



EESTI
GEOLOOGIAATEENISTUS

Aastaraamat

2023

EESTI GEOLOOGIAATEENISTUS
F. R. Kreutzwaldi 5
44314 Rakvere
Telefon: (+372) 630 2333
E-post: info@egt.ee

ISSN 2733-3329

© Eesti Geoloogiateenistus 2024



EESTI GEOLOOGIAATEENISTUS

Eessõna.....	3
Arbavere uurimiskeskuse arengust 2023 aastal	5
EGT-TWINN käivitus hooga	7
Esimesed puurimised ning temperatuurimõõtmised maapõueenergeetika osakonnas	9
Algas fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside uuringute järgmine etapp	14
Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Järva maakonnas	17
RISBRIEFCASE: "Maapõue seljakott – kriitilised toormed meie igapäevaelus"	22
Põlevkivituhk kaevandusala tagasitäitena ja selle mõju põhjaveele	25
Merepõhja kaardistamine Fe-Mn konkretsioonide aladel	30
Eesti ankruvalade setteproovide kogumine ja settekeskkonna üldine kirjeldus	33
Väinamere geoloogiline kaardistamine 2019–2023	36
Valmis Eesti geoloogilise baaskaardi Väinamere ja selle ümbrisala 1:50 000 mõõtkavas geoloogiliste kaartide komplekt.	38
Ebatavaliste seismiliste sündmuste tuvastamine	44
Kuidas mõjutab kaevandamine või kliima Uljaste järve veetaset?	50
Põud ja vihm 21. sajandi Eestis. LIFE SIP AdaptEst projekti tutvustus	54
Ordoviitsiumi stratigraafia koolitus Eesti Geoloogiateenistuse töötajatele	58
Valmis geoloogia andmekogu	60
Radooniuuritud väheuuritud oma- valitsustes: Elva, Antsla, Kanepi ja Valga vallas	62

Hea lugeja,

Eesti Geoloogiateenistusele oli 2023. aasta mitmete suurte projektide käivitamise ning Arbavere uue teadusmaja valmimise aasta. Alustatud projektid ja valminud teadusmaja mõjutavad lähiaastatel oluliselt nii Eesti Geoloogiateenistuse kui ka laiemalt Eesti geoloogia arengut.

Tõenäoliselt kõige olulisem alanud projektidest oli fosforiidi ja kaasnevate ressursside uuring, mis algas 2023. ning kestab 2025. aasta lõpuni. Selle mahuka ja laiemalt Eestis ühiskonda puudutava uuringu eesmärgiks on saada täpsem ülevaade Eesti fosforiidi ja kaasnevate ressursside majanduslikust potentsiaalist ning selle võimaliku kaevandamise mõjudest põhjaveele ning kohalikule elu- ja looduskeskkonnale. Lähtudes varasemate teadusuuringute tulemustest keskendume me uuringutes Kunda lähedal asuvale laiendatud Aru-Lõuna piirkonnale. Plaani kohaselt 2025. aasta lõpus valmiva uuringu tulemused annavad Eesti ühiskonnale teaduspõhise info, mis aitab tulevikus otsustada, kas ja millisel viisil tasub fosforiidi ja kaasnevate ressursside väärindamisega edasi liikuda.

2023. aasta jaanuaris algas meil ka kolm aastat kestev mahukas EGT-TWINN projekt, mille eesmärgiks on arendada koos Soome, Taani ja Ühendkuningriikide kolleegidega meie meeskondade oskusi ja teadmisi. Projekti raames viiakse läbi arvukalt koolituskursusi maavarade uuringute, geoloogilise kaardistamise, 3D geoloogilise modelleerimise, andmebaaside halduse ja kesk-süva maasoojuse kasutuselevõtu valdkondades. Samuti korraldatakse EGT-TWINN raames Eestis mitmeid rahvusvahelisi teaduskonverentse, toimub teadlasvahetus partnerorganisatsioonide vahel ning viiakse läbi ühiseid välitöid. Palju rõõmu ja uhkust on mulle toonud jutuajamised TWINN projekti partnerite esindajatega, kes ei väsi kiitmast Eesti



Sirli Sipp Kulli

Eesti Geoloogiateenistuse
direktor

Geoloogiateenistuse meeskonna aktiivsust ja pealehakkamise lusti. Viidatud vestlustes on koostööpartnerid tunnistanud, et ka nemad ise on meie noore ja innovatiivse meeskonna käest palju õppinud.

2023. aasta juunis toimus meie Arbavere teadus- ja uurimiskeskuses uue teadusmaja pidulik avamine. Tegu on kindlasti kogu Eesti geoloogia jaoks olulise arenguetapiga, sest nüüd võime öelda, et meie geoloogidel on ometi tänapäevased tingimused teadus-arendustöö tegemiseks. Arbavere keskusest on saamas jälle kord Eesti geoloogia kodu, kus nii juba geoloogidena töötavad eksperdid, kui ka tudengid ja kraadiõppurid saavad kaasaegsetes tingimustes tiptasemel uurida, mis saladusi Eesti maapõu täpsemalt sisaldab. Kindlasti avab see uued võimalused ka rahvusvaheliseks koostööks.

Venemaa alustatud sõda Ukrainas sunnib meid nii Eestis kui ka Euroopa Liidus laiemalt mõtlema senisest rohkem oma julgeolekule ning kriitiliste toormete varustustuskindluse tagamisele. Eesti Geoloogiateenistuse peamine roll siinkohal on panustada teaduspõhiste ja faktidele tuginevate alusandmete kogumise ja avalikustamisega. Oma igapäevatöös näeme, et riigi, ettevõtete ja ka laiema avalikkuse ootus kvaliteetse maapõueinfo osas on samm-sammult suurenemas.

Käesolev aastaraamat annab sisuka ülevaate Eesti Geoloogiateenistuse 2023. aasta olulisematest tegevustest ja tehtud tööde tulemustest ning vaatab ka tulevikku. Põnevaid lugusid leiab nii põhjavee ja laiemalt hüdrogeoloogia teemadel, maapõue kaardistamisest seni uurimata aladel, seismoloogiast ja meregeoloogiast, maapõueenergiast, Eesti aluskorra uuringutest ning veel mitmetest käimasolevatest projektidest. Usun, et mahukad kajastused koos põneva info- ja pildimaterjaliga tekitavad huvi ning annavad sisuka ülevaate meie tegevustest.

Head lugemist ja tulge meile Arbaverre külla
maapõue saladusi uurima!

Sirli

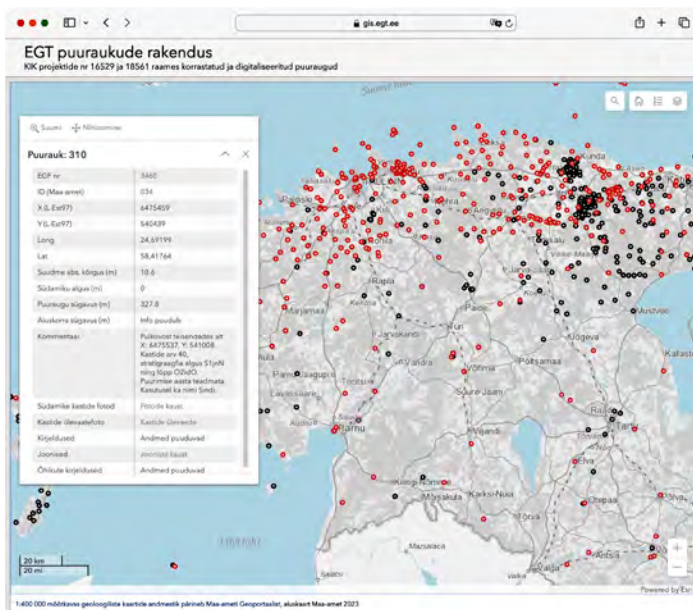


Arbavere teaduskeskus. Foto: Peeter Paaver.

Arbavere uurimiskeskuse arengust 2023 aastal

2023. aasta oli Arbavere uurimiskeskuse jaoks märgiline. Lõplikult valmis ja sai kasutusloa meie uus teadusmaja. Selle ehitamine ja sisustamine sai teoks tänu projekti „Ressurss nutikale Eestile“ (RENE) abile, uuringumaja kogumaksumuseks kujunes 1,33 miljonit eurot. Kokku 367 ruutmeetril on 45 kohaline konverentsi- ja koosolekute ruum, mida on võimalik lükatavate vaheseintega jagada väiksemateks. Lisaks teisel korrusel neli töökabinetti, laboriruum, kööginurk ning olmeruumid.

Teadusmaja valmimine on kaasa toonud Arbavere uurimiskeskuse külastatavuse märgatava tõusu. Nii on käinud Eesti Geoloogiateenistuse uurimisvõimaluste ja -tegevusega tutvumas riigiasutuste, ministeeriumide ja ülikoolide töötajad ning teadlased. Samuti on keskust väisanud Eesti Vabariigi President, peaminister ja mitmed ministrid. Meie oma inimesed kasutavad uue teadusmaja loodud võimalusi praktiliselt igapäevaselt.



Puursüdamike kaardirakenduse kuvatõmmis.

2023. aastal uuendasime me koostöölepingud Tartu Ülikooli, TalTech'i ja Tallinna Ülikooliga. Sõlmitud koostöölepingud annavad ülikoolidele võimaluse kasutada Arbaveres paiknevat Eesti Geoloogiateenistuse taristut, aparatuuri ja hoiustatud kivimmaterjali õppe- ja teadustööks ning tudengitele praktikate läbiviimiseks. Seda võimalust on agaralt kasutatud ja kasutatakse kindlasti ka edaspidi.

2019. a algas Keskkonnainvesteeringute Keskuse toel projekt nimega "Geoloogilise informatsiooni säilitamistingimuste parandamine", mille II etapp jõudis lõpule 2023. a sügisel. Selle käigus koliti tüh-

jaks Keilas asunud puursüdamike ladu ja paigutati Arbavere hoidlatesse Eesti aladelt puuritud 978 puuraugu südamikud. Pildistatud ja korrastatud 11 357 südamiku-kasti teave viiakse järk-järgult üle geoloogia andmebaasi ja on seotud materjalidega Eesti Geoloogiafondis, kust päringutega on võimalik kätte saada vajaliku puuraugu pildimaterjal ja muud varem teostatud uuringud. Puursüdamike kaardirakendus on kättesaadav aadressil <https://gis.egt.ee/portal/apps/dashboards/99f758ac4ef548f686b831adb3199378>. Tuula hoidlas asuvad ca 2900 kasti puursüdamikega on plaanis ümber kolida 2024. aasta jooksul peale 7. hoidla valmimist.

Aparatuuri osas täienes Arbavere uurimiskeskus polarisatsioonimikroskoobi ja kivimipurustiga. See annab parema võimaluse Arbaveres hoiustatud ca 18 000 õhiku uurimiseks ja pildistamiseks ning efektiivselt valmistada ette proovimaterjali laboriuuringuteks. 2024. aastal on kavas soetada isotoopanalüsaator vee hapniku-isotoopide määramiseks ning portatiivne spektromeeter reaalajas kivimite keemilise koostise analüüsimiseks.

Samuti on plaanis järgnevatel aastatel rajada õppeotstarbeline hüdrogeoloogiline katseväljak ning luua Arbaveresse võimalused geoloogidele ja teistele teadlastele lühiajaliseks peatumiseks, geoloogiafondi ajalooliste paberaruannete paremaks säilitamiseks ning tehnika ja varustuse hoidmiseks ning korrastamiseks.

Jaak Jürgenson Jaak.Jurgenson@egt.ee



EGT-TWINNi konsortsiumi liikmed Ühendkuningriigist, Taanist, Soomest ja Eestist Tallinnas.
Foto: EGT-TWINN.



EGT-TWINN käivitus hooga

2023. aasta jaanuaris algas Eesti Geoloogiateenistusel kolm aastat kestev mahukas EGT-TWINN projekt, mille eesmärgiks on arendada koos Soome, Taani ja Ühendkuningriikide geoloogiateenistuste ning Olulu ülikooli kolleegidega meie meeskondade oskusi ja teadmisi.

Projekti raames viiakse läbi arvukalt koolituskursusi maavarade uuringute, geoloogilise kaardistamise, 3D geoloogilise modelleerimise, andmebaaside halduse ja kesk-süva maasoojuse kasutuselevõtu valdkondades. Samuti korraldatakse EGT-TWINN raames Eestis mitmeid rahvusvahelisi teaduskonverentse, toimub teadlasvahetus partnerorganisatsioonide vahel ning viiakse läbi ühiseid geoloogilisi välitöid. Projekti rahastatakse Horizon Europe teaduse ja innovatsiooni programmist.

Täpsemalt on EGT-TWINNi eesmärgid järgmised:

- arendada teaduslik-rakenduslikku koostööd, võrgustike loomist ning läbi viia ühiseid kaasaegseid teadusuuringuid EGT geoloogide ja teiste projekti-partnerite vahel;
- omandada täiendavaid kogemusi geoloogilise kaardistamise ja geoloogiliste uuringute läbiviimiseks;
- tõsta EGT-s läbiviidavate maavarauuringute taset, integreerides geoloogiliste andmete kogumise, digitaalsete töövoogude, 3D-visualiseerimise ja geoloogilise modelleerimise ning geokeemilise-geofüüsikaliste uuringute tipptasemel tehnikaid;
- tugevdada geotermaalenergia uuringute teadmistebaasi;
- parandada geoloogiste andmete haldamist ja juurdepääsetavust andmete kogumise, haldamise ja pikaajalise säilitamise integreeritud metoodikate abil;
- arendada EGT-s keskkonnageoloogia-alast uurimisvõimekust;
- laiendada geoteaduste teabe levitamist ja kasutamist Eesti teadlaste, valitsuse, ametiasutuste, infrastruktuurispetsialistide ja laia avalikkuse poolt;
- parandada EGT suutlikkust olla edukas riikliku, ELi ja rahvusvahelise teadustegevuse rahastamise hankimisel.

2023. aasta jaanuaris algas projekt ametliku *kick-off* üritusega Tallinnas, et seada paika 2023. aasta täpsem tegevuskava. Selle raames toimusid olulised partnerite kohtumised ja ettekanded erinevate teemavaldkondade juhtidelt, samuti tutvustati projekti laiemale auditooriumile, kaasates ülikoole ja ametnikke. Veebruaris keskenduti Euroopa Komisjonile esitatava esimese projektiaruanne "Project Management Handbook" ettevalmistamisele, samal ajal



Kairi Põldsaar tutvustab EGT-TWINNi projekti Tartus Eesti Geoloogia Seltsi aprillikonverentsil. Foto: EGT-TWINN.

töötati välja projekti visuaalne identiteet ja loodi ametlikud veebileht ning sotsiaalmeediakanalid. Märtsis toimus Taanis Kambriumi-teemaline koolitus ja Helsingis GeoDays konverents, misjärel aprillis tutvustati EGT-TWINNi raames tehtavat mitmetel Eesti konverentsidel ja seminaridel. Maikuu suunduti mitmetele koolitustele, sealhulgas geotermaalenergia lühikursusele ja 3D geoloogilise modelleerimise konverentsile. Septembris ja oktoobris osalesid Eesti Geoloogiateenistuse töötajad mitmetel koolitustel Taanis ja Soomes, hõlmates kvaternaari kaardistamist, maavarade rikastamist, andmehaldust ja geotermaalenergia valdkondi. Novembris toimusid geotermaalenergia teemalised koolitused Taanis. Mahuka koostööprojekti tegevused jätkuvad aktiivselt 2024. aastal.

Kairi Põldsaar

Kairi.Poldsaar@egt.ee

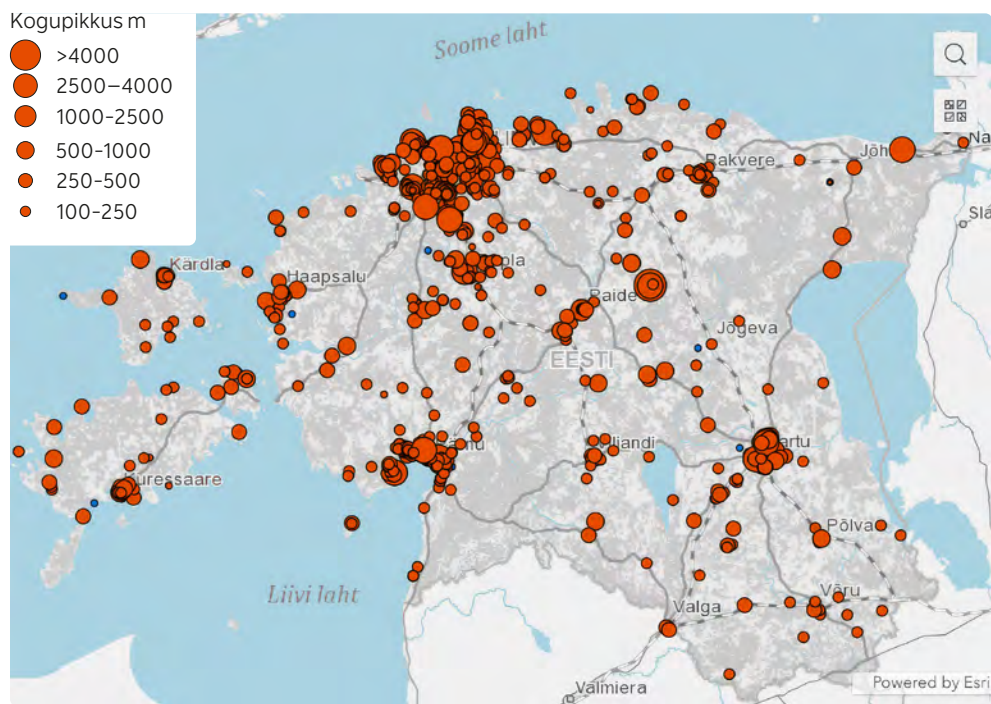


Puurimisplats Tiskres. Foto: Aivar Auväärt.

Esimesed puurimised ning temperatuurimõõtmised maapõueenergeetika osakonnas

2023. aasta oli Eesti maapõueenergeetika uurimisel tõine ja kiire. Kui eelmistel aastatel tehti pigem plaane ja ettevalmistusi, siis 2023. aastal sai hoo sisse ka maapõueenergeetika uuringute praktiline osa – valmisid esimesed 500 m sügavused soojuspuuraugud ning Soome Geoloogia-

teenistusega koostöös teostati detailed temperatuurimõõtmised eri piirkondades. Lisaks on valminud maapõuesoojuse süsteeme kajastav kaardirakendus, tihedalt koostööd tehtud Soome ja Taani geotermaalenergia valdkonna ekspertidega ning valmistatud ette uusi projekte tulevikuks.



Maapõuesoojuse kaart. Punased ringid tähistavad kinniseid ning sinised avatud soojussüsteemi installatsioone. Ringi suurus viitab soojussüsteemi puuritud kogupikkusele.

Varasemalt puudus kaart, mis kajastaks puuraukudel põhinevate kütte- ja jahutussüsteemide kasutamist Eestis. Selle vea parandamiseks valmis aasta alguses maapõuesoojuse kaardirakendus, mis näitab kõiki aktiivseid suletud või avatud süsteemiga opereerivaid, maapõuesoojust kasutavaid kütte- ja jahutuslahendusi Eestis. Kaardi mõõtkava suurendades tulevad esile ka iga süsteemi puuraukud koos lisainfoga. Puuraukude andmeid haldab Eesti looduse infosüsteem (EELIS) ning need on kättesaadavad VEKA rakenduses. Kaart annab hea ülevaate nii suletud kui avatud soojussüsteemi installatsioonide kogupikkusest ning paiknemisest. Kõige tihedamalt on aktiivseid

soojussüsteeme Tallinnas, Pärnus ja Tartus. Samas üks suurematest soojussüsteemi installatsioonidest Eestis asub hoopis Järva maakonnas Koerus, kus süsteemi kogupikkus on 6588 m ja see koosneb 47 puuraukust. Kokku on Eestis 01.12.2022 seisuga 1130 töötavat maasoojussüsteemi installatsiooni, millest 58 on avatud ning 1072 suletud. Puuritud soojuspuurauke/kaeve on kokku 3897.

Eesti aluspõhja ja aluskorra kivimite soojusjuhtivust on väga vähe uuritud ning meie õhuke, kuid litoloogiliselt rohkelt varieeruv aluspõhi on üsnagi haruldane. See pärast otsustasime teha koostööd Soome Geoloogiateenistusega, kelle eksperdid tegid mais ja juunis temperatuurimõõtmisi

Jõhvi, Kolu ja Paldiski puuraukudes. Temperatuurimõõtmisi teostati ADTS-i (active distributed temperature sensing) meetodiga, mis võimaldab mõõta efektiivset soojusjuhtivust ja temperatuuri puuraugus kuni 0,25 m resolutsiooniga ning vajadusel kord minutis. Mõõtmiste teostamiseks paigaldati puurauku fiiberoptiline kaabel ja vaskaabel, mis on mõlemad ühendatud mõõtmisaparaadiga. Temperatuuri saab mõõta tänu temperatuurist sõltuvale valguse hajumisele fiiberoptilises kaablis, mida kutsutakse Stokesi hajumiseks. Efektiivset soojusjuhtivust saab mõõta vaskaablit ühtlaselt kuumutades ning jälgides, kui kiiresti temperatuur muutub vaadeldaval sügavusel.

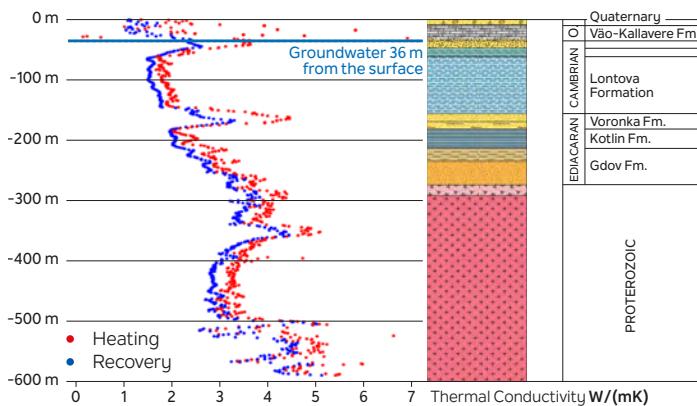
Üldiselt ühtisid soojusjuhtivuse andmed litoloogilise ehitusega. Madalamaid soojusjuhtivuse väärtusi (kuni 2 W/mK) on näha isoleerivate savikihtide juures,

kõrgemaid (kuni 5 W/mK) pudedates liivakihtides ning vahepealseid väärtusi lubja- ja dolokivides. Kõrgemad väärtused aluskorras viitavad parema soojusjuhtivusega mineraalide, nagu kvarts, magnetiit või pürokseen, olemasolule. Kõige sujuvamad ning potentsiaalikamad andmed tulid Jõhvi puuraugust, kus temperatuurid ulatusid 500 m sügavusel üle 16,5°. Keskmine soojusjuhtivus jahutusperioodil oli 2,78 W/(mK) ning soojendusperioodil 2,83 W/(mK). Võrreldes teise kahe puurauguga on Jõhvis üle 100 m savikihte, mis töötavad hea soojusisolaatorina, tekitades kõrgema geotermaalse gradiendi. Lisaks on sealsed aluskorrakivimid kõrgema soojusjuhtivusega, mis tõenäoliselt on tingitud magnetiiti, püriiti ja kvartsiiti sisaldavatest pürokseen- ja kvartsiitgneissidest. Kolu ja Paldiski puuraukudes on temperatuurid 500 m sügavusel pea 4° madalamad kui Jõhvis. Samuti esines Kolu ja Paldiski

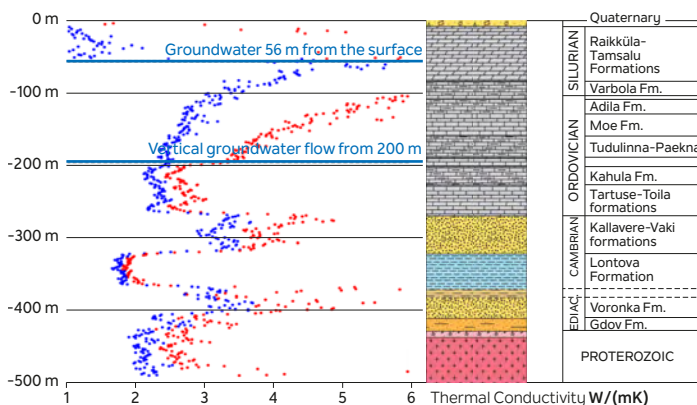


ADTS mõõtmised Kolu koos Soome Geoloogiateenistusega. Foto: Aivar Auväärt.

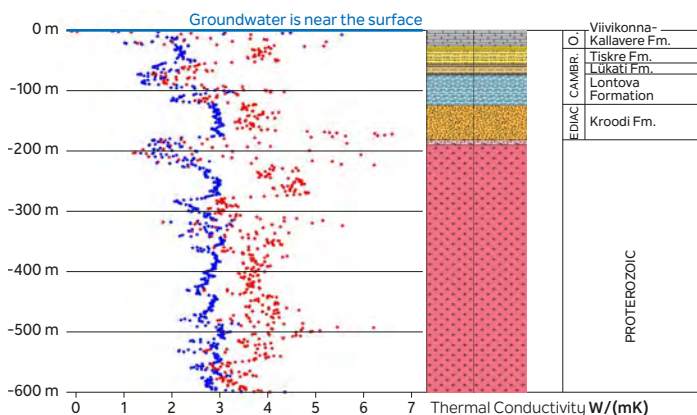
Jõhvi puurauk



Kolu puurauk



Paldiski puurauk



Jõhvi, Kolu ja Paldiski puuraukude efektiivse soojusjuhtivuse profiilid koos litotulpadega. Punasega on märgitud soojusjuhtivused soojendusperioodi ajal ning sinisega soojusjuhtivused jahutusperioodi ajal. Mõõtmisresolutsioon on 1 m.

puuraukudes rohkem voolavat põhjavett, mis raskendab adekvaatse efektiivse soojusjuhtivuse määramist.

Augustis alustati esimeste 500 m soojuspuuraukude puurimistöödega Tallinna lääneservas Tiskres. Puurimistööde teostaja oli OÜ Inseneribüroo Steiger. Puurimiseks kasutati tavalise südamikpuuri asemel suruõhu abil töötavat DTH (*down the hole*)-haamerpuuri, mis purustas kivi- mid peeneteks kildudeks. Nende hilisemal laboratoorsel analüüsil saab hinnata kivi- mite keemilist ning mineraloogilist koostist, mille abil saab omakorda paremini hinnata kivimite soojusparameetreid ning korre- leerida temperatuuriandmestikku kivimi ehitusega. Oktoobri alguseks jõuti Tiskres puurimisega plaanitud 505 m sügavusele, seejärel pakiti varustus kokku ning ok- toobri keskel algasid juba uued puurimised Roosna-Allikul. Kokku on Roosna-Allikule planeeritud viis 500 m soojuspuurauku, nendest üks sai 2023. aasta lõpus ka valmis. Mõlemasse asukohta on planeeritud katse- jaam, mille eesmärk on pakkuda keskkonna- sõbralikumat ja odavamat küttevarianti ning samuti hinnata maapõuesoojuse ka- sutamise potentsiaali Eestis. Roosna-Alli- kul hakkab katsejaam tootma soojust kaug- küttevõrgule, kuhu on ühendatud kohalik lasteaed, põhikool, korterelamu, ärihoone ja valla teeninduskeskus ning mis seni on kütmiseks kasutanud põlevkiviõli. Tiskres

hakkab katsejaam tootma soojust korte-
relamule, mis on seni kütmiseks kasutanud
maagaasi. Kõikidesse puuraukudesse pai-
galdatakse nende valmimisel kogu augu
ulatuses U-kujulised plasttorud, kus sees
hakkab ringlema soojuskandevedelik, mis
salvestab endasse ümbritseva maasoo-
juse. Seejärel liigub vedelik soojuspumpa,
kus soojus eraldatakse küttesüsteemi
tarbeks. Lisaks paigaldatakse igasse puu-
rauku DTS (*distributed temperature sensin-
g*)-seadmega ühendatud klaaskiudkaablid,
mille abil saab hinnata puuraugu tempera-
tuuri iga meetri tagant kuni kord minutis.
See annab hea võimaluse uurida, kui kiiresti
erinevad kivimkihid jahtuvad, mis tempe-
ratuuriga on kivimkihid näiteks paar aastat
peale soojuse ammutamist jne.

Puurimistööd käivad hoogsalt, järgmine
eesmärk on kõik puuraugud valmis saada,
seejärel U-torud koos DTS-anduritega
aukudesse panna ning katsejaamad tööle
saada. Suur osa 2024. aastast ongi plaa-
nitud just nende tegevuste peale. Paral-
leelselt Roosna-Alliku ja Tiskre töödega
käivad planeerimised juba järgmisteks pro-
jektideks. Kui Roosna-Allikul saab viimane
puurauk valmis, siis kolib Steiger oma va-
rustusega Arbaverre 700 m soojuspuu-
rauku rajama. Nimelt on Arbaverre plaanis
rajada viienda põlvkonna madalatempe-
ratuuriline kaugkütte- ja jahutusvõrk. Viies
põlvkond põhineb küttevõrku ühendatud
hoonete omavahelise soojuse ja jahutuse
vahetamisel vastavalt vajadusele. Tegemist
oleks demonstratsioonprojektiga, mille
eesmärk on koguda infot, kui teostatav



Puurimistööd Roosna-Allikul. Foto: Rasmus Kont.

ning tasuv sellise süsteemi rajamine Eestis
oleks. Kaugküttevõrguga oleks ühendatud
neli hoonet: teadusmaja, planeeritav maju-
tushoone, hoidla nr 1 ning hoidla nr 4. Järg-
mise tulevikuprojektina on kavas uurida
Eesti kvaternaarisetete geotermalaenergia
potentsiaali, mis on siiani Eestis olnud pea-
aegu et uurimata. Kvaternaarisetteid leidub
üle Eesti ning nende paksused mattunud
orgudes võivad kohati ulatuda kuni 200
m-ni, seega tundub potentsiaalne kasu-
tada setetes voolavat põhjavett erinevates
küttelahendustes. Projekti käigus on kavas
uurida soojuse tarbimisvajadust ja kvater-
naarse põhjavee energeetilist väärtust ning
projekti lõpuks on plaanis rajada avatud
sojussüsteemi pilootjaam.



Paneeldiskussioon Sõmerus toimunud seminaril. Foto: Liisa Edur.

Algas fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside uuringute järgmine etapp

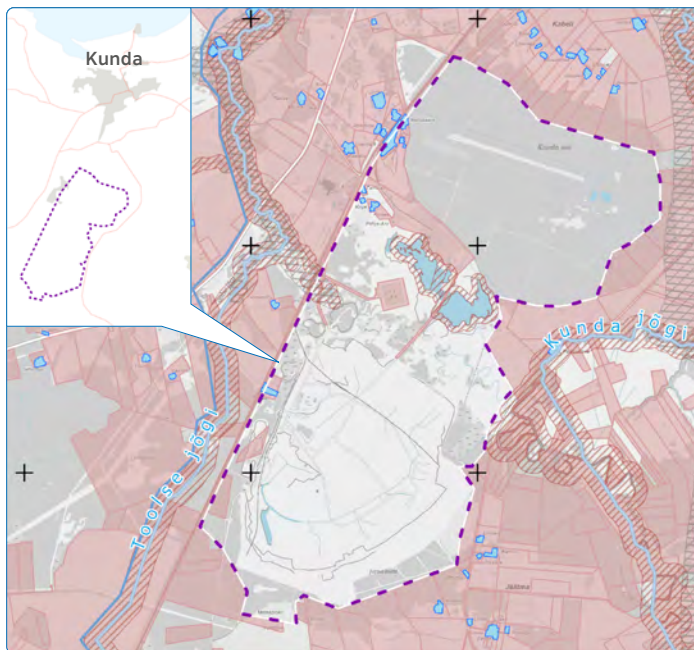
Meie tänapäevane elukorraldus on üles ehitatud maavarade kasutamise najale. Keskmise lääne-maailma inimene tarbib oma elu jooksul ära umbes üheksa tonni rauamaaki, iga tuulegeneraator sisaldab umbes ühe tonni jagu neodüümi ning ilma mineraalväetisteta oleks võimalik ära toita kõigest pool maailma elanikkonnast.

Potentsiaali on ka Eestil, sest teadaolevalt paiknevad meil ühed Euroopa suurimad fosforiidiravurud ja lisaks fosforile esinevad Eesti fosforiidis ka haruldased muldmetallid. Samuti on fosforiidiga seotud teised potentsiaalsed maavarad nagu graptoliitargilliid, mis on rikastunud vanaadiumi, molübdeeni ja uraaniga. Nende elementide majanduslikult mõistliku eraldamise võimalus vajab siiski veel uuringuid. Maavarade uurimine kestab tavaliselt kaua ning esimestest analüüsides

töötava kaevanduseni läheb üldiselt 10 kuni 20 aastat. Kaevandamine selliselt, et tegevus oleks majanduslikult tulus, häiriks võimalikult vähe keskkonda ja oleks ka kohalikule kogukonnale sobiv, on äärmiselt keerukas.

Vanad andmed kaasajastati

Selleks, et olla oma maapõue tark peremees, on vaja geoloogilisi andmeid kaasajastada. Aastatel 2018–2022 teostas Eesti Geoloogiateenistus fosforiidi ja kaasnevate ressursside uuringu, mille põhifookuses olid ajaloolised andmed. Projekti peamine eesmärk oli hinnata vanade andmete kasutatavust ning üldisel tasemel fosforiidi ja kaasnevate ressursside majanduslikku potentsiaali. Lisaks valmistati ette materjalid jätku-uuringuteks. Töö käigus digiteeriti vanad fosforiidi uuringute aruanded, mille põhjal loodi andmebaas, mis sisaldab üle 6000 puurauguga seotud infot ja üle 21 000 keemilise analüüsi. Loodud andmebaasi põhjal koostati fosforiidi ruumimudel Toolse ja Rakvere maardlatest. Ajalooliste andmete valideerimiseks puuriti ka 37 uut puurauku Toolse, Rakvere ja Aseri maardlate ümbruses. Saadud puursüdamikke analüüsiti põhjalikult erinevate geokeemiliste ja -tehniliste meetoditega. Uuringute tulemusena võib järeldada, et ajalooliste andmete kvaliteet on üldiselt hea. Ootuspäraselt on näha, et piirkondades, kus varasemalt oli puuritud vähem puurauke või maavarade lasundi paksus ja kvaliteet muutlik, on erinevused suuremad. Haruldaste muldmetallide sisaldused olid Rakvere maardlas 200–300 g/t ja Toolse maardlas 300–400 g/t. Toolse maardla puhul on oodata rikastamise käigus haruldaste muldmetallide sisalduse suurenemist umbes 1200–1300 g/t-ni.



- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| — Laiendatud Aru-Lõuna | ▨ Mattunud org |
| — Vooluveekogu | ■ Eraõu |
| — Toolse PUA | ■ Eraomandis katastriüksus |
| ▨ Veekogu piiranguvöönd | |

Laiendatud Aru-Lõuna uuringuala.

Tuginedes loodud andmestikule teostati ruumianalüüs, et leida võimalikud perspektiivsed uuringualad järgnevateks uuringuteks. Alade valiku kriteeriumideks olid geoloogilise varu suurus ja kvaliteet, samuti võeti arvesse paiknemist asustatud piirkondade suhtes ning esialgseid hinnanguid keskkonnamõju osas.

Uuringud lähevad täpsemaks

Tehtud analüüside tulemusel otsustati minna uuringutega detailsemaks Kunda lähedal laiendatud Aru-Lõuna alal, mis suures osas kattub olemasoleva Aru-Lõuna lubjaviikarjääri ja sellest põhja pool asuva endise

lubjakivi kaevandamise alaga. 2023. aastal algas kolm aastat vältav uuringuprojekt, mille üks peamisi eesmäärke on leida uuringualal fosforiidi väärindamiseks parim tehnoloogia. Uuringute aluseks võetakse lisaks Eesti geoloogiateenistuse varasematele uuringutele ka TalTechi ja Tartu Ülikooli teadlaste poolt läbi viidud RITA ja RESTA teadusprojektide tulemused. Uuringutega soovitakse leida vastuseid küsimustele, kuidas on tööstuslikul skaalal kõige mõistlikum Eesti fosforiiti töödelda, kas ja kuidas on fosforiidist võimalik eraldada haruldasi muldmetalle ning väärindada fosforiidiga kaasnevaid ressursse (graptoliitargilliit, galukoniitliivakivi, turvas, lubjakivi) ning milliseid lõpptooteid on fosforiidist otstarbekas toota. Tehnoloogia arendamise käigus kaardistatakse tekkivaid keskkonnamõjusid ning hinnatakse majanduslikku perspektiivi, vajadusel teostatakse ka parima tehnoloogia skaleerimise katsetused. Laboriskaalal (*bench scale*) on uuringu käigus plaan fosforiidi väärindamise katsetused viia läbi kahe tehnoloogiaga – väävelhappe ja soolhappe tehnoloogiatega. Selle järel valitakse välja üks tehnoloogia, mida katsetatakse pideva protsessina suuremal skaalal (*pilot scale*).

2023. aastal oli peamises fookuses projektimeeskonna moodustamine, detailsema tegevuskava loomine, hüdrokeoloogiliste uuringutega alustamine ning samuti seni tehtud fosforiidiuuringute tulemuste ja 2023. aastaga alanud järgmise uuringuetapi tegevuste tutvustamine laiemale avalikkusele ning Lõuna-Aru Rakvere ja Viru-Nigula valla elanikele. Põhjalikud seminarid toimusid 2023. aasta märtsis Teaduste Akadeemias ja Rakvere valla keskkuses Sõmerul, juunis toimus Lõuna-Aru uuringuala vahetus läheduses Lammasmäel tegevusplaanide tutvustamine kohalikele elanikele. 2023. aasta jaanuaris tutvustati Arbaveres fosforiidiuuringuid Eesti Keskkonnaühen-

duste Koja liikmetele. Ühe sammuna sõlmiti 2023. aastal leping Maaelu Teadmuskeskusega. Koostöö eesmärgiks on katsetada maapõues fosforiidikihist üleval pool asuva glaukoniit-liivakivi sobivust kaaliumväetise tootmiseks.

Kuna fosforiidi väärindamine on sõltuv lähtematerjali ehk fosforiidi omadustest, on alanud uuringutes vaja kasutada perspektiivse ala materjali. Selleks plaanitakse 2024. aasta teises pooles võtta täiendavaid proove kuni 50 tonni suuruses mahus. Uuringutes on väga oluline roll ka veeressursside seirel ja analüüsil. 2023. aastal alustati vee seirega Toolse jõel ja Kunda jõe alamjooksul, samuti paigutati uuringuala lähedal olevatesse kaevudesse automaatsed veeseireandurid. Need andmed on vajalikud, et täpsustada põhjavee mudelit ning paremini mõista põhja- ja pinnavee omavahelisi seoseid ja täpsemalt hinnata võimaliku kaevandamise mõju Lõuna-Aru uuringualal.

Oluline on märkida, et maailmas on küll mitmeid praktilisi fosforiidi väärindamise meetodeid, kuid seni ei ole teada toimivat fosfori ja haruldaste muldmetallide kooseraldamise tehnoloogiat. Seetõttu ei ole võimalik Eestis ühtegi toimivat tehnoloogilist lahendust ühele üle võtta, vaid tuleb erinevatest aspektidest lähtudes leida kõige paremini sobiv tehnoloogia ning seda meie toormele kohandada.

Kokkuvõtvalt on 2023. aastal alanud ja kolm aastat kestva uuringuetapi eesmärgiks saada täpsem ülevaade Eesti fosforiidi ja kaasnevate ressurside majanduslikust potentsiaalist ning elu- ja looduskonnaga mõjust. See annab Eesti ühiskonnale võimaluse 2026. aastal otsustada, kas ja kuidas tasub fosforiidi ja kaasnevate ressurside väärindamisega edasi liikuda.

Tiit Kaasik
Erki Peegel

Tiit.Kaasik@egt.ee
Erki.Peegel@egt.ee



Eivere lubjakivimaardla. Foto: Janne Tamm.

Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Järva maakonnas

Eesti Geoloogiateenistus (EGT) sai 2020. aastal Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumilt ülesande hinnata Järva maakonna ehitusmaavarade praegust olukorda ja perspektiivi. Uurimistöö toimus aastatel 2020–2023 ja aruanne tehtud geoloogiliste tööde tulemuste kohta on leitav Eesti Geoloogiafondist (EGF ist) ¹.

¹ "Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Järva maakonnas". EGT, 2023. EGF aruanne nr 9740. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9740>.



Ehitusmaavarade uurimistööd Järvamaal.
Foto Kristjan Leben.

Uurimistöö eesmärk oli anda ülevaade Järva maakonna ehitusmaavarade levikust, ressursist ning kasutamisest, hinnata praegust varustuskindluse olukorda ja kirjeldada maakonna ehitusmaavaradega varustamise võimalusi detailsemalt kuni aastani 2030 ning ülevaatlikult kuni 2050.

Uurimistöö vajadus tulenes Eestis viimastel aastatel suurenenud ehitusmaavarade tarbimisest, nende osatähtsusest riigi taristuobjektide rajamisel ning sellega kaasnevatest probleemidest, mille lahendamine vajab riiklikku regulatsiooni. Nii näiteks tuleb riigile kuuluva taristu ehitamist varustada vajaliku koguse kvaliteetsete täitematerjalidega, kuid arvestama peab seejuures ka veokauguse majanduslikku otstarbekust. Ehitusmaavarasid kasutatakse peamiselt teede ehituseks ja remondiks.

Uurimistöö ülesanne oli riigi huvist lähtudes esile tõsta Järvamaa need piirkonnad, kus loodusliku maavara omaduste järgi on võimalik eeldada ehitussektori, sh eelkõige teetööde jaoks vajaliku toorme nõuetele vastava ehitusmaavara kaevandamist.

Uurimistöö lähtematerjalidena kasutati EGTs ja kuni aastani 2018 Eesti Geoloogiakeskuses tehtud geoloogilise kaardistamise andmeid ning EGFis arvele võetud geoloogiliste uuringute ja uurimistööde aruandeid², samuti maavarade registri

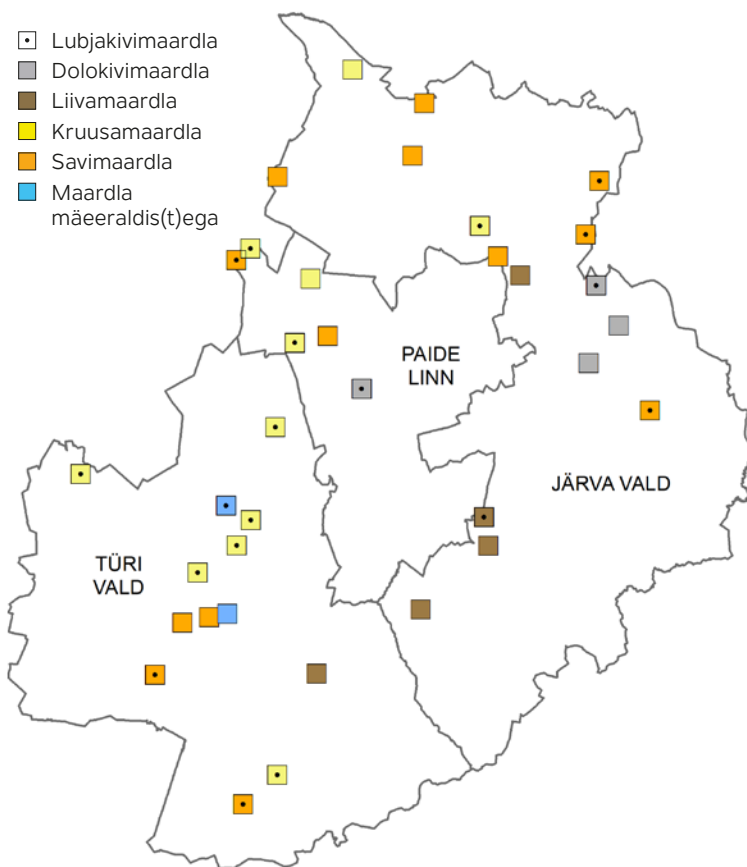
² Eesti Geoloogiafond <https://fond.egt.ee/fond/>

andmeid koos maavaravarude koondbilanssidega³.

Maavarade registris on Järva maakonna ehitusmaavaradest arvele võetud Siluri ajastul tekkinud lubjakivi- ja dolokivivaru ning Kvaternaari ajastu liiva-, kruusa- ja savivaru.

Uurimistöös on samuti esitatud ülevaade ehitusmaavarade kasutamise kohta kehtestatud õigusaktidest ning kirjeldatud alternatiivsete ehitusmaterjalide kasutamise võimalusi. Uurimistööga kogutud teave ja ehitusmaavarade ressursi analüüs aitavad edaspidi kaasa geoloogilise uuringu ja maavarade kaevandamise loa taotluste menetlusele. Töös esitatud seisukohad on olulise infona suunatud eelkõige avalikkusele ja kohalikele omavalitsustele, et neid aegsasti teavitada riigi huvist lähtuva ehitusmaavarade kasutamise vajalikkusest ning perspektiivsete kaevandamisalade planeerimisest Järva maakonnas. Uurimistöö tulemuste andmeid on võimalik kasutada kohalike omavalitsuste üldplaneeringutes.

Järva maakond paikneb valdavalt Pandivere kõrgustiku lääne- ja edelanõlval, mille algse pinnamoe moodustab aluspõhjaline kõrgendik (keskosas 120–150 m üle merepinna). Aluspõhja üldine pinnamood kajastub teatud määral ka pinnakatte setete paksuses, mis on Järvamaal valdavalt alla 5 m. Kõige õhem, alla 2 m, on pinnakatte paksus maakonna keskosas Anna, Vodja, Paide ja Koigi piirkonnas, kus on



Järvamaa ehitusmaavarad.

seetõttu olnud rohkesti paemurde. Pinnakate on paksem Türi voorestikus ja maakonna lääne- ning idaosas, kus laialdsemalt levivad soosetted või oosid, mõhnad ning valdavalt moreenist koosnevad künkad ja seljandikud.

Seisuga 10.03.2023 oli Järvamaal kokku 35 ehitusmaavarade maardlat, neist kolm paiknesid Järva maakonnas osaliselt, ulatudes ka naabermaakonda.

³ Maavarade register <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed/Maardlate-nimistu-p83.html>

Maardlate varu üldandmed on esitatud maavaravarude koondbilansi järgi seisuga 31.12.2021^{4,5}. Varustuskindluse analüüsi tegemiseks on kasutatud maavarade registri mäeeraldiste jääkvaru andmeid seisuga 12.04.2023. Ehitusmaavarade geoloogilise uuringu lubade ja kaevandamislubade taotluste andmeid on kogutud ja analüüsitud kogu uurimistöö vältel.

Karbonaatsete kivimite ehk paekivi levikuala, kus on arvele võetud lubjakivi- ja dolokivimaardlad, paikneb enam-vähem Järvamaa keskosas Varbola, Tamsalu ja Raikküla kihistu avamusel. Ehituspaekivi kasulikus kihis on arvele võetud kõigi eespool nimetatud kihistute kivimeid, tehnooloogilise lubjakivi kasuliku kihina on arvele võetud Tamsalu kihistu brahhiopoodi Boreal borealis kodadest ja nende fragmentidest koosnev karplubjakivi. Olulised lubjakivimaardlad on Eivere maardla Paide linnas ja Karinu maardla Järva vallas. Maakonna lõunaosas Türi vallas paikneb Kareda dolokivimaardla, mis on ainuke maardla maakonnas, kus kaevandatakse ehitusdolokivi.

Liiva- ja kruusasetete levikuala on Järvamaal seotud peamiselt liustikujõe setetega maakonna põhja- ja edelaosas, kus need setted esinevad nii kirde-edela kui ka loode-kagusuunaliste vöönditena. Setete avamusel on välja eraldatud enamik

liiva- ja kruusamaardlaid. Olulisemad nendest on Liivamäe, Rõamäe ja Mõisametsa liivamaardla ning Karude kruusamaardla.

Savi levikuala paikneb maakonna edelaosas, kus levib ulatuslikult jääjärvelisi setteid. Selles piirkonnas on välja eraldatud kaks maardlat: Vändra ja Türi savimaardla.

Järvamaal paiknevate lubjakivi-, dolokivi-, liiva-, kruusa- ja savimaardlate kogupindala on 1575 ha ehk 15,75 km², moodustades ligi 0,6% maakonna pindalast (2674,12 km²). Ehitusmaavaradest on kõige enam arvele võetud kruusa (13 maardlat) ja liiva (11 maardlat), mis moodustavad kokku 69% kõikidest maakonna ehitusmaavarade maardlatest.

EGT teeb üldgeoloogilist uurimistööd Kesk-Eestis (luba YGUL/508483; kehtib 2020–2025), mille käigus on tehtud südamikpuurimine ka Järva maakonnas 2022. aastal⁶. Maavarade registris olevate Järvamaa maardlate tüüpläbilõigete kirjeldusi on käesolevas uurimistöös võrreldud Kesk-Eesti puurimisel võetud kivimiproovide katsetulemustega ning samuti ettevõtete tehtud geoloogiliste uuringute tulemusega.

Järvamaa ehitusmaavarade kaevandamise maht on 1042,3 tuhat m³ ja see moodustab 9,6% Eestis kaevandatud ehitusmaavarade kaevandamise mahust.

⁴ Maavaravarude koondbilanss 2021 https://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/koondbilanss_2021.pdf?t=20220605194101.

⁵ Maavaravarude koondbilansi 2021 seletuskiri https://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/koondbilanss_2021_seletuskiri.pdf?t=20220605194136.

⁶ EGF nr 9657. Kesk-Eesti puurimisprojekti aruanne. (J. Nezdoli, M. Kabel, K. Leben jt) <https://fond.egt.ee/fond/egf/9657>.

Ehitusmaavara	Maardlate arv	Aktiivne tarbevaru (aT)	Aktiivne reservvaru (aR)	Passiivne varu (pT+pR)	Kaevandamise maht 2021
Lubjakivi	4	10 229,2	5613,0	56,0	377,8
Dolokivi	5	10 767,4	82 424,0	346,0	41,4
Liiv	11	5934,1	2193,0	76,0	554,5
Kruus	13	4055,0	1868,0	130,0	68,6
Savi	2	656,2	205,3	279,0	0,0

Ehitusmaavarade varu ja kaevandamise maht Järva maakonnas seisuga 31.12.2021 (tuhat m³)

Kõige enam kaevandatakse maakonnas liiva (554,4 tuhat m³) ja lubjakivi (377,8 tuhat m³), mis moodustavad vastavalt 53% ja 36% kogu maakonna ehitusmaavarade kaevandamismahust.

Transpordiameti andmete põhjal on ehitusmaavaradega varustuskindluse tagamiseks Järvamaal aastani 2030 nende maavarade vajadus kokku üle 3,3 mln m³, mida põhiliselt riigiteede ehituseks ja remondiks kasutab Transpordiamet (ligi 3,0 mln m³).

Järvamaa ehitusmaavarade vajaduse täpsemat prognoosi pikema perspektiivi jaoks aastani 2050 ei ole tehtud. EGT on uurimistöös andnud soovitusi teha täiendava maavara arvele võtmiseks geoloogilisi uuringuid varem geoloogiliste töödega välja eraldatud ehitusmaavarade perspektiiv- ja levialadel.

Lisaks on teetöödel võimalik kasutada alternatiivseid ehitusmaterjale, näiteks põlevkivi kaevandamisel saadud aherainet ja paekivi kaevandamisega kaasnevaid paesõelmeid, mille abil saaks osaliselt vähendada ehitusmaavarade kaevandamise kogust, kuid

aheraine kasutamise korral tuleb arvestada ka suurema transpordikuluga ja materjali madalama kvaliteediga. Samas vähendab alternatiivsete ehitusmaterjalide ulatuslikum kasutamine kaevandamisest tingitud keskkonnamõju ja pikendab loodusressurside kestlikku kasutamist.

Uurimistöö tegemisele aitasid kaasa Järva maakonna kohalikud omavalitsused, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Keskkonnaministeerium, Maanteeamet, Keskkonnaamet, Maa-amet ning ehitusmaavarade valdkonna eksperdid ja ettevõtjad.

Tamm, J., Leben, K., Liivamägi, S., Kuivkaev, H., 2023. Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Järva maakonnas. Uurimistöö aruanne. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere, 180 lk.

Janne Tamm

Janne.Tamm@egt.ee



Töötuba Arbavere uurimiskeskuses – Tallinna geograafiaõpetajad tutvumas "Maapõue seljakotiga".

Foto: Sirle Liivamägi

BRIEFCASE'i projektide eesmärk on teadvustada kooliõpilastele mineraalsete toormete olulisust, juhtides samal ajal tähelepanu nende kaevandamise murekohtadele. Tervikliku pildi loomiseks pööratakse tähelepanu ka inimeste tarbimiskäitumisele, kaevandamisega kaasnevatele eetilistele probleemidele väljaspool Euroopat ning maavarade rollile kliimamuutuste leevendamisel. Samuti julgustatakse õpilasi avastama karjäärivõimalusi geoloogias ja mäenduses. Spetsialistide järelkasv ning informeeritud avalikkus võivad kujundada Euroopas arusaama kaevandamisest kui vastutustundlikust ja kaasaegsest tegevusest, millel on teadlike otsuste

langetamisel minimaalsed negatiivsed mõjud keskkonnale ja ühiskonnale.

Projektide käigus valmivad teemakohvrid ehk õppematerjalid, mis annavad noortele võimaluse mängulises vormis tutvuda erinevate mineraalsete toormete ja nende kasutusalaadega. Esimene BRIEFCASE'i projektis koostatud kohver sisaldas mineraale koos neile vastavate igapäevaste esemetega. Aastate jooksul on BRIEFCASE'i mängu/metoodikat täiendatud ja lisandunud on nii mitmeid uusi teemakohvreid kui ka virtuaalseid mängu.

„Maapõue seljakott“ on RISBRIEFCASE'i projekti käigus Eesti Geoloogiateenistuse

ekspertide poolt koostatud kohver, millest leiab õpilastele mängimiseks kolm mängu. Mängude käigus õpitakse tundma Eesti maavarasid, kriitilisi toormeid ja nende laiaulatuslikke kasutusalasid ning maavarade ja toormete kasutamisega seotud keskkonna- ja ühiskonnaprobleeme Eesti näitel.

„Maapõue seljakotti“ on pakitud 10 maavara. Esimeses mängus „Eesti maavarad“ tuleb õpilastel kivimi nägemise ja kirjeldamise ning erinevate vihjete abil ära arvata, mis maavaraga on tegu. Vihjed hõlmavad erinevaid fakte vaadeldava maavara kohta – selle koostis, teke, kasutus, kaevandamine jne.

Teine mäng „Kriitilised toormed meie igapäevaelus“ tutvustab kümne kriitilise toorme ühte kasutusala. Õpilastel tuleb kolme väite hulgast välja valida õige. Kriitilised toormed on loodusressursid, mis on Euroopa Liidu majanduse jaoks strateegilise tähtsuse ning kõrge varustuskindluseriskiga. Kriitiliste toormete kasutusala on väga laiaulatuslikud ja kuigi eelkõige

leiavad need kasutust erinevates kõrgtehnoloogilistes lahendustes, näiteks tuulikute turbiinides ja päikesepaneelides, siis vaja on neid ka meie kõige igapäevasesmates asjades, nagu nutitelefonides.

Kolmandas mängus „Kriitiliste toormete pusle“ saavad õpilased mängukaardid – igal kaardil on lähemalt tutvustatud mõnda Eesti maavara, kriitilist tooret, toormete kasutusala või geoloogias esilekerkivat keskkonna- või ühiskonnaküsimust. Õpilaste ülesanne on kaartidel kirjutatud arvesse võttes koostada omavahel kokku sobivad kaardikomplektid ning selgitada leitud seoseid.

Kõiki mängu on võimalik mängida eraldi seisvalt, kuid tervikpildi saamiseks on soovituslik mängida neid järjest.

„Maapõue seljakotti“ on koolidel ning teistel asutustel võimalik õppetegevuseks Eesti Geoloogiateenistuse käest laenutada. Samuti on võimalik „Maapõue seljakotiga“ tutvuda geoloogiateenistuse Arbavere uurimiskeskuses ning paljudes Eesti muuseumites.

<https://egt.ee/seljakott>
<http://briefcase.eitrawmaterials.eu>

Supported by



RIS
Briefcase
of mineral applications

Sirle Liivamägi

Sirle.Liivamagi@egt.ee



Stabiliseerimist vajavad vanad kaevanduskäigud. Foto: Urbex Estonia.

Põlevkivituhk kaevandusala tagasitäitena ja selle mõju põhjaveele

Põlevkivi kaevandamise tagajärjel paikneb suur osa Kirde-Eesti territooriumist altkaevandatud alal. Mõnes seelses piirkonnas põhjustab kunagi toimunud kaevandustegevus endiselt ohtu maapinna ja sellel asuvate rajatiste püsivusele. Piirkonna asustustihedus on seejuures suurem just nendel aladel, kus kaevanduspealne katend on õhem ja maapind seega ebakindlam.



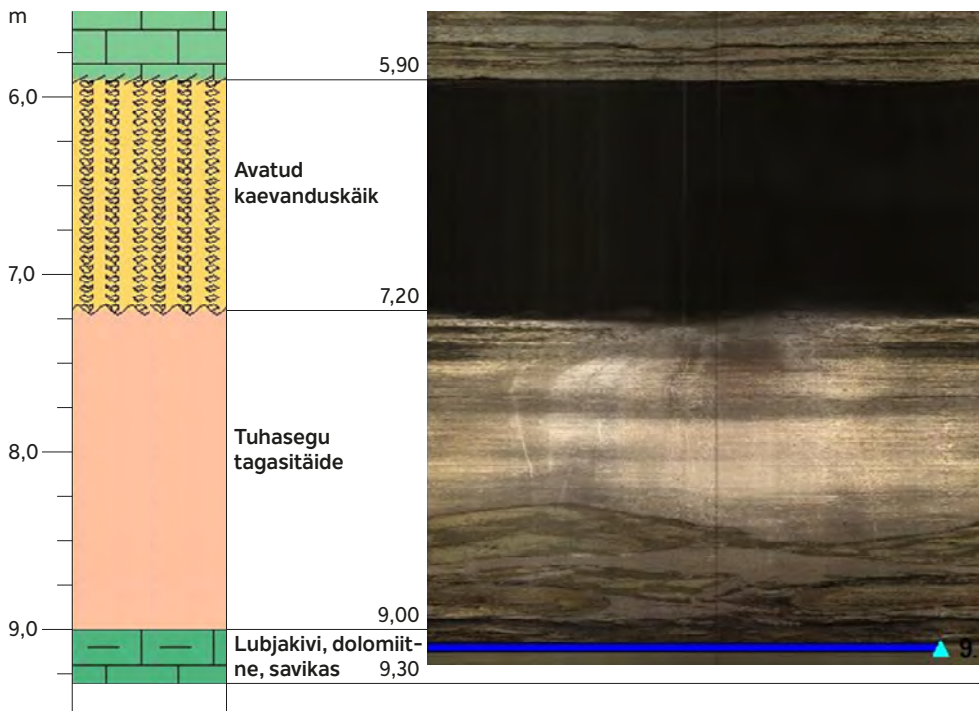
Täitesegu segamine ja pumpamine kaevandusse läbi selleks puuritud tagasitäite puuraukude. Foto: EGT.

Endiste kaevandusalade stabiilsuse tagamiseks on mujal maailmas levinud praktika kaevanduste tagasitäitmine (Gray 2020; Watson jt. 2019). Tagasitäitena kasutatakse segu, mis on keskkonnale piisavalt ohutu, odav ja mis tagab kaevandustühimikesse viiduna nendepealse maapinna stabiilsuse (Shen jt. 2017). Eestis on seni kaevandusala stabiliseerimiseks tagasitäitmist kasutatud vaid üksikutel juhtudel. Seniste uuringute alusel võiks tagasitäite materjaliks sobida põlevkivituhk (Puura jt. 2009; Pastarus jt. 2013; Siitam 2016). Põlevkivitööstus, mille toorme saamiseks on kaevandused rajatud, toodab ise heitmetena suures koguses põlevkivituhka, millele pole kaasajal mastaapset kasutust leitud. Tartu Ülikool koostöös Eesti Geoloogiateenistusega viis aastatel 2021–2023 läbi tagasitäite uuringu, mille eesmärgiks oli prognoosida ja mõõta põlevkivituhast tagasitäite

mõjusid põhjaveele ning katsetada täitesegu maa alla pumpamise tehnoloogilist teostatavust (Osjamets, Mõtlep, Liira 2023).

Töö käigus täideti Kohtla-Järve linnas asuv 10 m pikkune kaevanduskäigu lõik põlevkivielektrijaama lendtuha ja vee seguga. Katsetati, kuidas mujal maailmas levinud tagasitäitmise meetodika sobib põlevkivituhaga segust tagasitäite puhul. Tagasitäite pumpamiseks kaevanduskäiku puuriti 6 spetsiaalset puurauku, mille sisse paigaldati kaevanduse põhjani ulatuv täitetoru. Kokku kasutati katses 74 m³ põlevkivi lendtuhka, mis kaevanduskäiku pumbatuna moodustas keskmiselt 1,6 m paksuse tuhkbetooni keha. Kasutatud lendtuhk pärines Eesti elektrijaama kuivsilost ja see transporditi katsealale kinnise autoga. Katsealal segati tuhk veega sama auto kinnises süsteemis nii, et puudus vajadus tuha vaheladustamiseks. Kasutatud tuhka käidelda ja segada oli mugav ja see toimus tõrgeteta, kuid täitmise jõudlus oli madal. Kokku kulus segu segamiseks ja pumpamiseks koos tuha transpordiga 13 päeva. Täitmise kiirust oleks võimalik tõsta mitme seguauto kasutamisega, mis vähendaksid tuha transpordi tõttu tekkinud seisakuid. Veelgi suurema jõudluse tagaks võimsamate segumasinate kasutamine ja tuha kohapealne hoiustamine.

Mujal maailmas kasutatakse täitesegudes täiteainena enim kaevandamise kõrvalprodukte ja sideainena tsementi, kivisöetuhka, räbu, purustatud lubjakivi ja lupja (Behera jt. 2021). Eesti põlevkivitööstusestānapāeval tekkivat põlevkivituhka pole seni suuremas koguses tagasitäitmiseks kasutatud. Seega oli töö üheks eesmärgiks leida täitmiseks sobiva põlevkivituhasegu retsept. Tagasitäitmise katse käigus mõõdeti olulisemate

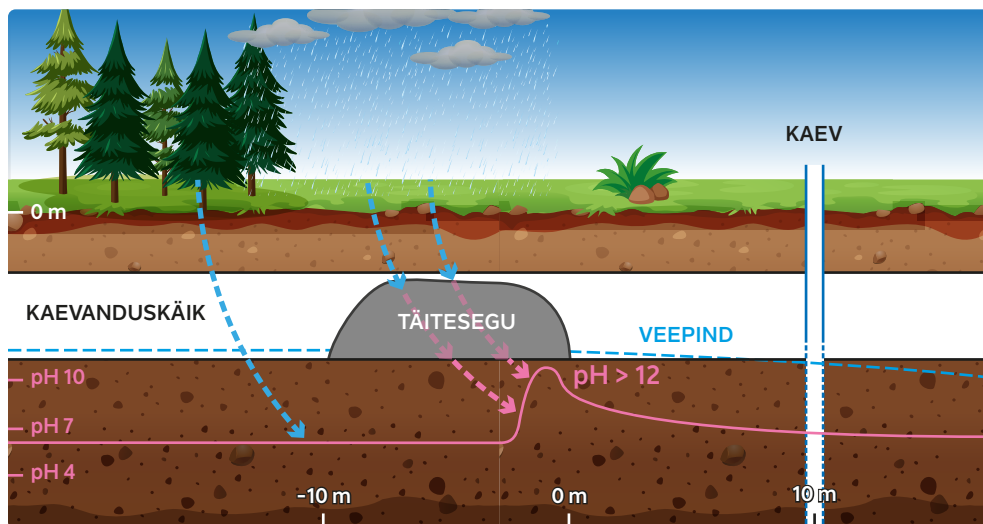


Kaevanduskäigus 28 päeva tardunud tagasitäide. Väljavõte puuraugu geotulbast ja 360° fotost.

parameetrite selgitamiseks segu veesisaldust, voolavust, segu pinnale tekkiva „vaba vee“ hulka, mahumuutust tardumisel, mineraloogiat ja leostusomadusi ning tuhk-betooni survetugevusi. Kaevanduskäigus kivistunud tuhkbetooni uuriti südamikpuurimisel võetud proovidega ning puuraugus tehtud geofüüsikaliste vaatlustega. Käigus kivistunud põlevkivituhast tagasitäide moodustas ühtlase lõhedeta täitekeha. Proovimaterjali andmetel saavutab segu hüdratiseerudes ja kivistudes kiiresti maapinna stabiliseerimiseks piisava survetugevuse. Põlevkivi lendtuhk on tagasitäite segudes oma omadustelt sarnane mujal tagasitäite sideainena kasutatava kivise lendtuha. Peamiseks põlevkivi lendtuha eeliseks täitesegus on stabiliseerimiseks piisavad

isetsementeeruvad omadused. Levinuimad kiviseõetuhad vajavad tsementeerumiseks tuhast suurusjärgu võrra kallima tsementi lisamist. Põlevkivituhha puuduseks võrreldes kiviseõetuhaga on suurem veevajadus ja kuiva tuha käitlemise keerukus. Katsete tulemustel leiti, et täitmiseks sobiva voolavusega segu veesisaldus peaks jääma vahemikku 0,65–0,70. Selline segu oli pumbatav, ei ummistanud täitmisvoolikuid ning segust ei eraldunud olulises koguses vaba vett.

Katseala lähiümbruses jälgiti 1,5 aasta jooksul tagasitäitmise mõjusid põhjaveele ning hinnati nende prognoositavust hüdrogeokeemilise modelleerimisega. Ümber katseala rajati neli vaatluskaevu, milles tehti automaatanduritega pidevvaatlusi ning võeti



Katseala skemaatiline läbilõike ja tagasitäitmise mõju kontseptuaalne mudel põhjavee pH-le.

regulaarselt veeproove. Katseala läbilõike ja tagasitäitmise mõju kontseptuaalne mudel põhjavee pH näitel on esitatud ülal. Joonisel on näha, kuidas kivistunud tagasitäitega kokkupuutuv ült infiltreruv vesi mõjutab tagasitäite lähipiirkonna põhjavett.

Põhjaveele avalduva mõju hindamiseks koostatud mudel prognoosis aluselise tuhaseguga kokkupuutuva ja kõrgele leeliselisusega vee mõju lähiümbruse põhjaveele. Seni on labori leostuskatsete põhjal teada, et tagasitäiteks kasutatud põlevkivi lendtuhk muudab vesilahuse tugevalt aluseliseks pH > 12 (Irha jt. 2014). Veekeskkonda viies seguneb tuhkbetooniga kokku puutuv vesi põhjaveega. Sellisel vee segunemisel avalduvaid protsesse imiteeriti uuringus hüdrogeokeemilise modelleerimisega, mille tulemused näitasid tuhaseguga kiiret puhverdumist põhjavees oleva HCO_3^- -iooni poolt. Katsekeha vahetus läheduses prognoosis mudel tuhkbetooniga kokkupuutuva vee mõjul

põhjavee pH tõusu 0,35 ühiku võrra; 10 m kaugusel katsekehast oli mõju taandunud. Muudest mudeldatud põhjavee keemiliste muutuste prognoosidest oli märkimisväärseim sulfaatiooni sisalduse tõus.

Põhjavee vaatlused üldiselt kinnitasid geo-keemilise mudeli prognoositud sisalduste muutuste dünaamikat. Tagasitäite kehast 10 m allavoolu jäävas vaatlusaugus tõusis täitmise ajal pH kuni 0,5 ühikut ning pärast täitmist langes pH kiiresti tagasi looduslikule tasemele. Katse tulemuste põhjal ei ole Eesti põlevkivikaevanduste alal kasutatud tuhaseguga tagasitäitmisel põhjavee pH kõrgelemine probleemiks. Sulfaadisisaldus põhjavees on aga ammen-
dunud kaevanduste tõttu reeglina põlevkivi kaevanduste alal, kus tuleks tagasitäitmist rakendada, juba looduslikust tasemest kõrgem. Põlevkivituhaga tagasitäitmise mõjul tõuseb täiteala vahetus läheduses sulfaadi sisaldus veelgi. Keskkonnanõuetel ongi

tagasitäitmise puhul kõige olulisem mõju põhjavee sulfaadisalduse tõus täiteala lähedal. Seetõttu ei ole mõistlik põlevkivituha tagasitäitmist teha maapinnalähedase põhjaveekihiga joogiveekaevude toitealadel. Tihedama asustusega kaevandusaladel see tegur kaevandamist ei piira, sest joogiveekaevusid on seal vähe ning veevarustus on reeglina lahendatud tsentraalveega.

Uuringu tulemused on ühest küljest kasulikud ametkondadele, kes tegelevad korras- tamata kaevandusalade ja neist tulenevate

ohtudega ning otsustavad ka stabiliseeri- misprojektide lubamise. Teisalt on uuringus kirjeldatud täitesegu omadused sisendiks ettevõtetele, kes võiksid tulevikus kaevan- dusalasid tagasi täita. Uuringus saadud teadmisi saab kasutada ka põlevkivisektor, kes allmaakaevandamisel tekitab kaevan- dus- ja tööstusjäätmeid. Põlevkivitööstu- sel on riiklike regulatsioonide, kliima- ning ressursitõhususe eesmärkide tõttu vaja edendada ringmajanduse põhimõtteid oma tootmisprotsessis.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Behera, S. K.; Mishra, D. P.; Singh, P.; Mishra, K.; Mandal, S. K.; Ghosh, C. N.; Kumar, R.; Mandal, P. K., 2021. Utilization of Mill Tailings, Fly Ash and Slag as Mine Paste Backfill Material: Review and Future Perspective. – Construction and Building Materials, 309, 125120. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125120>.
- Gray, R. E., 2020. Subsidence over Abandoned Mines: US Experience. – Surface Subsidence Engineering: Theory and Practice; Peng, S., Ed.; Csiro Publishing; 131–160.
- Irha, N.; Uibu, M.; Jefimova, J.; Raado, L.-M.; Hain, T.; Kuusik, R., 2014. Leaching Behaviour of Estonian Oil Shale Ash-Based Construction Mortars. – Oil Shale, 31 (4), 394–411. <https://doi.org/10.3176/oil.2014.4.07>.
- Osjamets, M., Mötlep, R., Liira, M., 2023. Altkae- vandatud alade stabiliseerimine põlevkivi- tööstuse jääkmaterjalidega. KIK Projekt nr 18416. Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateadu- se instituut; Eesti Geoloogiateenistus; TÜ Maapõueressursside arenduskeskus.
- Pastarus, J. R., Shommet, J., Valgma, I., Väizene, V., Karu, V., 2013. Paste Fills Technology in Condition of Estonian Oil Shale Mine. – En- vironment. Technologies. Resources. Pro- ceedings of the International Scientific and Practical Conference; Vol. 1, pp 182–185.
- Puura, E., Mötlep, R., Kriiska, K., 2009. Põlevki- vi kaevandamis- ja töötlemisjääkide kasu- tamine tagasitäiteks kaevandatud aladel: keskkonnamõjude hindamine. TÜ ja TTÜ.
- Shen, B., Poulsen, B., Luo, X., Qin, J., Thiruve- katachari, R., Duan, Y., 2017. Remediation and Monitoring of Abandoned Mines. – In- ternational Journal of Mining Science and Technology, 27 (5), 803–811. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.07.026>.
- Siitam, L.-O., 2016. Põlevkivi kaevandatud ala täitmisega lankkaevandamise tehnoloogi- lise võimaluste uuringud Narva karjääri tingimustes. Magistritöö, Taltech, energeeti- kateaduskond, mäeinstituut. Tallinn, 70 lk.
- Watson, P. D., Dennehy, J. P., O'Neill-Gwilliams, S., Parry, D. N., Fraser, I. W., 2019. Ground Treatment and Remediation of Workings.. – Abandoned mine workings manual; Parry, D. N., Chiverrell, C. P., Eds.; CIRIA: London, UK; Vol. C758D, 354–414.

Madis Osjamets Madis.Osjamets@egt.ee



Mitmeotstarbelise laeva „EVA-316“ mereekspeditsiooni liikmed veealuse robotsüsteemi (ROV) ees laeva pardal. Taga vasakult: Sarath Pullyottum Kavil, Vladimir Karpin, Sten Suuroja, Martin Liira, Kay Arne Skarpnes, Hannah Mikenberg, Minh Hung Do. Ees vasakult: Przemek Makuch, Aivo Lepland, Beata Szymczycha, Krete Roopõld. Foto: erakogu.

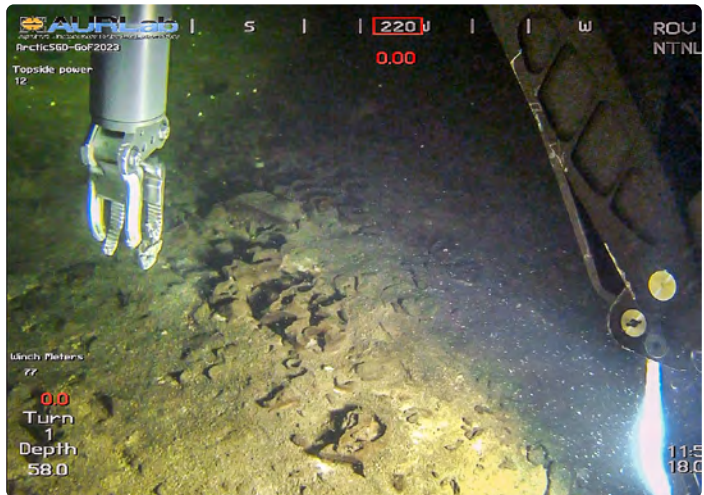
Merepõhja kaardistamine Fe-Mn konkretsioonide aladel

Viimasel kahel aastal on Eesti Geoloogiateenistus kaardistanud raua-mangaani (Fe-Mn) konkretsioonide levikut ning uurinud testaladel nende tekkeprotsesse ja mõju merepõhja keskkonnale. Rahvusvahelises koostöös tehtud uurimistööd on asetanud peamiselt Soome lahes Vaindloo ja Mohni saare piirkonnas.

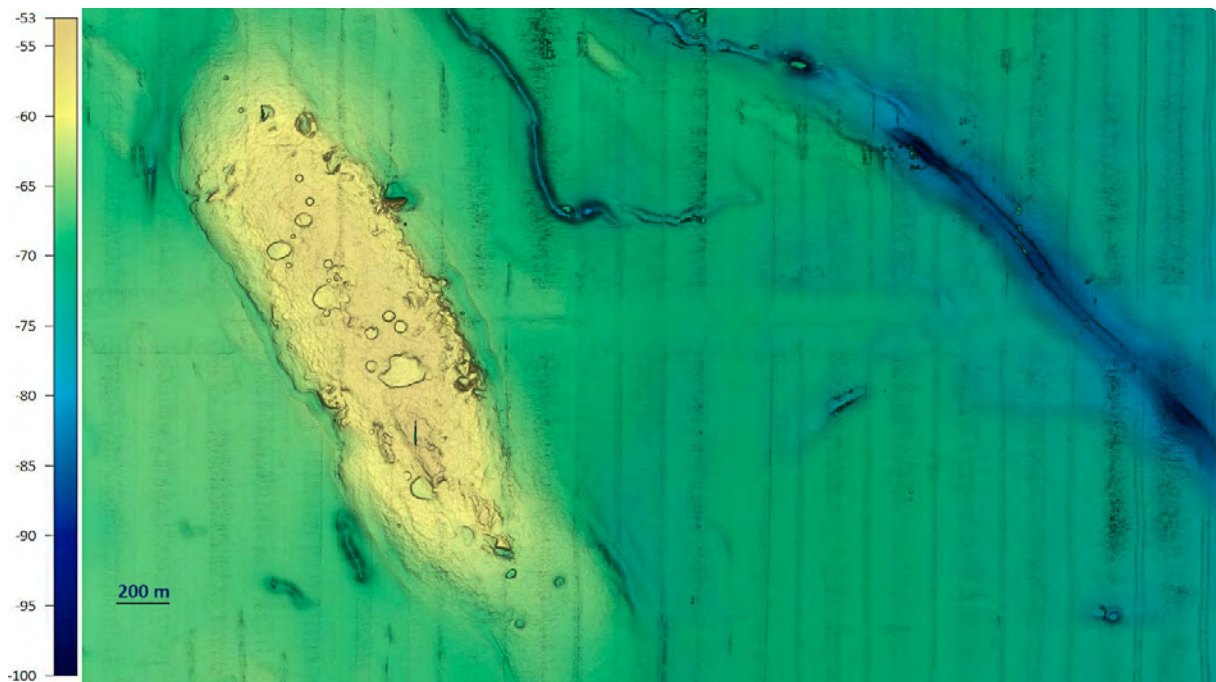
2022. aastal koguti esmane andmestik viiepäevasel rahvusvahelisel ekspeditsioonil koos Rootsi ja Soome kolleegidega. Uuringuteks kasutati Stockholmli Ülikooli uurimislaeva „Electra“. Tööde käigus uuriti detailselt Fe-Mn konkretsioonide levikut merepõhjas kolmel väljavalitud esinemisalal. Uurimisel kasutati merepõhja kaardistamiseks lehviksonarit ja

vaatlusteks väiksemat tüüpi allveerobotit. Proovid koguti põhjasetetest, konkretsioonidest ja setete pooriveest.

2023. a kevadel kaardistati testalad Transpordiameti hüdrograafialaevaga „Jakob Prei“, kasutades lehviksonarit, seisim-akustilist profileerimist ja mõõdistamist mere-magnetomeetriga. Sama aasta augustis jätkati rahvusvahelisi teadusuuringuid riigilaevastiku mitmeotstarbelise laevaga „EVA-316“, kasutades merepõhja uuringuteks kaasaegset veealust tööklassi robotsüsteemi (ROV – remotely operated vehicle). Robotigatehtimerepõhjadeliseid kohtvaatlusi ning setteläbilõigete ja proovide kogumist settetorude (*push-corer*)



Fe-Mn konkretsioonide proovide võtmine robotsüsteemi manipulaatorikäpa Soome lahe põhjas 58 m sügavusel.



Lehviksonariga kaardistatud Vaandloo saarest itta jääva merepõhja reljeefi kujutis. Ala läänepoolses osas on -53 kuni -60 m sügavusel seljak, kus Fe-Mn konkretsioonide levimiselal esineb arvukalt lekkelehtreid (2–3 m sügavused augud merepõhjas; ingl.k pockmarks), läbi mille lekivad merepõhja alt pärinevate fluidid.



Robotsüsteemi (ROV) koos settetorude komplektiga (seadme vasakul küljes) tõstmine laeva pardale. Foto: Sten Suuroja.

ja manipulaatorkäpaga. ROV-i uuringute fookusaladeks valiti merepõhja seljandikud ja vagumused, kus on varasemate vaatluste käigus registreeritud süvapäritoluga fluidide lekkimist läbi merepõhja ning seostatatud seda hüpoteetiliselt Fe-Mn konkretsioonide tekkega neis piirkondades. Uuringuid rahastati põhiliselt rahvusvahelise Norra-Poola teadusuuringute grandiprojektist (Arctic SGD; Submarine Groundwater Discharge in a Changing Arctic: Scale and Biochemical Impact) ja majandusministeeriumi teadusarengute projektist.

Uuringutel osalesid Norra, Poola, Eesti ja Rootsi erinevate valdkondade mereteadlased ja tudengid Tartu ja Tallinna Ülikoolidest. 2023. aasta sügisel koguti haardkopaga uuritud aladelt Fe-Mn konkretsioonide proove uurimislaevaga „Salme“.

Samateemaliste mereuuringutega on Eesti Geoloogiateenistusel plaanis jätkata. Praeguseks on uurimisrühm esitanud projektaotlused Euroopa Liidu struktuurifondide teadus- ja arendustegevuse ning „Euroopa horisondi“ partnerluse taotlusvooru.

Sten Suuroja
Martin Liira
Vladimir Karpin
Aivo Lepland

Sten.Suuroja@egt.ee
Martin.Liira@egt.ee



Vaade Muuga lahele. Foto: erakogu.

Eesti ankrualade setteproovide kogumine ja settekeskkonna üldine kirjeldus

Eesti mereala ankrualade põhjasetete keskkonnaseisundit on vaja uurida, et hinnata veekogu ökosüsteemi üldist tervist, jälgida saastetaset, kaitsta inimeste tervist, tagada õigusaktide järgimine, juhtida setete transpordi protsesse,

säilitada bioloogilist mitmekesisust, toetada pikaajalist planeerimist, hinnata riske ja edendada teaduslikke teadmisi. Kokkuvõttes on see oluline keskkonnakaitse ja rannikualade säästva majandamise jaoks.



Proovivõtu punktid (punasega) erinevatel Tallinna, Muuga ja Paldiski lahe ankrualadel.

Koostöös Eesti Keskkonnauuringute Keskkusega viidi läbi Eestis asuvate ankrualade põhjasetete keskkonnaseisundi uuring, mille käigus koguti setteproovid ning kirjeldati saastekomponentide sisaldusi ja üldist settekeskkonda. Merepõhjast koguti 80 setteproovi, mis hõlmasid 16 ankruala, sealhulgas Tallinna B, Tallinna C, Tallinna D, Tallinna E, Tallinna F, Tallinna G, Tallinna H, Muuga I, Muuga J, Muuga K, Muuga L, Muuga M, Paldiski A ja Paldiski D alad ning referentsalad Tallinn A ja Muuga N.

Analüüsitud ankrualade lõimiseline koostis on valdavalt peenpurd ($< 0,06$ mm), kus vaid vähestel juhtudel domineerib peen-

liiva fraktsioon. Raskmetallide sisaldused settes ei ületa varasemalt SedGoFi pakutud hea keskkonnaseisundi piirmäärasid, kuid mõnel juhul ületatakse rahuldava keskkonnaseisundi piirmäära. Orgaaniliste saasteainete (polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud, tinaorgaanilised ühendid, polüklooritud bifenüülid, lenduvad orgaanilised ühendid, pestitsiidid, metüüelavhõbe) poolest olid kõige puhtamad ankrualad Tallinna H ja E ning Muuga K ankruala, kõige rohkem saastunud aga olid Tallinna A, B, C ja D alad ning Muuga L.

Eesti mereala ankrualade põhjasetete keemilist koostist on vajalik seirata regu-

laarselt, et kiirelt reageerida reostuse võimalikule suurenemisele. Lisaks on soovitatav kasutada proovivõttude edaspidisel analüüsimisel detailset lehviksonari batümeetria andmestikku ja tagasipeegeldunud kiirguse intensiivsuse (*backscatter'i*) meetodikat. Selline lähenemine annab ühtlasi võimaluse hinnata, kas reostus on ikka seal, kus reljeefil ja tagasipeegeldunud kiirguse intensiivsuse (*backscatter'i*) kujutistel on näha ankurdamise jälgi. Lisaks käsitletud ankrualadele tuleks uurida keskkonna seisundit ka väljaspool ametlikult määratletud ankrualasid, näiteks majandusvööndis Vaindloo saarest põhjas. Lisaks on ka ettepanek määrata rohkem reostunud ankrualadel proovide sisaldused eraldi nende võtupunktide kaupa (ilma keskmistamata teiste samalt ankrualalt võetud proovidega), et selgitada välja maksimaalsed reostuse määrad.

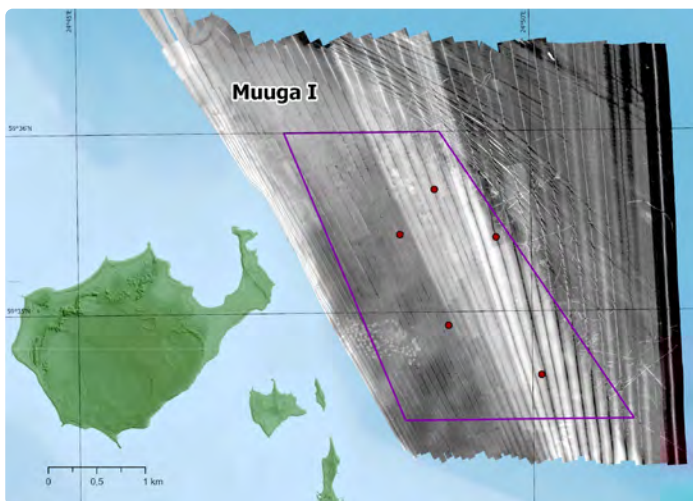
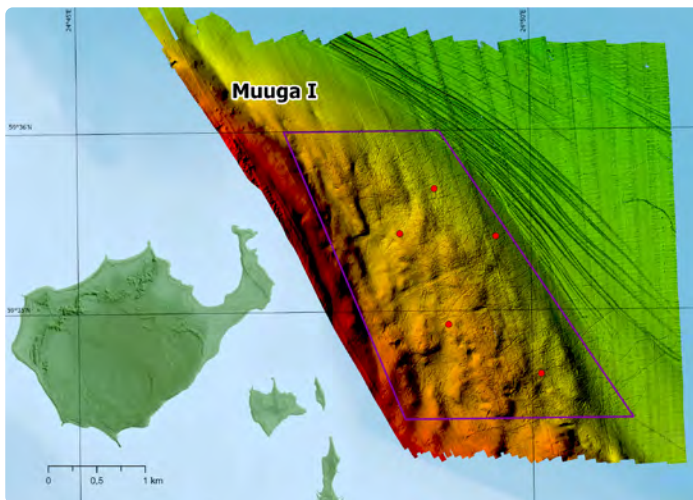
VIITED

Laht, M., Nurmik, M., Nurk, G., Leisk, Ü., 2023. Eesti merealal asuvate ankrualade merepõhjasetete uuring 2023. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Aruanne_ankrualad_final.pdf.

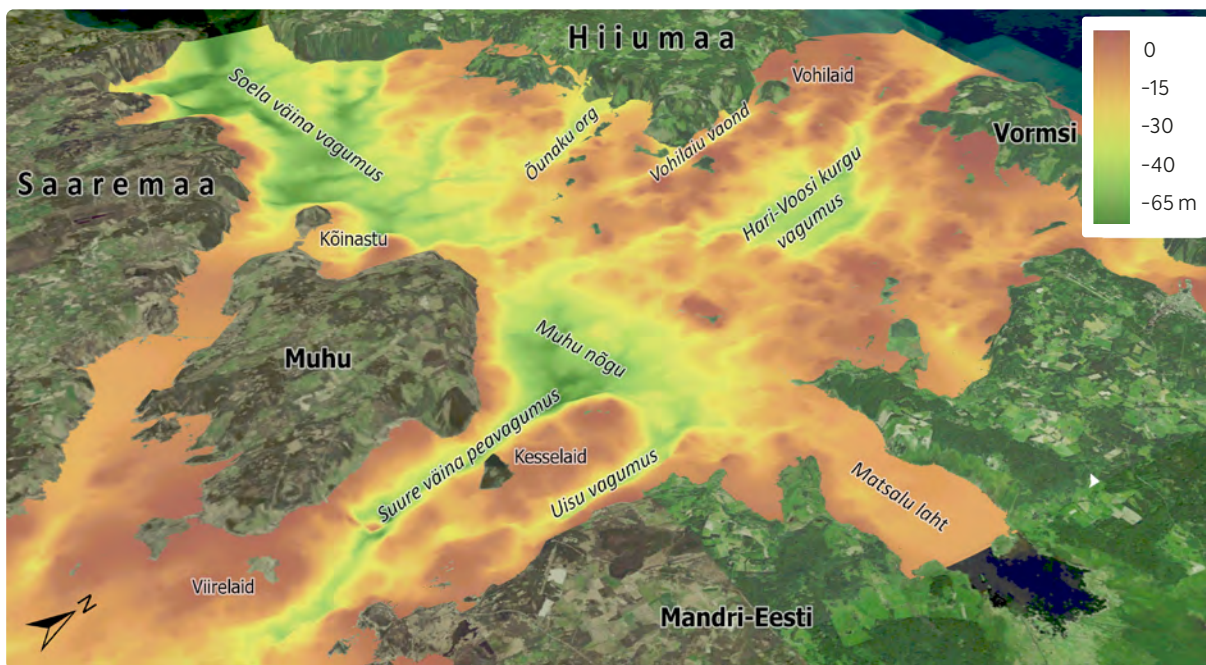
Suuroja, S., Liira, M., Veski, A., Karpin, V., 2023. Eesti mereala ankrualade setteproovide kogumine ja settekeskkonna üldine kirjeldus. Eesti Geoloogiateenistus. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9807>.

Martin Liira
Sten Suuroja
Anu Veski
Vladimir Karpin

Martin.Liira@egt.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Anu.Veski@egt.ee



Muuga I ankruala varjutatud reljeefi ja lehviksonari tagasipeegeldunud kiirguse intensiivsuse (*backscatter'i*) kaart (Transpordiameti hüdrograafilise moodistamise andmetel) koos proovivõtu punktidega.



Väinamere aluspõhjareljeefi 3D- mudel, perspektiivvaade kagust.

Väinamere geoloogiline kaardistamine 2019–2023

Neljal suvel (2019–2022) kaeti Lääne-Eesti arhipelaagi jääv Väinameri geoloogilise kaardistamise eesmärgil regulaarse seismo-akustiliste profiilide võrguga (profiilide vahesammuga 1 km). Interpreteeritud profiilide analüüsi tulemusena valmis 2023. aasta lõpuks Väinamere geoloogilise kaardi aruanne.

Kuna selline mereala kaardistamine oli esmane sedalaadi ettevõtmine Eestis, võib seda käsitleda teedrajava pilootprojektina, millest saadud kogemusi saab kasutada tulevastel kaardistamistel või muude praktiliste suunitlustega uurimustööde planeerimisel ja läbi viimisel.

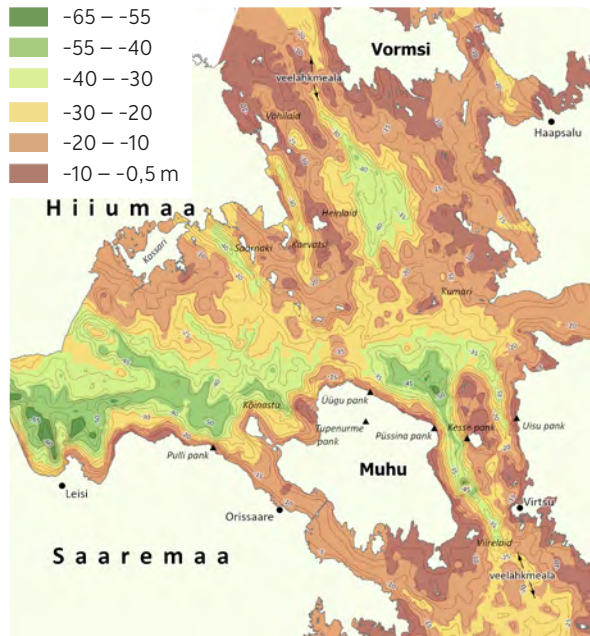
Projekti uudsuse tõttu käsitletakse aruandes merealade geoloogilise kaardistamise eripära ning



- | | |
|---------------------------------|--|
| Järvesetted | Limnoglatsiaalsed setted (Balti jääpaisjärve setted) |
| Limneamere setted | Glatsiofluviaalsed setted |
| Litoriinamere setted | Glatsiaalsed setted (moreen) |
| Litoriina-Limnea-mere setted | Õhukese pinnakattega ala |
| Joldiamere-Antsülusjärve setted | |

Väinamere pinnakatte kaart.

selleks kasutatava meetodi ja aparatuuri iseärasusi ja võimalusi. Tuuakse Väinamere-aluse ja seda ümbritsevate maismaa-alade pinnakatete seismo-akustilise korrelatsiooni skeem. Lisaks arvukatele, Väinamere eri osadest pärinevate seismo-akustiliste profiilide alusel koostatud geoloogilistele läbilõigetele sisaldab aruanne erinevaid pinnakatte läbilõiget ja aluspõhja reljeefi iseloomustavaid kaarte. Erinevate kaartide kõrvutamisel selgub, et nii pinnakatte paksuste kui ka selle erinevate üksuste avamuspildi kujunemisel on määrav roll olnud Väinamere aluspõhja reljeefil. Läänemere arengu kestel on aset



Väinamere aluspõhja reljeefi kaart.

leidnud setete pidev transport rannikulähedastelt madalveelistelt kulutus-aladelt Väinamere keskosas paiknevate sügavate vagumuste ja nõgude suunas. Lisaks suurematele paksustele avanevad basseini keskosa süvendite kohal seetõttu ka Läänemere nooremate staadiumite setted. Nii aluspõhja reljeefi kaardilt kui ka 3D-mudelilt ilmneb, et Väinamere all laskub aluspõhi Matsalu lahe Soela väina sihis paikneva sügava vaima vagumuse suunas, mis kujutab endast ilmselt Kvaternaari eelset jõe orgu. Selle kasuks räägib ka orundi kuesta-laadne struktuur, piki Muhu ja Saaremaa rannikuid kulgev järsk kuesta-astang ning Hiiumaalt Saaremaa suunas laskuv kuesta-platoo.

Igor Tuuling
Sten Suuroja
Anu Veski
Markus Ausmeel
Martin Liira

Igor.Tuuling@egt.ee
Sten.Suuroja@egt.ee
Anu.Veski@egt.ee
Markus.Ausmeel@egt.ee
Martin.Liira@egt.ee



Väinameri. Foto: Sten Suuroja.

Valmis Eesti geoloogilise baaskaardi Väinamere ja selle ümbrisala 1:50 000 mõõtkavas geoloogiliste kaartide komplekt

Väinamere kaardistusala hõlmab Väinamerd ja sellega piirnevat maismaa-ala umbes 3200 km²-l. Sellest u 2400 km² kuulub akvatooriumile, millest omakorda 2200 km² kuulub Väinamerele tema geograafiliselt defineeritud piirides ja u 200 km² Muhumaast lõuna poole jäävale Liivi lahe põhjaosale. Kaardistusala hõlmab täielikult või osaliselt 11 baaskaardi lehte (Puisse 6221, Käina 6212, Kärkla 6214, Haapsalu 6223, Palivere 6224, Emmaste 6211, Lihula 6222, Leisi 5233, Orissaare 5234, Virtsu 5243 ja Vatla 5244).



Matsalu Soela vagumus.

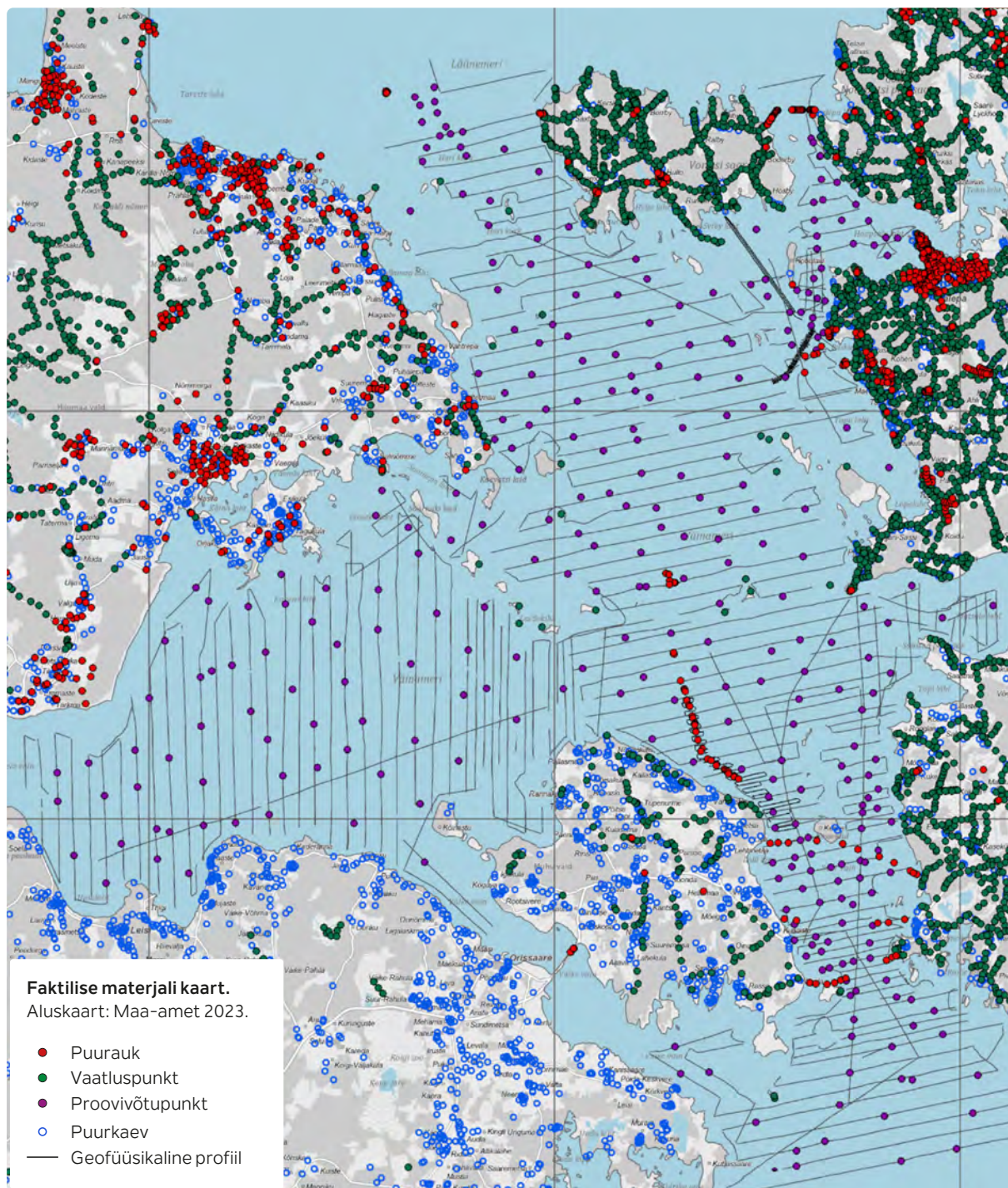
Väinameri on käärulise rannajoonega madal (keskmine sügavus 4,9 m; suurim 24 m Suures väinas Kesselaiu ning Muhu vahel), arvukate saartega, Lääne-Eesti suursaarte (Saaremaa, Hiiumaa, Muhu, Vormsi) ning mandri vahele jääv Läänemere osa. Väinamere nimi on Eestis kasutusel 1930. aastate lõpust, varem tunti seda Läänemere osa Muhu väinana (Moonsund).

Väinamere pindala on – olenevalt sellest, kust piir tõmmata – umbes 2200 km². Saari ja mandrit eraldavad üksteisest väinad: Voosi kurk eraldab mandrit ja Vormsi saart ning Hari kurk Vormsit ja Hiiumaad, Soela väin Hiiumaad ja Saaremaad, Hiiumägi Muhu saart ja Hiiumaa laide, Väike väin Saaremaad ja Muhumaad ning Suur

väin Muhu saart Lääne-Eesti mandriosast. Lahtedest väärivad äramärkimist Haapsalu ja Matsalu laht.

Väinameres on üle 300 saare, millest väiksemaid nimetatakse laidudeks, rahudeks või karedeks. Enam kui 1 km² suurused saared on: Muhu (205 km²), Vormsi (93 km²), Kassari (19 km²), Vohilaid (4,5 km²), Tauksi (3,7 km²), Kõinastu (2,7 km²), Kesselaid (1,75 km²), Heinilaid (1,5 km²), Saarnaki (1,4 km²) ja Kaevatsi (1,25 km²).

Madala ja suhteliselt väikese veeväljaga Väinamere hüdrooloogilised tingimused erinevad tunduvalt Saaremaast ning Hiiumaast läände jääva avamere omadest. Siin on nõrgem lainetus, suurem veetemperatuuri aastane kõikumine, väiksem vee



soolsus ja läbipaistvus ning paksem ja püsivam jääkate kui ülejäänud Läänemeres. Läbi Väinamere kulgevad Virtsu–Kuivastu, Rohuküla–Heltermaa, Rohuküla–Sviby ja Orjaku–Triigi parvlaevaliinid. Piisavalt paksu jääkatte korral on rajatud üle Väinamere mõningate osade liikluseks ka jääteed.

Enamik Väinamerest jääb Lääne-Eesti saarestiku biosfäärikaitseala piiresse, Matsalu laht ja selle lähiümbrus kuuluvad Matsalu rahvusparki, Käina laht koos rannikuvööndiga Käina lahe – Kassari maastikukaitsealasse, enamik Hiiumaa laide Hiiumaa laidude maastikukaitsealasse ja Rumpo poolsaare rannikualad Vormsi maastikukaitsealasse.

Väinamere akvatooriumil profileeriti erinevatel sagedusvahemikes töötavate seisimoakustiliste põhjaprofilaatoritega (Boomer, Chirp, Pinger) keskmiselt 1 km intervalliga 478 profiili kogupikkuses 1843 km. Profiilid on Väinamere keskosas lääne-loode–idakirde-sihilised, Hiiumaa laidude piirkonnast Soela väinani aga põhja–lõuna-sihilised. Van-Veeni tüüpi haardkopaga võeti põhjasetete litoloogilise koostise määramiseks 317 põhjaproovi. Põhiliselt Muhu ja Vormsi saarel ning Lääne-Eesti rannikuala Noarootsi põhjatipust kuni Paatsalu laheni ulatuval ligi 800 km² maismaa-alal rajati aastatel 2019–2023 geoloogilise kaardistamise käigus umbes 2900 vaatluspunkti.

Aastatel 2019–2023 ja varasemalt nii maal kui merel läbi viidud väliluuringute faktilise materjali põhjal koostati pinnakatte geoloogiline, pinnakatte paksuste, geomorfoloogiline, aluspõhja geoloogiline, aluspõhja reljeefi ja maavarade kaart.



Kesselaid. Foto: EGT.

Kristalne aluskord, mille pealispind süveneb alal lõuna suunas 230-lt 500 meetrini, on esindatud valdavalt Lääne- ja Lõuna-Eesti struktuursesse vööndisse kuuluvate Svekofennia moondekivimitega. Kuke ja Virtsu positiivsete magnetanomaaliatega põhjustajaks on kvartsmontsoniidi massiivid. Kuke anomaalia kohale on rajatud puuraugud F309 (600 m) ja 360 (470 m), mis avavad suhteliselt väikese (kuni 10%) magnetiidi sisaldusega kvartsmontsoniite vastaval 201 ja 70 m ulatuses. Kaevatsi positiivne magnetanomaalia, millega kaasneb ka nõrk positiivne gravianomaalia, on arvatavasti seotud vähesel määral magnetiiti sisaldava aluselise intrusiooniga. Huvi-pakkuv on Muhu negatiivne (kuni –1480 nT) ja selgelt lõikava iseloomuga ovaalikujuuline kuni 10 km läbimõõduga magnetanomaalia, millega gravianomaaliat ei kaasne. Võib oletada, et selle anomaalia põhjustajaks on olnud aluskorra moondekivimitesse tunginud ülejäänud aluskorra moondekivimetest noorem graniitne intrusioon, mille

sissetungimise ajal oli magnetvälja suund vastupidine (negatiivne) tänapäevasele.

Settekivimiline pealiskord on uuringualal esindatud Ediacara, Kambriumi, Ordoviitsiumi ja Siluri ladestute settekivimitega, mille lõuna suunas suurenev paksus alal on 250–450 m. Ediacara ladestu levib üksnes ala kirdeosas ja selle maksimaalne paksus küündib kuni 20 m ning see on esindatud Gdovi kihistu punakaspruuni savise aleuoliidi ja Kroodi kihistu peeneteralise kvartsliaakiviga.

Kambriumi ladestu, mille mõneti edelasse suurenev paksus alal on 100–135 m, on esindatud terrigeensete settekivimitega (savid, aleuoliidid, liivakivid).

Ordoviitsiumi ladestu lõunasse suurenev paksus alal on 37 m (Tahkuna) – 165 m (Virtsust lõunas) ja see on esindatud kõigi oma kolme valdavalt karbonaatkivimitega esindatud ladestikuga. Üksnes Alam-Ordoviitsiumi ladestik, mille paksus alal on 0–10 m, on koosseisult mitmekesisem ja selles on nii oobolus- kui glaukoniitliivakivi, diktüoneemakilta kui ka bentoniitsavi.

Siluri ladestu on alal esindatud Llandovery ja Wenlocki ladestiku settekivimitega ja nende avamus hõlmab kaardistusala maismaa ning lisaks merepõhja Kassari saare ja Topu lahe rannikust lõuna pool. Eranditult karbonaatkivimitest koosneva lasundi paksus ala lõunaosas küündib 200 m-ni.

Seismoakustilise pidevprofileerimise alusel akvatooriumi kohta koostatud aluspõhja reljeefi kaart tõi esile mitmeid seni märkamata reljeefivorme (mattunud orud, vagumused, nõod jne), millest nii mõnedki õnnestus siduda maismaalt algavate

rikkevöönditega: Öunaku vagumus Öunaku rikkega, Vohilaiu vagumus Vohilaiu rikkega, Suure väina vagumus Suure väina rikkega, Väikese väina vagumus Väikese väina rikkega jne. Esmakordselt on välja eraldatud Kõinastu rike, mille murrangujoont märgistab sirgjooneliselt kulgev deformatsiooni vöönd Kõinastu laiü läänerannikul. Täiendavat informatsiooni saadi ka Gotlandi-Hiiumaa kerkeala lõunast ääristava Kassari rikke ja sellest Vohilaiu vagumuse kohal lahkneva Vormsi rikke kohta.

Kaardistusala aluspõhja sügavaim piirkond jääb Väinamere keskossa, kus kergemini erodeeritavates Velise, Rumba ja Jaani kihistu savikates lubjakivides ning merglites küünib see kohati ligi 60 m-ni. Pinnakatte paksus peegeldab seejuures aluspõhja reljeefi põhijooni. Suurimad (üle 50 m) pinnakatte paksused jäävad Soela väina vagumuse ja Muhu nõo piirkonda. Viirsavilasundi paksus neil aladel on kohati üle 25 m.

Pinnakatte geoloogilise kaardi koostamisel kasutati lisaks kogutud vaatluspunktiledele ka ehitusgeoloogia andmekogu ja Eesti Looduse Infosüsteemi (EELIS) puurkaevude andmebaasi. Pinnakatte on uuringualal esindatud nii Holotseeni kui ka Pleistotseeni ladestiku setetega. Piirkonnas levivad Pleistotseeni noorimad ehk Järva kihistu Ülem-Järva kihistiku setted, mis on seotud viimase jäätumise (Weichseli) liustiku hääbumise staadiumitega, kui settisid vahetult aluspõhjal lasuvad liustikulised (glatsiaalsed), liustikujärelised (glatsiofluviaalsed) ja jääjärvelised (glatsiolimnised) setted. Kvaternaarisetete paksusel on otsene seos aluspõhja reljeefiga. Niimoodi ulatub see kümnekonnast sentimeetrist loopealtel kuni 32 m-ni Matsalu lahe põhjakaldal.

Sellest suuremad paksused esinevad me-realal Soela väina vagumuse (üle 50 m) ja Muhu nõo piirkonnas (üle 40 m).

Suur osa Väinamere-äärse ala pindalast on kaetud moreenidega, mis omakorda on sageli kaetud mereliste setete, harvem liustikujõeliste või jääjärveliste setetega. Moreenid lasuvad aluspõhja Ordo-viitsiumi ja Siluri karbonaatsetel kivimitel ning avanevad maapinnal kergelt lainjate moreentasandike, moreenvallide või -seljakutena. Liustikujõelised setted lasuvad viimase jäätumise moreenidel, need on enamasti hästi sorteeritud, aga tihti põimjalt mitmekihilised. Väinamere piirkonnas avanevad liustikujõelised setted maapinnal enamasti madalate positiivsete pinnavormidena (suhteline kõrgus kuni 10 m), kuid paljud neist on suuremal või vähemal määral merest kulutatud ja rannavallidega kaetud. Jääjärvesetetest on piirkonnas esindatud Pandivere ja Palivere staadiumi viirsavi ja aleuriit.

Holotseeni (jääajajärgsed) setted on esindatud Limneamere, Litoriinamere, järve- ja soosetetega, mille moodustavad klibu, liiv, kruusliiv, veerised ja munakad ning turvas. Meresetted on levinud väga laialdasel territooriumil. Settekompleksi moodustumine on enamasti seotud Limneamere arengustaadiumiga, Muhu saarel leidub ka Litoriinamere setteid, mille levik on seotud absoluutsete kõrgustega 14–25 m. Sõltuvalt meresetete litoloogilistest ja geomorfoloogilistest omadustest võib need jaotada kaheks: madalaveelised liivad ning

akumulatiivsete rannavormide liivad, kruusliiv, veeristik ja klibu.

Väinamere ja selle ümbruse pinnamoe kujunemisel võib suuremal või vähemal määral märgata kolmel erineval etapil aset leidnud protsesside ilminguid. Esiteks paikneb Väinameri juba paljuski Pleistotseeni jäätumise eel ehk Kainosoikumi lõpus aset leidnud kulutusprotsesside (jõgede erosioon) tulemusena tekkinud aluspõhja vagumusel (Tuuling jt, 2024). Selle etapi ilminguteks võib lugeda ka maismaa reljeefis nähtavaid klindiasanguid (panku), mida on hilisematel etappidel, s.o Pleistotseenis ja Holotseenis, töödeldud vastavalt liustike kulutav tegevus ja Läänemere murrutus. Lisaks liustike kulutavale tegevusele tuleb kaardistatava ala piires siin-seal esile ka liustike kuhjelisi pinnavorme (servamoodustised, oosid). Nii maismaal, mis on geoloogilises hilisminevikus vabanenud mere alt, kui ka jätkuvalt merega kaetud Väinamere alal on pinnamoe kujundamisel olnud oluline roll merelis-järvelistel kulutuslikel ja kuhjelistel protsessidel.

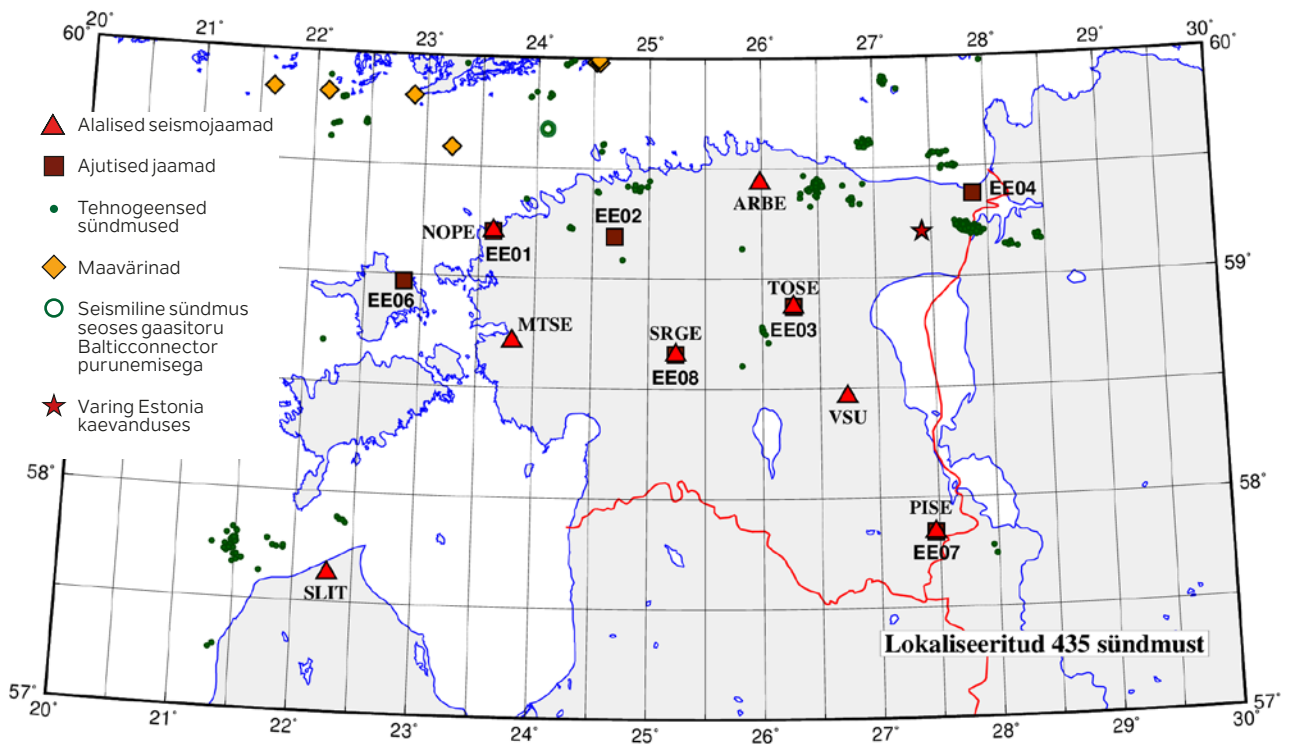
Aluspõhjalised maavarad on eranditult seotud karbonaatkivimitega. Neist märkimisväärsamad on Raikküla kihistu lubjakivi (Pusku ja Ungu-Sepaküla maardlad) ning Muhu kihistu dolokivid (Kurevere, Hellamaa ja Koguva maardlad). Pinnakattelitest maavaradest väärivad äramärkimist kruusad ja liivad (Borrby, Valgevälja, Päelda ja Eibi maardlad), vähemal määral savi (Randsalu ja Muhu maardlad), meremuda (Haapsalu ja Käina maardlad) ning turvas (Lõetsa maardla).



Kahjustused Balticconnector'i maagaasitorul, mis asub Ingå (Soome) ja Paldiski vahel. Foto: Rajavartiolaitos (Soome piirivalve)).

Ebatavaliste seismiliste sündmuste tuvastamine

Valdav osa Eesti-taolises geoloogiliselt rahulikus piirkonnas registreeritavatest seismilistest sündmustest kajastab rutiinset inimtegevust. Eesti seireala (57°–60° N, 20°–30° E) ulatuses täheldatakse ühe aasta jooksul 400–500 sündmust, mis on enamasti lõhkamised Narva põlevkivikarjääris või paekivikarjäärides. Sageli elimineeritakse Läänemeres ka meremiine. Kuid mõnikord jäävad sõelale ka ebaharilikud inimtekkelised seismilised sündmused.



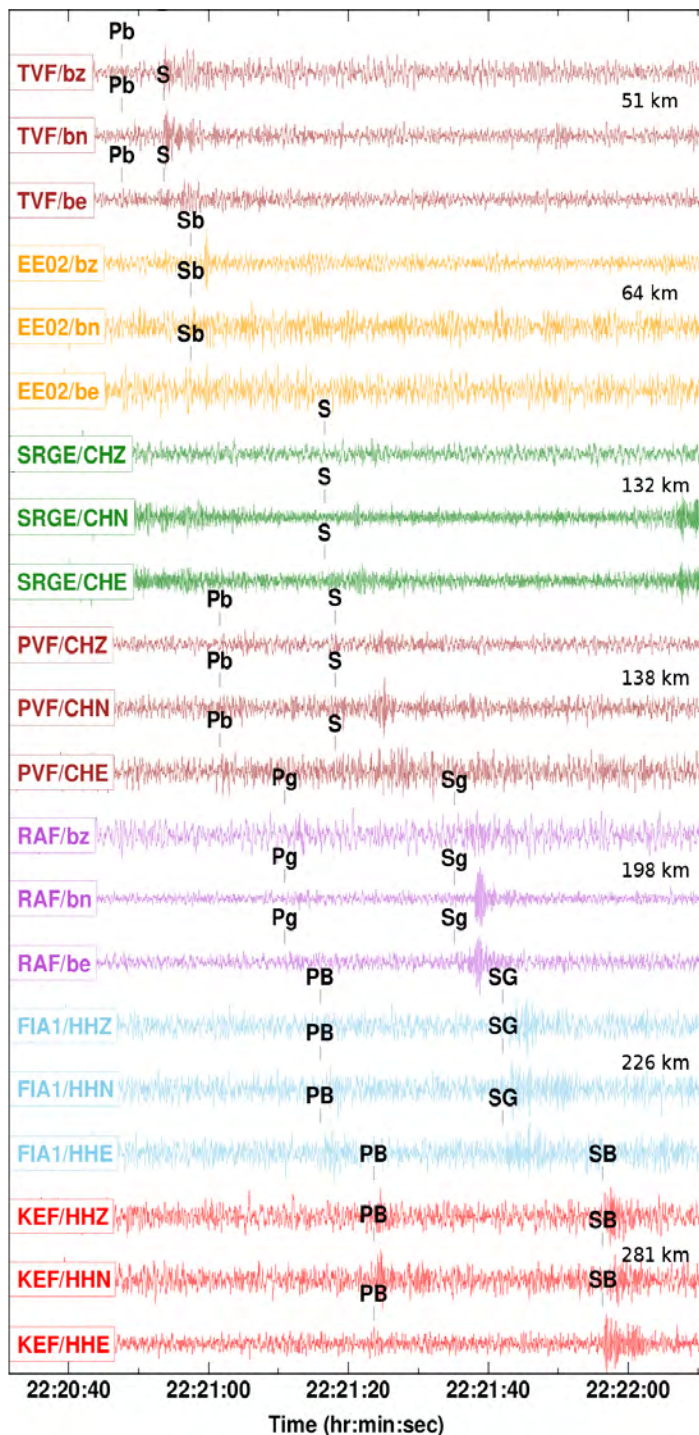
Eesti Geoloogiateenistuse poolt lokaliseeritud seismilised sündmused 2023. aastal.

2023. aastal tuvastati Eesti seismoseire käigus 426 sündmust, mis liigitati karjäär-ide lõhkamisteks või meremiinide õhkimisteks. Maavärinaid registreeriti seitse ja need toimusid Soome edelaosa territo-riaalvetes ning Soome lahe suudmealal. Erakordne oli oktoobris aset leidnud nõrk seismiline sündmus, mille saab seostada Soome lahe põhjas asuva, Eesti ja Soome vahelise gaasitoru Balticconnector rik-kega. Detsembris täheldati seismilist sündmust, mille tekitajaks osutus varing Estonia põlevkivikaevanduses.

Gaasitoru Balticconnector purunemine

Suure rahvusvahelise tähelepanu pälvi-nud Balticconnector'i juhtum on hea näide

sellest, et mõnikord puudutab seismo-loogia isegi maailmapoliitikat. Ajakirjan-dus vahendas uudist, et gaasitoru hakkas lekkima pühapäeva, 08.10.2023 esimestel tundidel. Soome ja Eesti ühine automaatne seismiline seiresüsteem ei tuvastanud gaasitoru piirkonnas ühtegi sündmust, nt plahvatust, mida võinuks toimunuga seostada. Ühtegi sellist sündmust ei tä-heldatud ka rutiinse manuaalse analüüsi käigus. Järelduseks oli, et mingit sünd-must kas polnud toimunud või see oli nii väike, et jäi tuvastamislävendist allapoole. Tormine ilm sel ööl tekitas seismogrammi-dele taustmüra, mis omakorda raskendab nõrkade signaalide identifitseerimist. Kaks päeva hiljem laekus informatsioon, et Norra



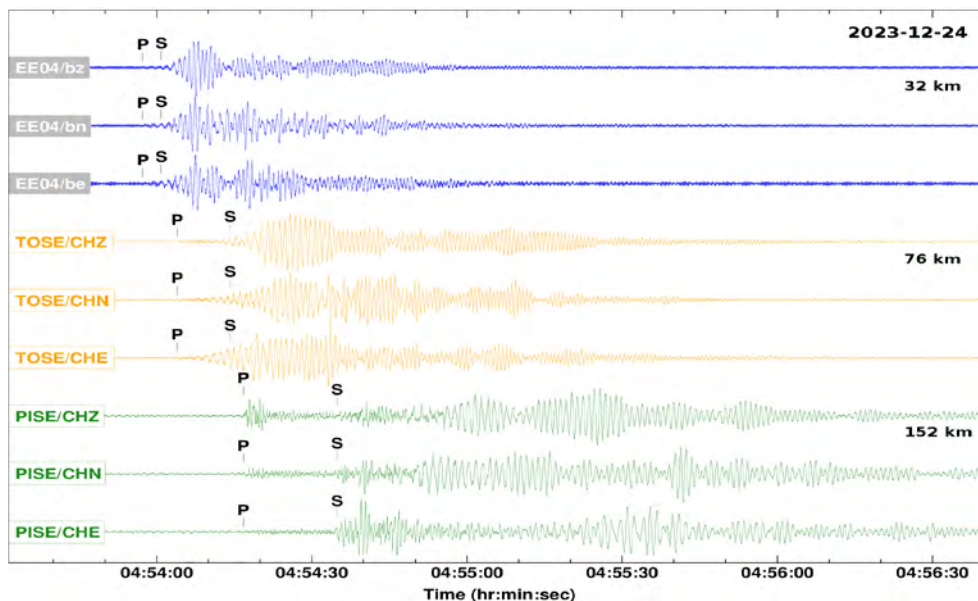
uuringuasutus NORSAR oli siiski tuvas-
tanud 08.10 kl 01.20 kohaliku aja järgi väi-
kese seismilise sündmuse Soome lahes.
NORSAR rakendab teistsugust seismiliste
sündmuste tuvastamise ja lokaliseerimise
meetodit, kui on kasutusel rutiinses Soo-
me-Eesti seismoseires. Analüüsimisel ka-
sutatakse seismojaamade klastreid – antud
juhul ühte Lõuna-Soomes asuvat – nagu
antenni, mis võimaldab ka väga nõrkasid
signaale identifitseerida.

Kuna NORSAR-i uuringu tulemusena oli
olemas teave täpse kellaaja kohta, vaadeldi
veel kord läbi Soome lõunaosa ja Eesti seis-
mojaamade seismogrammide koherentse
signaali otsimise eesmärgil. Nii fikseeris ka
Eesti Geoloogiateenistus, et tõepoolest oli
üks nõrk seismiline sündmus aset leidnud
ning selle magnituudiks hinnati 0,6.

Kuigi sündmuse lokaliseerimine pakkus
väljakutset, langeb seismogrammide põh-
jal määratud epitsentri asukoht üpris hästi
kokku ajakirjanduses avaldatud Balticcon-
nectori rikke asukohaga Soome majan-
dusvetes. Oluline on, et juhtumi toimumise
aega oli võimalik seismilise meetodiga väga
täpselt määrata.

Gaasitoru Balticconnector purunemisega
seostatava seismilise sündmuse kolme kom-
ponendiga (ülevalt alla: vertikaalne, horison-
taalne põhi-lõuna, horisontaalne ida-lääs),
salvestised mõnes Soome (TVF, PVF, RAF,
FIA1, KEF) ja Eesti seismojaamas (EE02,
SRGE).

Pb/Pg/PB – pikilaine algusaeg
S/Sb/Sg/SB/SG – ristlaine algusaeg
kellaaeg ja kuupäev (07.10.2023) UTC järgi.
Paremal: seismojaama kaugus sündmuse
asukohast.



Estonia põlevkivikaevanduses toimunud varingu kolme komponendiga salvestised Eesti seis-
mojaamade EE04, TOSE ja PISE salvestistel.

P – pikilaine algusaeg,
S – ristlaine algusaeg, kellaaeg UTC järgi.
Paremal: seismojaama kaugus epitsentrist

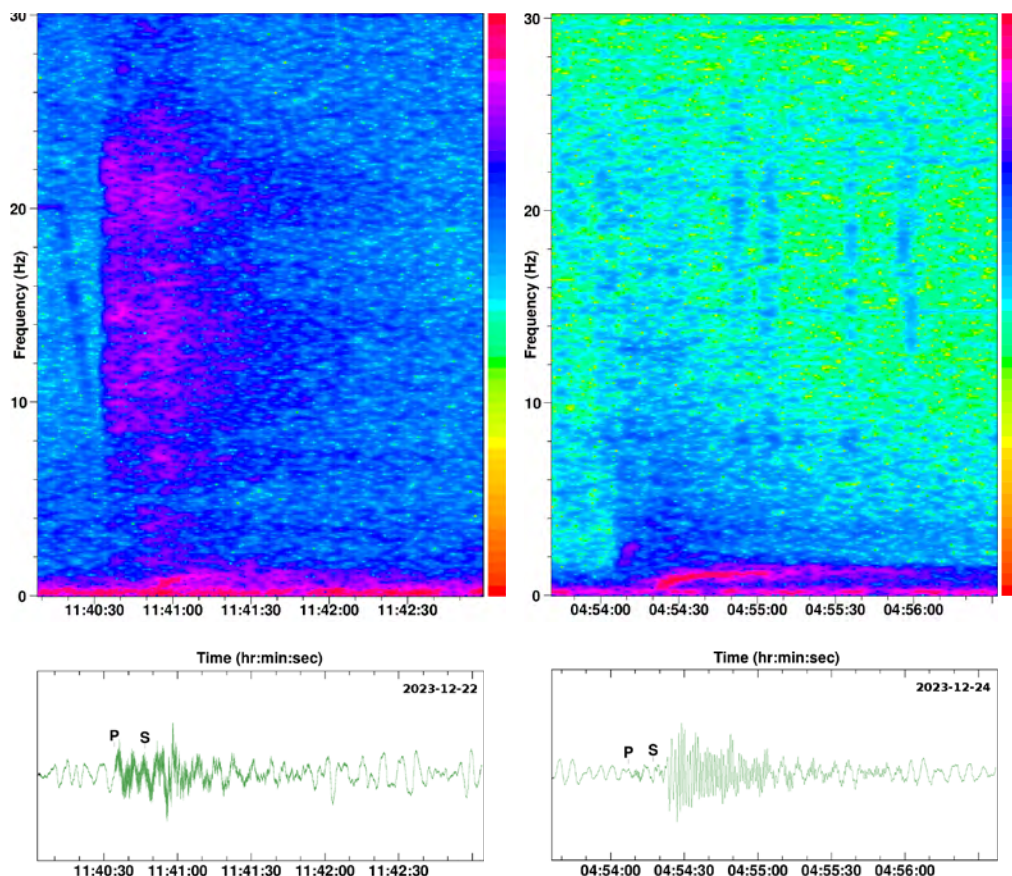
Sündmuse väikest magnituudi selgitab as-
jaolu, et mingit plahvatust ei toimunudki,
kuid gaasitoru vigastas laeva ankur. Lõök
raskelt esemelt, nagu ankrult, ja/või gaasi
järsk väljumine selle tagajärjel purunenud
torust võivad tekitada nõrgemapoolse
seismilise sündmuse.

Varing Estonia põlevkivikaevanduses

Kirde-Eesti põlevkivimaardla altkaevan-
datud alad ei pruugi olla stabiilsed aasta-
te-aastakümnete jooksul. Aeg-ajalt tuleb
ette varinguid nii suletud kui töötavates
kaevandustes, tingituna lage üleväl hoid-
vate tervikute purunemisest ja/või lae
varisemisest. Alates 2008. aastast on Kir-
de-Eesti kaevandusvaringuid seismiliselt
registreeritud kokku 11 korda.

Põlevkivikaevanduste varingute seis-
mogrammidel on spetsiifilised äratuntavad
tunnused. Seda näitlikustab 2023. aasta
jõululaupäeval Estonia kaevanduses toi-
munud varing, mille seismojaamad regist-
reerisid magnituudiga 1,6 sündmuse näol.
Seismogrammidel on näha võrdlemisi ma-
dala sagedusega piki- (P) ja ristlainele (S)
järgnemas madala sagedusega, peaaegu
monokromaatilist kaua kestvat (rohkem
kui 1 min) lainetust. Sellist lainetust võib tõl-
gendada kaevanduse kambrites ringi liikuva
õhulainena.

Seismilise lainetuse sagedussisaldust on
võimalik selgitada analoogiliselt valgus-
lainete spektriga. Arvutatakse spekt-
rogramm, mis näitab sagedussisalduse



Seismojaama VSU seismogrammide vertikaalkomponentide (alumised) baasil arvutatud spektrogrammid (ülemised), mõlema sündmuse magnituud on 1,6. Vasakul on Narva lõhkamise (kaugusega 106 km) ja paremal Estonia varingu (kaugusega 92 km) signaal. Suhtelise värviskaala järgi on kõrged amplituudid magentapunast värvi.

ajalist arengut signaali kestuse vältel. See omakorda vihjab sündmuse tekitaja iseloomule. Kirde-Eestis tavapäraste karjäärade lõhkamiste ning kaevandusvaringute spektrogrammid erinevad üksteisest märkimisväärselt. Ülal joonisel on näitena toodud seismojaama VSU spektrogrammid ühe Narva põlevkivikarjääri lõhkamise ning Estonia kaevanduse varingu kohta.

Mõlema sündmuse magnituud on 1,6. Kuna andmed on filtreerimata, kajastub mõlemal graafikul taustfoon sagedustel < 1 Hz.

Lõhkamise spektrogrammil sisaldab signaal laineenergiat kuni sageduseni 25 Hz (maksimumid magentapunase värviga). Aimata on lõhkamistele omast „triibulist“ välimust ehk mõned sagedused on domineerivad. Peale ristlainet (S) on lühiajaliselt



Näide kaevandusvaringu jälgedest maastikul: 16.03.2017 toimunud varing Estonia kaevanduses, mis tekitas magnituudiga 2,2 seismilise sündmuse.

näha jälgi sagedusega umbes 1 Hz pinnalainetest. See-eest varingu spektrogrammi energiasisaldus jääb valdavalt sagedustele alla 3 Hz nii piki- (P) kui ristlaine (S) osas. Silmatorkav on järgnev suure amplituudi ja pika kestusega peaaegu monokromaatiline lainetus, mille sagedus on umbes 1 Hz.

Estonias kaevandav Enefit Power AS kinnitas, et varing oli aset leidnud arendatava päikeseenergiapargi alustarindi all. Seismiline analüüs andis märkimisväärselt täpse tulemuse, sest tegeliku ja seismiliselt



2023. aasta Estonia varingu tegelik asukoht (punane kaardinõel) ja seismiliselt määratud epitsenter (oranž kaardinõel). Ala asukoht on märgitud punase kastiga väljalõikekaardil paremas ülanurgas. Aluskaart: Maa-amet.

määratud asukoha vahemaa on kõigest umbes 100 m.

Varingute seismiline registreerimine on kasulik abivahend tuvastamaks tekkinud lohke ja auke, mis võivad olla ohtlikud. Kõigepealt saadakse kätte väga täpne teave varisemise toimumisaja kohta. Magnituud annab aimu juhtumi ulatusest. Seismiline lokaliseerimine annab ligikaudse asukoha hinnangu, mille järgi saab varingujälgi maastikul otsida ja vajadusel neid viivitamata likvideerima asuda.

Heidi Soosalu

Heidi.Soosalu@egt.ee

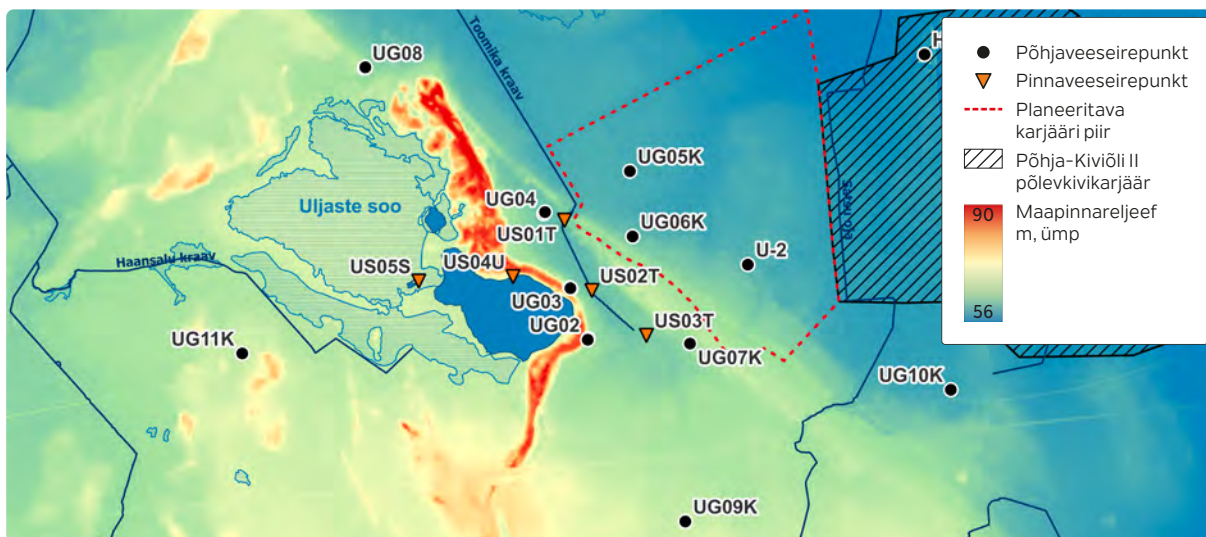


Uljaste järv. Foto: Lennart Maala.

Kuidas mõjutab kaevandamine või kliima Uljaste järve veetaset?

2021. aasta märtsist kuni 2023. aasta aprillini toimunud Uljaste järve ja põhjavee seose uuring keskendus Uljaste järve veetaseme ja ümbruskonna põhjavee vaheliste seoste mõistmisele. Uuringu eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas mõjutab võimalik põhjaveevõtt, sealhulgas kaevandustegevus, järve veetaset.

Uuring hõlmas geofüüsikalisi töid, hüdroloogiliste ja hüdrogeoloogiliste andmete kogumist, sealhulgas veetasemete ja vooluhulkade mõõtmist, samuti põhja- ja pinnavee isotoopkoostise analüüsi. Kogutud andmete põhjal koostati Uljaste järve loodusliku veebilansi mudel, isotoopmeetoditel põhineva veebilansi mudel ning hüdrogeoloogiline mudel. Geofüüsikaliste uuringute käigus uuriti järve põhjaseteid ja ümbruskonna geoloogiat, et tuvastada tektoonilisi rikkeid ja



Põhja- ja pinnavee seirepunktide asukohad.

hinnata pinnakatte paksust. Geofüüsikaliste uuringute tulemustest on täpsemalt juttu Eesti Geoloogiateenistuse 2021. aastaraamatus.

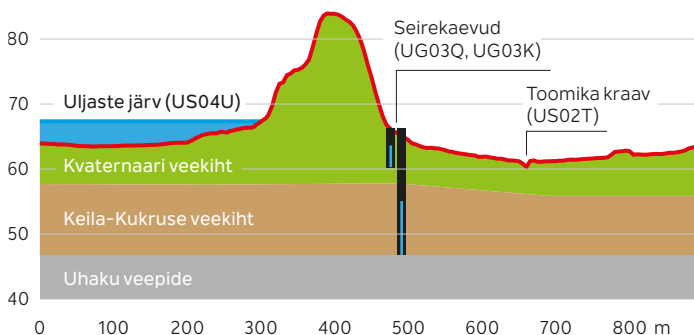
Pinna- ja põhjaveeseire

Uuringu käigus jälgiti põhja- ja pinnaveetasemeid kokku 22 vaatluspunktis (sh Saarjärves, Uljaste järves ja kraavis).

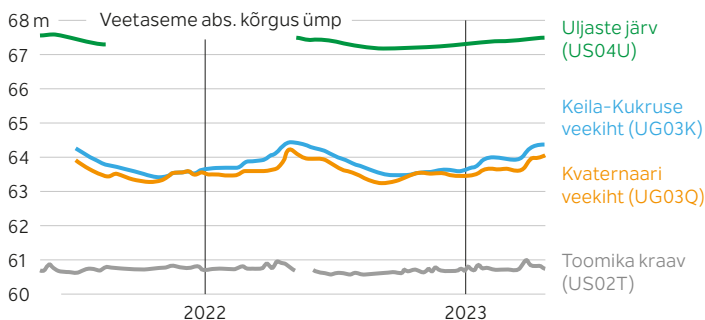
Uljaste järve sesoonne veetaseme muutus oli uuringuperioodil 0,46 m, jäädes vahemikku 67,16–67,62 m ümp. Vaatluspunktis UG03, mis koosneb kokku kolmest seirekaevust, varieerus põhjaveetasepinnakattes (UG03Q) vahemikus 63,2–64,2 m ümp ning Keila-Kukruse veekihi (UG03K) 63,4–64,4 m ümp. Uljaste järve põhja absoluutne kõrgus on 62,5–64,5 m ümp, mis näitab, et põhjaveetasepind ulatub järve põhjani.

Uljaste järve veetaset on jälgitud alates 2010. aastast. Kogu vaatlusperioodi

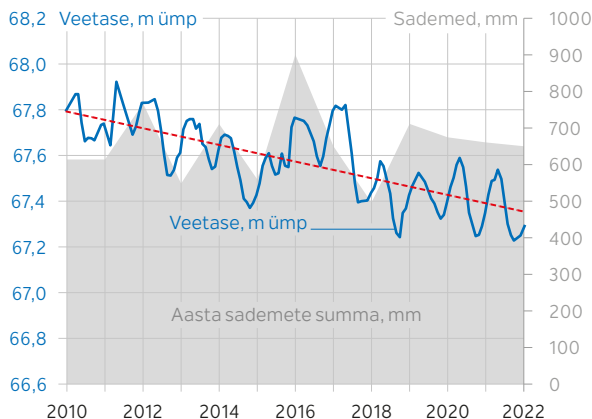
90 m Absoluutne kõrgus ümp



Uljaste järve ja oosi läbilõige.



Uljaste järve veetasemete vaatlusandmed.



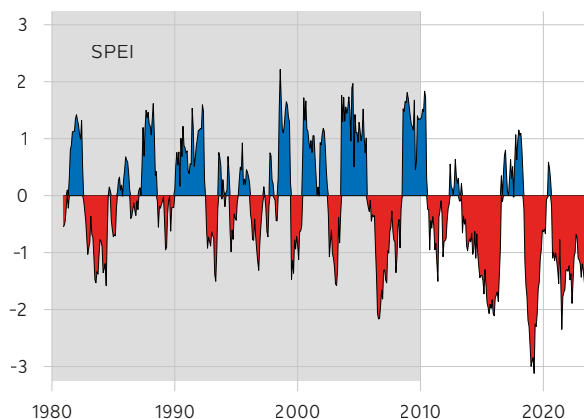
Uljaste järve veetaseme muutused ning sademete hulk Sämi hüdromeetriaajas.

(2010–2023) iseloomustab veetaseme langustrend. Vaatlusperiood kattub muutlike kliimatingimustega (väike sademete hulk, suur evaporatsioon ning kõrged aasta keskmised temperatuurid). Nende tegurite koosmõju iseloomustab nn põuaindeks (Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index ehk SPEI). Indeks näitab, et ajavahemik 1980–2010 oli külmem ja sajusem võrreldes perioodiga 2010–2023, mil hakkasid domineerima põuasemad aastad.

Järve veebilansi ja vee isotoopbilansi mudelid

Geoloogilise info ning kogutud pinna- ja põhjavee andmestiku põhjal lõime kaks Uljaste järve loodusliku veebilansi mudelit (hüdroloogiline mudel ja isotoopbilansi mudel), mis andsid vajalikud sisendparameetrid hüdrogeoloogilise 3D-mudeli kalibreerimiseks.

Uljaste järve hüdroloogiline mudel põhines Kurtna järvede uurimiseks väljatöötatud järve veebilansi mudelil. Sisendandmetena kasutati Uljaste järve veetasemeid, Jõhvi meteoroloogiajaamas mõõdetud kliimaatilisi parameetreid (õhutemperatuur, tuule kiirus, suhteline õhuniiskus, päikesepaiste kestus, üldpilvisus) ning Sämi hüdromeetriaajas mõõdetud sademete hulka.



Põuaindeks Jõhvi meteoroloogiajaama andmetel perioodil 1980–2023.

Teine järve veebilansi mudel põhines isotoopbilansi meetodil. Veemolekulid koosnevad erineva massiga hapniku (näiteks hapnik-16 ja hapnik-18) ning vesiniku (vesinik-1 ja vesinik-2 ehk deuteerium) isotoopidest. Veemolekulide isotoopkoostise erinevused võimaldavad uurida vee liikumist veeringes. Mõõtes järvevee, sellele langevate sademete ning Uljaste soost ja oosilt järve valguva vee isotoopkoostist, on võimalik hinnata järvest aurunud vee, järve sissevoolava vee ja järvest välja voolava vee koguseid.

Mõlema mudeli tulemuste põhjal võib järeldada, et Uljaste järve pikaajaline aurumise ja järve sissevoolava vee suhe on u 0,7. Aastane sissevool järve on keskmiselt 1040–1045 mm, millest 650 mm lisandub sademete kaudu ning 370–400 mm äravooluna valgalt. Väljavool järvest koosneb samuti kahest komponendist. Suurem veekadu toimub aurumise teel (740 mm/a). Ülejäänud osa neeldub ümbritsevasse põhjaveekihtidesse läbi järve põhja (290–330 mm/a). Siit järeldub, et kõige suurema osa Uljaste järve veebilansist moodustab aurumine (35%). Suuruselt teine veebilansi komponent on sademed (31%). Valgalalt voolab järve ligi viiendik järve veeringes olevast veest (19%). Ülejäänud 16% lekib läbi põhja järvest välja. Aastane ruumalamuutus on olnud keskmiselt –1%. Järve

veevahetuse aeg on 30–44 kuud ehk 2,4–3,6 aastat. Mudelite järgi toitub järv peamiselt sademetest ja valgalt järve voolavast lumesulaveest.

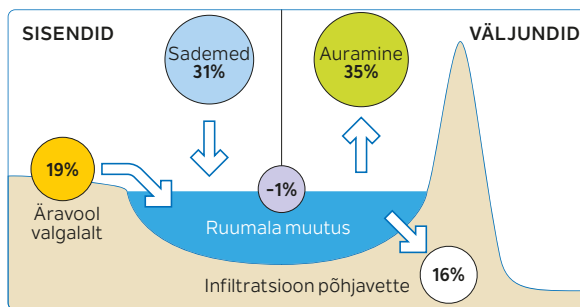
Hüdrogeoloogiline mudel

Loodusliku veebilansi mudelite tulemused olid sisen-diks 3D-hüdrogeoloogilisele mudelile, mille abil uuriti järve veetaseme ja sellel lasuvate põhjaveekihtide veetasemete omavahelisi seoseid ning võimaliku põh-javeevõtu mõju Uljaste järve veetasemele. Tulenevalt uuringu eesmärgist oli modelleerimise põhitähele-panu pinnakatte kihtidel ja esimesel aluspõhjalisel veekihil.

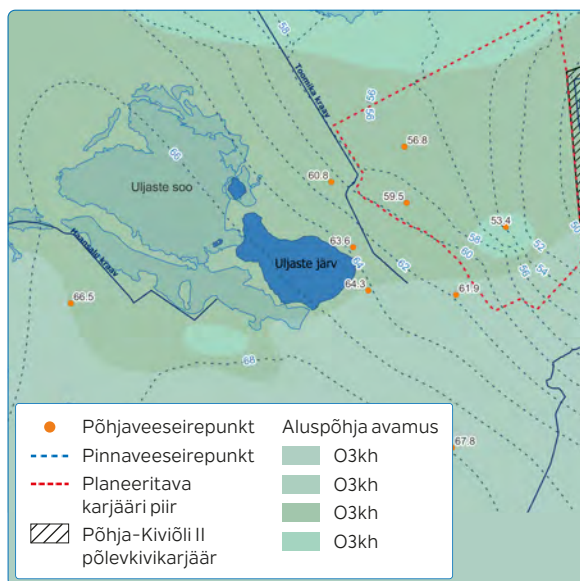
Hüdrogeoloogilise mudeli põhjal on infiltratsioon järvest põhjavette keskmiselt 530 m³/ööpäevas (306 mm/a). Järvepõhja vertikaalseks filtratsioonikoefitsiendiks saadi mudeli kalibreerimise tulemusel 0,0012 m/ööpäevas ja oosi horisontaalseks filtrat-sioonikoefitsiendiks 5 m/ööpäevas. Loodusliku vee-tõkkena näivad käituvat aluspõhjalised kerkealad.

Hüdrogeoloogiline mudel näitas, et kuigi Uljaste jär-ves ei esine olulist aluspõhjalist põhjaveetoidet, sõltub Uljaste järve veetase selle all oleva põhjavee surve-tasemest. Mistahes põhjusel toimuv põhjaveetaseme alandamine järve all avaldab negatiivset mõju Uljaste järve veetasemele. Seega tuleb Uljaste järve ümbru-ses põhjavee survetasemetele mõju avaldavaid tege-vusi hoolikalt planeerida.

Uljaste järve veetase on viimasel 12 aastal olnud langustrendis. See on seotud põuaste aastate esi-nemisega ja näitab, et järv veekoguna on valitsevate kliimatingimuste suhtes tundlik. Seega võivad olulised muutused järve veetasemetes toimuda ka inimtege-vusest sõltumatult.



Uljaste järve veebilansi komponentide osakaalud.



Keila-Kukruse veekihi veetaseme samakõrgusjooned 2022. aastal.

Polikarpus, M., Pärn, J., Latsepov, L., Tarros, S., Suuroja, S., Tuuling, I., Veski, A., Liira, M., Jõelet, A., Plado, J., 2023. Uljaste järve ja põhjavee seose uuring. Eesti Geoloogia-teenistus, Rakvere. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9757>.

Maile Polikarpus
Joonas Pärn
Leonid Latsepov

Maile.Polikarpus@egt.ee
Joonas.Parn@egt.ee
Leonid.Latsepov@egt.ee



Sõmeru pilootala Vetiku oja suudmes füüsikalise-keemiliste parameetrite mõõtmine ja veeproovide võtmine. Foto: Rauno Künnapuu.

Põud ja vihm 21. sajandi Eestis. LIFE SIP AdaptEst projekti tutvustus

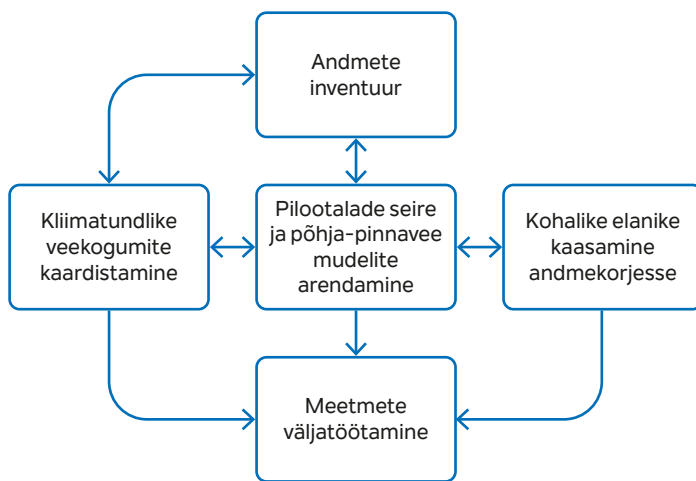
Järgmise saja aasta jooksul on Eestis oodata kliimatingimuste olulist muutumist. Sõltuvalt erinevatest stsenaariumitest võib 21. sajandi teiseks pooleks meie lähipiirkonnas aasta keskmine õhutemperatuur tõusta 2–4 °C ja sademete hulk suureneda 10–20% võrra (Jaagus, Mändla, 2014; Ruosteenoja, Jylhä, 2021). Suurimaid muutusi ennustatakse talviseks poolaastaks, mil ilmastik peaks võrreldes tänasga muutuma soojemaks ja niiskemaks.

Kliimaprojektsioonid näitavad, et olulisemad muutused võrreldes tänasga leiavad aset Lääne-Eestis (Sepp jt., 2018). Juba eelneva sajandi jooksul on Eesti kliimatingimustes ilmnenud mõned selged muutused. Tõusnud on õhutemperatuur, muutunud sademete režiim ja vähenenud on nii talvise lumikatte paksus kui ka kestus (Jaagus jt., 2017; Viru, Jaagus, 2020). Kõik see on avaldanud oma mõju ka veeringele. Näiteks on üle Eesti täheldatud jõgede äravoolu

maksimumi nihkumist varakevadesse (aprillist märtsi-veebruari), mille põhjuseks on peamiselt varasem lumesula (Jaagus jt, 2017; Kotta jt, 2018). Kuidas mõjutavad kõik need muutused meie pinna- ja põhjavee-ressursse ning nende majandamiseks loodud veekogumite seisundit, vajab lähitulevikus lähemat uurimist.

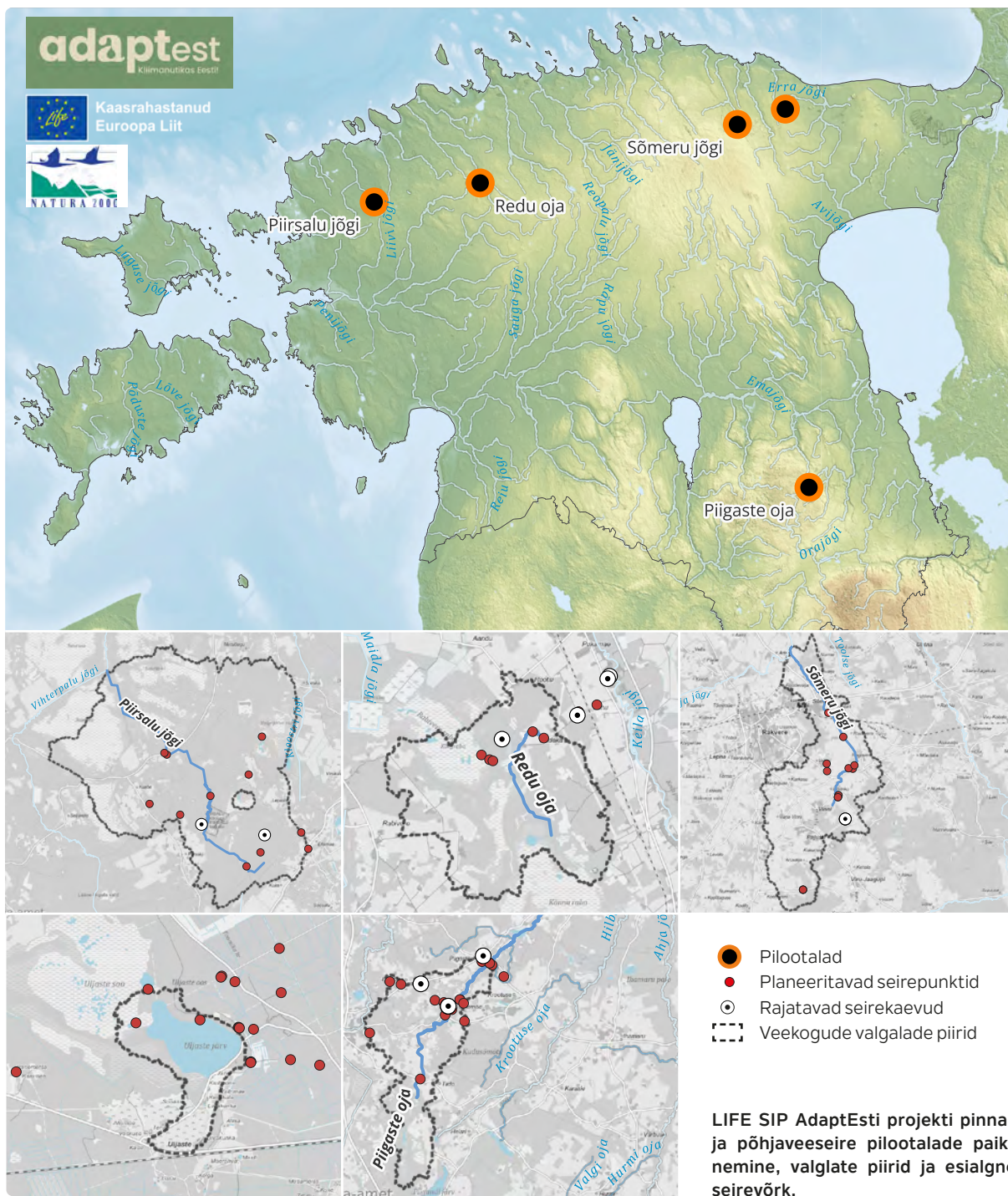
Selle ja paljude teiste kliimamuutustega seotud teemasid uurib Eestis Kliimaministeeriumi juhtimisel 2023. aastal alanud ja ligi 18,9 miljonit eurot maksev LIFE integreeritud projekt AdaptEST „Kliimamuutustega kohanemise tegevuste elluviimine Eestis“ (Implementation of national climate change adaptation activities in Estonia, LIFE21-IPC-EE-LIFE-SIP AdaptEst/101069566), mis kestab kuni 2032. aasta alguseni. Projekti üldisteks eesmärkideks on aidata kaasa erinevate ökosüsteemide vastupanuvõime suurendamisele muutavas kliimas, parandada ühiskonna valmisolekut kliimamuutustega kohanemiseks ning tagada sotsiaal-majanduslik positiivne mõju ressursside säästva kasutamise kaudu.

Eesti Geoloogiateenistus (EGT) osaleb projekti põhja- ja pinnaveekogumitega seotud tegevustes ja on seotud projekti 3. töopaketi „Kliimamuutustest mõjutatud veekogude kaardistamine ja meetmete väljatöötamine“. Meie põhitegevused projektis kestavad 1. jaanuarist 2023 kuni 31. detsembrini 2029. Tööpaketi erinevate tegevuste läbiviimise eesmärk on tagada pinna- ja põhjaveekogumite hea seisund muutavas kliimas. Seda tegevust juhib Eesti Keskkonnaagentuuri hüdroloogia osakond ja tööpaketi meeskonna moodustavad lisaks EGT-le veel Tallinna Ülikooli ökoloogia keskus ja Kliimaministeerium.



LIFE SIP AdaptEsti projekti töopaketi nr 3 ülesehitust ja tegevusi tutvustav skeem.

Pinna- ja põhjaveekogumite kliimatundlikkuse uuringud hõlmavad konkreetseid tegevusi. Esmalt viiakse läbi olemasolevate andmete inventuur ja koondatakse kõik edasisteks uuringuteks vajalikud andmed ühtsesse andmebaasi. Seejärel kaardistatakse olemasolevate andmete põhjal Eesti pinnaveekogude ja põhjaveekihtide kliimatundlikkus ja alustatakse viiel pilootalal pinna- ja põhjavee seirega. Viimase tegevuse lõppeesmärgiks on Eestile sobivate mudelite loomine, mis võimaldaksid käsitleda pinna- ja põhjavee vastastikmõjusid ja ennustada tuleviku kliimamuutuste mõju veeringe erinevatele osadele. Pilootaladel on plaanis spetsiaalse rakenduse kaudu kaasata andmekorjesse ka kohalikke elanikke, et muuhulgas tõsta nende teadlikkust veekogude seisundist. Kõigi nimetatud tegevuste tulemusena pakutakse välja meetmed veekogumite seisundi parandamiseks või hea seisundi säilitamiseks muutuva kliima tingimustes.



EGT peamiseks ülesandeks on ühtsete põhja- ja pinnaveemudelite loomine. Neid mudeleid arendatakse ja katsetatakse pilootaladel. Seejärel pakutakse välja sobivad mudelid, mida saaks kasutada ka teiste Eesti valglate ning veekogumite uurimiseks. Samuti teostab EGT kliimamuutustest mõjutatud veekogumite kaardistamist, et hinnata kliimamuutuste mõju põhja- ja pinnaveeressurssidele kohalikul tasandil, ja osaleb andmete inventeerimise ning meetmete väljatöötamisega seotud tegevustes.

2024. aasta kevadel algab pinna- ja põhjavee seire viiel pilootalal, mis on jaotatud üle Eesti nii, et oleks võimalik uurida erinevate ilmastiku, veerežiimi ja põhjavee-pinnavee vastastikmõjudega piirkondi. Pilootaladeks valiti Piirsalu jõe valgla Lääne-Eesti madalikul, Redu oja valgla Harju lavamaal, Sõmeru jõe valgla Pandivere kõrgustikul, Piigaste oja valgla Otepää kõrgustikul ja Uljaste järve valgla Viru lavamaal. Seire nendel aladel kestab kuni 2027. aasta lõpuni. Seiretööde raames puuritakse 2024. aastal kõigi pilootalade peale kokku 12 uut seirekaevu, mille rajamise eest vastutab EGT.

Täiendavat ja jooksvat infot saab projekti kodulehelt. Projekti lõppedes on meil parem teadmine selle kohta, kuidas mõjutavad kliimamuutused meie põhja- ja pinnaveid. Kas suuremaks ohuks on põud või üleujutused? Kas madalamad kaevud ja väiksemad jõed jäävad suvel kuivaks või tuleb neisse vett juurde? Kas tuleb piirata veekasutust või on tarvis rajada hoopis uusi maaparandussüsteeme, et liigvesi maapinnalt ära juhtida?

KASUTATUD KIRJANDUS

- Jaagus, J., Mändla, K., 2014. Climate change scenarios for Estonia based on climate models from the IPCC Fourth Assessment Report. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 63, 166–180. <https://doi.org/10.3176/earth.2014.15>.
- Jaagus, J., Sepp, M., Tamm, T., Järvet, A., Möisja, K., 2017. Trends and regime shifts in climatic conditions and river runoff in Estonia during 1951–2015. – *Earth System Dynamics*, 8, 963–976. <https://doi.org/10.5194/esd-8-963-2017>.
- Kotta, J., Herkül, K., Jaagus, J., Kaasik, A., Raudsepp, U., Alari, V., Arula, T., Haberman, J., Järvet, A., Kangur, K., Kont, A., Kull, A., Laanemets, J., Maljutenko, I., Männik, A., Nõges, P., Nõges, T., Ojaveer, H., Peterson, A., Tõnisson, H., 2018. Linking atmospheric, terrestrial and aquatic environments: Regime shifts in the Estonian climate over the past 50 years. – *PLoS ONE*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209568>.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K., 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. – *Geophysica*, 56, 39–69.
- Sepp, M., Tamm, T., Sagris, V., 2018. The future climate regions in Estonia. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 67, 259–268. <https://doi.org/10.3176/earth.2018.19>.
- Viru, B., & Jaagus, J., 2020. Spatio-temporal variability and seasonal dynamics of snow cover regime in Estonia. – *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 759–771. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03013-5>.

Joonas Pärn
Siim Tarros

Joonas.Parn@egt.ee
Siim.Tarros@egt.ee



Uuga pank Pakri poolsaarel. Foto: EGT.

Ordoviitsiumi stratigraafia koolitus Eesti Geoloogiateenistuse töötajatele

Ordoviitsiumi ajastust pärit kivimeid on Eestis küllap enim uuritud nende majanduspotentsiaali ja kergesti ligipääsetavuse tõttu. Nende hulka kuuluvad nii Vão kihistu ehituslubjakivid, Viivikonna kihistu põlevkivid, Kallavere kihistu potentsiaalsed fosforiidid kui paljud teisedki. Kihistute liigestuseks kasutatavaid mahtusid on ajaloos korduvalt muudetud, samuti võib kunagi õpitu ununeda, seega on tähtis teadmisi aeg-ajalt uuendada ja tutvuda ka reaalsete kivimpaladega.

2023. aasta maikuus toimus Arbavere uurimiskeskuses Eesti Geoloogiateenistuse (EGT) töötajatele koolitus, kus professor Tõnu Meidla juhendamisel sai tutvuda Ordoviitsiumi ladestu kivimilise ehitusega

nii teoorias kui puursüdamike näol ka praktiliselt. Samasugune koolitus toimus 2022. aastal Siluri stratigraafia kohta ning tulevikus on plaan jätkata koolitustega Devon, Kambriumi ja Ediacara kivimite põhjal.

Ordoviitsiumi uurimise ajalugu ulatub tinglikult 19. sajandisse, kus 1830-ndatel kirjeldati seda Siluri kaksikliigestuse osana. 1879. aastal eraldati Ordoviitsiumi ladestu Siluri omast ning britid võtsid sellise eristuse juba 1890. aastatel mitteametlikult kasutusele. Eesti aladel kasutas Ordoviitsiumi nimetust esimest korda 1921. aastal

Hendrik Bekker. Üleilmsesse ametlikku liigestusse kinnitati Ordoviitsiumi ladestu alles 1960. aastal.

Ordoviitsiumi üksuste määranguid on aja- loos pidevalt muudetud, mistõttu leiab tihti aruannetest ka vastavaid üksikasja- likke stratigraafilisi kirjeldusi, seletamaks piirkonnas levivaid kihistuid ja kihistikke. Sellest hoolimata esineb aruannetes ka selliseid mitteametlikke üksuseid, mida ühel või teisel põhjusel pole suudetud ole- masolevate kihistute või kihistikega siduda. Alates 1960-ndatest määratlevad liiges- tuse põhijooni riikliku geoloogiateenistuse ametkondlikult kinnitatud stratigraafilised skeemid, mida uuendati aastatel 1965, 1978 ja 1987 ning mille vahel võib omakorda leida mitmeid erinevusi. Erinevused eksistee- rivad ka tänapäevases liigestuskeemis, mis põhineb Rahvusvahelise Stratigraafia Komisjoni (IUGS) eestvedamisel koosta- tud rahvusvahelise stratigraafia juhisel. Selle kõigega tuleb arvestada, kui tegeleda puursüdamike ajalooliste andmetega, ja seetõttu on ka oluline teadmisi uuendada ning teadvustada probleeme, millest ei pruugitud ülikoolihariduse omandamisel veel teadlik olla.

Lisaks ajaloolisele ja tänapäevasele Ordo- viitsiumi liigestusele tutvustati koolitusel arengusuundi üldises rahvusvahelises lii- gestuses ja nii rahvusvaheliste kui kohalike liigestuspiiride muudatusi viimase 50 aasta jooksul. Samuti anti ülevaade kohalikust Ordoviitsiumi paleobasseinist ja selle öko- loogiast ning Baltika lääneosa stratigraafia muutumisest.

Õppematerjaliks avati Arbaveres nii uue- maid kui vanemaid puursüdamikke, mille hulgas olid fosforiidi-ala uus kontrollsü- damik, Kesk-Eesti uus Kolu puursüdamik, Loode-Eestist Pakri kihistut kirjeldav sü- damik, Hiiumaalt Männamaa, Lõuna-Eesti piirkonnast Ruhnu ning Lõuna-Eestist Taa- gepera ja Värska puursüdamik. Südamikke ja nende liigestust aitas mõista ka meie vanemgeoloog Kalle Suuroja, kes on olnud seotud pea kõigi nende kirjeldamisega.

KASUTATUD KIRJANDUS

Engelhardt, O. M., 1830. Umriss der Felsstruktur Estlands und Livlands. Karstens Archiv für Mineralogie.

Rahvusvaheline Geoloogiateaduste Liit, Rah- vusvaheline Stratigraafia Komisjon ja Rah- vusvaheline Stratigraafia Klassifikatsiooni Alamkomisjon, 2000. Rahvusvaheline stra- tиграafia juhise. Lühendatud versioon (tõlkija M. Rubel), 1-39.

Решения межведомственного региональ- ного стратиграфического совещания по разработке унифицированных страти- графических схем рибалтики 1976 г. С унифицированными стратиграфически- ми., 1978. Leningrad.

Решения межведомственного совещания по разработке унифицированных страти- графических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы, 1962 г., 1965. Leningrad.

Решения межведомственного стратиграфи- ческого совещания по ордовики и силуру Восточно-Европейской платформы 1984 г. С региональными стратиграфически- ми схемами., 1987. Leningrad.



Tehisintellektiga (Microsoft Copilot, DALL-E 3) dialoogis valminud kujutlus geoloogist välitöödel.

Valmis geoloogia andmekogu

2022. aasta juuli alguses alustas Eesti Geoloogia-teenistus (EGT) ühe oma igapäevatööd oluliselt seganud probleemi lahendamist. Nimelt hakati arendama ühtset geoloogia andmekogu, mis võimaldaks koondada EGT tööprotsessides tekkivaid ja kasutatavaid erinevaid andmeid ning neid ühtsetel põhimõtetel hallata.

Tegemist ei olnud puhtalt tehnilise andmebaasiplatvormi arendusega, vaid koostöös erinevate osakondadega pandi alus geoloogiliste andmete kvaliteedimudelile. Projekti käigus otsiti vastuseid järgmistele küsimustele:

- Kuidas igapäevaselt kogutavaid andmeid kirjeldada? Millised tunnused on andmete puhul olulised?
- Milliste klassifikaatorite kaudu saab kogutavaid andmeid kirjeldada?
- Kuidas on erinevad andmed omavahel seotud?

- Millise täpsusega on olemasolevad andmed ja millise täpsusega neid tulevikus juurde tekib?
- Millised välise osapoolte andmed EGT-le huvi pakuvad?
- Millised EGT andmed võiksid välistele osapooltele huvi pakkuda?

Poolteist aastat ja ca 5000 töötundi hiljem valmis erinevatest andmebaasidest ja seotud lahendustest koosnev andmesüsteem, mis võimaldab EGT-l:

- töövoogudes tekkivaid andmeid kokkulepitud kujul talletada;
- töövoogude kaudu andmeid kindlate reeglite järgi hallata;
- süsteemselt kogutavate andmete kvaliteeti kontrollida;
- EGT-üleselt teiste osakondade andmeid riskasutada;
- maavarade registri, SARV-e ning EE-LIS-e, VEKA ja KOTKAS-e andmekogude andmeid koos EGT enda andmetega kasutada;
- kogutavate andmetega seotud manuseid lisada ja hallata;
- andmeid jagada WMSi, WFSi kaarditeenuste, X-tee ja API vahendusel;
- teha Eesti geoloogia andmed kättesaadavaks üleeuroopalise INSPIRE teenuste kaudu.

Kindlasti ei lõpe teekond EGT jaoks nimetatud tulemustega. Nüüd on vaja jõudsalt edasi toimetada selleks, et väljaarendatud lahenduste ökosüsteem saaks EGT igapäevaste tööprotsesside osaks ning hakkaks



Andmekogu valmimisele läks ca 5000 töötundi. Foto: EGT.

neid toetama. Selleks lepatakse kokku ja täpsustatakse erinevate osakondade tööprotsessid, täiendatakse kvaliteedimudelit ning arendatakse kasutajale töövahendeid, mis võimaldavad neil mugavalt andmeid õigel kujul sisestada.

Projekti rahastati EL Regionaalarengu Fondi avalike teenuste pakkumise arendamise meetmest.



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks

Kreet Solnask
Ants Vain
Mariliis Aren

Kreet.Solnask@egt.ee
Ants.Vain@egt.ee
Mariliis.Aren@egt.ee



TÜ tudengid Georg Rahu ja Richard Pihel mõõtmäs pinnaseõhu radoonisisaldust Kanepi vallas. Foto: Elina Kuusma.

Radooniuuringud väheuuritud oma- valitsustes: Elva, Antsla, Kanepi ja Valga vallas

Eesti Geoloogiateenistus asus 2018. aastal Keskkonnaministeeriumi tellimisel teostama projekti „Radooniuuringud väheuuritud omavalitsustes“, millega kaardistatakse 19 Eesti omavalitsust, kus on seni radooniuuringuid tehtud vähe. Projekti kahe esimese etapi käigus

kaardistati 11 valda ja linna. 2023. aastal viidi ellu projekti III etapp, mille käigus kaeti radoonimõõtmistega neli valda: Elva, Antsla, Kanepi ja Valga. Järgmises etapis on plaanis kaardistada viimased neli omavalitsust: Anija, Vinni ja Kihnu vald ning Haapsalu linn.

III prioriteediga haldusüksustes on valdavas jaos pinnasepunktides Rn aktiivsuskontsentratsioon väiksem kui 75 kBq/m³ ja geoloogiline ehitus ei viita kõrge radooniriski kujunemisele. Radoonirisk on neis omavalitsustes keskmine või madal.

Kuigi määrus reguleerib radoonisisaldust hoonete siseõhus, prioritseeritakse haldusüksused hoopis pinnaseõhu radooniuuringute alusel. Eestis on pinnaseõhus radooni mõõdetud üle 20 aasta, siseõhu uuringute võrgustik on aga oluliselt katkendlikum. Samuti sõltub siseõhu radoonisisaldus hoone ehituslahendustest, mis on aga ehitise puhul erinevad. Pinnaseõhu

KASUTATUD KIRJANDUS

Keskkonnaministeerium, 2019. Riiklik radooni tegevuskava (National Radon Action Plan).

Keskkonnaministri 30.07.2018 vastu võetud määrus nr 28 „Tööruumide õhu radoonisisalduse viitetase, õhu radoonisisalduse mõõtmise kord ja tööandja kohustused kõrgendatud radooniriskiga töökohtadel“. Avaldamismärge: RT I, 03.08.2018, 4. <https://www.riigiteataja.ee/akt/113072023061>, viimati vaadatud 15.02.2024.

Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2013/59/EURATOM. Official Journal of the European Union, 2014. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:EN:PDF>, viimati vaadatud 15.02.2024.

radoonisisaldus on seevastu seotud piirkonna geoloogilise ja geomorfoloogilise ehitusega, mis võimaldab hinnata radooniriski laiemalt.

Radoon on looduslikult esinev gaas, mis tekib meie aluspõhja kivimites ja pinnakatte setetes leiduvate metallide uraani, tooriumi ja raadiumi radioaktiivsel lagunemisel. Pikaajase kõrge radoonisisaldusega keskkonnas viibimine tõstab oluliselt kopsuvähi riski ning võib põhjustada ka teisi terviseprobleeme. Vabas õhus viibides radooni üle muret tundma ei pea, kuna gaasina hajub see kiiresti. Küll aga on radoon kujunenud probleemiks viimaste aastakümnete jooksul, kui hooned hakati ehitama väga õhukindlaks. Kehva õhuvahetuse tõttu jääb õhust raskem radoon hoonetesse püsima ning kontsentreerub. Paljud meist veedavad enamuse päevast siseruumides, mistõttu viibime ka kauem radoonirikas keskkonnas.

Kõik III etapis kaardistatud vallad (Elva, Antsla, Kanepi ja Valga) klassifitseeriti mõõtmistulemuste alusel I prioriteediga haldusüksusteks, kus radoonirisk on kõrge. Praeguseks on Eestis I prioriteediga radooniohtlikke omavalitsusi kokku 48. Nendes piirkondades on soovituslik enne uusehitiste püstitamist mõõta pinnaseõhus radoonisisaldust, et vajadusel juba ehituse käigus rakendada radoonitõkkemeetmeid.

Elina Kuusma

Elina.Kuusma@egt.ee

EESTI GEOLOOGIAATEENISTUS
AASTARAAMAT 2023

RAKVERE 2024