apsudest maasiseste kommunikatsioonivõrkude kulgemise ja puurtehnika maastikuläbivuse osas kuni geoloogiliste ja (välitöö käigus kohatud inimeste) psühholoogiliste profiilide väärtõlgendusteni välja. Apsudega on juba kord nii, et vähem juhtub neid neil, kes mitte midagi ei tee. Aga kes teeb, sel juhtub!

MÕNI MÕTE EESTI ALUSKORRA POTENTSIAALIST

Siim Nirgi

Sõnal „potentsiaal“ on kaks tähendust: ühe all mõistetakse võimalikkust, millegi juhtumise tõenäosust, teine aga tähendab jõu- või arenguvaru. Käesolevas kirjatükis mõeldakse potentsiaali all eelkõige viimast definitsiooni.

Igaüks teab, et telliskivi varba peale kukutamine teeb haiget ja enam-vähem aimatakse ka, kui valus see on. Teisisõnu, osatakse hinnata kivi jõuvaru. Eelkõige seetõttu, et tuntakse gravitatsioonijõudu, mis paneb esemed Maa poole liikuma, kuid küllap on mõned ka seda kogemuslikult õppinud. Üldiselt ei olda sellisel kujul telliskivi potentsiaali kasutamisest huvitatud, sest märksa valutum ja olulisem potentsiaal peitub telliskivi kujus ja vastupidavuses, mis võimaldab sellest püsiva müüri laduda.

Eesti aluskorra potentsiaali saab samuti hinnata mitmest aspektist lähtuvalt. Üks võimalustest kasutada ära asjaolu, et maakoore osana toetab aluskord settekivimeid ja hoiab meid veepinnast kõrgemal. Niisugusest küljest vaadatuna on isegi Nauru maapõuel pärasit guanolademetete ammendumist alles oma potentsiaal – olla elamispiinaks umbes 10 000 inimesele.

Inimese jaoks hoopis olulisem aluskorra potentsiaal tuleneb aga Maa soojusenergiast, mida soovitakse ära kasutada energia tootmiseks (elekter, kütte jm). Üheks näiteks on 2018. aasta kevadel Eestile üsna lähedal Lõuna-Soomes lõpetatud pilootprojekt – 6,4 kilomeetri sügavuse puurkaevu puurimine (st1, 2018). Sellest kaevust plaanitakse läbi lõheliste graniitide vesi teise, sama sügavasse lähedalasuvasse puurkaevu pumbata. Kõrgema temperatuuriga kivimitelt kandub osa energiast suunatavale veele ning sooja vett välja pumbates tuuakse Maa siseenergia maapinnale. Kui süvakivimitest suudetakse sel moel edukalt energiat ammutada, võib projektist saada hea eeskuju, mida tulevikus Eestiski järgida.

Kõige lihtsamini mõõdetav maapõue potentsiaal on selles peituvad ressursid, mille otsimise ja kirjeldamisega on kokku puutunud sisuliselt

kiviajast. Pideva tehnoloogia arenguga on nõudlus toormaterjalidele ja sellest tulenev maapõueressursside tähtsus kasvanud, mille tulemusena kogutakse maapõue kohta informatsiooni aina sügavamalt ja suurema uuringutihedusega. Nii on aja jooksul paranenud ka ettekujutus Eesti aluskorra kivimitest.

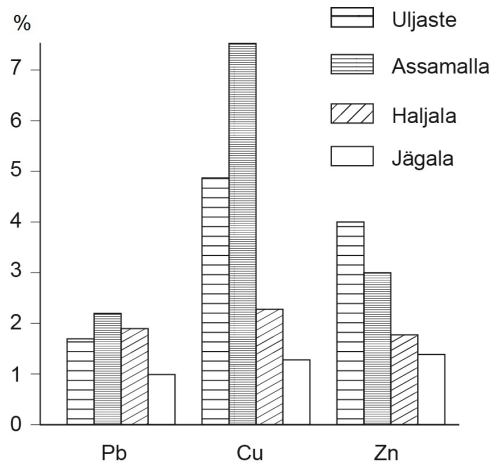
Esimesed viited Eesti aluskorra kivimite kohta pärinevad 1820. aastast, mil M. Engelhardt väitis, et Soomes levivad moondekivimid sukelduvad lõuna suunas kuni Põhja-Eesti pangani ja jätkuvad oletatavasti ka Eesti settekivimite all. 20 aastat hiljem jõudis sama järeltule E. Eichwald. Reaalseks aluskorra uurimise alguseks Eestis võib lugeda aga 19. sajandi lõppu, kui aastatel 1898–1899 puuriti Aserisse vee saamise eesmärgil 194,52 meetri sügavune puurauk, millest 31,76 meetrit ulatus aluskorra kivimitesse (Rüger, 1923 cit Koppelmaa, 2002).

Suunatud aluskorruuringud said alguse 1930ndatel aastatel, mil tollase Eesti Vabariigi sõjaväe topo-hüdrograafia osakond alustas kogu Eesti territooriumi magnetilist mõõdistamist. Samal kümnendil alustati ka Eesti silmapaistvaima, Jõhvi magnetanomaalia uuringuid ning aastatel 1937–1939 aastatel puuriti kaks uuringupuurauku (505,03 ja 721,14 meetri sügavused), mille puursüdamikud on senini säilinud. Geofüüsikaliste uuringute põhjal tehtud oletused Jõhvi magnetanomaalia kohta osutusid õigeks - puurimisel leiti kristalses aluskorras kihilised magnetiitkvartsiidid. Neljakümnendate algul võttis A. Öpik olemasolevad teadmised aluskorrast kokku (Öpik, 1942) ning väitis, et Eestis jätkuvad Lõuna-Soomes levivad svekofenniitide struktuurid ja kivimid, milles võib leiduda rauamaardlaid ja esineda sulfiidseid maake (Öpik 1942 cit Rõõmusoks 1983). Viimane väide on Eestis tänaseni olnud aluseks kogu aluskorra uurimisele ja sealsete maavarade otsingutele. Selline järeldus võib seada ootused maavarade osas väga kõrgeks, ent tõestamata kujul ei saa seda pidada veel potentsiaaliks.

Kuuekümnendatel sai seoses geoloogilise süvakaardistamise, magnetiliste anomaaliade uurimise ja veevarustuse probleemide lahendamisega alguse intensiivsem aluskorda ulatuvate puuraukude rajamise periood. Eraldi keskenduti Põhja-Eesti, Loode-Eesti ja Hiiumaa detailsemale süvakaardistamisele, kus levisid enim huvipakkuvad magnetilised anomaaliad ning varasema kaardistamisega avastatud maagiilmingutega sulfiid-grafiitgneisid. Ainuüksi Põhja-Eestisse puuriti

180 keskmiselt 105 meetri sügavust aluskorrapuurauku. Loode-Eesti ja Hiiumaa süvakaardistamise käigus puuriti küll oluliselt vähem, kuid nende hulgas oli seni Eesti sügavaim (815,2 m) Kärkla kraatri süviku uurimiseks puuritud Soovälja puurauk (F373 ehk K1). Seitsmekümnendate lõpul pöörati tähelepanu ehituskiviuuringutele, mille käigus puuriti näiteks Neeme plutooni 33 puurauku. Aja jooksul on 490 puuraugust kogutud hinnanguliselt 32 500 meetri jagu aluskorra puursüdamikke, millest on üsna suur osa senini säilinud.

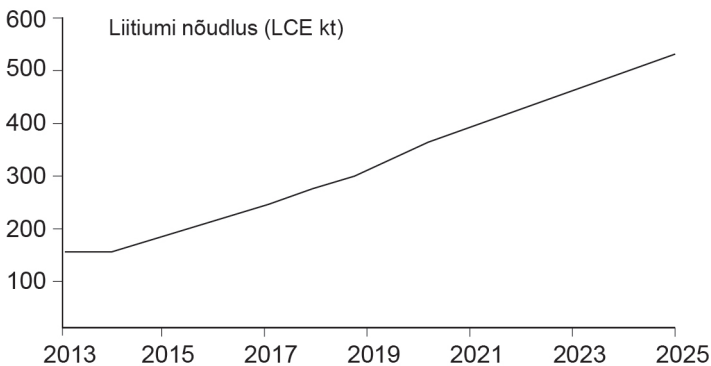
Aastakümneid kestnud aluskorra uuringute jooksul on tuvastatud omajagu maagiilminguid, mille rikkamad intervallid ei ole oma ulatuse ja maagirikikuse poolest küll hetkel kaevandamisväärsed, kuid viitavad üheselt aluskorra kivimites toimunud maagistumisprotsessidele (Joonis 1). Näitena sobib siinkohal taas välja tuua Jõhvi magnetanomaalia, mille raudkvartsiidi levikuintervallides on mõõdetud arvestatav rauasisaldus (<30%). Maagikihtide järsu kallutatuse tõttu pole aga senini tegelikult teada, kui suurte rauamaagivarudega meil tegemist on, millest tulenevalt on ka raske selle potentsiaali hinnata. Maavarade kaevandamisväärseuse hindamise juures tuleb arvestada, et Eesti aluskorra kivimitel on raske näiteks põhjanaabritega võistelda, kuna nii uurimine kui ka kaevandamine on nende lasuvussügavuse tõttu keerulisem ja kulukam. Seega peaks otsitav maavara oma uuringu tasuvuse tagamiseks olema selle võrra väärtuslikum.



Joonis 1. Kõrgeima potentsiaaliga maagiilmingud grafiitgneissides (Petersell jt 1991)

Aluskorra potentsiaali hindamisel olemasolevate teadmiste alusel tuleb arvestada, et Eesti aluskorra geoloogiline kaart on koostatud väikse täpsusastmega (mõõtkavas 1 : 400 000), millest tulenevalt võivad väärtuslikumad leiukohad olla jäänud kahe silma vahele. Olgugi et Põhja-Eesti on kaetud võrdlemisi tiheda puuraukude võrgustikuga ning valitud alasid (Jõhvi, Uljaste, Assamalla, Haljala jne) on uuritud detailsemalt, on teadmiste tase Kesk- ja Lõuna-Eesti aluskorrast kesine. Mitmel pool lahutab kahte kõrvuti asetsevat aluskorda avavat puurauku enam kui 50 kilomeetrit kristalseid kivimeid, mille omadusi on püütud kirjeldada küll geofüüsikaliste meetoditega, kuid pole uuritud puurimise teel.

Kuna potentsiaali hindamine põhineb teadmisel uuritava objekti omadustest, tähendab see seda, et teoreetiliselt on aluskorra potentsiaal iga viimase 120 aasta jooksul leitud maagiilminguga pisut kasvanud. Siiski ei suurenda see veel majanduslikku heaolunõuet, sest turg, kus tuleb konkureerida, on globaalne. Lisaks sellele on turg pidevas muutumises ning maavaradele, mida väärtustame praegu, ei pruugi paarikümne aasta pärast enam nõudlust olla. Nii näiteks ei osatud arvatavasti 1970ndatel aastatel, mil esimesed liitiumakud turule tulid, ennustada, et efektiivne energiasalvestamine saab üheks võtmeküsimuseks keskkonnasõbraliku ja jätkusuutliku planeet Maa majandamisel. Pidevast liitiumi nõudluse suurenemisest (Joonis 2) saavad praegu kasu lõigata just need, kes mõtlesid tulevikule ja oskasid juba varem pöörata tähelepanu liitiumiresursside otsingutele.



Joonis 2. Liitiumi nõudluse prognoosikõver aastani 2025 (Deutsche Bank Markets Research 2016)

Eelnevast näitest tulenevalt peaksid ressursside otsingud olema vaatega tulevikku, ehk tuleks tuvastada ja uurida tulevikutehnoloogiates rakendust leidvaid elemente kandvaid kivimeid. Hetkeseisuga on Eesti aluskorras nii kaardistamise kui ka maavara otsingu eesmärgil puuritud ridamisi puurauke ja lokaliseeritud arvukalt magnetilisi anomaaliaid, kuid teadmised kivimite elemendilisest koostisest jäävad enamasti siiski mitmekümne aasta taguse analüütilise võimekuse tasemele, mil maapõue potentsiaal seisnes peamiste metallurgiatoorme leviku hulgas. Sellisest seisust saab aga minna ainult paremuse poole. Olgugi et Eesti aluskorra kristalsete kivimite uurimist ja nendest majandusliku väärtusega maavara otsimist võiks võrrelda heinakuhjast nõela otsimisega, ei tasu siiski meelt heita. Tuleb lihtsalt kõrs kõrre haaval edasi liikuda ja loota, et sellesse kuhja ikka nõel pillatud on.

ALLIKAD

- Deutsche Bank Markets Research. 2016. Lithium 101. p. 23
- Koppelmaa, H., 2002. Eesti kristalse aluskorra geoloogiline kaart, 1 : 400 000, Seletuskiri, Tallinn
- Petersell, V., Kivisilla, J., Pukkonen, E., Pöldvere, A., Täht, K., 1991. Maagiilingute ja mineralisatsioonipunktide hindamine Eesti aluspõhjas ja aluskorras (vene keeles). Rõõmusoks, A. 1983. Eest aluspõhja geoloogia. p 1-224.
- Rüger, L., 1923. Paläogeographische Untersuchungen um baltischen Cambrium unter Berücksichtigung Schwedens. Ein Beitrag zur Paläogeographie des Baltischen Schildes und Fennoskandias. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie in Verbindung. N 4m S. 117-128 u. N 5, S. 142-155.
- ST1 Oy. 2018. <https://www.st1.eu/geothermal-heat>
- Öpik, A., 1935. Eine mögliche geologische Deutung der magnetischen Anomalien Estlands. Comptes Rendus de la Commission Géodésique Baltique réunie à Tallinn et Tartu 20-30 août 1935. p. 287-288
- Öpik, A., 1942. Über Magnetometrie und die Geologie des Urgebirges von Estland. Käsikiri

TEADLASTE OBJEKTIIVSUS – ON SEE VÕIMALIK?

Andres Marandi

Kas teadlane saab olla objektiivne ning kas teadlane peaks olema objektiivne? See küsimus on painanud nii teadlasi kui tavainimesi kauem kui me mäletame.

Isaac Newton olevat olnud oma teadustegevuses pedantlikult objektiivne ning püüdis maailma kirjeldades peegeldada vaid neid nähtusi, mida ta suutis tajuda. Väidetavalt suutis Newton käituda teadusinstrumendina, registreerides vaatlustulemusi ja töödeldes andmeid täiesti neutraalselt ilma omapoolse hinnanguta. Ta käsitles maailma kui vaateleja väljastpoolt süsteemi. Newtonile vastanduva näitena võiks tuua Saksamaal 19. sajandi alguses levinud populaarse liikumise, Natuurfilosoofia esindajad, kelle arvates ei ole Newtonile omistatud objektiivsus võimalik. Natuurfilosoofide vaadete kohaselt on kogu maailm üks suur orgaaniline kooslus ning inimene üks osa sellest. Natuurfilosoofid kaldusid osalt esoteerikasse, aga nad on mõjutanud mitmeid hilisemaid globaalseid teaduslikke lähenemisi, mis said alguse näiteks Alexander Humboltilt ning mis kajastuvad ka tänapäevases keskkonnateaduses, kus paljud süsteemid on omavahel ühendatud (Fara, 2009).

Lisaks isiklikule objektiivsusele mõjutavad teadlaste tegevust väga paljud välised tegurid poliitikast kuni rahastamiseni välja. Suure osa oma ajaloost on teadus olnud elitaarne tegevus, rikaste või fanaatikute pärusmaa. Tänu sellele on teadus olnud ka üsna objektiivne ning selle peamiseks eesmärgiks on olnud vanade teooriate ümberlükkamine või uute tõestamine. Samas on osa teadust alati olnud valitsejate käsutuses, teenides otseselt nende huve. Tõeline teaduse, poliitika ja tööstuse kokkusulamine toimus aga eelmise sajandi alguses. Kui I maailmasõda oli keemikute sõda mürkide, gaaside ja lõhkeainetega, siis II maailmasõda füüsikute sõda radarite, arvutite ning võimsate pommidega. Peale I maailmasõda õitsele puhkenud teadusel ei olnud enam palju ühist elitaarsete härrasmeeste tegevusega, vaid seda juhtisid viis M-i: mammona,

massid, masinad, militaarsus ning meedia (Fara, 2009).

Tööstuse ja tehnoloogia arenguga suurenes järsult huvi maavarade vastu ning maateadused olid üsna heas seisus suurema osa eelmisest sajandist. Hea seis tähendas paraku ka konkreetseid ülesandeid, mida andsid ette rahastajad. Nii ka Eestis, kus suurem osa maavarade ja geoloogia kaardistamisest tehti peale II maailmasõda Nõukogude Liidu tellimusel. Pärast Eesti Vabariigi taasiseseisvumist langes riigi huvi maavarade ja ressursi vastu ning arvati, et Eestis on juba kõik väga hästi uuritud.

Umbes sama on juhtunud ka mujal maailmas, kus nelja M-i mõjutused on üldiselt vähenenud, kuid kus oluliselt on suurenenud meedia osakaal. Meedia on muutnud üheks põhivahendiks, mille kaudu on võimalik äratada rahastajate tähelepanu. Selleks, et meedias tähelepanu tõmmata, on vaja teadustulemusi hästi presenteerida. Kuidas aga seejuures objektiivsus säilitada, on probleem, mis mõnesid teadlasi vaevab, teisi aga mitte.

On arvatud, et teadus saab olla objektiivne ning säilitada oma objektiivsuse vaid siis, kui tõmmatakse kindel piir teadustulemuste ning inimlike väärtuste vahele. Paraku ei ole see aga alati võimalik, kuna inimlikud väärtused määravad ära, millised tulemused on olulised ja millised mitte. Inimlik „olulisus“ sisaldab endas väga palju subjektiivsust ning see võib olla mõjutatud paljudest muudest teguritest ja osapooltest. Seetõttu on väga tähtis, et teadlased oleksid ülimalt siirad, seletamaks lahti, millised väärtused ning huvid mõjutavad tulemuste esitamist, jäädes seejuures ise nii objektiivseks kui võimalik (Elliott & Resnik, 2014).

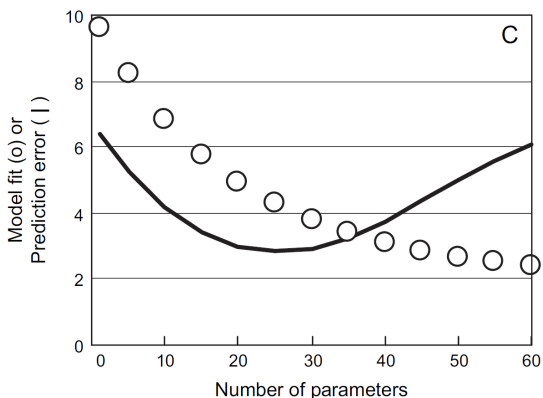
Teadustulemusi presenteerides peavad teadlased silmas pidama, et tavainimesed ei mõtle samamoodi nagu nemad. Teadust tehes on väga oluline ratsionaalne mõtlemine, mis kasutab kas loogikat või statistikat. Ratsionaalse mõtlemise eelduseks on kogu teadaoleva informatsiooni kasutamine. Tavaelus ning looduslike protsesse kirjeldades ei ole aga kunagi võimalik kõike kirjeldada. Selle asemel püütakse pigem leida üldisi seaduspärasusi, jättes teatud parameetrid või protsessid eelduslikeks.

Mänguteoorias on tõestatud, et teatud piirist alates ei anna lisaandmestik prognoosidele enam täpsust (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011). Ka põhjavee mudelite kalibreerimisel on näidatud, et alates teatud hulga mudeli parameetrite rakendamisest ei saada enam märkimisväärselt paremaid tulemusi, vaid mudeli prognoostulemused hakkavad pigem

halvenema (Joonis 1) (Hill, 2006).

Keskkonnateadlased mängivad väga olulist rolli selles, kuidas ühiskond reageerib keskkonnaprobleemidele, ning suur osa tänapäevasest teadustulemustest mõjutab paratamatult inimeste käitumist. Teadlased peavad alati arvestama võimalusega, et nende teadustulemusi hakatakse kasutama poliitikate rajamiseks või muutmiseks (Kriebel et al., 2001). Poliitikute ülesanne on lihvida teadustulemustel põhinevaid otsuseid selliselt, et lõpuks oleks kasu suurem kui kahju. Poliitilised otsused ei ole kunagi lihtsad ning kõige suurem kahju tekib tavaliselt neile, kelle huvides planeeritavad tegevused ei ole või kes saavad neist tegevustest kõige vähem kasu. Seetõttu on igati ootuspärane, et kõigi suurte arenduste planeerimisprotsessidesse on konflikt juba algusest peale sisse kirjutatud. Siinkohal muutub otsuste aluseks olevate uuringute läbipaistvus ning erapooletus väga oluliseks (Grandjean & Ozonoff, 2013).

Inimesed, kes austavad isiklikku algatusvõimet ning autoriteete, kalduvad eirama keskkonna riske kirjeldavaid tõendeid, kuna nad kardavad, et tõendid piiravad kaubanduse ja tööstuse arengut, mida nad väga imetlevad. Vastupidiselt neile suhtuvad inimesed, kes hindavad ühiskondlikku ja võrdõiguslikku, tööstusesse ja kaubandusse väga kahtlustavalt, kuna nad näevad selles ebavõrduse allikat. Seetõttu usuvad nad, et tööstuse ja kaubanduse arenguga kaasneb vastuvõetamatu keskkonnarisk, mistõttu peaks neid tegevusi rohkem piirama.



Joonis 1. Mudeli kalibreerimistulemuste (model fit) ja prognoosi vea (prediction error) sõltuvus mudeli parameetrite arvust (Hill, 2006).

Tavaelus tehakse aga palju otsuseid osa informatsiooni ignoreerides ehk kasutades heuristilist otsustamist. Vastavalt Gigerenzer ja Gaissmaier'le (2011) on heuristiline otsustusprotsess kiire ja efektiivne otsustusmeetod, mille käigus kas teadlikult või teadmata ignoreeritakse teatud osa informatsiooni. Kuna inimesed eelistavad neid teaduslikke tõendeid, mis ühtivad inimeste endi vaadetega teiste tõendite üle, on kõik olulised avalikud arutelud, mis kasutavad teaduslikke põhjendusi, väga polariseeritud (Kahan, 2010).

Kuidas peaks siis käituma üks teadlane, kes teab, et tal ei ole kogu tööde võtta, kes saab aru, et osa tulemusi on tähtsamad kui teised ning kes teab, et teatud huvirühmad aktsepteerivad vaid neile sobivaid tulemusi? Kas astuda ringist välja ja kuulutada lihtsalt fakte ning tulemusi, teades juba ette, et need hakkavad elama oma elu? Või rõhutada oma väljaastumistes mõningaid „olulisi“ fakte ja tulemusi, lootes, et need infomüras üles leitakse? Kus lõppeb sellisel juhul objektiivsus ning algab subjektiivsus ja isiklikud huvid?

ALLIKAD

- Elliott, K. C., & Resnik, D. B. (2014). Science, policy, and the transparency of values. *Environmental Health Perspectives*, 122(7), 647–650. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408107>
- Fara, P. (2009). *Science: A Four Thousand Year History* (Vol. 4). Oxford University Press. <https://doi.org/EB ND FARA>
- Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2011). Downloaded from www.annualreviews.org by WIB6417-Max-Planck-Gesellschaft on 05/25/12. For personal use only. *Annu. Rev. Psychol*, 62, 451–482. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>
- Grandjean, P., & Ozonoff, D. (2013). Transparency and translation of science in a modern world. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1), 2–5. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-70>
- Hill, M. C. (2006). The practical use of simplicity in developing ground water models. *Ground Water*, 44(6), 775–781. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2006.00227.x>
- Kahan, D. (2010). Fixing the communications failure. *Nature*, 463(7279), 296–297. <https://doi.org/10.1038/463296a>
- Kriebel, D., Tickner, J., Epstein, P., Lemons, J., Levins, R., Loechler, E. L., ... Stoto, M. (2001). The precautionary principle in environmental science. *Environmental Health Perspectives*, 109(9), 871–876. <https://doi.org/10.2307/3454986>

MIDA TEHA PÕLEVKIVITUHAGA?

Peeter Paaver

Eesti energeetika tugisambaks on põlevkivi. Eestis tarbitavast elektrist moodustab põlevkivist toodetud elekter umbes 80%. Lisaks elektrile toodetakse põlevkivist hetkeseisuga igal aastal umbes 3 miljonit tonni õli. Kahtlemata on tegemist Eesti suurima tööstusharuga, mis moodustab ligikaudu 4% SKPst ning lisaks võib seda pidada meie kõige tähtsamaks julgeoleku ja iseseisvuse garantiiks.

Seega, põlevkivi on tähtis! Tähtis on see nii majanduslikult kui ka sotsiaalselt, kuna põlevkivisektor on Virumaa suurim tööandja ja sotsiaalse infrastruktuuri looja.

Täna läheb suurim osa põlevkivist otsepõletamisele (ligikaudu 80% põlevkivist) millele järgneb lähiaastatel kindlasti suureneva osakaaluga õlitööstus. Otsepõletamisel saame 1 tonni põlevkivi põletamisest jäägina kätte 500 kg tuhka, millele lisaks emiteerime veel ligikaudu ühe tonni CO₂.

Üheks Eesti põlevkivi iseärasuseks on ka see, et teadaolevalt ei kasutata kütusena mitte kuskil mujal maailmas sellises koguses sellise tuhasusega materjali. Ei kivisüsi ega isegi kõige kehvema kvaliteediga pruunsüsi pole tuhasuse poolest põlevkiviga võrreldavad.

Loomulikult tekib maailmas samuti üüratutes kogustes tahkeid jäätmeid nagu näiteks terasetööstuse šlakk, kivisöetööstuse tuhk või tsemenditööstuses tekkiv peen klinkritolm. Siiski suudab enamik riike selliseid jäätmeid edukalt suures mahus taaskasutada. Jaapanis taaskasutatakse erinevatel andmetel kuni 90-95% tekkinud tahketest jäätmetest ning väga suur kogus erinevatest tuhajäätmetest kasutatakse tagasitäitmiseks või tehissaarte ehituseks.

Eestis aga toodame igal aastal 7-9 miljonit tonni põlevkivitööstusest tulenevaid jäätmeid ning selle materjali taaskasutus jääb alla 5%. Läbi aegade on sellele tuhale üritatud leida erinevaid kasutusi. Siiani toodetakse põlevkivilisandiga portlandtsementi, millest on ka ehitatud võrdlemisi

suuri hooneid, nagu näiteks Tallinna teletorn, on toodetud kergplokk (nn. Narva plokk) ning kasutatud tuhka ka põldude lupjamiseks. Siiski, isegi tuhakasutuse „hiilgeajal” oli taaskasutatud tuha kogus tegelikult väike.

Peamiseks põhjuseks on tõsiasi, et tegemist on lihtsate ja odavate toodetega mille lisandväärtus on võrdlemisi väike ja selliste toodete kaugtransport ei ole lihtsalt tasuv. Sõnaga, tuhatoodete osas on tegemist peamiselt kohalikule turule suunatud tootega ja meie kohalik turg on teatavasti väga väike.

Üks põlevkivituha taaskasutust kontrolliv tegur on selle keemilis-mineraloogiline koostis. Vanimates, peagi suletavates tolmipõletuskateldes küündivad temperatuurid 1400 kraadini. Selliste temperatuuride juures lagunevad nii kvarts kui ka kaltsiit ning moodustavad reaktiivseid Ca-silikaatsed mineraalid, mis omavad sõltuvalt fraktsioonist hüdratiseerumisel häid tsemnteeruvaid omadusi. Tänapäevastes keevkiht-kateldes, mis on küll efektiivsemad ja vähem saastavad, jäävad põletustemperatuurid ~800 °C juurde ning tsemnteerivate faaside osakaal jääb oluliselt madalamaks. See vähendab oluliselt sellise tuha taaskasutusvõimalusi isegi võrreldes selle vähesega, mida suudeti saavutada eelmiste kõrgtemperatuuriliste tuhkadega.

Selliste nn keevkiht-tuhkade taaskasutus on probleem igal pool maailmas. Üks lahendus sellise madala kvaliteediga materjali kasutamiseks on nn leelisaktiveeritud tsementide tootmine.

Sellisteks sideaineteks võiksid olla näiteks geopolümeerid tsemendid, mis on oma olemuselt leelisaktiivsetel tekkinud alumosilikaatsetest võrgustikest moodustunud anorgaanilised polümeerid. Selliste materjalidega on viimastel aastatel maailmas tehtud palju uurimustööd ja paljud tuhalaadsed materjalid on näidanud häid tulemusi. Ka Eesti põlevkivituhkade keemilist koostise võrdlus maailmas geopolümeeride valmistamiseks kasutatavate toormetega viitab selle materjali potentsiaalile, mis ennekõike väljendub leelismetallide ühendite (CaO, MgO) kõrges sisalduses. Siiski, kuigi Eesti põlevkivituhkade CaO sisaldus on teiste samalaadsete materjalidega sarnane või isegi kõrgem, siis samas on Al₂O₃ sisaldus põlevkivituhkades selgelt madalam. See tähendab, et alumosilikaatsete võrgustike tekkimine, mis on tüüpiliselt iseloomulik geopolümeeridele, on Eesti põlevkivituhkades alla surutud

ning vähese mõjuga tugevate tsementeerivate sidemete tekkimiseks. Seega vajaksid need materjalid leelisaktivatsioonil lahustuva räni ja alumiiniumi sisalduse tõstmist ja sobilikke aktivaatoreid, mis omakorda teeks põlevkivituhal baseeruvate geopolümeeride valmistamise sama kalliks kui tsemenditootmise.

Eesti põlevkivituha (taaskasutuse) tulevik paistab tume. Eesti põlevkivitööstus on muutumise tuules ja selle suunaks on õlitootmine ja keskendumine keskkonnasõbralikumatele tehnoloogiatele. See on õige ja ainuvõimalik tee, kuid tähendab, et põletustemperatuurid alanevad veelgi. Mis on ühest küljest hea, kuna temperatuuridel alla 800 °C lubjakivides domineeriv kaltsiit termiliselt veel ei lagune ning see omakorda tähendab veel tunduvalt väiksemaid CO₂ emissioone ning õlitööstuses on võrreldes otsepõletusega ligikaudu neli-viis korda väiksem CO₂ heide. Samas on tuha (taas-)kasutamise vaatevinklist tegemist täiesti tõsise uue probleemiga, sest kogu räni ning kaltsium jäävad tuhka inertse kvartsi ning kaltsiidi kujul ja ei teki uusi kõrgetemperatuurilisi tsementeeruvaid kaltsiumsilikaatseid mineraale. Selle tulemusena pole moodustuv tuhksobilik ei geopolümeeride ega tsemendi tootmiseks, samuti mitte põldude efektiivseks lupjamiseks, sest selles ei ole enam piisavalt vaba lupja (CaO).

Kõigest sellest sõltuvalt oleme lisaks taaskasutusvõimaluste kokkukuivamisele tulevikus probleemi ees, et peame muutma ladustamise tehnoloogiat, kuna sellisest mittetsementeeruvast materjalist ei ole võimalik ehitada 50 meetri kõrguseid tuhaplatoosid. Kui täna suudaksime absoluutselt kõige parema plaani järgi kasutada ära kuni 15% tekkivast tuhast, siis tulevikus oleme fakti ees, et selle materjaliga ei ole üldse mitte midagi teha. Ainus mida teha, oleks selle materjali kaevandustesse või karjääridesse tagasitäitmine, kuid täna pole see kuskilt otsast majanduslikult otstarbekas.

Tundub, et põlevkivituha pole, vähemalt tänase tehnoloogia seisuga juures, tulevikus midagi tarka teha.

Noored Kooli eesmärgiks on tuua Eesti haridussüsteemi võimekaid inimesi ning tehakse seda läbi kaheaastase liidriprogrammi, mille käigus pühenduvad osalejad õpetajatööle.

Programmi jooksul tulevad esile väga erinevad probleemid, millega osalejad oma töös peavad tegelema, alates klassi juhtimisest ning lõpetades meediaga suhtlemisega. Fookuses on aga õpilased, kelle arendamine ja

kellele väga hea hariduse andmine on prioriteet.

Läbi lugude avanevad osaliste programmi jooksul kogetud erinevad tahud ning õpilastega töötamise rõõmud ning valud. Eelkõige saab kuulaja aga mõtestada erinevaid põhjuseid ning motivatsioone minna kooli, andmaks oma abi ning arendamaks iseennast.

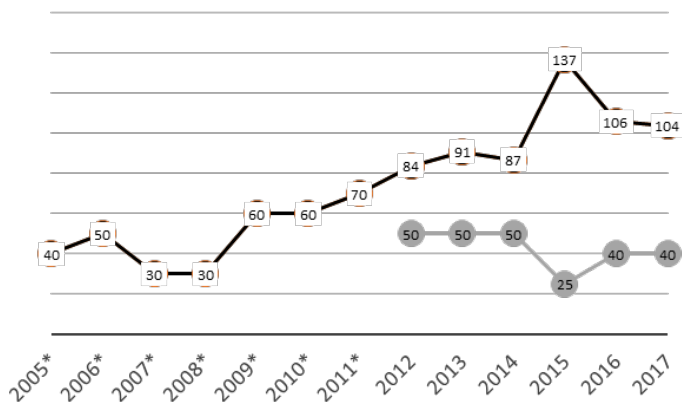
GEOLOOGIA SÜGISKOOLIDE STATISTIKAT

Tõnn Paiste

Korduvaid geoloogia sügiskooli külastajaid on palju, kuid vähesed on osalenud neis kõigis. Üritustel osaledes või neid korraldades jääb ikka meelde see, mis hetkel toimub ning eelnevatel kordadel kogetu jääb unustuse hõngu. Seega, et mõistlikult analüüsida, mis see geoloogia sügiskool õieti on, tuleb pöörduda statistiliste meetodite poole. Need võimaldavad hinnata, kes on kohal käinud, kus üritus on toimunud ja kes esinenud. Statistika annab üldist infot, mida tulevate aastate korraldajad ja ka osalejad saavad kasutada, arvesse võtta ning edasi arendada, et tagada geoloogia sügiskooli jätkusuutlikkus.

Üldiselt on geoloogia sügiskool spetsiifiline kindla, aga väikese eriala üritus, kus kohtuvad valdkonnas tegutsevad inimesed ja lahatakse ühiselt erinevaid probleeme. Sügiskooli tulemusteks võib pidada positiivset inimsuhtlust, uusi ideid ja väljastatavat artiklikogumikku. Geoloogia sügiskool toimub järjepidevalt oktoobri keskel ning sel aastal juba 14. korda. Sügiskooli nähakse kui vaba õhkkonnaga akadeemilist üritust, kus kohtuvad noored ja vanad geoloogid. Lisaks on geoloogia sügiskool mõeldud kõigile huvilistele, kes soovivad omandada teadmisi Maa sisemuse või välise keskkonna kohta. Sügiskooli läbivad teemad püstitatakse tavapäraselt kombineerides sõnad „Maa“ ja „geoloogia“ mingi antud aastale spetsiifilise ja aktuaalse teemaga. Keskmiselt vahetub ürituse peakorraldaja kahe aasta tagant ning sügiskooli toetab viis asutust. Vaadates sügiskooli asukohti, siis pole seni veel kordagi jõutud Eesti saartele, lisaks meie puudub jalajälg Järva, Valga ja Rapla maakondades. Praeguseks on osalejate arv kujunenud 100 inimese kanti (Joonis 1) ning sarnast osavõttu võib eeldada ka järgnevatel aastatel, seda välja arvatud juhul, kui majanduslikud põhjused osalejate arvu koomale ei tõmba. Võrreldes 2012 - 2014 aastatega on näha tudengite (baka, mag, dok) protsentuaalse hulga vähenemist (Joonis 1). Täpsemat põhjust sellisele langusele on praegu raske öelda, küll aga tuleks küsida, milline võiks üldse olla optimaalne tudengite hulk.

Osalejaid kokku



Joonis 1. Geoloogia sügiskoolide osalejate arv. Tärniga tähistatud aastatel on osalejate arv võetud grupipiltide pealt, kuna registreerimistulemusi ei olnud võimalik saada. Hallis ringis olevad arvud näitavad tudengite protsentuaalset hulka osalejate koguarvust.

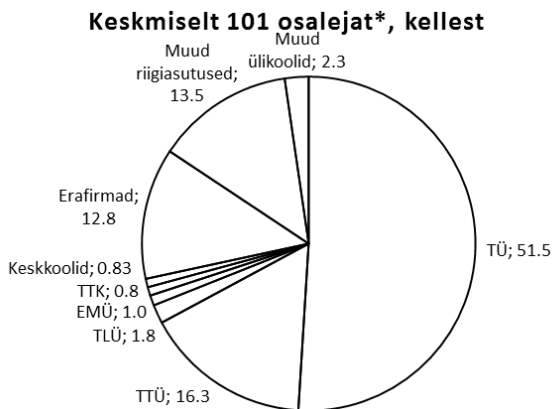
Eeldades, et sajast inimesest on 15 korraldajad, 21 esinejad ja 2 bussijuhid, siis üritusel osalenutest on 40% seotud ürituse otsese õnnestumisega. Kui vaadata osalejate seotust erinevate asutustega (Joonis 2), on näha Tartu Ülikooli selge ülekaal. Keskmiselt pooled osalenutest on viimase 6 aasta (2012 - 2017) jooksul olnud seotud Tartu Ülikooliga. Järgnevad enam-vähem võrdselt Tallinna Tehnikaülikool, erafirmade esindajad ja muud riigiasutused (näitena EKG, ministeeriumid) ~13 % suuruse osalusega. Viimase osa sügiskooli osalejatest moodustavad muud ülikoolid, keskkoolid, Tallinna Tehnikakõrgkool, Eesti Maalikool, Tallinna Linnaülikool.

Uurides statistiliselt geoloogia sügiskooli ettekandeid (Joonis 3) tuleb välja osalejate analoogne jaotus. Nimelt pea pooled, keskmiselt 21 ettekandest 10, pärinevad Tartu Ülikooliga seotud isikult. Nendest 10st on 7 geoloogia suunal. Tartu Ülikoolile järgneb Tallinna Tehnikaülikool keskmiselt 5,5 ettekandega 21st. Muud asutused panustavad 0,5 - 1 ettekandega.

Kokkuvõtvalt peab tõdema, et geoloogia sügiskool on enamjaolt Tartu Ülikooli mängumaa. Kuna geoloogia ja planeet Maaga tegeletakse jõudsalt ka muudes asutustes, tahaks loota, et tulevased sügiskoolid,

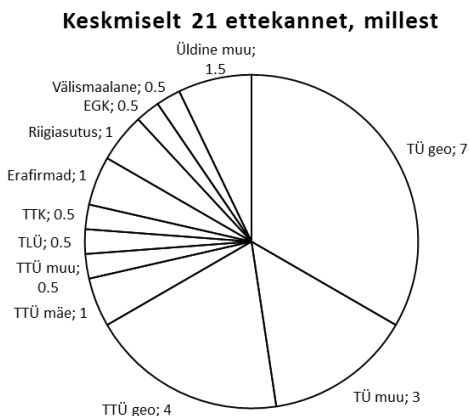
Joonis 2.

Geoloogia sügiskoolide osalejate protsentuaalne jaotus erinevate asutuste vahelkaupa. (* arvesse on võetud viimase 6 aasta andmed)



Joonis 3.

Kõigi geoloogia sügiskooli ettekannete statistiline kokkuvõte.



kes iganes neid juhuslikult korraldab, kutsuks aktiivselt ka teiste asutuste inimesi organiseerima, osalema ja esinema. Sarnaselt võiks just Tartu Ülikoolist väljapoole jäävad asutused seda statistikat nähes aktiivse sammu astuda, et praegused trendid ei jätkuks ja et osavõtt geoloogia sügiskoolist muutuks ühtlasemalt jaotunuks kõigi Eesti maapõuega tegelevate asutuste vahel. Illustreerivalt võiks rõhutada joonistel mitte välja tulevat kurba tõsiasja, et mäendus on viimase 6 aasta jooksul olnud geoloogia sügiskooli ettekannete hulgas esindatud ainult ühel korral. Teades ka geoloogia praktilisi võimalusi, võiks mäenduse kaasamine tulevastesse sügiskoolidesse olla üheks kindlaks eesmärgiks.

JÄRELSÕNA

Tõnn Paiste

"What is the use of having developed a science well enough to make predictions if, in the end, all we're willing to do is stand around and wait for them to come true". - Frank Sherwood Rowland

Jätkatespraeguselhetkelvõetudkurssi, peegeldavad tulevikuvisioni utoopia ja düstooia . Rakendades aga teadaolevat informatsiooni, on võimalik ühte või teist suunda kohendada vastavalt seatud eesmärkidele. Ega siis Eestiski saa maapäuekasutus ja kõik sellega kaasnev teistsugust kajastust. Isegi kui viimasel ajal tuntakse järjest rohkem survet võtta õppust välisriikidest ning järgida nende püstitatud eesmärke, on kohalikel vaja omakeskis hakkama saada. Värv sa seda õuna kaua tahad, mädanev südamik tuleb lõpuks ikka välja. Hetkeseis pole küll halb, aga järjepideva arengu ja koostöö puudumine võib meidki kunagi mädaneva südamikuni viia. Ilmselt koges sarnast probleemi oma teaduslikus suunas ka Frank Sherwood Rowland, mis omakorda andis alust vastavaks tsitaadiks.

Et iga visioon mõjutab selle hetke tavasid, nõuab nende teostus tahet ja soovi oma mugavustsoonist välja astuda. Hetkest, kui igapäevane elu-olu ei järgi harjumuspäraselt, ja inimene ei ole piisavalt informeeritud või ei mõista muutuse potentsiaali, tuntakse ennast ohustatuna ning tajutakse igat põhjendust toimuvale terava kriitikana. Pole siis ka ime, kui öeldakse, et mingi inimgrupi muutmine on kui surnuaia liigutamine, milles pole lootust kohalikele abi saada. Aga ka selles mures ei ole olukord lootusetu, kui enne reageerimist lähenetakse muutustele uudishimu ja tagasihoidlikkusega ning antakse inimestele võimalus kohaneda neid ümbritseva keskkonnaga.

Kujunegu selleaastase geoloogia sügiskooli tulemus milliseks tahes, järjepidev koostöö ja soov areneda ühtsuse poole on juba piisav järgnevate ürituse aluseks.

MÄRKMED

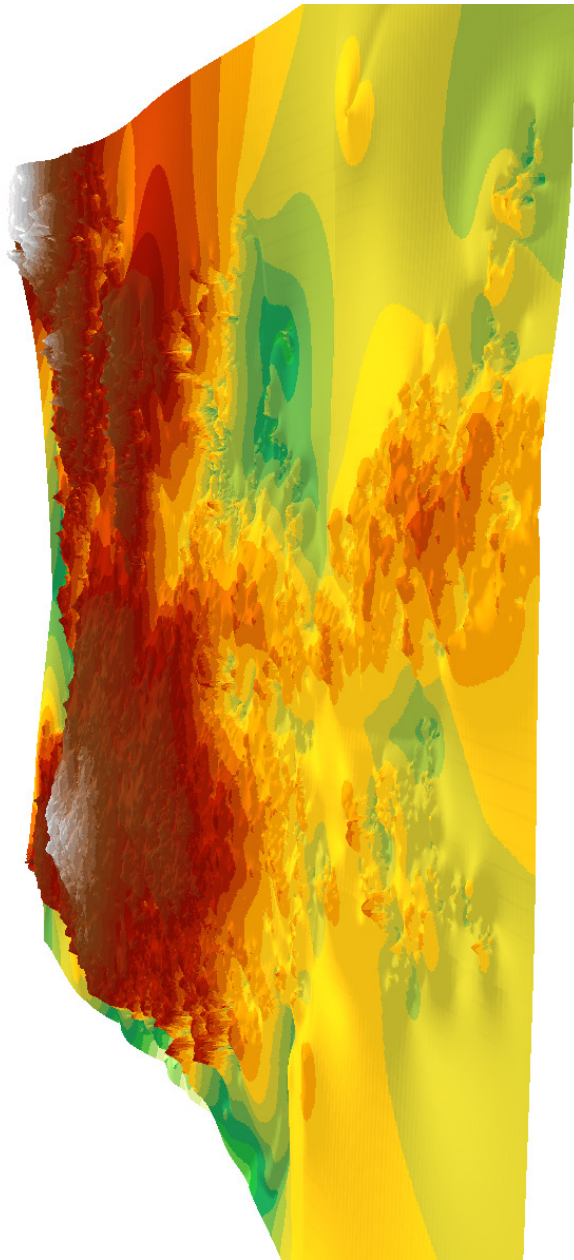
MÄRKMED

MÄRKMED

MÄRKMED

ARTIKLITE LISAD

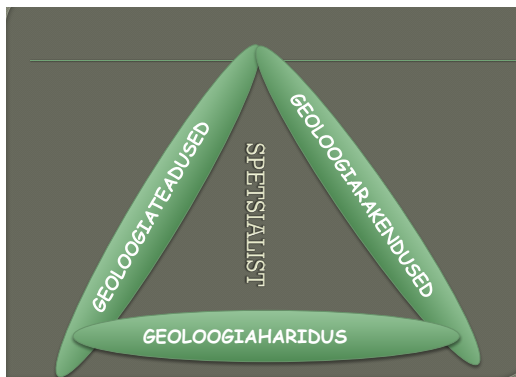
T.Ani



67

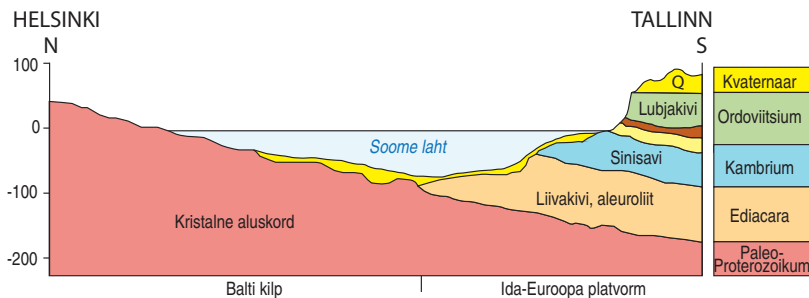
Joonis 1. Eesti aluspõhja mudel Läänepoolt vaadates. Ülekõrgendus 120 korda.

A. Soesoo



Joonis 1. Eesti maapõue arendamine kogu rahvale kasulikul viisil eeldab kolme olulise komponendi – hariduse, teaduse, rakendusuringute – head koostööd ühiste eesmärkide suunas. Süsteemil on hulgaliselt komponente: Tartu Ülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Geoloogiateenus, Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, Keskkonnaministeerium, Haridus- ja teadusministeerium ja mitmed konsultatsioonibürood ja ettevõtted. Sünergia peaks arenema süsteemis oleva entroopia kahandamise arvel.

K.Suuroja



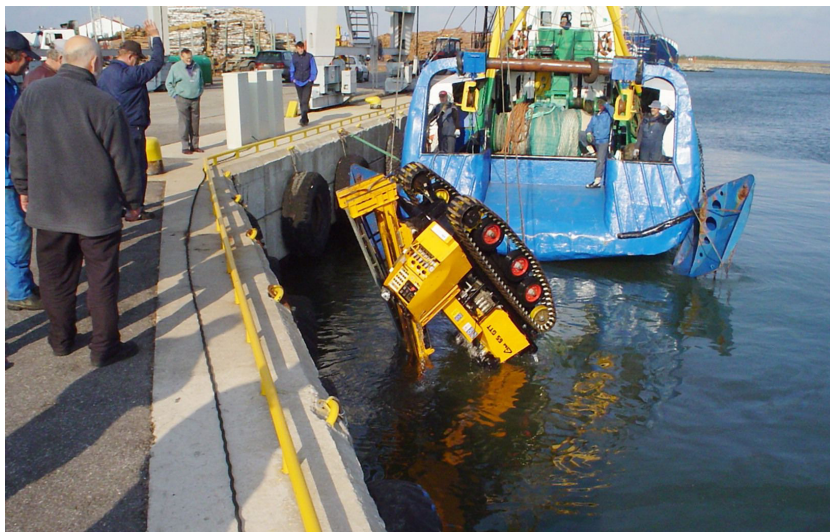
Võimalik sobilik TMB tüüp

| | | | | |
|----------------|---|---|---|---------------|
| Puur-õhkkamine | | | ○ | Hüdro-kilp |
| | ● | | ● | EPB-kilp |
| | ● | ● | | Ühekilbiline |
| | ● | ● | | Kahekilbiline |
| | | ○ | | Gripper |

Joonis 1. Talsinki tunneli geoloogia ja vastavalt sobilikud puurimismeetodid

A.Averin

Fotod erinevatest välitööde apsudest



MEENUTUSED XIII SÜGISKOOLIST



Sügiskool on ikka kokku toonud inimesi, keda pole kaua näinud isegi kui töö käib samas ruumis



Korraldajate viimased kokkumärgud enne ettekandeid



Saal on rahvast täis ja ideede jagamine võib alata



Esinejad saavad alati ka vääriliselt tasustatud; Valdur Mikita ja linnupesa



Esimene õhtu lõpuks esines mõnusa akustilise kontserdiga tunnustatud ansambel Eterniit



Järgmisel hommikul toimus aga arvutusvõistlus kasutades vanavara; Erik Puura ja arvelaud



Teisel päeval toimus tüüpilises sügisilmas orienteerumine Nelijärve metsades



Ning jätkusid ettekanded, ...



kohvipausid ...



ja huvi ei raugenud.



Ning jätkusid ettekanded



Viimased lahkujad



XIII stügischooli osalejad

TOETAJAD



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks