



KAEVANDAMINE JA KESKKOND



2012

TTÜ MÄEINSTITUUT

KAEVANDAMINE JA KESKKOND

2012

KAEVANDAMINE JA KESKKOND

2012

Kogumiku toimetuskolleegium

Ingo Valgma – toimetaja ja koostaja

Toimetus:

Ingo Valgma, Vivika Väizene, Margit Kolats, Veiko Karu

Esikaas: Kaevandamise maketid Mäeinstituudi Mäemuuseumis

Annotatsioon

Mäeinstituudi kogumik koondab aktuaalsete mäendusuringute põhjal koostatud artikleid. Riikliku energiatehnoloogiate programmi raames on alustatud nii põlevkivi kui põlevkivi jääkide ja jäätmete kasutamise laiaulatuslikke uuringuid. Nii põlevkivi kui teiste maavarade ja geotehnoloogiaga on seotud mitmed Eesti Teadusfondi grandiuuringud, kus uuritakse varinguid, kaevanduste täitmist ja tektoonikat. Mitmed seired ja projekteerimistööd käsitlevad keskkonnamõju ja tehnoloogilisi lahendusi.

Kogumik on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, ETF78123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses, DAR8130- Energia ja geotehnika doktorikool II, AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused, KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring.

Viitamine kogumikule:

Kaevandamine ja keskkond. (2012). /toim. Valgma, I. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, 265 lk.

Viitamine artiklile:

Valgma, I., Kolats, M., Leiaru, M., Adamson, A. (2012). Kivimite valikpurustamine.

Kaevandamine ja keskkond. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, lk 7-26

ISBN 978-9949-430-53-6 (trükis)

ISBN 978-9949-430-54-3 (CD)

ISBN 978-9949-430-55-0 (pdf aadressil mi.ttu.ee/kogumik)

Autoriõigus: TTÜ Mäeinstituut, 2012-05-31

ETISE kategooria 3.2 – eelretsenseeritud kogumik, vt. www.etis.ee

Sisu

1.	Kivimite valikpurustamine	10
2.	Mäemasinate kasutusareaal	29
3.	Norra mäendus.....	40
4.	Ühest tonnist põlevkivist saab ühe barreli põlevkiviõli.....	50
5.	Kaevandamisjääkide andmebaas	57
6.	Põlevkiviõli tootmisjäätmete käitlemisest	63
7.	Põlevkivi aheraine kasutamise ja ümbertöötlemise võimalused	70
8.	Kaeveõõnte täitmine	75
9.	Kaevandamisjäätmest valmistatud täitesegu katsetamine	86
10.	Punktkoormustesti efektiivne kasutamine katsetöödel	94
11.	Tervikute tugevuse muutumine ajas.....	98
12.	Kaevandamine eritingimustes	104
13.	Põlevkivi kaevandamise võimalikkusest märgalade alt.....	108
14.	Mahajäetud turbaalade taastaimestamise sõltuvus turba koostisest ja veetasemest.....	114
15.	Kaevandusvee mahud põlevkivimaardla keskosas.....	119
16.	Kunda piirkonna karjääride heitvee mõju Toolse jõevee koostisele ja seisundile.....	125
17.	Maardu vee dünaamika.....	135
18.	Veeseire.....	143
19.	Kaevandamisega kaasnev tolmu	153
20.	Kaevandusvaringute avastamine Eesti põlevkivimaardlas seismiliste sündmuste abil	157
21.	EE passide ja tehnoloogiliste skeemide koostamine.....	164
22.	Ettevalmistav töö 3D mudeli loomiseks Encom Discoveri tarkvaraga	169
23.	Mäeinseneride kutseomistamine.....	176
24.	Mäeinseneride järelkasv	182
25.	Eurodoc – doktoriõppe abikäsi.....	189
26.	TalveAkadeemia 2012: Kaevandamisel tekkivate jääkide taaskasutamine – samm ressursi paremaks kasutamiseks	193
27.	Info	200
	Eesti Mäendus – meie viimati avaldatud mäendusõpik.....	200
	Kunda jõe talvised üleujutused alamjooksul ja nende põhjused	208
	Lõhkamine või maavärin – tööriistaks spektrogramm	218
	Tagasi ülikooli	223

Mäenduslinkide kogu	228
Mäeinstituudi projektid, uuringud ja osalemine uuringutes	232
Statistikaameti kaevandamisandmeid	259
Mäeinstituudi personal	261

Tabelid

Tabel 1-1 Valikpurustustrumliga rikastamise bilanss	18
Tabel 2-1 Mäendusklassifikatsioonid.....	30
Tabel 2-2 Valitud masinad Mäeõpikus.....	31
Tabel 4-1 Põlevkivi bilanss	51
Tabel 5-1 Baltic business database andmete struktuur	57
Tabel 6-1 Segude koostised.....	69
Tabel 7-1. Eesti maavarade toodang ja tekkivad jäägid [13]	71
Tabel 9-1. Segude koostised.....	89
Tabel 10-1 Punkkoormus indeksi ülemineku tegurid survetugevusele	95
Tabel 11-1 Betooni suhtelise tugevuse sõltuvus ajast.	99
Tabel 12-1 Tervikute mõõtmised ja kaod	105
Tabel 13-1 Seismiliste lainete võnkekiirused sõltuvalt lõhkelaengu massist ja mõõtekaugusest	110
Tabel 14-1 Andmed ala kohta	117
Tabel 15-1 Kaevandusvee arvutusmudel.....	120
Tabel 17-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed	138
Tabel 19-1 Tolmu mõõtmise tulemused.....	154
Tabel 20-1 Oletatavate varingute arv aastate ja kuude lõikes	159
Tabel 20-2 Plaanidele esitavad nõuded	165
Tabel 22-1 Näide puuraukude andmetest.....	170
Tabel 25-1 EURODOCi töörühmad.....	190

Joonised

Joonis 1-1 Löök e. rootorpurusti (Pennsylvania Reversible Impactor) [5]	11
Joonis 1-2 Aidu põlevkivikarjääri aherainekillustiku valikpurustusskeem [18]	12
Joonis 1-3 VSI - Püstasetusega löökpurusti (Vertical Shaft Impactor) [4]	12
Joonis 1-4 Püstasetusega löökpurustiga purustatud tükisuurus sõltub rootori pöörlemiskiirusest [4] ..	13
Joonis 1-5 Haamerpurusti (Pennsylvania Non-Reversible Hammermill) [5].....	14
Joonis 1-6 Kahesuunaline haamerveski [5].....	14
Joonis 1-7 Kivisöe haamerveski [5]	15
Joonis 1-8 Plaatkonveiertoituriga haamerveski [5]	15
Joonis 1-9 Ühe valtsiga valtspurusti [5]	16
Joonis 1-10 Trummelpurusti (Bradford breaker) [5].....	16
Joonis 1-11 Trummel-rootorpurusti (Bradpactor) [5]	17

Joonis 1-12 Valikpurusti UID väljast	18
Joonis 1-13 Valikpurustaja UID seest	19
Joonis 1-14 Pennsylvania Crusher Mountaineer® Sizer [28]	20
Joonis 1-15 Tükeldi tööskeem [28]	20
Joonis 1-16 Völlpurusti tööskeem [2]	21
Joonis 1-17 Völl-sõelpurustiga kopp	21
Joonis 1-18 Völlpurusti purustab algul suure tootlikkusega põlevkivi	22
Joonis 1-19 Völlpurusti koorib lubjakivitükkide küljest põlevkivi	22
Joonis 1-20 Kooritud lubjakivi	23
Joonis 1-21 Völlpurustiga purustatud põlevkivikaevise sõelanalüüs	23
Joonis 2-1 Kaevandus ja karjäär	34
Joonis 3-1 Norralaste selgitav skeem maavarade kasutamise kohta	40
Joonis 3-2 Norra maavarade väljavedu	41
Joonis 3-3 Norra maavarade ekspordimahud	43
Joonis 3-4 Norra killustikukarjäärid asuvad mereteede läheduses	43
Joonis 3-5 Aheraine paigutamine fjordi	44
Joonis 3-6 Aheraine maismaapuistang	44
Joonis 3-7 Norra maagikarjäärid (roheline) ja maardlad	45
Joonis 3-8 Tehnoloogiline toore	46
Joonis 3-9 Baltic business database - Norra ettevõtted	47
Joonis 4-1 Põlevkivi kaevandamise geomeetiline lihtmudel [44, 53]	52
Joonis 5-1 Baltic business database graafiline lahendus	59
Joonis 5-2 Andmebaasis ettevõtete otsing aadressil mi.ttu.ee/db	59
Joonis 5-3. Estonia kaevanduse aherainehoidla	60
Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevus	66
Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle	68
Joonis 6-3 2012. 8. 05 vaatluse kaart. Punane joon – marsruut, punased täpid – objektid, sinised täpid – geotehnilise uuringu puuraukugud, kus oli mõõdetud temperatuuri	68
Joonis 6-4 Põlevkivi näidised Kohtla-Järve poolkoksimaelt [13]	69
Joonis 7-1 Põlevkivi aheraine ümbertöötlemise katsetööd	73
Joonis 8-1 Vaalkaevandamise skeem	76
Joonis 8-2 Narva karjääri tranšeede kõrgusmudel	77
Joonis 8-3 Karjääri täitmisskeemi näide	77
Joonis 8-4 Kaevanduste täitmise täitesegu autoritunnistus	79
Joonis 8-5 Keerulistes tingimustes kaevandamise autoritunnistus	80
Joonis 8-6 Kaevanduse täitesegu autoritunnistus	81
Joonis 8-7 Patent kaeveõõnte täitmisest kihtmaardlates	82
Joonis 9-1 Segu komponentide koostise sõltuvus survetugevusest	89
Joonis 9-2 Kasutusel olevad põlevkivituhad [20]	92
Joonis 9-3 Survetugevuse katse [9]	93
Joonis 10-1 Mäeinstituudi välilabor - punkkoormustest ja fotoaparaat	94
Joonis 11-1 Kombainkamberkaevandamine [2]	98
Joonis 11-2 Normatiivtugevuse sõltuvus täitematerjali tihenemisest	101

Joonis 12-1 Kambrite ja tervikute geomeetrised parameetrid [1]	105
Joonis 13-1 Selisoo loodusala, Seli raba ja Estonia kaevanduse asukoht ning kaevandatud ala piir ..	108
Joonis 13-2 Seismiliste lainete võnkekiirused 5,4 ja 3,6 kg ühes viites laengu massi korral.....	110
Joonis 14-1 Mahajäetud turbaalade paiknemise skeem Harju, Lääne ja Rapla maakonnas (Mõõt 1: 500 000).....	114
Joonis 14-2 Taastaimestumise sõltuvus vee tasemest turbas.....	115
Joonis 14-3 Taastaimestumise sõltuvus veetasemest kuivenduskraavides.....	116
Joonis 14-4 Taastaimestumise sõltuvus turba koostisest ja kihi paksusest	116
Joonis 15-1 Kaevanduste piirkonnas oleva vee jagunemine	121
Joonis 16-1 Toolse jõe valgla vaatlusvõrk	127
Joonis 16-2 Ubja karjäär 22.juulil 2010.a. Just on lõpetatud põlevkivi väljamine ühe vaalu piirides ja on avatud Keila-Kukruse veekihi kõige alumine osa, otse Uhaku lademe savikate lubjakivide peal. Läbi ca 10-15 cm paksuse veekihi on näha pikad loodesuunalised tektoonilised lõhed.	129
Joonis 16-3 Toolse jõevee bioloogiline hapnikutarvidus (BHT7 mgO ₂ /l) Andja mõisataguse lävendil	130
Joonis 17-1 Maardu kaevandamispiirkonna makett, vaade ida suunas	135
Joonis 17-2 Maardu maapinna kõrgusmudel.....	136
Joonis 17-3 Google StreetView vaade Maardu uuest liiklussõlmest	136
Joonis 17-4 Maa-ameti LIDAR mudel	137
Joonis 17-5 Maardu fosforiidikihi põhja kõrgusmudel	137
Joonis 17-6 Lävendite mõõdistamine reaalaaja gps-ga.....	139
Joonis 17-7 Vooluhulkade mõõtmine.....	139
Joonis 18-1 Kaevanduse ülevool	144
Joonis 18-2 Karjääri veekõrvalduskraav	144
Joonis 18-3 Kaevanduse veekõrvalduskraav	145
Joonis 18-4 Karjääri pumbajaam.....	145
Joonis 18-5 Karjääri settebassein	146
Joonis 18-6 Allmaabassein	146
Joonis 18-7 Karjääri väljavool veekõrvaldustorust suublasse	147
Joonis 18-8 Väljavool allmaapumplast	147
Joonis 18-9 Vee ärajuhtimise kraav	148
Joonis 18-10 Vee ärajuhtimiseks kasutatav jõgi	148
Joonis 18-11 Puurkaevu veetaseme mõõtmine.....	149
Joonis 18-12 Lävend truubis	149
Joonis 18-13 Altkäevandatud ala läbilõige.....	150
Joonis 18-14 Maapinna kõrgusmudel.....	150
Joonis 19-1 Tolmu analüsaator.....	154
Joonis 20-1 Kasutatud seismilise seire süsteem [11].....	158
Joonis 20-2 Seismilise laine võnkekiirus erinevate lõheorientatsioonide korral [10]	160
Joonis 20-3 Puud on vajunud kaldu kaevandusvaringu suunas.....	161
Joonis 20-4 Ee passide näidised	164
Joonis 20-5 Tehnoloogilise skeemi näide.....	166
Joonis 22-1 Näide puuraukude projektist	172

Joonis 22-2 Näide puuraukudest loodud kõrguste pinnast	173
Joonis 22-3 Puuraugud koos loodud pinnakihiiga.....	173
Joonis 23-1 Mäeinseneride kutsestandard, kinnitatud Kutsenõukogu otsusega 5.06.07.2011. ¹ EKR - Eesti Kvalifikatsiooniraamistik.	177
Joonis 23-2 Inseneride kutsekvalifikatsioonide taotlemise eeldused	178
Joonis 24-1 Geotehnoloogia tudengite lõpetamisstatistika vahemikus 2003-2012 aastail.....	182
Joonis 24-2 Projekti raames koostatud ja kujundatud õpilastele suunatud infovoldik	183
Joonis 24-3 Loeng Rapla Ühisgümnaasiumis	184
Joonis 24-4 Gustav Adolfi Gümnaasiumi õpilased tutvumas maavarade näidistega	184
Joonis 24-5 Geograafiaõpetajatele suunatud mäendusosalane täienduskoolitus	185
Joonis 24-6 Õpetajate koolituse geoloogiliste protsesside praktikum. Vulkaani purske imiteerimine.	186
Joonis 24-7 Kodukohakaevandaja võitjatöö "Kurevere karjäär", Tallinna Reaalkool 11a Autor Richard Reiles.....	186
Joonis 24-8 Tallinna Reaalkooli 11 klass Baltikumi pikima konveieri juures	187
Joonis 25-1 EURODOCi liikmesriigid.....	189
Joonis 26-1 Grupitöös osalejad	194
Joonis 26-2 Aleksander Pototski rääkis põlevkivituhkadest	195
Joonis 26-3 Toimus tuhkade uurimine	195
Joonis 26-4 Kaevanduse maketi täitesegu segamine.....	196
Joonis 26-5 Maketi täitmine	196
Joonis 26-6 Käigu täitumine täiteseguga.....	197
Joonis 27-1 Suvekohvik 10.aprillil 2012.a. Lume peal olid nähtavad jõevee vooluteed.	209
Joonis 27-2 Sild kohviku juures piirab oluliselt veevoolu jões. Vesi on madal ja voolab mööda sängipõhja. Kui veehulk suureneb, peab veetase tõusma, sest sängi laiust on vähendatud.....	210
Joonis 27-3 Puudega risustatud kaldaääred teevad jõesängi veel kitsamaks ja madalamaks, kui peale ilmub jääkate. Jõe peab tagasi andma esialgse sängi ja kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleks ära koristada, et veel oleks vaba väljavool.....	211
Joonis 27-4 Jõesäng puid täis, kohati on jõgi nii risustatud, et raske on aru saada, kuidas siin vesi talvel üldse voolata saab. 8.mai 2012.a foto umbes 150-200 m maantee sillast ülesvoolu. Kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleb ära koristada, et anda tagasi j jõele esialgne looduslik säng.....	212
Joonis 27-5 Suhteliselt kiire Kunda jõgi uhub alamjooksul kaldaid ja uputab vette juurtega puid, mis takistavad vee läbivoolu. Niiskel kaldaalal võivad vette uhutud tüved isegi uuesti kasvama minna. .	213
Joonis 27-6 Sillad on jõele suureks nuhtluseks. Selle ette koguneb praht ja alati ehitatakse nad jõe kõige kitsamale kohale. Sild tehakse lühem kui jõe laius, seepärast on sild veele suureks takistuseks merre jõudmisel. Maantee sild Kunda linna ja sadama vahel, ees on vana silla jäänused, mis kujutavad ohtu, sest puitosad on juba mädanenud ja ettevaatamatu jalakäija võib kukkuda jökke.	213
Joonis 27-7 Silla rajamiseks Kunda jõe suudmesse on kuhjatud hulk materjali, kuid jõgi võitleb oma õiguse eest pääseda merre. Juba on suurveed muutnud silla kasutuskõlbmatuks. Väljavoolu parandamiseks oleks otstarbekas likvideerida liivast künkad mõlemal jõe kaldal.	214
Joonis 27-8 Talveks kuivama pandud jõesilmude püünised. Samas oli ligi 2,5 m pikkune metallist, võrgust ja puust valmistatud mõrd. Ilmselt on kalamehel asja Kunda jõele.	217

Joonis 27-9 Madal jõelamm, kuhu on kaevatud kraav olmejäätmete kolmandast, viimasest nõrgvee settebasseinist, kust voolab välja suhteliselt puhas vesi. Ripuvad silmupüünised, kokku 52 tükki, loodame, et on seaduslikud. 217

1. Kivimite valikpurustamine

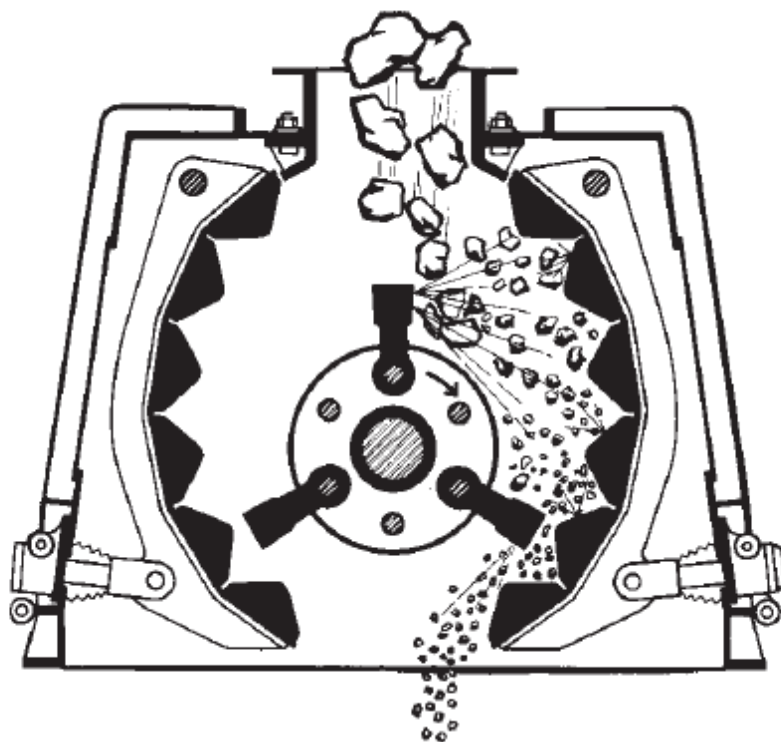
Ingo Valgma, Margit Kolats, Maris Leiaru, Alo Adamson

Kivimite valikpurustamise all mõeldakse kivimite erinevate omaduste tõttu erinevalt purustamist ja purunemist. Peamine purunemist mõjutav tunnus on kivimi survetugevus, mis sõltub kivimi pinnakõvadusest, pragulisusest ja niiskusest. Kivimite purustamiseks on kasutatud ajaloo jooksul mitmeid meetodeid ja kivim puruneb mitmete protsesside käigus [6, 12]. Enamus protsesse on mõjutatud otseselt mäendustingimustest [8, 22, 42]. Järelikult on varukasutus otseselt seotud tehnoloogiliste lahendustega [29, 30, 31, 32, 33, 34]. Lisaks valikpurustamisele on tükisuse ja fraktsioonkoostise mõjutajad muidugi raimamine ja kobestamine [49, 50, 51, 56]. Siiski on enamus valikpurusteid tehtud alles hiljuti. Peamised purustamise meetodid on löök, hõõrumine, lõikamine ja surumine. Valikpurustamise peamised masinad on löökpurusti, trummelpurusti ja võllpurusti. Samuti avaldub valikpurustamise mõju lõikamise ja rebimise operatsioonide käigus. Rebimiseks ja lõikamiseks kasutatakse tükeldit ja võllpurustit. Samas on optimaalse skeemi valik keeruline aga samas olulise mõjuga [3, 35]. Seda nii mõju osas toodangule, kui investeeringu suurusel [20]. Eestis on valikpurustamine aktuaalne nii põlevkivi- kui killustikutööstuses, omades ka riiklikku tähelepanu läbi riikliku energiatehnoloogiate programmi ja rahvusvaheliste uuringute [17, 7, 44]. Tükisus mõjutab enamust kasutusalaadest, nii tehnoloogilise, kütte, kui ehitustoormena [9]. Ka kaevandamise käigus tekkinud allmaarajatiste täitmise jaoks täitematerjali valimisel on tükisus oluline nii betoneerimisel kui pumpamisel [10, 14, 15, 43]. Oluliselt on tükisuse problemaatikast mõjutatud kadu kaevandamisel [13]. Tükisus on seotud ka varingutega läbi lõhketööde parameetrite [23, 25, 24, 26]. Ka toodangu kvaliteet on tükisusega otseselt seotud [21, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Praktika näitab, et õigesti valitud valikpurusti võimaldab maavara rikastada [55]. Samas tuleb kaaluda valikväljamise ja ka kõrgselektiivse väljamise võimalusi [54]. Tulevikus muutuvad optimeeritud tehnolahendused olulisemaks kui seni [45, 46, 47, 48, 52, 53, 57].

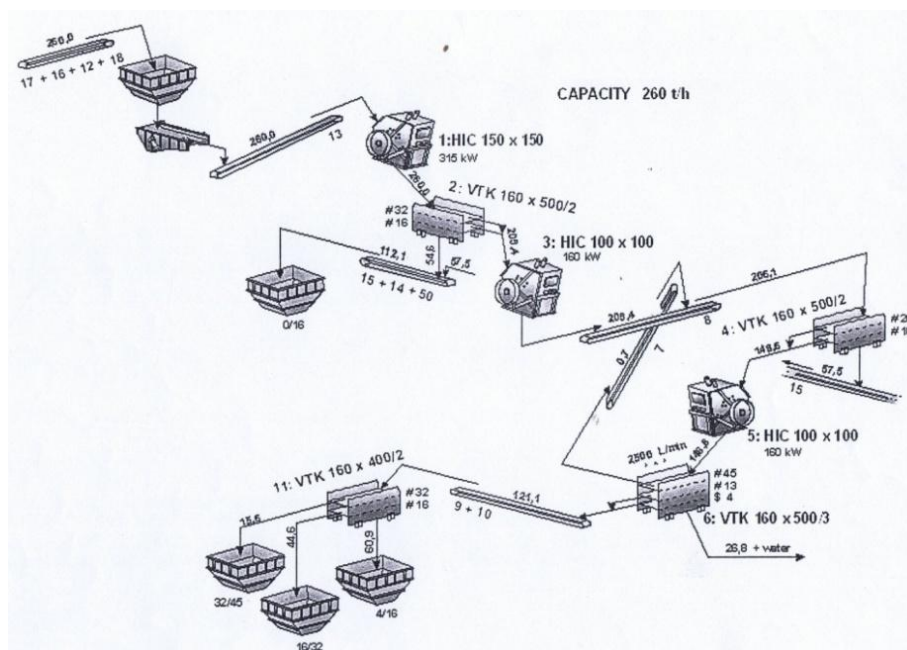
Kui löökpurusti labasid on vähe, e. tavaliselt kolm, siis kukuvad väikesemõõdulised tükid otse purustist läbi ja suured tükid saavad labadelt löögi (Joonis 1-1 Löök e. rootorpurusti (Pennsylvania Reversible Impactor)). See tagab selle, et väikeseid tükke ei peenendata täiendavalt. Löökpurusteid on kasutatud põlevkivi aherainekillustiku valmistamiseks nii Ahtme kaevanduse, Aidu karjääri kui Estonia kaevanduse aherainest (Joonis 1-2 Aidu põlevkivikarjääri aherainekillustiku valikpurustusskeem, Joonis 1-3 VSI - Püstasetusega löökpurusti (Vertical Shaft Impactor) [4], Joonis 1-4 Püstasetusega löökpurustiga purustatud tükisuurus sõltub rootori pöörlemiskiirusest [4]). Haamerpurusti rootor pöörleb oluliselt kiiremini kui rootorpurustil ja väljalaskeavad on väikesed. Seetõttu saab kivi haamrilt löögi ja seejärel hõõrutakse kive üksteise ning restitalade vastu (Joonis 1-5 Haamerpurusti (Pennsylvania Non-Reversible Hammermill)). Seega kasutatakse haamerpurustit jahvatamiseks. Haamerpurustit nimetatakse tihti ka haamerveskiks. Kahesuunaline haamerveski e. veski, mille rootori pöörlemissuunda saab muuta annab võimaluse kinnikiilumise korral vastassuunas veski tööle panna (Joonis 1-6 Kahesuunaline haamerveski). Kivisöe ja pruunsöe ettevalmistamiseks tolmpõletuskatlale kasutatakse haamerveskit millel on rohkem haamreid (Joonis 1-7 Kivisöe haamerveski). Samuti kasutatakse valikpurustamist killustiku ja keemiatööstuse toorainete ettevalmistamisel [54]. Kui tegemist on mudase või klepuva materjaliga, siis kasutatakse haamerveski toituriina plaatkonveierit (Joonis 1-8 Plaatkonveiertoituriga haamerveski). Ühe valtsiga valtspurusti

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

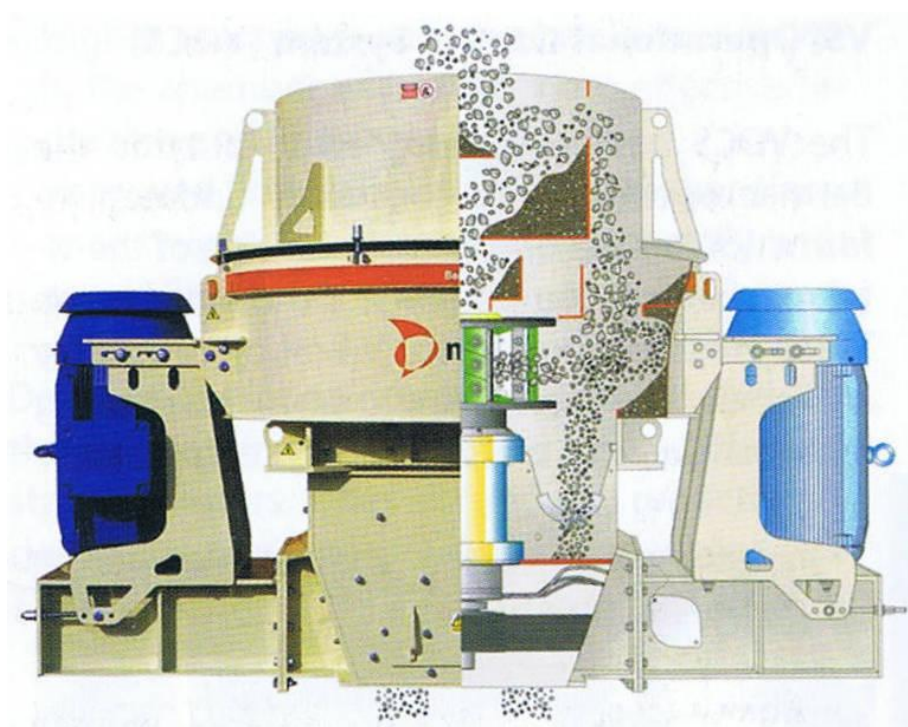
kasutab purustamiseks lööki, hõõrumist ja survet (Joonis 1-9 Ühe valtsiga valtspurusti). Sel juhul toimib purustamine vaid ühe korra, et hoida energiakulu ja peene materjali kogus väike. Trummelpurusti trummel pöörleb nii aeglaselt, et kivi puruneb vaid kukkumise mõjul (Joonis 1-10 Trummelpurusti (Bradford breaker)). Trummelpurustit iseloomustab madal energia erikulu – 0,25 hj või vähem t/h materjalivoo kohta. Trummel-rootorpurustil on muudetava kiirusega labadega rootor mille pöörlemiskiiruse muutmise abil saab reguleerida peene materjali kogust. Selline rootoriga valikpurustustrummel on eelmisest suurema tootlikkusega ja väiksem [5].



Joonis 1-1 Löök e. rootorpurusti (Pennsylvania Reversible Impactor) [5]

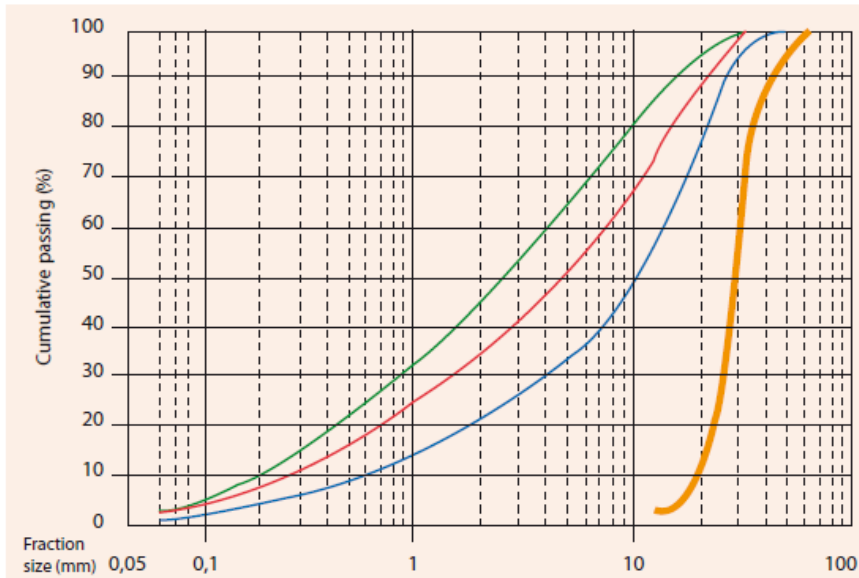


Joonis 1-2 Aidu põlevkivikarjääri aherainekillustiku valikpurustuskeem [18]



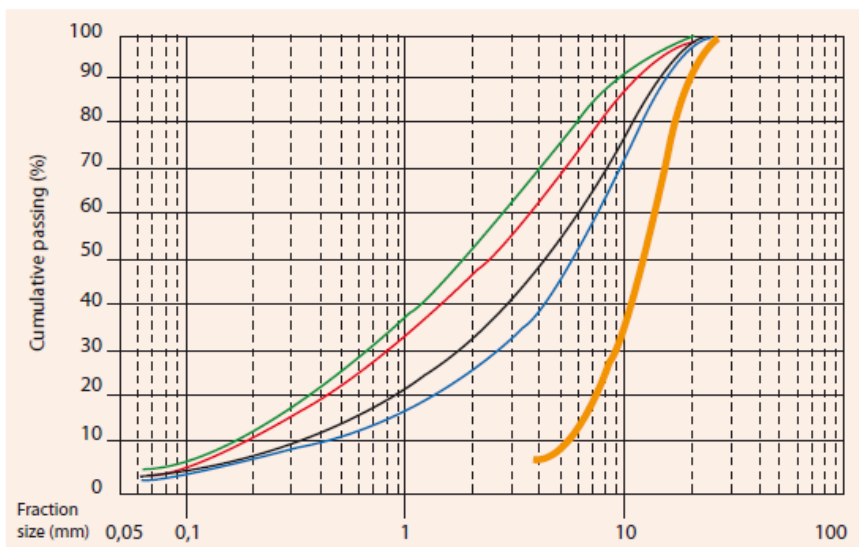
Joonis 1-3 VSI - Püstasetusega löökpurusti (Vertical Shaft Impactor) [4]

Product grading



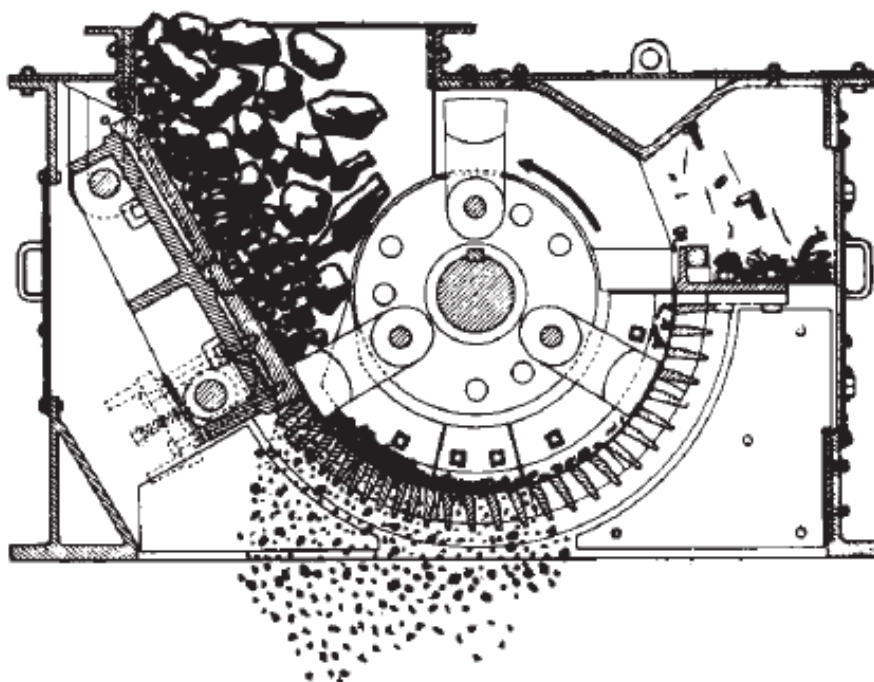
The output screen analysis of vertical impact crushers varies according to different parameters, the feed screen analysis, the feed material and the rotor speed.

The output screen analysis may change for different rocks with the same feed screen analysis and the same rotor speed.

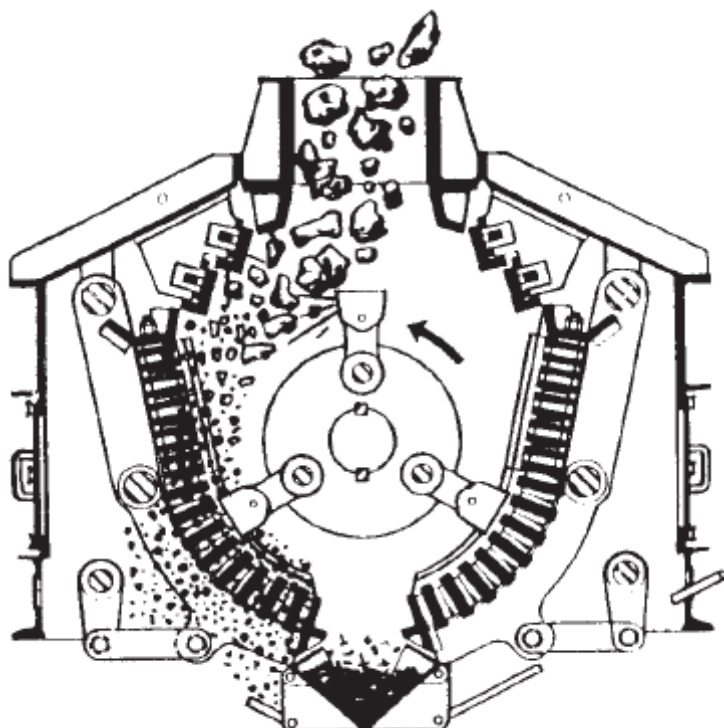


If the rotor speed increases the screen analysis will be finer.

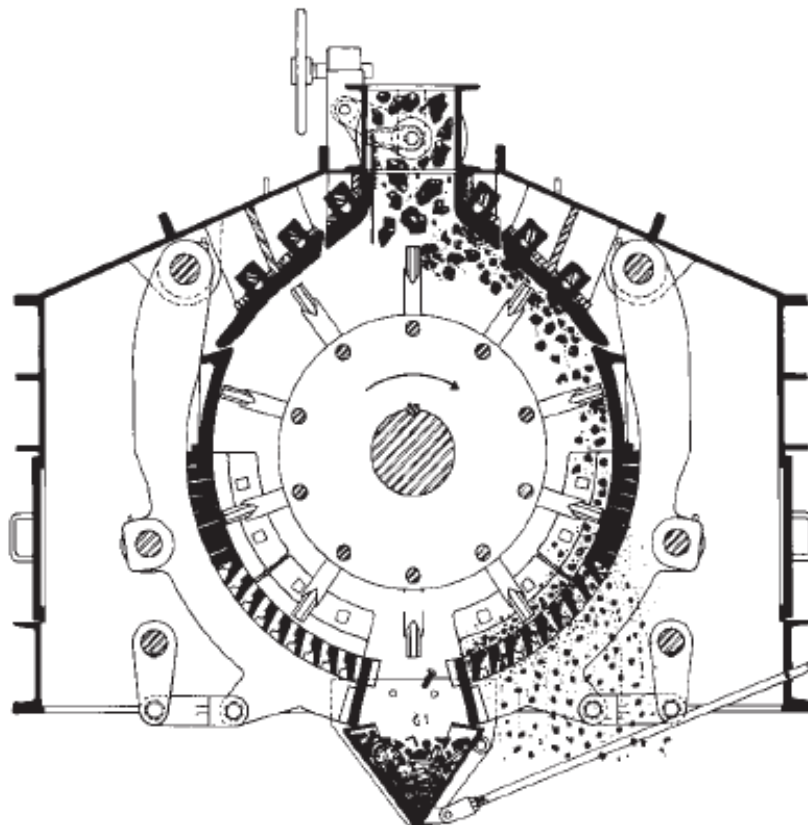
Joonis 1-4 Püstasetusega löökpurustiga purustatud tükisuurus sõltub rootori pöörlemiskiirusest [4]



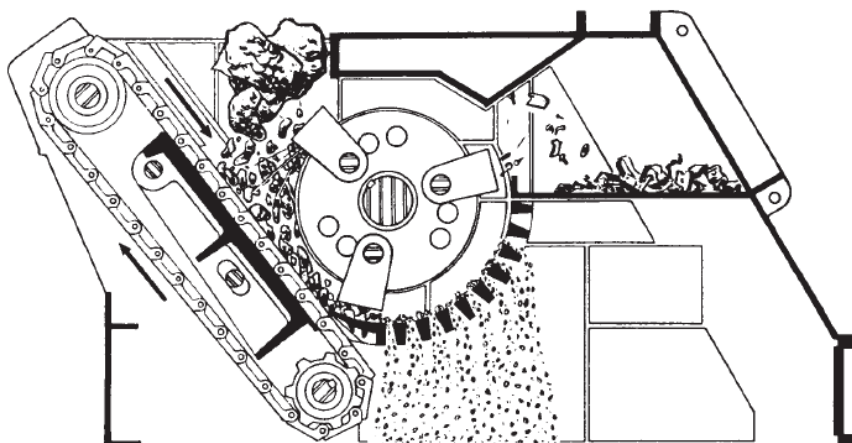
Joonis 1-5 Haamerpurusti (Pennsylvania Non-Reversible Hammermill) [5]



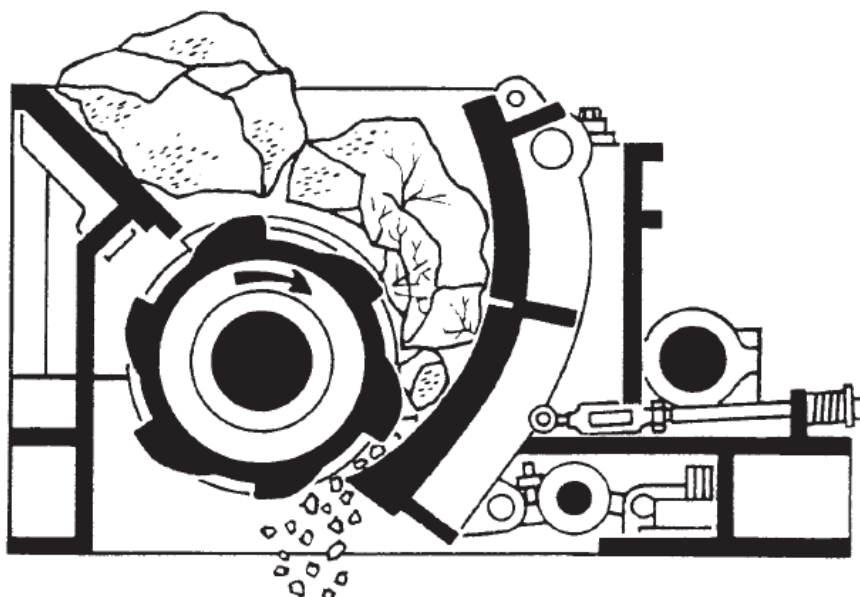
Joonis 1-6 Kahesuunaline haamerveski [5]



Joonis 1-7 Kivisöe haamerveski [5]



Joonis 1-8 Plaatkonveiertoituriga haamerveski [5]



Joonis 1-9 Ühe valtsiga valtspurusti [5]



Joonis 1-10 Trummelpurusti (Bradford breaker) [5]



Joonis 1-11 Trummel-rootorpurusti (Bradpactor) [5]

Valikpurustamise seadme töö põhimõte seisneb selles, et valikpurustamisel puruneb väiksema survetugevusega materjal peenemaks kui suurema survetugevusega materjal ja see langeb läbi sõela, transportörlindile. Eestis on katsetatud põlevkivi rikastamiseks järgnevaid valikpurustamise seadmeid:

1. GDS - 1960. aastal alustati Viivikonna põlevkivikarjääris valikpurusti GDS (ГДС - грохот дробилка селективный) katsetust.

2. UID - 1967. aastal katsetati Sirgala põlevkivikarjääris valikpurusti UID (УИД - установка избирательного дробления)

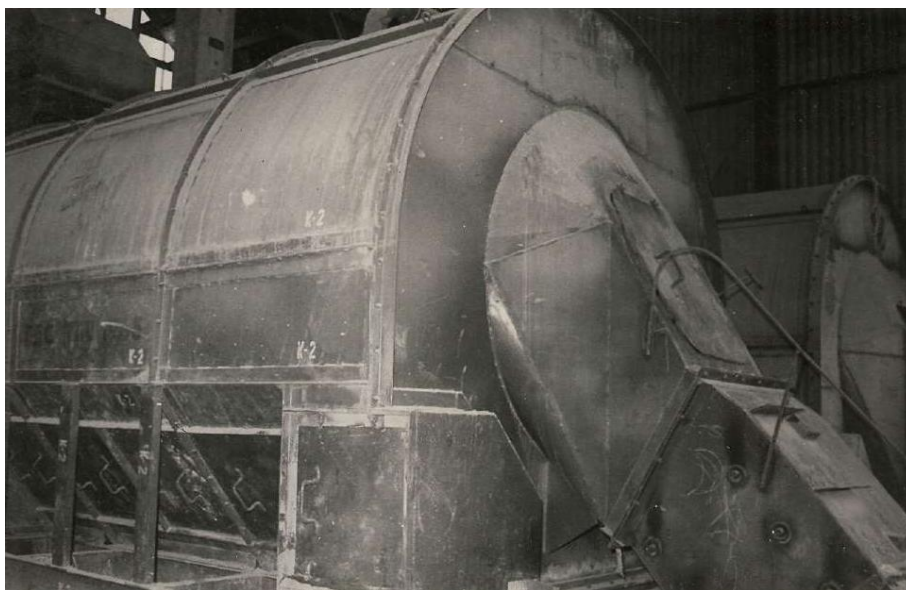
Laboratoorsete katsete tulemuste põhjal projekteeriti Leningradis projektinstituudis „Giprošaft” valikpurustusseadme projekt. Projektis oli kasutatud USA Badford seadme töö põhimõtet ja laboratoorsete katsete tulemusi. 1958. aastal ehitati Karaganda masinaehitustehases tööstuslik valikpurustusseade GDS valikpurustaja - sõel. Seade pandi kokku Viivikonnas 1959.a. lõpus ja katseid alustati 1960. aastal. Seadme tööpõhimõte seisnes selles, et sõel-purustajas purunes põlevkivi kui väiksema survetugevusega peenemaks kui lubjakivi ja langes läbi sõela, transportörlindile. Lubjakivi kui kõvem ei purunenud peeneks ja jäi sõela peale, kust juhiti aheraine mäkke. Horisontaalne trummel pandi pöörlema nelja rulliku abil, millele seade toetus. Trumli telje keskel oli haamritega varustatud pöörlev võll, mille ülesanne oli haamri löökidega purustada trumli haamrite ette kukkuvat põlevkivi peeneks. Pöörlevasse trumliisse juhitud kaevis tõsteti riulitega üles, kust see alla kukkus ja purunes vastu all olevaid riuleid. Põlevkivi kui väiksema survetugevusega purunes peenemaks kui paekivi ja langes läbi sõela põlevkivi vedavale lintkonveierile. Lubjakivi kui kõvem kivim ei purunenud peeneks ja juhiti sõela pealt välja paekivi konveierile.

Tabel 1-1 Valikpurustustrumliga rikastamise bilanss

Produkt	Tüki suurus, mm	Osakaal, %	Kütteväärtus, MJ/kg	Niiskus, %
Kontsentraat	0...50	26,3	12,3	
Välja sõelutud	0...50	49,1	12,3	
Kokku kaubakivi	0...50	75,4	12,3	10,1
Lubjakivi	50...300	24,6	5,5	6,4
Rikastamisele antud kaevis	0...600	100	10,6	

UID Sirgala põlevkivikarjääris 1967. aastal

Sirgala põlevkivikarjääris katsetati valikpurustusseadet UID (УИД - установка избирательного дробления) (Joonis 1-12 Valikpurusti UID väljast, Joonis 1-13 Valikpurustaja UID seest). Nimetatud valikpurusti oli Viivikonnas katsetatud seadme täiendatud variant, milles oli arvesse võetud GDS katsete tulemusi.



Joonis 1-12 Valikpurusti UID väljast



Joonis 1-13 Valikpurustaja UID seest

Rikastuskatseid tehti:

- karjäärist osaliselt selektiivselt kaevandatud kaevisega,
- kaevisega kõik tootsad kihid koos vahekihtidega (lausväljatud kihind).

Lisaks rikastusele katsetati ka mitmesuguseid puur-lõhketööde passe.

Katsete tulemused:

- Kontsentraat: 62,34...71,35%.
- Lubjakivi jääk: 28,65...37,66%.
- Põlevkivi kütteväärtus: 10,9 ...11,3 MJ/kg.
- Lubjakivi jäägi kütteväärtus: 3,8...4,7 MJ/kg.
- Kontsentraadi niiskus: 10,0...10,9%.
- Lubjakivi jäägi niiskus: 4,4...5,4%.

Võllpurusti

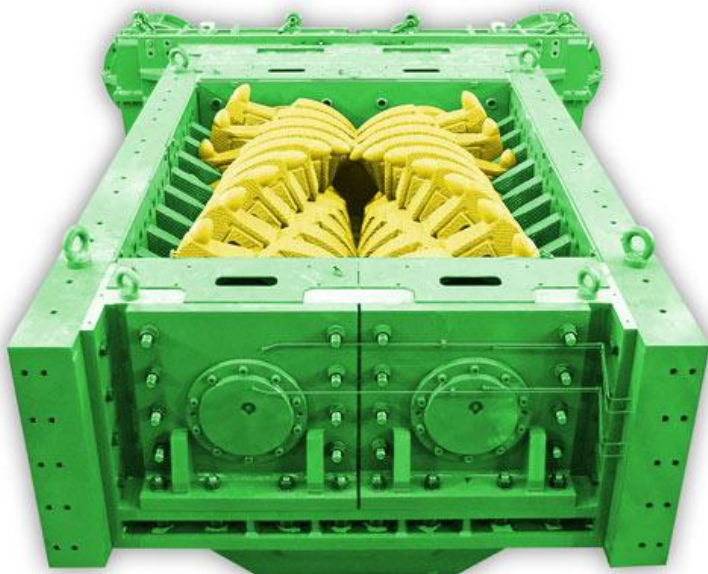
Võllpurusti on purusti kus pöörlevate võllide küljes olevad hambad lõikavad (rebivad) pehmet materjali. Mäeinstituut osales 2011-2012 aastatel ulatuslikel katsetöödel mis näitasid sellise meetodi kasutatavust selektiivseks põlevkivi-lubjakivi purustamiseks (Joonis 1-17 Võll-

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

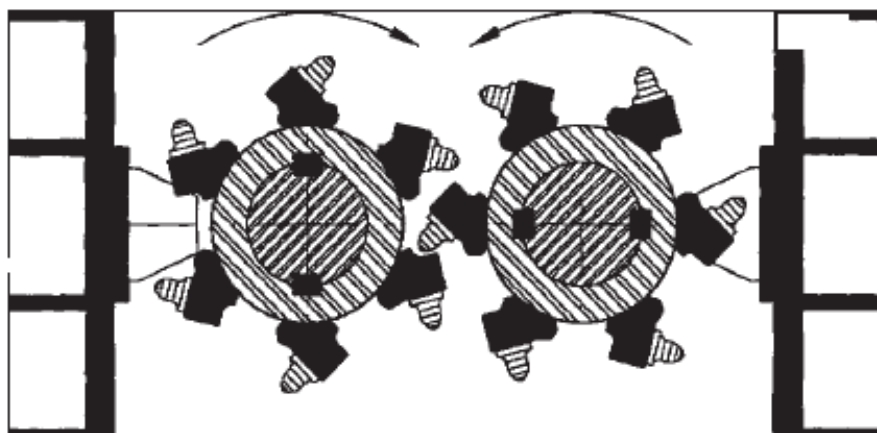
sõelpurustiga kopp, Joonis 1-18 Võllpurusti purustab algul suure tootlikkusega põlevkivi, Joonis 1-19 Võllpurusti koorib lubjakivitükkide küljest põlevkivi, Joonis 1-20 Kooritud lubjakivi) [44, 2, 1]. Esialgsed fraktsioon- ja sõelanalüüsid näitavad häid tulemusi, e. lubjakivi ja põlevkivi eraldamise võimalus (Joonis 1-21 Võllpurustiga purustatud põlevkivikaevise sõelanalüüs).

Tükeldi

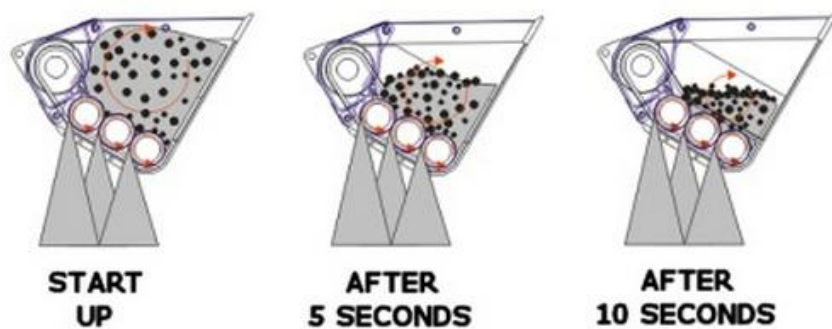
Tükeldi töötab madalal kiirusel, võtab vähe ruumi ja toodab vähe peenest (Joonis 1-14 Pennsylvania Crusher Mountaineer® Sizer [28]; Joonis 1-15). Pennsylvania Crusher Mountaineer® Sizer purustab kivimit mille survetugevus on kuni 172 Mpa [16].



Joonis 1-14 Pennsylvania Crusher Mountaineer® Sizer [28]



Joonis 1-15 Tükeldi tööskeem [28]



Joonis 1-16 Völlpurusti tööskeem [2]



Joonis 1-17 Völl-sõelpurustiga kopp



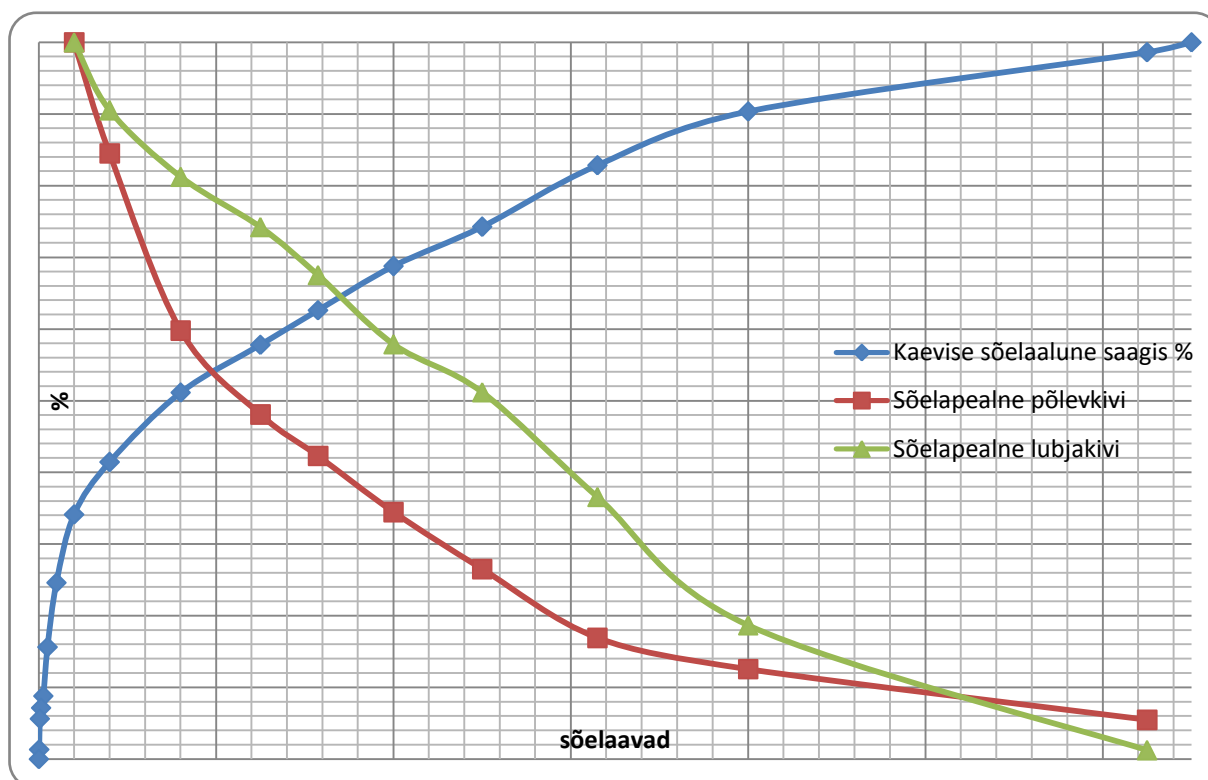
Joonis 1-18 Völlpurusti purustab algul suure tootlikkusega põlevkivi



Joonis 1-19 Völlpurusti koorib lubjakivitükkide küljest põlevkivi



Joonis 1-20 Kooritud lubjakivi



Joonis 1-21 Võllpurustiga purustatud põlevkivikaevise sõelanalüüs

Kokkuvõte

Osa valikpurustusmasinatest on Eestis juba katsetatud ja need annavad sisuliselt häid tulemusi. Völlpurustite ja tükeldite katsetamine on veel algusjärgus ja on seotud uute löiketerade materjalidega.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. Allu kopad - <http://www.aggregatepros.com/AlluScreenerCrusher.html> - 12.05.2012
2. Allu kopad - <http://www.aggregatepros.com/pdf/AggregatePros.com.Allu.Screener.Crusher.pdf> - 12.05.2012
3. Bazzazi, AA; Osanloo, M; Karimi, B, A new fuzzy multi criteria decision making model for open pit mines equipment selection, asia-pacific journal of operational research volume: 28 issue: 3 pages: 279-300 doi: 10.1142/s0217595911003247 published: 2011
4. Crushing and Screening Handbook. Metso Minerals 2006
5. Handbook of Crushing. Pennsylvania Crusher. 2003
6. Heinz-Herbert Cohrs. 500 Years of Earthmoving. KHL Group. 1994
7. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
8. Karu, V.; Valgma, V.; Västriku, A. (2007). Multi criterial modelling of oil shale mining fields. Mining and the Environment 2007 (225). Baia Mare: Freiberg TU
9. Kolats, M.; Valgma, I. (2010). Täitmatu kaevandus. In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 28 - 31.
10. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
11. Mims, C; Ziemerink, C. Unearthing Hidden Opportunity in Mobile Mining Equipment Utilization. E&MJ-ENGINEERING AND MINING JOURNAL Volume: 213 Issue: 3 Pages: 90-91 Published: MAR 2012
12. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 12.05.2012
13. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut

14. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Täitmise tehnoloogia ja kaevandusvesi. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (70 - 72). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
15. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
16. Pennsylvania Crusher. <http://www.penncrusher.com> -13.05.2012
17. Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine – http://mi.ttu.ee/etp_12.05.2012
18. Põlevkivi tootmisjäädikdest valmistatava ehituskilustiku kasutamise võimaluste uurimine. TTÜ Mäekateeder. Adamson, A. Jt 1989
19. Reinsalu, E.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Väizene, V.; Önnis, A.; Karu, V.; Valgma, I.; Anepaio, A.; Västriku, A. (2008..2012). Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: TTÜ mäeinstituut]
20. Robam, K.; Valgma, I. (2008). Hämmastavad augud ja ökogigandid. Amon, L.; Verš, E. (Toim.). Suured teooriad : neljas geoloogia sügiskool 10.-12. oktoober 2008 (25 - 34). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
21. Sabanov, S.; Reinsalu, E.; Valgma, I.; Karu, V. (2009). Mines Production Quality Control in Baltic Oil Shale Deposits. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
22. SME Mining Engineering Handbook. Howard L. Hartman, Seeley W. Mudd Memorial Fund of AIME., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992
23. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collaps with seismic methods - a case study from Estonia . In: Book of abstracts: International Oil Shale Symposium, Tallinn, Estonia, 8-11 June 2009: Tallinn:, 2009, 101 - 102.
24. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid. Keskkonnatehnika, 3, 6 - 9.
25. Soosalu, H.; Valgma, I. Detection of mine collapses with seismic methods- a case study from Estonia. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship. 2009
26. Soosalu, H.; Valgma, I.; Sokman, K (2009). Seismic detection and on-site survey of mine collapses in Estonia. Nordic Seismic Seminar, Stockholm, 14.-16.10.2009. , 2009.
27. Tohver, T. Utilization of Waste Rock from Oil Shale Mining. PhD dissertation. TTU Press
28. Tükeldi - <http://www.mining-technology.com/contractors/crushers/mmd/> - 12.05.2012
29. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
30. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu:, 2007, 31 - 37.

31. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
32. Valgma, I. (2009). Miks me praegu fosforiidist ei unista? In: Unustatud maavarad: XVII Aprillikonverentsi Tallinn 03.04.2009. (Toim.) Suuroja, K., 2009, 16 - 16.
33. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
34. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
35. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
36. Valgma, I.; Karu, V.; Anapaio, A.; Väizene, V. (2007). Increasing oil shale quality for meeting EU environmental requirements. Mining and the Environment 2007 (195 - 205). Baia Mare: Freiberg TU
37. Valgma, I.; Karu, V.; Viil, A.; Lohk, M. (2007). Oil shale mining developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. In: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" : Doctoral School of Energy and Geotechnology: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Kuressaare, Estonia, 15.-.20.01.2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, Faculty of Power Engineering, 2007, 96 - 103.
38. Valgma, I.; Karu, V.; Västriku, A.; Väizene, V. (2007). Future of oil shale mining. In: Georesources and public policy: research, management, environment : abstracts: 15th Meeting of the Association of European Geological Societies, Tallinn (Estonia), 16-20 September 2007. (Toim.) Hints, O.; Kaljo, S.. Tallinn: Eesti Geoloogia Selts, 2007, 81.
39. Valgma, I.; Kattel, T. (2005). Low depth mining in Estonian oil shale deposit-Abbau von Ölschiefer in Estland. In: Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005, Freiberg/Sachsen: Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005, Freiberg/Sachsen. Freiberg: TU Bergakademie, 2005, 213 - 223.
40. Valgma, I.; Kattel, T. (2006). Results of shallow mining in Estonia. In: EU legislation as it affects mining : proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Buhrow, Chr.; Valgma, I.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 118 - 125.
41. Valgma, I.; Kattel, T. (2006). Saksamaa kaasaegsed kaevandamistehnoloogiad. In: 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] : Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 88 - 94.
42. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
43. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västriku, A. (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus

44. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
45. Valgma, I.; Lind, H.; Erg, K.; Sabanov, S. (2007). The future of oil shale mining related to the mining and hydrogeological conditions in the Estonian deposit. In: 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology. [Proceedings volume 1] : Kuressaare, Estonia, January 15-20, 2007: 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering", Kuressaare, January 15-20, 2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn Technical University, 2007, 104 - 107.
46. Valgma, I.; Nikitin, O.; Lohk, M. (2006). Oli shale mining development in Estonia. In: EU Legislation as it Affects Mining : Proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Buhrow, Chr.; Valgma, I. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 103 - 113.
47. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. *Oil Shale*, 27(3), 239 - 249.
48. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuringud ja kaevandamine.
49. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriik, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Toim.). *Schacht, Strecke und Tunnel* (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
50. Valgma, I.; Vesiloo, P. (2011). Underwater blasting experiments in Estonia. In: International Conference on Explosive Education and Certification of Skills: Explosive Education and Certification of Skills, Riia, Läti, 12-13 April 2011. (Toim.) Olga Mutere. Riga: Riga, Latvia University, 2011, 37 - 39.
51. Valgma, I.; Västriik, A. (2006). Põlevkivi kaevandamise võimalikud tehnoloogiad. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] (30 - 41). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
52. Valgma, I.; Västriik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. *Oil Shale*, 25(2S), 125 - 134.
53. Valgma, I.; Västriik, A.; Lind, H. (2006). The Modelling of Oil Shale Mining Development and its Influence to the Environment. In: EU legislation as it affects mining : proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Valgma, I ; Buhrow, Chr.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 126 - 130.
54. Value added refractory dolomite: a case study, Author(s): Hopkins, DA (Hopkins, DA), Editor(s): Scott, PW; Bristow, CM, INDUSTRIAL MINERALS AND EXTRACTIVE INDUSTRY GEOLOGY Book Series: GEOLOGICAL SOCIETY SPECIAL PUBLICATION Pages: 167-168 Published: 2002
55. Vamvuka, D. Study on the possibility of recovering lignites from refused innerburden.
Source: *Energy Exploration & Exploitation*, Volume: 14 Issue: 5 Pages: 439-447
Published: 1996

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

56. Vesiloo, P.; Valgma, I. (2011). Dolokivi vee seest kaevandamine ja lõhkamine. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 35 - 38.
57. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.

2. Mäemasinate kasutusareaal

Ingo Valgma

Mäemasinate kasutusareaal on igapäevane mäetööstuse töökorraldusprobleem. Kõigi protsesside teostamiseks kasutatakse teatud masinaid ja masinate valiku käigus optimeeritakse masinate hinda, erikulu, usaldust ja võimekust [2, 24, 27]. Hankesüsteem on viinud paljudel juhtudel alavõimekate masinate hankimiseni. Seejärel tehakse hangitud masinate töö põhjal järeldusi ka teiste, parema võimekusega masinate kohta [30]. Masinate valikukriteeriumid on reguleerimata ja põhinevad seetõttu tihti subjektiivsetel või mugavatel põhjustel [31]. Teine probleem on masinate sobitamine tehnoloogilisse skeemi [6]. Ükskõik mis süsteemi muutmine, ka tehnoloogilise skeemi muutmine on niivõrd tülikas ja psühholoogiliselt keeruline, et see jäetakse enamusel juhtudel tegemata [29, 8].

Mäemasinatel on teatud omadused ja mäetööde protsessidel on teatud nõuded ja piirangud [11]. Neid omavahel sobitades on võimalik kasutusareaali kirjeldada. Kahjuks ei ole see areaal aga üldtunnustatud kokkulepe vaid äri, kus huvi on subjektiivne ja kokku ei saa robotid vaid inimesed.

Mäeõpikus seni kirjeldatud mäemasinate valik ei sõltu samuti üldtunnustatud vajadusest kuid peegeldab siiski praegust olukorda Eesti mäetööstuses või spetsialistide ettevalmistamises [7, 26]. Masinate terminoloogia ja omaduste selgitamise vajadus tuleneb just sellest, et see ei ole üheselt mõistetav. Üldsuse puhul ei ole see väga oluline, kuid ametnikud, spetsialistid, juhid ja töölised – kõik nad pärinevad üldsuse hulgast ja teevad otsuseid just nende teadmiste pinnalt, mis neil on. Selleks, et lugeda lihtsat risttabelit näiteks protsessidest ja masinatest, peavad olema mõisted üheselt arusaadavad [23]. Seejuures protsess on mäenduses mäetööde operatsioonide kogum, mis viib kindla eesmärgini. Seda nimetatakse mäetööde protsessiks. Mäetööde protsessidest koosneb mäetööde e. kaevandamise tehnoloogia. Kaevandamine on kas majanduslik tegevus maavarast toodangu valmistamise eesmärgil või mäetööde kogum, mis koosneb peamiselt põhiprotsessidest: raimamine, laadimine ja vedu [14]. Tüüpilised protsessid on raimamine, laadimine, vedu, rikastamine, ladustamine, paljandamine, ettevalmistamine, rekultiveerimine, toestamine, purustamine, sõelumine, pesemine jm [13, 21, 17, 22, 19, 20]. Raimamine on kivimi purustamine või eraldamine massiivist. Laadimine on mäenduses kivimi siirdamine veovahendile või töötlemissõlme. Laaditakse kas laaduri, konveieri, pumba või labida abil. Vedu on kaevandamise protsess mille käigus veetakse kaevis, aheraine või katendikivim ettenähtud kohta. Veoga on seotud veovahendile laadimine ja veovahendi tühjendamine. Rikastamine on kasuliku kivimi eraldamine aherainest. Enimlevinud rikastusmeetod on raskes vedelikus kergema e. hulpiva kivimi koorimine ja raskema e. põhja vajuva kivimi juhtimine aherainepuistangusse [32, 34, 36].

Abiprotsessid on need protsessid, mis hõlbustavad mäetöid, kuid ei anna otsest tulu või ilma milleta on ka võimalik kaevandada, kuid see on oluliselt ebemugavam või

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

keskkonnavaenulikud [15, 16]. Need on veekõrvaldus, tuulutus, täitmine ja mugavusprotsessid [5, 12, 13, 4, 28].

Aheraine võib osutada mingil tingimusel ka kasulikuks toormeks. Nii purustatakse ja sõelutakse põlevkivi aherainet e. vahekihtide ja suletiste lubjakivi, tootes sellest killustikku. Samuti kasutatakse fosforiidi rikastusjääki e. flotoliiva täitematerjalina [9, 12].

Rikastusmeetoditeks on veel flotatsioon, õhujoas või veejoas rikastamine, magnetsepareerimine ja teised nn. kõrgtehnoloogilised eraldamismeetodid - optiline, elektromagnetkiirguse jm alusel rikastamine. Vanim meetod on käsitsirikastamine.

Paljandamine (ka katendi eemaldamine või teisaldamine) on tüseda katendiga maavara puhul avakaevandamise olulisim protsess. Maavara paljandatakse ekskavaatori, buldooseri, traktorskreeperi abil. Mida rohkem tuleb katendit eemaldada maavaraühiku kohta, seda suurem on katenditegur.

Veomasinad jagunevad pideva tööviisiga ja tsüklilise tööviisiga masinateks. Pideva tööviisiga masin on konveier.

Raimamine jaguneb mehaaniliseks ja puurlõhketöödeks. Lisaks kasutatakse keemilisi, termilisi ja teisi erilisemaid mooduseid [33, 14].

Peamine **klassifikatsioon** on mäendusprotsesside ja tehnoloogiate jaotus süsteemi loomise eesmärgil (Tabel 2-1 Mäendusklassifikatsioonid).

Tabel 2-1 Mäendusklassifikatsioonid

Kaevandamismoodus	Avakaevandamine / Allmaakaevandamine	Plaanid
Viis	Vaalkaevandamine	Projekt
Tehnoloogia	Draglainidega transpordita paljandamine	Tööde organiseerimine+ masinad
Protsess	Katendi teisaldamine	Masinad <small>mäetehnika</small>
Operatsioon	Ammutamine	Masin

Valitud masinad mäeõpikus on esitatud tähestikulises järjekorras allmaakopplaadurist kuni tükeldini (Tabel 2-2 Valitud masinad Mäeõpikus).

Tabel 2-2 Valitud masinad Mäeõpikus

Allmaakopplaadur
Aurumootor
Buldooser
Ekskavaator
Giljotiin
Greider
Hüdrovasar
Kallur
Konveier
Koonuspurusti
Kopp-purusti
Kopplaadur
Laadimismasin
Läbinduskilp
Lühieekombain
Mäemasinad
Pealmaakopplaadur
Protsessid
Pump
Purusti
Puurvanker
Ratasbuldooser
Ripper
Rootorpurusti
Soonur
Sõehöövel
Teehöövel
Toestik
Traktor
Turba profileerija
Turba tiguprofileerija
Tükeldi

Mäemasinad on kaevandamisel, mäetöodel, allmaaehitamisel ja maavarade töötlemisel kasutatavad põhimasinad.

Mäetööde **protsesside** järgi jaotatakse mäemasinad ettevalmistusmasinateks, raimamismasinateks, puurmasinateks, veomasinateks, laadimismasinateks, purustiteks, sõeluriteks, tõstemasinateks, tuulutusemasinateks, pumpadeks. Lisaks on abimasinad ja erimasinad. Traditsioonilisim mäemasin on buldooser. Ajaloolisim mäemasin on skreeper. Enimkasutatavaim mäemasin on ekskavaator. Maailma suurimad mobiilsed masinad on mäemasinad.

Allmaakopplaadur on kopaga kaevandusse mahtuv ja kaevanduses töötamiseks sobilik laadur. Üldjuhul on allmaakopplaadur varustatud sädemepüüdjaga, heitgaaside katalüsaatoriga, selle kuju on madal ja pikk. Enamus kopplaadureid on liigendraamiga. Allmaakopplaadur on väiksema kopaga ja väiksema tootlikkusega kui pealmaakopplaadur.

Aurumootor on mootor, mille paneb liikuma aururõhk. Tavaliselt surub aur silindris liikuvat kolbi, mis paneb pöörlema hooratta. On ka ainult silindriga sirgjoonelist liikumist tekitav, rootoriga või turbiinidega aurumootoreid. Maailma esimene aurumootoriga mobiilne masin oli auruekskavaator. 1796. aastal valmistas Englishman Grimshaw neljahobujõulise Boulton & Watt aurumootoriga ekskavaatori millest küll pole säilinud jooniseid, kuid mis oli maailma esimene mobiilne aurumootoriga masin. 1804. aastal valmistas Oliver Evans esimese

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Ameerika mobiilse aurumootoriga masina - amfiib-auru-rootorekskavaatori, mis töötas Philadelphia sadama süvendamisel palju aastaid.

Sõna "Bulldozer" pärineb Ameerikast ja oli seotud Pulli piitsutamiselega. Bulldozer oli see, kes andis Pullile keretäie, e Bull doze. Seejärel hakati seda sõna kasutama slängis mitmete jõuliste tegevuste kohta, näiteks hoburakendile, mida tõmmati konksuga jää purustamiseks. Hiljem pandi sama nimi (**buldooser**) roomiktraktorile, mis tõmbas palke või haagist [1]. Sahn e. lükkamise funktsioon lisandus aastakümneid hiljem. Sahn on metallist või metallservaga plaat, millega lõigatakse ja lükatakse pehmet või puistematerjali. Sahn koosneb lõikeservast ja hõlmast. Sahn on buldooseri ja greideri tööorgan. **Ekskavaator** on ühe või mitme kopaga kaevandamis- või kaevamismasin. Ekskavaatori tööorgan on kopp. Kopp ei ole ekskavaator. Sõna "ekskavaator (excavator, экскаватор) pärineb prantsuskeelsest sõnast "Excavateur", mis tähistas algselt paljukopalist kettekskavaatorit. Paljukopaline kettekskavaator on mitme kopaga, noolel liikuva keti külge paigutatud koppadega ekskavaator. Nool võib olla nii ülakuu alaasetusega, e. ekskavaator võib ammutada nii ülakuu alaastangust. Kettekskavaatorit kasutatakse peamiselt liivase või savika kivimi koorimiseks astangust. Enim kasutatakse neid ekskavaatoreid pruunsöe e. ligniidikarjäärides. Eestis kasutatakse paljukopalist kettekskavaatorit Aseri savikarjääris savi kaevandamiseks. 1827. aastal patenteeris insener Poirot de Valcourt Pariisis esimese kuivamaa paljukopalise kettekskavaatori. Enne seda kasutati ekskavaatoreid süvendustöödeks praamidelt. Seoses esialgu sobivate ajamite puudumisega, hakati neid ekskavaatorid ehitama alles 50 a. hiljem LMG (Lübecker Maschinenbau Gesellschaft) poolt. Saksamaa esimese auruekskavaatori - praamil asetseva paljukopalise kettekskavaatori (draagi) ehitas 1841. aastal Ferdinand Schichau Elbingis. Ekskavaator ammutas kuni 3,5 m sügavuselt ja tühjendas üle praami serva. 1860. aastal ehitas Alphonse Couvreux esimese aurumootoriga töötava puidust paljukopalise kettekskavaatori. Aastatel 1863 kuni 1867 läbindati kuue sellise ekskavaatoriga Suessi kanalit. Tänu revolutsioonilise tootlikkusega masinatele lõpetati töö 6 kuud plaanitud kiiremini. 1882. aastal ehitas Saksamaa vanim ekskavaatoritehas Lübecker Maschinenbau Gesellschaft (LMG) esimese paljukopalise kettekskavaatori mis kaalus 26 tonni ja mille tootlikkus oli 90 kuupmeetrit tunnis. Esimene ekskavaatorite võistlus toimus 1885. aastal Prantsusmaal kui katsetati nelja paljukopalist kettekskavaatorit. Eesmärk oli välja valida parim ekskavaator Panama kanali ehitamiseks. Võitis Boulet & Cie ekskavaator 250 kuupmeetriise tunnitootlikkusega. 1902. aastal tegi H August Schmidt tehas Wurzenis esimese elektriajamiga kompaktse paljukopalise kettekskavaatori. Esimese roomikutega (nii bensiini kui diiselmootoriga) paljukopalise kettekskavaatori tegi LMG 1935. aastal. Samal aastal sai alguse rootorekskavaatorite kasutamine (LMG 360 t) pruunsöekaevandamisel Bitterfieldi karjääris Saksamaal. 1938. aastal ehitas Hamburg-Magdeburg Damfschiffahrts-Compagnie maailma suurima paljukopalise kettekskavaatori - 2500 tonnise, 44000 kuupmeetrit päevas väljava ekskavaatori.

Giljotiiniks nimetatakse mäenduses mehaanilist seadet millega on võimalik purustada suuremaid kivimi tükke (ülegabariidilisi) väiksemateks.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Greider on mäenduses karjääriteede hooldamise masin. Karjäärigreider on oluliselt suurem ja võimsam kui maanteegreider.

Hüdrovasar on hüdraulilise ajamiga vasar kivide või kivimimassiivi purustamiseks ehk kaevise raimamiseks massiivist.

Kallur on mobiilne veomasin, mille tööorganiks on kallutatav kast. Kalluri tähtsaim, e. tootlikkust määrav omadus on kandevõime tonnides. Esmajoones mõeldakse kalluri all jäiga raamiga karjäärikallurit. Kui tegu on liigendkalluri, allmaakalluri või muu veokiga, siis täpsustatakse seda nimetuses. Liigendkallur on kallur mille esiosa ja tagaosaga on ühendatud liigendiga. Liigendkallurit nimetatakse ka artikuleeritud kalluriks (Articulated truck). Liigendkallur on jäiga raamiga kallurist suurema läbivusega, paindlikum ja kulukam.

Konveier on mäenduses pideva tööviisiga transpordi- e. veomasin mis veab kaevist (materjali) lindil, plaatidel, koppades või kraapide abil.

Purusti on seade või masin, millega purustatakse raimatud kivimeid. Koonuspurusti on purusti, kus metallist koonilise korpuse sees olev metallist koonus surub ringliikumise (kontsentriselt) kive survejõuga katki. Koonuspurustiga purustamine meenutab uhmerdamist. Koonuspurusti on üldjuhul suurem, tootlikum ja suurema avaga kui teised purustid.

Kopp-purusti on purusti mis on kopa sees. Ekskavaator ammutab kopa materjali täis ja purusti purustab selle. Nii purustatakse operatiivselt materjali, mille kogus on suhteliselt väike ja seega ka vajalik purusti tootlikkus on väike.

Kopplaadur (LHD) on ratastega või roomikutega ja kopaga mobiilne laadimismasin. Sõltuvalt veermikust kasutatakse nimetust - rataslaadur, roomiklaadur (wheel loader, tracked loader). Sünonüüm on ka frontaallaadur (front end loader). Kaubamärgina on kasutusel ka inglise keeles terminid payloader, scooptram). LHD tähistab lühendit Load Haul Dump e. kopplaadurveokit. Kui seda masinat kasutatakse laadimisrežiimis, on see kopplaadur. Kopplaadurit nimetatakse ka rataslaaduriks ja frontaallaaduriks. Roomikutega kopplaadurit kasutatakse kohtades, kus rataslaaduri e. ratasvankril kopplaaduri kasutamine on raskendatud. Roomikud taluvad paremini temperatuuri, teravate servadega kive ja naelu. Roomikutega laadur on veidi aeglasem ja energianõudlikum. Kopp on ekskavaatori, kopplaaduri või elevaatorkonveieri tööorgan.

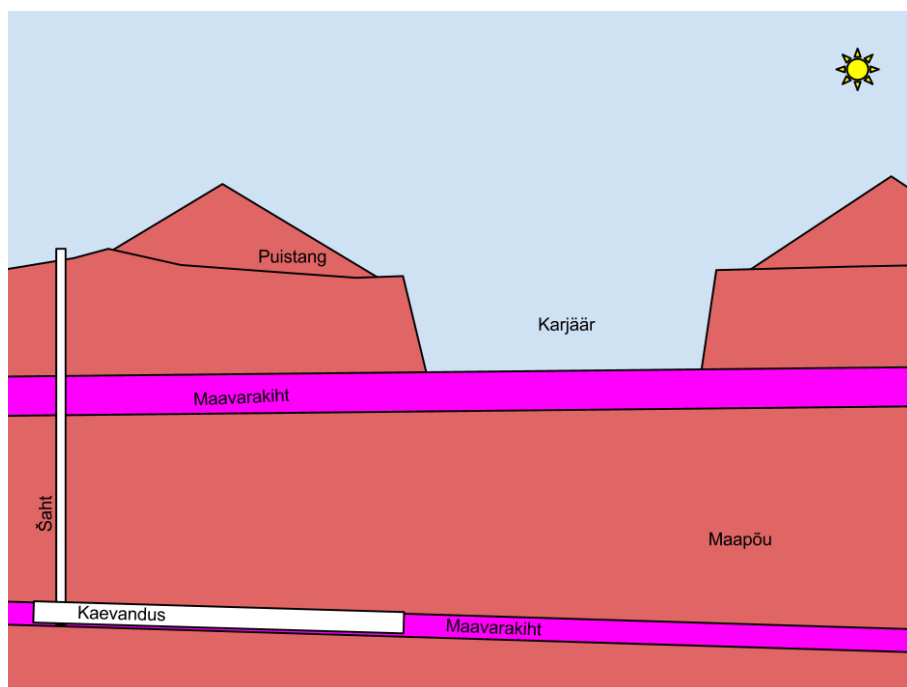
Laadimismasin (laadur) on masin millega laaditakse kaevist. Üldnimetusena sobib see kõigi laadimisoperatsiooni teostavate masinate kohta. Levinud laadimismasinad on: Kopplaadur (LHD, rataslaadur ja roomiklaadur), Käpplaadur, Punkerlaadur, Ümberlaadur. Ekskavaatorit ei nimetata üldjuhul laaduriks, kuigi seda kasutatakse laadimisoperatsiooniks. Ekskavaator on spetsiifiline masin, millega saab teostada oluliselt rohkem operatsioone kui laadimine.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Läbinduskilp e. TBM - Tunnel Boring Machine on läbinduskombain, mille tööorgani läbimõõt on sama suur ja sama kujuga (ringikujuline) kui läbindatav käik, e. tunnel. Kaevandamisel kasutatakse läbininduskilpe vähe, kuna kaevanduses peab läbindama erineva läbimõõduga ja erineva ristlõikekujuga käike. Seda on otstarbekam teha lühieekombainiga. Läbinduskilbid on erimasinad, mis tehakse konkreetse tunneli läbindamiseks. Lühieekombain on mehaanilise raimamise masin mis trumlil asetsevate hammaste abil lõikab kivimit massiivist. Lühiesi on lühike esi e. töökoht mis sobib ühele masinale. Lühieekombaini kasutatakse nii läbindamiseks kui kaevandamiseks.

Pealmaakopplaadur on karjääris kasutatav kopplaadur. Karjäär on maapealne kaevandamiskoht. Tehniliselt on karjäär kaeveõnte kogum koos masina- ja seadmepargiga. Majanduslikult on karjäär ettevõtte, mis kaevandab maa peal. Karjäär asub karjääriväljal.

Karjääris kasutatakse kaevandamiseks vaalkaevandamise, aukkaevandamise või väljakkaevandamise tehnoloogiat. Karjääri ei ole otstarbekas nimetada kaevanduseks kuigi kaevandus on üldnimetusena igasugune kaevandamiskoht. Kuna kaevanduse nimetamisega kaasneb tavapäraselt detailsem info, siis peab vastavalt lisatud infole kasutama ka täpsemat nimetust, e. karjäär, võtukoht, kaevandus, turbafreesväli, jms (Joonis 2-1 Kaevandus ja karjäär). Üldnimetusena on otstarbekas kasutada "kaevandamiskoht". Konkreetsetest kaevandamiskohtadest rääkides ei ole mõttekas üldnimetust kasutada. Kui siiski kasutatakse "kaevandust" karjääri mõistes, on tegu tänavakeelega, e. ajakirjaniku, poliitiku või võhikuga aga mitte mäemehega.



Joonis 2-1 Kaevandus ja karjäär

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Mäemees (tavaliselt mäeinsener) on spetsialist, kes plaanib, projekteerib ja juhib kaevandamist. Mäeinsener ei ole kaevur ja kaevur ei ole mäeinsener.

Pump on seade vedeliku või gaasi ühest kohast teise kohta transportimiseks surve abil.

Puurvanker on ühe või mitme puurmasinaga varustatud iseliikuv alus [25]. Puurvankrit kasutatakse puur-lõhketöödel laenguaukude puurimisel. Lühend PLT tähistab Puurlõhketöid. Puurtööd tähistavad kivimisse laengu- või lõhkeaukude puurimist. Aukudesse paigutatakse lõhkeaine. Lõhketööd tähistavad lõhkeaine ja lõhkematerjalide käitlemist, aukude laadimist ja lõhkamist. Lõhkamine on üks raimamise moodustest.

Ratasbuldooser on ratastega mobiilne masin, mille põhioperatsioon on lükkamine. See on kiirem kui roomikbuldooser. Samas on selle läbivus, haardejõud ja lükkejõud väiksem kui roomikbuldooseril. Ratasbuldooser võib olla spetsiaalselt selliseks ehitatud masin, või ka traktor, auto või kopplaadur, mida kasutatakse buldooserina. Kui sellist masinat kasutatakse lumekoristustöödel, siis nimetatakse seda ka lumesahaks. Masin on seade või seadmete kogum, mis hõlbustab inimese tööd, nii kirjutab EKI. Mäemasin on mäetööde protsessi teostav masin.

Ripper on metallist konks mille abil purustatakse kivimit massiivis. Ripperi konks (pii, hammas) on lihtne selektiivse väljamise vahend. Konks paigutatakse üldjuhul buldooseri tagaossa. Sel juhul tähistab ripper buldoosrkobestit. Kui ripperi konks on kinnitatud ekskavaatori noolele, siis nimetatakse masinat ekskavaator-kobestiks või ripperekskavaatoriks.

Rootorpurusti e. löökpurusti purustab kivimit löögi abil, mis antakse kivimile pöörleva rootori labaga. Kivi lüüakse vastu purusti pörkeplaati või vastu langevaid kive (kivi vastu kivi purustamine).

Soonur on masin, millega saab soonida soont. Sooni soonitakse püstasendis veekraavide rajamiseks ja kaablikraavide lõikamiseks. Horisontaalasendis sooni kasutatakse kaevandamisel vaba pinna tekitamiseks lõhkamisel.

Höövel on mäenduses kasutusel kivisöe mehaniseeritud lankkaevandamisel. Hööveldatav kivim peab olema nii rabe kui ka pehme, et seda oleks võimalik hõövli hammastega lõigata. Söehõövli laava on ca 150m pikk ja kuni 2 meetrit kõrge. Kõrgemates laavades kasutatakse laavakombaine. Höövli tömmatakse mööda ett edasi-tagasi, surudes selle hambaid samal ajal kivisöe sisse. Raimatud süsi kukub kraapkonveierile, mis viib kaevisse ümberlaadimispunkti. Edasi liigub kivisüsi lintkonveieril kaevanduse hoovi suunas.

Ankurtoestikuks nimetatakse aukudesse paigutatud vardaid, millega kaeveõõnt ümbritev kivim kihiti kinnitatakse. Ankurdamist kasutatakse juhul kui lae- või külgekivim ei ole piisavalt stabiilne, et ohutult töötada kuid on seda ankurdatult. Rusikareegli järgi soovitatakse ankru pikkus valida 1,2..1,5 ankrute paigaldussammust pikem. Lõheliste kivimite korral

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

kasutatakse 2:1 suhet. Käigu toestamisel valitakse laeankru pikkuseks 1/3 käigu laiusest ja külgankrute pikkuseks 1/5 käigu kõrgusest.

Sõna "Tractor" on ajalooliselt lühend sõnaühendist "Traction Engine" e. mootor, mis veab põllumajandusmasinaid või palke. Kuna ajalooliselt arendati traktor vedurist, siis esialgselt nimetati neid ka "Road locomotive". "Locomobile" oli mootor, mida sai ratastel hobusega vedada. **Traktor** on ka tänapäeval vedav masin, mille külge saab ühendada haakeseadmeid, lisaseadmeid, sahka, koppa, ekskavaatorit, puuri jpm. Sõltuvalt lisaseadmest nimetatakse traktorit mitmeti või vastavas režiimis töötavaks traktoriks. N: traktor-ekskavaator, traktor-kopplaadur või kopplaaduri režiimis töötav traktor.

Turba profileerija on turbaväljaku hõövel millega antakse kraavidevahelise väljaku pinnale kaldprofiil, millelt vesi hõlpsasti kraavi voolab. Nii kuivatatakse kraavidevahelise platsi ülemist kihti. Turba tiguprofileerija on hõövel, mis tigutööorgani abil profileerib turbaväljaku pinda.

Tükeldi (sizer ingl.k.) on hammastega purusti (meenutab valtspurustit), mis surub kivi kammaste vahele, surub hamba kivi sisse ja lõikab vastupanus kivimi tõmbetugevusele kivi katki.

Vibraator on mäenduses vibratsiooni tekitav seade, mida kasutatakse vibrosõelte raputamiseks, punkrite puhastamiseks või puistematerjali tihendamiseks. Vibraatori paneb liikuma tsentrist eemale paigutatud pöörlev rootor.

Masinate valiku esimene reegel on protsessi nõuete ja piirangute defineerimine ja teine kõigi võimalike masinate sobitamine nende tingimustega. Optimeerimiseks peavad olema sätestatud parameetrid, mida optimeeritakse.

Kokkuvõte

Masinate kasutamine ei ole mäenduses reglementeeritud ja sõltub lisaks tehnoloogilistele ja majanduslikele oluliselt enamatest kriteeriumitest. Maailmakogemuse ja analüüsi abil on võimalik masinate kasutusala optimeerida ja saavutada kas erineva parameetritega masina, erineva tüübiga masina või tehnoloogilise skeemi muutmisega saavutada oluliselt paremad tulemused. Lisaks hankesüsteemile tuleb kasutada analoogia ja multikriteeriaalset valikumeetodit.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, ETF8123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses ja DAR8130 - Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. 500 Years of Earthmoving 1994, Heinz-Herbert Cohrs. AKHL Group Publication
2. Author(s): Bazzazi, AA (Bazzazi, Abbas Aghajani)¹; Osanloo, M (Osanloo, Morteza)^{2,4}; Karimi, B (Karimi, Behrooz)³, A NEW FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING MODEL FOR OPEN PIT MINES EQUIPMENT SELECTION, Source: ASIA-PACIFIC JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Volume: 28 Issue: 3 Pages: 279-300 DOI: 10.1142/S0217595911003247 Published: JUN 2011
3. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
4. Kolats, M.; Valgma, I. (2010). Täitmatu kaevandus. In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 28 - 31.
5. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
6. Mims, C; Ziemerink, C. Unearthing Hidden Opportunity in Mobile Mining Equipment Utilization. E&MJ-ENGINEERING AND MINING JOURNAL Volume: 213 Issue: 3 Pages: 90-91 Published: MAR 2012
7. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 12.05.2012
8. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
9. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Täitmise tehnoloogia ja kaevandusvesi. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (70 - 72). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
10. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
11. Robam, K.; Valgma, I. (2008). Hämmastavad augud ja ökogigandid. Amon, L.; Verš, E. (Toim.). Suured teooriad : neljas geoloogia sügiskool 10.-12. oktoober 2008 (25 - 34). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
12. Robam, K.; Valgma, I. (2011). Veekõrvaldamine ja veekõrvaldamisega seotud uuringud. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (13 - 15). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
13. Sabanov, S.; Reinsalu, E.; Valgma, I.; Karu, V. (2009). Mines Production Quality Control in Baltic Oil Shale Deposits. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing,

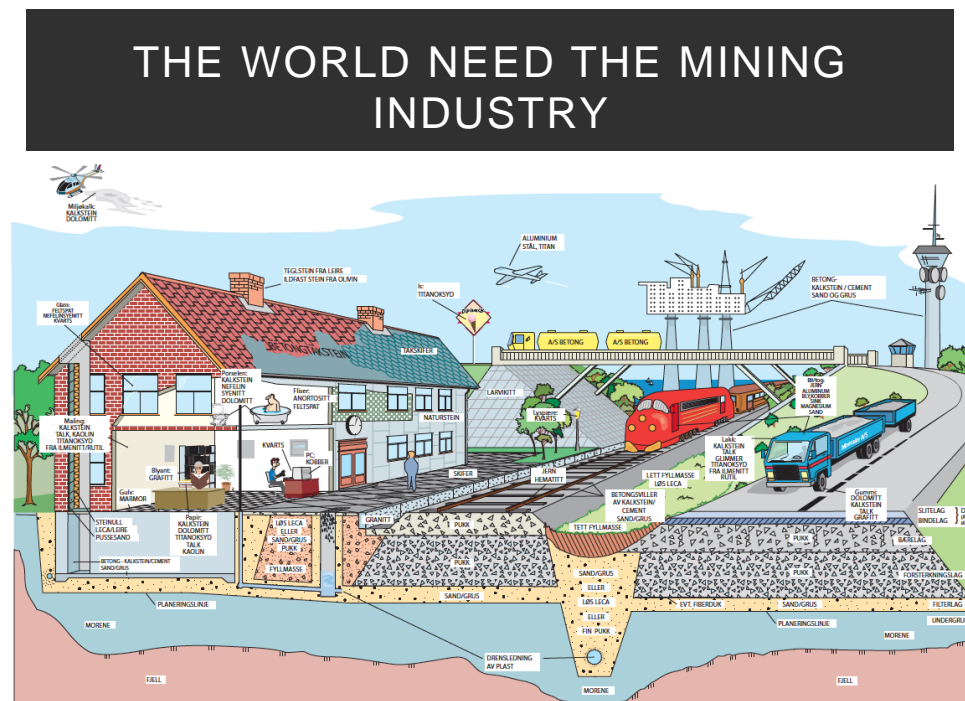
- Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
14. SME Mining Engineering Handbook. Howard L. Hartman, Seeley W. Mudd Memorial Fund of AIME., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992
 15. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collaps with seismic methods - a case study from Estonia . In: Book of abstracts: International Oil Shale Symposium, Tallinn, Estonia, 8-11 June 2009: Tallinn:, 2009, 101 - 102.
 16. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collapses with seismic methods- a case study from Estonia. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 17. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid. Keskkonnatehnika, 3, 6 - 9.
 18. Soosalu, H; Valgma, I; Sokman, K (2009). Seismic detection and on-site survey of mine collapses in Estonia. Nordic Seismic Seminar, Stockholm, 14.-16.10.2009. , 2009.
 19. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
 20. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu., 2007, 31 - 37.
 21. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 22. Valgma, I. (2009). Miks me praegu fosforiidist ei unista? In: Unustatud maavarad: XVII Aprillikonverentsi Tallinn 03.04.2009. (Toim.) Suuroja, K., 2009, 16 - 16.
 23. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
 24. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
 25. Valgma, I. (2011). Kildagaasi ehk uue nafta lätetel. Inseneria, Detsember/10, 24 - 26.
 26. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (22 - 24).Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
 27. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-).Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

28. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västriku, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J.-R.; Köpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
29. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajak
30. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. Oil Shale, 27(3), 239 - 249.
31. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuringud ja kaevandamine.
32. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriku, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Toim.). Schacht, Strecke und Tunnel (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
33. Valgma, I.; Vesiloo, P. (2011). Underwater blasting experiments in Estonia. In: International Conference on Explosive Education and Certification of Skills: Explosive Education and Certification of Skills, Riia, Läti, 12-13 Aprill 2011. (Toim.) Olga Mutere. Riga: Riga, Latvia University, 2011, 37 - 39.
34. Valgma, I.; Västriku, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
35. Vesiloo, P.; Valgma, I. (2011). Dolokivi vee seest kaevandamine ja lõhkamine. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 35 - 38.
36. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.

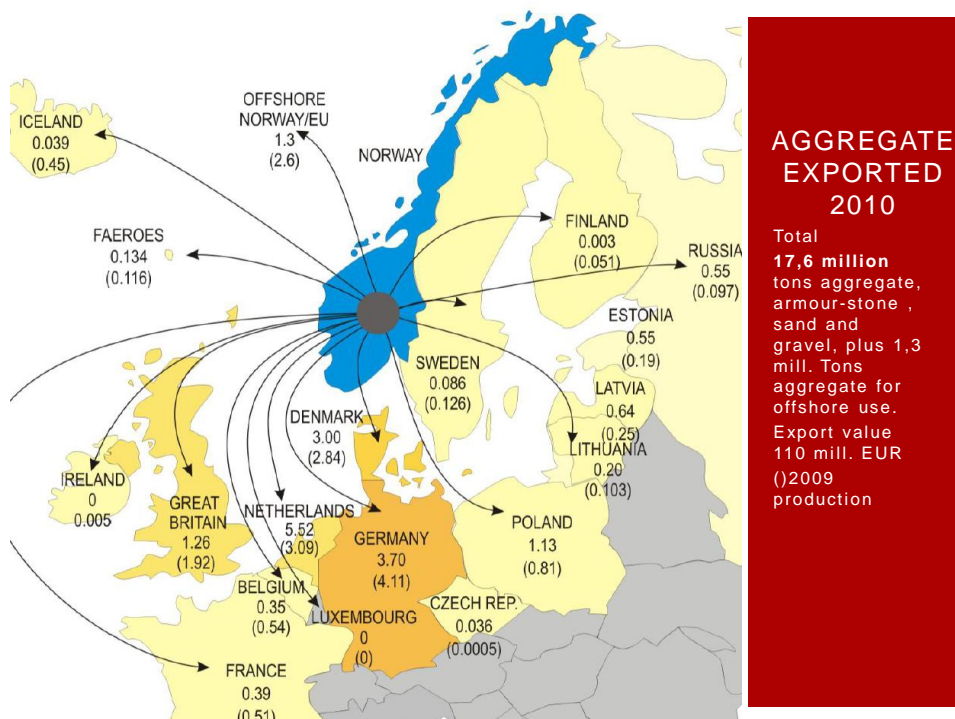
3. Norra mäendus

Ingo Valgma, Veiko Karu

Norra on tuntud kui naftamaa. Naftaga seonduv varjutab avalikkuse jaoks teiste maavarade kaevandamise. Kuid kui võrrelda Eesti olukorraga siis oleme osaliselt sarnased. Prevaleerib õli, e. Eesti puhul põlevkivi. Samas eksporditakse Norrast tardkivikillustikku ja ka tehnoloogilisi maavarasid. Norra olukord on võrreldav Saksamaaga, mis on olnud arenenud mäetööstusmaa [16, 17, 7, 1]. Eesti on Norraga seotud nii killustiku ostmise kui kaevandamisjäätmete ühisuuringu läbi [4]. Kuna puurplatvormid on oluline osa Norra majandusest, siis kõrgub ka maavarade kasutamise skeemil naftaplatvorm (Joonis 3-1 Norralaste selgitav skeem maavarade kasutamise kohta). Nagu statistika näitab, siis Norra ekspordib oluliselt rohkem maavarasid kui Eesti (Joonis 3-2 Norra maavarade väljavedu) [5, 3]. Norras kasutatakse maailmatehnoloogiat kui ei ole maailmatuntud kaevandamisfenomene [11, 14]. Pindala on suur ja seega tulevikus mäetööstus suure tõenäosusega areneb [19, 20, 21]. Allmaakaevandamine ei ole praegusel hetkel aktuaalne, kuid tulevikus võib muutuda [23, 24]. Ka kildagaasi leidmine ei ole Norra territooriumil välistatud [25]. Kui gaasi ja naftaga seotud kilt- või liivakivi välja jätta, siis ei ole Norra mäendustingimused Eesti omadele väga sarnased [29, 34, 36]. Võõraste, kui eriti lähiriikide erialaspetsiifika on oluline, kuna mõjutab suurt osa suhetest [26].



Joonis 3-1 Norralaste selgitav skeem maavarade kasutamise kohta



Joonis 3-2 Norra maavarade väljavedu

Viimastel aastakümnetel on ekspordimahud kasvanud (Joonis 3-3 Norra maavarade ekspordimahud). Maavarade kaevandamine on koondunud vastavalt ärioloogikale mereteede lähedale (Joonis 3-4 Norra killustikukarjäärid asuvad mereteede läheduses). Maagikaevandamine on aga koondunud kesk-Norrasse (Joonis 3-7 Norra maagikarjäärid (roheline) ja maardlad). Ka tehnoloogilise toorme tootmine on maailma mastaabis olulisel kohal (

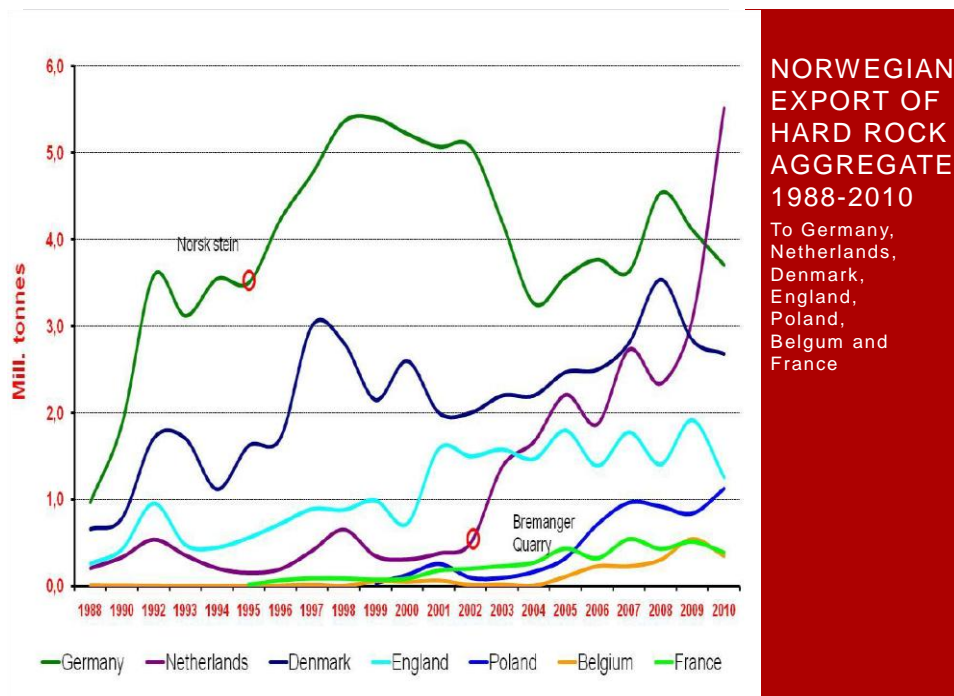
NORWEGIAN INDUSTRIAL MINERALS

- Industrial minerals in production:
 1. Produce 7 m/t/y chalk and dolomite (Nordland)
 2. Quartzite (bl.a Tysfjord)
 3. Graphite (Senja)
 4. Olivine (40% of World production) 1,3 m/t/y
 5. Nephelin syenite 346.000 t/y (15% of World production)

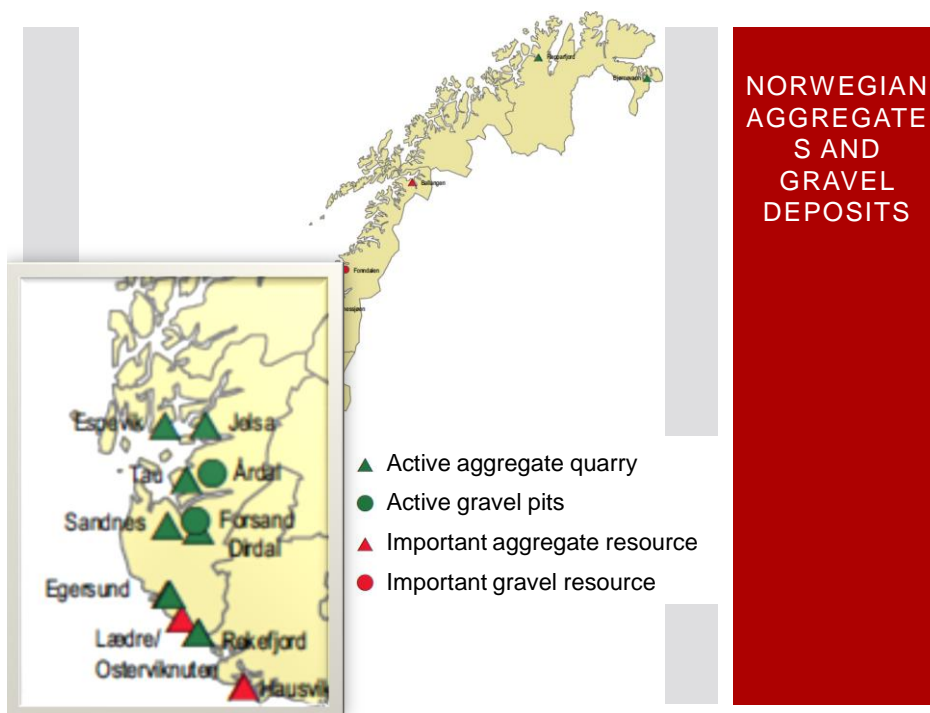
- Not in production
 1. Talc (Sørfold)
 2. Apatite (Rogaland++)



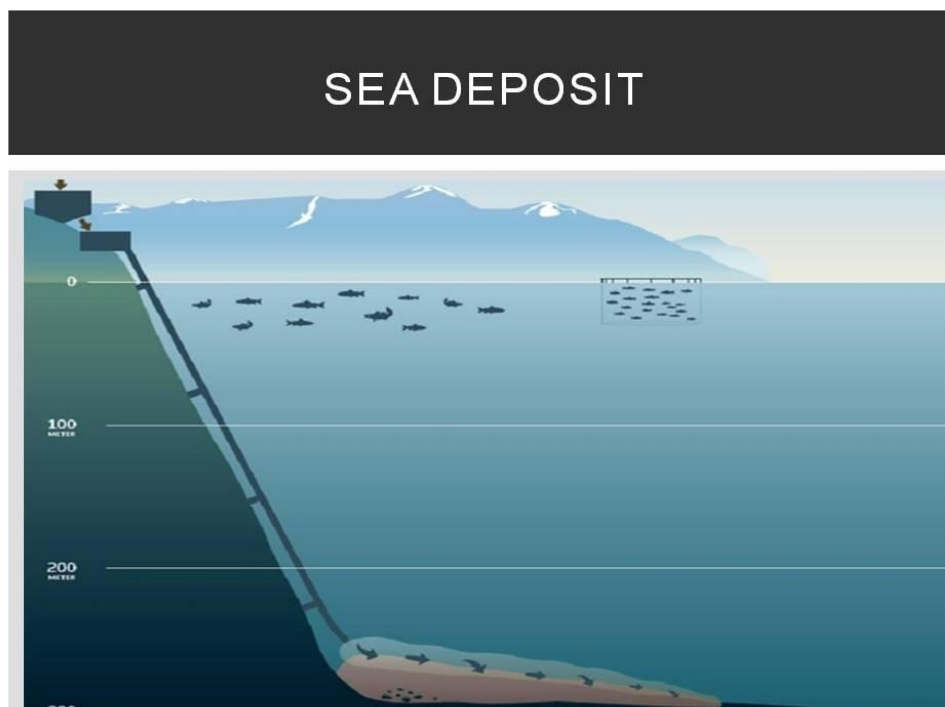
Joonis 3-8 Tehnoloogiline toore). Üks huvipakkuvatest faktidest on Norras fjordide kasutamine katendi või aheraine ladustamiseks (Joonis 3-5 Aheraine paigutamine fjordi) [2].



Joonis 3-3 Norra maavarade ekspordimahud



Joonis 3-4 Norra killustikukarjäärid asuvad mereteede läheduses



Joonis 3-5 Aheraine paigutamine fjordi



Joonis 3-6 Aheraine maismaapuistang

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012



Joonis 3-7 Norra maagikarjäärid (roheline) ja maardlad

NORWEGIAN INDUSTRIAL MINERALS

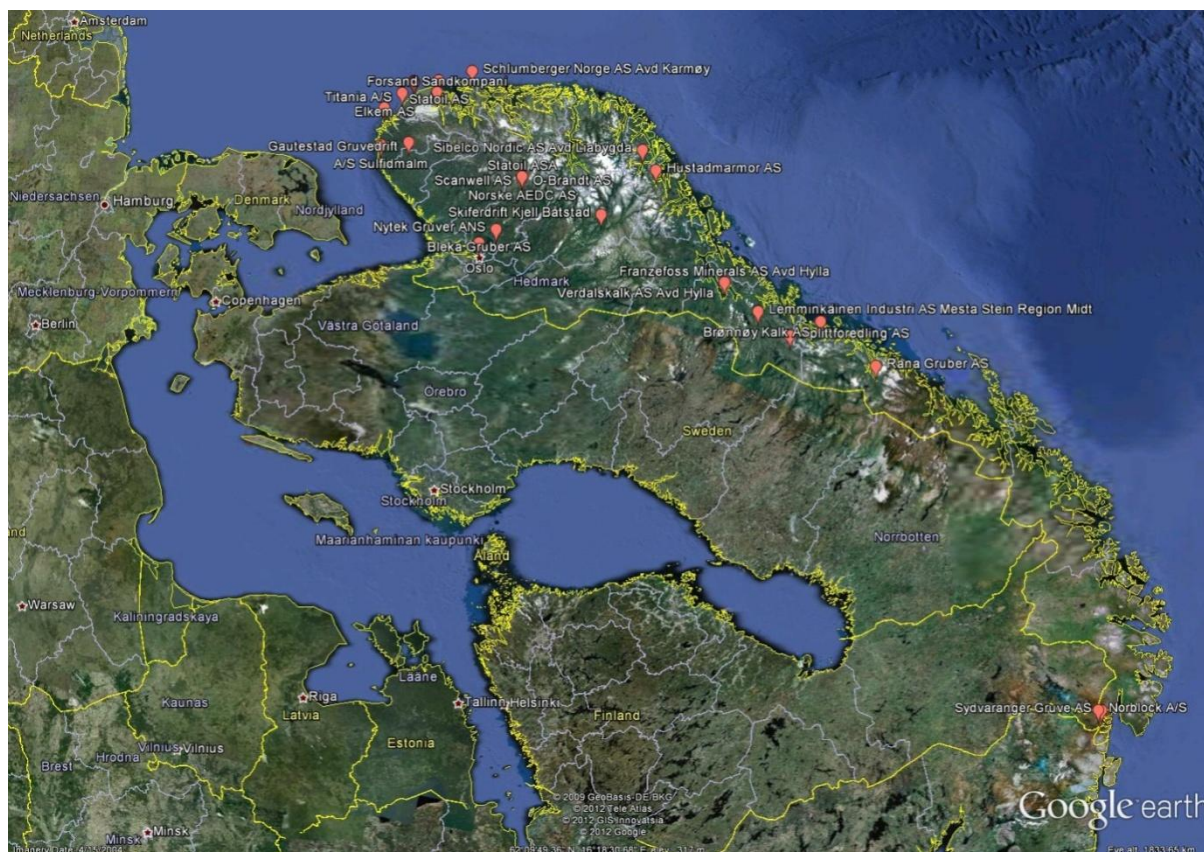
- Industrial minerals in production:
 1. Produce 7 m/t/y chalk and dolomite (Nordland)
 2. Quartzite (bl.a Tysfjord)
 3. Graphite (Senja)
 4. Olivine (40% of World production) 1,3 m/t/y
 5. Nephelin syenite 346.000 t/y (15% of World production)

- Not in production
 1. Talc (Sørfold)
 2. Apatite (Rogaland++)



Joonis 3-8 Tehnoloogiline toore

Kaevandamisel tekkivate jääkide uuringuraames on kaasatud Läänemere äriettevõtete andmebaasi Norrast 61 ettevõtet (Joonis 3-9 Baltic business database - Norra ettevõtted) [22]. Kaasatud ettevõtted tegelevad maavarade kaevandamisega ja naftapumpamisega.



Joonis 3-9 Baltic business database - Norra ettevõtted

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäädike/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130- Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. How the coal farmers managed to defeat the Ironworks owner, Bernt Anker - Peasant politics and peasant economy in the Oslo Fjord region in the 18th century. Author(s): Dorum, K (Dorum, Knut). Source: HISTORISK TIDSSKRIFT Volume: 85 Issue: 3 Pages: 403-+ Published: 2006
2. Impact of waste from titanium mining on benthic fauna, author(s): Olsgard, F (Olsgard, F); Hasle, Jr (Hasle, Jr), source: Journal of Experimental Marine Biology And Ecology Volume: 172 issue: 1-2 pages: 185-213 doi: 10.1016/0022-0981(93)90097-8 published: 1993
3. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja

- maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
4. MIN-NOVATION projekti partnerite töökoosolek Norras 24.-28.04. <http://www.ttu.ee/ttu-uudised/sundmused/ulikooli-sundmused-2/min-novation-projekti-partnerite-tookoosolek-norras-24-2804/> 22.05.2012
 5. Norwegian mining industry deposits and tailing. Pål Thjømøe. Min-Novation Mining Waste Conference. Stavanger. 2012
 6. Robam, K.; Valgma, I. (2008). Hämmastavad augud ja ökogigandid. Amon, L.; Verš, E. (Toim.). Suured teooriad : neljas geoloogia sügiskool 10.-12. oktoober 2008 (25 - 34). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
 7. SME Mining Engineering Handbook. Howard L. Hartman, Seeley W. Mudd Memorial Fund of AIME., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992
 8. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
 9. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu., 2007, 31 - 37.
 10. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 11. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
 12. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
 13. Valgma, I. (2011). Kildagaasi ehk uue nafta lätetel. Inseneeria, Detsember/10, 24 - 26.
 14. Valgma, I. Jt. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 22.05.2012
 15. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
 16. Valgma, I.; Kattel, T. (2006). Saksamaa kaasaegsed kaevandamistehnoloogiad. In: 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] : Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 88 - 94.
 17. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
 18. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

19. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
20. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
21. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.
22. Baltic business database - <http://www.min-novation.eu/sme-database.html> - (22.05.2012)

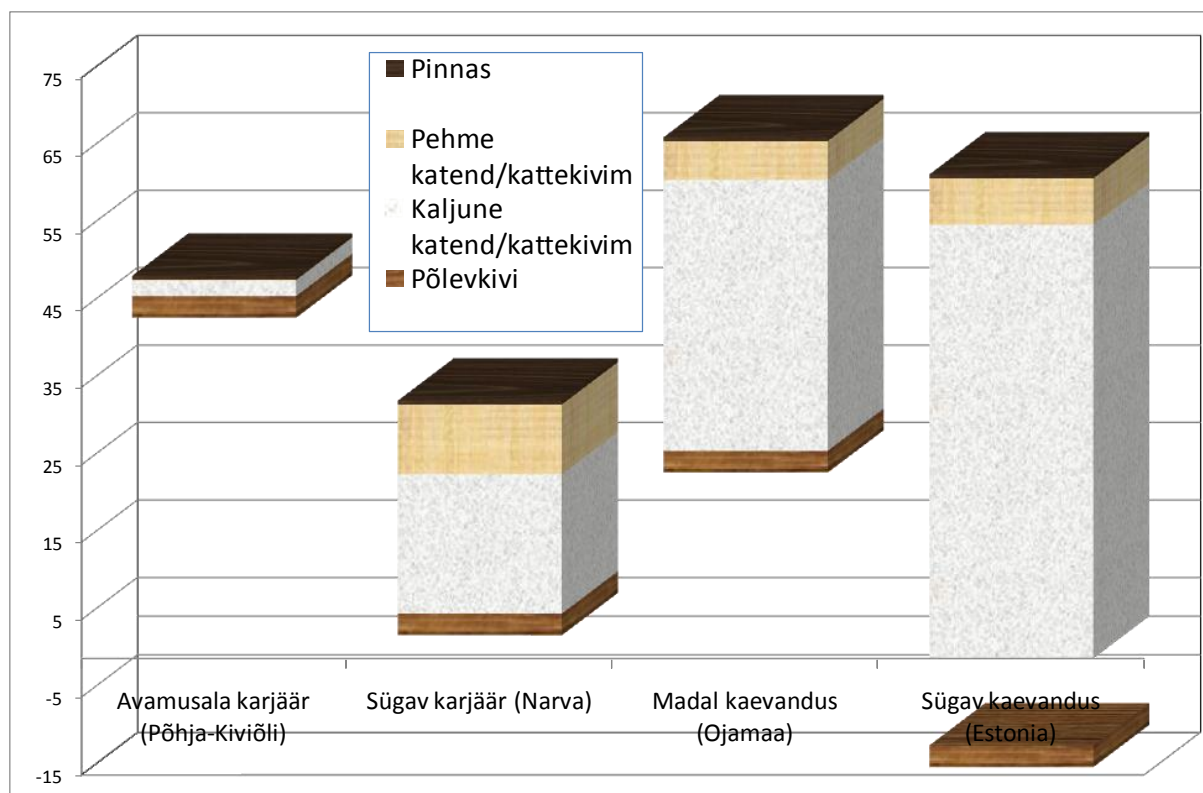
4. Ühest tonnist põlevkivist saab ühe barreli põlevkiviõli

Alo Adamson

Põlevkiviga on seotud suur hulk tõdemusi ja rusikareegleid, mis piiravad põlevkivi kasutamise ja mõju ulatust [7, 8, 12, 8]. Suur osa neist on üldsusele või ka osale spetsialistidest arusaamatud. Käesolev seeria tutvustab põhilisi prameetreid mis põlevkivi kasutamist ja kasutamise mõju mõjutavad [Joonis 4-1 Põlevkivi kaevandamise geomeetriline lihtmudel, Tabel 4-1 Põlevkivi bilanss]. Nendest parameetrites sõltuvad otse kõik kihindi ja külgkivimite tootlusega seotud protsessid [6, 4, 10, 11, 13, 14].

Tabel 4-1 Põlevkivi bilanss

Omadus	Ühik	Iseloomustav väärtus
Põlevkivikihindi massitootlus	t/m ²	4,76
Põlevkivikihindi paksus	m	2,8
Põlevkivikihindi mahumass	t/m ²	1,7
Põlevkiviõlisisaagis	%	12,5
	kg/t	125
	l/t	139
	l/t	126
	b/t	0,79
Õlitootlus	t/m ²	0,60
Põlevkivi kütteväärtus	MJ/kg	11
	kCal/kg	2629
Energiatootlus	GJ/m ²	52
Tuhasus	%	40
Tuhatootlus	t/m ²	1,9
Katendi paksus karjääris	m	1
	m	27
Kattekimite paksus kaevanduses	m	30
	m	70
Katenditegur	m ³ /t	5,7
	m ³ /t	6,3
Katendi mahumass	t/m ³	2,5
Erisurve kaevanduses	t/m ²	75
	t/m ²	175
Terviku laius	m	5
Terviku pikkus	m	6
Terviku pindala	m ²	30
Kambri laius	m	8
Kambri pikkus	m	6
Lihtsustatud kadu kambriplokis	%	19
Ülalhoitava ala laius	m	13
Ülalhoitava ala pikkus	m	12
Ülalhoitava ala pindala	m ²	156
Surve tervikule	t	11700
	t	27300
Erisurve tervikule	t/m ²	390
	t/m ³	910
Barreli maht	l/b	159
Põlevkiviõli tihedus	kg/m ³	900
	kg/m ³	990
Õlisaagis	b/t	0,9
	b/t	0,8



Joonis 4-1 Põlevkivi kaevandamise geomeetriline lihtmudel [44, 53]

Põlevkivikaevandamise iseloomustamiseks on soovitatav kasutada algallikatena statistilisi, geoloogilisi ja mäetehnilisi andmeallikaid [1, 2, 3, 4, 5]. Samuti on arengukavade koostamisel või otsustamisel otstarbekas kasutada reaalsete mõõtmiste ja analüüside põhjal koostatud järeldusi [16, 9, 18, 19, 17, 18]. Järelduste ulatus on suhteliselt suur, kui tihti mitte detailne [23, 24, 19, 20, 31, 23, 34, 36, 37]. See tuleneb otsinguliselt faasist põlevkivitööstuses [38, 39, 40, 42, 28, 44, 45, 46, 30, 41, 32]. Seoses vanade kaevandamiskohtade ammendumisega, oli hinna muutumisega, lääne-majandusega ja taastuenergia moodsusega on hakatud mitmeid aksioome ümber hindama [44, 53, 36, 13].

Artikkel on seotud järgnevate Mäeintituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja ETF8123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses.

Viited:

1. Adamson, A.; Nikitin, O.; Pastarus, J-R. (2003). Kombineeritud kaevandamise variant. In: Mäemasinad ja mäetehnika : Eesti mäekonverents, Kunda, 14. märts 2003. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2003, 17 - 20.
2. Adamson, A.; Reinsalu, E.; Toomik, A. (1999). Võimalikud protsessid suletud kaevanduses. In: Mäeohutus ja mäeõigus : [Ludvig Kalmani 100. sünniaastapäevale

- pühendatud] konverentsi ettekannete teesid ja artiklid : Tallinn, 28. juuni 1999. (Toim.) Reinsalu, E.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 1999, 8 - 13.
3. Adamson, A.; Reinsalu, E.; Uibopuu, L. (1995). About the outset of mining in Estonia. *Oil Shale*, 12(1), 79 - 86.
 4. Adamson, A.; Toomik, A.; Mihhaltšenkov, A.; Gabets, V. (2000). Maa seisundi juhtimine kombainkaevandamisel. In: *Põlevkivi talutav kaevandamine : konverentsi ettekannete teesid ja artiklid: 26. mai 2000.* (Toim.) Reinsalu, E.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2000, 12 - 15.
 5. Adamson, A; Jostov, M; Kattel, T.; Karu, V. (2006). Perspectives for the Mining of Oil Shale and Limestone with Surface Miner in Estonia. In: *Proceedings. 8th International Symposium. Continuous Surface Mining: 8th International Symposium. Continuous Surface Mining, Aachen, Germany, 24...27.09.2006.* Aachen, Germany: Verlagshaus Mainz GmbH Aachen, 2006.
 6. Bauman, JH (Bauman, Jacob H.)¹; Huang, CK (Huang, Chung Kan)¹; Gani, MR (Gani, M. Royhan); Deo, MD (Deo, Milind D.)¹. Modeling of the In-Situ Production of Oil from Oil Shale. Source: *OIL SHALE: A SOLUTION TO THE LIQUID FUEL DILEMMA* Book Series: ACS Symposium Series Volume: 1032 Pages: 135-146 Published: 2009
 7. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: *XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest"*, Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
 8. Karu, V.; Valgma, V.; Västrik, A. (2007). Multi criterial modelling of oil shale mining fields. *Mining and the Environment 2007* (225). Baia Mare: Freiberg TU
 9. Kolats, M.; Valgma, I. (2010). Täitmatu kaevandus. In: *XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine"*, Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 28 - 31.
 10. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). *Kaevandamine ja vesi* (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
 11. Mohr, SH (Mohr, S. H.)¹; Evans, GM (Evans, G. M.)¹. Long term prediction of unconventional oil production. Source: *ENERGY POLICY* Volume: 38 Issue: 1 Pages: 265-276 DOI: 10.1016/j.enpol.2009.09.015 Published: JAN 2010
 12. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 12.05.2012
 13. Olsen, DK (Olsen, David K.)¹; Hartstein, A (Hartstein, Arthur); Alleman, DR (Alleman, David R.). A Review of Activities To Address the Environmental Impacts of Oil Shale Development. Source: *OIL SHALE: A SOLUTION TO THE LIQUID FUEL DILEMMA* Book Series: ACS Symposium Series Volume: 1032 Pages: 249-259 Published: 2009

14. Pastarus, J.-R.; Adamson, A.; Sabanov, S.; Väli, E.; Nikitin, O. (2008). Wirtgen 2500 SM ja killustiku tootmine karjäärides. Valgma, I. (Toim.). Killustiku kaevandamine ja kasutamine (26 - 28). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
15. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
16. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
17. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Täitmise tehnoloogia ja kaevandusvesi. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (70 - 72). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
18. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
19. Pozin, V.; Adamson, A.; Andreyev, V. (1998). Breakage of oil shale by mining : [revised summary of the monograph by V.Pozin, A.Adamson and V.Andreyev, Moskva : Nauka, 1984, 142 p. (in Russian)]. Oil Shale, 15(2), 186 - 205.
20. Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine – <http://mi.ttu.ee/etp - 12.05.2012>
21. Põlevkivi tootmisjäädikdest valmistatava ehituskillustiku kasutamise võimaluste uurimine. TTÜ Mäekateeder. Adamson, A. Jt 1989
22. Sabanov, S.; Reinsalu, E.; Valgma, I.; Karu, V. (2009). Mines Production Quality Control in Baltic Oil Shale Deposits. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
23. Soone, J.; Rudi, Ü.; Adamson, A. (2003). Peidetud energia põlevkivis. Mägi, V. (Toim.). Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (304 - 306). Tallinn: TTÜ kirjastus
24. Tohver, T. Utilization of Waste Rock from Oil Shale Mining. PhD dissertation. TTU Press
25. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
26. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu., 2007, 31 - 37.
27. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship

28. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. *Oil Shale*, 26(4), 445 - 150.
29. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
30. Valgma, I.; Karu, V.; Anapaio, A.; Väizene, V. (2007). Increasing oil shale quality for meeting EU environmental requirements. *Mining and the Environment 2007* (195 - 205). Baia Mare: Freiberg TU
31. Valgma, I.; Karu, V.; Viil, A.; Lohk, M. (2007). Oil shale mining developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. In: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" : Doctoral School of Energy and Geotechnology: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Kuressaare, Estonia, 15.-20.01.2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, Faculty of Power Engineering, 2007, 96 - 103.
32. Valgma, I.; Karu, V.; Västrik, A.; Väizene, V. (2007). Future of oil shale mining. In: *Georesources and public policy: research, management, environment : abstracts: 15th Meeting of the Association of European Geological Societies, Tallinn (Estonia), 16-20 September 2007*. (Toim.) Hints, O.; Kaljo, S.. Tallinn: Eesti Geoloogia Selts, 2007, 81.
33. Valgma, I.; Kattel, T. (2005). Low depth mining in Estonian oil shale deposit-Abbau von Ölschiefer in Estland. In: *Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005, Freiberg/Sachsen: Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005, Freiberg/Sachsen*. Freiberg: TU Bergakademie, 2005, 213 - 223.
34. Valgma, I.; Kattel, T. (2006). Results of shallow mining in Estonia. In: *EU legislation as it affects mining : proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006*. (Toim.) Buhrow, Chr.; Valgma, I.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 118 - 125.
35. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). *Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-)*. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
36. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västrik, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J-R.; Kõpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). *Maapõue kasutamise arengud* (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
37. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral Scholl of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
38. Valgma, I.; Lind, H.; Erg, K.; Sabanov, S. (2007). The future of oil shale mining related to the mining and hydrogeological conditions in the Estonian deposit. In: 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology. [Proceedings

- volume 1] : Kuressaare, Estonia, January 15-20, 2007: 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering", Kuressaare, January 15-20, 2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn Technical University, 2007, 104 - 107.
39. Valgma, I.; Nikitin, O.; Lohk, M. (2006). Oli shale mining development in Estonia. In: EU Legislation as it Affects Mining : Proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Buhrow,Chr.; Valgma, I. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 103 - 113.
40. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. *Oil Shale*, 27(3), 239 - 249.
41. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuringud ja kaevandamine. Mäeinstituut
42. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriku, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Toim.). *Schacht, Strecke und Tunnel* (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
43. Valgma, I.; Västriku, A. (2006). Põlevkivi kaevandamise võimalikud tehnoloogiad. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] (30 - 41). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
44. Valgma, I.; Västriku, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. *Oil Shale*, 25(2S), 125 - 134.
45. Valgma, I.; Västriku, A.; Lind, H. (2006). The Modelling of Oil Shale Mining Development and its Influence to the Environment. In: EU legislation as it affects mining : proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Valgma, I ; Buhrow, Chr.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 126 - 130.
46. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. *Oil Shale*, 25(2S), 101 - 114.

5. Kaevandamisjääkide andmebaas

Veiko Karu, Maris Leiaru, Ingo Valgma

Maavarasid kaevandavad ettevõtted tekitavad tootmisprotsessi käigus jääke ja jäätmeid. MIN-NOVATION projekti raames koostas Mäeinstituut Baltimere vastava andmebaasi - *Baltic business database* ja avaldas selle internetis aadressil <http://mi.ttu.ee/db/> [4; 5]. Koostati üldistatud andmebaasi struktuur mis sialdab põhiaandmeid (Tabel 5-1 Baltic business database andmete struktuur). Lisaks ettevõtete andmebaasile koostatakse kaevandamisel tekkivate jääkide andmetekogum. Kaevandamise käigus tekkinud jäägid, millele ei leita piisavalt kiiresti rakendust, muutuvad ajapikku jäätmeteks, põlevkivi kaevandamisel põlevkivi aheraine, lubjakivi kaevandamisel sõelmed. Kahe andmebaasi sümbioos annab hea ülevaate maavarade kaevandamise sektorist.

Tabel 5-1 Baltic business database andmete struktuur

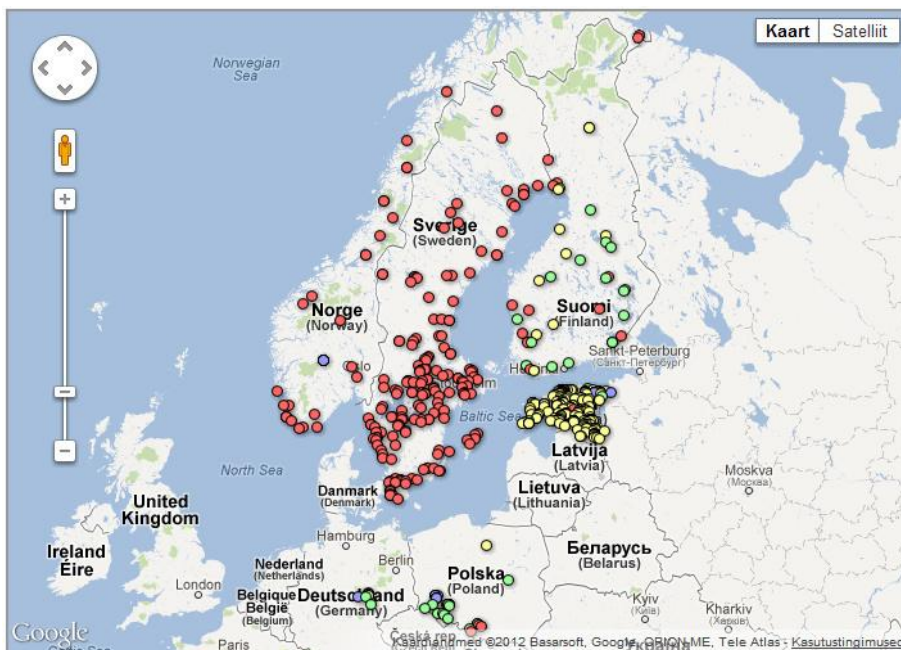
Andmebaasi väljakood	Tähendus
Company	Kaevandamisega seotud ettevõtte nimetus
Mineral resource	Ettevõtte poolt kaevandatav maavara
Field of activity	Lühikirjeldus, millega ettevõtte tegeleb
Website	Ettevõtte kodulehe aadress
Country	Riik, milles ettevõtte tegutseb
Keywords	Võtmesõnad, mis iseloomustavad ettevõtte tegevust
Year of operating	Ettevõtte asustamisaasta
Name	Ettevõtte kontaktisiku nimi
Function in Company	Kontaktisiku amet ettevõttes
E-mail, Tel, Fax	Kontaktisiku kontaktandmed
MRN membership	Näitab ettevõtte kaasatust MIN-NOVATIONi võrgustikku
Street, Index, City	Ettevõtte peakontori aadress
Company size	Näitab ettevõtte suurust (väike, keskmine või suur)

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Kaevandamise käigus tekib jääke samuti mujal maailmas, kuid kõikjal on need kogunenud sinna, kus on traditsiooniliselt kaevandamisega tegeldud juba sajandeid [15]. Maailmas läbi viidavad eksperimendid on näidanud, et kaevandamise jääke saab ära kasutada ka CO₂ püüdmisel [2]. Eesti eelnevate uuringute raames on analüüsitud erinevate maavarade sh põlevkivi, lubjakivi kaeveväljade modelleerimise kriteeriume, mis on aluseks samuti jääkide mahu määramisele [17; 19; 18; 6; 7; 25; 24]. Ühest viimastest põlevkivi allmaarikastamise analüüsi tööst järeldus, et rikastamise käigus on võimalik osa lubjakivi jätta juba maa alla [16; 23]. Kaevandamisel tekkivatest jääkidest lõviosa tekib põlevkivi kaevandamisel. Tulevikus nähakse põlevkivi aina enam õlitoormena [13; 14; 12]. Seetõttu on aktuaalne nii kaevandamisel tekkiva aheraine, kui ka termilisel töötlemisel tekkiva põlevkivituha kasutamine kaevanduste täitmisel [10; 9; 26]. Kaevanduste täitmine aitab kaasa maa stabiilsusprobleemide lahendamisel [3; 8].

Jäätmemägedest parema ülevaate saamiseks, tuleb neid lähtuvalt hetkeolukorrast grupeerida: 1) hetkel ladustatavad; 2) ümbertöötlemisel olevad jäätmemäed; 3) maastikuelementidena kasutatavad. Jäätmemägede jaotus on tehtud lähtuvalt jäätmemägedest ja Min-Novation projekti lähteülesande alusel [4; 1].

Baltic business database koondab ettevõtteid Norrast, Rootsist, Soomest, Eestist, Poolast ja Saksamaalt. Hetkel on andmebaasis üle 550 ettevõtte, liitumine on avatud. Andmebaasi graafiline kujutis on allpool oleval joonisel (Joonis 5-1 Baltic business database graafiline lahendus) ning näidatakse ettevõtete peakontori asukohta. Andmebaasis saab koostada samuti erinevaid päringuid, et leida üles need ettevõtted, mis huvi pakuvad (Joonis 5-2 Andmebaasis ettevõtete otsing).



Joonis 5-1 Baltic business database graafiline lahendus

MIN-NOVATION Baltic business database

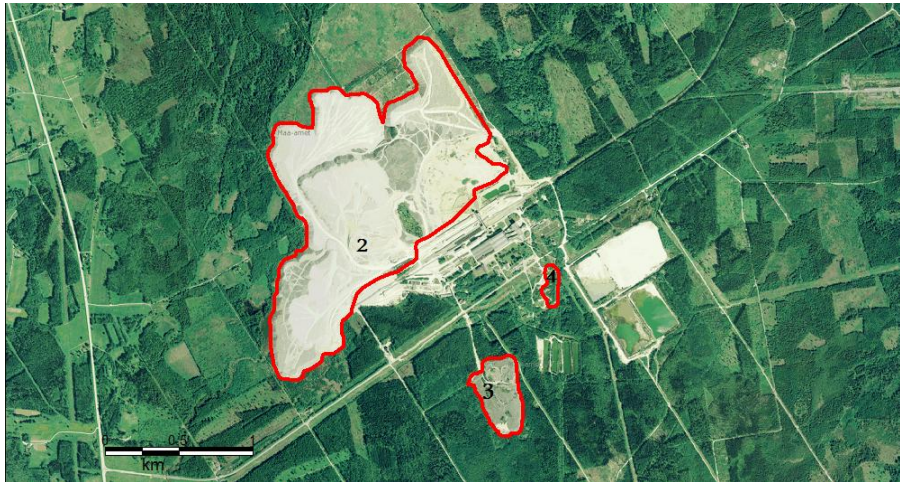
File View Edit Visualize Merge Experiment

Showing all rows [options](#)

COMPANY	Mineral resource	FIELD OF ACTIVITY	WEBSITE
AS Teede REV-2		Road construction	http://www.trev2.ee
Maanteeamet		National highways road work organisation and super...	http://www.mnt.ee
OÜ Killumeister		Rock crushing, screening, construction waste crush...	
AS Lemminkäinen Eesti	Carbonate rock	Road construction	http://www.lemminkainen.ee
AS Kagu-Eesti Turvas	Peat	AS Kagu-Eesti Turvas was founded in 1992 in place ...	http://www.ket.ee/
Fpaekivitoodete		Water supply and sanitation, land improvement syst...	http://www.askumari.ee
AS Ropka Liiv	Sand	Extraction of minerals - sand, production of build...	http://www.ropkaliiv.ee

Joonis 5-2 Andmebaasis ettevõtete otsing aadressil mi.ttu.ee/db

Lisaks ettevõtete tegutsemiskohtadele on tähtis samuti planeerida kaevandatud alade kasutamist [22]. Selle hõlbustamiseks on kontuuritud kõik kaevandamise jäätmepanilad [4; 1]. Kaardistamise tulemus on all oleval joonisel (Joonis 5-3. Estonia kaevanduse aherainehoidla).



Joonis 5-3. Estonia kaevanduse aherainehoidla

Kõik see on aluseks maavarade jätkusuutlikuks kasutamiseks [21].

Kaevandatavate ettevõtete andmebaas ning jäätmepanilate kaardistamine on osa Mäeinstituudi uuringutest ja projektidest: VIR491 MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. AS Maves. (2011). Suletud, sh peremeheta jäätmeaheldate inventeerimismestiku koostamine - <http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1179501/Kaevandamisj%E4%E4tmed+I+etapp+t%E4iendatud+ekraaniresolutsiooniga%28LOPPdets2011%29.pdf> – (07.02.2012)
2. Jacobs, AD. Hitch, M. (2011). Experimental mineral carbonation: approaches to accelerate CO₂ sequestration in mine waste materials. *International Journal of Mining Reclamation and Environment*, Volume 25, issue 4, pp 321...331
3. Karu, V. (2009). Varinguohut Kukuruse-Jõhvi maanteelõigul. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 5. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (104 - 108). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
4. Karu, V. (2011). European Union Baltic Sea region project “MIN-NOVATION”. *Oil Shale*, 28(3), 464 - 465.
5. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue

- uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
6. Karu, V.; Valgma, V.; Västriku, A. (2007). Multi criterial modelling of oil shale mining fields. Mining and the Environment 2007 (225). Baia Mare: Freiberg TU
 7. Karu, V.; Västriku, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area . Oil Shale, 25(2S), 134 - 144.
 8. Karu, Veiko. (2005). Altkaevandatud alade püsivusarvutused üld- ja detailplaneeringu staadiumis. Keskkonnatehnika, 4, 34 - 35.
 9. Pastarus, J.-R.; Väli, E.; Lohk, M. (2009). Backfill technology - challenge for Estonian oil shale industry. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 10. Pastarus, J.-R.; Adamson, A.; Nikitin, O.; Lohk, M. (2010). Tagasitõimise kaevandamistehnoloogia kontseptsioon. Västriku, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J.-R.; Köpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (29 - 32). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
 11. Pastarus, Y.-R.; Lohk, M. (2011). Waste management in Estonian oil shale industry. In: Sustainable Development in the Minerals Industry: Aachen International Mining Symposia, Fifth International Conference, RWTH Aachen University, 14-17 June 2011. (Toim.) P. N. Martens, T. Katz. Essen: VGE Verlag GmbH, Essen, 2011, 213 - 218.
 12. Reinsalu, E. (2007). Põlevkivi kasutamise tõhusus sõltub põlevkivi kvaliteedist. Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed, 1-2, 14 - 16.
 13. Reinsalu, E.; Tammeoja, T. (2008). Forecast of Estonian oil shale usage for power generation. Oil Shale, 25(2S), 115 - 124.
 14. Reinsalu, E.; Valgma, I. (2007). Oil Shale Resources for Oil Production. Oil Shale, 24, 9 - 14.
 15. Rodriguez, R.; Diaz, MB.; Vigil, H.; Rodrigues, A. (2011). Development of a user-friendly method to assess the present condition of old abandoned mining waste dumps in Asturias (Spain). International Journal of Mining Reclamation and Environment, Volume 25, issue 1, pp 6...31
 16. Sabanov, S; Karu, V; Reinsalu, E; Valgma, I (2009). Production quality control in mines of Baltic oil shale deposits. Tallinn Technical University, 2009.
 17. Valgma, I.; Karu, V. (2006). Mining in Estonia - a Development Towards the EU. In: EU Legislation as it Affects Mining : Proceedengs of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-02.12.2006. (Toim.) Valgma, I.; Buhrow, Chr.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 98 - 102.
 18. Valgma, I.; Karu, V.; Anapaio, A.; Väizene, V. (2007). Increasing oil shale quality for meeting EU environmental requirements. Mining and the Environment 2007 (195 - 205). Baia Mare: Freiberg TU

19. Valgma, I.; Karu, V.; Viil, A.; Lohk, M. (2007). Oil shale mining developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. In: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" : Doctoral School of Energy and Geotechnology: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Kuressaare, Estonia, 15.-20.01.2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, Faculty of Power Engineering, 2007, 96 - 103.
20. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västriku, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J-R.; Kõpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
21. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
22. Valgma, I.; Lind, H.; Karu, V.; Önnis, A. (2007). Kaevandatud alade kasutamine. Reinsalu, E.; Önnis, A.; Sokman, K.; Valgma, I.; Viilup, H. (Toim.). Kaevandamine parandab maad (17 pp.). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
23. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. Oil Shale, 27(3), 239 - 249.
24. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriku, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Toim.). Schacht, Strecke und Tunnel (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
25. Valgma, I.; Västriku, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
26. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship

6. Põlevkiviõli tootmisjäätmete käitlemisest

Enno Reinsalu, Ain Anepaio, Maris Leiaru

Eestis leidub kahte liiki põlevkivi: diktüoneemaargilliiti ja kukersiitpõlevkivi. Diktüoneemaargilliidi kasuliku aine, (orgaanika, kerogeeni) sisaldus on madal, alla 20% [1], mistõttu teda ei kasutata, kuid probleeme, millest edasises juttu on temaga. Kaevandatava kaevisel peamisi parameetreid on energiaväärtus $GJ\ m^{-2}$, mis sõltub kihindi paksusest, kütteväärtusest ja põlevkivi ja lubjakivi kihtide tihedusest [2]. Eestis alustati põlevkivi kaevandamist 1916. aastal. Alguses kaevandati karjäärides, 1922. aastal alustati allmaakaevandamisega. Kamberkaevandamisega alustati 1960. aastatel [22].

Põlevkivi kaevandamisel ja töötlemisel on tekkinud suures koguses mitmesuguseid jäätmeid. Kaevandamisjääk, vähesel määral põlevkivi sisaldav lubjakivi on neutraalne, kuid mõningatel juhtudel on kuumenenud põlemiseni. Elektri tootmisjääd – mitut liiki tuhad on mõõdukalt ohtlikud. Põlevkiviõli tootmisjääk, peamiselt poolkoks on osutunud ohtlikuks.

Rikastusjäädide puistangud on aidanud kaasa Kirde – Eesti maastiku muutumisele, on tekkinud tehismäed, uued mikroreljeefid loodusliku ja tehniliku struktuuriga [11].

Põlevkivi utmisel õliks ja gaasiks tekib tahke jääk üldnimetusega poolkoks. Alates 1921. aastast, kui alustati õli tootmist, on poolkoksi kogunenud mitmetesse puistangutesse ligikaudu 90 mln t [15]. Kohtla-Järve (nüüd VKG) põlevkivitööstuse tahkete jäätmete puistangus, mille maht üle 70 mln t, tekkis korrastamise käigus tehniline probleem – ühe puistangu materjali teisaldamisel avanes kuumenemiskolle ja selles avanes kõrge temperatuuriga tühemik (Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle). Situatsiooni hindas ja mõõtis IPT Projektijuhtimine OÜ. Seejuures määrati kõrge temperatuuriga tsooni umbkaudesed mõõtmed ja maht. Hinnanguliselt tuleb korrastatud ala lõpp-profiili saavutamiseks teisaldada suurem osa kuumast materjalist. Kuid osa kriitilisest materjalist jääks tasandatud ala profiili sisse, mis, kui seda ei eemaldata, tuleks katta korrastusprojektis ette nähtud materjalidega. Kõikide eelduste kohaselt ei oleks see mõistlik ja edasiseks tegevuseks tuleb otsida erilahendusi.

Käesoleva aasta 8. mail toimus situatsiooni hinnang kohapeal. Vaatluse kaart, (vt Joonis 6-3 2012. 8. 05 vaatluse kaart. Punane joon – marsruut, punased täpid – objektid, sinised täpid – geotehnilise uuringu puuraukugud, kus oli mõõdetud temperatuuri.). Nähtud kuumenemiskolde ava kujutas endast võlvja laega koobast (Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle). Võlvi moodustas tsementeerunud sõmer materjal, mille päritolu pole teada. Nähtust võib nimetada tehnogeense lasundi pseudokarstiks (termokarstiks). Olukorra visuaalne hinnang annab aluse hinnata töö selles piirkonnas ohtlikuks, sest:

- astangu nõlvad ei ole stabiilsed, nende püsivust mõjutab erisugune struktuur ja peatumatu termiline protsess
- astangu lagi ei ole püsiv, võimalik on masinate vajumine põlengualasse

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- kuumenemiskolde avamine aktiveeris protsesse: tõusis temperatuur ja kasvas gaasieritumus

Termilised protsessid põlevat ainet sisaldavates puistangutes on teadaolev nähtus. Eelmise sajandi kaheksakümnendatel aastatel põles Maardu fosforiidikarjääri katendikivimite vaaludes orgaanikarikas püriiti sisaldav savikivi (teaduslik nimetus graptoliitargilliit, kõnekeeles diktüoneema(kilt)) [6]. Orgaanilise aine sisaldus Maardu savikivis on ligikaudu 15% ja kütvus kuni 7 MJ/kg. Kivim süttis, sest seda oli puistatud suurtesse õhule avatud kuhilasse. Katsed summutada põlemist kuunenud kivimi ekskaveerimisega ainult ergutas põlemist. Protsess aeglustus pärast puistangute moodustamise tehnoloogia muutmist. Käesolevaks ajaks on Maardu lahtised kuhilad läbi põlenud ja sügavamad on uppunud karjääris vee all.

Kohtla-Järve poolkoksipuistangute materjalis on põlevat ainet kohati rohkem kui Maardu savikivis. Eesti põlevkivi sisaldab kolme koostisosa: kergestisüttiv, tuhk ja karbondioksiid [4]. Üldiselt võetakse selle hindamisel aluseks püstgeneraatorites (nn Kiviter-protsess) tekkiva poolkoksi keskmine orgaanikasisaldus, mis on kuni 8% [15]. Sellisele orgaanikasisaldusele vastab kütvus 2,8 MJ/kg. Kuid on teada, et 1947...87 töötanud kamberahjude kooksis oli orgaanikat keskmiselt 16%, 5,6 MJ/kg [6]. Millisesse puistangusse ja millisesse puistetsooni läks kamberahjude poolkoks, pole olnud võimalik teada saada. Eeltoodud on keskmised arvud. Tegelikult võib poolkoksipuistangutes leida osiseid, mille orgaanikasisaldus küündib üle 30% (Joonis 6-4 Põlevkivi näidised Kohtla-Järve poolkoksimaelt [13]., [3]). See on sama suur kui töötlemata toormel, kõrge kütvusega tükilisel põlevkivil. Kõrge orgaanikasisaldusega jäägid jõudsid puistangusse, kui utmis- ja/või gaasistamisprotsess oli ebastabiilne, kui oli tõrkeid, avariilisi seisakuid. Ebastabiilsust ja tõrkeid võis esile kutsuda ebaühtlane materjali tükisus [7]. Töötlemata või pooltöödeldud põlevkivi sattus puistangusse ka generaatorite käivitamisel ja seiskamisel (erialainimeste suuline teave). Kõigele lisaks ei ole välistatud, et jäätmete hulka on puistatud muid põlevaid tahkeid osiseid, näiteks õlikoksi praaki jmt. See kõik tähendab, et poolkoksi puistangutes võib esineda suure termilise potentsiaaliga materjali kogumeid. Sellised ekstremaalsed materjalikogumid on lokaalsed ja nende paiknemise ennustamine on raske.

Puistamisel ja sellele järgnenud veega uhtmisel toimus materjali sorteerimine. Põlevkivi ja fosforiidi karjääride korrastamise praktikast on teada, et vaalude vahele moodustuvad kõrge veejuhtivusega mattunud kanalid. Kindlasti on see nii ka poolkoksipuistangute alal. Kui sellised kanalid ulatuvad põhjavee tasemest kõrgemale, toimivad nad õhukanalitena. Sellised lineaarsed moodustised võivad olla tekkinud puistangu telgede suunas. Samas, kui pikendati puistangumoodustajat (estakaadi, kõisteed), võisid suuretükilisest materjalist moodustuda puistangu teljega risti paiknevad lokaalsed moodustised. Puistangute moodustamine on toimunud seitsmekümne aasta jooksul. Hetkel ei ole ilma põhjaliku andmekaeveta [8] võimalik tuvastada põhjusi ega isegi loogikat, miks korrastatavate puistangute struktuur on just selline, nagu ta on. Ainukene, mida võib kaardimaterjali alusel väita, on et poolkoksi

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

puistangud lasuvad mineraalpinnasel ja põlevkivilasundit nende all ei ole. Välistatud ei ole oletusliku Kohtla-Järve rikkevööndile kaasnev karst.

Suure määramatuse tõttu ei ole termilise potentsiaaliga materjalikogumite paiknemine ega maht tuvastatavad ega ennustatavad. Põlevkivijääkide termilisele stabiilsusele ei tule kasuks ka orgaanilise aine (kerogeeni) ja utmisel tekkiva õli (tõrva) kõrge hapnikusisaldus. Võib oletada, et pikaajalisel lagunemisel võib see asjaolu pikendada termilist protsessi ilma välise hapnikuta.

Esialgne järeldus – kuna pole teada, kui mahukas on materjali siirdamisel avastatud kuumenemiskolle ja milline on tema soojuslik potentsiaal ning on teada, et selle avamine ergutab protsessi, siis tuleb edasises kasutada erimeetmeid.

Kivisöe kaevanduse tulekahjud on tekkinud looduslikes kivisöe kihtides ja paljandunud kihtides, samuti söe ladustamise ja jäätmete ladestamise paikades [5]. Suurimad ja vanimad kaevanduse tulekahjud on aset leidnud Hiinas, USA-s ja Indias [10]. Söepõlengud viivad väärtusliku kivisöeressurssi kadumiseni, põlengud emiteerivad kasvuhoo- ja mürgised gaase, halveneb taimestiku seisundi ja kogu elukeskkond [5]. Meetodid, millega saab võidelda söekaevanduse tulekahjude vastu on pulbi ja tuha injektatsioon, pinna ja tunneli katmine, vee ja vahutehnoloogia [10].

Mäenduse praktikas esineb puistematerjali maa-alust põlemist kui ka allmaapõlenguid kõige sagedamini pruunsöe, aga ka kivisöe ning sulfiidse maagi kaevandamisel. Kuumenevad ja süttivad nii karjäärid kui ka laod ja puistangud. Kõige tõhusam vahend allmaa- ja maa- aluse tulekahjuga võitlemisel on kollete isoleerimine ja täitmine inertse tarduva materjaliga. Antud juhul, VKG vanades jäätmepuistangutes, võiks võitlus maa-aluse põlenguga toimude tarduva täitematerjali kasutamisega, tehes seda kolmes etapis:

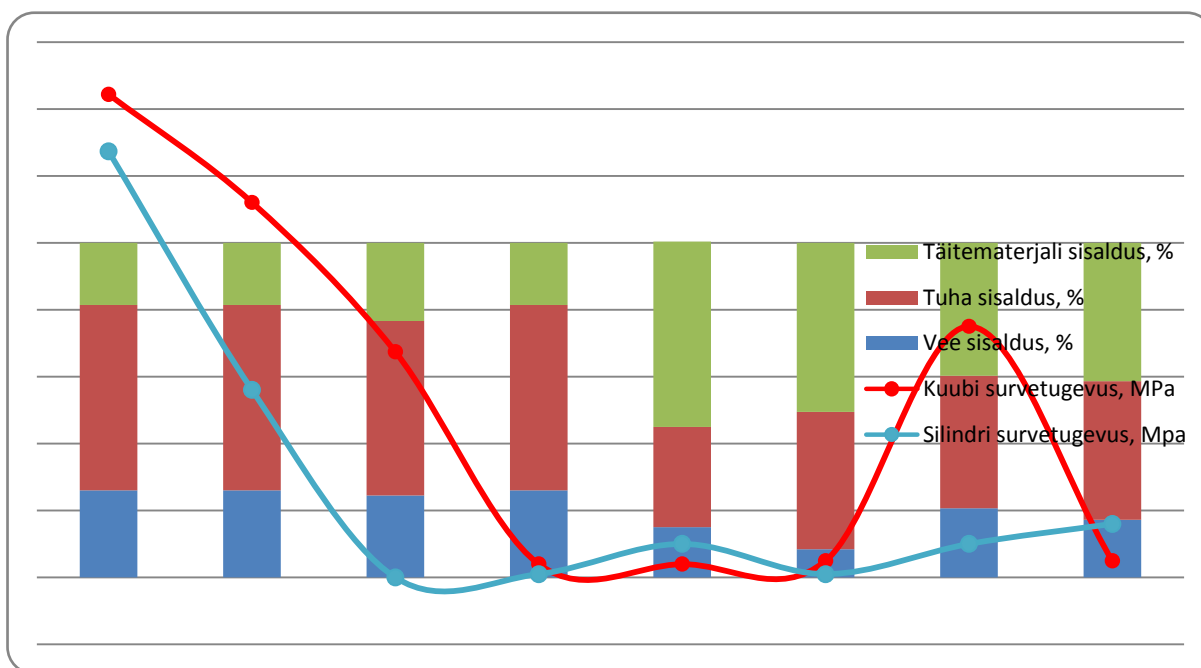
- 1) kolde piiritlemine järjest läheneva geotehnilise puurimisega
- 2) täitesegu süstimine (injekteerimine) võimalikesse õhukanalitesse ja lõhelisse tsooni õhu juurdepääsu tõkestamiseks
- 3) kuumade tühemike täitmine tarduva seguga protsessi jahutamiseks ja ala stabiliseerimiseks.

Selle töö tulemusel peaks protsess häabuma nii õhu juurdevoolu vähenemise kui ka kuumenemiskolde jahutamise toimetel. Teised võimalikud meetmed, nagu kolde jahutamine veega, tühemike varistamine õhkimisega või isegi sulundseina rammimine puistangusse soovitamiseks ei ole piisavat alust. Teatavasti ei andnud tulemusi 1988. a süttinud Kukruse aherainemäe veega jahutamine. Õhkimine, isegi kui saadaks luba lõhketöö teostamiseks töötava tehase vahetus läheduses paikneva kuuma ja teadmata koostisega gaase eritavas materjalis, ainul suurendab hapniku juurdepääsu hõõgumiskolletele ja võib tekitada uusi. Sulundseina rammimine kuiva, kivistunud poolkoksi ei tundu olevat võimalik.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Tarduvaks seguks oleks meie arvates kõige käepärasema materjali – VKG tahke soojuskandjaga utteseadme tahke jäägi pulp. Seejuures parima tulemuse annab tardudes paisuv segu. TTÜ mäeinstituudis tehtud laboratoorsete katsete alusel leiti, et suure tuhasisaldusega katsekehad paisusid kuivades tingimustes 2-3% ja märgades oludes 10-12%. Katsetatud segude koostis ja saadud katsekehade survetugevused on näidatud Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevus. Katsekehade survetugevus leiti pärast seitse ööpäeva kestnud tardumist. Katsesegud, mille veesisaldus üle 20% mahumassist olid väga voolavad, mis hõlbustab nende süstimist tulekoldesse ja jahutab ka põlengu kaugemaid tsoone. Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevustoodud segu 7 on tehtud 1990. aasta katsetulemuste põhjal, 50% täitematerjali, 50% tuhka ja 17% vett Tabel 6-1. Segu on voolav ning sobib põlemiskollete täitmiseks [1].

Uuringud on näidanud et Eestis sobib kaevanduste täitmiseks segu, mis koosneb põlevkivituhast ja liivast (flotoliiv, paekiviiliiv) [2].



Joonis 6-1 Segude koostis ja katsekehade survetugevus

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja projektiga, AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvalade alused, VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

1. Adamson, A. (1990) Отчет исследование вариантов управления горным давлением с закладкой выработанного пространства отходами промышленности. АМ – 8017/2. Tallinn (lk 18)
2. Adamson, A, Reinsalu E., Juuse, L., Valgma, I. (2007). Sustainable phosphate rock mining
3. Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKK), 2003. Poolkoksi keskkonnaohtlikkuse määramine. Aruanne, 85 lk.
4. K Koitmets, E Reinsalu, I Valgma. (2003) Precision of oil shale energy rating and oil shale resources.
5. Kuenzer, C., Stracher, GB. (2012) Geomorphology of coal seam fires. GEOMORPHOLOGY. Germany
6. Puura, E., Neretnieks, I., Kirismäe, K. (1999) Atmospheric oxidation of the pyritic waste rock in Maardu, Estonia. 1 field study and modelling. Environmental Geology, Vol 39, No. 1
7. Põlevkivist nostalgiliselt 7. (22.04.2012).
http://maavara.blogspot.com/2011/11/polevkivist-nostalgiliselt_27.html
8. Reinsalu, E. (2005). Oil Shale industry in Estonia at a crossroads
9. Reinsalu, E. Valgma, I. 2007. Oil shale resources for oil production, Oil shale, Vol. 24, No. 1 pp. 9–14
10. Stracher, GB., Taylor TP., (2004). Coal fires burning out of control around the world: thermodynamic recipe for environmental catastrophe. International Journal of Coal Geology. USA
11. Toomik, A., Liblik V., (2008). Oil shale mining and processing impact on landscapes in north-east Estonia. Landscape and Urban Planning
12. Valgma, I. (2003). Estonian oilshale resources calculated by GIS method.
13. Valgma, I., Karu V., Viil, A., Lohk, M.,(2007). Oil Shale Mining Developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. Doctoral school of energy- and geo-technology. Estonian Academy Publishers
14. Vali, E. Valgma, I. Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale
15. Veski. R. 2005. The volumes of spent oil shale from Estonian oil-shale processing units in 1921–2002 Oil Shale, 2005, Vol. 22, No. 3.Pp. 345-357.

Lisa. Illustratsioonid



X 683157; Y 6587606

Joonis 6-2 Avanenud kuumenemiskolle



Joonis 6-3 2012. 8. 05 vaatluse kaart. Punane joon – marsruut, punased täpid – objektid, sinised täpid – geotehnilise uuringu puuraukugud, kus oli mõõdetud temperatuuri.



Joonis 6-4 Põlevkivi näidised Kohtla-Järve poolkoksimaelt [13].

Tabel 6-1 Segude koostised.

Segud	Vee sisaldus, %	Tuha sisaldus, %	Täitematerjali sisaldus, %	Kuubi survetugevus, MPa	Silindri survetugevus, MPa
segu 1	26%	55%	19%	1,444	1,27
segu 2	26%	55%	19%	1,121	0,5605
segu 3	24%	52%	23%	0,6745	0
segu 4	26%	55%	19%	0	0
segu 5	9%	45%	55%	0	0,4
segu 6	8%	41%	51%	0,13	0,0001
segu 7	21%	40%	40%	0,7505	0,52
segu 8	17%	41%	41%	0,05	0,16

7. Põlevkivi aheraine kasutamise ja ümbertöötlemise võimalused

Raili Kukk

Kaevandamise käigus võetakse esmalt kasutusele parim osa ja alles jääb see, mida ei saa või ei ole otstarbekas kasutusele võtta. Nii on tekkinud põlevkivi aheraine mäed, lubjakivi sõelmemäed ja paljud teised kaevandamise jääkide ja jäätmete mäed [1]. Igas tootmisetapis tekib jääke ja jäätmeid ning nende vähendamine on üldiseks eesmärgiks. Käesolev artikkel sisaldab järgnevaid teemasid: põlevkivi kaevandamisel tekkivad jäägid ja jäätmed, aheraine kasutamise, rikastamise ja ümbertöötlemise võimalused. Artikli eesmärk on käsitleda varasemaid uuringuid ja tuleviku perspektiive eelnevatel teemadel.

Põlevkivi kaevandamisega seotud varasemaid uuringuid on palju. Uurimustööd saavad olla kas teadusuuringud või praktilise rakendusega uuringud. Järgnevalt on toodud vaid üks osa Mäeinstituudi uuringutest, mis on seotud põlevkivi kasutamise võimalustega, jäätmete vähendamisega, rikastamisega ja kaevanduste täitmisega.

Kaevandamise käigus tekkivate jäätmete vähendamisega on seotud uuring „K-21-1-2005/2727 - Keskkonnastrateegia. Osa „Loodusvarade säästlik kasutamine ja jäätmetekke vähendamine“ – 2006. aastal. Rikastamise tehnoloogiat käsitleb 2010. aasta uuring „Lep10083 - Allmaa kuivrikastamise tehnoloogia valik“.

Põlevkivi, kaasnevate maavarade ja kaevandatud alade kasutamist käsitlevad järgnevad uuringud: „Lep024 - Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks“ - 1991. aastal; „G5913 - Kaevandatud alade kasutamine“ – 2006. aastal; „LMIN10094 - Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumite alusel“ – 2010. aastal.

Varasemad kaeveõõnte täitmise alased uuringud on: „AM-106 - Kaevandatud ala täitmisega kaevandamise tehnoloogia ja majanduslikkuse hinnang“ – 1991. aastal; „BF80 - Taotluse ettevalmistamine Euroopa Sõe ja Terase Uurimisfondi uurimisprojektiks. Põlevkivituha ja aheraine segust valmistatud täitematerjaliga kaevanduste täitmise katsetööd seoses CO₂ vähendamise nõuetega“ – 2008. aastal; „Lep9090 - Kaevanduste täitmise alased uuringud“ - 2009. aastal [17].

Maavara kaevandamisel tekivad jäägid (Tabel 7-1. Eesti maavarade toodang ja tekkivad jäägid [13]). Peamisteks jääkideks Eestis on sõelmed ja aheraine, millel puudub turg.

Tabel 7-1. Eesti maavarade toodang ja tekkivad jäägid [13]

Maavara	Toodang	Jääk
Põlevkivi	Purustatud põlevkivi	Aheraine (põlevkivi ja lubjakivi), sõelmed (0/4 mm)
Lubjakivi, dolokivi	Killustik	Sõelmed (0/4 mm)
Kruus	Kruuskillustik, kruus	Sõelmed (0/4 mm)
Savi	Savi	-
Liiv	Liiv	Tolm (0/0,0063 mm)
Turvas	Brikett, freesturvas	-

Põlevkivi rikastamisel ja töötlemisel tekkivad jäägid ja jäätmed on põlevkivi aheraine ja põlevkivi tuhk [2]. Aheraine on maavarale kaasnev kivim, mis ei sisalda või sisaldab liiga vähe kasulikku maavara [3]. Põlevkivi aheraine koosneb madalakvaliteedilisest lubjakivist ja põlevkivist. Põlevkivi rikastamise alla kuulub põlevkivi sõelumine, rikastamine ja valikpurustamine. Näiteks põlevkivi hiib kuulub põlevkivi aheraine hulka. Peamiselt koosneb see põlevkivist ja merglist, veidi liivast ja savist. Aheraine koostis sõltub rikastusvabriku protsesside efektiivsusest. Aheraine fraktsioonid on 25/100 ja 100/300 mm [14].

Ka soovimatu peenmaterjal, mis tekib purustamise ja sõelumise käigus killustiku tootmisel kuulub aheraine hulka (fraktsioon 0/4 mm) [4].

Põlevkivi toorme kasutamisel on välja arenenud kolm suunda:

- põletamine energeetilise kütusena;
- terminiline töötlemine õli ja gaasi tootmiseks;
- põlevkivi mineraalosa kasutamine [5].

Ka põlevkivi aheraine võib osutada kasulikuks toormeks, mille kasutamine on ökonoomselt otstarbekas. Põlevkivi aherainet kasutatakse erinevatel eesmärkidel. Näiteks põlevkivi aheraine ja tuha pulbi üheks ümbertöötlemise võimaluseks on toota mineraalkiudu [6].

Põlevkivi aheraine kasutamisevõimalused määrab ära täitematerjali külmakindlus. Madal külma- ja purunemiskindlus on täitematerjalide peamiseks probleemideks, mis on põhjustatud nõrkade põlevkivitükkide sisaldusest lubjakivis. Kvaliteetse täitematerjali tootmiseks aherainest on vaja leida lahendus põlevkiviosakeste eemaldamiseks selle seest. A/B ja C/D kihtide põlevkivi jääke on võimalik kasutada ehitustegevuseks ning ülejäänud kihte kaeveõõnte täitmiseks [7].

Kaevandamise tootmisjääke on maailmas kasutatud ka täitesegude valmistamiseks. Näiteid võib tuua mh. Lõuna-Aafrikast [8], Poolast, Prantsusmaalt, Saksamaalt, Soomest, Belgiast ja Iirimaalt [2]. Eestis alustati põlevkivikaevanduste tardsegudega täitmise tehnoloogia uuringuid 1980-ndatel aastatel [9]. Eestis saab kasutada täitmise täitematerjalideks

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

elektrijaamade tuhka ja lubjakivi. Kaevandused, mis on täidetud kaeveõõne täitmise tehnoloogiaga, tagavad maapinna püsivuse, maavara kadude vähendamise kuni 30% ja CO₂ vähenemise. Kaeveõõnte täitmise tulemusena vähenevad ka keskkonnatasud kui tuhka ja aherainet ei ladustata enam maa peal [2].

Peale ehitusmaterjalide tootmise ja kaeveõõnte täitmise üheks lahenduseks võimalik kasutada põlevkivi rikastamise jääke tehismaastikku spordirajatiste ehitamiseks [15]. Näitena võib tuua Kiviõli keemiatööstuse endise poolkoksi mäe, mille mäeküljed on haljastatud ja mille põhjanõlvadele on rajatud mäesuusarajad [10].

Levinumad põlevkivi rikastamise viisid on floteerimine, separeerimine, sortimine ja kontsentreerimine. Rikastamisel kasutatakse ära kivimite ja mineraalide erinevaid omadusi ning kaevise fraktsioonide erinevust. Omadused, mille järgi võib materjale eristada, on magnetilisus, tihedus, tugevus, märguvus, osiste kuju ning elektrijuhtivus [11]. Põlevkivi rikastamiseks sobivad järgmised seadmeid:

- tsüklonid;
- löökpurustid (kivi-vastu-kivi meetod);
- sõelkopp-purustid;
- rootorpurustid [16].

Põlevkivi kaevandamine ja sellega kaasnevate jäätmete teke jätkub. Seetõttu on põlevkivi jäätmete kasutamise alaste uuringute jätkumine vajalik. Järgneva kolme aasta uuringud Mäeinstituudis seotud teemadega on: „ETF8123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses“ - 2013. aastal; „VIR491 - MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas“ – 2013. aastal; „AR10127 - Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused „ – 2014. aastal; „AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – 2015. aastal [17].



Joonis 7-1 Põlevkivi aheraine ümbertöötlemise katsetööd

Kokkuvõtte

Põlevkivi rikastamisel Eestis tekkib kahte sorti jäätmeid – lubjakivi sõelmed ja põlevkivi aheraine. Tekkivaid jääke on võimalik kasutada vastavalt materjali tugevusele ja külmakindlusele erinevatel eesmärkidel. Potentsiaalsed kasutusala on näiteks teedeehitus, ehitusmaterjalid ja kaeveõõnte täitmine.

Kui alles hiljuti peeti põlevkivi kaevandamist ja tarbimist parem Eesti eripäraks, on praeguseks suurenenud globaalne huvi põlevkivi ressursside vastu. Põlevkivi varusid võib leida üle kogu maailma ja teada on rohkem kui 600 leiukohta, varudena üle 500 miljardi tonni [12]. Sellega on oodata, et põlevkivi kaevandamise ja aheraine kasutamise võimaluste alased uuringud hakkavad omama samuti globaalset tähtsust.

Antud töö on seotud järgmiste Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 –MIN-NOVATION- Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused ja AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Leiaru, M.; Kukk, R.; Karu, V. (2011). Eestimaa ressursid - Schola Geologica VII meened esinejatele. Verš, E.; Preeden, U.; Lang, L. (Toim.). *Maa ressursid. Schola Geologica VII* (117 - 121). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
2. Pastarus, J. (2010). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. Tallinn: Mäeinstituut.
3. Valgma, I., Västrik, A. (2006). Põlevkivi kaevandamise võimalikud tehnoloogiad. Kogumikus I. Valgma (toim.), *90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis* (30-41). Tallinn: Infotrükk.
4. Tohver, T. (2011). Utilization of Waste Rock from Oil Shale Mining. Tallinn: TTÜ Kirjastus.
5. Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L. (2000). Eesti põlevkivi. Tallinn: Akadeemia Trükk.
6. Volokitin, G. G., Skrionikova, N. K., Volokitin, O. G., Volland, S. (2011). Technology for producing mineraal fibers by recycling ash-sludge and oil-shale wastes. *Glass and Ceramics, Vol. 68: lk. 239-241.*
7. Tohver, T. (2010). Utilization of waste rock from oil shale mining. *Oil Shale* 4(27): lk. 239-241.
8. Blight, G. (2010). The use of mine waste for backfilling of mining voids and as a construction material. *Geotechnical engineering for mine waste storage facilities*: lk. 571-629.
9. Pastarus, J., Valgma, I., Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. *Põlevkivimaa - Probleemid ja tulevik* (12-14). Tallinn.
10. Käiss, E. (2008). Põlevkivimaa tehismaastik kui võimalik tulevane geopark. *Põlevkivimaa- probleemid ja tulevik* (33-35). Tallinn.
11. Reinsalu, E. (2011). Eesti mäendus. Tallinn: TTÜ Kirjastus.
12. Siirde, A. (2009). Põlevkivid- nende kasutamine ja töötlemise tehnoloogiad. *Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja hariduse perspektiivid* (22-24). Kohtla-Järve: Infotrükk.
13. Mäeõpik [WWW] <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/eesti-maavarade-toodang-ja-tekkivad.html> (28.05.12)
14. Mäeõpik [WWW] <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/polevkivi-aheraine.html> (28.05.12)
15. Mäeõpik [WWW] <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/aheraine-kasutusvoimalused.html> (28.05.12)
16. Mäeõpik [WWW] <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/polevkivi-rikastusseadmed.html> (28.05.12)
17. Mäeinstituudi projektid [WWW] <http://mi.ttu.ee/projektid/> (23.05.2012)

8. Kaeveõõnte täitmine

Ingo Valgma, Vivika Väizene, Jüri-Rivaldo Pastarus

Täitmine on kaeveõõntesse aheraine või täitematerjali paigutamine. Täitmise eesmärk on maapinna säilitamine, tervikute stabiliseerimine (mäerõhu juhtimine) või kao vähendamine või vajadus paigutada materjal maa alla [6, 15, 23, 28]. Täitmisküsimuste selgitamine on Eesti Energiatehnoloogia Programmi üks võtmeküsimusi [1, 28, 29, 30].

Täitmise kulu moodustab 10...20% kaevandamise käidukulust. Kivistuva täitematerjali tsemendi kulu moodustab 75% täitmise kulust [11]. Kivistuva täitematerjali survetugevust mõõdetakse küll 28 päeva möödudes [17] kuid 90 päeva möödudes võib see olla 2 korda suurem [20]. Hüdrotäitmise korral saab täitematerjali peal mõne tunni pärast paigaldamist kõndida ja 24 tunni pärast masinatega sõita.

Peamised maavarad, mille kaevandamisel kasutatakse kaevanduste kaeveõõnte täitmist on kas kallid maavarad, ebapüsivad või ebapüsivas kõrvalkivimis paiknevad maavarad. Täitmise vajaduse põhjus võib olla ka näiteks keskkonnapoliitiline või vajadus materjali matta [14]. Mäendustingimuste ja kaevandamismahu seisukohalt on kõige olulisemad ja kõige rohkem täidetavad kaevandused kivisöekavandused. Kuna kivisüsi lasub settektivimina kihiliselt ja kihinditena, või kihindite kompleksidena, siis on täitmine säästliku kaevandamise ja maapõue stabiilsuse seisukohalt oluline [2, 21, 3]. Samuti on oluline kasutada nii lendtuhka, kui aherainet täitmiseks, et seda maapõue peita. Täitmine on kasutusel nii kamber- kui laavakaevandamise tehnoloogia korral. Kasutatakse hüdrotäitmist. Täitmisel on oluline roll vee reguleerimisel kaevanduses [7]. Samuti kauba kvaliteedijuhtimisel [8, 18, 19].

Teine oluline maavarade grupp on soolad. Soolamaardlad paiknevad tavaliselt kurrutatud kihtidena ja kasutatakse kas kamberkaevandamise või suurte kambritega kaevandamise tehnoloogiat. Kuna soolad on voolavad, vettkartvad ja samas inertsed ning sobilikud ohtlike jäätmete matmiseks, siis on soolakaevanduste täitmine levinud. Kasutatakse soolabetooni, mis valmistatakse soolakaevandamise aherainest, bentoniidist ja tarduvainest. Kasutatakse hüdrotäitmist, kusjuures täitesegu on pasta, mitte vedeliku kujul.

Kolmas oluline maavarade rühm on maagikehadena või soontena lasuvad maagid. Maakide kaevandamiseks kasutatakse kamberkaevandamist [30]. Kambrite ja tervikute püsivuse tagamiseks täidetakse need kaevandamisprotsessi käigus. Tavaliselt kasutatakse aherainet ja tsementeerivaid aineid vaja ei lähe. Kasutatakse puistetäitmist.

Plokikivi kaevandamisel või sarnaste tingimuste korral selektiivse kaevandamise tehnoloogia korral [24] kasutatakse osalist täitmist täiteriitadega ja puistetäitmisega, kasutatakse aherainet.

Hinnanguliselt täidetakse suurfirmades $\frac{3}{4}$ kaevandustest ja ülejäänutes $\frac{1}{4}$ kaeveõõntest.

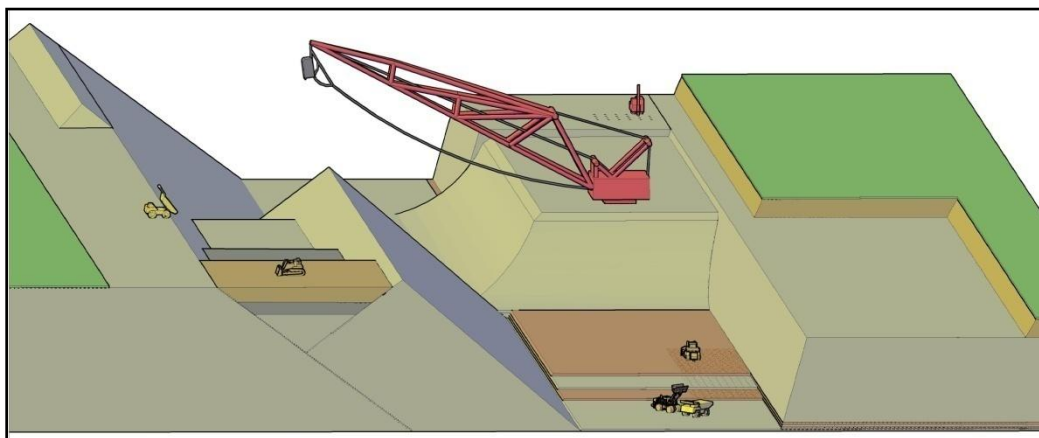
Üks võimalus lisaks allmaakaevanduste täitmisele on karjääri kaeveõõnte või puistangutevahelise ruumi täitmine. Põlevkivikarjääri korral pole sel juhul vaja hõivata täiendavaid alasid tuha ladustamiseks. Tuhk transporditakse lattu hüdrotranspordiga. Tuhka transportiv vesi on ringluses suletud süsteemis. Pärast lao täitumist kaetakse lao pind kasvupinnaga (katendi soosetete ja kvaternaari seguga). Nii korrastatakse ala metsa kasvatamiseks. Ühe korraga korrastatud alad: karjäär ja seda kattev tuhaladu. Sel juhul võib

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

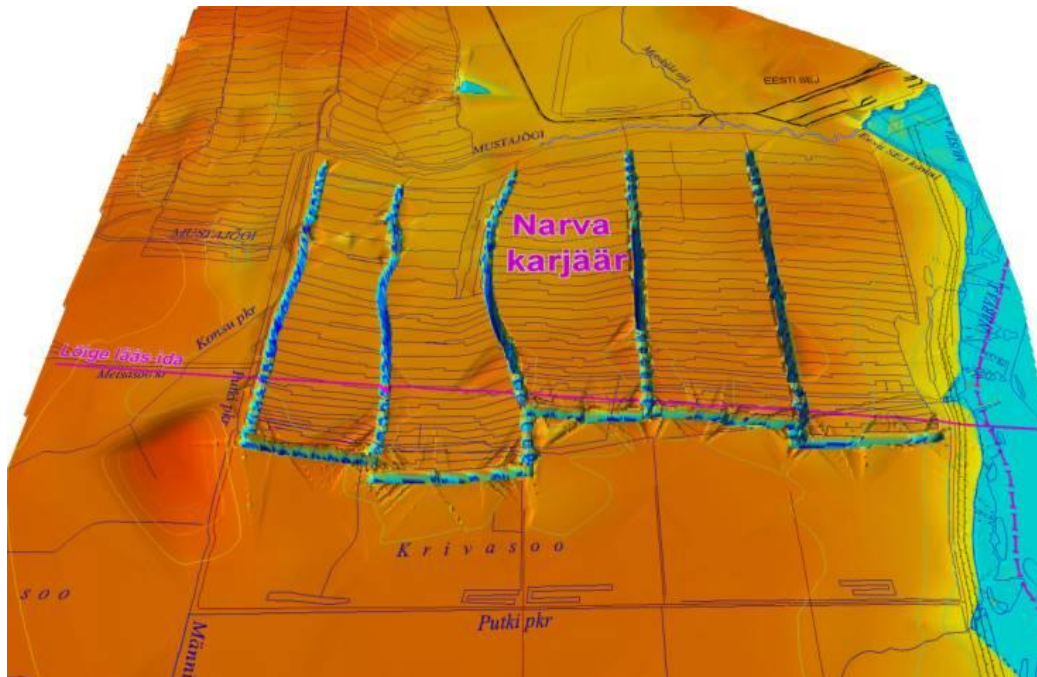
saada probleemiks tuha transpordi torustiku hooldamine ja probleemid külmal ajal. Kui ladustada tuhk (matta tuhk) karjääri sisepuistangute harjade vahele, siis pole vaja hõivata täiendavaid alasid tuha ladustamiseks (Joonis 8-1 Vaalkaevandamise skeem, Joonis 8-3 Karjääri täitmisskeemi näide). Väheneb karjääri korrastamistöde maht ja jääb ära tuha ladustamise probleem. Puistangu harjade tipus olev pinnas (mis koosneb soosetete ja kvaternaari segust) sobib tuha katmiseks. Puistangu harja tipud lükatakse buldooseriga tuhale. Kaevandatud ala korrastatakse metsa kasvatamiseks (Joonis 8-2 Narva karjääri tranšeede kõrgusmudel). Võiks segada õlituhka koldetuhaga. Tuhaga täidetud aladele võib anda ka muu kasutusala: puhkemaastik, sõjaväe õppeväljak jm [12].

Puistangute stabiliseerimine tuhaga võib suurendada ka katendi tehnoloogilist piirapaksust [4].

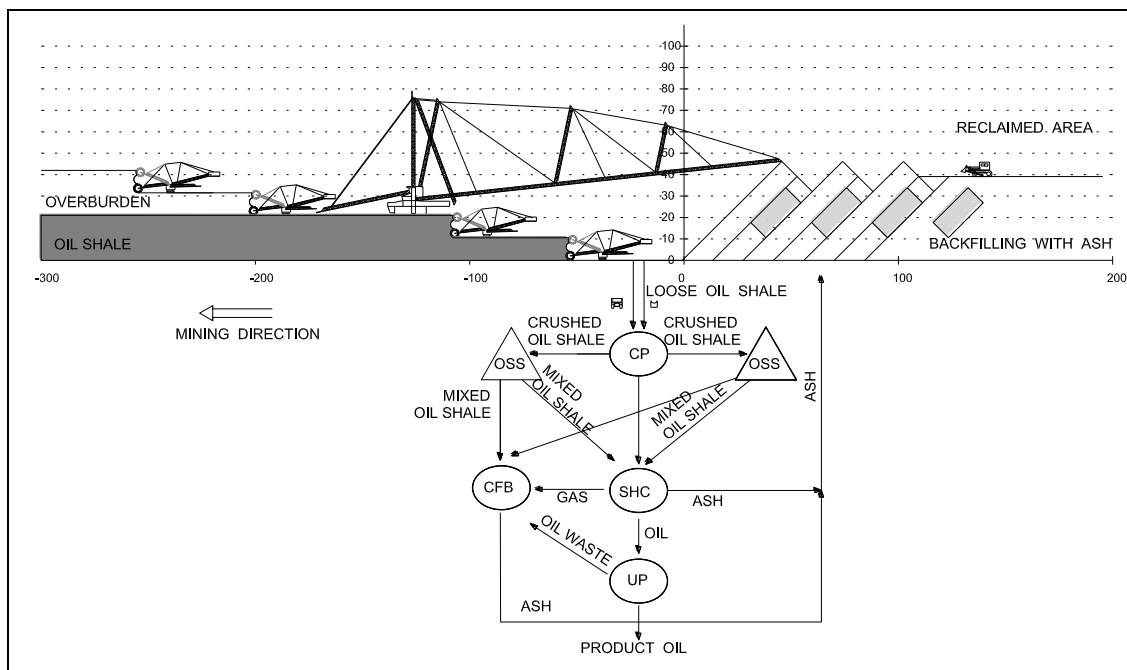
Tuhka võib transportida tsükliliselt kalluritega või liigendkalluritega. Sel juhul kaasneb teede ehitamise vajadus. Pidevtranspordiks sobib hüdrotransport ja konveiertransport. See sobib suurte transportvoogude jaoks. Hüdrotransport sobib tuha transpordiks tuha lattu. Konveiertransport sobib iga juhu jaoks. Hüdrotransport ei sobi tuha transpordiks sisepuistangutesse. Pole võimalik kasutada vett ringluses. Vastasel juhul on vee reostamise oht [7, 27]. Uurimist vajab õlivabriku tuha ladustamine SEJ tuha peale selle segamiseks soosetete ja kvaternaari seguga. Kiviõli õlithase tuhaga tehtud katsed näitasid, et puude juurdekasv oli sellise segu sees kiirem [5].



Joonis 8-1 Vaalkaevandamise skeem



Joonis 8-2 Narva karjääri tranšeede kõrgusmodel



Joonis 8-3 Karjääri täitmisskeemi näide

Aastatel 1980...1985 viidi Eestis läbi esimesed rakenduslikud täitmisalased uuringud [29], mille põhieesmärkideks oli maapinna püsivuse säilitamine, põlevkivikadude vähendamine ja tootmisjäätmete/jäätmete ohutu kasutamine. Nendes uuringutes osalesid Tallinna

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

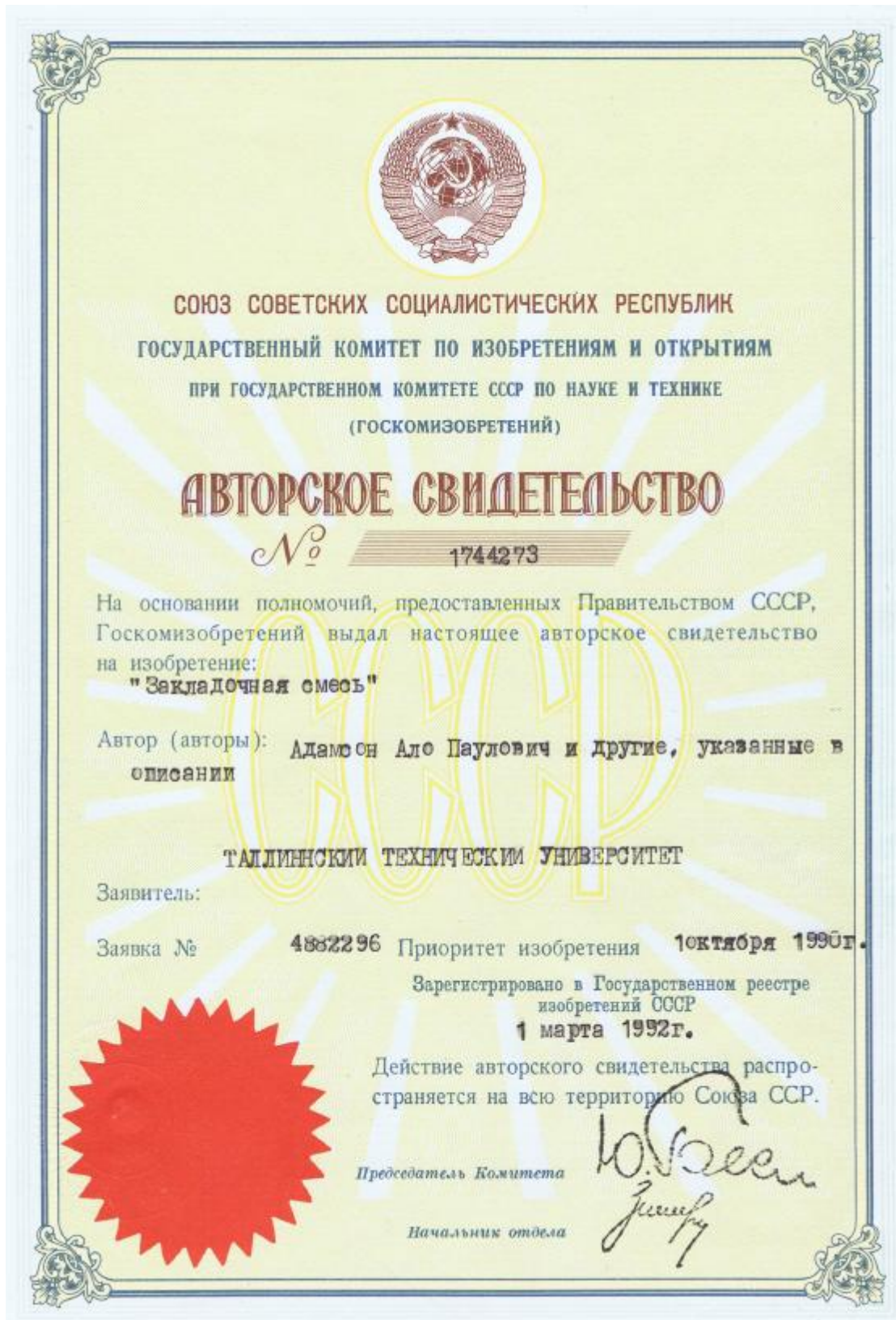
Tehnikaülikooli mäeinstituut, EE Kaevandused AS, Skotšinski nim. Mäendusinstituut jt [10, 9, 16, 26]. Saadi kolm autoritunnistust (Joonis 8-4 Kaevanduste täitmise täitesegu autoritunnistus, Joonis 8-5 Joonis 8-6 Kaevanduse täitesegu autoritunnistus) ja üks patent (Joonis 8-7 Patent kaeveõõnte täitmisest kihtmaardlates). Eksperimendid kaevandustes ja laboratoorsetes tingimustes näitasid, et täitmise tehnoloogia on kasutatav allmaakaevandamisel [13, 22, 26].



Joonis 8-4 Kaevanduste täitmise täitesegu autoritunnistus



Joonis 8-5 Keerulistes tingimustes kaevandamise autoritunnistus



Joonis 8-6 Kaevanduse täitesegu autoritunnistus

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(РОСПАТЕНТ)

ПАТЕНТ

N 201796 I

на ИЗОБРЕТЕНИЕ:
"Способ разработки полостого пласта полезного ископаемого"

Патентообладатель(ли): Юркевич Георгий Францевич, Адамсон Ало Паулович и Гайчук Виктор Иванович

Страна:

Автор (авторы): они же

Приоритет изобретения 31 января 1990г.

Дата поступления заявки в Роспатент 31 января 1990г.

Заявка N 4818576

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений 15 августа 1994г.

 ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА 

Joonis 8-7 Patent kaevõõnte täitmise kihtmaardlates

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, AR10127 Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused, ETF8123 Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses, VIR491 - MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. Energiatehnoloogia programmi teemaveeb: mi.ttu.ee/etp [26.05.2012]
2. Guo, GL (Guo Guang-li)^{1,2}; Feng, WK (Feng Wen-kai)³; Zha, JF (Zha Jian-feng)^{1,2,3}; Liu, YX (Liu Yuan-xu)^{1,2}; Wang, Q (Wang Qiang)^{1,2}. Subsidence control and farmland conservation by solid backfilling mining technology. Source: TRANSACTIONS OF NONFERROUS METALS SOCIETY OF CHINA Volume: 21 Supplement: 3 Pages: S665-S669 Published: DEC 2011
3. Huang, YL (Huang, Yanli)^{1,2}; Zhang, JX (Zhang, Jixiong)^{1,2}; Zhang, Q (Zhang, Qiang)^{1,2}; Nie, SJ (Nie, Shoujiang)^{1,2}. BACKFILLING TECHNOLOGY OF SUBSTITUTING WASTE AND FLY ASH FOR COAL UNDERGROUND IN CHINA COAL MINING AREA. Source: ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL Volume: 10 Issue: 6 Pages: 769-775 Published: JUN 2011
4. Ingo Valgma, Magistritöö, 1996, Põlevkivikarjääri katendi tehnoloogilise piirpaksuse hindamine draglainide kasutamisel, Tallinna Tehnikaülikool, Energeetikateaduskond, Mäeinstituut
5. Kaevanduste täitmise teemaline Mäeinstituudi teemaveeb mi.ttu.ee/taitmine [26.05.2012]
6. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
7. Karu, V.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Kaevandusvee kasutamise potentsiaal sooja tootmiseks. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (84 - 94). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
8. Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. Lep7038AK, TTÜ Mäeinstituut 2008
9. Mäeinstituudi artiklite nimestik mi.ttu.ee/artiklid [26.05.2012]
10. Mäeinstituudi projektide nimestik mi.ttu.ee/projektid [26.05.2012]
11. Mäeõpik. mi.ttu.ee/opik [26.05.2012] . Mäeinstituut 2012
12. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. Aprillikonverentsi kogumik. EGK 2008

13. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
14. Pastarus, J.-R.; Väli, E.; Lohk, M. (2009). Backfill technology - challenge for Estonian oil shale industry. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
15. Pastarus, J.-R.; Adamson, A.; Nikitin, O.; Lohk, M. (2010). Tagasitäitmise kaevandamistehnoloogia kontseptsioon. Maapõue kasutamise arengud (29 - 32). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
16. Pototski, A.; Pastarus, J.-R. (2011). Вторичное использование сланцевой золы. Проблемы недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Институт, 191, 180 - 182.
17. Raado, L.-M.; Tuisk, T.; Rosenberg, M.; Hain, T. (2011). Durability behavior of Portland burnt oil shale cement concrete. Oil Shale, 28(4), 507 - 515.
18. Sabanov, S.; Pastarus, J.-R.; Šestakova, J. (2009). Закладка выработанного пространства в условиях Эстонских сланцевых шахт. Проблемы Недропользования. Записки Горного Института., 60 - 63.
19. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2011). Veesisalduse mõju killustiku filtratsiooni parameetritele. I. Valgma (Toim.). Kaevandamine ja vesi (89 - 101). Tallinn: Tallinn, Eesti Mäeselts: Tallinna Tehnikaülikool
20. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2011). Характер разрушения закладочных массивов. Проблемы Недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Инс, 191, 189 - 190.
21. Zha, JF (Zha Jian-feng)1,2,3; Guo, GL (Guo Guang-li)1,2; Feng, WK (Feng Wen-kai)3; Qiang, W (Qiang, Wang)1,2. Mining subsidence control by solid backfilling under buildings. Source: TRANSACTIONS OF NONFERROUS METALS SOCIETY OF CHINA Volume: 21 Supplement: 3 Pages: S670-S674 Published: DEC 2011
22. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
23. Valgma, I., Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriik, A. 2008. Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Ed.). Schacht, Strecke und Tunnel (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie.
24. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

25. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
26. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
27. Valgma, I.; Robam, K.; Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Otsmaa, M. (2010). Potential of underground minewater in Estonian oil shale mining region. Lahtmets, R (Toim.). 9th International Symposium Pärnu 2010 “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology II”, Pärnu, Estonia, June 14 - 19, 2010 (63 - 68). Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi selts
28. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
29. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
30. Väizene, V. (2009). Piiritu graniidimassiiv sügavustes. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 5. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (120 - 124). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts

9. Kaevandamisjätmetest valmistatud täitesegu katsetamine

Maris Leiaru

Maapõu koosneb erinevatest maavaradest, mida inimkond on kaevandanud ja kasutanud juba sajandeid, Eestis on arvele võetud 12, bilansiliselt peetakse ülevaadet aga 18 maavaral [8]. Üheks tähtsamaks maavaraks loetakse Eestis põlevkivi, mida on kaevandatud peamiselt elektrienergia tootmiseks enam kui 90.aastat. Eestis leidub kahte liiki põlevkivi: diktüoneemaargilliit ja kukersiit. Diktüoneemaargilliidis on madal orgaanika sisaldus varieerudes 10 – 20% vahel [24].

Põlevkivi kaevandamist alustati 1916. aastal, alguses kaevandati karjäärides, hiljem 1922. aastal liiguti maa alla. Kamberkaevandamise tehnoloogia võeti kasutusse 1960.aastatel [22]. Põlevkivi kaevandamisel tekivad suured kaod nii kaevandamise kui rikastamise käigus, mis on kujunenud tõsiseks probleemiks [21] ja millele otsitakse lahendust. Aastate jooksul põlevkivi kaevandamise ja töötlemise käigus tekkinud jäätmed on kuhjatud aherainemägedesse ehk jäätmehoidlatesse, hinnanguliselt on neisse ladestatud kuni 200 miljonit tonni aherainet. Täna paiknevad kuhjatud aherainemäed mitmete ettevõtete ja omavalitsuste territooriumitel [3].

Põlevkivi otsepõletamisel tekkivat põlevkivituhka saab edukalt taaskasutada, see on väärtuslik side – ja täiteaine. Kasutamist leiab praegu ennekõike lendtuhk, mis püütakse kinni tsüklonites ja elektrifiltrites [18]. Kõige peenem püütakse kinni elektrifiltritega, veidi jämedam jääb tsüklonitesse ja kõige jämedam tuleb eemaldada kolletest. Koldetuhaga pole senini midagi ette võtta suudetud [17].

Lisaks põlevkivi kaevandamisel tekkivatele jäätmetele, on põlevkivi kaevandamisega kaasnev probleem kaevandamissügavus. Estonia kaevanduse tingimustes on praegusel kaevandamissügavus hetkel 60 m. Probleemi lahendamiseks on läbi viidud uuringud kamberkaevandamise tehnoloogia kriitilise sügavuse määramiseks, kus ta oleks veel ökonoomne ja maavara kaod minimaalsed Arvutused näitasid, et sügavusel 60 m on kaod tervikutes ~30 % , sügavamale minnes kaod suurenevad Seega on jõutud juba kriitilise piirini. Kasutatav sammastervikutega kamberkaevandamise tehnoloogia ei ole nendes tingimustes efektiivne ning tstarbekas on välja töötada optimaalsed kaevandamissüsteemid. Üheks perspektiivsemaks variandiks on kaeveõõne täitmise tehnoloogia kasutamine [15]

Kasutades põlevkivituhka ja aherainet kaevanduse täitematerjaliks, väheneks ohtlike ainete maapinnale ladustamise maht ja pindala ning sellega seoses hoiaks ettevõtte kokku keskkonnatasude eest makstavate tasude pealt. Kaevanduste täitmise tehnoloogiat on kasutatud näiteks Poola Wieliczka soolakaevanduses [14,12]. Täitmise tehnoloogia väljatöötamine suurendaks kaevandamise ohutust ja altkaevandatud alade maapinna püsivust

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

ning lahendaks tootmisjääkide ja – jäätmete ladustamise probleeme. Täitmisega kaevandamine põhineb säästliku kaevandamise tingimustel [2, 23, 5].

Kaeveõõnte tardsegudega täitmise tehnoloogia uuringuid alustati 1980-ndatel aastatel, milles osalesid TTÜ mäeinstituut, Eesti Põlevkivi, Škotsinski nim. Mäendusinstituudi Filiaal Kohtla-Järvel, NIPI Silikaatbetooni instituut jne. Praktiliseks väljundiks oli Kiviõli kaevanduse sulgemine, kus täideti 30000 m³ kaeveõõsi maapealsete objektide kaitseks. Seega Eestil on olemas kogemused ja kompetents selles valdkonnas [14]. Tulemused kinnitasid tardsegude kasutamise võimalust ja otstarbekust allmaatehnoloogias. Väljatöötatud tehnoloogia arengut ja evitamist pidurdas vastava tehnika puudumine ja majanduslik otstarbekus. Tänapäeval on olukord kardinaalselt muutunud. On tekkinud nii majanduslik huvi kui ka vastavad tehnoloogilised lahendused [13]. Täitmise tehnoloogia rakendamisel kaevandustes on suur positiivne mõju Eesti põlevkivitööstusele, sest võimaldab kokku hoida kuni 30 - 40 % varudest [15]

Mäeinstituudis katsetati kaevandamise jäätmest valmistatud katsekehade survetugevusi, mille põhjal saab edasi arendada edasisi katseid põlevkivituha ja aherainega.

Katsetööde eesmärgiks oli leida sobivaim segu ehk suurima survetugevusega katsekeha segu. Segu koostamise aluseks on võetud ehitusinstituudi poolt koostatud katsekehade aruande tulemused [20] ja 1990. aasta katsetööde tulemused [1]. Saadud survetugevus näitas valmistatud katsekeha kvaliteeti.

Ehitusinstituudi poolt teostatud katsetes saadi suurim survetugevus, kui segu koostises oli 75% tuhka 25% täitematerjali. 1990.aastatel tehtud tulemused näitasid parimat survetugevust kui koostises oli 50% tuhka 50% täitematerjali. Katsekehade valmistamisel ja katsetamisel lähtuti standardist EVS-EN 12390-2:2009 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 2: Tugevuskatse katsekehade valmistamine ja hoidmine [4].

Katsekehade valmistamiseks kasutati lubjakivikillustikku 8-16 mm, sideaine komponendina kasutati erinevaid põlevkivituhkasid: tsükloni -, elektrifiltri -, katlatuhk (vt Joonis 9-2 Kasutusel olevad põlevkivituhad [20]); ja segu segamiseks vett. Liiva (sõelmete) asendajana kasutati mõningates segudes katla – ja tsüklonituhka. Katsetööde ajal valmistati kokku 8 segu, millest sai valada 8 kuubikut ja 16 silindrit (millest 8 silindrit läksid punktkoormustesti katsetuseks). Segud nummerdati 1..8ni, kuubikud tähistati alati tähega C; silindrid A ja B-ga.

Katsekehade segud koostati põhimõttel, et kahel järjestikusel segul (1 ja 2; 3 ja 4; 5 ja 6; ning 7 ja 8) on samasuguste komponentidega ja protsendilise sisaldusega koostis. Ainuke vahe on see, et segud 1, 3, 5, 7 jäävad pärast vormist vabastamist õhu kätte seisma, teised (2, 4, 6, 8) vette.

Kõiki katsekehi katsetati survepressi abil seitsme päeva vanuselt. Enne kui sai hakata määrama survetugevust, tuli katsetatav katsekeha kaaluda ja mõõta külgede pikkused. Kuna

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

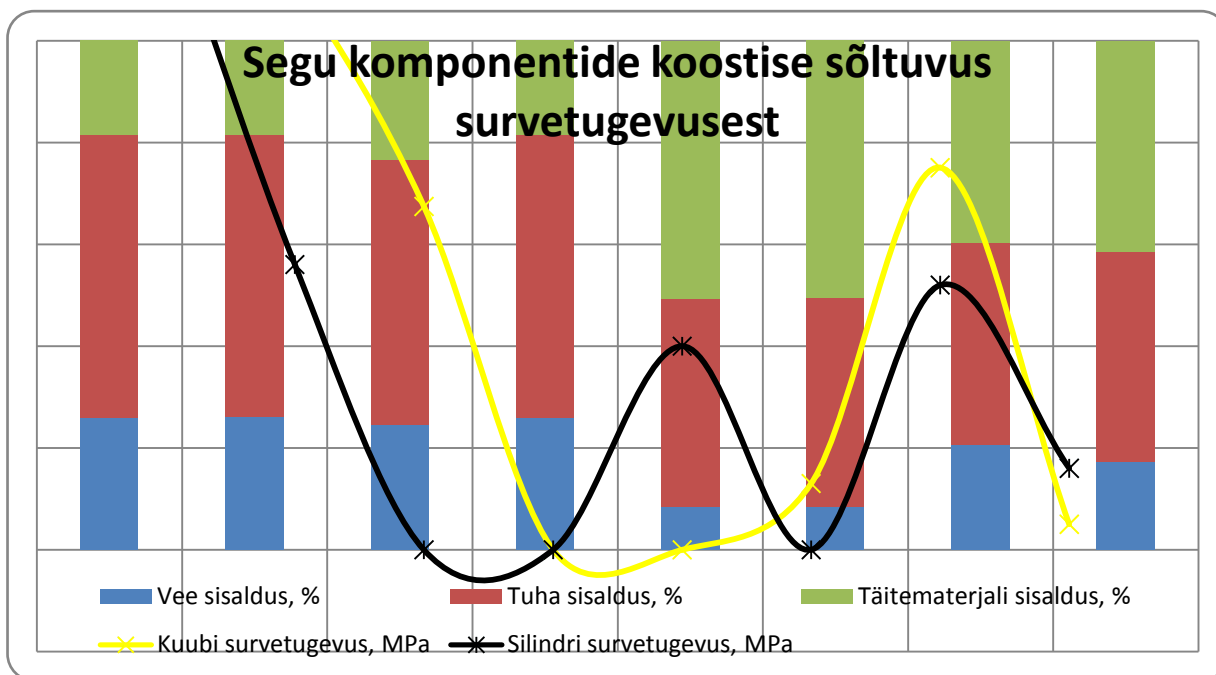
katsetatav kuubik oli mõõtmetega 100x100 mm, siis tuli saadav survetugevus läbi korrutada paranduskoefitsiendiga, 0,95 [19]

Survetugevus on üks tähtsamaid tahkunud betooni omadusi. Tavaliselt mõõdetakse 150x150 mm kuubikute survetugevust 28 päeva möödudes. Survetugevuse näit saadakse rakendades maksimaalset jõudu Newtonites, mis on jaotunud katsekeha pinnale [16].

Katsetööde käigus segati segusid ja katsetati tehiskivi vastupanuvõimet avaldatavale survele. Kõiki katsekehi katsetati seitsme päeva vanuselt. Enne kui sai hakata määrama survetugevust, tuli katsetatav katsekeha kaaluda ja mõõta kõikide külgede pikkused. Survetugevus saadi kirja kaheteistkümmel katsekehal, kusjuures survepress registreeris ametlikult kolm kuubiku ja kaks silindri tulemust. Tulemus loeti registreerituks, kui arvuti väljastas vastavad tulemuste lehed. Kuna katsetatav kuubik oli mõõtmetega 100 x 100 mm, siis tuli saadav survetugevus läbi korrutada paranduskoefitsiendiga, 0,95. Neljal korral oli katsekeha niivõrd nõrk, et tulemuseks saadi null. Seega katse ebaõnnestus kümnel korral. Põhjusteks võib pidada väikest kivistumise aega ja sellega seoses ei olnud katsekeha piisavalt tugev, et survepressile vastukoormust anda. Survetugevuse illustreerivaks näiteks on Joonis 9-1, mis kirjeldab katsekehade saadud survetugevust ja katsekehade koostist.

Suurim survetugevus saadi segul nr 1, kus katsetatava kuubi survetugevuseks oli (koos koefitsiendiga 0,95) 1,44 MPa, silindril 1,27 MPa (vt Tabel 9-1). Segu koosnes 25% täitematerjalist ja 75% tuhast. Kuid lähtuvalt standardist EVS-EN 12390 – 2:2009, kus on öeldud, pärast vormist vabastamist tuleb katsekehi hoida, kas kambris temperatuuril 20 ± 2 °C 95% relatiivse niiskuse juures või siis vees temperatuuril 20 ± 2 °C. Vaidluste korral loetakse etalonmeetodiks vees hoidmisel saadud tulemusi. Kuna katsekehi polnud võimalik hoida nõutud kuivades tingimustes, siis tuli antud segu retsepti korrata ja pärast kahepäevast vormis hoidmist vette seisma panna. Saadi, et segul nr 2 oli silindri survetugevus 0,56 MPa, kuubil (koos koefitsiendiga 0,95) 1,12 MPa. Segud 1 ja 2 olid tahked ja neid pidi vardaga tihendama. Antud meetodi juures on arvestatav tulemus segul nr 7, (vt Joonis 9-3 Survetugevuse katse [9]) kus silindrilise katsekeha survetugevus oli 0,75 MPa, kuubikul 0,52 MPa, segu oli voolav ja ei pidanud tihendama. Segu nr 4 ebaõnnestus, sest survetugevust ei saanud katsetada, kuna pärast veest võtmist olid katsekehad niivõrd pudedad, et lagunesid koost.

Võrreldes standardsete vormi mõõtudega, siis kõik segud paisusid kivistudes. Vees olevad tehiskivid paisusid keskmiselt 15%, kuivades oludes seisnud katsekehad paisusid ligikaud 3%.



Joonis 9-1 Segu komponentide koostise sõltuvus survetugevusest

Tabel 9-1. Segude koostised

Segu	Betooni koostis		Tuha koostis	Vesi	Survetugevus, MPa	
	Tuhk	Täitematerjal			Kuup	Silinder
1	55%	19%	1-K 20%; 2-K 80%	26%	1,44	1,21
2	55%	19%	1-K 20%; 2-K 80%	26%	1,12	0,56
3	52%	23%	filtrituhk 100%	24%	0,67	-
4	55%	19%	filtrituhk 100%	26%	-	-
5	41%*	51%	1 K-A 50%; tsüklonituhk 50%; filtrituhk 13%	8%	-	0,4
6	41%*	51%	1 K-A 50%; tsüklonituhk 50%; filtrituhk 13%	8%	0,13	-
7	40%	40%	filtrituhk 100%	20%	0,75	0,52

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

8	41%	42%	filtrituhk 100%	17%	0,05	0,16
---	-----	-----	-----------------	-----	------	------

Saadud katsetused näitavad, et põlevkivituhka saab tõepoolest kasutada sideainena. Esimeses segus kasutati katla – ja tsüklonituhka sideaine asendajana, mis jätsid segu kuivaks, vesi imbus kiiresti. Katla – ja tsüklonituhaga segu katsetamise edasiarendamisel peaks veekogust suurendama. Ülejäänud katsetes kasutati sideainena elektrifiltrituhka, mis jättis segu vedelaks ehk valatavaks. Kui eesmärk on saada vedel segu, siis peaks täitematerjali kogust vähendama, vee sisaldus peaks jääma 20% sisse. Kuna põlevkivituhast katsekehade valmistamine on seotud kaevanduste täitmisega, mis võimaldaks väljata rohkem maavara ja stabiliseerida maapinda, siis antud tehiskivide töö põhjal saaks uurida, millise koostisega segu edasi arendada, mida oleks võimalik katsetada reaalsetes katsetöödes. Edasistes töödes ei tohiks survetugevust testida seitsme päeva vanuste katsekehadega, vaid näiteks 28, 56, 112 jne päeva vanuste katsekehadega.

Kui kasutada põlevkivi aheraine fraktsiooni 32 – 64 mm, siis kuluks tuhka rohkem, kuna peenike osa (tuhk) täidaks suurte kivide vahele tekkivaid tühimikke. Seega kasutades väiksema fraktsiooniga täitematerjali, kuluks tuhka vähem.

Kokkuvõte

Eesmärgiks oli leida sobivaim segu ehk leida suurim survetugevuse näitaja. Kokku valmisati kaheksa segu, millest saadi 16 tehskivi, survetugevus saadi kirja kaheteistkümnelt korral, millest survepress registreeris tulemuse viiel korral. Ülejäänud tulemused loeti masina ekraanilt. Suurim survetugevus oli segul nr 1, 1,44 MPa, kuid selle segu miinuseks oli, et segu oli valamatu, jäi liiga tahke. Hea tulemuse andis ka segu nr 7, mille survetugevus oli 0,75 MPa, see segu oli vormi pannes voolav. Paremate tulemuste saamiseks tuleks katsekehi lasta kauem kuivada (või hoida kauem vees) ehk täitemassiivi tugevus sõltub tardumisajast [9]. Antud tulemuste põhjal võib hinnata parimaks seguks segu nr 7, kuna see segu oli voolav ja survepress registreeris ka ametliku tulemuse. Edasistes katsetustes tuleks lähtuda just sellest segust ning lasta katsekehal kauem kuivada või vees seista.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, projektiga AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldkondade alused, VIR 491 MINNOVATION - Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas ja ETF78123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses.

Viited:

1. Adamson, A. (1990) Отчет исследование вариантов управления горным давлением с закладкой выработанного пространства отходами промышленности. АМ – 8017/2. Tallinn

2. D' Obyrn, K.(2012) The stabilization of the rock mass of the wieliczka salt mine through the backfilling of the witos chamber the use of injection methods
3. Eesti Energia. Aastaruanne 2010.
4. EVS-EN 12390-2:2009 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 2: Tugevuskatse katsekehade valmistamine ja hoidmine
5. Guo, GL., Feng, WK., Zha, JF., Liu, YX., Wang, Q., (2011). Subsidence control and farmland conservation by solid backfilling mining technology
6. <http://forte.delfi.ee/news/smart/article.php?id=56067684&categoryID=40758612>
29.04.2012
7. https://www.energia.ee/-/doc/pdf/concern/environmental_report_2010_est.pdf
8. Leiaru M., Kukk R., Karu V. (2011). Eestimaa ressursid – Schola Geologica VII meened esinejatele. Rmt.: Verš E., Preeden U., Lang L. (toim) *Maa ressursid. Schola Geologica VII*. Tartu: Eesti Loodusuurijate Selts. (lk 117)
9. Leiaru M., Survetugevuse katse pilt.
<http://kaevandamisjaatmed.blogspot.com/2012/05/kaevandamisjaatmetest-valmistatud.html?spref=bl> (25.05.2012)
10. Leiaru, M. Põlevkivituhad <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/polevkivituhad.html>
23.05.2012
11. Leiaru, M. Survetugevuse katse <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/survetugevuse-katse.html> 23.05.2012
12. Pastarus, J. R., I. Valgma, Ü. Sõstra. Süsihappagaasiga neutraliseeritud põlevkivituha ladustamine. www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=967273/MI.pdf
15.05.2012
13. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Täitmise tehnoloogia ja kaevandusvesi. Valgma, I. (Toim.). *Kaevandamine ja vesi (70 - 72)*. Tallinn: TTÜ mäeinstituut
14. Pastarus, JR, Valgma, I., Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest.
15. Pastarus, J-R.; Adamson, A.; Nikitin, O.; Lohk, M. (2010). Tagasitäitmisega kaevandamistehnoloogia kontseptsioon. Västriku, A.; Niitlaan, E.;
16. PMW Central Service. Putzmeister AG, Concentrate Technology for Concentrate Pumps edition 94/2007. Germany: Print Rr mediangmbH. (lk 15)
17. Puura, E. Mida põlevkivituhast tegelikult teha annaks ja võiks?
18. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2008 – 2015. <http://www.envir.ee/232764>
12.05.2012
19. Raado ML. (2010). Ehitusmaterjalid loengukonspekt.
20. Raado, L-M. (2008). Põlevkivi kaevandamis – ja töötlemisjäätmete kasutamine tagasitäiteks kaevandatud aladele. Tallinn: Tallinna tehnikaülikooli ehitustootluse instituudi ehitusmaterjalide teadus –ja katselaboratoorium.
21. Raukas, A., JM Punning. (2009). Environmental problems in the Estonian oil shale industry. *ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE*
22. Valgma, I. (2003). Estonian oilshale resources calculated by GIS method.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

23. Valgma, I., Leiaru M., Karu, V., Iskül, R. (2011). Sustainable Mining Conditions in Estonia
24. Vali, E. Valgma, I. Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale

Lisa:



Joonis 9-2 Kasutusel olevad põlevkivituhad [20]



Joonis 9-3 Survetugevuse katse [9]

10. Punktkoormustesti efektiivne kasutamine katsetöödel

Ain Anepaio, Raili Kukk, Vivika Väizene

Tänapäeval on muutunud tööstuses uuringute läbiviimise kiirus. Seega tuleb kasutada tehnoloogiat, mis annab lühikese ajaga suurema katsete arvu. Kivimi survetugevuse kiireks määramiseks võib kasutada punktkoormustesti (inglise keeles *Point Load Test*) e. Franklini pressi [1].

Laboris olevate survepresside jaoks on vaja kasutada standardides etteantud mõõtudega katsekehi [2]. Puuraukudest kättesaadav materjal pole aga alati monoliitne. Kättesaadav tükk võib olla lõhedega, riketega ning seega tuleb kasutada survetugevuse leidmiseks teisi võimalusi. Selleks sobib punktkoormustest [3]. Punktkoormustesti kasutamiseks on vaja tagada, et proovitav materjal oleks tahke [4].

Punktkoormustesti kasutamise eeliseks on ka seadme kompaktsus. Olenevalt masinast saab seda lihtsasti transportida kaugete vahemaade taha [5]. Mäeinstituut on oma teadustööde käigus seadme mobiilsuse võimalust kasutanud. Mäeinstituudi välilabor Jordaania (Joonis 10-1 Mäeinstituudi välilabor - punktkoormustest ja fotoaparaat).



Joonis 10-1 Mäeinstituudi välilabor - punktkoormustest ja fotoaparaat

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Punktkoormustesti katsete läbiviimiseks paigutatakse proovikeha kooniliste teravike vahele ning tungraua abil lähendatakse töölaud südamikule. Võetakse näit skaalalt punktide vahelise kauguse saamiseks. Seejärel avaldatakse proovikehale koormust ning toimub purunemine 10 kuni 60 sekundi jooksul. Registreeritakse digitaalse manomeetri maksimaalne näit ning mõõdetakse uuesti koonustevaheline kaugus. Osalise purunemise korral katse tulemusi ei arvestata [6].

Punktkoormustesti tulemusi saab kasutada karjäärade modelleerimisel [7]. Olenevalt tarkvara võimalustest saab punktkoormustesti tulemusi kasutada koheselt ilma ülemineku teguriteta. Modelleerimise käigus tuleb jälgida, mis pidi kivimile jõud mõjub, kas piki või risti kihti [8]. Punktkoormustestiga on lihtne mõlemad suurused leida.

Punktkoormustesti kompaktsus annab võimaluse seda ära kasutada riskide haldamiseks mäenduses [9]. Mobiilselt saab määrata tervikutest raimatud kivitükkide survetugevust või määrata kui tugev on tehistervik.

Punktkoormustest kujutab oma ehituselt freeside tööorgani terasid. Sellest lähtuvalt kasutatakse punktkoormustesti õigete terade valimisel, mis omakorda aitab kaasa tehnoloogia arengule [10]. Õige tehnoloogia omamine muudab kaevandamise majanduslikult tulusaks [11].

Punktkoormustesti üheks puuduseks on, et tuleb leida punktkoormustesti indeksist ülemineku tegur survetugevusele. On leitud tööstuses enim kasutuses olevate kivimite ülemineku tegurid, kuid need annavad kõige paremaid tulemusi lokaalses kasutuses (Tabel 10-1) [12]. Eestis leiduvatele kivimitele pole ülemineku tegureid leitud, kuid katsetööd selles suunas käivad [13]. Ülemineku tegurite leidmisel tuleb arvestada ka raimamise olusi, kas kaevandatakse vee seest või pealt [14].

Tabel 10-1 Punktkoormus indeksi ülemineku tegurid survetugevusele

Kivim	Asukoht	Üleminekutegur
Kilt	Lääne-Kanada	14,7
Liivakivi	Lääne-Kanada	18
Liivakivi	Lõuna-Aafrika	23,9
Süsi	Lõuna-Aafrika	14,1
Süsi	Lõuna-Virginia, USA	20
Kvartsiit	India	23,4

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Punktkoormustesti miinuseks tuleb lugeda seda, et meetodika ei arvesta massiivi efekti. Seadmega saab katsetada väikseid tükke, mis aga ei näita kuidas käitub kivimi massiiv. Selleks tuleb kasutada ülemineku tegureid [15].

Teadustöö käigus on selgunud, et punktkoormustesti kasutamine uuringutes on arvestatav seade, mis võimaldab lühikese ajaga koguda standardile mitte vastavatest proovidest kasutatavaid tulemusi [16]. Punktkoormustesti tulemuselt survetufgevuse tulemuse ülemineku tegurina tuleks kõvadel kivimitel kasutada 21-24 ja nõrkadel kivimitel 14-16 [17].

Artikkel on seotud Mäeinstituudi projektiga AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Digital rock strength index apparatus 45-D0550/E. Instruction manual. 2007
2. EVS-EN 12390-1:2002. Kivistunud betooni katsetamine. Osa 1: Kuju, mõõtmed ja muud katsekehadele ja vormidele esitatavad nõuded
3. Kohno, M¹; Maeda, H², (2012) Relationship between point load strength index and uniaxial compressive strength of hydrothermally altered soft rocks, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol 50, 147-157
4. Methodology of taking samples and determination of physical-mechanical parameters of the rock. Skotchinski Institute of Mining Engineering, Academy of Science, Soviet Union. Moscow 1984, p 23 (in Russian)
5. Santi, PM (Santi, PM) 2006 Field methods for characterizing weak rock for engineering. Source: ENVIRONMENTAL & ENGINEERING GEOSCIENCE Volume: 12 Issue: 1 Pages: 1-11 DOI: 10.2113/12.1.1 Published: FEB 2006
6. Valgma, I; Adamson, A; Anepaio, A; Pastarus, J-R; Reinsalu, E; Väizene, V (2011) Determination of conversion factor between compression strength and point load test index
7. Karu, V.; Västriik, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area . Oil Shale, 25(2S), 134 - 144.
8. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriik, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Eds.). Schacht, Strecke und Tunnel (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
9. Pastarus, J.-R. (2006). Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid. ETF grant nr.6558. In: Vasaraga tähtede poole.Schola Geologica II: Vasaraga tähtede poole.Teine geoloogia sügiskool. Reiu puhkekeskus. 20-22.oktoober 2006. (Toim.) Amon. L.; Verš, E.. Tartu: Eesti Loodusuurijate selts. Tartu Ülikooli geoloogia instituut, 2006, 66 - 70.
10. V Karu, A Västriik, A Anepaio, V Väizene, A Adamson, I Valgma (2008) Future of Oil Shale Mining Technology in Estonia, Oil Shale, Vol 25 No 2, 125-134
11. E Reinsalu, A Toomik, I Valgma (2002) Kaevandatud maa

12. Rusnak, J., Mark, C. Using the Point Load Test to determine the Uniaxial Compressive Strength of coal measure rock. Proceedings of the 19th International Conference on Ground Control in Mining, Peng SS, Mark C, eds. Morgantown, WV: West Virginia University, 2000; :362-371
13. Karu, V.; Anepaio, A. (2008). Kivimi tugevusomaduste määramine mobiilsete katseseadmetega. Valgma, I. (Eds.). Killustiku kaevandamine ja kasutamine (40 - 45). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
14. Vesiloo, P.; Anepaio, A. (2011). Uus killustikutoorme kaevandamise tehnoloogia. Inseneria, 12 - 14.
15. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2011). Характер разрушения закладочных массивов. Проблемы Недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Инс, 191, 189 - 190.
16. Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Field work in the role of teaching and research of rock properties. In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology, Tallinn: Tallinn University of Technology, 2008, 66 - 70.
17. Singh, TN¹; Kainthola, A¹; Venkatesh, A¹, (2012) Correlation Between Point Load Index and Uniaxial Compressive Strength for Different Rock Types, Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol 45, No 2, 259-264

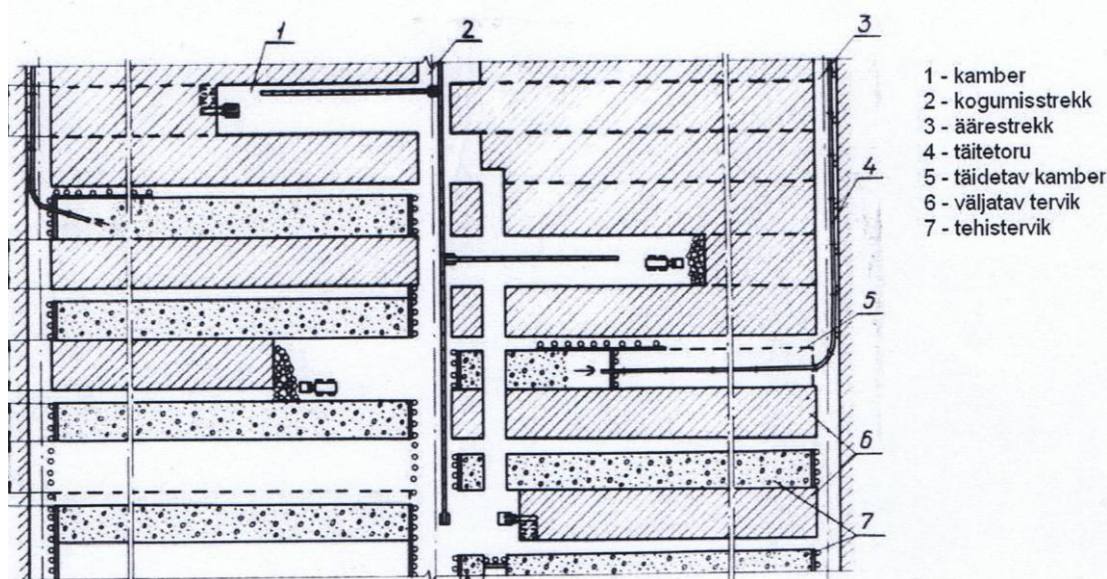
11. Tervikute tugevuse muutumine ajas

Merle Otsmaa

Käesoleval ajal on põlevkivi kaevandamise kaod 20 – 30% [10], kuna kasutusel oleva kambrikaevandamise tehnoloogia puhul on hädavajalik jätta maa-alused tervikud, mis suudaksid põlevkivilasundi kattekivimeid ülal hoida, vältimaks kambriplokkide varinguid ja maapinna olulist vajumist. Tervikute ristlõikepindala peab olema vähemalt 40 m² [7].

Kogu põlevkivi kaevandamise ajaloo vältel on otsitud võimalusi maavara kao vähendamiseks.

On välja pakutud uus tehnoloogia – kombainkamberkaevandamine [4], mis koos tagasitäitmisega [9,12] võimaldab väljata peaaegu kogu põlevkivivaru. Kombainkaevandamine toimub kahes etapis: esimesel etapil jäetakse kambrite vahele põlevkivist linttervikud, kambriid aga täidetakse tehismassiiviga (Joonis 11-1 Kombainkamberkaevandamine [2]) [7]. Mõne aja pärast, kui täitematerjal tehismassiivis on piisavalt tugevnenud, väljatakse põlevkivitervikud.



Joonis 11-1 Kombainkamberkaevandamine [2]

Kirjeldatud meetod on väga kasulik mitmes mõttes. On võimalik tunduvalt vähendada põlevkivi kaevandamis- ja rikastamiskadusid. Põlevkivi kaevandamise ja töötlemise käigus tekib mitmesuguseid jääke, mida saab kasutada täitematerjalina kaevanduses [5]. Teatavasti paiknevad põlevkivikihi vahel lubjakivi vahekihid, mille materjali saab kasutada täitemassiivide rajamiseks. Põlevkivi põletamisel eraldub rohkesti tuhka – nii lenduvat filtrituhka kui ka nn katlatuhka, mille ladustamise eest maapinnal on ette nähtud keskkonnamaksud, mis aasta-aastalt suurenevad. Tõsi küll, filtrituhk kui kvaliteetsem ja paremini kivistuv leiab kasutamist tsemenditööstuses.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Elektrienergia tootmisel eraldub palju CO₂, mille ladustamise tingimused Eestis on ebasoodsad õhukeste settekivimite ning põhjavee joogiks kasutamise tõttu. Sellepärast on ainuõige siduda CO₂ põlevkivituhaga stabiilseks mineraalseks ühendiks [6], mida saab kasutada kaevandustes täiteks.

Tänapäeval kasutatakse Eesti põlevkivikaevandustes puur-lõhketöödega kamberkaevandamise tehnoloogiat, mis on küllaltki efektiivne. Kuid kahjuks põlevkivikihi kaevandamissügavusel üle 60 m suurenevad kaod tervikutes kuni 40 %-ni.

Tervikute arvutamise meetodika aluseks on teadmine, et kivimikonstruktsiooni tugevus aja jooksul väheneb [8]. Vältimaks püsivaks projekteeritud tervikute ootamatut purunemist kasutatakse tervikute arvutamisel varutegurit, mis põlevkivikaevandustes kasutusel oleva meetodika kohaselt võib olla 1,1 – 1,4. See tähendab, et tervik projekteeritakse 10 – 40% suurem kui tugevusõpetuse alused ette näevad [10].

Tehistervikutega on lugu sootuks vastupidine: aja jooksul nad tugevnevad (Tabel 11-1 Betooni suhtelise tugevuse sõltuvus ajast.). Täitematerjal tugevneb analoogselt betooni tugevnemisega, mis saavutab suhtelise tugevuse 1,0 umbes 28 päeva jooksul [14]. See tähendab, et juba 28 päeva möödudes on betooni tugevus nõuetekohaselt suur. Kahe aasta pärast on betooni tugevus kahekordistunud. Tugevnemine jätkub veel aastakümneid.

Tabel 11-1 Betooni suhtelise tugevuse sõltuvus ajast.

Betooni vanus	Päevad				Aastad			
	7	28	90	180	1	2	3	5
Suhteline tugevus	0,6	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5

Kahjuks iseloomustab täitemassiivi võrreldes betooniga suhteliselt väike tugevus ja suurem kivistumisaeg: 3 kuni 6 kuud betooni 28 päeva asemel. Sideaine moodustab 60 – 80% täiteaine massist. Materjali hüdrauliline aktiivsus ehk survetugevus veega küllastunud olekus peab olema 2 – 4 korda kõrgem kui kunstterviku normatiivtugevus [1, 13]. Osakeste suuruse vähendamisega kasvab tuha aktiivsus. Räbu on madala hüdraulilise aktiivsusega ja teda on tarvis jahvatada ning lisada suhteliselt suures koguses (30%) aktivisaatorit (tsement, lubi jm.) Siduva aine hüdrauliline aktiivsus ja segu piirtugevus on põhilisteks täitematerjalide kvaliteedi näitajateks.

Täitematerjali tugevnemise füüsikaline olemus seisneb aeglasel hüdrolüüsiprotsessis (H⁺ ja OH⁻ ionide eraldumine) ja seotavate osakeste hüdratatsioonis, mis algab perifeersetest osadest ning järk-järgult levib massiivi keskosas. Hüdratatsioon on keemilise ühendi füüsikaline või keemiline liitumine veega. Põlevkivituhaga põhikomponendiks on CaO e kustutatud lubi. Täiteseguga veega reageerides muutub CaO kustutatud lubjaks ehk Ca(OH)₂-ks. Süsihappegaasi toimel saab Ca(OH)₂ - st taas CaCO₃. Samas looduslike tervikute tugevust

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

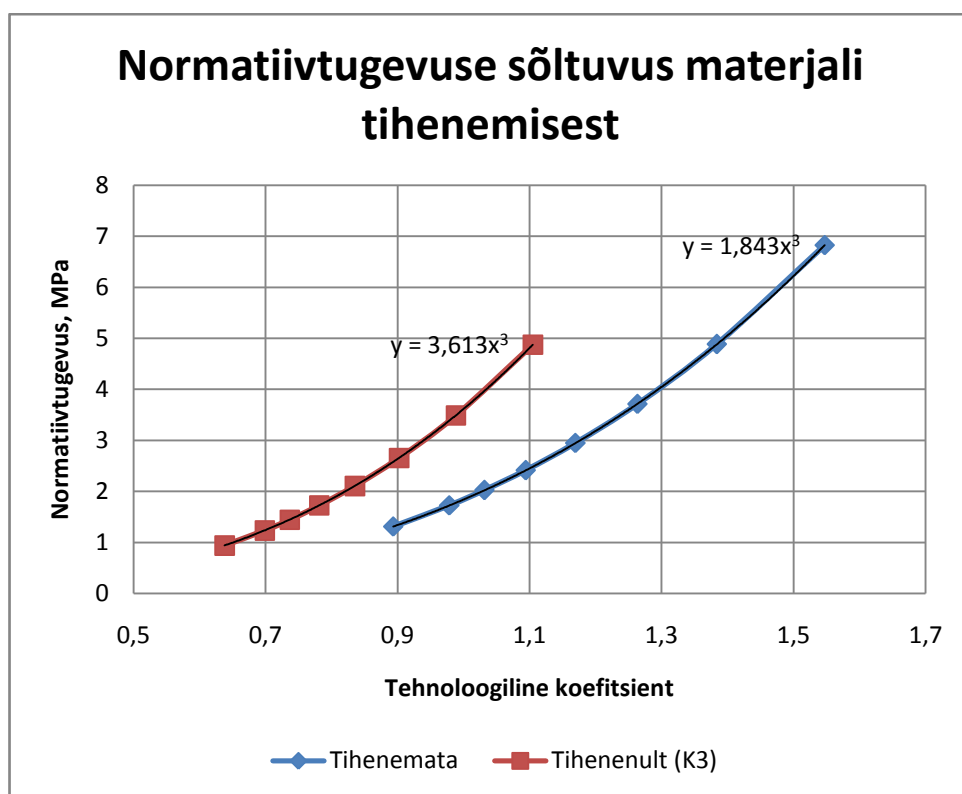
vähendab ka niiskus. Veega küllastunud on põlevkivi tugevus 1,4 – 1,7 ja lubjakivi tugevus 1,1 – 1,4 korda madalam kui kuivalt [16]. Mida suurem on savi sisaldus kivimis, seda rohkem mõjutab tema tugevust vee sisaldus.

Elektrijaamade filtrituhast saab valmistada täitematerjali tugevusega 9 – 10 MPa kolme kuu möödudes. Räbu pärast jahvatamist ja 3 – 5% aktivisaatori (tsemendi) lisamist koos liivaga võimaldab saada täitematerjali tugevusega 2,5 kuni 3,5 MPa. Kui lisada tsemendi 20%, suureneb materjali tugevus 5 – 6 MPa-ni. Räbu ja tuhka võib kasutada segudes koos rikastusjääkidega [3, 11].

Tugevaim segu on vahekorras 1:1:6, mis koosneb tsemendist, savist ja puistangute materjalist [14]. Kolme kuuga on selle segu tugevus 16 – 17 MPa. Täitematerjal peab olema peenestatud. Kõige paremad on osakesed suurusega kuni 40 mm.

Optimaalne lubjakivi kogus täitemassis peaks olema 40%. Hüdratatsiooni kineetika suurendamiseks on otstarbekas jahvatada kõrgahju räbu koos purustatud lubjakiviga. Reageerimata CaO võimaldab hüdraatsete kilede rebenemist räbuteeride ümber ja hüdratatsioon kulgeb täielikumalt. Silmas tuleb pidada, et püriit on betoonis ebasoovitavaks lisandiks. Hapendumisel võib püriidist tekkida väävelhape, mis lõhustab CaCO₃.

Raskusjõu mõjul surutakse täitematerjal kokku. Kokkusurutavuse koefitsient on 2 – 3,5%, mis sõltub segu konsistentsist ja täidetava ala kõrgusest. Umbes 15 – 20% segus sisalduvast veest läheb hüdroolüüsiks ja hüdratatsiooniks, ülejäänud vesi filtreerub välja. Rõhu kasvades 0,2 MPa võrra suureneb täitesegu tihedus keskmiselt 10%, tugevuspiir samal ajal kasvab kaks korda.



Joonis 11-2 Normatiivtugevuse sõltuvus täitematerjali tihenemisest.

Kaevandusvesi sisaldab tihti lahustunud happeid ja sooli, mis on betooni suhtes agressiivsed. Toimub portlandtsemendi väljaleostamine, kui happesus on alla 6. Erandiks on räbustsemendid, mis on vastupidavad happelisele agressioonile kuni pH väärtuseni 1. Kergelt leeliseline vesi betooni ei kahjusta, kuid kiirendab tardumisprotsessi.

Lahustunud sooladest on kõige ohtlikumad sulfaadid [15].



Kips kristalliseerub betooni poorides ning lõhub tsementi. Süsihape ei ole ohtlik, kui vaba (agressiivse) süsihappe sisaldus ei ületa 15 – 20 mg/l. Eelpool öeldu kehtib portlandtsemendi ja silikaattsemendi kohta. Tsement, milles leidub vähesel määral vaba CaO(OH)_2 , on mineraliseeritud vee suhtes püsivam.

Kokkuvõtteks võib öelda, et kaevandusvesi ei avalda olulist mõju täitesegudele, mis on valmistatud mitmesuguste räbude baasil.

Eestis alustati täitmise alaseid uuringuid 80-ndatel aastatel. Põhiliselt tehakse täitmissegud põlevkivituhast ja lubjakivikillustikust (rikastamisjääkidest) vahekorras 1:1 ja 3:1. Mõnikord lisatakse ka liiva. Tsementi kasutada pole tarvis, kuna saadud katsetulemuste kohaselt kivistub põlevkivituhk väga hästi. Ka savi kasutamine pole vajalik. Täite survetugevuseks on 2 – 10 MPa. Mida suurem on lisatava tuha kogus, seda tugevam tuleb täitemassiiv.

Siiski võib öelda, et tuleks veel aastaid katsetada, saamaks kõige optimaalsemaid lahendusi.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, ETF78123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses, AR10127 – Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused ja ETF9018 - Kirde-Eesti kaevandusvaringute tuvastamise, identifitseerimise ja põhjuste uurimise ja DAR8130 – Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. *Erg, K, Pastarus, J.-R.* (2008). Hydrogeologic impacts in the Estonian oil shale deposit. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 22(4), 300 - 310.
2. *Jurkevitš, G. F., Adamson, A.* (1989) Põlevkivi kaevandamise tehnoloogia perspektiivsed arengusuunad. Tallinna Tehnikaülikooli Toimetised.
3. *Kravtšenko V. P., Kulikov, V. V.* (1974) Kõvastuva täitematerjali kasutuselevõtt kaevandamisel. Moskva. Vene keeles.
4. *Nikitin, O.* (2003) Optimization of the Room-And-Pillar Mining Technology for Oil-shale Mines. *Doktoritöö*. Tallinna Tehnikaülikool.
5. *Pastarus, J.-R., Otsmaa, M., Šommet, J., Pototski, A., Kuusik, R.* (2012) Improvement of Current Mining Technology in Estonian Oil Shale Mines.
6. *Pastarus, J.-R., Valgma, I., Väizene, V., Pototski, A.* (2011) Kaevandamise täitmisuuringud.
7. *Pastarus, J.-R., Adamson, A., Nikitin, O., Lohk, M.* (2010). Tagasitäitmisega kaevandamistehnoloogia kontseptsioon. Maapõue kasutamise arengud (29 - 32). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
8. *Pastarus, J.-R., Sabanov, S., Shestakova, J., Nikitin, O.* (2009). Risk analysis of the pillar strength in the Estonia mine. In: *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 7th Internationale Scientific and Practical Conference. June 25-27, 2009*: Rezekne 2009, Läti: Rezekne Augstskola Izdevniecība, 2009, (Volume 1. Rezekne 2009. p. 291), 19 - 24.
9. *Pastarus, J.-R.; Väli, E.; Lohk, M.* (2009). Backfill technology - challenge for Estonian oil shale industry. *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
10. *Reinsalu E., Toomik, A., Valgma, I.* (2002) Kaevandatud maa. TTÜ mäeinstituut.
11. *Repp, K. J., Vahrušev, L. K., Studzinski, S. A. jt.* (1968) Kunsttervikute materjalid ja nende valmistamise tehnoloogia. Moskva. Vene keeles.
12. *Sabanov, S., Pastarus, J.-R., Šestakova, J.* (2009). Залладка выработанного пространства в условиях Эстонских сланцевых шахт. Проблемы Недропользования. Записки Горного Института., 60 - 63.
13. *Šommet, J., Pastarus, J.-R., Sabanov, S.* (2011). Hydraulic conductivity testing method for all-in aggregates and mining waste materials. 10th International

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology II”, Pärnu, Estonia, January 10 - 15, 2011 (122 - 126). Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts
14. *Tsõgalov, M. N.* (1985) Kõrge saagikusega allmaakaevandamine. Moskva. Vene keeles.
15. http://www.heidelbergcement.com/NR/ronlyres/38309E09-2F97-4023-9DC0-47621DEE6CD6/0/2003090103120606e_1999_06_a2.pdf
16. VNIMI (1972). Tervikutega laekäitlusega kaevandamisviisi konstruktsioonelementide määramise ajutine juhend põlevkivikaevandustele; Leningrad. (vene keeles)

12. Kaevandamine eritingimustes

Jüri-Rivaldo Pastarus

Põlevkivi allmaakaevandamisel esitatakse tihti piiravaid tingimusi, mis on seotud maapealsete objektide ja seal asuvate kaitsealadega, näiteks Natura 2000 võrgustiku alad, märgalad jne. Põhiliseks tingimuseks on maapinna „igavese“ püsivuse tagamine [2, 18, 4, 11, 15]. Kuid kahjuks käesoleval ajal kasutatav allmaakaevandamise tehnoloogia tagab allmaakonstruksioonide ja maapinna pikaajalise püsivuse. Seega on otstarbeka välja töötada allmaakonstruksioonide arvutusmetoodika, mis tagaks ta püsivuse „igavene“.

Analüüsi ja arvutuste aluseks on võetud Eesti Energia Kaevandused AS-is käesoleval ajal kasutatav metoodika [1] – lähislagede ja tervikute arvutused. Metoodika on Eesti põlevkivikaevandustes kasutusel juba pikemat aega. Seda on korduvalt modifitseeritud, täiendatud ja kontrollitud reaalsetes tingimustes. Ta on ennast täielikult õigustanud. Arvutusmetoodika on ette nähtud allmaakonstruksioonide parameetrite määramiseks normaalsetes (ei ole esitatud piiravaid tingimusi) geoloogilistes tingimustes, mis tagab allmaakonstruksioonide ja maapinna pikaajalise püsivuse [18, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 17].

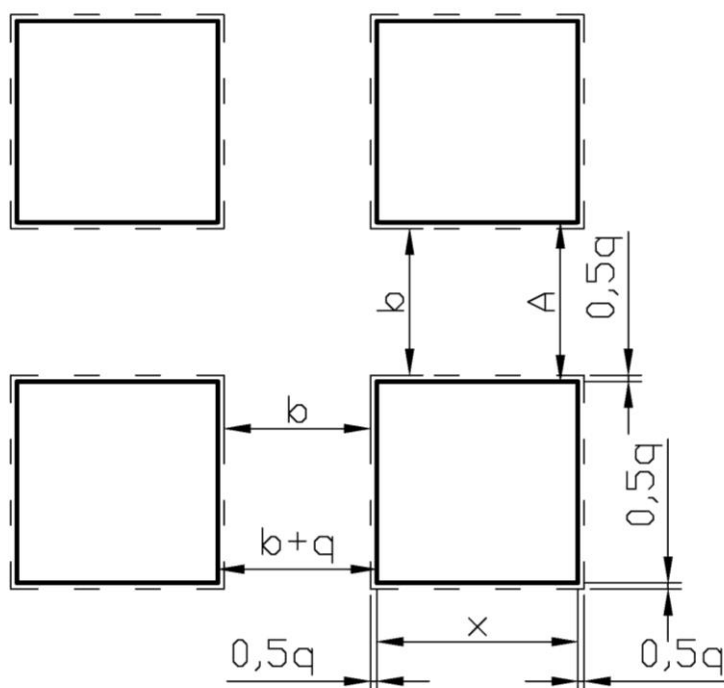
Põlevkivikihi ja lae karbonaatsete kivimite tugevus on seotud nende reoloogiliste parameetritega, mille tulemusena kivimite tugevus muutub ajas (väheneb). Vastav metoodika arvutusteks on välja töötatud Eesti põlevkivikaevanduste tingimustes [1]. Kestustugevuse alampiiri keskmiseks väärtuseks arvutustes võetakse $R_t = R_\infty = 7$ MPa, mis garanteerib konstruksiooni püsivuse üle 5 aasta [1, 8]. Kui mäetöödel peetakse rangelt kinni kambriploki tehnilisest dokumentatsioonist (passidest), siis varinguid ei toimu. Püsivus on garanteeritud sel juhul, kui tegelikud terviku mõõtmed vähenemise suunas ei ületa 0,3 m ja kambrite laius suurenemise suunas 0,3 m [1]. Maksimaalsed hälbed projektilisest väärtustest on puur-lõhketööde kasutamisel kamberkaevandamisel ± 1 m. Kambriploki parameetrite nõuete täitmine tagab nende pikaajalise püsivuse.

Eritingimustes kaevandamise korral aga peavad allmaakonstruksioonid olema püsivad „igavesti“. Sellel juhul tuleb ka arvestada kivimite anisotroopsust ja parameetrite hajuvust [13, 16]. Praktiliste ülesannete lahendamisel on teadmata, kui palju tegelik kestustugevuse R_t väärtus erineb kestustugevuse alampiiri keskmisest suurusest ($R_t = R_\infty = 7$ MPa). Seda hajuvust on võimalik kompenseerida varuteguri n abil ($n > 1$). Kui tervikute tööiga on „igavene“, siis kivimi roomavust ei tohi olla, lähtudes reoloogiast. Uuringud on näidanud, et varuteguri $n \geq 2,3$ kasutamisel kivimite roomavus puudub ja allmaakonstruksioonid püsivad „igavesti“ [16]. Tervikute suurenemise tulemusena suurenevad mõningal määral kambriploki kaod võrreldes kaevandamisega normaalsetes geoloogilistes tingimustes. Seega on garanteeritud ka maapinna püsivus.

Allmaakonstruksioonide parameetrite eritingimuste arvutuste aluseks on traditsiooniline arvutusmetoodika. Vahepeal lae arvutused ei erine kasutatavast metoodikast. Tervikute

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

dimensioneerimisel on varuteguri väärtuseks võetud $n \geq 2,3$. Arvutustes on kasutatud järgmisi andmeid: kaevandamissügavus $H=60$ m, piki- ja ristikambri laius $A=b=7$ m, varutegur $n=2,3$, kestustugevuse alampiiri keskmine väärtus $R_t=7$ MPa. Kambriploki kaod tervikutes (Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod) sõltuvad väljatava kihi paksusest ehk kambri kõrgusest ja kasutatavast puur-lõhketööde passist (pikad ja lühikesed lõhkeaugud). Lühikeste lõhkeaukude kasutamisel (2 m) on terviku külgede purunemissügavuseks võetud 0,6 m, pikkade korral (4 m) aga 1,0 m. Joonis 12-1 Kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid [1] ja Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod on esitatud kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid puur-lõhketööde kasutamisel [1].



Joonis 12-1 Kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid [1]

b – piki- ja ristikambri laius, q – terviku purunemise ulatus 0,6 või 1,0 m (sõltub lõhkeaukude pikkusest, 2 või 4 m), x – terviku külje pikkus

Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod

Kaod tervikutes, %	Kambri kõrgus h , m	Terviku purunemise ulatus q , m	Terviku külje pikkus x , m	Terviku ristlõige, m^2
33,5	2,8	0,6	9,6	92,6
36,7	3,8	0,6	10,8	115,8

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

35,6	2,8	1,0	10,3	107,0
38,7	3,8	1,0	11,5	132,6

Tabelist selgub, et sõltuvalt kaevandamise tehnoloogiast, kaod kambriploki tervikutes on vahemikus 33,5-38,7%. Traditsioonilise kaevandamistehnoloogia korral on kaod kambriplokis 28 - 30%.

Eespool toodud arutelu analüüsist selgus, et kaevandamisel eriolukordades peab kasutama maksimaalse varuteguri meetodit, võttes varuteguri väärtuseks $n \geq 2,3$. Sel korral kivimite roomavus puudub ja allmaakonstruksioonid püsivad „igavesti“. Kambriploki kaod suurenevad 5 – 10%.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja säästlik kaevandamine ja Lep11062 - Selisoo ja teiste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine.

Viited:

1. Allmaakaevandamisel maapinna ja ehitiste hoidmise juhend. Kinnitatud: 30.01.2004
Loko. Jõhvi,
2. Euroopa Komisjonile esitatav Natura 2000 võrgustiku alade nimekiri. Vastu võetud 05.08.2004 nr 615, RTL 2004, 111, 1758
3. Nikitin, O.; Sabanov, S. (2005). Immediate roof stability analysis for new room-and-pillar mining technology in "Estonia" mine. In: Proceedings of the 5th International Conference "Environment Technology Resources". June 16-18, 2005. (Toim.) Noviks, G.. Läti, Rezekne: RA Izdevnieciba, 2005, 262 - 269.
4. Orru, M. (2007). Sustainable use of Estonian peat resources and environmental challenges. In: Georesources and public policy: research, management, environment. 15th Meeting of the Association of European Geological Societies. 16-20 September 2007, Tallinn, Estonia: abstracts: 15th Meeting of the Association of European Geological Societies, Tallinn (Estonia), 16-20 september 2007. (Toim.) Hints, O.; Kaljo, D. Tallinn: Eesti geoloogia Selts, 2007, 46-47.
5. Pastarus, J.R.; Sabanov, S (2005). A method for securing working mining block stability in Estonian oil shale mines. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 11(1), 59 - 68.
6. Pastarus, JR (1998). Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. Oil Shale, 15(2), 147 - 156.
7. Pastarus, JR. (1997). Pillar strength and failure mechanisms. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 3(1), 23 - 34.
8. Pastarus, JR. (2002). Fracture process in pillars. In: *Proceedings of the International Conference on Structural Integrity and Fracture (SIF 2002): International Conference on*

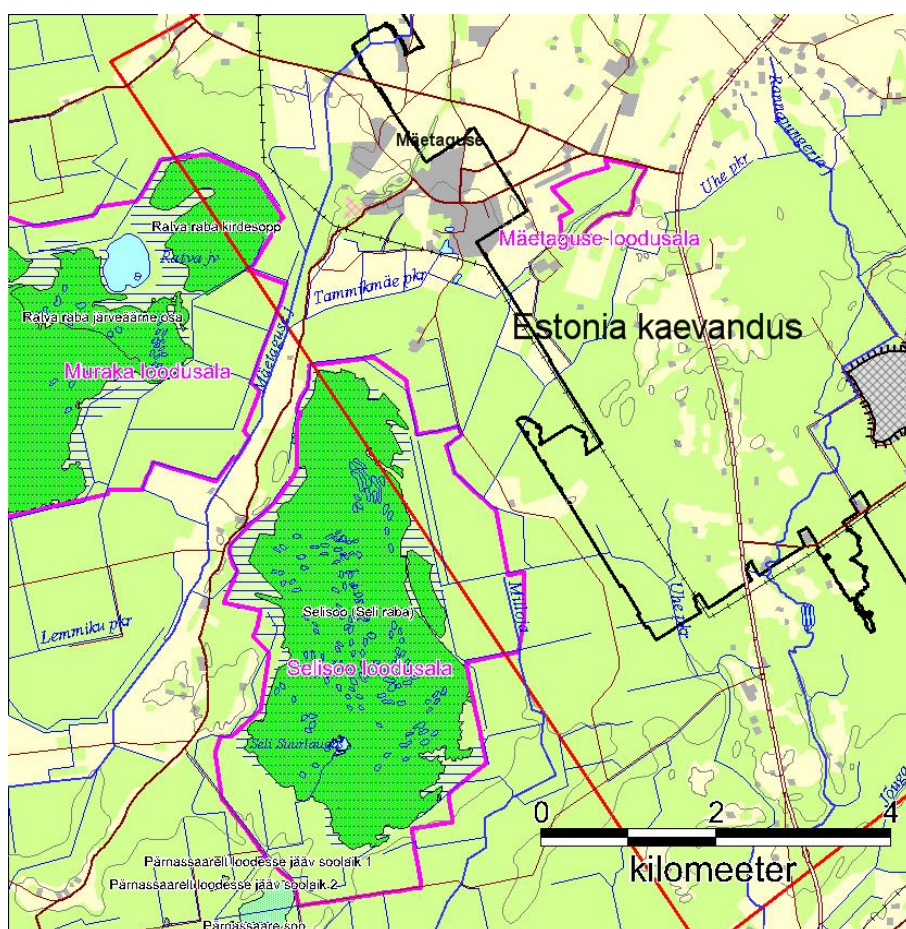
- Structural Integrity and Fracture (SIF 2002), Tokyo, Perth, Australia, 25-27 September 2002. (Toim.) Duskin, A., Hu, X., Sahouryeh, E.* Balkema, 2002, 343 - 346.
9. Reinsalu, E. (2009). Altkaevandatud maa tehnogeoloogilised iseärasused. *Keskkonnatehnika*, 3, 10 – 11.
 10. Reinsalu, E. (2009). Применение простых математических моделей для прогнозирования обрушений камерных блоков на сланцевых шахтах. Valgma, I. (Toim.). *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 11. Romanov, V. V. 1961. *Soode geofüüsika*. Leningrad, 362 lk. (vene keeles)
 12. Sabanov, S.; Tohver, T.; Väli, E.; Nikitin, O.; Pastarus, J.-R. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. *Oil Shale*, 25(2S), 145 - 152.
 13. Sokman, K., Kattai, V., Vaher, R., Systra, Y.J. 2008. Influence of tectonic dislocations on oil shale mining in the Estonia deposit. – *Oil Shale*, v.25, 2 Special, 175-187.
 14. Taylor, J. R. (1982). *An introduction to error analysis. The study of uncertainties in physical measurements*. Editor: E. D. Commins. University Science Books, Sausalito, California, 1982, 272 p.
 15. Toomik, A. 1998. Environmental heritage of oil shale mining. *Oil Shale*, Vol.No. 2 Special. Tallinn, pp. 170-183.
 16. Undusk, V. (1998). Safety factor of pillars. *Oil Shale*, 15(2) special, 157 – 164.
 17. Valgma, I., Tammeoja, T., Anepaio, A., Karu, V., Västriik, A. (2008). Underground mining challenges for for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr., Zuchowski, J., Haack, A. (Ed.). *Schacht, Strecke und Tunnel*. Freiberg, TU Bergakademie.
 18. Газизов, М.С. 1968а. Горногеологические условия разработки месторождений Прибал-тийских сланцев. – Труды Первого симпозиума ООН по разработке и использованию запасов горючих сланцев. 26.08.-4.09.1968 г. Таллин, 99-116.

13. Põlevkivi kaevandamise võimalikkusest märgalade alt

Vivika Väizene

Vastavalt Eestis kehtiva Looduskaitseseaduse järgi on looduskaitseala kaitseeskirjas märgitud, et maavara kaevandamine antud alal on keelatud. See punkt on sisse viidud vältimaks avakaevandamise ehk karjääride rajamist looduskaitsealale. Lahti seletamata siiani on looduskaitse ala ulatus sügavuti maa sisse.

Ida-Viru maakonna keskosas Mäetaguse valla territooriumil paikneb Selisoo. Ida suunast on Selisoole lähenemas Eesti Energia Kaevandustele kuuluv Estonia põlevkivikaevandus (Vt. Joonis 13-1) [6, 7].



Joonis 13-1 Selisoo loodusala, Seli raba ja Estonia kaevanduse asukoht ning kaevandatav ala piir

Selisoo jääb kavandatavale looduskaitse alale [19]. Tulevase kaitseala kaitse-eesmärk on kaitsta:

1. Loodusliku linnustiku kaitse liike (metsis, sarvikpütt, rüüt, sookurg, teder ja mudatilder)
2. Rabapüü, väikekoovitaja ja heletilder
3. Elupaigatüüpe: huumustoitelised järved ja järvikud, looduslikus seisundis rabad ning siirdesoo- ja rabametsad.

Lisaks on Selisoo loodusala määratud Natura 2000 võrgustiku alaks [2,3].

Soo alt kaevandamise võimaliku mõju hindamiseks analüüsiti kõiki kaevandamise mõjusid ja mõju ulatust Selisoo ja Estonia põlevkivikaevanduse andmetel. Mõju jaotatakse vastavalt mõõdetavatele või arvatavatele protsessidele ja leitakse mõju ulatus [24].

Peamine mõju, mida tuleb analüüsida on seotud vee, taimestiku ja maatoega. Seega on peamised analüüsitavad küsimused:

1. Veekõrvalduse mõju soole
2. Maapinna stabiilsuse muutmise mõju soole
3. Lõhkamise mõju soole

Veekõrvalduse mõju [17] hindamiseks soole määrati esmalt Selisoo loodusliku seisundi säilitamise kriteeriumid, mis sisaldasid endas taimekoosluse määramist [4], turbalasundi veesisalduse ja veemavuse määramist [18, 10, 14, 13, 12, 9], veetase maapinnast [5], pH näitu [11] ning teisi näitajaid [8, 1].

Veekõrvaldamise mõju soole võiks avalduda turbast läbi soo põhja kaevandusse imbumise läbi. Kui soo põhjast imbuks vett läbi rohkem kui sohu sademetest juurde tuleks, langeks veetase soos ja vastavalt toodud kriteeriumitele oleks kaevandamise veekõrvaldamise mõju oluline.

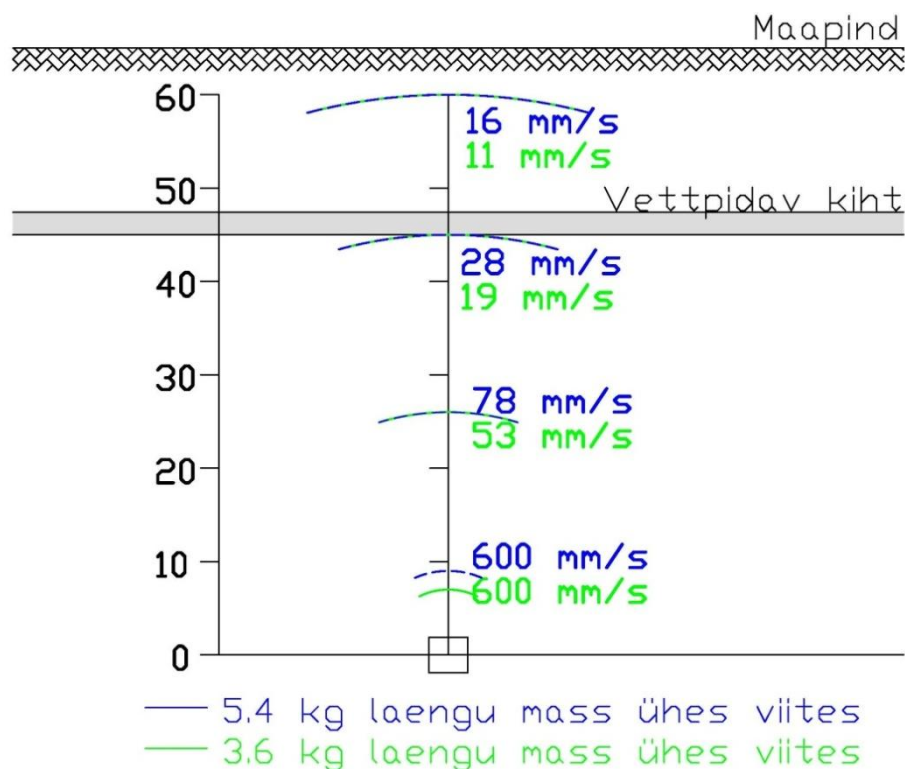
Kaevanduse veekõrvaldus ei mõjuta sood kuna Selisoo lähenedes uusi šurfe juurde ei rajata. Selisood piirab loodest Ahtme rike ning kagust Viivikonna rike [20].

Märgalade alt kaevandamisel peavad säilima maapinnal olevad märgalad [25]. Kasutatavad kaevandamise tehnoloogiad peavad tagama maapinna püsivuse [23,15].

Kuna vastavalt soo hoidmise kriteeriumitele tuleb tagada sooluste kivimikihtide stabiilsus, siis viidi lagede ja tervikute arvutused läbi kehtiva arvutusmeetodika alusel [21], kuid võeti aluseks tingimus, et alt kaevandatud ala püsivus peab olema igavene. Sellega kaasneb ka suurenenud kadu tervikus [16, 26].

Tabel 13-1 Seismiliste lainete võnkekiirused sõltuvalt lõhkelaengu massist ja mõõtekaugusest

Mõõtekaugus, m	Laengu mass, kg	Võnkekiirus, mm/s
7	3.6	600
9	5.4	600
26	3.6	53.3
26	5.4	78.4
45	3.6	18.8
45	5.4	27.6
60	3.6	10.9
60	5.4	16.0
1000	3.6	0.05
1000	5.4	0.08
10000	3.6	0.00065
10000	5.4	0.00096
45	43	200
45	90	400



Joonis 13-2 Seismiliste lainete võnkekiirused 5,4 ja 3,6 kg ühes viites laengu massi korral

Lõhketööde poolt tekitatud seismiliste lainete võnkekiiruse mõju vettpidavale Oandu kihi massiivile on tühine 19-28 mm/s, (Tabel 13-1, Joonis 13-2). Selleks, et Oandu kihile avalduks kriitiline mõju vahemikus 200-400 mm/s tuleb ühes viites lõhata laeng massiga 43-90 kg (Tabel 13-1).

Töö tulemusena saab väita

1. Märgalade alt kaevandamine on võimalik kui on tagatud kattekivimite püsivus.
2. Eesti Energia Kaevandused AS-is kasutatav ja kinnitatud püsivusanalüüsi ja arvutuste metoodika on kasutatav märgalade alt kaevandamiseks.
3. Absoluutse kindluse tagamiseks tuleb tervikuid suurendada, mille tulemusel põlevkivi kadu kambrite tugitervikutes kasvab.
4. Suurendatud tervikutega olemasoleva kaevandamistehnoloogiaga on võimalik kaevandada põlevkivi märgalade alt.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, AR10127 - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldade alused, ETF9018 - Kirde-Eesti kaevandusvaringute tuvastamise, identifitseerimise ja põhjuste uurimisega ja Lep11062 - Selisoo ja teiste kaitsealuste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine.

Viited:

1. Breitenlechner Elisabeth; Hilber Marina; Lutz Joachim; et al. 2010. The impact of mining activities on the environment reflected by pollen, charcoal and geochemical analyses
2. Euroopa Komisjonile esitatav Natura 2000 võrgustiku alade nimekiri. Vastu võetud 05.08.2004 nr 615, RTL 2004, 111, 1758
3. Hang, T., Hiiemaa, H., Jõelet, A., Kalm, V., Karro, E., Kirt, M., Kohv, M., Marandi, A. 2009. Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks. Uuringu aruanne, Tartu Ülikool, Geoloogia osakond, Tartu, 60 lk.
4. Joosten, H. , Clark, D. 2002. *Wise Use of Mires and Peatlands*. International Mire Conservation Group, International Peat Society, Saarijärvi, 303 pp.
5. Loigu, E., Orru, M., Lode, E. 2008. Soode hüdrokeemilised ja hüdrogeoloogilised uuringud puhvertsoonide piiritlemiseks ja kaitsemeetmete väljatöötamiseks. Tallinn, 97 lk.
6. Metsur, M., Tamm, I. 2010. Eesti Energia Kaevandused AS-i kaevandamisloa KMIN-054 muutmisega kaasneva eeldatava keskkonnamõju hindamine. AS Maves
7. Niinemets, Eve; Pensa, Margus; Charman, Dan (2011). Analysis of fossil testate amoebae along the hummock-lawn-hollow gradient in Selisoo Bog, Estonia: local

- variability and implications for palaeoecological reconstructions in peatlands. *Boreas*, 367 - 378.
8. Orru, M. 2010. Dependence of Estonian Peat Deposit Properties on Landscape Types and Feeding Conditions. Tallinn, 121 lk.
 9. Orru, M., Lelgus, M. 2003. Viljandi maakonna Soosaare turbamaardla lääneosa: "Soosaare turbatootmisala laiendus" geoloogiline uuring, 33lk
 10. Orru, M., Liibert, S., Elevant, N. 2003. Rääma turbamaardla lääneosa geoloogilise uuringu aruanne. Varu arvutus seisuga 01.02.2004. Tallinn, 41 lk. EGF 7567.
 11. Orru, M., Orru, H. 2003. Kahjulikud elemendid Eesti turbas. Eesti Geoloogiakeskus, 144 lk. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
 12. Orru, M., Ramst, R., Širokova, M., Veldre, M. 1986. Pärnu rajooni turba ja sapropeeli otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. Keila, 435 lk. EGF 5235.
 13. Orru, M., Veldre, M., Širokova, M., Ramst, M. 1987. Haapsalu rajooni turba ja sapropeeli otsingulis- hinnanguliste tööde aruanne. Keila, 352 lk. EGF 5242.
 14. Orru, M., Võsa, A., Jõeveer, T. 1999. Pärnu maakonna Koonga valla Kaseraba Turbamaardla geoloogilise uuringu aruanne. Tallinn, 47 lk. EGF 6313.
 15. Pastarus, J.-R. jt. 2010 Põlevkivikadude vähendamine. Lep 10084. Mäeinstituut. Tallinn, 91 lk.
 16. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
 17. Robam, K., Väizene, V., Anepaio, A., Kolats, M., Valgma, I. (2008). Measuring mining influence in the form of students practice in opposition to the emotional environmental impact assessment . In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinna Tehnikaülikool, 2008, 62 - 65.
 18. Romanov, V. V. 1961. Soode geofüüsika. Leningrad, 362 lk. (vene keeles)
 19. Selisoo looduskaitseala kaitse alla võtmine ja kaitse-eeskiri. EELNÕU 22.02.2011
 20. Sokman, K., Kattai, V., Vaher, R., Systra, Y.J. 2008. Influence of tectonic dislocations on oil shale mining in the Estonia deposit. – *Oil Shale*, v.25, 2 Special, 175-187.
 21. Technologitseskaja shema kamernoi sistemõ razrabotki c prinuditelnoi posadkoi krovli na šahtah Estonskogo mestoroždenija i vremennaja instruksija po ee primenenija. Ministerstvo Ugolnoi promõšlennosti SSSR. Moskva, 1980, 36 str. (vene keeles)
 22. Valgma, I., Robam, K., Karu, V., Kolats, M., Väizene, V., Otsmaa, M. (2010). Potential of underground minewater in Estonian oil shale mining region. Lahtmets, R (Toim.). 9th International Symposium Pärnu 2010 "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II", Pärnu, Estonia, June 14 - 19, 2010 (63 - 68). Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi
 23. Valgma, I., Väizene, V., Reinsalu, E., 2009 Suletud kaevanduste mõju. Lep9080. Mäeinstituut, Tallinn

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

24. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. *Oil Shale*, 25(2S), 125 - 134.
25. Valgma, I., Reinsalu, E., Väizene, V. 2010. Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumide alusel. LMIN10094. Mäeinstituut. Tallinn
26. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Toim.). *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship

14. Mahajäetud turbaalade taastaimestamise sõltuvus turba koostisest ja veetasemest

Mall Orru, Martin Riibe, Martin Nurme

Eestis on pikaajalised turba kaevandamise traditsioonid. Turvast hakati kütteks ja allapanuks kasutama juba 19.sajandi keskpaigas [4]. Intensiivse turba kaevandamisega kogu 20.sajandi vältel on käesoleval ajal üle 9000 ha mahajäätud turbatootmisala. Mahajäetud turbaalad eraldavad suures koguses CO₂-te ning allesjäänud turvas mineraliseerub [9]. Selleks, et teada saada mahajäetud turbaalade seisundit, viidi aastatel 2005...2008 läbi nende revisjon [2]. Nimetatud uurimistöö materjalide toetudes analüüsitakse käesolevas artiklis mahajäetud turbaalade taastaimestamise sõltuvust turba koostisest ja vee tasemest Harju, Rapla ja Lääne maakonnas (Joonis 14-1 Mahajäetud turbaalade paiknemise skeem Harju, Lääne ja Rapla maakonnas (Mõõt 1: 500 000)) [5] (Tabel 14-1 Andmed ala kohta). Käesoleval ajal on hakatud looma tingimusi ka mahajäetud alade taassoostumiseks ning vastava töö tegi TTÜ Mäeinstituut Sangla turbatootmisalal [7]. Rikutud alade korrastamisel tuleb tagada, et kaevandatud ala põhjavee režiim vastaks maa kasutamise sihtotstarbele, sest korrastamissuuna määrab ära põhjavee tase [11]. Vajalik on teha kuivenduskraavide seiret, et teha kindlaks turbatootmisaladelt väljavoolava vee mõju ümbritsevale keskkonnale - samuti tuleb jälgida, et turba kaevandamisega ei kaasneks arvestatavaid negatiivseid mõjusid looduslikele turbaaladele ja sealhulgas ka taassoostuvatele piirkondadele [12] [13].



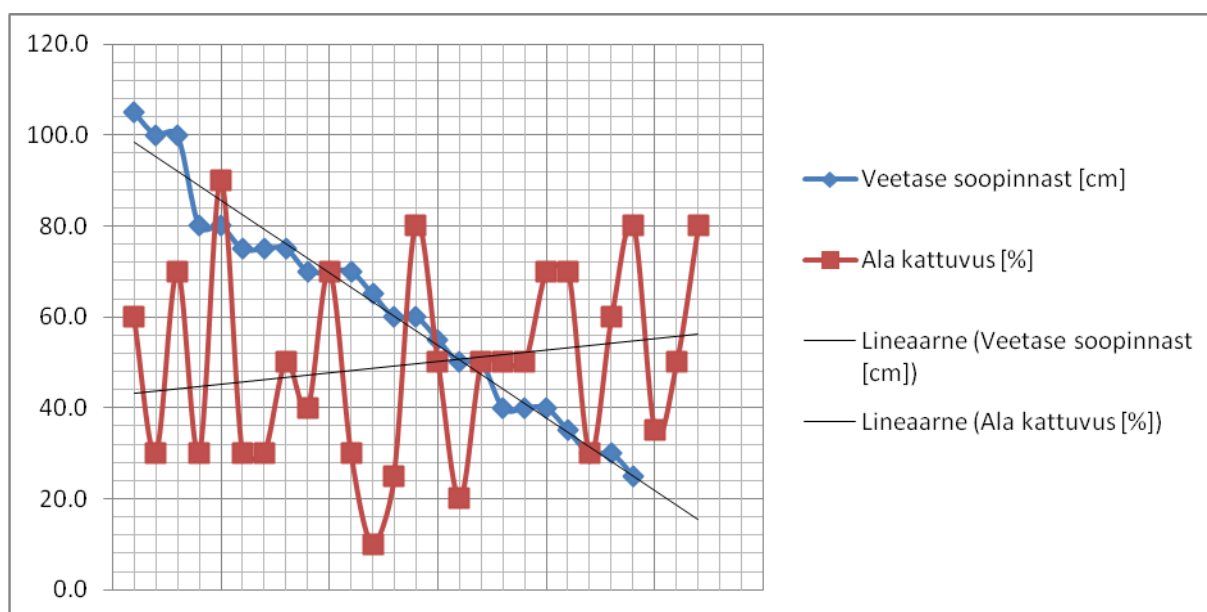
Joonis 14-1 Mahajäetud turbaalade paiknemise skeem Harju, Lääne ja Rapla maakonnas (Mõõt 1: 500 000)

Mahajäetud turbaalade revisjoni käigus määrati turbalasundi paksus (vähe- ja hästilagunenud turvas), võeti proovid üldtehniliste näitajate (looduslik niiskus, tuhasus, happesus, lagunemise aste, botaaniline koostis) laboratoorseks määranguks. Analüüsid tehti Eesti Geoloogiakeskuse akrediteeritud laboris vastavalt väljatöötatud ja kinnitatud metoodikale [6]. Välitööde käigus määrati veetase kraavides ja turbalasundis. Tehti taimkatte analüüs ning selgitati, kui suur osa

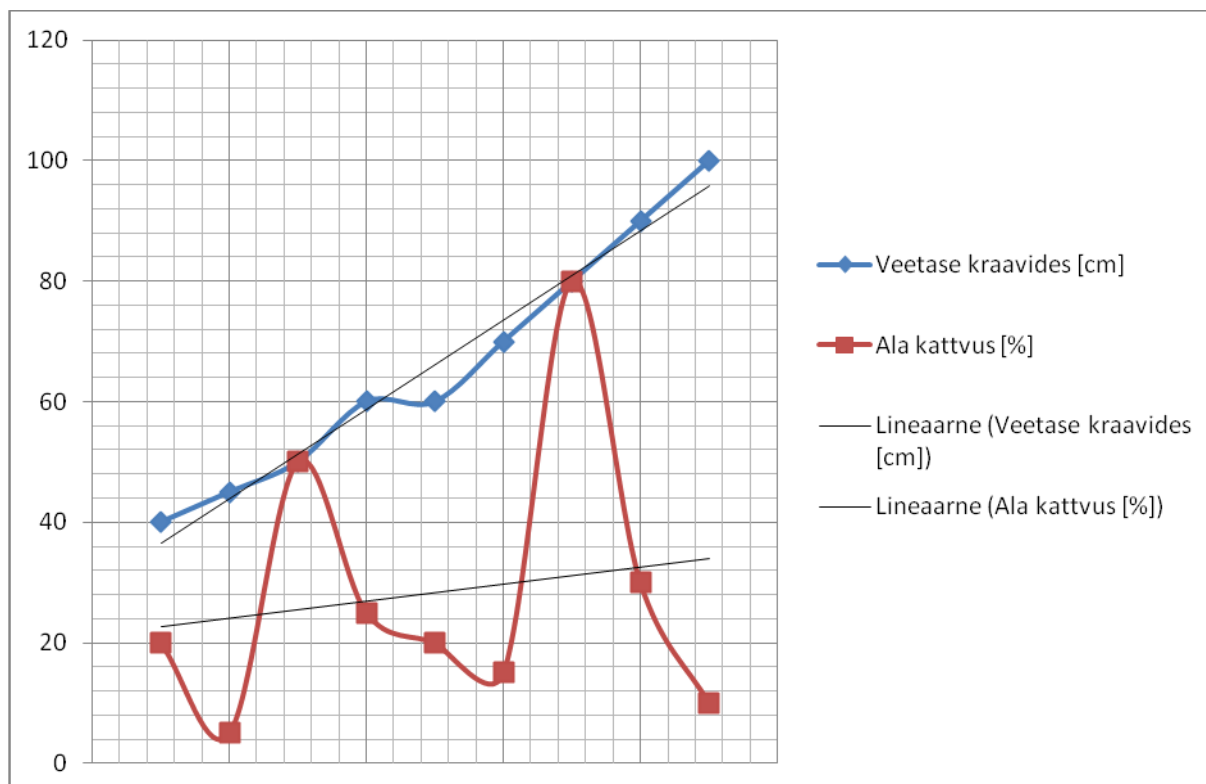
Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

mahajäetud alast on taastaimestunud. Uurimise alla võeti Harju, Rapla ja Lääne maakonnas 27 mahajäetud turbatootmisala [1].

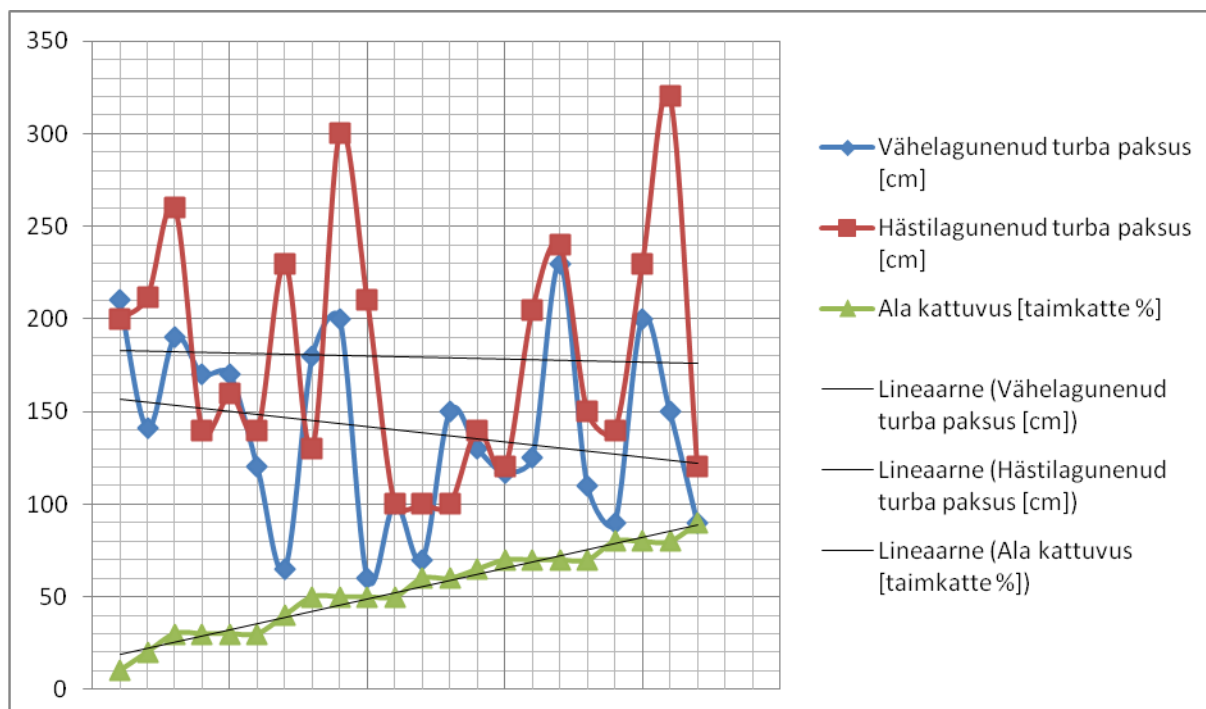
- Uurimistulemustest selgus, et mida lähemal on veetase soopinnale, seda suurem on ala kattuvus taimestikuga (Joonis 14-2 Taastaimestumise sõltuvus vee tasemest turbas). Seda kinnitavad ka lineaarsed jooned joonisel 2. Taastaimestumine algab esimesena kraavi pervedel ja lähiümbruses.
- Sama seaduspärasus joonistub taimkattega katvusel välja ka joonisel 3 (Joonis 14-3 Taastaimestumise sõltuvus veetasemest kuivenduskraavides), kus on toodud kraavide veetasemed. Kraavi kõrgem veetase soodustab paremat taimkatte levikut.
- Jooniselt 4 (Joonis 14-4 Taastaimestumise sõltuvus turba koostisest ja kihi paksusest) on näha, et mida väiksem on vähelagunenud turba paksus, seda enam on ala taastaimestunud. Hästilagunenud turba paksuse lineaarjoon näitab, et tema iseloomust ei sõltu märkimisväärselt taastaimestumine.
- Võrdluseks võib tuua näite, kus Ida-Virumaa Selisoo ärealal asuvad mahajäetud alad on samuti hästi taastaimestunud, kuna seal on kõrge veetase. Selisoo seisundi uuringud viis läbi TTÜ Mäeinstituut 2011 aastal [8].



Joonis 14-2 Taastaimestumise sõltuvus vee tasemest turbas



Joonis 14-3 Taastaimestumise sõltuvus veetasemest kuivenduskraavides



Joonis 14-4 Taastaimestumise sõltuvus turba koostisest ja kihi paksusest

Tabel 14-1 Andmed ala kohta

Maa- kond	Ala nimetus	Pindala, ha	Turbakihi paksus, m		Veetase maapinnast, m	Veetase kraavides, m
			Vähelagun.	Hästilagun.		
Harju	Änglema	75,27 (67,2)	0,9	1,4	1,05	0,6
	Vonka	84,85 (64)	1,9(0,56)	2,6	0,75	
	Viru	56,90(37,0)	1,5	1	0,5	1
	Kostivere	36,9(19,7)	1,17	1,20	0,8	
	Maardu	49,30	1,8	1,3	0,7	0,6
	Hara	107,66(99,40)			0,4	
	Rae	12,5	1,1	1,5	1	0,7
	Pääsküla	55,10	1,41	2,12	0,6	0,5
	Seli	1,7	2,0	3,0	0,75	
	Ellamaa	9,7	1,3		0,8	
	Ääsmäe	7	0,65		2,30	
	Peningi	201,86	2,0		0,75	
	Ohtu	308,2	2,0 (hästilag.)		0,7	0,9
	Paekna	81,5			0,6	
Rapla	Velise	27,0	1,25		2,05	0,65
	Põlliku	39,33	1,7		1,6	0,3
	Imsi	156,7	1,7		1,4	0,4
	Hõreda	77,1	1,2		1,4	0,55
	Rabivere	24,22			2,1	0,5
	Orgita	25,40(22,1)				0,25
	Avaste	56	0,8-1,0			
	Atla				1	
	Hagudi	168	2,3		2,4	0,8
Lääne	Turvalepa	42,05	0,7		1,0	0,7
	Niibi	31,33	0,5; 1,1			0,3
	Laiküla	8,7	<1		0,4	
	Kõverdama	70	1,5		0,35	

Üldlevinud arvamus on, et mahajäetud turbatootmisalade taastaimestumine sõltub eelkõige ainult vee tasemest turbas [3]. Artikli autorid väidavad, lähtudes konkreetsetest uurimistulemustest, et eelnimetatud seaduspärasustest on ka kõrvalekaldeid. Osadel aladel on veetase suhteliselt sügaval (kuni 1 meeter) maapinnast, kuid kattuvus taimestikuga küündib

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

60-70%-ni. Tõenäoliselt eksisteerib ja mõjutab taastaimestumist ka iga konkreetse ala mikrokliima, piirkonna sademete hulga ja ökosüsteemi seisundile [10].

Kokkuvõte

Uurimise all olnud 27 mahajäetud turbatootmisala taastaimestumise analüüs näitas, et kõikide alade osas ei ole ainumääravaks veetase. Oma osa on tõenäoliselt ka iga soo väljakujunenud ökosüsteemil ning ala mikrokliimal. Edaspidiseks soovitame igakülgset ja põhjalikku statistilist analüüsi selgitamiseks välja tõelised taastaimestumist määravad tegurid.

Artikkel on seotud TTÜ Mäeinstituudi järgnevate uuringute ja projektidega: Lep11062 - Selisoo ja teiste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine, Lep12021 - Sangla korrastusprojekt ja AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Ramst, R., Orru, M., Halliste, L., 2005. Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 1.etapp. Harju, Rapla ja Lääne maakond. Eesti Geoloogia keskus. Tallinn. EGF 7724
2. Orru, M., 2010. Re-vegetation of abandoned peat production fields in Estonia and environmental conditions affecting the processes. Doktoritöö: *Eesti turba omaduste sõltuvus maastikutüüpidest ja turbalasundi toitumistingimustest*
3. Paal, J.(toimetaja), 2011. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine.
4. Orru M, 2008. „Ülevaade soode ja turba uurimise ajaloost (19. sajandist 1966. aastani)“ , , 70/50. Turbauuringute poolsajand. (Vingisaar P., toimetaja), lk 6-12. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
5. Ramst, R.& Orru, M. 2009. *Eesti mahajäetud turbaalade taastaimestumine. Eesti põlevloodusvarad ja –jäätmel*,1/2, 6-7.
6. Orru, M. & Orru, H. 2003. *Kahjulikud elemendid Eesti turbas*. Tallinn, 144 lk
7. TTÜ Mäeinstituut, 2012 Sangla kütteturba tootmisala korrastamine. Projekt Lep 12021
8. TTÜ Mäeinstituut, 2011 Selisoo ja teiste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine, Projekt Lep 11062,
9. Waddington, J.M. & McNeil, P. 2002. Peat oxidation in an abandoned vacoom extracted peatland. *Canadian Journal of Soil Science*, 82, 279 – 286.
10. Rochefort, L. 2001, Ecological restoration. (*Ecology of Quebec-Labrador Peatlands*), Laval University, Saint-Nicolas, 449-504 (prantsuse keeles).
11. Angela, N. 2011. Maa-ala korrastamisega seotud küsimused. *Kaevandamine ja vesi* (toim. I. Valgma. Tallinn. TTÜ Mäeselts, TTÜ Mäeinstituut, 125-126.
12. Robam, K. 2009. Veekõrvalduse uuringud komplekssetes maardlates. Piirideta geoloogia, Schola Geologica V, Eesti Loodusuurijate Selts, 50-54.
13. Robam, K.; Önnis, A.-Õ.; Kaljuste, M. (2007). Niibi turbaraba võimalikud negatiivsed tegurid turba kaevandamisel [välitöö aruanne]. Kaevandamine parandab maad (14 lk.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus

15. Kaevandusvee mahud põlevkivimaardla keskosas

Veiko Karu

Põlevkivi on Eestis kaevandatud enam kui 90 aastat. Selle aja jooksul on maa alt välja veetud enam kui üks miljard tonni põlevkivi, lisaks põlevkivile veel põlevkivikihi lubjakivikihid – neist on moodustunud aheraine mäed, mis nüüd ilmestavad Ida-Virumaa loodust. Kui kaevanduses enam ei ole võimalik põlevkivi kaevandada (tehnoloogiliselt, varu ammendumisel või majanduslikult), siis see suletakse vastavalt kehtestatud korrale. Eesti põlevkivimaardlas on suletud tänaseks maardla keskosas kümme kaevandust, viimased neist suleti 1999...2002 (Sompa, Tammiku, Ahtme ja Kohtla kaevandus).

Põlevkivi kihind asub enamasti põhjaveetasemest allpool. Põlevkivi kaevandamiseks tuleb alandada põhjaveetaset. Nii on tekkinud Ida-Virumaale põhjavee alanduslehter. Kaevandamise lõppedes kaevandusest ja karjäärist vee välja pumpamine lõpetatakse ja põhjaveetase hakkab taastuma kaevandamise eelsele tasemele. Nii täituvadki suletud kaevandused ja karjäärid veega. Eesti põlevkivimaardlas on suletud kaevandustest veega täielikult täitunud Ahtme, Tammiku, Sompa ning osaliselt täitunud kaevandus nr 4, kaevandus nr 2, Käva, Käva 2, Kohtla, Kiviõli ning Kukruse.

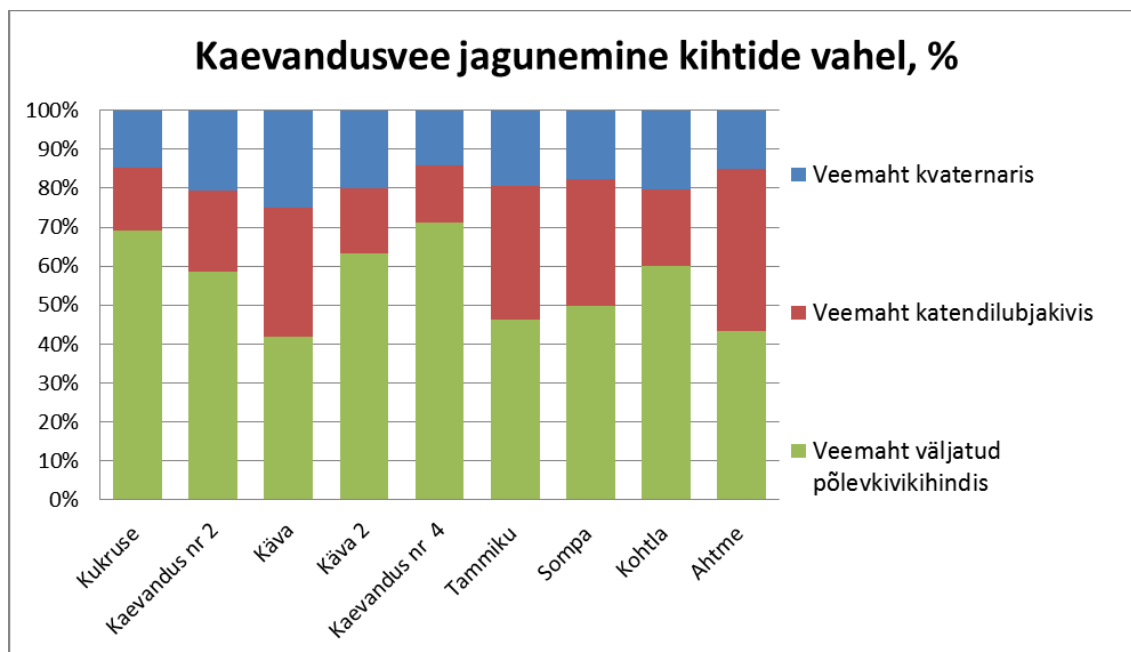
Suletud põlevkivikaevanduste vee kasutamine soojusenergia või kineetilise energia allikana on üks võimalusi moodustunud tehnogeense veekogumi otstarbekaks kasutamiseks. Kaevandusvee kasutamise potentsiaal on just Ida-Virumaa valdades, seal asuvad suletud põlevkivi kaevandused. Samuti tuleb hoolikalt planeerida selles piirkonnas ehitustegevust altkaevandatud aladel. Ida-Virumaad hõlmavates uuringutes on koostatud ühine uuringuala, kus asuvad töötavad ja suletud põlevkivikaevandused [43; 34; 2; 1; 26; 16; 21; 19; 25; 17; 18; 20; 23; 24; 22]. Suletud kaevanduste veetaseme stabiliseerimiseks on rajatud mitu väljavoolu. Neist suurimas Ahtme väljavoolus voolab kaevandusvesi aastaringiselt Sanniku oja. Suuruselt järgmine Tammiku väljavool Rausvere oja. Eesti Energia Kaevandused AS lähimate aastate plaanid näevad ette Viru kaevanduse ja Aidu karjääri sulgemise. Nende kaevandamiskohtade sulgemine muudab hüdroteoloogilist situatsiooni põlevkivimaardlas. Tuleviku prognoose on otstarbekas modelleerida [15; 37; 30; 14; 35; 6; 7; 42; 5; 32; 29; 27; 41; 38; 12; 10]. Suletud kaevanduste veemahu hindamiseks on tarvilik teada kasutatud kaevandamisviise, maa-ala geotehnoloogilist olukorda, kivimite veejuhtivusi [28; 33; 4; 31; 13; 10; 3; 36]. Nende andmete alusel saab üles ehitada arvutuskeemi, mille tulemused on allpool olevas tabelis (Tabel 15-1 Kaevandusvee arvutusmudel) [8; 9; 39]. Tabelis on näidatud kaevanduste opereerimisinformatsioon; kasutatud tehnoloogiat iseloomustavad väärtused; kaevandusvee mahud. Suletud kaevanduste piirkonnas oleva vee võib lüüa kolmeks: Kvaternaarikihtides olev vesi; lubjakivis olev vesi; väljatud põlevkivikihi oleval veel (Joonis 15-1 Kaevanduste piirkonnas oleva vee jagunemine), jooniselt järeldub, et piirkonnas olevast veest esineb väljatud põlevkivikihi oleval veel. Põlevkivi teemal eelnevad ning järgnevad erinevad uuringud määravad ära, kuidas ning millise tehnoloogiaga uutes põlevkivi kaevandamiskohtades

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

(kaevandus või karjäär) hakatakse põlevkivi kaevandama, arvestades keskkonna nõudeid ning parimat võimalikku tehnikat [43; 2; 38; 40; 36; 11].

Tabel 15-1 Kaevandusvee arvutusmudel

Omadused	Kukruse	Kaevandus nr 2	Käva	Käva 2	Kaevandus nr 4	Tammiku	Sompa	Kohtla	Ahtme
Kaevanduse avamine	1921	1949	1924	1924	1953	1951	1948	1937	1948
Kaevanduse sulgemine	1967	1973	1972	1972	1975	1999	1999	2001	2001
Kaevandamise kestus, a	46	24	48	48	22	48	51	64	53
Kaevvälja pindala, km ²	13.20	12.30	3.47	14.05	12.70	40.00	33.60	18.30	43.30
Kaevandatud ala, km ²	15.13	8.57	1.84	11.72	10.43	19.26	18.14	12.14	26.36
Kaevandamata ala, km ²	-1.93	3.73	1.63	2.33	2.27	20.74	15.46	6.16	16.94
Katendi paksus, m	11	13	21	10	12	23	23	15	37
Põlevkivi kihindi paksus, m	2.83	2.81	2.83	2.82	2.8	2.8	2.77	2.76	2.79
Tühja ruumi maht, kui väljata kogu tootluskihind, mln m³	42.82	24.08	5.22	33.05	29.20	53.92	50.24	33.52	73.53
Väljatud põlevkivikihi paksused, m									
Käsilaaava	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Käsi kambrid	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Kamberkaevandamine	2.83	2.81	2.83	2.82	2.8	2.8	2.77	2.76	2.79
Strekid	2.83	2.81	2.83	2.82	2.8	2.8	2.77	2.76	2.79
Kombainilaava	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Kaevandatud maa-ala, km²									
Käsilaaava	11.28	6.87	9.16	7.71	4.36	12.70	3.80	6.33	
Käsi kambrid	3.50	0.00	1.84	1.73	0	0.06	1.36	0.05	
Kamberkaevandamine	0.29	1.70	0.79	1.08	11.81	1.86	0.55	19.22	
Strekid	0.06	0.00	0.04	0.69	0.36	0.00	0.02	0.30	
Kombainilaava	0	0	0	0.95	2.74	3.52	6.41	0.46	
Kaevandatud ala, km²	15.13	8.57	1.84	11.72	10.43	19.26	18.14	12.14	26.36
Kaevandusvee maht kihtides, mln m³									
Veemaht kvaternaris	3.66	3.37	1.04	4.19	3.34	9.94	7.76	5.48	9.96
Veemaht katendilubjakivis	3.94	3.40	1.37	3.56	3.47	17.32	14.46	5.30	27.61
Veemaht väljatud põlevkivikihindis	17.05	9.54	1.74	13.29	16.92	23.51	21.93	16.14	28.75
Kokku	24.65	16.30	4.14	21.04	23.74	50.77	44.15	26.91	66.32



Joonis 15-1 Kaevanduste piirkonnas oleva vee jagunemine

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: VIR491 - MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäädikute/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas; AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130- Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. Basic studies of Estonian oil shale resource estimation up to year 2020. (In Estonian) Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuringud) <http://www.mkm.ee/doc.php?10366> (11.09.2007)
<http://www.mkm.ee/doc.php?11050> (11.09.2007)
<http://www.mkm.ee/doc.php?11051> (11.09.2007)
<http://www.mkm.ee/doc.php?11052> (11.09.2007)
2. Department of Mining of TUT. (2011) Website of the mining related studies, 2011: <http://mi.ttu.ee/projects/> - (23.10.2011)
3. Erg, K.; Karu, V.; Lind, H.; Torn, H. (2007). Mine pool water and energy production. 4th International Symposium "Topical problems of education in the field of electrical and power engineering" : doctoral school of energy and geotechnology, Kuressaare, 15-20.01.2007., Lahtmets, R. (Ed). Tallinn: Tallinn University of Technology Faculty of Power Engineering, p. 108-111.
4. Erg, K.; Reinsalu, E.; Valgma, I. (2003). Geotechnical Processes and Soil-Water Movement with Transport of Pollutants in the Estonian Oil Shale Mining Area. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference on Environment. Technology. 26-28. June 2003, Rezekene, p. 79-84.

5. Gedeon, M.; Wemaere, I.; Marivo, J. (2007). Regional groundwater model of north-east Belgium. *Journal of Hydrology*. Volume: 335 Issue: 1-2 Pages 133-139.
6. Karu, V. (2007). Digital planning for surface and underground mines in Estonia. (in Estonian) *Talveakadeemia 2007*, Roosta puhkeküla, Estonia.
7. Karu, V. (2009). Modelling oil shale mining space and processes. *Book of abstracts: International Oil Shale Symposium*, Tallinn, Estonia, p. 96.
8. Karu, V. (2010). Amount of water in abandoned oil shale mines depending on mining technology in Estonia. *9th International Symposium Pärnu 2010 "Topical Problems In The Field Of Electrical And Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II"*, Pärnu, Estonia, June 14-19, 2010 Lahtmets, R (Ed.). Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacob, p. 83-85.
9. Karu, V. (2011). Underground water pools as heat source for heat pumps in abandoned oil shale mines. *10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology*, Pärnu, Estonia, 10-15.01.2011, Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi, p. 130-134.
10. Karu, V. (2012). Dependence of land stability on applied mining technology. *11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology*, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012, p. 252-255.
11. Karu, V., Västriik, A., Anepaio, A., Väizene, V., Adamson, A., Valgma, I. (2008). Future of oil shale mining technology in Estonia. *Oil Shale*. Volume. 25, No. 2 Special, p. 125-132.
12. Karu, V.; Västriik, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area. *Oil Shale*, Volume 25(2S), p. 134-144.
13. Kresic, N. (1997) *Quantitative Solution in Hydrogeology and Groundwater Modelling*, Lewis Publishers.
14. Lind, H.; Robam, K.; Valgma, I.; Sokman, K. (2008). Developing computational groundwater monitoring and management system for Estonian oil shale deposit. *Geoenvironment&Geotechnics (GEOENV08) Agioutantis, Z.; Komnitsas, K. (Ed.)*, Heliotopos Conferences, p. 137-140.
15. Moiwo, JP.; Yang, YH.; Li, HL.; Han, SM.; Yang, YM. (2010). Impact of water resource exploitation on the hydrology and water storage in Baiyangdian Lake. *Hydrological Processes*. Publisher: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester PO19 8SQ, W Sussex, England Volume: 24 Issue: 21 Pages: 3026-3039.
16. Project BF97. (2009). [Applied solutions for modelling system with mining software](#) TUT Department of Mining
17. Project ETF6558. (2006-2009). [Concept and methods of risk management in mining](#) TUT Department of Mining
18. Project ETF7499. (2008-2011). [Conditions of sustainable mining](#) TUT Department of Mining
19. Project ETF8123. (2010-2013). [Backfilling and waste management in Estonian oil shale industry](#) TUT Department of Mining
20. Project Lep10020A. (2010). [Developing sustainable energy supply for Jõhvi, Toila ja Mäetaguse municipalities](#) TUT Department of Mining
21. Project LEP7038AK. (2007-2008). [Analysis of oil shale flow in accordance to the energy and oil production](#) TUT Department of Mining

22. Project Lep7070. (2007). [Risk assessments of old mining shafts](#) TUT Department of Mining
23. Project Lep9014. (2009). [Evaluation of stability of the undermined area for road construction](#) TUT Department of Mining
24. Project Lep9052. (2009). [Geological and mining evaluation of Jõhvi Viru Infantry Battalion's territory](#) TUT Department of Mining
25. Project Lep9090. (2009). [Backfilling in mining](#) TUT Department of Mining
26. Project LKM9074. (2009). [Geotechnical evaluation of undermined area in the building district.](#) TUT Department of Mining
27. Reinsalu, E., Valgma, I., Lind, H., and Sokman, K. (2006) Technogenic water in closed oil shale mines. *Oil Shale*, Volume 23, No.1, p. 15-28.
28. Reinsalu, E.; Valgma, I. (2003). Geotechnical processes in closed oil shale mines. *Oil Shale*, Volume 20, No. 3 Special, p. 396-403.
29. Rejani, R.; Jha, MK.; Panda, SN.; Mull, R. (2008). Simulation modelling for efficient groundwater management in Balasore coastal basin, India. *Water Resources Management*. Volume 22 Issue: 1 Pages: 23-50.
30. Schmitz, O.; Karszenberg, D.; van Deursen, WPA.; Wesseling, CG. (2009). Linking external components to a spatio-temporal modelling framework: Coupling MODFLOW and PCRaster. *Environmental Modelling & Software*. Publisher: Elsevier Sci Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, Oxon, England, Volume: 24 Issue: 9 Pages: 1088-1099.
31. Soil & Aquifer Properties and Their Effect on Groundwater. <http://www.co.portage.wi.us/groundwater/undrstnd/soil.htm> - (22.12.2011)
32. Zhang, Q.; Werner, AD. (2009). Integrated Surface-Subsurface Modelling of Fuxianhu Lake Catchment, Southwest China. *Water Resources Management*. Publisher: Springer, Van Godewijkstraat 30, 3311 GZ Dordrecht, Netherlands, Volume: 23 Issue: 11 Pages: 2189-2204.
33. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior*. Valgma, I. (Ed.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
34. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. *Oil Shale*, Volume 26(4), p. 145-150.
35. Valgma, I.; Buhrow, C. (2006). The Modelling of Oil Shale Mining Development and its Influence to the Environment. *Taiex workshop on EU Legalisation as it affects mining*, Tallinn
36. Valgma, I.; Karu, V.; Anapaio, A.; Väizene, V. (2007). Increasing oil shale quality for meeting EU environmental requirements. *Mining and the Environment 2007*, Baia Mare: Freiberg TU, p. 195-205.
37. Valgma, I.; Karu, V.; Viil, A.; Lohk, M. (2007). Oil shale mining developments in Estonia as the bases for sustainable power industry. 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" : Doctoral School of Energy and Geotechnology, (Ed.) Lahtmets, R. Tallinn, Tallinn University of Technology, Faculty of Power Engineering, p. 96-103.
38. Valgma, I.; Karu, V.; Västriik, A.; Väizene, V. (2007). Future of oil shale mining. *Georesources and public policy: research, management, environment* : abstracts: 15th

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- Meeting of the Association of European Geological Societies, Tallinn (Estonia), 16-20 September 2007. Hints, O.; Kaljo, S. (Ed.). Tallinn: Eesti Geoloogia Selts, p. 81.
39. Valgma, I.; Robam, K.; Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Otsmaa, M. (2010). Potential of underground minewater in Estonian oil shale mining region. 9th International Symposium Pärnu 2010 "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II", Pärnu, Estonia, June 14 - 19, 2010 Lahtmets, R (Ed.), Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi, p. 63-68.
40. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriik, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Schacht, Strecke und Tunnel. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Ed.), Freiberg, TU Bergakademie, p. 161-172.
41. Walton C., W. (1987) Groundwater pumping tests. Design & Analysis. Lewis Publishers.
42. Wang, SQ.; Shao, JL.; Song, XF.; Zhang, YB.; Huo, ZB.; Zhou, XY. (2008). Application of MODFLOW and geographic information system to groundwater flow simulation in North China Plain, China. Environmental Geology, Publisher: Springer, 233 Spring ST, New York, NY 10013 USA Volume: 55 Issue: 7 Pages: 1449-1462.
43. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, Volume 25(2S), p. 101-114.

16. Kunda piirkonna karjääride heitvee mõju Toolse jõevee koostisele ja seisundile

Ülo Sõstra, Margit Kolats

AS Kunda Nordic Tsement kaevandab tooret tsemendi tootmiseks kolmest, suhteliselt lähestikku paiknevast karjäärist Kunda linna lähedal. Kõikjal on tsemenditehased vahetult toorme lähedal, sest muidu oleks toodetud tsemendi omahind liiga kõrge. Kambriumi sinisavi kaevandatakse mereäärsest karjäärist, mis on lõikunud otse savilasundisse, mis kujutab endast parimat veepidet, seepärast koguneb karjääri vaid sademevesi, mida ei ole palju. Aru-Lõuna karjääris toodetakse tsemendi peamist tooret – lubjakivi, kusjuures tsemenditoormele mittevastavat dolomiidistunud lubjakivi purustatakse ja turustatakse teedehitajatele killustikuna [8, 12]. Suhteliselt väikeses Ubja karjääris kaevandatakse põlevkivi, mis hästi vastab tsemenditootmise nõuetele. Pärast Aidu põlevkivikarjääri sulgemist oleks tulnud otsida mingit teist varianti, aga Ubja karjäär ei ole kuigi kaugel ja ettevõtte raudtee võimaldab transpordi kulutusi vähendada. Sel eesmärgil tehti omal ajal korda ka Kunda sadam, mis võimaldab vähendada tsemendi transpordiga seotud kulutusi.

Kaevandatava ala omapära põhineb asendis Pandivere kõrgustiku põhjanõlval, kus absoluutsed kõrgused vähenevad keskmiselt 3-4 m ühe km kohta [3]. Kõrgustik on kõige olulisem Eesti põhjavee toiteallikas tänu paljudele murranguvöönditele ja laiale karsti levikule, mis võimaldab sademeveel kiiresti infiltreeruda maapinda. Kuid samal ajal moodustub kõrgendiku kivimites kõrge maa-alune veemägi, mis valgub igale poole laiali, täiendab Ordoviitsiumi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekomplekside veevarusid ja kindlustab suure osa riigi elanikest põhjaveega. Põhjavee tase on põhjanõlval igal pool maapinna lähedal, seepärast toimub vee sissevool Aru-Lõuna ja Ubja karjääri intensiivselt, eriti Ubja karjääri, kus tootsa põlevkivikihi lamamis on vettpidavad Uhaku lademe savikad lubjakivid [9, 11, 10, 4]. Nende veejuhtivus on madal ja just selle kihi pealispinda mööda toimub põhjavee sissevool karjääri, mis 140 ha suuruse karjääri kohta ei ole väike – viimasel kahel aastal 3,3 ja 2,7 mln m³/a. Vesi karjäärist pumbatakse alguses settebasseini, mida läbides suur osa heljumist settib [10, 2, 5]. See ei ole küll ohtlik vee-elustikule, sest koosneb peamiselt ülipeentest saviosakestest, kuid veeseadusega on piiratud 15 mg liitris.

Toolse jõe seire

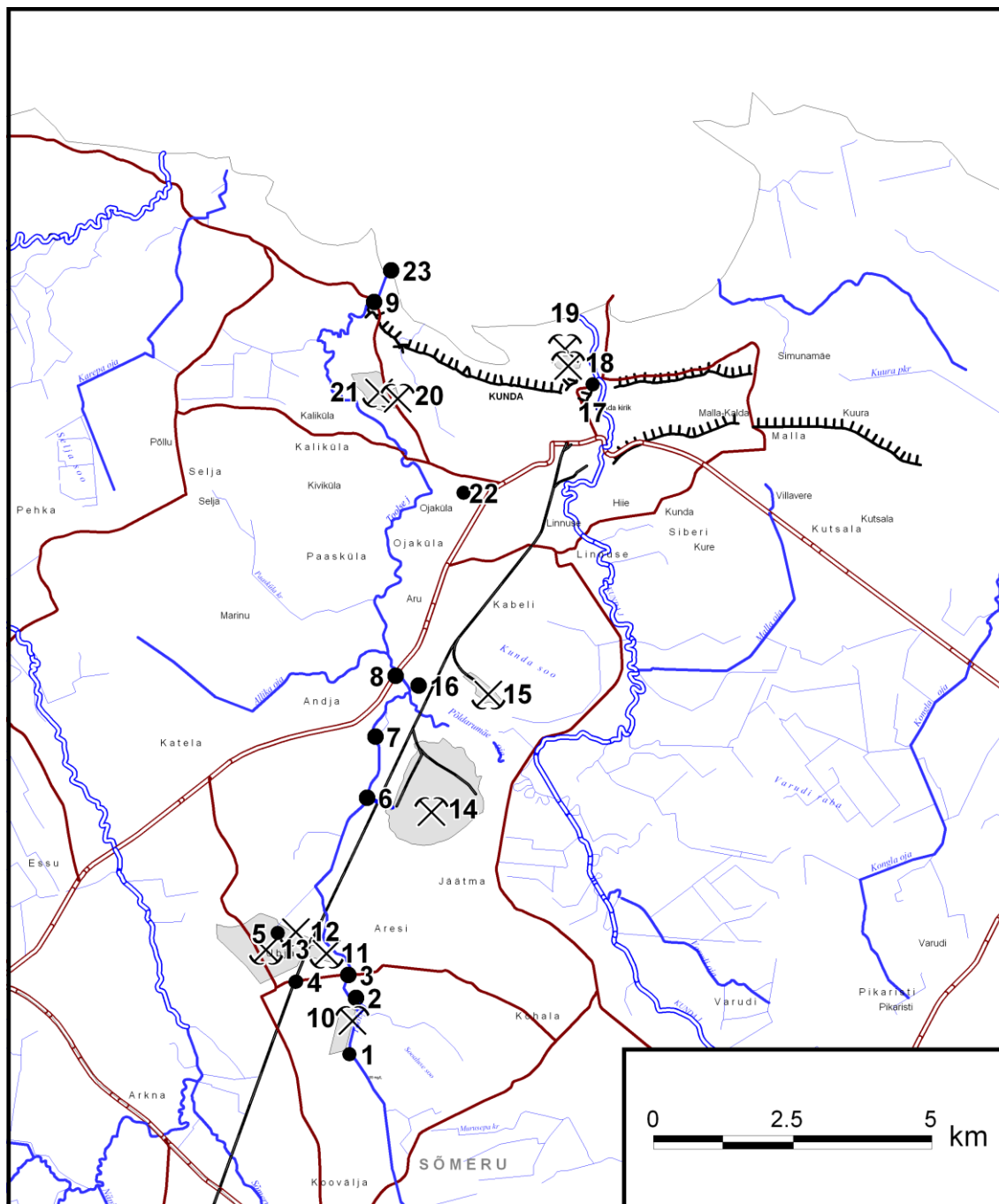
TTÜ mäeinstituudi 5-aastane Toolse jõevee seire kogemus ja tehtud uuringud võimaldavad meil analüüsida konkreetsete andmete abil karjääride otsest ning kaudset mõju vee koostisele ja seisundile. Tegelikult mõjutavad Toolse jõe seisundit kolm mäenduslikku objekti: Ubja suletud kaevandus, kust kuival ajal vee väljavool lakkab, Aru-Lõuna ja Ubja karjäär. Toolse jõgi on kantud voolveekogude pinnaveekogumite tüüpi I B keskkonnaministri määrusega nr 44, jõustunud 09.08.2009.a, see esitab täiesti kindlalt määratletud nõuded vee koostisele ja seisundi hindamisele (Joonis 16-1). Peamisteks kontrollitavateks kvaliteedinäitajateks on:

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

lahustunud hapnik, biokeemiline hapnikutarve (BHT_5), lämmastikusisaldus ($N_{\text{üld}}$), fosforisisaldus ($P_{\text{üld}}$), NH_4^+ ja pH. Kõige otstarbekam on jälgida jõevee koostise ja seisundi muutumisi, kui alustada eelpool nimetatud objektide vee koostisest ja lõpetada jõe suubumisel merre Kunda-Vainupea maateetruubi juures.

Suletud kaevanduse väljavoolu, karjääride heitvee koostis ja seisund

Ubja suletud kaevandusest väljavoolav vesi vastab oma koostiselt tegelikult Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi Keila–Kukruse veekihi põhjaveele antud kohas, sest seda vähe mõjutavad sademed. See annab võimaluse järgi hinnata Toolse jõevee seisundit võrreldes kohaliku põhjaveega. Suveti kuival ajal väljavool mõneks ajaks katkeb, sest toimub põhjavee taseme alanemine allapoole kaevandatud kihte. Mõõdetud vooluhulgad kaevandusest jäid vahemikku 17-360 l/s, keskmiselt 123 l/s, hõljuvaine on tavaliselt 2-4 mg/l vahel, kuivjääk muutub suhteliselt vähe ja väheneb pärast vihmaid suvel kuni 564 mg/l, keskmine on 640 mg/l, maksimaalne talvel – 706 mg/l, BHT_7 ei ületanud kunagi 1,4 mgO₂/l, see näitaja vastab väga heale vee kvaliteediklassile. $N_{\text{üld}}$ on muutlik, alates 0,91 mg/l kuni 7,6 mg/l, mis näitab, et vesi võib kuuluda kõigisse kvaliteediklassidesse, alates väga heast ja lõpetades halvaga. $P_{\text{üld}}$ oli alati alla 0,02 mg/l või võrdne sellega, kuid ühel korral (22.12.2011.a) oli 0,07 mg/l, mis vastab heale vee kvaliteediklassile, samal päeval määrati vees suurem NH_4^+ sisaldus – 0,16 mg/l, mis alandas selle näitaja kvaliteediklassi heale. Ca^{2+} sisaldus oli keskmiselt 145 mg/l, mis on oluliselt kõrgem kui Ordoviitsiumi veekompleksis keskmiselt – 69,14 mg/l, Mg^{2+} sisaldus oli keskmiselt 27,5 mg/l, mis on lähedane Ordoviitsiumi veekompleksi keskmisele – 26,29 mg/l [7], pH jääb 7,0 ja 8,0 vahele. Huvitav on märkida, et koos kuivjäägi vähenemisega vähenes sulfaatiooni SO_4^{2-} sisaldus, mis alati ületab kalakasvatusele soovitatud piirnormi – 100 mg/l, mõõdetud sisaldus jäi vahemikku 129-187 mg/l. Kloriidiooni Cl^- ja Na^+ sisaldused suletud on Ubja suletud kaevanduse vees vastavalt 13,6 ja 6,5 mg/l, mis on madalamad keskmistest Ordoviitsiumi veekompleksi näitajatest, vastavalt 45,75 ja 19,79 mg/l, K^+ kontsentratsioon – 8,5 mg/l on peaaegu võrdne keskmisega – 9,67 [7].



Joonis 16-1 Toolse jõe valgla vaatlusvõrk

Kaardil on näidatud lävendid Toolse jõel ja teised käsitletavat objektid: 1 – Toolse jõgi vaatluspuurkaevude U-9-1, U-9-2, U-9-3 juures; 2 – väljavool Ubja põlevkivikarjäärist; 3 – Aresi trupp; 4 – vaatluspuuraugud U-8-1 ja U-8-2 Ubja asulas; 5 – väljavool Ubja suletud põlevkivi kaevandusest; 6 – väljavool Aru-Lõuna lubjakivikarjäärist Toolse jõkke; 7 – Andja mõisatagune trupp; 8 – Andja sild; 9 – Kunda-Vainupea maantee sild; 10 – Ubja põlevkivikarjäär; 11 – Vanamõisa suletud põlevkivikarjäär; 12 – Ubja suletud põlevkivikarjäär; 13 – Ubja suletud põlevkivikaevandus; 14 – Aru-Lõuna lubjakivikarjäär; 15 – Aru-Põhja suletud lubjakivikarjäär; 16 – AS AEROC tööstusjäätmete prügila; 17 – olmejäätmete

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

prügila; 18 – AS Kunda Nordic Tsement tööstusjäätmete ladustamispaik; 19 – Mereäärse savikarjäär; 20 – Toolse liivakarjäär; 21 – Toolse suletud liivakarjäär; 22 – Tigapõllu tiik; 23 – Toolse jõe suue Kunda lahte.

Aru-Lõuna on suurim karjääridest, siit pumbati viimase kolme aasta jooksul Toolse jõkke heitvett: 2009.a – 7,9 mln m³ ehk 251 l/s, 2010.a – 7,6 mln m³ ehk 240 l/s ja 2011.a – 8,98 mln m³ ehk 285 l/s. 2011.a oli kõige veevaesem kuu veebruar, siis pumbati keskmiselt välja 200 l vett sekundis. Kõige veerikkam oli aprill, kui sekundis pumbati välja 396 l/s. Vooluvee kvaliteedi määramisel lähtusime keskkonnaministri 20.07.2009.a määrusest nr 44 ja selle lisast 4 (keskkonnaministri 12.11.2010.a määruse nr 59 sõnastuses). Ökoloogiliste füüsikalise-keemiliste üldtingimuste järgi olid vee kvaliteedinäitajad (kõik analüüsid on tehtud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuses) järgmised: BHT₇ on viimased kaks aastat jäänud vahemikku alla 1,0-1,7 mgO₂/l, selle näitaja järgi vesi kuulub väga heasse klassi, nagu ka NH₄⁺, keskmiselt 0,036 mg/l, N_{üld} – keskmiselt 1,05 mg/l, ja pH – 7,1 ja 8,3 vahel. Heitvee kuivjääk on suvel ja talvel tavaliselt 470-532 mg/l, aga lume sulamise ajal või peaaegu kaks korda väheneda (266 mg/l 06.04.2011.a), mis on seotud karjääri külgedelt sulavee sissevooluga. Sel korral jäi P_{üld} – 0,11 mg/l halva kvaliteediklassi tasemele, kahe aasta keskmine oli aga 0,046 mg/l, mis vastab väga heale kvaliteediklassile. Katioonide Ca²⁺ ja Mg²⁺ sisaldus on karjäärivees suurem Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi keskmisest (69,14 mg/l), vastavalt 108-130 mg/l (suurvee ajal – 64-91 mg/l) ja 22-26 mg/l (12-19 mg/l suurvee ajal). Tugevad paduvihmad võivad ajutiselt suurendada heljumi sisaldust vees ajutiselt kuni 30-40 mg/l, mille juures 9 analüüsi keskmine jääb ikkagi alla 15 mg/l. Aru-Lõuna karjäärist Toolse jõkke suunatav vesi on kvaliteedilt parem, kui keskmine Ordoviitsiumi veekompleksi põhjavesi NO₃⁻ ja NO₂⁻ sisalduse poolest, veekompleks keskmiselt sisaldab neid 6,66 ja 0,153 mg/l, Aru-Lõuna karjääri heitvees on 9 analüüsi keskmised näitajad vastavalt 0,77 ja 0,012 mg/l. Tuleb ära märkida, et just vahetult heitveetoru väljavoolu juures on jões kivide all kõige suuremad kirpvähi *Gammarus pulex* L. populatsioonid, kuigi üksikute eksemplaridena esinesid nad isegi kõrge sulfaatide sisaldusega Ubja suletud kaevandusest väljavoolavas vees.

Ubja põlevkivi karjääri heitvesi on suurema osa aastast see, mis hoiab Toolse jõe veetaseme suhteliselt kõrgel kogu aasta jooksul, eriti suvel, kui ülemjooksult juurdevool täielikult lakkab. Väikese karjääri kohta on vee väljapumpamine suhteliselt suur, nt 2009.a novembris pumbati välja 230 l/s, 2010.a jaanuaris – 148 l/s. Need kogused vähenesid, kui parandati kaevandamise tehnoloogiat ja pärast järjekordse vaalu kaevandamist (Joonis 16-2) täideti see järgmise vaalu katendiga, ning kindlustati settebassein kaldaid, kus varem osa vett voolas karjääri tagasi. Täpsustati elektroonilise arvutussüsteemi järgi Toolse jõkke suunata vee hulka. Varem arvestati veekulu pumpade töötundide arvel, mis sageli töötasid alla oma täisvõimsust. 2011.a oli kõige veerikkam jaanuar, kui välja pumbati 111 liitrit vett sekundis, ja kõige kuivem kuu märts, kui sügiste vihmade aegne suur sadememee infiltratsioon Pandivere kõrgustikul kaotas oma võimsuse. Siis pumbati välja ainult 64 l/s. Lume sulamine mõjutas karjäärivee sissevoolu vähem, kui suvised tugevad vihmad. Vee infiltratsioon toimub

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

kõrgustikul kiiresti, 1-1,5 kuud pärast olulisi sademeid, üle 110 mm kuus, jõuab vesi karjääri. Väiksemad sademete hulgad, kuni 80 mm kuus, suvel põhjavee taset ei tõsta ja juurdevool ei suurene, sest suur osa vett soojal ajal aurub kiiresti.



Joonis 16-2 Ubja karjäär 22.juulil 2010.a. Just on lõpetatud põlevkivi väljamine ühe vaalu piirides ja on avatud Keila-Kukruse veekihi kõige alumine osa, otse Uhaku lademe savikate lubjakivide peal. Läbi ca 10-15 cm paksuse veekihi on näha pikad loodesuunalised tektoonilised lõhed.

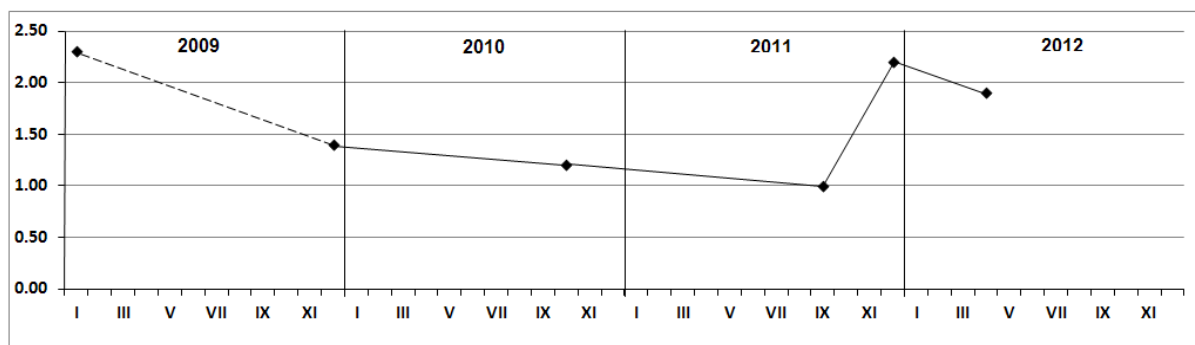
Vee keemilist koostist määrati kahel korral otse settebasseini väljavoolul ja üks kord Aresi truubi juures. Oma koostiselt vastab vesi kahes proovis vooluvee väga heale klassile kõigi näitajate poolest: $BHT_7 = <1-1,8 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $NH_4^+ = <0,01 \text{ mg/l}$, $NO_3^- = 0,59-1,2 \text{ mg/l}$, $NO_2^- = <0,005 \text{ mg/l}$, $N_{\text{üld}} = 0,59-1,2 \text{ mg/l}$, $P_{\text{üld}} = <0,02 \text{ mg/l}$, $pH = 7,51-8,10$. Teiste komponentide sisaldus oli lähedane Ubja suletud kaevanduse ja Aru-Lõuna karjääri põhjaveele: $Ca^{2+} = 134-148 \text{ mg/l}$, $Mg^{2+} = 17-18 \text{ mg/l}$, kuivjääk = 532-592 mg/l, heljumi sisaldus = 10-17 mg/l, $Cl^- = 7-10 \text{ mg/l}$, $K^+ = 2,4 \text{ g}$, $Na^+ = 2,4 \text{ mg/l}$, $Fe_{\text{üld}} = 0,33-0,45 \text{ mg/l}$ ja $SO_4^{2-} = 118-125 \text{ mg/l}$. Kolmandas proovis, mis oli võetud ajal, kui kogu karjäär koos pumbajaamaga oli vee all, tõusis ainult NO_3^- ja $N_{\text{üld}}$ sisaldus kõrgemaks, vastavalt 3,7 ja 4,1 mg/l, mis vastab kesisele vee kvaliteedile ja oli seotud ümbruskonna põldudel ja metsadest lume sulavee sissevooluga.

6.04.2011.a kevadise suurvee ajal, oli vee juurdevool Toolse jõe ülemjooksult, mis võimaldas saada andmeid selle vee koostise kohta: kuivjääk = 526 mg/l, heljum = 3 mg/l, $pH = 7,25$, $BHT_7 = <1 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $Ca^{2+} = 116 \text{ g/l}$, $Mg^{2+} = 17 \text{ mg/l}$, $NH_4^- = 0,02 \text{ mg/l}$, $NO_3^- = 13,5 \text{ mg/l}$, $NO_2^- = 0,011 \text{ mg/l}$, $N_{\text{üld}} = 15,2 \text{ mg/l}$, $P_{\text{üld}} = 0,03 \text{ mg/l}$, $SO_4^- = 88 \text{ mg/l}$, $K^+ = 1,8 \text{ mg/l}$, $Na^+ =$

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

4,7 mg/l, $\text{Cl}^- = 11 \text{ mg/l}$, $\text{Fe}_{\text{üld}} = 0,17 \text{ mg/l}$. Lämmastiku sisalduse järgi kuulus vesi väga halba kvaliteediklassi. Teise proovi võtmise ajal, 15.12.2009.a vastasid enamused näitajaid vee väga heale klassile, vaid üldlämmastiku $\text{N}_{\text{üld}}$ sisaldus oli 4,6 mg/l, mis vastab kesisele klassile. Ootamatult kõrged olid Toolse jõe ülemjooksu vees sulfaatiooni ja kaltsiumi sisaldused, $\text{N}_{\text{üld}}$ kõrgemat sisaldust võis ette arvata, sest Pandivere põhjanõlv on põllumajanduspiirkond.

Andja mõisataguse truubi juures on suletud kaevanduse ja karjäärid heitvesi jõudnud Toolse jõkke. Jõevett analüüsi siin kahe viimase aasta jooksul kolmel korral. Keskmise vee kuivjääk oli 481 mg/l, teised kvaliteedinäitajad olid järgmised: BHT_7 sisaldus vastas kahel korral väga heale kvaliteedi klassile ($<1-1,2 \text{ mg/l}$) ja ühel korral, 22.12.2011.a – 2,2 mg/l (hea kvaliteediklass), NH_4^+ jääb vahemikku $<0,01-0,03$, $\text{N}_{\text{üld}} = 0,55-1,5 \text{ mg/l}$ (keskmise 1,07 mg/l), $\text{P}_{\text{üld}} = <0,02-0,03 \text{ mg/l}$, $\text{NH}_4^- = <0,01-0,01 \text{ mg/l}$, $\text{pH} = 7,2-8,07$, mis kõik vastavad väga heale vooluvee kvaliteedi klassile. Siin määrati ühel korral fenoolide sisaldust, 1-aluselised fenoolid ei ületanud 3,9 $\mu\text{g/l}$ ja 2-aluselised fenoolid olid alla 10 $\mu\text{g/l}$. Ühel korral, sügiste vihmade ja suurvee ajal ületas heljumi sisaldus lubatud piiri ja oli 76 mg/l (28.10.2010.a). Suure osa ajast on Toolse jõevesi vastab kõigi kvaliteedinäitajate poolest väga hea klassile ja ainult ühel korral BHT_7 sisalduse järgi heale kvaliteediklassile (Joonis 16-3).



Joonis 16-3 Toolse jõevee bioloogiline hapnikutarvidus ($\text{BHT}_7 \text{ mgO}_2/\text{l}$) Andja mõisataguse lävendil

Lõpliku ülevaate jõevee seisundist ja komponentide väljakandest Kunda lahte annavad proovide analüüsid, mis on võetud Toolse jõe suudmealalt, Kunda-Vainupea maantee truubi juures. Veeproove võeti 2009.a detsembris, 3 korral 2010.a ja 4 korral 2011.a, kokku seega 8 korral. Veehulgad on väga muutlikud, kõige väiksem oli läbivool 14.07.2010.a – 495 l/s ja kõige suurem 6.04.2011.a – 9004 l/s, keskmised vooluhulgad jäävad 870 ja 1715 l/s vahele. Kuivjäägi sisaldus sõltub sademetevee osast jõevees, keskmise veehulga puhul on kuivjääk lähedane karjääride ja Andja mõisataguse truubi juures saadud väärtustele – 460-566 mg/l, lahjendamise puhul jääb alla 450 mg/l, kõige suurema veehulga korral 6.94.2011.a isegi 228 mg/l, mis on keskmisest 2 korda vähem. BHT_7 jäi 5 korral vahemikku alla 1 kuni 1,7 mgO_2/l ja 3 korral vahemikku 1,9-2,1 mgO_2/l , pH väärtus oli muutlik, kuid jäi vahemikku 7,02 ja 8,59, keskmise näitaja oli 8,01. Lämmastikusisaldus ($\text{N}_{\text{üld}}$) jäi suurema osa ajast väga hea

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

kvaliteediklassi nõuete piiridesse – 0,58-1,5 mg/l ja ainult kahe lumerikka talve sulamisvee äravoolul tõusis kuni 2,4-3,7 mg/l, mis vastab heale ja kesisele kvaliteediklassile. Pool analüüsides näitas üldfosfori järgi väga head klassi ($P_{\text{üld}} = 0,03-0,05$ mg/l), ülejäänud proovides jäi fosfori sisaldus 0,09-0,39 mg/l vahele, kusjuures kõrgeim oli see maksimaalse suurvee ajal 6.04.2011.a. Ammooniumi NH_4^+ sisaldus oli kõigis proovides alla 0,05 mg/l ja ainult maksimaalse suurvee ajal tõusis kuni 0,05 mg/l. Teistest kvaliteedinäitajatest on kalade seisukohast olulised heljumi, sulfaatiooni ja Ca-iooni sisaldus. Heljumi sisaldus jões tõuseb lühikeseks ajaks kõrgele tasemele suurvee ajal ja eriti suviste paduvihmade ajal, kui suure veehulgaga tõstetakse põhjast üles kõik põhja settinud saviosakesed, siis võib heljum vees moodustada 42-86 mg/l. See on jõe läbipesu, mille järel on jõevesi puhtam, ega sisalda üle 4 kuni 17 mg/l heljunit. Kuid mitte alati ei pärine heljum karjäärdest, nt 6.04.2011.a oli hõljuvaine sisaldus Ubja suletud kaevanduse proovis alla 2 mg/l, Aru-Lõuna karjääri väljavoolul – 12 mg/l, aga Kunda-Vainupea maantee truubi juures juba 57 mg/l, 30.06.2011.a oli Ubja kaevanduse juures heljunit 3 mg/l ja Aru-Lõuna väljavoolul – 40 mg/l, aga Kunda-Vainupea truubi juures juba 86 mg/l. 22.12.2011.a oli Aru-Lõuna karjääri väljavoolul heljunit 5 mg/l, Andja mõisataguse truubi juures – 4 mg/l, aga Kunda-Vainupea truubil juba 30 mg/l. Lühikeseks ajaks on SO_4^{2-} sisaldus ületanud 2-14 mg/l võrra soovituslikku piiri 100 mg/l, kuid keskmine sulfaatiooni sisaldus 10 veeproovis oli 87,4 mg/l, kusjuures jõeveet mõjutab mitte ainult kaevandamine, vaid põhjavee koostis, allikad, põllumajandus jne.

Võrdlusmaterjalide saamiseks on tehtud üksikuid veeproove Toolse jõe ülemjooksu ja allikaterikkal Selgejõe veest. Ubja suletud kaevanduse väljavoolu ja mõlema karjääri vee võrdlemisel Selgejõe veega, ilmnevad teatud kindlad erinevused. Karjäärde heitvees ja Toolse jõe vees kuni Andja maantee sillani on üldfosfori sisaldused madalamad (keskmiselt 0,05 mg/l), kui Selgejões – 0,09-0,12 mg/l, Toolse jõe suudmealal – 0,03-0,39 mg/l (Kunda – Vainupea maantee silla juures) ja väga madal Toolse jões ülemjooksul (alla 0,02-0,03 mg/l). Selgejõe kohta on võrdlusandmed 1987.a ja 1988.a proovide kohta [14, 15], mis olid võetud kahel lävendil, Tallinn-Leningrad maantee silla ja Kaarma küla juures, mis on 2 km suudmest. Vooluhulgad jões on võrreldavad, kusjuures kevadise suurvee ajal on need kõige suuremad. Üldfosfori sisaldus 1987.a oli ülemises lävendis 0,022-0,600 mg/l, keskmiselt 0,205 mg/l (1987.a) ja 0,002-0,644 mg/l, keskmiselt 0,213 mg/l (1988.a) ning alumises lävendis, 2 km suudmest 0,020-0,343 mg/l, keskmiselt 0,169 mg/l (1987.a) ja 0,083-0,359 mg/l, keskmiselt 0,185 mg/l (1988.a), mis on peaaegu 2 korda suuremad, kui 2011.a. Üldlämmastiku sisaldus on Ubja suletud kaevanduses küllalt kõrge (0,91-7,6 mg/l, keskmine 3,1 mg/l), Aru-Lõuna karjääri väljavoolul tavaliselt alla 0,02, mõnikord 0,03-0,08 mg/l ja 6.04.2011.a suurvee ajal – kuni 0,11 mg/l, keskmine 0,046 mg/l, Andja mõisataguse truubi juures – alla 0,02 kuni 0,08 mg/l, Kunda-Vainupea truubi juures 0,58-3,7 mg/l, keskmiselt 1,51 mg/l, Selgejõel 2011.a oluliselt kõrgem – 3,9-5,8 mg/l, keskmiselt 4,8 mg/l, Toolse jõe ülemjooksul – 4,6-15,2 mg/l. Üldlämmastikku 1980ndatel aastatel ei määratud, kuid ligilähedaselt saab hinnata nitraatiooni järgi, üldlämmastik on tavaliselt kõrgem, kui NO_3^- , mis 1987.a oli Selgejõe ülemisel lävendil 0,35-10,0 mg/l, keskmiselt 4,22 mg/l ja alumisel lävendil 0,52-7,15 mg/l, keskmiselt 3,23 mg/l ning 1988.a ülemisel lävendil 0,63-5,10 mg/l, keskmiselt 2,94 mg/l ja alumisel

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

lävendil 2,63-5,36 mg/l, keskmiselt 3,63 mg/l. Võib julgesti öelda, et viimase 20 aasta jooksul ei ole Selgejões tõusnud üldfosfori ja üldlämmastiku kogused jõevees, mis osaliselt on seotud põllumajanduses väetiste kasutamise vähenemisega, kuid teiseks faktoriks on kindlasti asjaolu, et rohkem on hakatud tähelepanu osutama meid ümbritseva looduse probleemidele ja jõgede vee puhtusele.

Järeldused

Toolse jõkke heidavad karjäärivett kaks AS Kunda Nordic Tsement karjääri, Ubja põlevkivi ja Aru-Lõuna lubjakivi karjäär. Toolse jõe vesi on sellele vaatamata puhtam fosfori ja lämmastiku ühendite, kui naabruses voolav Selgejõgi. Loogiliselt nii peakski see olema, sest Pandivere kõrgustiku nõlval on Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi vesi survealine ja puhas, suured väljapumbatavad veehulgad aitavad hoida Toolse jõe veerikkana aastaringi [1, 13, 6]. Tehtud uuringud näitasid, et müüt sellest, et kaevandamine ainult rikub põhjavett, ei vasta tõele. Tänu külmale põhjaveehetele on ka Toolse vesi pisut külmem kuumal suvel ja puhas, mistõttu jõkke tulevad sügisele kudema lõhelised ja väikesi lõhemaime on sageli võimalik näha Aru-Lõuna väljavoolu juures. Kohalikud elanikud teadsid rääkida, et jões käiakse kalu püüdma elektriliste püügivahenditega ja seepärast viimasel ajal pole õngega jõe ääres midagi teha. Lubja- ja põlevkivi kaevandamine enam soodustab kui pärsib, kalade arengut Toolse jões, kus tänu puhtale hapnikurikkale veele on küllalt toitu ka noorkaladele.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring ja Lep10038- Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012.

Viited:

1. Iskül, R. 2007. Kunda ümbruse karjääride teine elu. Reinsalu, E.; Önnis, A.; Sokman, K.; Valgma, I.; Viilup, H. (Toim.). Kaevandamine parandab maad. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 14 – 17.
2. Iskül, R., Robam, K.; Sõstra, Ü. (2009). Kaevandamisvee teke ja selle ärastamine AS Kunda Nordic Tsement karjääridest. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (96 - 101). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
3. Iskül, R., Sõstra, Ü., Robam, K. 2011. Veekõrvaldamine AS Kunda Nordic Tsement karjääridest Pandivere kõrgustiku põhjanõlval. – Rmt: Valgma, I. (koost.), 2011. Kaevandamine ja vesi. Tallinn: Eesti Mäeselts ja TTÜ mäeinstituut. Lk. 73-83.
4. Iskül, R.; Kaeval, E.; Robam, K.; Sõstra, Ü.; Valgma, I. (2009). The Origin and Amounts of Removal Water in the Ubja Oil Shale Opencast Mine and its influence to

- the Toolse River. In: Book of abstracts: International Oil Shale Symposium, Tallinn, Estonia, 8-11 June 2009: (Toim.) Hrenko, R. jt.. Tallinn:, 2009, 83.
5. Iskül, R.; Kaeval, E.; Robam, K.; Sõstra, Ü.; Valgma, I. (2009). Ubja põlevkivikarjääri ärastusvee päritolu ja koguse määramine. Keskkonnatehnika, 3, 34 - 36.
 6. Mustapha Adamu; Aris Ahmad Zaharin. 2012. Spatial aspects of surface water quality in the Jakara Basin, Nigeria using chemometric analysis. Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering Volume: 47 Issue: 10 Pages: 1455-65
 7. Perens, R. 2005. Põhjavee seisund 1999.-2003.aastal. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus. 100 lk.
 8. Pirrus, E.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Robam, K. (2011). Eesti maapõuekasutus ja energeetika : intensiivkursus : Tallinn, 02-03.03.2011. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
 9. Robam, K., Valgma, I., Iskül, R. 2011. Influence of water discharging on the water balance and quality in the Toolse River in Ubja oil shale mining region. – Oil Shale 28, 3, 447-463.
 10. Robam, K. 2009. Kaevandamise mõju veerežiimile Kunda piirkonnas. magistritöö. TTÜ Mäeinstituudi Fond.
 11. Robam, K.; Valgma, I. 2009. Mining influence to the water regime in Kunda region. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (3 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
 12. Sõstra, Ü. (2009). Kivimite mõju elusloodusele ehk kuidas geoloogia, geokeemia, keemia ja bioloogia põimuvad meid ümbritsevas looduskeskkonnas. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 5. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (59 - 67). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
 13. Tonsuaadu, K; Kaljuvee, T; Petkova, V; Traksmäa, R; Bender, V; Kirsimäe, K. 2011. Impact of mechanical activation on physical and chemical properties of phosphorite concentrates. INTERNATIONAL JOURNAL OF MINERAL PROCESSING Volume: 100 Issue: 3-4 Pages: 104-109.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

14. Государственный водный кадастр, 1988. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1987. Часть I. Реки. Т.XV (14) Эстонская ССР, Бассейны рек Эстонской ССР. Таллин, 1988. 136 с.
15. Государственный водный кадастр, 1989. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1988. Часть I. Реки. Т.XV (14) Эстонская ССР, Бассейны рек Эстонской ССР. Таллин, 1989. 136 с.

17. Maardu vee dünaamika

Margit Kolats, Ingo Valgma, Vivika Väizene, Enno Reinsalu, Merle Otsmaa, Mall Orru

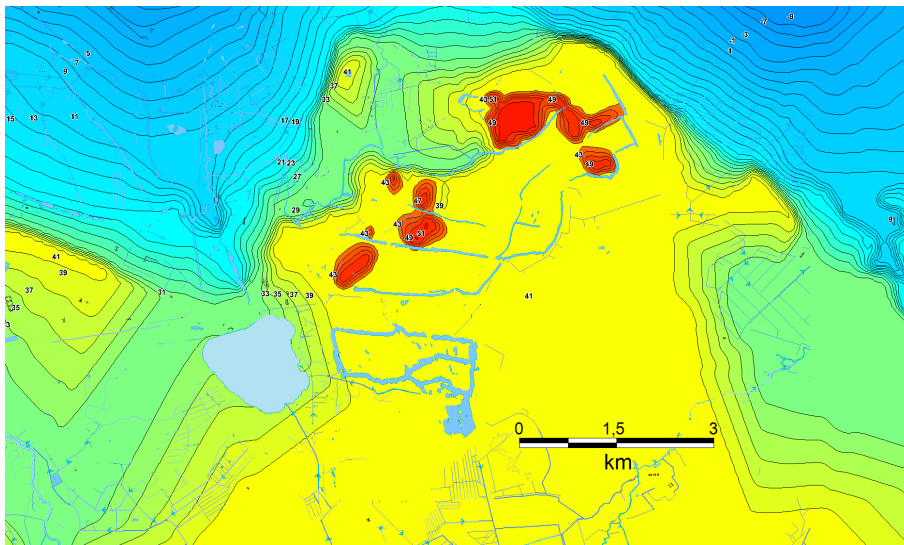
Maardu piirkond on tuntud fosforiidi kaevandamise ja töötlemise kohana. Kaevandamise käigus jäetud kaeveõõned koguvad vett ja mõjutavad vee kvaliteeti. Vesi liigub mööda kraave ja läbi Maardu järve mere suunas, mõjutades nii järve kui merevee kvaliteeti. Samas on veetase reguleeritav mitmete läbivoolukohtade abil. See tekitab veetaseme ja vooluhulga ning seega ka kvaliteedi kiire muutumise. Süsteemse seire ja analüüsi abil saab sellesse olukorda selgust tuua ja kasutada saadavat infot ala edasise kasutamise plaanisel [11, 1, 16].

Mäeinstituut teostab Maardu tehnogeense vee seiret ja analüüsi mille eesmärk on leida võimalusi Maardu järve piirkonnas puhkealade, supluskohtade ja õpperadade loomiseks [5, 18]. Uuringutele eelnesid pikaajalised välitööd, mis hõlmasid puistangute, tranšeede, rekultiveeritud ala ja taimestiku vaatlust, mõõtmist, analüüsimist ja projekteerimist. Ala kohta koostati geotehnilisi, geoloogilisi, hüdrooloogilisi ja mäenduslikke skeeme [10, 17].

Uuritava ala demonstreerimiseks ja abivahendiks on valmistatud makett [Joonis 17-1 Maardu kaevandamispiirkonna makett, vaade ida suunas]. Makett on koostatud kõrgusandmete alusel. Kõrgusandmed on interpoleeritud triangulatsioonimeetodiga. Samuti on fosforiidilasundi põhja kõrgusmudel koostatud interpoleerimise teel triangulatsioonimeetodiga [9, 5, 4, 3].



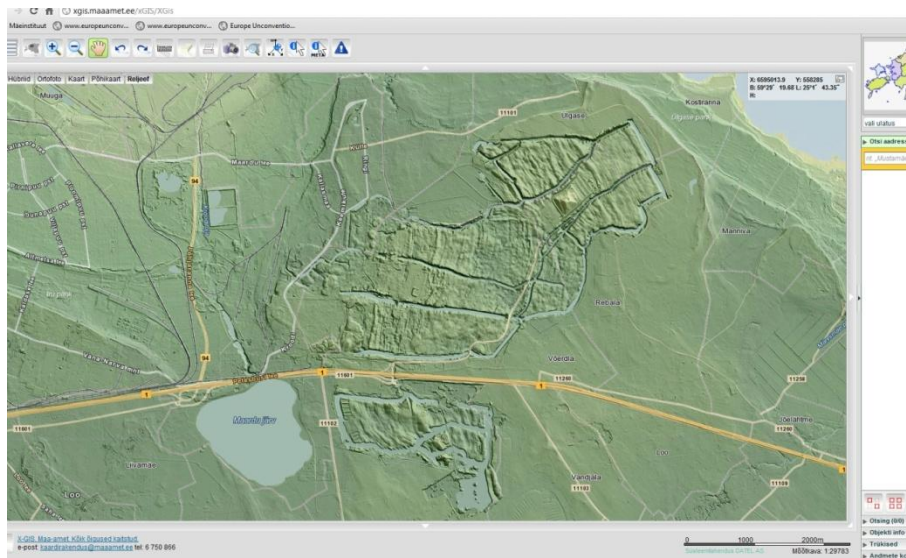
Joonis 17-1 Maardu kaevandamispiirkonna makett, vaade ida suunas



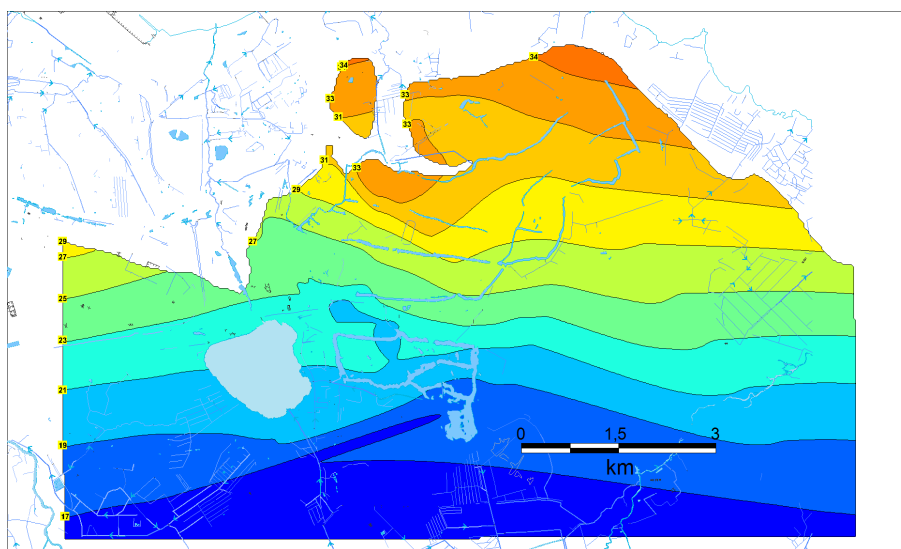
Joonis 17-2 Maardu maapinna kõrgusmudel



Joonis 17-3 Google StreetView vaade Maardu uuest lii klussõlmest



Joonis 17-4 Maa-ameti LIDAR mudel



Joonis 17-5 Maardu fosforiidikihi põhja kõrgusmudel

Maapinna absoluutkõrgus põhjakarjääris on 40 m, mis väheneb loode ja põhja suunas (Tabel 17-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed). Fosforiidilasundi põhja absoluutkõrgus on põhjakarjääris 29 m, mis samuti väheneb lõuna suunas (Tabel 17-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed) [9].

Tabel 17-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed

Ala	Fosforiidilasundi põhi abs, m	Maapinna abs, m	Veetaseme abs, m
Lõunakarjäär	21	40	33
Põhjakarjäär	29	40	31
Maardu kaevandus	24	40	28
Ülgase kaevandus	33	47	33

Maardu järve voolab vett sisse nii kraavidest kui allikatest, kraavide kaudu Maardu lõuna- ja põhjakarjääri vesi, mis võib mõjutada ka järve vee kvaliteeti. Maardu järve väljavool toimub Kroodi oja kaudu merre. Maardu järv oli algselt looduslik veekogu, kuid pärast Kroodi kraavi kaevamist 1894. aastal voolas järv tühjaks. Põhjakarjäärist, ja võimalik, et ka lõunakarjäärist läbi hoideterviku voolab vesi kaevandusse ning kaevanduse kaudu läbi tranšeede ja kraavide Kroodi oja. Kaevandusvee uurimisel on abiks analoogilised meetodid teiste kaevandatud alade uuringutelt [14, 7, 12, 2, 15, 13, 6]. Vee kvaliteet mõjutab Kroodi ojast merre voolava vee omadusi. Vesi filtreerub läbi puistangute ja uhub kaevandusest fosforiidi ja diktüoneema kilda seest välja heljumit [8]. Kaevanduses toimub vee oksüdeerumine ja väljavoolav vesi on pruuni kuni tumepruuni värvusega.

Välitööde käigus tutvuti olukorraga ja selgitati välja võimalike lävendite asukohad. Välja valiti iseloomulikud kohad, kus hakata jälgima vee liikumist ja taset ning mõõtma vee vooluhulki ja hindama kvaliteeti (Joonis 17-7 Vooluhulkade mõõtmine). Igasse mõõtepunkti paigutati reeper, et veetaset oleks lihtne määrata. Igale reeperile määrati kõrgus ja lähtuvalt sellest veetasemed (Joonis 17-6 Lävendite mõõdistamine reaalselt gps-ga).

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012



Joonis 17-6 Lävendite mõõdistamine reaalaraja gps-ga



Joonis 17-7 Vooluhulkade mõõtmine

Kokkuvõte

Töö käigus loodi seirevõrk ja paigaldati reeperid, mistõttu on seire läbiviimine tõhusam ja kiirem. Välitööde käigus kogutakse andmeid juurde, mille põhjal on võimalik koostada põhjalikum andmebaas ja mudel vee liikumise kohta Maardu fosforiidimaardla piirkonnas.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring, Lep10038- Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012, AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja projektiga VIR491 MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas.

Viited:

1. Bitjukova, L., Shogenova., A., Birke, M. 2000. Urban geochemistry: a study of element distributions in the soils of tallinn (estonia). *Environmental Geochemistry and Health*
2. Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Field work in the role of teaching and research of rock properties. In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2008, 66 - 70.
3. Kolats, M. (2009). Spatial models in mining. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
4. Kolats, M.; Anepaio, A. (2009). Kolmedimensiooniliste mudelite loomine. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (60 - 63). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
5. Kolats, M.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Ruumimudelid mäenduses. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
6. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
7. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut

8. L. Bityukova, R. Scholger and M. Birke. Magnetic Susceptibility as Indicator of Environmental Pollution of Soils in Tallinn. Phys. Chem. Earth (A), Vol. 24, No. 9, pp. 829-835, 1999
9. Maardu Põhjakarjääri sulgemise projekt. Mäekateeder. Tallinna Tehnikaülikool. 1991
10. Pastarus, JR.; Astapov, P. (2005). Killustiku ja plokkide kaevandamine Maardu graniidimaardlas. In: Ehitusmaterjalide kaevandamine ja varud: Eesti Mäekonverents 2005. 15.aprill 2005. (Toim.) I. Valgma. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2005, 59 - 64.
11. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa, TTÜ Mäeinstituut
12. Robam, K.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Kolats, M.; Valgma, I. (2008). Measuring mining influence in the form of students practice in opposition to the emotional environmental impact assessment . In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinna Tehnikaülikool, 2008, 62 - 65.
13. Valgma, I.; Robam, K.; Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Otsmaa, M. (2010). Potential of underground minewater in Estonian oil shale mining region. Lahtmets, R (Toim.). 9th International Symposium Pärnu 2010 "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II", Pärnu, Estonia, June 14 - 19, 2010 (63 - 68). Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi
14. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuuringud ja kaevandamine.
15. Valgma, Ijt (2008-2012). Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: TTÜ mäeinstituut]
16. Veski, Siim (1989). Maardu järve geoloogiast ja nüüdisseisundist. TRÜ Geoloogiaosakonna diplomitöö. Tartu, 1989. 106 lk. (in Estonian).
17. Väizene, V. (2009). Maardu graniidikaevanduse rajamise ja kaeveõõnte teisese kasutamise võimalused. Kadri Runnel (Toim.). TalveAkadeemia 2009 : uute ideede kohtumispaik : üliõpilaste teadusartiklite konkursi kogumik (-). Harjumaa: Talveakadeemia
18. Västrik, A.; Anepaio, A.; Kolats, M. (2009). Innovaatiline teadus- ja õppekeskuse muuseum Tallinnas. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.;

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (69 - 72). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus

18. Veeseire

Margit Kolats

Kaevandamise üheks keskkonnaprobleemiks on veekõrvaldus, millega kaasneb vee kvaliteedi muutus, selles veekogus kuhu vesi suunatakse [11]. Veekõrvaldamine on oluline kuna kaevandamine veega täidetud ees on raskendatud, ohtlik ja kulukas. Samuti on veekõrvaldamine vajalik kui on üleujutuse oht, mis on sagedane altkaevandatud alal, kus kaevandus on suletud ja vett enam ei pumbata siis veetase tõuseb ja hakkab üle ujutama väiksemaid teid. Selleks rajatakse kaevandusele ülevoolud kust vesi suunatakse edasi kraavi või jõkke (Joonis 18-1).

Veekõrvaldus koosneb vee ärajuhtimise, kogumise, väljapumpamise ja setitamise või töötlemise süsteemidest. Vee ärajuhtimiseks rajatakse karjääri või kaevandusse põhjale kuivenduskraavid, mis juhivad vee veekogurisse (Joonis 18-2, Joonis 18-3). Veekogur on koht kuhu koguneb kogu karjääri või kaevanduse vesi. Veekogur asub tavaliselt kõige madalamas kohas karjääris või kaevanduses (Joonis 18-6, Joonis 18-5). Veekoguri juurde paigutatakse pumpla ning sealt pumbatakse vesi settebasseini (Joonis 18-4, Joonis 18-5). Settebasseinist liigub vesi edasi suublasse, milleks võib olla kraav või jõgi (Joonis 18-7, Joonis 18-8, Joonis 18-9, Joonis 18-10). Veekõrvaldus on levinud ka teiste maade veerohketes piirkondades, kus on aktiivne kaevandamine [7].

Mäeinstituut viib läbi mitmeid karjäärade veeseireid ja kaevandamise veekõrvaldusuuringuid, kus jälgitakse karjäärade ümbruses olevate puurkaevude ja salvkaevude veetasemeid ning veekogude kvaliteeti ja vooluhulkasid (Joonis 18-11). Vooluhulkade jälgimine on seotud ka vee tagasi infiltreerumisega karjääri [9]. Lisaks on teostanud Mäeinstituut suletud kaevandustes oleva vee uuringuid ja modelleerinud selle liikumist ning kasutust soojusallikana [6, 12, 2,13].

Mõõtmiste teostamiseks koostatakse karjääri või kaevanduse ümber seirevõrk, mis sisaldab lävenditeid ehk iseloomulikke kohti, mis kirjeldavad karjääri ümbruse veetasemeid ja kvaliteeti kõige paremini (Joonis 18-12) [1, 10].

Kui on piisavalt andmeid veetasemete ja kvaliteedi kohta siis on võimalik modelleerida vee liikumist, mis demonstreerivad veetasemeid lähtudes kõrgusmudelist (Joonis 18-13, Joonis 18-14) [5, 4, 3].



Joonis 18-1 Kaevanduse ülevool



Joonis 18-2 Karjääri veekõrvalduskraav



Joonis 18-3 Kaevanduse veekõrvalduskraav



Joonis 18-4 Karjääri pumbajaam



Joonis 18-5 Karjääri settebassein



Joonis 18-6 Allmaabassein



Joonis 18-7 Karjääri väljavool veekõrvaldustorust suublasse



Joonis 18-8 Väljavool allmaapumplast



Joonis 18-9 Vee ärajuhtimise kraav



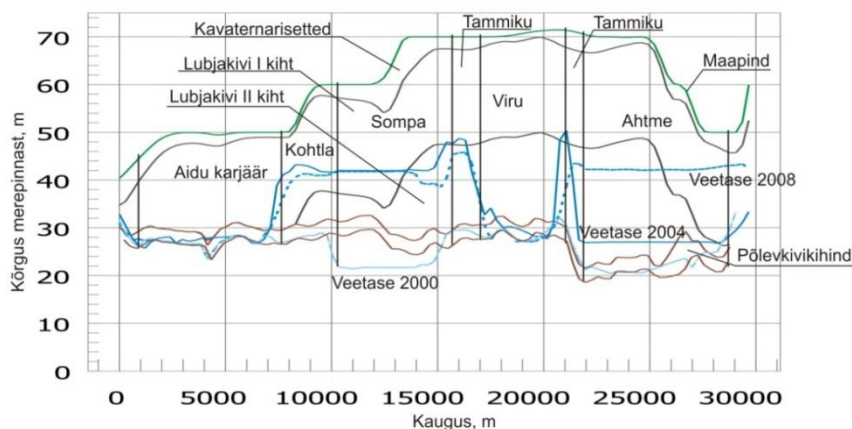
Joonis 18-10 Vee ärajuhtimiseks kasutatav jõgi



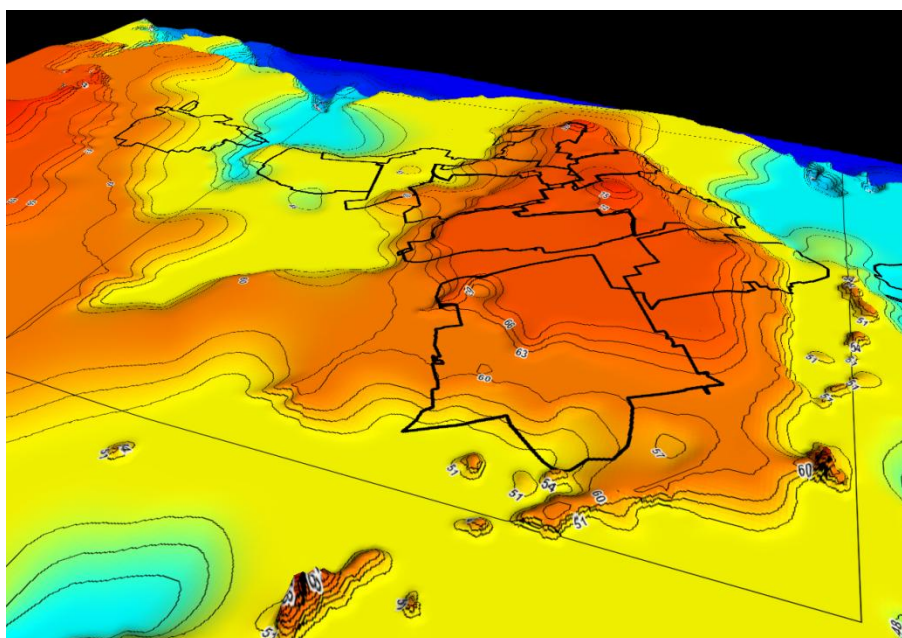
Joonis 18-11 Puurkaevu veetaseme mõõtmine



Joonis 18-12 Lävend truubis



Joonis 18-13 Altkaevandatud ala läbilõige



Joonis 18-14 Maapinna kõrgusmudel

Kokkuvõte

Veeseire teostamine aastate kaupa annab hea andmete pagasi, et teha järeldusi ja võrdluseid veetasemete, vooluhulkade ja kvaliteedi vahel.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring, Lep12033 - Kurevere-Esivere ja Vaslema karjääride veeseire, Lep10038 - Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012, AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäätike/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas.

Viited:

1. Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Field work in the role of teaching and research of rock properties. In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2008, 66 - 70.
2. Karu, V.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Kaevandusvee kasutamise potentsiaal sooja tootmiseks. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (84 - 94). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
3. Kolats, M. (2009). Spatial models in mining. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
4. Kolats, M.; Anepaio, A. (2009). Kolmedimensiooniliste mudelite loomine. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (60 - 63). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
5. Kolats, M.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Ruumimudelid mäenduses. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
6. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
7. Olias, Manuel; Moral, Francisco; Galvan, Laura; Ceron, Juan Carlos. (2011). Groundwater contamination evolution in the Guadamar and Agrio aquifers after the Aznalcollar spill: assessment and environmental implications. Source: Environmental monitoring and assessment Volume: 184 Issue: 6 Pages: 3629-41
Published: 2012-Jun (Epub 2011 Jul 23)
8. Reinsalu, E.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Väizene, V.; Önnis, A.; Karu, V.; Valgma, I.; Anepaio, A.; Västriku, A. (2008). Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: TTÜ mäeinstituut]
9. Robam, K.; Valgma, I.; Iskül, R. (2011). Influence of water discharging on water balance and quality in the Toolse river in Ubja oil shale mining region. Oil Shale, 28(3), 447 - 463.

10. Robam, K.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Kolats, M.; Valgma, I. (2008). Measuring mining influence in the form of students practice in opposition to the emotional environmental impact assessment . In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinna Tehnikaülikool, 2008, 62 - 65.
11. Vaht, R.; Mayes, W.M.; Luud, A. (2011). Impact of Oil Shale Mining on Flow Regimes in Northeast Estonia. Mine Water and the Environment, 1 - 13. [ilmumas]
12. Valgma, I.; Robam, K.; Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Otsmaa, M. (2010). Potential of underground minewater in Estonian oil shale mining region. Lahtmets, R (Toim.). 9th International Symposium Pärnu 2010 "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II", Pärnu, Estonia, June 14 - 19, 2010 (63 - 68). Tallinn: Estonian Society of Moritz Hermann Jacobi
13. Vosloo, J (Vosloo, Jan); Liebenberg, L (Liebenberg, Leon)1; Velleman, D (Velleman, Douglas). (2012). Case study: Energy savings for a deep-mine water reticulation system. Source: APPLIED ENERGY Volume: 92 Pages: 328 335 DOI: 10.1016/j.apenergy.2011.10.024 Published: APR 2012

19. Kaevandamisega kaasnev tolm

Ain Anepaio

Kaevandamisega kaasneb mitmeid keskkonnamõju muutusi, karjäärid, puistangud, lageraie, kuivendatud alad. Lisaks visuaalsele muutusel kaasneb ka tolm, müra, vibratsioon. Kui müra ja vibratsioon võivad olla lühiajalised siis tolmu eraldumise jälgi võib näha ka pärast kui kaevandamine on lõppenud.

Vastavalt Eestis kehtivatele seadustele, mis sätestavad lubatavad tolmuosakeste suurused välisõhus mõõdetakse MP_{10} ja $MP_{2,5}$ suurusega tolmu osakesi [1]. 24 tunni MP_{10} keskmine piirväärtus on $0,05 \text{ mg/m}^3$. Seda suurust võib ületada vaid 7 korda kalendriaasta jooksul [2]. Kui aga ettevõtte ületab etteantud suurust rohkem kui 7 korda peab ta võtma kasutusele tolmu vähendamise meetmeid. Meetmeteks on teede kastmine, kaevise niisutamine.

Tolmupilv koosneb erineva suurusega tolmuosakestest. Suuremad osakesed langevad kiiremini kui väiksemad. Inimestele on kahjulikumad just väiksemad osakesed, kuna need satuvad kergemini inimese hingamisteedesse. Uuringutes on leitud, et kaevandamisel tekkiv tolm sisaldab järgnevaid osakesi: $\leq 2,5 \mu$ ($PM_{2,5}$) 6-22%; $> 2,5 \mu$ kuni $\leq 10 \mu$ 22-36%; $> 10 \mu$ kuni $\leq 100 \mu$ 22-38% ja $> 100 \mu$ 18-37% [3].

Kaevandamisel eraldub õhku kõige rohkem tolmu kui ilmad on kuivad ja tuulised. Olukord on parem kui kaevise töötlemine toimub pilvise või niiske ilmaga [4]. Lenduvad on turba tolmu osakesed, seega tuleb turba tootmisel kasutada vaakumtehnoloogial põhinevaid masinaid [5]. Näiteks pneumo turbakoguja.

Lõhketööde poolt tekitavat tolmu saab vähendada, kui lõhketöid teha vee sees [6]. Kuid vee sees lõhkamine toob kaasa suuremad kulutused lõhketöödele, mis omakorda suurendab majanduslikke kulutusi [7]. Vee sees lõhkamine annab võimaluse, aga purustada materjali vähese tolmu lenduvusega kuna purustatav materjal on niiske [8].

Karjäärides tekitavad tolmu freeskombainid. Freeskombainide kasutamine kaevandamisel on kasulik, kuna saab kaevandada selektiivselt, mis annab majandusliku eelise [9]. Freeskombaini kasutamine aga tekitab tolmu. Tolm eraldub kivimimurdmisel kui ka laadimisel. Erinevalt lõhketöödest tekitab kombain tolmu terve oma töö aja.

TTÜ Mäeinstituut on viinud läbi tolmu analüsaatoriga (Joonis 19-1 Tolmu analüsaator) mõõtmisi erinevates kaevandamisega seotud ning kaevandamise mõjudeta kohtades [10]. Tulemused on toodud tabelis (Tabel 19-1). Tabelis on toodud olulisemad tolmu tekitavad tegevused, kuid tuleviku-uuringutes on kavas mõõta ka ebatraditsioonilisi kohtasid (linna tänavad, kraavide kaevamine) [11].


Joonis 19-1 Tolmu analüsaator
Tabel 19-1 Tolmu mõõtmise tulemused

Asukoht	Tegevus	Ilm	TWA* (8h), mg/m ³	Keskmine, mg/m ³
Kuusemets	-	Päiksepaisteline, kuiv	0,003	0,027
Maantee	Maantee liilus	Päiksepaisteline, kuiv	0,001	0,011
Põlevkivi- karjäär	Kaevise purustamine	Päiksepaisteline, kuiv	0,008	0,060
Lubjakivi- karjäär	Kaevise purustamine	Päiksepaisteline, kuiv	-	0,136
Põlevkivi- karjäär	Kaevise purustamine	Pilvine, kuiv	0,030	0,242
Põlevkivi-	Kaevise sõelumine	Pilvine, kuiv	0,007	0,059

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

karjäär				
Turbaväli	Turba laadimine	Päiksepaisteline, kuiv	0,002	0,027

*TWA-kaalutud keskmine

Tolmu vähendamiseks tuleb kaevandamise juures kasutada niisutussüsteeme. Niisutussüsteemid tuleb paigaldada tolmu tekitatavatele protsessidele (puurimine, materjali laadimine) juurde [12]. Tolmu vähendamise meetmeid on võimalik modelleerida spetsiaalsete tarkvaradega [13]. Tolmu leviku modelleerimist saab teostada näiteks CadnaA või Breeze Aermod GIS tarkvaradega. Modelleerimisel on vajalik, et arvestatakse maapinna ja teisi looduslikke ning tehisklikke tõkkeid [14].

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega KIK11065 – Tolmumõõtja DustTrak II HC soetamine ja AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Välisõhu saastatuse taseme määramise kord1, RTL 2004, 128, 1984
2. Välisõhu saastatuse taseme piir-, sihtväärtused ja saastetaluvuse piirmäärad, saasteainete sisalduse häiretasemed ja kaugemad eesmärgid ning saasteainete sisaldusest teavitamise tase. RTL 2004, 122, 1894
3. Mandal K., Kumar A., Tripathi N., Singh R. S., Chaulya S. K., Mishra P. K., Bandyopadhyay L. K. (2012) Characterization of different road dusts in opencast coal mining areas of India, Environmental Monitoring and Assessment, Vol 184, No. 6
4. Tolmu ja müra mõõtmine, 16.06.2011 (23.05.2012)
<http://maelabor.blogspot.com/2011/06/tolmu-ja-mura-mootmine-16062011.html>
5. Orru, M.; Ramst, R.; Nahkur, R. (2009). Laukasoo turbamaardla Raudsaare turbatootmisala rajamise keskkooamõju hindamise aruanne. Eesti Geoloogiakeskus
6. Vesiloo, P.; Anepaio, A. (2011). Uus killustikutoorme kaevandamise tehnoloogia. Inseneria, Veebruar, 12 - 14.
7. E Reinsalu (2000) Relationship between crude mineral cost and quality, Miner. Resour. Eng 9 (2), 205-213
8. Vesiloo, P.; Anepaio, A.; Väizene, V. (2011). Dolokivi vee seest kaevandamise kogemus. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (101 - 106). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
9. Karu V., Västrik A., Anepaio A., Väizene V., Adamson A., Valgma I., (2008) Future of Oil Shale Mining Technology in Estonia, Oil Shale, Vol 25, No 2

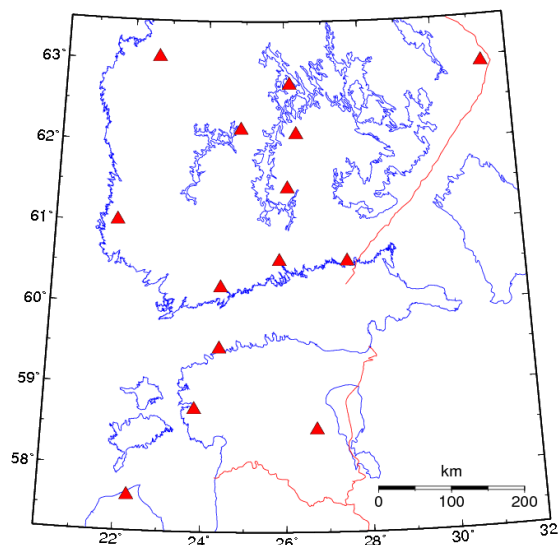
Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

10. Tolmu ja müra mõõtmine, 09.05.2012, (23.05.2012)
<http://maelabor.blogspot.com/2012/05/tolmu-ja-mura-mootmine-09052012.html>
11. Karu V., Kolats M., Väizene V., Anepaio A., Valgma I., (2008) Field work in the role of teaching and research of rock properties, 5th International Symposium " Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology
12. Liu, XH (Liu, Xinhe)1; Li, ZN (Li, Zhening)1; Zhang, XL (Zhang, Xiangling)1; Yu, HY (Yu, Haiyang)1; Wang, P (Wang, Peng)1, (2011), Application of affusion in coal for dust control, Procedia Engineering, Vol 26
13. Karu V., Västrik A., Valgma I., (2008) Application of Modelling Tools in Estonian Oil Shale Mining Area, Oil Shale, Vol 25, No 2
14. Kolats, M.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Ruumimudelid mäenduses. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-).Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

20. Kaevandusvaringute avastamine Eesti põlevkivimaardlas seismiliste sündmuste abil

Merle Otsmaa, Heidi Soosalu, Ingo Valgma, Jüri-Rivaldo Pastarus

Maavarade kaevandamise ja mäetööde paratamatuks tagajärjeks on muutused maa välisilmes ning ülemiste kihtide geoloogilises ehituses. Võiks arvata, et kui kaevandamine toimub maa all, jääb maapind rikkumata. Kuid siiski võime maavara madala lasumuse puhul täheldada altkaevandatud alale omast mikroreljeefi. Võib ette tulla järsuseinalisi, mõnes kohas isegi maa peale avanevaid varinguauke. Mahajäetud või suletud kaevandustest põhjustatud reljeefimuutused võivad tekkida väga ebasobivatesse kohtadesse [6]. Varinguaugud tulevad suuremad kui laavakaevandamisel, kuna väljatakse ka kogu kaevandatavas põlevkivikihtis olnud lubjakivi. Viimased tähelepanuväärsemad varingud toimusid Estonia kaevanduses 2008. aasta jaanuaris ja juulis [12]. Varingud võivad põhjustada hoonete ja teede purunemisi, maapinna liigniiskumist, mullaerosiooni põllumaadel. Sellepärast on üpris oluline püüda prognoosida varingute võimalikkust erinevates piirkondades [19, 20, 2]. Paikapidavate prognooside tegemine nõuab olemasolevate varingute põhjalikku ja igakülget uurimist, mis omakorda eeldab nende varingute avastamist. Tähtsaks uuringufaktoriks on aeg, mis kulunud kaevandamisest kuni võimaliku maapinna vajumiseni [18]. Peab märkima, et tuleviku kaevandamistehnoloogia valik sõltub kaevandatav maa potentsiaalsest stabiilsusest [21]. Maapinna stabiilsus mõjutab uute kaevandamislubade saamist ja ressursikasutust [22]. Varinguid on hea märgata käidavates ning inimeste poolt kasutatavates kohtades, aga kui maapinna vajumine leiab aset metsas ja juba suletud kaevanduse alal, ei pruugi ükski inimene sellest midagi teada [7]. Varinguid võib olla suhteliselt lihtne avastada nende ligikaudset asukohta teades. Joonis 20-3 on näha Estonia kaevanduse varingu kohal puude kalduvajumine varingu suunas. Kaevandusvaringuga kaasneb seismiliste lainete teke ja levik maakoores, mida registreerivad seismilise seire jaamad Eestis ja Soomes (Joonis 20-1 Kasutatud seismilise seire süsteem [11]). Antud uurimus püüab nende seireandmete põhjal välja selgitada seni märkamatuks jäänud kaevandusvaringuid [9, 14, 15, 13, 5].



Joonis 20-1 Kasutatud seismilise seire süsteem [11]

Tänu seismilise seire andmetele muutub kaevandusvaringute avastamine palju lihtsamaks, on võimalik avastada juba toimunud ja praegu toimuvaid varinguid. Käesolevas töös uurisime Helsingi Ülikooli Seismoloogiainstituudi igakuiseid Põhja-Euroopa seismilisi sündmusi kajastavaid bülletääne, milles on registreeritud nii maavärinad kui ka inimtegevusest põhjustatud seismilised sündmused Skandinaavias, Loode-Venemaal ja Eestis ning kindlaks määratud nende täpsed toimumiskohad [9]. Varingute ja lõhkamisest tingitud seismiliste sündmuste eristamine on võimalik [1, 16].

Eesti alal registreeritakse tavaliselt mitukümmend seismilist sündmust kuus. Seda on päris palju ja enamik tähistavad lõhkamisi lubjakivi- või põlevkivikarjäärides. Kõigi nende sündmuste kontrollimine, kas mõni neist juhuslikult pole seotud kaevandusvaringuga, oleks ülimalt pikk ja aeganõudev protsess. Seetõttu pidasime mõistlikuks võtta arvesse, et Eestis on lõhkamine karjäärides lubatud üksnes päevasel ajal. Kogemused on näidanud, et lõhkamisi viiakse läbi peaaegu eranditult üksnes tavapärasel tööajal ja väga harva nädalavahetustel. Seetõttu võtsime lähema vaatluse alla ainult sellised seismilised sündmused, mis leidsid aset ebatavalisel ajal, kas hilisõhtul, varahommikul, öösel, pühapäevadel või pühade ajal. Satelliidifotode põhjal tegime kindlaks, kas võimalikud varingukohad ikka paiknevad töötava või suletud kaevanduse alal.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

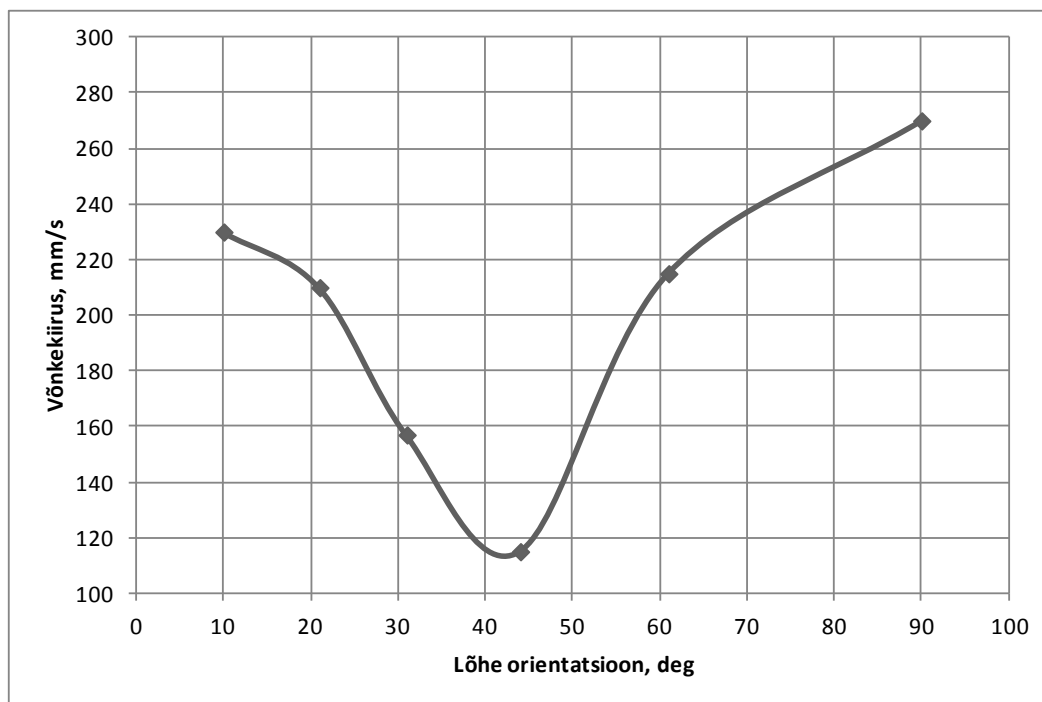
Otstarbekas on veel uurida võimalike varingute asukohti Maa-ameti laserskaneerimisega (LIDAR) koostatud reljeefikaardil ning sel kombel saada lisainformatsiooni [3]. Kui varing on juba kahe meetodi abil üles leitud, on õige aeg läbi viia varingu uuring ja mõõdistamine kohapeal. On loodud laialdane tehnoloogilisi, keskkondlikke ja kaardistamisandmeid sisaldav GIS-andmebaas kaevanduspiirkonna tarbeks, mida saab kasutada kaevandusvaringute uurimisel [11,17, 8].

Helsingi Ülikooli seismilise seire bulletääne uuriti aastate 2003 – 2005 kohta. Tabel 20-1 on esitatud potentsiaalsete kahtluse all olevate varingukohtade hulk, mis vajavad põhjalikumat uurimist.

Tabel 20-1 Oletatavate varingute arv aastate ja kuude lõikes

	2003	2004	2005
Jaanuar		2	
Veebruar			
Märts		3	1
Aprill	2	1	1
Mai		2	
Juuni			
Juuli		1	2
August		2	
September			
Oktoober			
November			
Detsember			

Oletatavate varingute asukohad said välja valitud nende ebahariliku toimumisaja tõttu, mil inimeste poolt tekitatud seismilised sündmused pole tõenäolised. Seismilise sündmuse aeg oli määratud väga täpselt. Asukoha täpsus pole nii suur seismilise seirevõrgu hõreduse tõttu. Ka asub lähim seismilise seire jaam põlevkivi kaevandusalast üsna kaugel: ligikaudu 120 – 180 km. Spetsiaaluuringute ja eksperimentidega kaevandustes on tõestatud, et seismiliste lainete võnkekiirus sõltub lõhede olemasolust ja orientatsioonist kivimis [10] (**Joonis 20-2**). Kui lõhe on 40 - 50⁰ nurga all, siis võnkekiirus väheneb tunduvalt, kaks kuni kolm korda. Ilmselt mõjutab seismilise sündmuse toimumiskoha täpsuse määramist ka seismiliste lainete võnkekiiruse muutumine.



Joonis 20-2 Seismilise laine võnkekiirus erinevate lõheorientatsioonide korral [10]

Meile huvi pakkuvate seismiliste sündmuste tugevus oli 0,9 kuni 1,8 magnituudi. Meeldetuletuseks olgu öeldud, et Estonia kaevanduse varingute tugevused olid 1,8 ja 2,0 magnituudi [13].

Kokkuvõte

Seismiline meetod on tõestanud oma efektiivsust kaevandusevaringute tõestamisel kahel korral Estonia kaevanduses 2008. a. Nüüd laiendame seda meetodit oletatavate varingute seismogrammide uurimisel. 2008. a kogemuste põhjal on näha, et lõhkamise seismogrammide erinevad oluliselt kaevandusvaringu seismogrammidest. On võimalik eristada neid kahte sündmust maavärinatest. Teiseks on vaja võrrelda võimalike varingute asukohti LIDARi reljefimudeliga. Kui need uuringuandmed langevad kokku, võime olla kindlad kaevandusvaringu toimumises ja jätkata uuringut välitöödega (Joonis 20-1 Kasutatud seismilise seire süsteem [11]).



Joonis 20-3 Puud on vajunud kaldu kaevandusvaringu suunas.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: ETF 9018 – Kaevandusvaringud Kirde-Eestis – avastamine, identifitseerimine ja põhjused, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, ETF78123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses.

Viited:

1. Discriminating between large mine collapses and explosions using teleseismic P waves. Author(s): Bowers, D (Bowers, D); Walter, WR (Walter, WR). Source: PURE AND APPLIED GEOPHYSICS Volume: 159 Issue: 4 Special Issue: SI Pages: 803-830 DOI: 10.1007/s00024-002-8660-8 Published: FEB 2002
2. Erg, K.; Reinsalu, E.; Valgma, I. (2003). Geotechnical Processes and Soil-Water Movement with Transport of Pollutants in the Estonian Oil Shale Mining Area. In: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference on Environment. Technology. Resources: 4th International Scientific and Practical Conference on Environment. Technology. Resources. 26-28. June 2003, Rezekene. , 2003, 79 - 84.
3. Karu, V. (2012). Dependence of land stability on applied mining technology. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral Scholl of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (252 - 255).Elektriajam
4. Lind, H.; Robam, K.; Valgma, I.; Sokman, K. (2008). Developing computational groundwater monitoring and management system for Estonian oil shale deposit. Agioutantis, Z.; Komnitsas, K. (Toim.). Geoenvironment & Geotechnics (GEOENV08) (137 - 140).Heliotopos Conferences
5. Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: TTÜ mäeinstituut] 2008-2012

6. Otsmaa, M., Karu, V. (2011). Posttehnoloogilised protsessid altkaevandatud alal. Aprillikonverentsi ettekanne 2011.
7. Reinsalu, E.; Toomik, A.; Valgma, I. (2002) Kaevandatud maa. TTÜ Mäeinstituut.
8. Reinsalu, E.; Valgma, I (2003). Geotechnical processes in closed oil shale mines. Oil Shale, 20(3), 398 - 403.
9. Seismic Bulletins. <http://www.helsinki.fi/geo/seismo/english/bulletins/index.html> 22.05.2012
10. Singh, S. P., Narendrula, R. Assessment and prediction of rock mass damage by blast vibration. Mine Planning and Equipment Selection. Taylor and Francis Group, London, 2004, p. 317-322.
11. Soosalu, H.; Uski, M.; Kortström, J. (2008) Joint Finnish-Estonian seismic analysis of quarry blasts in NE Estonia. Nordic seminar 2008. Karu, V.; Västriku, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area. Oil Shale, 25(2S), 134 - 144.
12. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collaps with seismic methods - a case study from Estonia. In: Book of abstracts: International Oil Shale Symposium, Tallinn, Estonia, 8-11 June 2009: Tallinn:, 2009, 101 - 102.
13. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collapses with seismic methods- a case study from Estonia. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
14. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid. Keskkonnatehnika, 3, 6 - 9.
15. Soosalu, H.; Valgma, I.; Sokman, K (2009). Seismic detection and on-site survey of mine collapses in Estonia. Nordic Seismic Seminar, Stockholm, 14.-16.10.2009. , 2009.
16. Source Mechanism-Dipole versus Single Force Application to Mining Induced Seismic Events in Deep Level Gold Mines in South Africa. Author(s): Sileny, J (Sileny, J.); Milev, AM (Milev, A. M.). Editor(s): Potvin, Y; Hudyma, M. Source: RASIM6: CONTROLLING SEISMIC RISK Pages: 259-265 Published: 2005
17. Valgma, I. (1999). Mapping potential areas of ground subsidence in Estonian underground oil shale mining district. In: Proceedings of the 2nd International Conference "Environment. Technology. Resources". Rezekne, Latvia 25-27 June 1999: 2nd International Conference "Environment. Technology. Resources". Rezekne, Latvia 25-27 June 1999. , 1999, 227 - 232.
18. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
19. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral Scholl of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
20. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Erg, K.; Kattel, T.; Lind, H.; Mets, M.; Pastarus, J.-R.; Sõstra, Ü.; Sabanov, S.; Rannik, E.; Karu, V.; Västriku, A.; Tohver, T.; Hansen, R.;

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

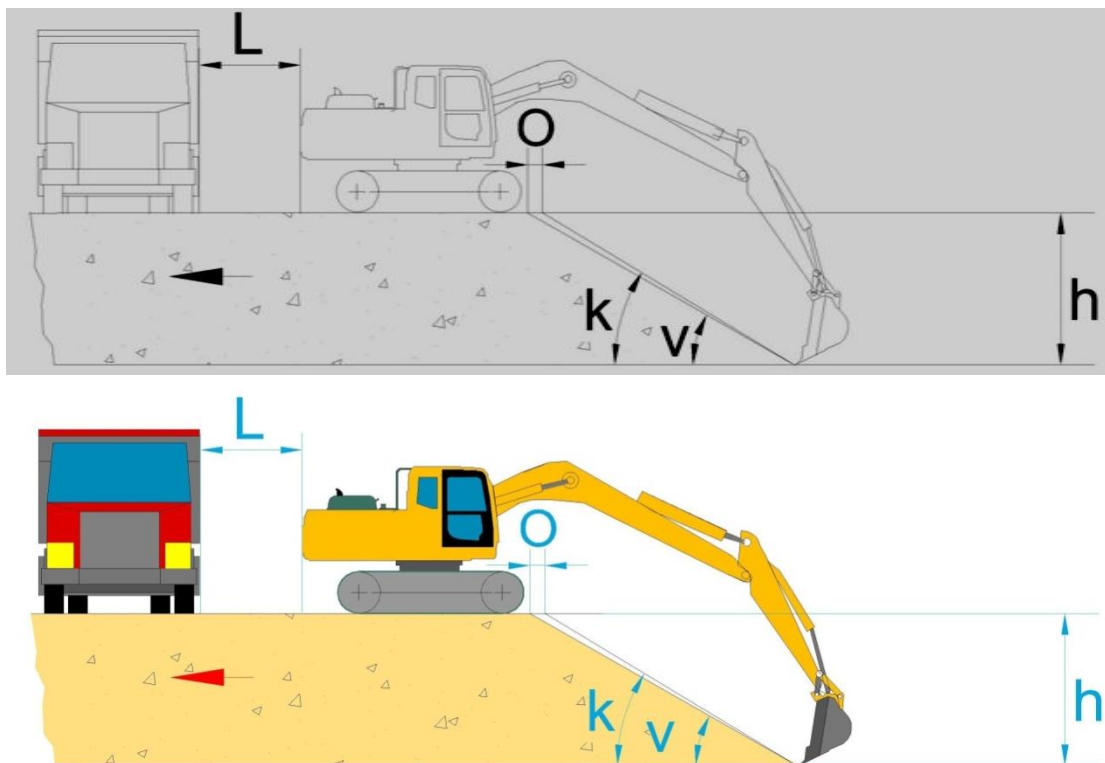
- Tammemäe, O.; Torn, H. (2006). Eesti maapõue geotehnoloogilised mudelid, erijuhus - lavamaardlad.
21. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
22. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.

21. EE passide ja tehnoloogiliste skeemide koostamine

Martin Nurme

Kaevandamise ja korrastamise projekti osadeks on lisaks aruandele ja maaala plaanidele ka EE passid ja tehnoloogilised skeemid. [11] [14] Need annavad täpse ülevaate, kuidas toimub masinate töö ja korraldus. Ee passides on ära toodud: astangu kõrgus, nõlva nurgad, ohuperve laius, võimalikud varisemisala piirid, manööverdusskeemid jm. Tehnoloogilised skeemid ja plaanid koosnevad kaevandamistöde tegemise skeemist, kaevise veoskeemist tranšees, põhimõttelisest veekõrvalduse skeemist ja puistangute moodustamisviisist koos lubatavate nõlvustega. [2] [12] Kuna ühtset kindlat süsteemi pole välja kujunenud, siis paljud projekti koostajad kasutavad erinevaid kujutamisi viise ja värvilahendusi nende tegemiseks. Sõltub ka, mis programmi kasutada, kuna tarkvaraprogramme on palju nagu näiteks AutoCAD Civil 3D. [4] [9] Kuid milline oleks kõige efektiivsem ja kasulik lahendus?

Erinevate projektide puhul koostatakse erinevaid skeeme ja jooniseid. Osal skeemidel on masinad detailselt kujundatud ja värvitud erinevate värvidega. Teistel aga mustvalgelt lihtne joonistus, mis küll annab soovitud tulemuse, kuid väljanägemine pole kaasahaarav. Sama on ka erinevate läbilõigete ja maastikumärkidega. Skeemide ja Ee passide ülesandeks on siiski vaid edasi anda vajalikku informatsiooni (Joonis 20-4 Ee passide näidised).













Joonis 20-4 Ee passide näidised

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Lubjakivi raimamisel tuleb valida konkreetne raimamisviis (puur-lõhketööd, mäekombain, ripper, kobestuskonksuga ekskavaator ja hüdrovasar). [17] [16] Kui on olemas vajaliku masina joonis, näiteks hüdrovasar, siis tuleb karjääris töötava hüdrovasara andmed kanda EE passile. Mõne parameetri puudumisel võib digitaalprojekteerimise puhul kasutada sarnaseid näiteid, kus vastavat tehnoloogiat kasutatakse. [5] [19] Pärast Ee passi koostamist tuleb see masin, märkida tehnoloogilisele plaanile kohta, kus ta töötab. Tehnoloogilisele plaanile enam parameetreid ei märgita. Skeeme ja EE passe tuleb teha nii lubjakivi, põlevkivi, söe, turba kui ka iga muu maavara kaevandamiseks.[1] [15] Projekteerimisel on aga tähtis tagada inimeste ja masina ohutus, kõige optimaalsem kaevandamismoodus ja jätkusuutlik kaevandamine. [7] [18]

Jooniste ja skeemide suurused aga sõltuvad vastavalt vajadusele. Kuna Ee passidel pole üldjuhul mõõtkava oluline, vaid põhimõtte, siis on hea tava neid koostada A4-le. Tehnoloogilised skeemid sõltuvad, aga maa-ala suuruselt, nendel paiknevatest elementidest ja mõõtkavast. Seetõttu varieerib nende suurus A4-st A0-ni. Vajadusel kasutatakse ka erimõõtusid. Mõõtkavad vastavad kindlatele reeglitele. Reegleid tuleb järgida ka tehnoloogiliste skeemide joonte kasutamisel. (Tabel 20-2 Plaanidele esitavad nõuded). [10][3] [8]

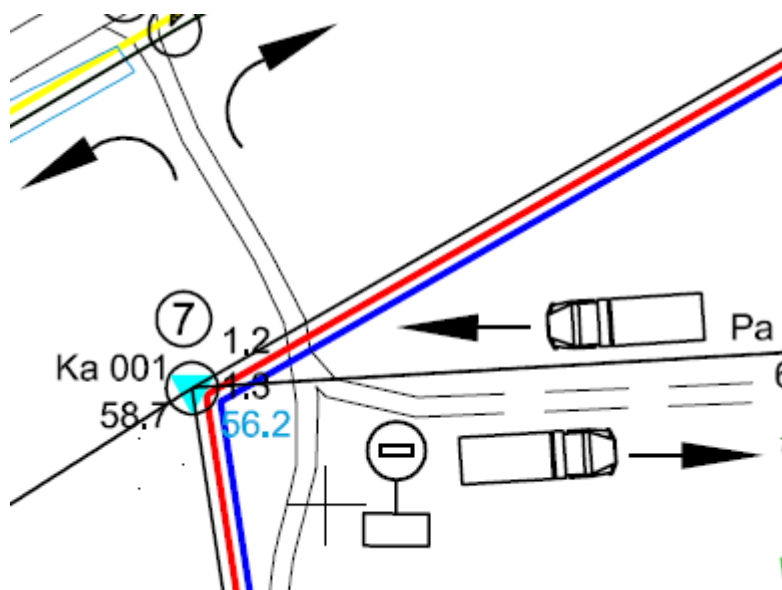
Tabel 20-2 Plaanidele esitavad nõuded

Leppemärk	Joone värv	Joone tüüp	Näidis
Mäeeraldise piir	must	pidev	
	punane	pidev	
Mäeeraldise teenindusmaa piir	must	pidev	
	kollane	pidev	
Maavalduse piir	roheline	pidev	
Mäetööde eelne veetase	helesinine	pidev	
Mäetööde veetase pärast maavara ammendamist	helesinine	katkendlik	
Maavara aktiivse tarbevaru kontuur	sinine	pidev	
Kaitsetervikud	punane	pidev, kitsas	
Masinad	must	pidev	

Liialt värvikirevad Ee passid ja tehnoloogilised skeemid annavad vastupidise tulemuse joonise arusaamisele. Arvatakse, et mida värvilisem ja kirjum joonis on seda ilusam see on ja annab parema ettekujutuse. Kirev joonis võib tekitada segadust ja viia tähelepanu olulistelt asjadelt. Näiteks ohuraadiuse suuruselt. Kõige parem lahendus oleks siiski teha mustvalge

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

joonis, kus läbilõigetel oleks kasutatud tingmärke, värviliste skeemide asemel. Samas mõne tähtsa parameetri esiletoomiseks oleks hea, kui näiteks mõni nool oleks punasega või mõne erksama värviga märgitud. Tehnoloogiliste plaanide puhul ei saa sama meetodit kasutada, kuna seal on vaja edasi anda rohkem informatsiooni, mis nõuab graafilisemat lahendust (Joonis 20-5 Tehnoloogilise skeemi näide). See-eest võib ka siin jätta masina mustvalgeks ja mõne plaanile kantava elemendi, nt korrastamise projektides veekogu, metsa, rannaala anda edasi tingmärkidega.



Joonis 20-5 Tehnoloogilise skeemi näide

Projektide koostamisel on tähtis teada, kuidas anda skeemil maksimaalselt informatsiooni lihtsate vahenditega. Keeruliseks ajamise asemel võiks skeemidel rõhuda olulistele punktidele, jättes tihtipeale masina kuju ja olemuse tahaplaanile. Muidugi võib EE passe ja tehnoloogilisi skeeme kujutada ka ruumiliselt. [6]

Kokkuvõte

Tehnilised plaanid ja Ee passid on olulised elemendid kaevandamise ja korrastamise projektides. Kui plaanidel olevate mäeeraldise, kaitsetervikute vms piiride tähistused on seaduses sätestatud, siis EE passide kujutamisel on rohkem valikuvõimalust. Kuidas neid koostada või teha, on iga asutus valinud endale sobivama lahenduse. Konkreetsuse tõttu tehakse üldjuhul kõige lihtsama lahenduse, et tuua ära töö põhimõtte. Detailsuse suurenedes kasvab küll visuaalse pildi arusaadavus, kuid mõnikord võivad liigse disainimisega tahaplaanile jääda olulised aspektid.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Dubinski, J., Turek, M. 2008. Construction mode of the hard coal mining extraction industry's technology development scenarios. WYDAWNICTWO IGSMIE PAN, PUBLISHING HOUSE MINERAL & ENERGY ECONOMY RESEARCH INST POLISH ACAD SCIENCES.
2. Kaevandamise ja kaeveõõne teisese kasutamise tegeleva ettevõtja kohustuslikule dokumentatsioonile esitatavad nõuded - <https://www.riigiteataja.ee/akt/678719> [14.05.2012]
3. Kaevandamiseseadus - <https://www.riigiteataja.ee/akt/121032011029#para7lg3> [20.05.2012]
4. Karu, V. 2007. Kaevandatud alade mudelid ja digitaalprojekteerimine. Mudelid ja modelleerimine. Schola geologica III. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu.
5. Karu, V. 2009. Eesti esimesed digitaalprojekteeritud karjäär – Loo lubjakivikarjäär. Mäenduse maine. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.
6. Kolats, M., Anepaio, A., Valgma, I. 2008. Ruumimudelid mäenduses. Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut.
7. Kukk, Raili., Karu, V. 2011. Põlvamaa maavarade varu, jätkusuutlikkus ja kaevandamistehnoloogia võimalused. Maa ressursid. Schola Geologica VII. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu.
8. Laaneots, R., Tippe, K. 1975. Vahetatavuse alused ja tehnilised mõõtmised. Skeemid ja joonised. TPI rotaprint. Tallinn.
9. Mägi, R., Möldre, H. 2011. Uncomfortable settings. Engineering Graphics BALTGRAF-11. Proceedings of the Eleventh International Conference. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
10. Nurme, M. Kaevandatava ja korrastatava ala läbilõiked. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/kaevandatava-ja-korrastatava-ala.html> [28.05.2012]
11. Nurme, M. Koristustööde pass. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/koristustööde-pass.html> - [28.05.2012]
12. Nurme, M. Koristustööde tehnoloogiline skeem. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/koristustööde-tehnoloogiline-skeem.html> - [28.05.2012]
13. Nurme, M. Korrastamise projekti graafiline osa. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. http://maeopik.blogspot.com/2012/05/korrastamise-projekti-graafiline-osa_28.html [28.05.2012]
14. Nurme, M. Tehnoloogiline skeem. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. <http://maeopik.blogspot.com/2012/05/tehnoloogiline-skeem.html> - [28.05.2012]
15. Tumidajski, T; Gawenda, T; Niedoba, T; Saramak, D.2008. Directions of hard coal processing technological changes in Poland. WYDAWNICTWO IGSMIE PAN, PUBLISHING HOUSE MINERAL & ENERGY ECONOMY RESEARCH INST POLISH ACAD SCIENCES.
16. Valgma, I. 2003. Mäemasinad ja mäetehnika. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

17. Valgma, I. 2008. Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, Tallinn.
18. Valgma, I., Robam, K., Kolats, M. Mäendusuringud ja kaevandamine. TTÜ Mäeinstituut
19. Vesiloo, P., Anepaio, A., Väizene, V. 2011. Dolokivi vee seest kaevandamise kogemus. TTÜ Mäeinstituut.

22. Ettevalmistav töö 3D mudeli loomiseks Encom Discoveri tarkvaraga

Martin Riibe

Tänapäeval on mitmete keskkonnaprobleemide lahendamiseks ja paremaks ettekujutamiseks otstarbekas koostada nii käegakatsutavaid makette kui ka arvutimudeleid. Modelleerimise ja visuaalse projekteerimise teevad võimalikuks kolm peamist tingimust: vajadus, insenerioskus ja modelleerimissüsteemi olemasolu [12, 8].

Viimaste aastakümnete arvutustehnika hüppeline areng on hõlbustanud järjest keerukamate arvutustehnika ülesannete lahendamist. Mudelite vajalikkusest igapäevases elus on inimesed tavaliselt üsna üksmeelel- on ju lihtne kujutada Päikesesüsteemi lihtsustatud mudelit paberilehel või aine aatomeid. Praeguses geoloogiateaduste arenguetapis on tekkinud suur vajadus üldisemate mudelite järele, mis oleksid võimelised ühendama erinevate looduslike faktorite mõju ning süsteemis endas esilekutsutud muutused [13].

Antud artiklis räägin lähemalt, kuidas muuta andmed arusaadavaks programmile Encom Discover, et programm oskaks antud andmeid arusaadavalt hallata [7]. Samuti näitan, kuidas luua puurauke, nende abil koostatud kaarti luues seeläbi eeldused 3D mudeli konstrueerimiseks. [10]. Programmist on loodud ka mobiilne variant, mida on mugav kasutada välitöödel ning saada kohapeal olles kiire ülevaade, mis pinnavormid ja maavarad asuvad hetkel jalgeall. [9]

Encom Discover on firma Encom Technology poolt arendatav lisamoodul laialdaselt tuntud tarkvarale MapInfo Professional [8]. Encom Discover kujutab endast geoinfosüsteemi (GIS-i), mis on mõeldud spetsiaalselt biosfääriga tegelevatele teadlastele/inseneridele, kes antud tarkvara abiga suudavad efektiivselt kujutada, analüüsida ning prognoosida tulevikus tekkivaid probleeme ning seeläbi neid ennetades. [11]

Kaevandamisalade planeeringute tegemine mäendusliku tarkvara abil võimaldab juba projekteerimise käigus hinnata ohtlike olukordi ning insenerlike võtetega need puudused kõrvaldada. Lisaks saab mudelite abil informatsiooni potentsiaalsete keskkonnamõjude kohta ning see aitab vastu võtta adekvaatseid poliitilisi ja strateegilisi otsuseid [4].

Mäeinstituut kasutab Encom Discover versiooni: Version 2011 (Release Build 15)

Korrastatava ala visualiseerimiseks ja tööde mahtude arvutamiseks on otstarbekas kasutada digitaalmodelleerimise tehnoloogiat. Modelleeritakse tarkvaradega. Programmi siseselt on võimalik teha erinevaid arvutusi, näiteks arvutada maavara mahtu. Samas on võimalik teha ala visualiseerimiseks erinevaid mudeleid. Mida rohkem andmeid on ala kohta, seda täpsem tuleb mudel. Tänapäeva modelleerimise programmid võimaldavad viia andmed sisse ka paberikandjal olevatest kaartidest ja neid andmeid saab edukalt kasutada mudeli loomiseks.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Kui andmete vähesus takistab mudeli loomist, siis on alati võimalik teha täiendavaid geoloogilisi uuringuid [5].

Tabelite tegemine programmile mõistetavaks toimub järgnevalt:

Tuleb korrastada tabelid, et need oleks vastuvõetavad programmile. Tabelid, mis on vajalikud erinevate toimingute läbiviimiseks on järgnevad:

14. Collars
15. Assays
16. Survey
17. Lithology
18. Sample data

Tabelid sisaldavad näitena järgmisi andmeid: puuraugu nimetus, koordinaadid, kõrgusandmeid jms.

Tabeleid võib olla palju ja erinevate andmetega. Olenevalt vajadusest erineb ka tabelite hulk ning nendes sisalduv informatsioon.

Tabelid on Exceli programmis.

Järgnev tabel (Tabel 22-1) on näide PA andmetest. Tabel võib olla kuitahes suur olenevalt vajadusest.

Tabel 22-1 Näide puuraukude andmetest

HoleID	From	To	Elevation	Total Depth	PA
1	59,00	57,50	65,62	61,50	P-1517
2	60,60	56,60	68,51	64,60	P-1519
3	63,10	59,10	66,90	67,10	P-1567
4	67,00	59,70	69,53	74,30	P-1568
5	72,80	67,00	73,22	78,60	P-1573
6	77,00	70,90	61,78	83,10	P-1575
7	91,00	84,50	73,10	97,50	P-1583
8	54,00	52,40	66,16	55,90	P-1584
9	67,10	62,65	66,20	71,55	P-1586
10	71,90	68,55	68,15	75,25	P-1587
11	96,30	91,50	79,39	101,10	P-1589
12	91,70	84,70	68,35	98,70	P-1590
13	53,60	51,60	63,42	55,60	P-1591
14	50,40	48,10	59,69	52,70	P-1592
15	57,10	55,00	67,00	59,80	P-1593

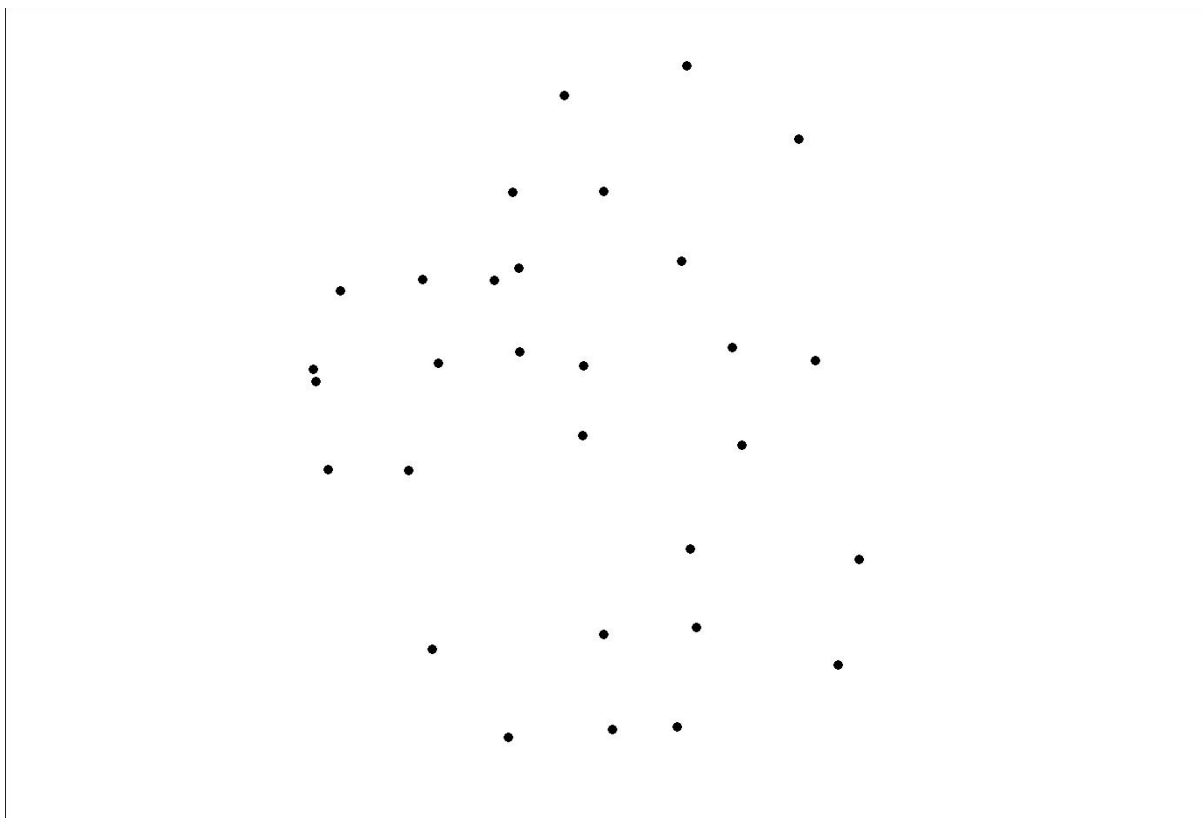
Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

16	73,30	72,50	69,61	77,60	P-1594
17	80,10	74,10	72,43	86,10	P-1595
18	97,40	91,90	81,53	102,90	P-1596
19	94,80	91,40	77,18	98,20	P-1597
20	96,90	94,00	72,96	101,00	P-1598
21	55,60	52,90	64,24	59,50	P-1599
22	75,90	72,80	69,79	79,00	P-1622
23	90,20	85,80	74,58	94,60	P-1623
24	96,00	93,50	75,50	101,40	P-1624
25	56,80	56,30	66,51	60,30	P-1658
26	60,00	54,90	65,10	65,10	1299
27	60,40	58,70	67,30	62,10	1300
28	66,80	63,30	68,70	70,30	1301
29	58,90	54,00	65,70	63,80	1304
30	67,15	64,95	67,00	69,35	1305

2) Luua puuraugu projekt (Joonis 22-1 Näide puuraukude projektist Joonis 22-1):

1. Tuleb lisada Drillhole menu: Discover → Drillhole menu
2. Tuleb luua uus projekt: New
3. Täita ära järgnevad väljad vastavalt instruksioonile.
4. Iga projekt salvestub automaatselt pärast loomist. [3]

Abimaterjal: [Creating a Drillhole Project](#)

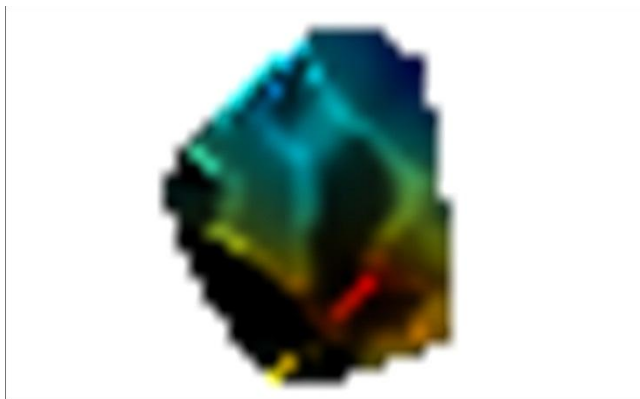


Joonis 22-1 Näide puuraukude projektist

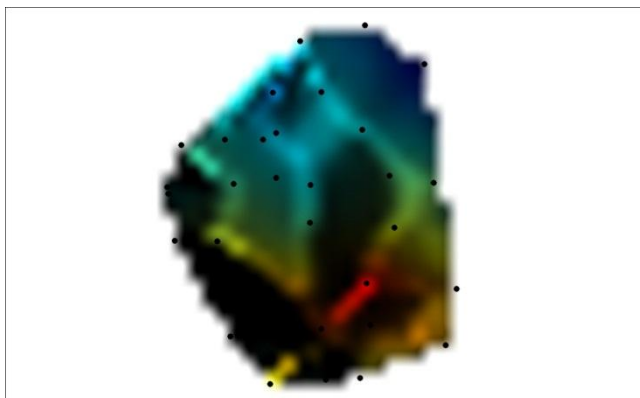
Puuraukudest pinna loomine (Joonis 22-2) (Joonis 22-3)

1. Discover menu → Surfaces
2. Surfaces → Greate Grid → Interactive
3. Välja valisin kõrguse ning arvestusmeetodina/statistika meetod „PSEUDOCO“
4. Kaardil näitasin punkte (Show Input Points), erivärvilised alad/erineva kõrgusega alad (Pseudo Colour) ning visualiseerimiseks (Sun Shading).
5. Punktide vaheliste alade arvutamiseks kasutasin nn. kolme punkti meetodit (Triangulation).
6. Salvestasin .grd formaati.
7. Surfaces→Grid Contouring, kontuuri intervalliga 100-500. Sisendiks eelnev salvestatud .grd fail.
8. Salvestasin kontuuri kaardi .tab formaati. [2]

Legendi loomine pinnast: Surfaces → Make Legend for Grid



Joonis 22-2 Näide puuraukudest loodud kõrguste pinnast



Joonis 22-3 Puuraugud koos loodud pinnakihiga

Nüüd on kahemõõtmeline pind loodud.

Hiinas Luanchuani regioonis konstrueeriti kõikvõimalikest geoloogilistest kaartidest antud ala kohta 3D mudel, et leida uusi maavarade paiknemiskohti. 3D mudeli tarvis kasutati nii läbilõikeid, gravitatsiooni kui ka magneetilise anomaaliade kaarte. [13]

Saksamaal uuriti Hesse piirkonna geotermaatilist potentsiaali, et kasutada ära maa soojus/geotermaalenergiat võimaliku sooja/elektri tootmise tarvis. Maaaluste protsesside paremaks näidustamiseks loodi 3D mudel, millelt saab ülevaatliku pildi antud piirkonnast ilma suurema vaevata. [1].

Eesmärgiks oli teha põlevkivikaevanduse rajoneerimist Ida-Virumaal ehk võimalikele kaevandamismoodustele ja -viisidele sobivate alade määramist. Rajoneerimiseks koostati põlevkivikihi geomeetiline-, kvaliteedi- ja majandusmudel. Geomeetrisel mudelil moodustavad põlevkivi kihtide, vahekihtide, kaljuse katendi, poolpehme katendi ja pehme katendi GIS mudelid. Vastavalt tehnoloogiate kasutuspiiridele sai valitud alad, mille kohta saab GIS mudelist teha otsuste langetamiseks vajalikke päringuid [14].

Peamised probleemid, mis taolise modelleerimise juures tekivad on: tarkvara keerukus ja

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

kallidus, kõrged nõuded modelleerijale, suur aja ja ressursi kulu, piirangute ja tingimuste vähesus, kuna modelleerimisel on piirangutel väärtused [6].

Ülevaatlik mudel või kaart annab alati selgema ning parema ülevaate maaalast ning temas asuvatest maavaradest, kui arvud ilma visuaalse väljundita.

Kokkuvõte

See oli lühike ülevaade, kuidas luua Encom Discoveriga kahemõõtmelisi pinnakihte. Etteantud punkte järgides ning materjali juurde otsides on igaühel võimalik järgi proovida, kuidas käib andmete analüüs ning kujutamine antud programmiga.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: Lep11116 Sonda uuringuvälja fosforiidi kaevandamiskulu eelhinnang; AR12007 Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine;

Viited:

1. Baer, K.; Arndt, D.; Fritsche J-G.; et al. 2011. 3D modeling of the deep geothermal Potential of Hesse - Input data and Potential expulsion. Conference on GIS and 3D-modeling in Geosciences. Darmstadt, Germany
2. Encom Discover 2011 Tutorial
3. Encom Technology Pty Ltd. 2005. Encom Discover User Guide/Version 7.0
4. Karu, V. (2007). Kaevandatud alade mudelid ja digitaalprojekteerimine. Mudelid ja modelleerimine : kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007 (38 - 44). Tallinn: Eesti Looduseuurijate Selts
5. Kolats, M.; Anepaio, A. (2009). Kolmedimensiooniliste mudelite loomine. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (60 - 63). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
6. Kolats, M.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Ruumimudelid mäenduses. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
7. Riibe M, Encom Discover ülevaade. Mäetööde projekteerimise labor. TTÜ Mäeinstituut. <http://mgislabor.blogspot.com/2012/05/encom-discover-3d-ulevaade.html> [28.05.2012]
8. Riibe M, MapInfo Professional veebipõhine õpe. Mäetööde projekteerimise labor. TTÜ Mäeinstituut. <http://mgislabor.blogspot.com/2012/05/mapinfo-professional-veebipohine-ope.html> [28.05.2012]
9. Riibe M. Encom Discover Mobile. Mäetööde projekteerimise labor. TTÜ Mäeinstituut. <http://mgislabor.blogspot.com/2012/05/encom-discover-mobile.html> [28.05.2012]
10. Riibe, M. Encom Discover 3D. Mäetööde projekteerimise labor. TTÜ Mäeinstituut. <http://mgislabor.blogspot.com/2012/05/encom-discover-3d.html> [28.05.2012]

11. Riibe, M. Encom Discover. Mäetööde projekteerimise labor. TTÜ Mäeinstituut.
<http://mgislabor.blogspot.com/> [28.05.2012]
12. Robam, K.; Karu, V.; Valgma, I.; Lind, H. (2010). Veerežiimi muutuste modelleerimine füüsilise ja arvutimudeli abil. Västrik, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J-R.; Kõpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (45 - 48). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
13. Soesoo, A. (2007). Milleks geoloogidele mudelid? Verš, E.; Amon, L. (Toim.). Mudelid ja modelleerimine (4 - 5). Tartu: Sulemees Publishers
14. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. Mudelid ja modelleerimine kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007 (31-37). Tallinn: Eesti Looduseuurijate Selts
15. Wang G.; Zhang S.; Yan C.; et al. 2011. Mineral potential targeting and resource assessment based on 3D geological modeling in Luanchuan region, China. COMPUTERS & GEOSCIENCES
16. Väizene, V. (2009). Modelling granite mine workings and its complex usage. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship

23. Mäeinseneride kutseomistamine

Gaia Grossfeldt, Enno Reinsalu, Ingo Valgma

Mäendust on õpetatud Tallinnas 1938 aastast, Mäekateedri asustamisest alates [1]. Nüüdisaegset mäendust hakati Eestis õpetama alles eelmise sajandi viimasel kümnendil [11]. Mäeinstituudi ülesanne ühiskonna ees on info levitamine, korrektse ja nüüdisaegse mäendushariduse andmine. Sama ülesanne on ka Mäeseltsil, mis koosneb mäeinstituutide või lähialade kasvandikest. [3]

Meie mäenduses reguleerivad töid väga paljud seadused, määrused ja eeskirjad, ent põhilisteks ja nende alusel kehtestatud õigusaktideks on „Kaevandamiseadus“ ja „Lõhkematerjaliseadus“. Kaevandamiseaduse alusel kehtestatud „Kaevandamise ja kaeveõone teisese kasutamise ohutusnõuded“ ei reguleeri üldse töötajate esmast ega kutsealast väljaõpet, elektriõhutusnõudeid ega veekõrvaldust. Väga puudulikult reguleerivad nad transporti, tuulutust, toestust ja läbindamist. [4]

Mäeinseneride kutseomistamine sai alguse vajadusest ühtlustada ning korrastada mäendusega tegelevate inimeste tegevusi, õigusi ja vastutust. Kutsete omistamise peamine eesmärk on inseneride töö kvaliteedi tõstmine, teadmiste ühtlustamine ja teoreetilise ja praktilise õppe kombineeritud ning eesmärgistatud läbiviimine [5]. MTÜ Eesti Mäeseltsi 02. mail 2011 toimunud üldkoosolekuga kinnitati Mäeinseneride Kutsekomisjoni 11 liiget, kelle volitusel Enno Reinsalu koostas Mäeinseneride kutsestandardi ning kutseomistamise süsteemi.

Mäeinseneride kutsestandardid on kinnitatud Inseneride Kutsenõukogu otsusega 5/06.07.2011 ja leitavad Kutsekoja kodulehel. Kutse omistamine saab toimuma vastavalt [korrale](#), mis on Eesti Mäeseltsi kodulehel (<http://www.maeselts.ee/kutseomistamine>). Seoses mäeinseneride kvalifikatsiooninõuete vastavusse viimisega kutsestandardiga lõpetas Tehnilise Järelevalve Amet mäeinseneride ja -tehnikute pädevuseksamite korraldamise ning pädevustunnistuste väljastamise. Pärast pädevustunnistuste aegumist (kehtivusaja lõppemist) jääb mäetööstuse vastutava spetsialisti kvalifikatsiooni tõendavaks kutsetunnistus ([Kaevandamiseadus](#), § 15 (3)). Nii saab Tehnilise Järelevalve Amet pühenduda täielikumalt mäetööstuse vastutavate spetsialistide tegevuse tehnilisele järelevalvele.

Mäeinseneride kutsestandardiga on kehtestatud kutsenimetused ning –tasemed. Ka on seal kirjeldatud töövaldkonnad, ametinimetused, töö eesmärk, sisu tasemeti ning erinevate tööde osad ja tegevused.

Kutsestandardi kasutusala:

1. Tööturu nõudmistele vastavate õppekavade ja koolitusprogrammide koostamine

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

2. Inimeste kompetentsuse hindamine, sh enesehindamine ja vastavushindamine kutseandmisel
3. Ametite kirjeldamine ja tutvustamine
4. Inimese karjääri planeerimine ja aluse loomine elukestvaks õppeks
5. Koolitusvajaduste väljaselgitamine ning koolituse planeerimine
6. Ametijuhendite koostamine ja töötajate värbamine
7. Kutsete ja kvalifikatsioonide võrdlemine.

Seni veel kehtivatest kutsetasemetest on I kuni III tase tööliste ja oskustööliste (meistrite) tase ja IV-V on inseneride tasemed. Praegu (2012. a) toimub kutsetasemete vastavusse viimine Euroopa Liidu standarditega ja lähiajal saavad tasemed juba Eesti Kvalifikatsiooniraamistiku (EKR) numbrid. Kutsetasemete vajalikkuse otsustab Kutsekoja juures tegutsev Inseneride Kutsenõukogu.

KUTSESTANDARD

KUTSENIMETUS			EKR ¹ tase
Kutsetase	Kutsenimetus	Nimetus kutsetunnistusel	
I			
II			
III			
IV	Mäeinsener (Ins)	Mäeinsener IV	7
V	Diplomeeritud mäeinsener (Dipl Ins)	Diplomeeritud mäeinsener V	7
V	Volitatud mäeinsener (Vol Ins)	Volitatud mäeinsener V	8

Joonis 23-1 Mäeinseneride kutsestandard, kinnitatud Kutsenõukogu otsusega 5.06.07.2011. ¹EKR - Eesti Kvalifikatsiooniraamistik.

Iga konkreetse taseme nõuded, sealhulgas vajadusel ka sobiv haridustase, määratakse kindlaks kutsestandardis. Mäeinseneride Kutsekomisjoni otsusel toimub kutseomistamine tasemetel Mäetehnik, EKR 5 (vana kutsetase puudus); Mäeinsener IV, EKR 7; Diplomeeritud mäeinsener V, samuti EKR 7 ja Volitatud mäeinsener V, EKR 8.

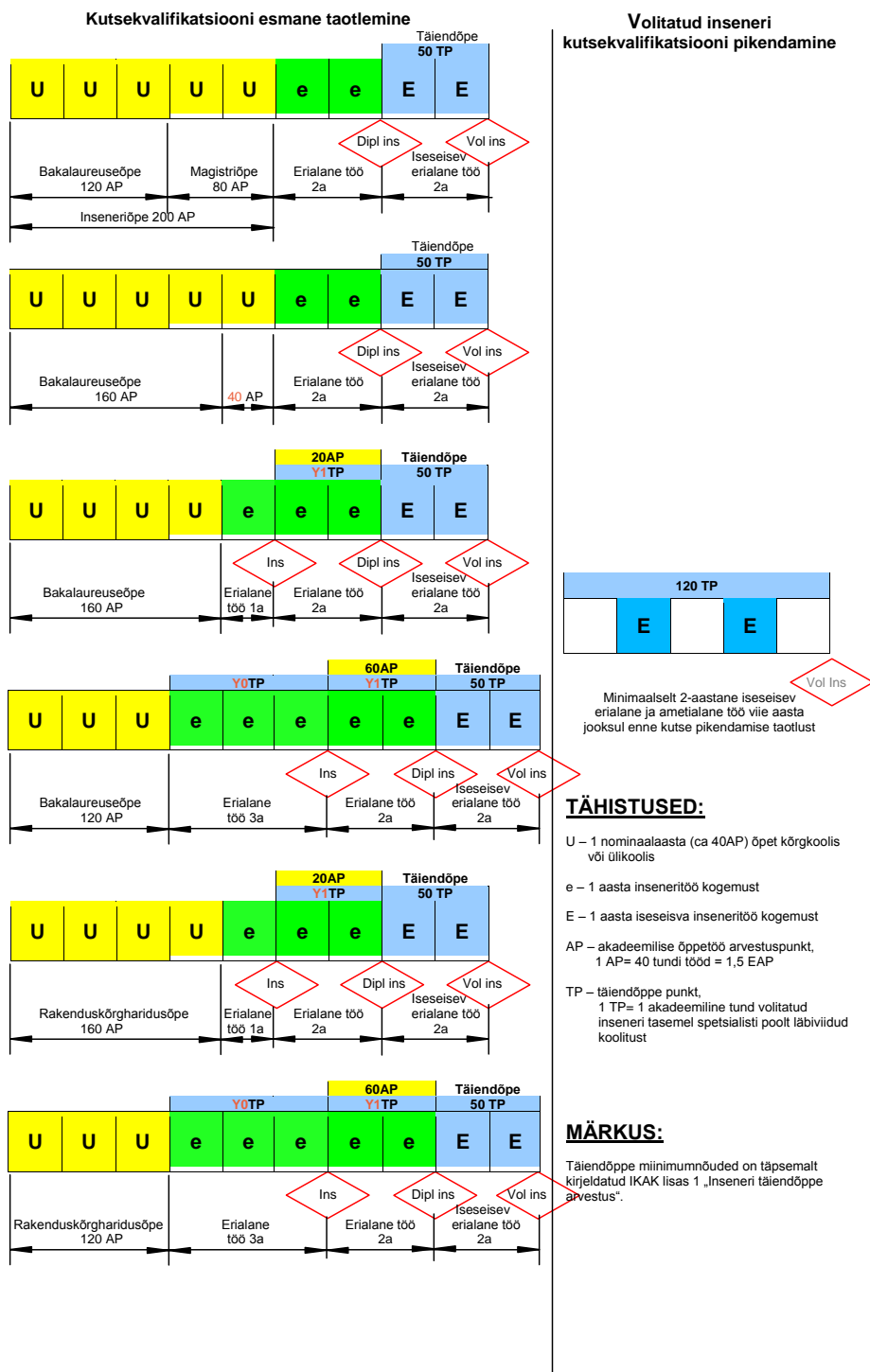
Pädevustunnistuste taotlemisel ei olnud reguleeritud erialase hariduse nõue, uue mäeinseneride kutsestandardi järgi kategoriseeritakse mäeinseneri nende haridustaseme, töökogemuse ning täienduskoolituste alusel. Sellepärast ongi staažikale insenerile kutsetunnistuse andmise oluliseks eelduseks täiendusõpe (vt EMS kodulehel - Mäeinseneride ja mäetehnikute kutse andmise kord), mida peavad korraldama kvalifitseeritud õppeasutused ja mida tõendavad vastavad tunnistused ning omandatud täiendusõppe punktide arv. Seoses sellega peab iga ettevõtte kaardistama oma vastutavate spetsialistide täiendusõppe mahu ning vajadusel seda suurendama.

Mäetehnikute kutsestandardi puhul on tegemist ilma geotehnilise erihariduseta spetsialistiga kes saab õiguse juhtida tööd enamohtlikes liiva- ja kruusakarjäärides. Kutsealase ettevalmistuse puhul on neil eelduseks keskharidus ning mäetehniku kursuse läbimine, mis

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

annab piisava ettevalmistuse eksami ja intervjuu läbimiseks ning seeläbi kutse saamiseks. Endisaegsed, vastava haridusega mäetehnikud on sisuliselt võrdsustatud Mäeinsener IV tasemega.

Inseneride kutsekvalifikatsioonide taotlemise eeldused



Joonis 23-2 Inseneride kutsekvalifikatsioonide taotlemise eeldused

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Põlevkivi kaevandamine muutub tulevikus vaid keerulisemaks ning keskkonnamaksud suurenevad [6], sellepärast ongi vaja ühtlustada ning suurendada mäeinseneride kvaliteeti, et säiliks usaldus ja austus. Mäeinseneride kutseomistamise süsteem parendab mäenduse mainet, suutlikust ning säästlikku kaevandamist.

Oluline osa kutsekvalifikatsiooni tõstmisel on rahvusvaheliste nõuetele vastamine. Sellega seoses on koostööd tehtud mitmete organisatsioonidega, millest peamised on SOMP, EUExCert, Taiex ja Min-Novation [16, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 30, 31, 34]. Kvalifikatsioonisüsteem, selle tagamine ja mitmed vastuolud selles vallas on ülemaailmne probleem [1, 15, 14]. Säästlik kaevandamine, inimkonna jätkusuutlikkus ja keskkonnahoid on inseneride kvalifikatsiooniga otseses seoses [5, 6, 7, 8, 9, 10, 13]. Samuti sõltuvad sellest otseselt seadused, määrused ja reeglid mille järgi mäemehed tegutsevad [12].

Artikkel on seotud projektiga AR12007 Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Akcakoca, H (Akcakoca, H.); Aykul, H (Aykul, H.); Ediz, IG (Ediz, I. G.); Erarslan, K (Erarslan, K.); Dixon-Hardy, DW (Dixon-Hardy, D. W.).1. Productivity analysis of lignite production. Source: JOURNAL OF THE ENERGY INSTITUTE Volume: 81 Issue: 2 Pages: 76-81 DOI: 10.1179/174602208X299785 Published: JUN 2008
2. Eigo, L. (2009). Mõtisklusi mäenduse mainest. Mäenduse maine (22 - 24).Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
3. Juuse, Lauri, Valgma, Ingo (1995). Mäeinsener - tulevikuga elukutse. Põhjarannik, 18.04, puudub - puudub.
4. Juuse, Lauri, Valgma, Ingo (1995). Mäemehed võivad tööd leida igas riigis. Eesti Kaevur, 4/5, puudub - puudub.
5. Karu V.; Västriku A.; Anepaio A.; (2008). Future of Oil Shale Mining Technology in Estonia. Source: OIL SHALE, Volume: 25, Issue: 2, Pages: 125-134
6. Karu, V.; Kolats, M.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Field work in the role of teaching and research of rock properties. In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2008, 66 - 70.
7. Karu, V.; Västriku, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area . Oil Shale, 25(2S), 134 - 144.
8. Kolats, M.; Anepaio, A.; Valgma, I. (2008). Ruumimudelid mäenduses. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-).Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

9. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
10. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest.
11. Reinsalu, E. (2009). Harimatus ja haldussuutmatuse madaldavad mäenduse mainet. Mäenduse maine (15 - 19). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
12. Reinsalu, E.; Valgma, I.; Sabanov, S. (2010). Maapõue kasutamise uus kontseptsioon : intensiivkursus : Tallinn, 28. jaanuar 2010 . Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
13. Robam, K.; Väizene, V.; Anepaio, A.; Kolats, M.; Valgma, I. (2008). Measuring mining influence in the form of students practice in opposition to the emotional environmental impact assessment . In: 5th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology: (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinna Tehnikaülikool, 2008, 62 - 65.
14. SPEARING, AJS (SPEARING, AJS). AN OVERVIEW OF COAL-MINING IN POLAND. Source: JOURNAL OF THE SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY. Volume: 94 Issue: 8 Pages: 215-217 Published: AUG 1994
15. Tolhurst, R (Tolhurst, R.). Developing a comprehensive, inclusive tertiary education and training model for the minerals industry. Source: AusIMM New Leaders' Conference 2005: BALANCING CAREER AND LIFESTYLE IN A MINING INDUSTRY PROFESSION Book Series: AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY PUBLICATION SERIES Volume: 2005 Issue: 3 Pages: 31-36 Published: 2005
16. Valgma, I. (2008). Conferences on oil shale mining. Oil Shale, 25(2S), 199
17. Valgma, I. (2009). Miks me praegu fosforiidist ei unista? In: Unustatud maavarad: XVII Aprillikonverentsi Tallinn 03.04.2009. (Toim.) Suuroja, K., 2009, 16 - 16.
18. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine juhindub mäeinseneri kutsestandardist. Mäenduse maine (117 - 124). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
19. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine juhindub mäeinseneri kutsestandardist. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (117 - 124). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
20. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine vastavalt mäeinseneri kutsestandardile. Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja hariduse perspektiivid (55 - 62). Kohtla-Järve: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
21. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
22. Valgma, I. (2010). Department of Mining. Valgma, Ingo (Toim.). Mäendusuringud ja kaevandamine. (316 - 330). Tallinn: TTÜ mäeinstituut

23. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
24. Valgma, I. (2011). Kildagaasi ehk uue nafta lätetel. Inseneria, Detsember/10, 24 - 26.
25. Valgma, I. (toim.) (2008). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid.
26. Valgma, I. (toim.) (2009). Geotehnoloogia. CD-ROM
27. Valgma, I. (toim.) (2009). Mäenduse maine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
28. Valgma, I.; Eilo, K.; Voog, R. (2011). Explosive education and legal aspects in Estonia.
29. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
30. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
31. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuringud ja kaevandamine.
32. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
33. Västrik, A.; Karu, V.; Grossfeldt, G. (2009). Eesti mäetudengite maine siin ja mujal. Mäenduse maine (137 - 141). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
34. Västrik, Aire; Valgma, Ingo (2008). TTÜ mäeinstituut 70. Valgma, I. (Toim.). Killustiku kaevandamine ja kasutamine (80 - 81). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

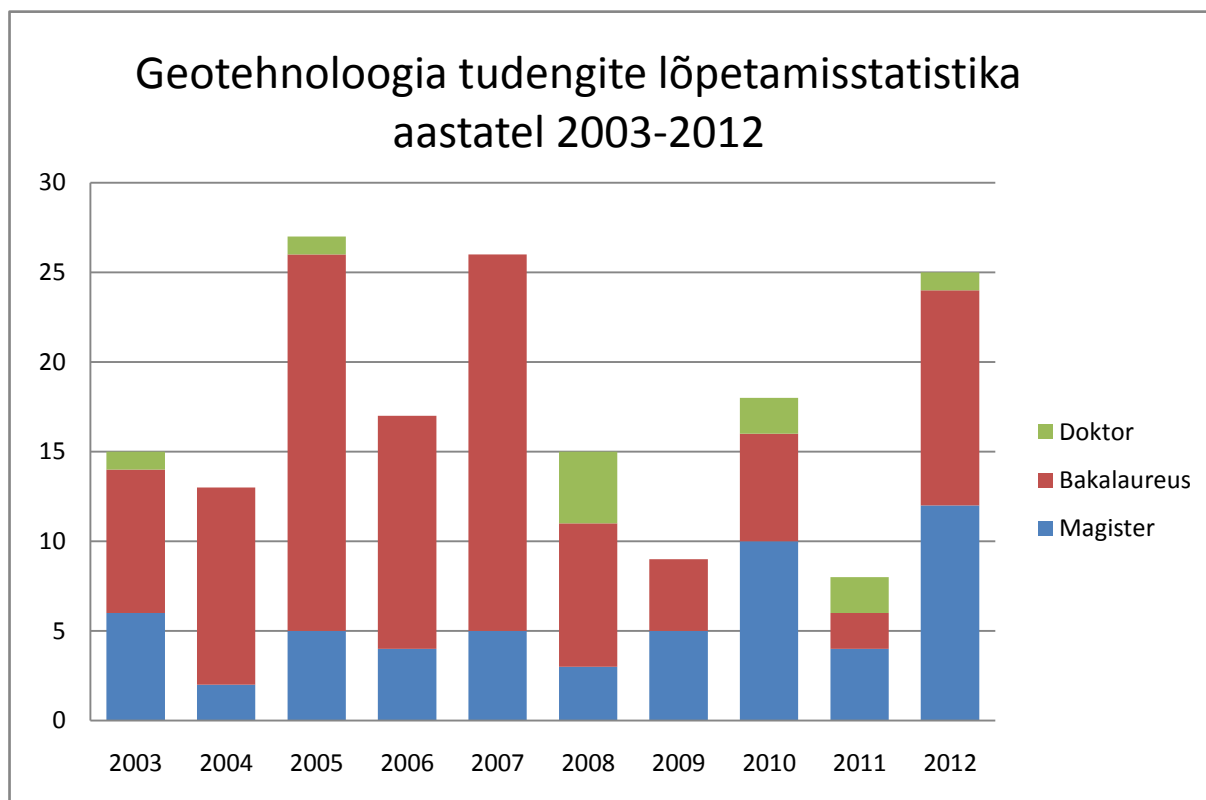
24. Mäeinseneride järelkasv

Gaia Grossfeldt

Mäenduse mainega on seotud otseselt kaevandamistehnoloogiad [1, 5]. Mäenduse maine ning selle õpetamine on probleem kogu maailmas [2, 11, 12]. Üheks maine parandamise meetodiks on rahva harimine [3, 4, 13]. Teiseks meetodiks teadusuuringute arendamine [14].

Põhjused, miks tullakse mäendust õppima on väga erinevad. Samuti ka mittetulemise põhjused. Miks siiski ei teata või ei teadvustata võimalust tulla ja õppida sellist niši eriala, nagu on geotehnoloogia [6]?

Geotehnoloogia, vana nimega mäetehnikaja rakenduseoloogia, on mitmekesine ja vaheldusrikas eriala [9, 10]. Riigi poolt on nõudlus suur, kuid miks ei ole pakkumist? Põhjuseid on taaskord erinevaid. Õpilased, kes kandideerivad TTÜ Mäeinstituuti ja „jäävad ellu“ pärast esimest aastat lõpetavad suure tõenäosusega ka eriala [7].



Joonis 24-1 Geotehnoloogia tudengite lõpetamisstatistika vahemikus 2003-2012 aastail

2011 aastal taotles Mäeinstituut Keskkonnainvesteeringute Keskuse maapõue taotlusvoorst toetust projektile Keskkooliõpilastele kaevandamisest [8]. Vastus oli positiivne. Projekti käigus koostati õppematerjal ja voldik teemal Eesti maavarad, nende kaevandamine ja kasutamine.



Joonis 24-2 Projekti raames koostatud ja kujundatud õpilastele suunatud infovoldik

Projekti eesmärgiks oli külastada igast Eesti maakonnast kahte kooli + lisaks 5 kooli omal algatusel. Projekti kestvus on 01.06.11-30.06.2012. Projekti jooksul lugesid Mäeinstituudi spetsialistid, dotsendid või vanemteadurid loenguid kokku 38 koolis üle eesti.



Joonis 24-3 Loeng Rapla Ühisgümnaasiumis

Lisaks 1,5 tunnisele loengule oli õpilastel võimalik tutvuda Eesti maavarade näidistega ning osaleda auhinnamängus Kodukohakaevandaja. Maavarade näidised tegid Mäeinstituudi töötajad ise, esindatud olid kõik põhilisemad maavarad: lubjakivi, dolokivi, põlevkivi, savi, turvas, ehitusliiv, klaasiliiv, kruus, meremuda, erilisematest järvelubi, graniit, fosforiit jne. Näidiseid oli võimalik kasutada paralleelselt loengus omistatud teooriale.



Joonis 24-4 Gustav Adolfi Gümnaasiumi õpilased tutvumas maavarade näidistega

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Lisaks loengutsüklile toimus samal teemal geograafiaõpetajatele suunatud täienduskoolitus. 21.märtsil 2012 toimunud täienduskoolitusest võttis osa 25 õpetajat üle Eesti. Toimus kaks 1,5 tunnist loengut: dotsent Mall Orru rääkis Eesti maavaradest ja nende kaubastamisest ning professor Ingo Valgma rääkis maailmamäendusest ning tuleviku perspektiividest. Edasi toimus neli erinevat praktilist grupitööd: Kivimite tugevus; Vesi; Turvas; Geoloogilised protsessid. Tagasiside põhjal jäid õpetajad koolitusega väga rahule.



Joonis 24-5 Geograafiaõpetajatele suunatud mäenduslane täienduskoolitus

Grupitööde eesmärgiks oli organiseerida need võimalikult praktiliselt, et õpetajatel oleks hiljem võimalik koolitusel omandatud infot edasi ka õpilastele anda. Projekti pikaajalisema mõju nimel sai iga õpetaja omale komplekti maavarade näidistega, mälupulgal kõik loengu- ja praktikumide materjalid ning lisaks mäenduslaseid pildi- ning videomaterjali.



Joonis 24-6 Õpetajate koolituse geoloogiliste protsesside praktikum. Vulkaani purske imiteerimine.

Projekti jooksul toimus ka auhinnamäng „Kodukohakaevandaja“, mille auhinna, ekskursiooni Viru Keemia Grupi tootmiskompleksi, võitis Tallinna Reaalkool. Võitja pildi autor on Richard Reiles, kes oma pildiga võitis ekskursiooni tervele oma klassile.



Joonis 24-7 Kodukohakaevandaja võitjatöö "Kurevere karjäär", Tallinna Reaalkool 11a Autor Richard Reiles

Auhinnaekskursioon leidis aset 18. Mail 2012, kus 31 Tallinna Reaalkooli 11 klassi õpilast sõitsid Ida-Virumaale tutvuma Ojamaa kaevanduse territooriumi, Baltikumi pikima konveieri ning VKG tööstuskompleksiga.



Joonis 24-8 Tallinna Reaalkooli 11 klass Baltikumi pikima konveieri juures

Mäeinstituut korraldab sarnaseid üritusi mitmeid nt Muuseumiöö, Teadlaste öö, osalemine messidel ja konverentsidel, koolide külastused ning Mäemuuseumi külastused, otseselt gümnasistidele suunatud projektid Geodisaini kursus ning suvepraktika jne.. Selle kõige teadvustamise eesmärgiks on pakkuda tulevastele õppurile võimalust osa saada põnevast ja huvitavast erialast ning siduda ennast ühe osaga meie ühiskonnast, ilma milleta maailm ei oleks see mis ta hetkel on.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: KIK11066 - Keskkooliõpilaste teadlikkuse tõstmine mäendusest ja kaevandamisest <http://mi.ttu.ee/koolidekylastus> ja AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine <http://mi.ttu.ee/etp>.

Viited:

1. Grossfeldt, G. (2009). Relation between mining technologies and mining image. Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
2. Västrik, A.; Karu, V.; Grossfeldt, G. (2009). Eesti mäetudengite maine siin ja mujal. Mäenduse maine (137 - 141). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
3. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
4. Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. Tallinn: TTÜ mäeinstituut

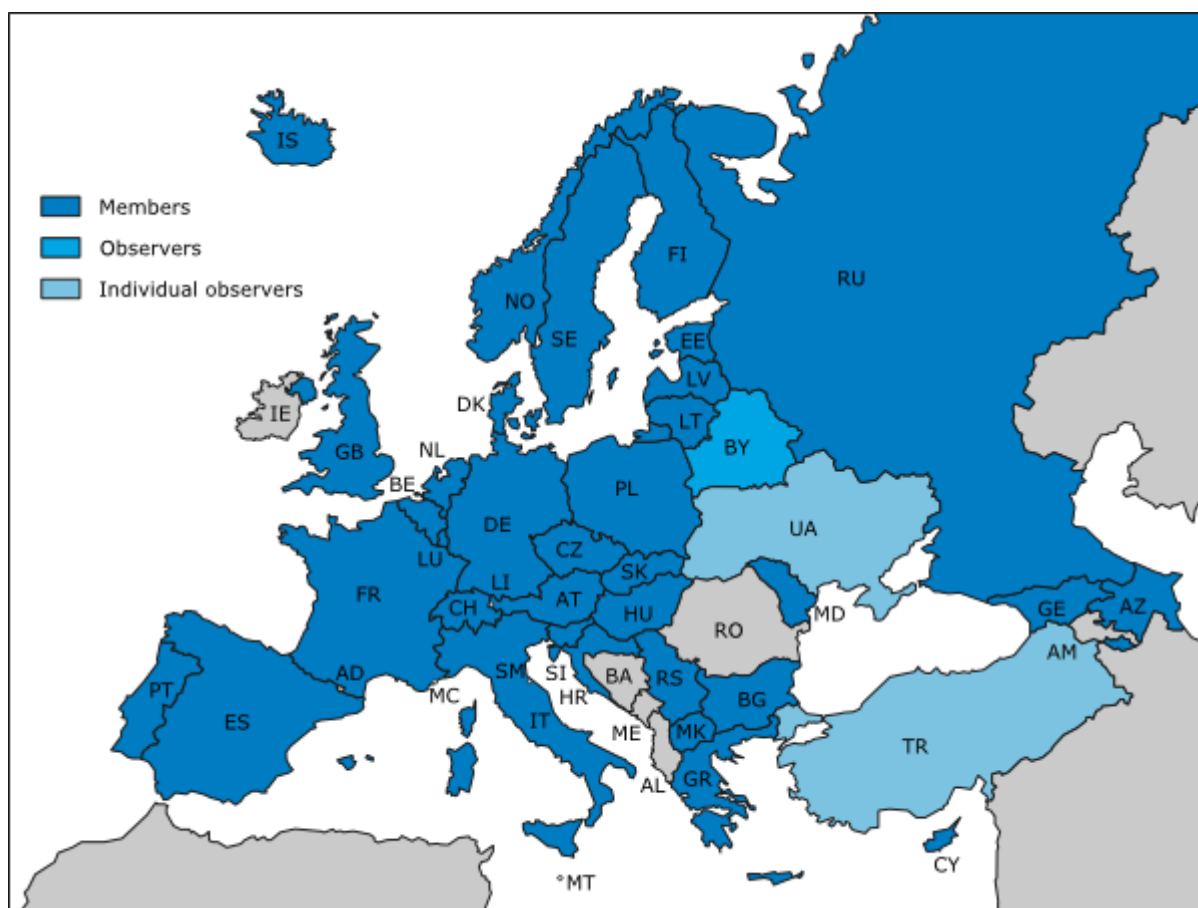
Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

5. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
6. Väizene, V.; Karu, V. (2009). Geotehnoloogia karjäärivõimaluste tutvustamine õpilastele. Mäenduse maine (125 - 128). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
7. Väizene, V. (2009). Esmamulje geotehnoloogiast tuutoritunnis. Mäenduse maine (134 - 134). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
8. Keskkooliõpilastele kaevandamisest. Projekt "Keskkooliõpilastele kaevandamisest". Mäeinstituut (2011-2012) mi.ttu.ee/koolidekylastus
9. Adamson, A.; Reinsalu, E. (2002). Eesti mäendus. Teadusmõte Eestis. Tehnikateadused (15 - 19). Tallinn: Eesti Teaduste Akadeemia
10. Pirrus, E.; Sõstra, Ü. (2005). Geoloogia õpetamisest Tallinna Tehnikaülikoolis 1938-2005. In: Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi : Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi, Tartu, 30. september 2005. Tartu: Tartu Ülikool, 2005, 67 - 70.
11. Fiscor Steve, Title: Higher Education and Mining Law Source: E&MJ-ENGINEERING AND MINING JOURNAL Volume: 213 Issue: 2 Pages: 2-2 Published: FEB 2012
12. Cruise J. A., Title: The gender and racial transformation of mining engineering in South Africa, Source: JOURNAL OF THE SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY Volume: 111 Issue: 4 Special Issue: SI Pages: 217-224 Published: APR 2011
13. Reinsalu, E. (2011). Eesti mäendus. Tallinn, Eesti: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
14. Sürje, P. (2010). Tallinn University of Technology. Mäendusuuringud ja kaevandamine (255 - 315). Tallinn: TTÜ mäeinstituut

25. Eurodoc – doktoriõppe abikäsi

Veiko Karu

Kõrghariduse kõrgeimaks vormiks on doktoriõpe. Noore teadlase õppetöö edukaks aluseks on osalemine teadustöös. Eestis ühendab ja räägib nendel teemadel hariduspoliitikas kaasa Eesti Noorte Teadlaste Akadeemia (ENTA). Eesti doktorantide mured ja edulood leiavad kajastamist ka Euroopa tasemel, selleks on olemas European Council of Doctoral Candidates and Junior Researchers (EURODOC). Ühingusse kuulub 35 Euroopa riiki, samuti on liikmeid nende hulgas, kes ei kuulu Euroopa Liitu. EURODOCi liikmelisusest annab ülevaate allpool olev joonis (Joonis 25-1 EURODOCi liikmesriigid).



Joonis 25-1 EURODOCi liikmesriigid

Doktorantuuri ning noorteadlaste olukorra edendamiseks, diskussiooniks, analüüsiks ning hinnanguteks kasutatakse erinevaid võimalusi [1; 2]. Peamiselt kasutatakse arutelu ning analüüsi vormi erinevates EURODOCi töörühmades (Tabel 25-1 EURODOCi töörühmad). Töörühmade arutelu tulemused vormistatakse poliitiliste dokumentidena ning EURODOCi soovitusena. Lisaks on kasutusel EURODOCi aastakonverentsid, mil tõmmatakse noorteadlastele rohkem tähelepanu.

Tabel 25-1 EURODOCi töörühmad

Töörühma nimetus	Töörühma põhitegevus
„Career Development“	Noorteadlase karjääri planeerimisega seotud problemaatika.
„Gender Equality“	Teaduses olevate inimeste võrdõiguslikud aspektid
„Interdisciplinarity“	Interdistsiplinaarsus erinevate teadusharude vahel.
„Mobility“	Teadlase mobiilsustemaatika.
„Policy Research“	Analüüsib Euroopa Liidu dokumente, mis suunab teaduse arengut Euroopas ning teeb nende kohta märkusi, mida noorteadlaste poolelt on tarvilik edendada.
„Survey“	Küsitlused doktorantide ja noorteadlaste olukorra hindamiseks erinevates riikides ning teadusvaldkondades.
„Governance“	Hõlbustab juhtimistegevust EURODOCi siseselt.
„Finance“	EURODOCi finants võimekuse arendamine
„Communication“	Kommunikatsioon EURODOCi liikmete seas ning samuti Euroopa vastavate institutsioonide vahel

Kokkuvõte

Sageli arvatakse, et kusagil mujal on alati parem ning seal on ka tingimused paremad [3; 4; 5; 6; 7]. Kuid igal teadusharus ei pruugi see nii olla. Kaardistades Eesti doktorantide ning noorteadlaste olukorda korraldas ENTA erinevaid arutelu vorme, neist edukamad olid doktorantide assambleed, ümarlauad [8; 9; 10; 11]. Nende diskussioonide tulemusena muudeti seadusi ning edaspidi saab doktorantuuri õppima minev magistrikraadiga spetsialist valida, kas ta on doktorant ehk tudeng või võrdõiguslik teadustöötaja ehk noorteadlane. Kuid see otsus on vaid jäämäe tipp. Leidmaks sobivaid ja häid kandidaate doktoriõppesse, tuleb noortesse süstida teadusehuvi juba bakalaureuse õppes. Seda on kõige edukam läbi viia tudengite teadusklubidena [12; 13; 14]. Tallinna Tehnikaülikoolis on teadusklubidena nimetatud Säästva Arengu Klubi, Formula Student, Mäenduse ja geoloogia teadusklubi ning nii mõnigi veel. Mäenduse ja geoloogia teadusklubiline tegevus on näidanud, et sellist tegevust on vaja, sest see aitab kaasa samuti mäendusvaldkonna maine parendamisele [15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22]. Lisaks koduülikooli tegevusele on kasulik tegutseda samuti rahvusvaheliselt, mis loob häid kontakte ning aitab edendada Euroopa teaduse mitmekesisust, olgu nendeks koostöövormideks siis välisõpe, välisekskursioonid, Euroopa Liidu uuringud vms [23; 24].

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Olgu koostöövormiks mistahes eelpool nimetatud, tuleb alati meeles pidada, et seda kõike tehakse ülla eesmärgi nimel – jätkuks järjepidevus ja parimad lahendid leiaksid rakendamist. Doktoritõppe abikäeks siinkohal võib lugeda EURODOCi, sest läbi selle organisatsiooni on olemas noorteadlasel juurdepääs kõrgetasemelisele teadusseltskonnale.

Erinevaid koostöövorme on rakendatud ning rakendatakse teadusuuringutes: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130- Energia ja geotehnika doktorikool II.

Viited:

1. Dominguez, JFC.; Perez, MAM. (2012). Professional Doctorates and Careers: the Spanish case. *European Journal of Education*, vol 47, pp 153...171
2. Kandiko, CB.; Kinchin, IM. (2012). What is a doctorate? A concept-mapped analysis of process versus product in the supervision of lab-based PhDs.
3. Cyranoski, D.; Gilbert, N.; Ledford, H.; Nayar, A.; Yahia, M. (2011). Education: The PhD factory. *Nature* 472, pp. 276-279
4. The Economist. (2010). The disposable academic. - http://www.economist.com/node/17723223?story_id=17723223 – (13.05.2012)
5. Cressey. D. (2012). PhDs leave the ivory tower. *Nature* 484, pp 20
6. Teperik, Dmitri; Zabrodskaia, Anastassia (2008). Final Report on Mapping Research Management Skills of the Ukrainian PhD Candidates. Tallinn: Eesti Noorte Teadlaste Akadeemia
7. Teperik, D. (Toim.) (2008). Target on research optimization. Tallinn: Eesti Noorte Teadlaste Akadeemia
8. Karu, V. (2009). Haridus- ja teadusminister versus Eesti doktorandid. *Studioosus*, 3, 10
9. Karu, V. (2008). Doktorantide assamblee.
10. Karu, V.; Teperik, D. (2008). Eesti noorte teadlaste tegemised. *Studioosus*, 6, 8 - 8.
11. Karu, V. (2008). ENTA ümarlaud. *Studioosus*, 10
12. Karu, V. (2009). Maaülikool + Tehnikaülikool = maatehnika. *Studioosus*, 3, 7
13. Karu, V. (2009). Teadus tudengini – kuidas muutuda tööjõuturul konkurentsivõimelisemaks? *Studioosus*, 2, 12
14. Pärnasalu, R.; Karu, V.; Õnnis, A. Õ. (2007). Science Club of Mining and Geology as it Affects Higher Education. In: 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" : Doctoral School of Energy and Geotechnology : 4th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Kuressaare, Estonia, 15.-.20.01.2007. (Toim.) Lahtmets, R.. Tallinn: Tallinn University of Technology Faculty of Power Engineering, 2007, 112 - 113.

15. Västriku, A.; Karu, V.; Grossfeldt, G. (2009). Eesti mäetudengite maine siin ja mujal. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (137 - 141). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
16. Karu, V. (2008). Mäetudengi õppetöö ja teadustee mäenduse ja geoloogia teadusklubis. Valgma, I. (Toim.). Killustiku kaevandamine ja kasutamine (71 - 73). Eesti Mäeselts; TTÜ mäeinstituut
17. Karu, V. (2007). Mäeõppe kvaliteedihüpe Mäenduse ja geoloogia teadusklubis. E. Reinsalu, A. Önnis, K. Sokman, I. Valgma, H. Viilup (Toim.). Kaevandamine parandab maad (10 pp.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
18. Karu, V.; Önnis, A. (2007). Akadeemilise mäendusõppe täiendamine Mäeringis. E. Reinsalu, A. Önnis, K. Sokman, I. Valgma, H. Viilup (Toim.). Kaevandamine parandab maad (4 pp.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
19. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine vastavalt mäeinseneri kutsestandardile. Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja hariduse perspektiivid (55 - 62). Kohtla-Järve: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
20. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine juhindub mäeinseneri kutsestandardist. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (117 - 124). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
21. Reinsalu, E.; Adamson, A. (2007). Mäeinseneride õpetamine Eestis. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis (580 - 589). Tallinn: GeoTrail KS
22. Västriku, A.; Anepaio, A.; Kolats, M. (2009). Innovaatiline teadus- ja õppekeskuse muuseum Tallinnas. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (69 - 72). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
23. Karu, V. (2011). European Union Baltic Sea region project "MIN-NOVATION". Oil Shale, 28(3), 464 - 465.
24. Västriku, A.; Väizene, V. (2009). Välisõpe Euroopas. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; To (Toim.). Mäenduse maine (142 - 143). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus

26. TalveAkadeemia 2012: Kaevandamisel tekkivate jääkide taaskasutamine – samm ressursi paremaks kasutamiseks

Aleksander Pototski, Veiko Karu, Jüri-Rivaldo Pastarus

Majanduse toimimiseks on vaja kellelgi midagi müüa ja keegi peab soovima midagi osta. Enamuse tarbitavate seadmete ja ühiskonna toimimiseks vajalike osade (elekter, puhas vesi jt) toormaterjal tuleb maapõuest. Maavarade kaevandamisel ei suudeta kogu maavara ressursi maksimaalselt veel ära kasutada ja nii tekivad erinevad tootmisjäätised ja jäätmed. TalveAkadeemia grupitöös võeti luubi alla meid kõiki puudutav elektrienergia tootmisel tekkiv jääk – põlevkivituhk.

Põlevkivi põletamisel jääb järgi põlevkivituhk. Erinevad põlevkivivarud, -töötlemise ning kaevanduste täitesegude uuringud arvestavad põlevkivituha tekkega [13; 14; 15; 16; 17; 18]. Põlevkivituha taaskasutuse suurendamiseks on alustatud mitmeid uurimis- ja arendusprojekte. Näiteks juba on uuritud põlevkivituha ja aheraine segu kasutamise laboratoorsed katsed. Seda segu on plaanis kasutada põlevkivi allmaakaevanduste täitmiseks. Hetkel kasutatava kaevandamise tehnoloogia puhul jääb maa alla tervikutena ligi 40% põlevkivi. Allmaa kaevandamise sügavuse suurenemisega veel märkimisväärselt kogus põlevkivi jääb maa all. Ladustades kaevandusjääke põlevkivituha baasil valmistatud betoonisegudega maa all saame kätte kuni 90% põlevkivi ning sidudes CO₂ vähendame märkimisväärselt heitmete koguseid. Kaugem eesmärk on kadudeta ja maapinna stabiilsuse säilimist tagava kaevandamistehnoloogia väljatöötamine. Koos mitme partneriga on tehtud ettevalmistusi Euroopa Liidu LIFE projekti toel põlevkivituha kasutamise võimaluste uurimiseks teedeehituses [19; 20; 21]. "Elektrienergia tootmisel tekkiva põlevkivituha taaskasutamine tsemendi ja betooni koostisosana võimaldab eelkõige säästa killustiku-, liiva- ja savivarusid, samuti vähendada kasvuhoonegaasi CO₂ teket, kuna ühe tonni tsemendi valmistamisel paiskub õhku ligi 700...800 kilogrammi CO₂," rääkis Aleksander Pototski 27.05.2011 ERR uudistetoimetusele.

TalveAkadeemia konverentsil saavad kokku tudengid, õppejõud ja oma ala spetsialistid (Joonis 26-1 Grupitöös osalejad), keda huvitab säästev areng ning teistes Eesti ülikoolides tehtav teadustöö, toimuvad praktilised õppimisvõimalused läbi grupitööde – sissejuhatav teoreetiline osa ning praktiline tegevus [1; 2; 3; 4]. Kasutades põlevkivituha eri liike erinevates proportsioonides saime kolm erinevat (betooni-)segu. Segu koostistest parim oli 100% tolmpõletus katelde elektrifiltrituhk proportsioonis veega 1:4. Nõrgemate betoneerimisomadustega osutus segu poolest katla- ja poolest tsüklontuhast proportsioonis veega 2:5. Kõige nõrgemaks seguks oli segu poolest katla- ja poolest tsüklontuhast proportsioonis veega 1:5.



Joonis 26-1 Grupitöös osalejad

„Kaevandamisel tekkivate jääkide taaskasutamine – samm ressursi paremaks kasutamiseks“ grupitöös rääkis põlevkivituha taaskasutamisest täpsemalt mäeinstituudi doktorant, Aleksander Pototski (Joonis 26-2 Aleksander Pototski rääkis põlevkivituhkadest) oma ettekandes „Põlevkivituhk: tekkimine, omadused, kasutamine“ (Joonis 26-3 Toimus tuhkade uurimine), projektist, mille eesmärk on võtta Eestis senisest märksa enam kasutusele põlevkivituhka. Põlevkivituha tööstusliku rakendamise puhul, saab töödelda suure osa põlevkivi põletamisel tekkivast tuhast ning protsess muudab põlevkivitööstuse keskkonnasõbralikumaks. Kaevandamistehnoloogiatest ning täitmisevõimalusi tutvustas TTÜ mäeinstituudi assistent Veiko Karu, kasutades eelnevate uuringute teadmisi ning tulemusi [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 15]. Teoreetilisele osale järgnes praktiline tegevus, mille käigus TTÜ mäeinstituudi spetsialist Raili Kukke poolt ettevalmistatud kaevanduse maketi käigud elektrijaama tuhasegudega täideti. Esmalt segati kokku täitesegu (Joonis 26-4 Kaevanduse maketi täitesegu segamine), millega maketti täita, seejärel toimus maketi kaeveõõnte täitmine täiteseguga (Joonis 26-5 Maketi täitmine; Joonis 26-6 Käigu täitumine täiteseguga). Pärast täitmist jäi makett kuivama ning täitesegu kivistus.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012



Joonis 26-2 Aleksander Pototski rääkis põlevkivituhkadest



Joonis 26-3 Toimus tuhkade uurimine



Joonis 26-4 Kaevanduse maketi täitesegu segamine



Joonis 26-5 Maketi täitmine



Joonis 26-6 Käigu täitumine täiteseguga

Kokkuvõte

Talveakadeemia 2012 raames viidi läbi grupitöö, mille eesmärgiks oli tekitada arusaam, kuidas põlevkivi kaevandamise ja termilise töötlemise tagajärjel tekkinud aherainet ja põlevkivituhka kasutada kaevanduste täitmisel. Grupitöö raames viidi läbi ülevaade teema teoreetilisest poolest, uuriti põlevkivituhkasid mikroskoobi all ning tehti täitesegud. Grupitöö tulemusena valmis kaevanduskäikude täitmise füüsiline mudel, mille peal katsetati põlevkivituhast valmistatud seguga täitmist. Grupitöö juhendaja oli Raili Kukk, TTÜ Mäeinstituudi spetsialist. Teoreetilise poole pealt aitasid kaasa TTÜ Mäeinstituudi assistent Veiko Karu ja dotsent Jüri-Rivaldo Pastarus ning Eesti Energia Narva Elektriijaamade tuhamüügi teenistuse juhataja, TTÜ Mäeinstituudi doktorant Aleksander Pototski.

Kasutades põlevkivituha eri liike erinevates proportsioonides saadi kolm erinevat (betooni-) segu. Segu koostistest parim oli 100% tolmpõletus katelde elektrifiltrituhk proportsioonis veega 1:4. Nõrgemate betoneerimisomadustega osutus segu poolest katla- ja poolest tsüklontuhast proportsioonis veega 2:5. Kõige nõrgemaks seguks oli segu poolest katla- ja poolest tsüklontuhast proportsioonis veega 1:5. Peale kolmandat päeva läks makett katki, põlevkivituha segu mahu suurenemise tõttu. Halvima segu maht suurenes minimaalselt ja parima segu maht kõige rohkem. Survetugevus ei ole mõõdetud.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR10127 - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldkondade alused ja AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

1. Karu, V. (2009). TalveAkadeemia tegi rekordi. *Studioosus*, 2, 12
2. Karu, V. (2009). TalveAkadeemia – innovaatilised ideed saavad rakenduse juba täna.
3. Karu, V. (2008). Talveakadeemia 2009 temaatika kaldub planeerimise pool. *Studioosus*, 8, 12 - 13.
4. Karu, V. (2008). Talveakadeemia - innovatsioon tudengite seas. *Studioosus*, 10 - 11.
5. Pastarus, J.-R.; Väli, E.; Lohk, M. (2009). Backfill technology - challenge for Estonian oil shale industry. Valgma, I. (Toim.). *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
6. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Toim.). *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
7. Pastarus, J.-R.; Sabanov, S. (2009). Backfilling in Estonian oil shale mines. In: *Proceedings of the 3rd International Conference AMIREG 2009: Towards sustainable development: Assessing the footprint of resource utilization and hazardous waste management*, Athenes, Greece, 2009. (Toim.) Z. Agioutantis, K. Komnitsas. Athens, Greece:, 2009, 344 - 347.
8. Tohver, T. (2010). Utilization of waste rock from oil shale mining. *Oil Shale*, 27(4), 321 - 330.
9. Sabanov, S.; Tohver, T.; Väli, E.; Nikitin, O.; Pastarus, J.-R. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. *Oil Shale*, 25(2S), 145 - 152.
10. Undusk, V. (1998). Safety factor of pillars. *Oil Shale*, 15(2) special, 157 – 164.
11. Pastarus, JR (1998). Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. *Oil Shale*, 15(2), 147 - 156.
12. Toomik, A. 1998. Environmental heritage of oil shale mining. *Oil Shale*, Vol.No. 2 Special. Tallinn, pp. 170-183.
13. Reinsalu, E. (2008). Põlevkivi tarbimise prognoos aastani 2020. Valgma, I. (Toim.). *Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-)*. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
14. Reinsalu, E. (2007). Müüdid ja faktid põlevkivi kaevandamise keskkonnakahjulikkusest. Mägi, V. (Toim.). Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (68 - 70). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
15. Reinsalu, E. (2007). Põlevkivi kasutamise tõhusus sõltub põlevkivi kvaliteedist. Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed, 1-2, 14 - 16.
16. Tammeoja, T. (2008). *Economic Model Oil Shale Flows and Cost*. (Doktoritöö, Tallinna Tehnikaülikool, Mäeinstituut) Tallinn: Tallinn Technical University Press

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

17. Pihu, T.; Arro, H.; Prikk, A.; Rootamm, R.; Konist, A.; Kirsimäe, K.; Liira, M.; Motlep, R. (2012). Oil shale CFBC ash cementation properties in ash fields. Fuel, Volume 93, Issue 1, pp 172...180
18. Plamus, K.; Soosaar, S.; Ots, A.; Neshumayev, D. (2011). Oilshale, Volume 28, pp 113...126
19. A.Koroljova, A.Pototski. (2012). Ash Utilisation 2012, Ashes in a Sustainable Society, Stockholm, Sweden, January 25-27, poster 3.
20. Pototski, A., Pastarus, J.-R. (2011). The secondary usage of the burnt oil-shale ashes of Narva Power Plants. 20th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection MPES 2011. Almaty, Republic of Kazakhstan, 2011, 181.
21. Ronkainen, M., Pototski, A., Koroljova, A., Puhkim, H., Lahtinen, P., Kiviniemi, O., Ollila, S. 2012. Utilisation of oil shale ashes in road construction. Nordic Geotechnical Meeting. NGM 2012. Copenhagen, Denmark. Pp.1-10.

27. Info

Eesti Mäendus – meie viimati avaldatud mäendusõpik

Enno Reinsalu

Esimene eestikeelne mäendusõpik ilmus 1933 prof Jaan Kargi toimetamisel [1]. See oli tõeline mäenduse õpik – maavarade uuringust rikastamiseni. Järgmine, Ludvig Kaalmani õpik ilmus 1950 ja see oli puhtalt mäetööde, kaevandamise tehnoloogia mitte mäenduse õpik [2]. Viimane, Heino Aruküla eestvõtmisel koostatud mäendusala õpik „Kaevuritööd“ ei olnud kõrgkooliõpik. Oligi viimane aeg kirjutada uus, kaasaegne õpik „Eesti Mäendus“. Kavandasin kirjutada kolm osa – esimese üldisema, bakalaureuseõppeks ja laiemale ringile, teise magistriõppeks ja kolmanda doktorantidele. Seoses sellega, et tekkis rahastamisvõimalus TTÜ doktorikooli kaudu, avaldasin teise osa „[Eesti Mäendus II](#)“ digiteavikuna veel enne esimest [3].

2007. aastal, kui startis Haridusministeeriumi programm eestikeelsete kõrgkooliõpikute kirjutamiseks, hakkasin taotlema kirjastamistoetust. Kolmas katse õnnestus ja seda tänu Tartu Ülikooli geoloogide positiivsele suhtumisele, kes ei näinud minus võistlejat. Olulise argumendina märkis geo- ja bioteaduste valdkonna ekspertkomisjon just eestikeelse terminoloogia korrastamise vajadust.

Käsikiri valmis 2010. a jaanuaris. Erialaretsensentideks olid rakendusgeoloog Jüri Plado ja emeriitprofessor Väino Puura Tartu Ülikoolist. Tänu nende põhjalikule tööle kulus veel terve suvi, et mäendus saaks mõistetavamaks mitte ainult geoloogidele vaid ka üldsusele. Eestikeelsete õpikute puhul on oluline roll keeleretsensendil (mitte segi ajada korrektoriga). Tema leidmisega läks SA Archimedesel ja programmi komisjonil aega. Keeleretsensent olema keele spetsialist, kuid mäenduse erialal Eestis sellist ei ole. Lõpuks võttis keeleretsensendi rolli oma kanda Mari-Ann Tamme TTÜ Kirjastusest. Kuna ta hiljem sai oma kohustuseks ka keelelise korrektuuri, siis tänu Mari-Annele sai eesti mäekeel palju lähedasemaks eesti keelele.

Trükkis TTÜ Kirjastus. Kui tekkis probleem ja SA Archimedese toetusest ei jätkunud värvi trükiks raha ning Keskkonnainvesteeringute Keskus oli juba varem loobunud mäenduse propageerimisest ning Eesti Põlevkivi Kaevandused ei vajanud õpikut, siis lisaraha andis Eesti Mäetööstuse Ettevõtete Liit.

Raamat koosneb kolmest osast. Esimene osa on leksikonilaadne, lugemaks, mis on mis. Erialastest internetileksikonidest on üks esimesena kätte tulevast saksa päritolu mitmekeelne [Mineralienatlas](#) [4], mis meile, kui Kesk-Euroopa mäekoolkonnale peaks olema kõige sobivam. Kuid eesti keelt selles ei ole. Minu raamatu teine osa kirjeldab Eesti maavarasid ja maardeid alates kõige kättesaadavamatest – liivast ja kruusast ning lõpetades unustatud

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

uraanimaagiga. Ka mineraale ja kivimeid tutvustavaid internetiallikaid on palju, kasvõi näiteks USA kapitaalne [Handbook of Mineralogy](#) [5], kuid jällegi sama raskus – ei ole eestipäraseid kivimite ja maavarade mõisteid. Seejuures, minu raamatust ei leia vastuseid vastust triviaalsetele küsimustele: kui palju on Eestis seda või teist maavara, kui kauaks jätkub ehituslubjakivi, kui palju toodetakse põlevkivi jmt. Need andmed muutuvad iga päev ja on leitavad internetist.

Kuna tegemist on inseneriõpikuga, siis peamine tähelepanu on pööratud maavarade tehnilistele omadustele. Et see on bakalaureuseõpik, siis loomulikult ei ole kivimite käsitus väga põhjalik, kuid piisav, et õppida kasutama ingliskeelseid tähteoseid, näiteks Dr Evert Hoek'i digiraamatut [Practical Rock Engineering](#) [6]. Kuigi minu õpikus on kukersiitpõlevkivi andmestik täpsem kõigest mis kunagi avaldatud, ei ole see raamat põlevkivile orienteeritud, sest andmeid meie peamise maavara kohta on piisavalt selleteemalistes teadusartiklites [7, 8 jt].

Kolmas osa käsitleb meie mäetööstust tähestiku järjekorras, alates fosforiiditööstusest ja lõpetades uraani kaevandamisega. Seejuures põhirõhk ei ole mitte niivõrd maavarade väljamise ja rikastamise tehnilistel ja tehnoloogilistel üksikasjadel kui just majandusel ja keskkonnamõjul. Pidades silmas laiemat lugejaskonda ja lähtudes aabitsatõest, et parimal moel saavad keskkonda kaitsta tehnoloogid, on kolmanda osa igas peatükis punkt „keskkonnamõju ja -hoole“, kuid tunduvalt tehnoloogilisem ja praktilisem kui ökoloogilistes teadusartiklites, näiteks [10].

Jätkates oma varasemate õpiku praktikat on teksti pikitud lõbusaid vahepalu. Naljana võib käsitleda ka minu tiitlit 5. leheküljel leitavat mõistet „eremiitprofessor“. Teatavasti pärineb see sõnamäng [Juhan Peeglilt](#).

Nagu eelpool kirjjas, oli õpik kavandatud triloogia esimene raamatuna. Seepärast ei ole selles ka juhiseid maavarade varumiseks, mis minu õpetuse kohaselt koosneb maavara geoloogilisest uuringust, uuringu keskkonnamõju hindamisest ja maavara varumise tasuvusuuringust. Et see kõik tugineb inseneriarvutustele, on järgmisse Eesti mäendusõpikusse kavandatud geoanalüüs ja sellel põhinev maavarade varumise projekteerimine. Taotlus rahastada Eesti Mäenduse II osa kirjutamist laiemale lugejaskonnale – anda see välja paberkandjal, sai antud KIK-ile, kes taotluse tavakohaselt tagasi lükkas.

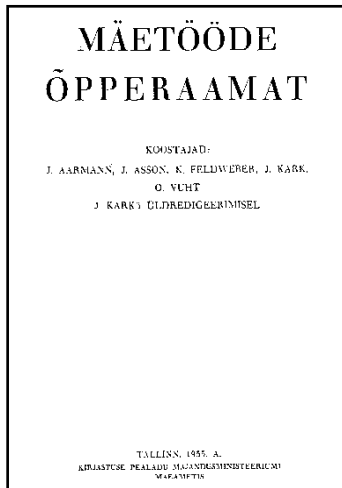
Eesti Mäendus III osad oleksid magistri- ja doktoriõppe jaoks: maapõueõiguse alused, kaevanduste projekteerimine ja mäenduslik keskkonnakaitse. Arvestades mäenduse ebapopulaarsust, lugemisoskuse hääbumist ja suunda digiteavikutele, ei ole õpiku kolmanda osa trükkimine seni kavas.

Artikkel on seotud Mäeinstituudi projektiga DAR8130, Energia ja geotehnika doktorikool II

Viited:

1. [Aarmann, J., Asson, J., Feldweber, K., Kark, J., Vuht, O., 1933. Mäetööde õpperaamat.](#) TTÜR digikogu
2. [Kaalman, L. 1950. Mäetööd.](#) TTÜR digikogu.
3. [Reinsalu, E., 2007. Eesti Mäendus II.](#) TTÜR digikogu
4. [Mineralienatlas, \[23.05.2012\],](#)
<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Chapter/Mining?lang=en&language=english&>
5. [Handbook of mineralogy, 23.05.2012,](#) <http://www.handbookofmineralogy.org/>
6. [Hoek, E., 2007. Practical Rock Engineering,](#)
http://www.rocscience.com/education/hoeks_corner . [23.05.2012]
7. Reinsalu, E., Valgma, I., 2007. [Oil shale resources for oil production](#), Oil Shale, Vol 24, No 1, pp 9-14. [23.05.2012].
8. Reinsalu, E., Valgma, I., Väli, E., 2008. [Usage of Estonian oil shale](#), Oil Shale, Vol 25, No 2, pp 101-114. [23.05.2012].
9. Uus, S., 20.05. 2004. [Künni- ja külvimees Juhan Peegel](#), Maaleht, [23.05.2012]
10. Liblik, V., Toomik, A., Rätsep, A., [Suletud ja suletavate kaevanduste keskkonnamõju](#), TLÜ Ökoloogia Instituudi kogumik, lk 31-52.

Tabel 1 TTÜ mäeõpikud läbi aegade



Jaan Aarmann, J. Asson, Karl Feldweber, Jaan Kark (koostaja), Oskar Vuht

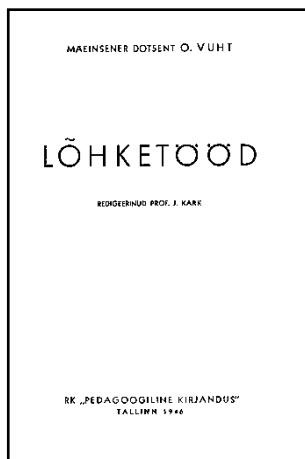
MÄETÖÖDE ÕPPERAAMAT

<http://digi.lib.ttu.ee/i/?430>

Tallinn, Majandusministeerium, 1933

194 lk, 275 joonist, 2 tabelit

Mäenduse ja mäetööde aluste õpik, mis lõi kaheks järgnevaks kümnendiks aluse mäenduse erialateadmiste omandamiseks Eestis.



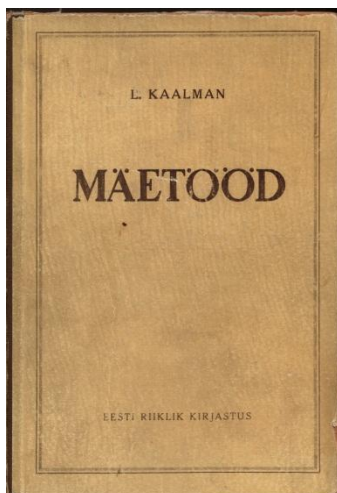
Oskar Vuht, redigeerinud Jaan Kark

LÕHKETÖÖD

Tallinn, Pedagoogiline kirjandus, 1946, 277 lk

277 lk, 130 joonist, 43 tabelit, 3 lisa.

Raamat oli määratud õpperaamatuks TPI-s, sobis kasutamiseks ka mäetehnilistes keskkoolides.



Ludvig Kaalman

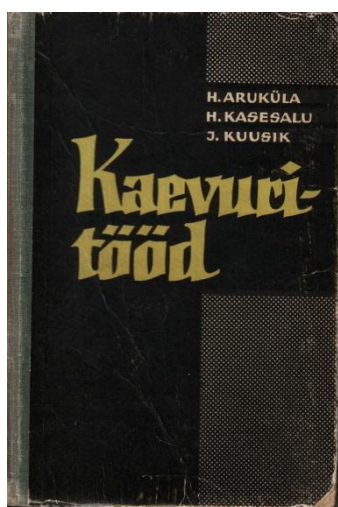
MÄETÖÖD

<http://digi.lib.ttu.ee/i/?434>

Tallinn, Tartu, Eesti Riiklik Kirjastus, 1950

577 lk, 456 joonist, 45 tabelit

Õpik mäetööstuse kesk- ja kõrgtaseme juhtidele



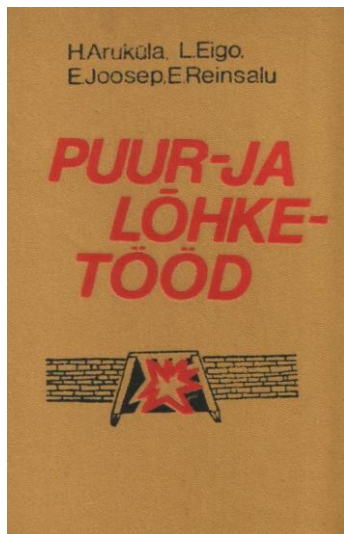
Heino Aruküla, Helmut Kasesalu, Jaan Kuusik

KAEVURITÖÖD

Tallinn, Eesti Riiklik Kirjastus, 1963

394 lk, 255 joonist, 18 tabelit

Õpik mäetööstuse kesktaseme juhtidele, geoloogiast majanduseni



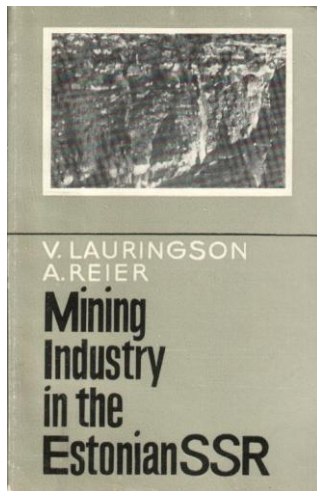
Heino Aruküla, Lembit Eigo, Elmar Joosep, Enno Reinsalu

PUUR- JA LÖHKETÖÖD

Tallinn, Valgus, 1980

319 lk, 200 joonist, 138 tabelit, 19 lisa, aineregister

Puurimis- ja lõhketööde õpik-käsiraamat.



Veljo Lauringson, Alfred Reier

ENSU MÄETÖÖSTUS

Tallinn, Perioodika, 1981

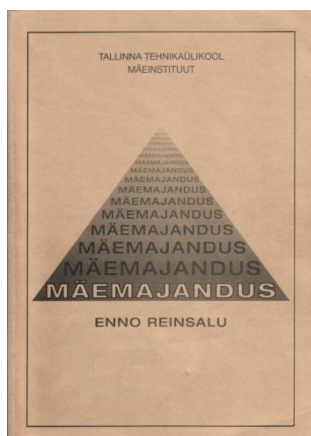
94 lk, 47 joonist, 16 tabelit, lisa

Populaarne ülevaade Eesti mäetööstusest, peamiselt põlevkivi kaevandamisest. Põlevkivi osas kordas paljut G. Paalme ja E. Vaheri raamatust **Tehnika progress põlevkivi kaevandamisel**

Kordustrükid inglise ja vene keeles

Enno Reinsalu

[MÄEMAJANDUS](#)



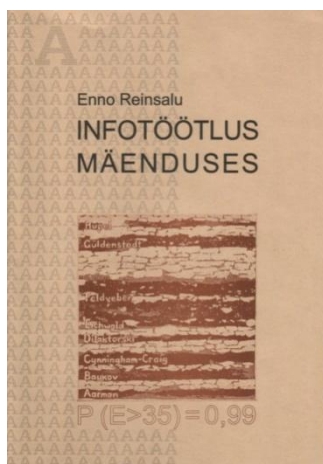
<http://digi.lib.ttu.ee/i/?164>

Tallinn, TTÜ mäeinstituut, 1998

158 lk, 20 joonist, 70 tabelit, eesti-vene-inglise-saksa keele sõnastik-register

Õpik-monograafia, milles käsitletakse eesti mäendust uuenenud majanduse ja õiguskorra tingimustes. Käsitletakse mäetööstusele omaste loodusressursside, tööjõu ja tootmiskapitali käitlust, peamiselt põlevkivi kaevandamise baasil.

Enno Reinsalu

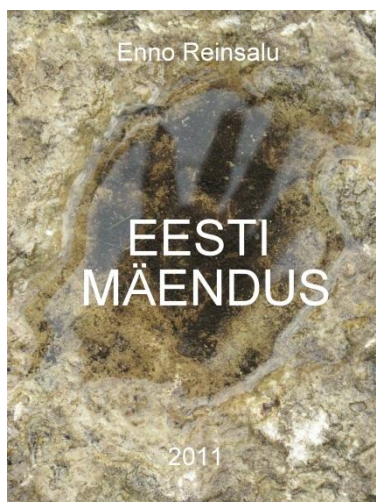


<http://digi.lib.ttu.ee/i/?154>

Tallinn, TTÜ mäeinstituut, 1999

30 lk, 3 joonist, 15 tabelit

Tööjuhend-käsiraamat mõningate mäenduslike arvutuste nagu põlevkivikihindi energiatootluse, puistematerjalide lõimise ja rekultiveerimise kvaliteedi määramise täpseks teostamiseks.



Enno Reinsalu

EESTI MÄENDUS

Tallinn, TTÜ kirjastus, 2011

186 lk, 165 pilti, 19 tabelit

Kõrgkooliõpik kolmes osas: 1. Mõisted, 2. Maavarad, 3. Mäetööstus

Kunda jõe talvised üleujutused alamjooksul ja nende põhjused

Ülo Sõstra

Kunda jõgi ei ole pikk, vaid 64 km, valgala pindala moodustab 530 km². Jõgi voolab Pandivere kõrgustiku kirdeservas piki loodesuunalist murranguorgu. Jõgi teeb 9 km enne suubumist merre järsu looke itta, seejärel pöördub põhja ja voolab üldises põhja suunas loogeldes kuni suubumiseni Kunda lahte. Keskjooksul voolab jõgi suurema osa Kirde-Eesti lavamaal, kus jääb absoluutsete kõrguste vahemikku 80-60 m. Jõe veepinna kõrgus lähtel on 90 m, suudmes merre – 0 m, seega keskmine lang on 1,41 m, kuid see ei ole ühtlane. Lang on kõige suurem alamjooksul, kahel suudme-eelsel kilomeetril, kus jõgi läbib Põhja-Eesti klinti. Seal ulatub lang 12,8 meetrini ühe km kohta. Tegelikult suurem osa sellest langust on eelviimasel kilomeetril, kui jõgi laskub alla klindist. Siin paiknevad kaks hüdroelektrijaama, millest üks hiljuti taastati, nüüd annab odavat ja keskkonnasõbralikku elektrienergiat. Jõesäangi laius alamjooksul on 8-25 m, keskmiselt 15 m, jõesäangi sügavus on 0,15-3,5 m, keskmiselt – 0,6 m. Keskmine aastane vooluhulk on 5,0-6,0 m³/s, kuid maksimaalne veehulk võib tõusta kuni 40-50 m³/s, minimaalne jääb vahemikku 0,7-1,0 m³/s [1]. Viimastel aastatel selliseid veehulki ei ole olnud. Kunda jõgi on olnud Sämi lävendil vaatluse all 1942.a kuni 1988.aastani, kuid seal on veehulgad väiksemad. Alamjooksu kohta on andmeid 1987.a kohta, kus 0,5 km Kunda-Vigala sillast allavoolu olid vooluhulgad veebruaris 2,68 m³/s, aprillis – 12,2 m³/s, mais – 8,24 m³/s, augustis – 9,09 m³/s ja novembris lõpus – 3,71 m³/s [2]. Väiksem läbivool oli 1988.a veebruaris 0,81 m³/s, suurim teadaolev läbivool oli 1987.a aprillis – 12,2 m³/s [2,3]. Reeglina on veehulgad kõige suuremad kevadise lume sulamise ajal ja sügiste vihmade ajal, kõige väiksemad aga talvel lumekatte ajal.

Viimaste külmade talvede ajal hakkas Kunda jõgi uputama lammile ehitatud hooneid, seepärast tuli hullema vältimiseks rajada jõel jäässe uus säng. Jõevett kasutatakse küll hakkpuidu tegemisel ja tsemendi tootmisel, kuid suhteliselt väikestes kogustes ning veevõtt ei suurendaks ju veehulka jõe alamjooksul. Üleujutuste põhjuste väljaselgitamiseks käis artikli autor läbi mõlemad jõe kaldad alates esimest tammist jõel, kus elektrijaam praegu ei tööta kuni jõe suubumiseni merre. Jõe alamjooksul enne Kunda linn – Kunda sadam maantee silda on jõgi suhteliselt kiirevooluline, sarnane mäestikujõgedele, laia ja madala veevooluga, suvel on selles osas jõe sügavus 15-30 cm (Joonis 27-1 Suvekohvik 10.aprillil 2012.a. Lume peal olid nähtavad jõevee vooluteed.). Jõelamm on madal, kohati alla 1 m. Kiire vool uhub kaldaid, kus kasvavad lepad ja teised veelembelised lehtpuud. Kui vesi uhub puude juurte alt pinnase ära, siis puud kukuvad vette ja pidurdavad jõe voolu, moodustades omamoodi tammi jõele. Teine probleem on kolm silda, mis on ehitatud jõe alamjooksule.



Joonis 27-1 Suvekohvik 10.aprillil 2012.a. Lume peal olid nähtavad jõevee vooluteed.

8.mail 2012.a oli veetase alanenud ja esimene sild näitas ära peamise üleujutuste põhjuse. Varem oli jõe looduslik säng selline, nagu jõgi oli endale moodustanud pika pärast jääaegse 11,5 tuhande aasta jooksul ja kogu vesi pääses vabalt merre. Sildadele on küll tehtud kõrged tammid, kuid see päästa üleujutamistest, kui oluliselt vähendatakse jõesäangi laiust (Joonis 27-2 Sild kohviku juures piirab oluliselt veevoolu jões. Vesi on madal ja voolab mööda sängipõhja. Kui veehulk suureneb, peab veetase tõusma, sest säangi laiust on vähendatud).



Joonis 27-2 Sild kohviku juures piirab oluliselt veevoolu jões. Vesi on madal ja voolab mööda sängipõhja. Kui veehulk suureneb, peab veetase tõusma, sest sängi laiust on vähendatud

Kuigi talvel on veehulk väike, tekib madala vee korral veele peale jää, mis kinnitub kalda ja kivide, rontide ja vees lebavate puude külge, mis ei võimalda veetaseme tõusu jääl kõrgemale kerkida. Järelejäänud jääalune säng jääb siis liiga väikeseks, et kogu vett ära juhtida ja vesi tõuseb jää peale. Madalamates vaiksena vooluga kohtades võib jõevesi läbi külmuda põhjani ja siis ei jäägi teist võimalust, kui voolata jää peal. Seal hakkab jääkiht kasvama ja jõe asemel tekib jäämägi. Paanajärve rahvuspargis Venemaal, Põhja-Karjalas oli erakordselt külm talv, temperatuuridega alla miinus 50°, kõik suuremad ja väikesed ojad külmusid kinni, allikad kinni ei külmunud ja vesi voolas mööda säng edasi, kevadeks oli jääkihi paksus kohati isegi 6-8 m ja sealses polaarjoone lähedasel alal jää ei sulanud ära isegi 31.juulini 1987.a, aga öökülmad algasid juba öösel vastu 10ndat augustit. Sama probleem on Kunda jõega, veekiht on õhuke, jääkiht paks, pakaste ilmadega jääb jääalusest ruumist jõeveele väheseks, aga sillaga on looduslik säng muudetud oluliselt kitsamaks. Kui veel on lisaks puutüved ja rondid vees (Joonis 27-3 Puudega risustatud kaldaääred teevad jõesängi veel kitsamaks ja madalamaks, kui peale ilmub jääkate. Jõe peab tagasi andma esialgse sängi ja kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleks ära koristada, et veel oleks vaba väljavool.) ei jää veele teist võimalust, kui ujutada üle ümbritsevat ala.



Joonis 27-3 Puudega risustatud kaldaääred teevad jõesängi veel kitsamaks ja madalamaks, kui peale ilmub jääkate. Jõe peab tagasi andma esialgse sängi ja kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleks ära koristada, et veel oleks vaba väljavool.

Jõe lammile on ehitatud terve tänav elumaju, aga jõgi ei ole suutnud sisse uuristada sügavamalt sängi, aga kliimal on oma seaduspärasused, külad ja soojad perioodid vahelduvad erinevate intervallidega. Kui soojal perioodil, mis võib kesta isegi 30 aastat jõgi tugevasti kinni ei külmu ja on otsene väljapääs merre, siis külmade talvedega võib säng suures osas kinni külmuda, nagu ka väikesed kõrvalharud, mis lammis on aja jooksul moodustunud, ja vesi hakkab lammi uputama. Niipea kui vesi lammile pääseb, tekib veelgi rohkem jääd ja see nõuab muutuste tegemist, kas süvendada kohati sängi sügavamaks, ehitada sillad laiemaks, et vabaneks kogu jõesäng või ehitada kallastele tõkked, nagu Emajõel Tartus. Tuleb teada ja arvestada kõiki loodusseadusi ja spetsialistide arvamusi, et hiljem ei tuleks raisata suuri rahalisi vahendeid hädade ärahoidmiseks.

Puurisu on mitmes kohas Kunda jõesängis (Joonis 27-4 Jõesäng puid täis, kohati on jõgi nii risustatud, et raske on aru saada, kuidas siin vesi talvel üldse voolata saab. 8.mai 2012.a foto umbes 150-200 m maantee sillast ülesvoolu. Kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleb ära koristada, et anda tagasi jõe esialgne looduslik säng.), mis pärast jäätumist vähendavad jõesängi veejuhtivust nii palju, et kohati võib vesi tõusta isegi jää pinnale. Jõesängi puhastamine mahalangenud puudest, rontidest ja kõigest muust on eriti hädavajalik, sest puude ja rontide taha moodustuvad jäätükkidest vallid, mis sulgevad suurema osa jõesängist.



Joonis 27-4 Jõesäng puid täis, kohati on jõgi nii risustatud, et raske on aru saada, kuidas siin vesi talvel üldse voolata saab. 8.mai 2012.a foto umbes 150-200 m maantee sillast ülesvoolu. Kõik mahalangenud puud ja risuhunnikud tuleb ära koristada, et anda tagasi jõe esialgne looduslik süng.

Puutüvedega reostatud jõesäng talvisel ajal takistab vee läbivoolu ja mõjutab jõevee koostist (Joonis 27-5 Suhteliselt kiire Kunda jõgi uhub alamjooksul kaldaid ja uputab vette juurtega puid, mis takistavad vee läbivoolu. Niiskel kaldaalal võivad vette uhutud tüved isegi uuesti kasvama minna.). Orgaaniline aine lagunemisel kasutab palju hapnikku, mida talvel niigi on vähem, aga Kunda jõkke tulevad kudema lõhelised ja teised kalad. Ka neile on vaja puhast hapnikurikast jõeveet, vee temperatuuri hoiavad vajalikul tasemel allikad, mida esineb nii klindi nõlvad kui ka Kunda jõe oru nõlvadel ja põhjas. Nuhtluseks jõeale on sillad, need ehitatakse võimalikult lühikesed materjali kokkuhoiu eesmärgil (Joonis 27-6 Sillad on jõeale suureks nuhtluseks. Selle ette koguneb praht ja alati ehitatakse nad jõe kõige kitsamale kohale. Sild tehakse lühem kui jõe laius, seepärast on sild veele suureks takistuseks merre jõudmisel. Maantee sild Kunda linna ja sadama vahel, ees on vana silla jäänused, mis kujutavad ohtu, sest puitosad on juba mädanenud ja ettevaatamatu jalakäija võib kukkuda jõkke.).



Joonis 27-5 Suhteliselt kiire Kunda jõgi uhub alamjooksul kaldaid ja uputab vette juurtega puid, mis takistavad vee läbivoolu. Niiskel kaldaalal võivad vette uhusud tüved isegi uuesti kasvama minna.



Joonis 27-6 Sillad on jõele suureks nuhtluseks. Selle ette koguneb praht ja alati ehitatakse nad jõe kõige kitsamale kohale. Sild tehakse lühem kui jõe laius, seepärast on sild veele suureks takistuseks merre jõudmisel. Maantee-sild Kunda linna ja sadama vahel, ees on vana silla jäänused, mis kujutavad ohtu, sest puitosad on juba mädanenud ja ettevaatamatu jalakäija võib kukkuda jõkke.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Allpool maantee silla on Kunda jõgi sügavam ja külmemine ei sega vee läbivoolu, sest veekihi paksus jääb küllalt sügavaks isegi jää all. Jõe väljavoolu merre piirab lainete ja hoovuste poolt moodustatud liivavallid suudmes ja kaugemale merre ulatuv madalik. Otse enne suuet on veel piirivalvurite poolt ehitatud metallkonstruktsiooniga sild, mis on kaotanud praeguseks ajaks oma tähenduse ja selle võiks nüüd likvideerida, sest silla talad on kaldu ja sild ise on kasutamiseks ohtlik (Joonis 27-7 Silla rajamiseks Kunda jõe suudmesse on kuhjatud hulk materjali, kuid jõgi võitleb oma õiguse eest pääseda merre. Juba on suurveed muutnud silla kasutuskõlbmatuks. Väljavoolu parandamiseks oleks otstarbekas likvideerida liivast künkad mõlemal jõe kaldal.).



Joonis 27-7 Silla rajamiseks Kunda jõe suudmesse on kuhjatud hulk materjali, kuid jõgi võitleb oma õiguse eest pääseda merre. Juba on suurveed muutnud silla kasutuskõlbmatuks. Väljavoolu parandamiseks oleks otstarbekas likvideerida liivast künkad mõlemal jõe kaldal.

Talvise üleujutamise põhjused Kunda jõe alamjooksul

1. Kunda jõel ei ole viimasel ajal olnud hoolitsevat peremeest, sest jõesäng isegi kitsamates kohtades täis puutüvesid, oksid ja risu. Külmal ajal soodustavad nad jää tekkimist ja kinnitavad jää paigale. Vooluveele jääb säng liiga madalaks ja kitsaks, seda ei piisa enam kogu vee läbi laskmiseks ja vesi hakkab voolama jää peal, kasvatades uusi jää kihte, kuni väljub sängist.

2. Veehulgid on jões muutlikud, vaevalt need ulatuvad üle $20 \text{ m}^3/\text{s}$, kuigi arvatakse, et võivad ulatuda $40\text{-}50 \text{ m}^3/\text{s}$ [1].

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

3. Probleemid tekivad jõe suvekohviku piirkonnas, kus jõgi voolab suhteliselt kitsas jõeorus ja lammi kõrgus on alla ühe meetri. Teesilla ehitamisega on jõesängi mõlemalt poolt ja silla keskel tugitaladega oluliselt kärbitud. Kui arvestada asjaoluga, et veekihi paksus on selles osas suhteliselt väike ja külmade ilmadega kattub vesi jääga, siis võib tekkida olukord, kus jääalune sängiosa ei suuda kogu vooluvett läbi lasta ja vesi tõuseb jää peale. Vanemaid maju lammile ei ehitatud, arvestati asjaoluga, et suurvee ajal võib jõgi kaldaäärseid alasid üle ujutada. Suvekohvi on rajatud otse jõe kaldale ja ilmselt isegi suurte paduvihmadega, mis olid Ida-Virumaal ja Tallinnas 2003.a, võib Kunda jõgi madalamaid kohti uputada. Majanduslikud huvid ei arvesta, kahjuks, looduslike protsesside võimalustega.

4. Kohvikusillast allavoolu on jõesäng väga madal, vee voolukiirus suur, kuid jäätumise korral ei suuda madal vesi jääd üles tõsta, seepärast väheneb oluliselt veevoolu läbilõike pindala ja liigne vesi peab tõusma jää peale, kus jälle külmade ilmadega moodustab uut jääd, mis tõstab veetaset nii palju, et vesi peab lammile välja voolama, sest lammi kõrgus väike..

5. Suvekohvikust kuni Kunda ja sadama vahelise maantee sillani on jõgi küllalt suure languga, et kogu võimalik veehulk suudaks läbi voolata ka talvisel ajal. Selleks tuleb jõesäng puhastada sinna langenud puudest ja muudest takistustest. Iga takistus külmal ajal vähendab vooluhulga pindala ja võib esile kutsuda veetaseme tõusu. Sildadele veetõus ohtu ei kujuta, kuid lammi võib hakata üle ujutama talvel, sest kallaste kõrgus veepinnast on minimaalne.

4. Sildade ehitamisel sellistele kiire vooluga ja suure vooluhulga kõikumisega, vähemalt kuni 20 korda, jõgedel, nagu Kunda, peab rohkem arvestama küllaldaste varudega jõesängi jaoks. Suvekohviku ümber tõusis vesi seepärast, et sillaalune läbilõige oli voolu jaoks liiga väike. Teised sillad ei mõjuta elamurajoone.

5. Kõige olulisemaks ülesandeks on puhastada jõesäng prahist kogu sängi ulatuse, alates tammidest elektri jaamade vähemalt kuni maantee sillani Kunda ja sadama vahel. Puude ja kogu risu väljatoomine kaldale soodustab vee liikumist jõesängis, eriti talvisel külmal ajal, kui toimub peaaegu kogu sängi kinnikülmumine.

6. Jõesängi süvendamine mõnes osas, näiteks 100-150 m ulatuses allpool ja ülalpool suvekohviku silda, võib tulla kui muud tegevused ei anna vajalikku tulemust.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: Lep10038- Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012.

Viited:

1. Järvekülg, A. (koost.), 2001. Eesti jõed. EPMÜ Zooloogia ja botaanika instituut. Tartu, Tartu Ülikooli Kirjastus. 750 lk.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

2. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1987. Часть 1. Реки. Часть 2. Озера и водохранилища. Т. XV (14). Эстонская ССР, Бассейны рек Эстонской ССР. Таллин, 1988. 136 с.

3. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1988. Часть 1. Реки. Часть 2. Озера и водохранилища. Т. XV (14). Эстонская ССР, Бассейны рек Эстонской ССР. Таллин, 1989. 136 с.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Leiud jõesängi uurimisel



Joonis 27-8 Talveks kuivama pandud jõesilmude püünised. Samas oli ligi 2,5 m pikkune metallist, võrgust ja puust valmistatud mõrd. Ilmselt on kalamehel asja Kunda jõe.

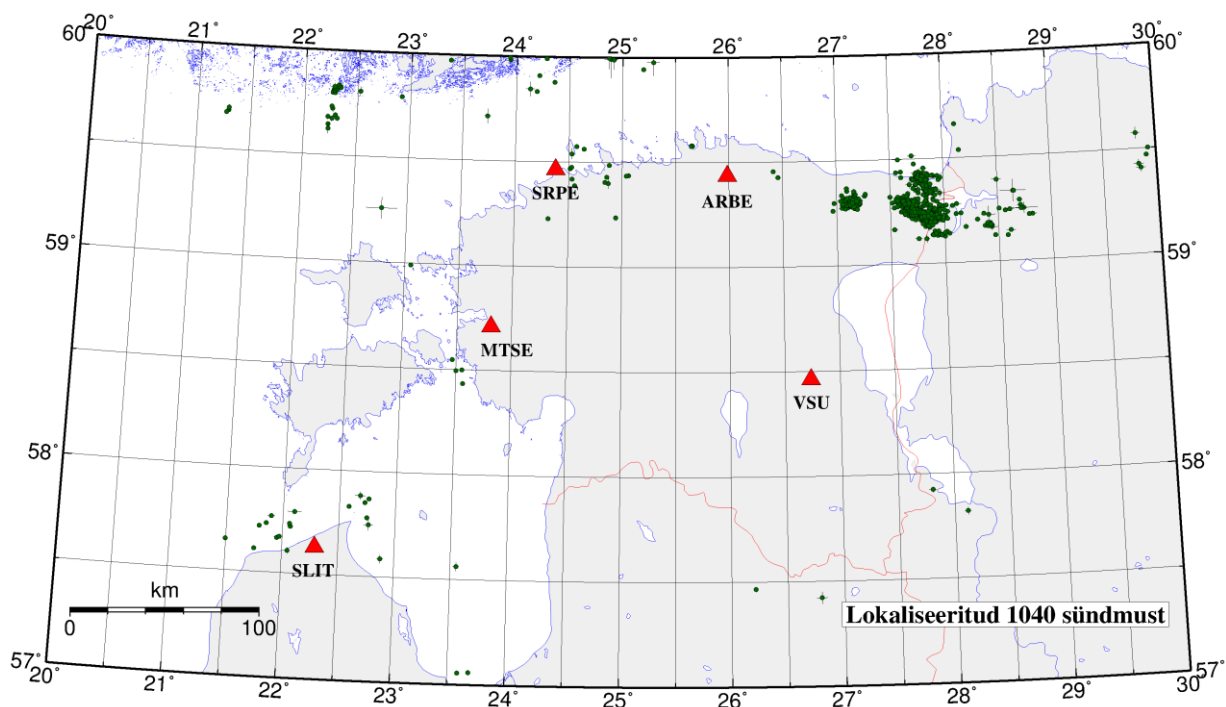


Joonis 27-9 Madal jõelamm, kuhu on kaevatud kraav olmejäätmete kolmandast, viimasest nõrgvee settebasseinist, kust voolab välja suhteliselt puhas vesi. Ripuvad silmupüünised, kokku 52 tükki, loodame, et on seaduslikud.

Lõhkamine või maavärin - tööriistaks spektrogramm

Heidi Soosalu

Vähese seismilisuse piirkonnas nagu Eestis on seismoseire põhirõhk tehnogeensete sündmuste tuvastamisel. Tüüpiliselt registreeritakse Eestist ja lähialadelt aastas umbes 1000 seismilist sündmust (Joonis 1), mis on kuival maal peamiselt lõhkamised põlevkivi- ja paekivikarjäärides ning meres enamasti miinide elimineerimised [10], [11]. Maavärinaid on viimastel aastakümnetel registreeritud Eesti alalt keskmiselt üks kord kahe aasta jooksul, kuigi kõige viimasest tuvastatud maavärinast (06.11.2006, magnituud 1,1) on möödunud aega juba rohkem kui viis aastat.



Joonis 1. Eesti Geoloogiakeskuse poolt lokaliseeritud seismilised sündmused 2011. aastal (rohelised täpid). Ristuvad jooned näitavad lokalisatsioonide hajuvust. Eesti ja Läti seisvojaamad on märgitud punaste kolmnurkadega. [11]

Piirkondades, kus on kaevandamistegevust või muid sagedasi põhjuseid lõhketööde korraldamiseks, hõlmab tehnogeensete sündmuste töötlemine suure osa igapäevasest seismoseirest ja nõuab palju ressursse. Teaduslikust vaatepunktist on sellised sündmused enamasti vähe huvipakkuvad. Sellega tahetakse nende lokaliseerimine ja identifitseerimine teha võimalikult rutiinseks ja automaatseks.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Paljudel juhtudel on võimalik saada informatsiooni, mis kinnitab mõne seismilise sündmuse inimtegevuseks. Karjääride ja kaevanduste asukohad on teada ning asukohtade andmed võidakse sisestada lokalisatsiooniprogrammi. Kokkuleppel võivad lõhketööde korraldajad või akvatooriumi miinitõrje teostajad edastada seismoloogidele info oma tegevuse kohta koos vägagi täpsete koordinaatide ja toimumisaegadega. Karjääride kohta on teada, et plaanitud lõhkamisi on oodata peamiselt argipäeviti ja normaalse tööaja raames.

Kuigi seismiliselt vähe aktiivsetel, inimese mõjutatud aladel võibki peaaegu vaikumisi oletada, et üks registreeritud sündmus on tehnogeenne, tuleb seismoanalüüsi juures hoolikas olla. Looduslikud maavärinad on ka kaevandamispiirkondades võimalikud, eelkõige rikkevööndite juures. Näiteks läbib Eesti põlevkivimaardla ala rikete süsteem ([7], [12], [13], [14], [15]). Kuna kaevandamise juures paigutatakse ümber suured maamassid, muutub pingeväli maakoos. Kaevandamisest tingitud indutseeritud seismilisus on mitmel pool maailmas tuvastatud nähtus (nt. [3], [4]).

Seismoanalüüsi arendamises on 20-ndal sajandil olnud keskseks küsimuseks ja uuringuobjektiks, kuidas usaldusväärselt eraldada maavärinad ja tuumakatsed. Üks tähtis meetod on vaadelda sündmustest määratud erinevate magnituuditüüpide (nii seismiliste kehalainete kui ka pinnalainete järgi määratud magnituudi) vahelist suhet, mis on maavärinatel teistsugune kui plahvatustel [6]. Selline meetod pole siiski kasutamiskõlblik väikeste kohalike maavärinate ja lõhkamiste jaoks.

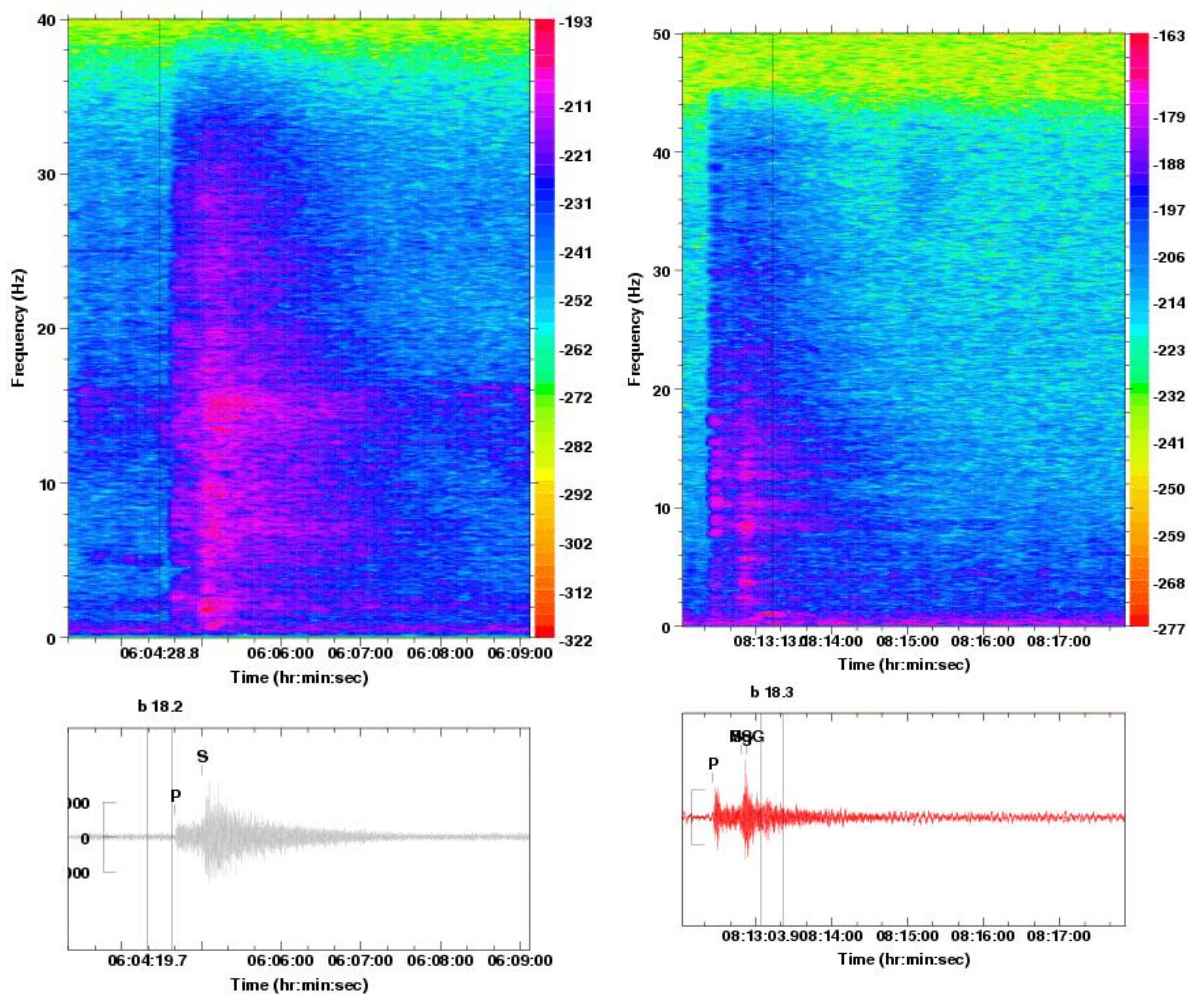
Toimumisprotsess maavärina ja plahvatuse juures on oluliselt erinev. Maavärin tekib rikked, kus kaks kivimiplokki nihkuvad omavahel. Plahvatuse käigus edastub keskmest surveaine ühtlaselt igasse suunda. Sellega maavärina puhul registreeritakse seismojaamades asukohast sõltudes esimese pikilaine liikumise suunana kas tõuge või tõmme, aga plahvatuse puhul igal pool tõuge (vt. [2]). Esimese liikumise suunda on siiski tavaliselt võimalik usaldusväärselt vaadelda vaid kõige lähemate jaamade seismogrammidel ja ainult kui signaali amplituud on piisavalt suur taustfooni suhtes.

Maavärinaid võib lõhkamistest eristada ka hüpotsentri ehk toimumissügavuse järgi. Enamasti toimuvad maavärinad maakoore sees mõne kuni mõnekümne kilomeetri sügavuses. Karjäärides teostatakse lõhkamised praktiliselt maapinnal. Probleemiks on, et seismilise sündmuse sügavuse usaldusväärselt määramiseks peaks seismojaamade võrk olema päris tihe ja vähemalt üks jaam peaks asuma umbes sama kaugel maavärina epitsentrist kui on kilomeetrites hüpotsentrisügavus. Selliseid tingimusi on Eesti kolmest jaamast koosneval seismovõrgul raske täita [5], [9].

Väikesed kohalikud maavärinad ja lõhkamised võivad olla aja mõõtepiirkonnas ehk seismogrammidel üsna sarnase välimusega (Joonis 2). Standardtööriistaks on kujunenud vaadelda sündmuse ka sageduse mõõtepiirkonnas, kus maavärinad ja lõhkamised eristuvad rohkem. Väikse maavärina (magnituudi <2) seismiline signaal sisaldab tüüpiliselt energiat ühtlaselt sagedusribal 2-20 Hz. Aga sarnase suurusega lõhkamise signaalis on teatud

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

sagedused domineerivad. Sündmuse signaalist koostatav spektrogramm näitab aja lõikes, millistel sagedustel seismilist energiat oli kõige rohkem. Maavärinale on tüüpiline ühtlasem spektrogramm (Joonis 2a), aga lõhkamise spektrogramm on triibulise välimusega (Joonis 2b). Domineerivad sagedustipud kajastuvad joonisel horisontaalsuunas, jätkudes ajas terve sündmuse vältel. Lõhketöid teostatakse tüüpiliselt mitte ühe suure laenguga vaid viivitusajaga mitme väiksema laenguna, nii ka Eesti tingimustes [8]. Domineerivate sagedustippudega spektrogrammi triibuline välimuse on tingitud viivitusaegade signaali moduleerivast efektist, mis tekitab ühtlaste vahemaadega ülemhelisid



source not found. [1], [2].

Joonis 2. a) Vasakul 01.12.2011 toimunud Lõuna-Soome Kouvola maavärina (magnituud 2,8) salvestis Arbavere (ARBE, vt. Joonis 1) seismojaamas 168 km kaugusel, all seismogrammi vertikaalkomponent, üleval selle spektrogramm. Spektrogrammi abstsissiks on kellaeg ja ordinaadiks sagedus. Amplituudi skaalas näitavad lilla-magenta värvitoonid kõrget energiasisaldust. b) Paremalt 15.03.2012 teostatud Narva karjääri lõhkamise (magnituud 1,9) salvestis Soome lõunaranniku seismojaamas PVF 189 km kaugusel.

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: ETF9018 – Kirde-Eesti kaevandusvaringud – tuvastamine, identifitseerimine ja põhjused, ETF8999 – Eesti mandriala ja rannikumere tektoonika ning struktuuriline areng Proterosoikumis ja Faneroosoikumis, AR12007 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine.

Viited:

- [1] Arrowsmith, S.J.; Arrowsmith, M.D.; Hedlin, M.A.H.; Stump, B. (2006). Discrimination of delay-fired mine blasts in Wyoming using an automatic time-frequency discriminant. *Bulletin of the Seismological Society of America* 96:6, 2368-2382.
- [2] Chapman, M. (2008). Seismological discrimination of blasts and natural earthquakes. Workshop on blasting, Wheeling, West Virginia, November 18-20, 2008 (<http://www.techtransfer.osmre.gov/ARsite/Workshops/2008/BW/Presentations/Session%204/MChapman%20SeismologicalDiscrimination.pdf>)
- [3] Kuszniir, N.J.; Ashwin, D.P.; Bradley, A.G. (1980). Mining induced seismicity in the North Staffordshire coalfield, England. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics* 17:1, 45-44.
- [4] Li, T.; Cai, M.F.; Cai, M. (2007). A review of mining-induced seismicity in China. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 44:8, 1149-1171.
- [6] Richards, P.G.; Zavales, J. (1990). Seismic discrimination of nuclear explosions. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 18, 257-286.
- [7] Pirrus, E (2001). Eesti geoloogia. TTÜ mäeinstituut, 72 lk.
- [9] Soosalu, H. (2008). Põlevkivimaa lõhkamised seismilise seire vaatepunktist. In: XVI Aprillikonverentsi “Põlevkivimaa – probleemid ja tulevik” teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVI Aprillikonverents “Põlevkivimaa – probleemid ja tulevik”, Tallinn, 04.04.2008. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2008, 32-33.
- [10] Soosalu, H. (2011). Seismiline seire. Aruanne riikliku keskkonnaseire allprogrammi “Seismiline seire” täitmisest 2010. aastal. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 13 lk., 1. lisa (http://seire.keskkonnainfo.ee/seireveeb/aruanded/11711_2010seismoaruanne.pdf)
- [11] Soosalu, H. (2012). Seismiline seire. Aruanne riikliku keskkonnaseire allprogrammi “Seismiline seire” täitmisest 2011. aastal. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 16 lk., 1. lisa (http://seire.keskkonnainfo.ee/seireveeb/aruanded/13109_2011seismoaruanne.pdf)

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

[12] Sõstra, Ü. (2008). Põlevkivimaa tektoonilised rikked ja nende uurimisega seotud probleemid. In: XVI Aprillikonverentsi “Põlevkivimaa – probleemid ja tulevik” teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVI Aprillikonverents “Põlevkivimaa – probleemid ja tulevik”, Tallinn, 04.04.2008. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2008, 28-29.

[13] Sõstra, Ü. (2010). Horisontaalsetest ja vertikaalsetest tektoonilistest liikumistest Eesti aluspõhjas. In: XVIII Aprillikonverentsi “Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine” teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII Aprillikonverents “Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine”, Tallinn, 01.04.2010. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 20-22.

[14] Sõstra, Ü.; Vaher, R. (2007). Sonda tektooniline rike Põhja-Kiviõli karjääris. In: XV Aprillikonverentsi “Geoloogilise kaardistamise poolsajand” teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XV Aprillikonverents “Geoloogilise kaardistamise poolsajand”, Tallinn, 30.03.2007. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2007, 27-29.

[15] Systra, Y.J.; Sokman, K.; Kattai, V.; Vaher, R. (2007). Tectonic dislocations of the Estonian kukersite deposit and their influence on oil shale quality and quantity. 15th meeting of MAEGS, Tallinn, 16.-20.09.2007., 74-76.

Tagasi ülikooli



Tagasi ülikooli

mi.ttu.ee/tagasiylikooli



Mäeinstituut õpetab meie tulevase mäeinseneri probleemühenduse, st. läbi reaalsete probleemide lahenduskäikude otsimise. Sellega seoses ootame oma vilistlasi (insenerid, bakalaureused, magistrid, doktorid, täienduskoolituste vilistlased, endised töötajad) ja ka neid praktikuid, kes küll ei ole vilistlased, aga on oma töö või harrastuse tõttu mäeinsenerialadega kokku puutunud, tagasi ülikooli, aga seekord õppejõuna. Eelkõige peame silmas neid vilistlasi, kes ei ole praegu meie tudengid, ega töötajad.

Tulge andke oma kogemus ca. 1,5 h loengu, seminari, tutvustuse, praktikumi vms. raames tudengitele edasi. Õppetunni võib korraldada ka mõnes muus sobivamas kohas. Püüame teie soove selles osas igati arvestada.

Teilt ootame ettepanekut loengu **teema, aja ja koha** osas ja seejärel lepime konkreetselt kokku.

Palume teil seda infot oma tuttavate hulgas levitada ja kutsuda neid Eesti mäeinseneride taastootmisele õlga alla panema.

Tänuga,
Mäeinstituut

Lisainfo: mi.ttu.ee/tagasiylikooli, 6203850, maeinst@ttu.ee

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

PS: Käesolev pakkumine ei ole tasustatav tegevus. Tasustatavat õpetamist saame korraldada täienduskoolituse ja korralise õpetamise raames. Informeerige meid ka sellest soovist.

Tagasi ülikooli - vilistlased annavad loenguid Mäeinstituudis



1. Esimene loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames. Mecro, JCB, Mäemasinate müük ja hooldus. 16.11.2010



2. Teine loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames. Mäemasinate valik karjääris. Heini Viilup. AS Lemminkäinen Eesti. 19.11.2010



3. Kolmanda loengu "Tagasi Ülikooli" seerias, pidas mäeinsener Andres Leht teemal "Kes on mäeinsener?". 24.11.2010



4. Neljanda loengu "Tagasi Ülikooli" raames tegi Egon Hirvesoo liiva kaevandamise, söelumise ja pesemise teemal. 12.05.2011



Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

5. Viienda loengu "Tagasi Ülikooli" raames pidas mäeinsener Andres Leht teemal "Kuidas minust sai mäeinsener? "



6. Kuues loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Jan Berkovitch. Wihurist ülevaade. 28.10.2011



7. Seitsmes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Magnus Mägedi. Kaevandamismasinad. 28.10.2011



8. Kaheksas loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Ain Sarv. Wihuri. Caterpillar. Tootevalik. 28.10.2011



9. Üheksas loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Erkki Kaisla. Mäetööde tehnoloogiad ja mäemasinad". 09.11.2011



10. Kümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Lembit Vali. Eesti energiasüsteemid. 17.11.2011



Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

11. Üheteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Arvo Veskimets. Maaparandus. 23.11.2011



12. Kaheteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Riho Iskül. "Kaevandamine ja tootmine AS Kunda Nordic Tsementis". 25.11.2011



13. Kolmeteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Pavel Astapov. "Projekteerimisest ja mäendusest, mis on seotud lõhketöödega". 23.03.2012



14. Neljateistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Tõnu Tomberg. Lõhkeainete vedu, hoiustamine, ohutus. 30.03.2012



15. Viieteistkümnes loeng „Tagasi Ülikooli“ seerias. Aleksandr Safronov. Lõhketööde passide koostamine moodsa tarkvaraga, tsiviilotstarbel kasutatavad lõhkeained ja initsieerimisvahendid. 13.04.2012



16. Kuueteistkümnes loeng-praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Andry Sinijärv. Lubjakivikarjääris lõhketööd. 12.04.2012.



Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

17. Seitsmeteistkümnes praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Viive Tuuna, Tennobert Haabu ja Eerik Heinpalu 19.04.2012



Mäenduslinkide kogu

Tehnoloogia

- mi.ttu.ee/3d
- mi.ttu.ee/all
- mi.ttu.ee/ekskavaator
- mi.ttu.ee/etp
- mi.ttu.ee/kaardid
- mi.ttu.ee/kaevandus
- mi.ttu.ee/kaevandusvesi
- mi.ttu.ee/karjaar
- mi.ttu.ee/kodukohakaevandaja
- mi.ttu.ee/kopp
- mi.ttu.ee/lohketood
- mi.ttu.ee/maetehnika
- mi.ttu.ee/masinajaht
- mi.ttu.ee/projekteerimine
- mi.ttu.ee/projektid
- mi.ttu.ee/taitmine
- mi.ttu.ee/toolse

Maavarad

- mi.ttu.ee/diktyoneemakilt
- mi.ttu.ee/fosforiit
- mi.ttu.ee/kaardid
- mi.ttu.ee/kaevandamisjaatmed
- mi.ttu.ee/kildagaas
- mi.ttu.ee/killustik
- mi.ttu.ee/kruus
- mi.ttu.ee/liiv
- mi.ttu.ee/maavarad
- mi.ttu.ee/miningwaste
- mi.ttu.ee/paekivi
- mi.ttu.ee/polevkivi
- mi.ttu.ee/savi
- mi.ttu.ee/turvas
- mi.ttu.ee/vasemaak

Teadus

- mi.ttu.ee/doktorandid
- mi.ttu.ee/doktorikool
- mi.ttu.ee/ETF7499
- mi.ttu.ee/ETF8123

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- mi.ttu.ee/ETF8999
- mi.ttu.ee/ETF9018
- mi.ttu.ee/min-novation
- mi.ttu.ee/pkk
- mi.ttu.ee/teadus
- mi.ttu.ee/tuhk

Õppetöö

- mi.ttu.ee/kaevandamine
- mi.ttu.ee/opik
- mi.ttu.ee/oppetoo

Mäeinstituudist

- [Lingi lisamine](#)
- mi.ttu.ee
- mi.ttu.ee/uudiskiri
- [Mäeinstituudist](#)

Mäeinstituudi infoveeb

- mi.ttu.ee
- mi.ttu.ee/3d
- mi.ttu.ee/ajakirjad
- mi.ttu.ee/akrediteerimine
- mi.ttu.ee/all - Maa all
- mi.ttu.ee/aprillikonverents2011
- mi.ttu.ee/artiklid
- mi.ttu.ee/aruanded
- mi.ttu.ee/digiopikud
- mi.ttu.ee/diktyoneemakilt
- mi.ttu.ee/doktoritood
- mi.ttu.ee/e_yldkursus
- mi.ttu.ee/ekskavaator
- mi.ttu.ee/emc
- mi.ttu.ee/emk
- mi.ttu.ee/EMK1998
- mi.ttu.ee/EMK1999
- mi.ttu.ee/EMK2000
- mi.ttu.ee/EMK2001
- mi.ttu.ee/EMK2003
- mi.ttu.ee/EMK2004
- mi.ttu.ee/EMK2005
- mi.ttu.ee/EMK2006
- mi.ttu.ee/EMK2007
- mi.ttu.ee/EMK2008

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

- mi.ttu.ee/EMK2009
- mi.ttu.ee/emtel
- mi.ttu.ee/erasmus
- mi.ttu.ee/etp
- mi.ttu.ee/ettekanded
- mi.ttu.ee/euexnet
- mi.ttu.ee/geodisain
- mi.ttu.ee/geoloogiasygiskool
- mi.ttu.ee/geotehnoloogia
- mi.ttu.ee/hinnakiri
- mi.ttu.ee/hydrolabor
- mi.ttu.ee/joul
- mi.ttu.ee/kaardid
- mi.ttu.ee/kaevandamisjaatmed
- mi.ttu.ee/kaevandusvesi
- mi.ttu.ee/kevadkool
- mi.ttu.ee/kildagaas
- mi.ttu.ee/killustik
- mi.ttu.ee/kkk
- mi.ttu.ee/kodukohakaevandaja
- mi.ttu.ee/konverentsid
- mi.ttu.ee/koolitus
- mi.ttu.ee/labidas
- mi.ttu.ee/labor
- mi.ttu.ee/lingid
- mi.ttu.ee/litsentsid
- mi.ttu.ee/lohketood
- mi.ttu.ee/maatehnika
- mi.ttu.ee/maelabor
- mi.ttu.ee/maering
- mi.ttu.ee/maetudengid
- mi.ttu.ee/markseiderilabor
- mi.ttu.ee/masinajaht
- mi.ttu.ee/meediakajastused
- mi.ttu.ee/mgislabor
- mi.ttu.ee/midaoppida
- mi.ttu.ee/min-novation
- mi.ttu.ee/mineprofs
- mi.ttu.ee/mining
- mi.ttu.ee/miningwaste
- mi.ttu.ee/mk
- mi.ttu.ee/mkt
- mi.ttu.ee/naitused
- mi.ttu.ee/oilshale
- mi.ttu.ee/oilshalesymposium
- mi.ttu.ee/opik
- mi.ttu.ee/oppetoo

- mi.ttu.ee/pdf
- mi.ttu.ee/pkk
- mi.ttu.ee/plakatid
- mi.ttu.ee/polevkivi
- mi.ttu.ee/polevki visympoosion
- mi.ttu.ee/praktika
- mi.ttu.ee/praktikami
- mi.ttu.ee/projekteerimine
- mi.ttu.ee/projektid
- mi.ttu.ee/ptth2009
- mi.ttu.ee/raamatud
- mi.ttu.ee/rlept8
- mi.ttu.ee/savi
- mi.ttu.ee/seire
- mi.ttu.ee/seminar
- mi.ttu.ee/sisseastujale
- mi.ttu.ee/somp
- mi.ttu.ee/somp2010
- mi.ttu.ee/stipendiumid
- mi.ttu.ee/tagasikooli
- mi.ttu.ee/tagasiylikooli
- mi.ttu.ee/taitmine
- mi.ttu.ee/teadus
- mi.ttu.ee/teenused
- mi.ttu.ee/terminoloogia
- mi.ttu.ee/toodang
- mi.ttu.ee/toolse
- mi.ttu.ee/toopakkumised
- mi.ttu.ee/tudengid
- mi.ttu.ee/tudengitood
- mi.ttu.ee/tudengitoodetabel
- mi.ttu.ee/turvas
- mi.ttu.ee/uudised
- mi.ttu.ee/uudiskiri
- mi.ttu.ee/valisope
- mi.ttu.ee/varing
- mi.ttu.ee/vastuvott
- mi.ttu.ee/videolabor
- mi.ttu.ee/vilistlased
- mi.ttu.ee/vulkanism
- mi.ttu.ee/ylikoolid

Mäeinstituudi projektid, uuringud ja osalemine uuringutes

<http://mi.ttu.ee/projekteerimine/>

<http://mi.ttu.ee/projektid/>

<http://mi.ttu.ee/projects/>

ID	Projekti nimetus	Veeb	Projekti nr	Aasta	The title of project	Web
230	Eesti mandriala ja rannikumere tektoonika ning struktuuriline areng Proterosoikumis ja Faneroosoikumis	http://mi.ttu.ee/projektid/230/	ETF8999	2015	Tectonics of the continental and offshore territory of Estonia and its structural evolution in Proterozoic and Phanerozoic	http://mi.ttu.ee/projects/230/
229	Kirde-Eesti kaevandusvaringud - tuvastamine, identifitseerimine ja põhjused	http://mi.ttu.ee/projektid/229/	ETF9018	2015	Mine collapses in NE Estonia – detection, identification and causes	http://mi.ttu.ee/projects/229/
225	Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine	http://mi.ttu.ee/projektid/225/	AR12007	2015	Sustainable and environmentally acceptable Oil shale mining	
218	Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldkondade alused	http://mi.ttu.ee/projektid/218/	AR10127	2014	Ash - Basics of new utilization processes for oil shale combustion solid wastes	
186	Energia ja geotehnika doktorikool II	http://mi.ttu.ee/projektid/186/	DAR8130	2014	Doctoral school of energy and geotechnology	http://mi.ttu.ee/projects/186/

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

217	Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring	http://mi.ttu.ee/projektid/217/	KIK11067	2013	Study of the quality of technogenic groundwater in Maardu phosphate rock deposit	
191	MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas	http://mi.ttu.ee/projektid/191/	VIR491	2013	MIN-NOVATION: Mining and Mineral Processing Innovation Network	http://mi.ttu.ee/projects/191/
165	Täitmine ja jäätmete (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses	http://mi.ttu.ee/projektid/165/	ETF8123	2013	Backfilling and waste management in Estonian oil shale industry	
164	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012	http://mi.ttu.ee/projektid/164/	Lep10038	2013	Evaluation of Kunda mining region 2010-2012	http://mi.ttu.ee/projects/164/
237	Kurevere-Esivere ja Vasalemma karjääride veeseire		Lep12033	2012	Monitoring of water regime of the limestone quarries	
235	Rakke karjääri korrastamine		Lep12026	2012	Reclaiming of limestone quarry	
233	Sarakuste kruusakarjääri korrastamine		Lep12063	2012	Reclaiming of gravel pit	
232	Sangla kütteturba tootmisala korrastamine		Lep12021	2012	Reclaiming of peatland	
231	Haava ja Haava III kruusakarjääride korrastamine		Lep12016	2012	Reclaiming of gravel pit	
224	Sonda uuringuvälja fosforiidi kaevandamiskulu eelhinnang		Lep11116	2012	Engineering cost evaluation of the design and planning of the phosphorite mine	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

216	Keskkooliõpilaste teadlikkuse tõstmine mäendusest ja kaevandamisest	http://mi.ttu.ee/projektid/216/	KIK11066	2012	Increasing awareness of the mining among highschool pupils	
214	Reola liivakarjääri dokumentatsiooni koostamine		Lep11078	2012	Design and planning of sand breakage and extracting	
206	Geoterminite korrastamine III	http://mi.ttu.ee/projektid/206/	Lep11053	2012	Regulation of the geological terms III	
163	Hilis-Eelkambriumi ja Faneroosokumi tektooniliste ja hüdrotermiliste sündmuste korreleerimine Fennoskandia kilbi kaguosas ja Eesti Paleosokumi settekivimilises kattes geoloogiliste,struktuuriliste ja paleomagnetiliste meetoditega	http://mi.ttu.ee/projektid/163/	VA419	2012	Correlation of Late Precambrian and Phanerozoic tectonic and hydrothermal events of south-eastern Fennoscandian shield (southern Finland and southern Karelia, Russia) and Paleozoic sedimentary cover in Estonia by geological, structural and paleomagnetic methods	
223	Rakke karjääri markšeiderimõõdistamistööd	http://mi.ttu.ee/projektid/223/	Lep11098	2011	Survey of limestone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/223/
222	Vironia Keskuse laienduse püsivushinnang		Lep11095	2011	Stability analysis of an undermined area	
221	Nõmme, Lolu, Remsi ja Ärna liivakarjääride vee seest kaevandamise projektide dokumentatsiooni koostamine		Lep11125	2011	Design and planning of underwater sand mining	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

220	Nõmme, Lolu ja Ärna liivakarjääride markšeiderimöödistamistööd ja dokumentatsiooni koostamine		Lep11124	2011	Survey of gravel pit	
215	Tolmumõõtja DustTrak II HC soetamine	http://mi.ttu.ee/projektid/215/	KIK11065	2011	Dust analyses with DustTrak II HC	http://mi.ttu.ee/projects/215/
211	Fosforiidi ja põlevkivi allmaa-kaevandamise võimalikus Rakvere fosforiidilevila ja Eesti põlevkivimaardla kattumusosal	http://mi.ttu.ee/projektid/211/	Lep11072	2011	Evaluation of phosphate rock mining possibilities in Estonia	http://mi.ttu.ee/projects/211/
208	Selisoo ja teiste kaitsealuste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine	http://mi.ttu.ee/projektid/208/	Lep11062	2011	Technology of under-wetland mining	
207	Meibaumi karjääri markšeiderimöödistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/207/	Lep11057	2011	Survey of sand and gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/207/
199	Kivimi tugevusomaduste määramine ja analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/199/	VE518	2011	Determination of conversion factor between compression strength and point load test index	http://mi.ttu.ee/projects/199/
198	Karinu lubjakivikarjääri ja Rakke lubjatehase seire	http://mi.ttu.ee/projektid/198/	Lep11046	2011	Monitoring of water regime and radiation of the limestone industry	http://mi.ttu.ee/projects/198/
197	Kohtla-Järve linnast Ahtmesse ehitatava soojustrassi all olevate kaevanduste plaanid	http://mi.ttu.ee/projektid/197/	Lep11044	2011	Stability analyses in undermined area of oil shale deposit	http://mi.ttu.ee/projects/197/
196	Mäerendi ja tagatise rakendamise praktiline lahendus	http://mi.ttu.ee/projektid/196/	Lep11034	2011	Application of mining economics and taxes	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

195	Kivimite füüsikalise-mehaaniliste parameetrite määramine	http://mi.ttu.ee/projektid/195/	VE509	2011	Physical – mechanical parameters of the rock	http://mi.ttu.ee/projects/195/
194	Kaevandamise varisemiseohtlikkuse eksperthinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/194/	194	2011	Evaluation of mining stability	
193	Eesti põlevkivivarude hinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/193/	193	2011	Evaluation of oil shale reserves	
192	Lõhkamise müra analüüsimine	http://mi.ttu.ee/projektid/192/	191	2011	Blasting noise analysis	
190	Mäerendi ja tagatisraha rakendamise praktiliste lahenduste analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/190/	190	2011	Analysis of mining economics and taxes	
189	Kaevandamise tehnoloogiliste parameetrite mõju karjääriliste geomeetriaalsetele pindadele	http://mi.ttu.ee/projektid/189/	189	2011	Influence of mining processes to the geometrical processes of mining claims	
188	Kaevandamise tehnoloogiliste parameetrite analüüs lubjakivi kaevandamisel karjääris	http://mi.ttu.ee/projektid/188/	188	2011	Analysis of limestone mining technologies in surface mines	
187	Katastriüksuse geoloogilise uuringu loa taotlemine	http://mi.ttu.ee/projektid/187/	Lep11006	2011	Application of geological survey	http://mi.ttu.ee/projects/187/
185	Mäetaguse kruusakarjääri maavara kaevandamisega rikutud maa korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/185/	Lep10124	2011	Reclaiming plan of Mäetaguse gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/185/
162	Säästliku kaevandamise tingimused	http://mi.ttu.ee/projektid/162/	ETF7499	2011	Conditions of sustainable mining	
152	EuexNet - Euroopa lõhketööde võrgustik	http://mi.ttu.ee/projektid/152/	VY455	2011	European Explosives Network	http://mi.ttu.ee/projects/152/

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

184	Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna püsivushinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/184/	Lep10098	2010	Stability analysis of an undermined area	
183	Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna kaardi sidumine Kukruse kaevanduse mäetööde ja ehitiste vundamentide plaaniga	http://mi.ttu.ee/projektid/183/	Lep10096	2010	Georeferencing building and mining constructions in an undermined area	
182	Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumite alusel	http://mi.ttu.ee/projektid/182/	LMIN10094	2010	Evaluation of oil shale resource and usage criteria	
181	Eesti Mäekonverents 2010 korraldamine, ettevalmistamine ja läbiviimine	http://mi.ttu.ee/projektid/181/	BF138	2010	Estonian Mining Conference 2010	http://mi.ttu.ee/projects/181/
180	Rahvusvahelise Mäeprofessorite Ühingu Aastakonverentsi korraldamine Eestis – 21th SOMP AGM 2010 - http://mi.ttu.ee/somp2010	http://mi.ttu.ee/projektid/180/	BF136	2010	International Conference "Innovation in Mining 2010"	http://mi.ttu.ee/projects/180/
179	Talteri liivakarjääri markseidermöödistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/179/	Lep10092	2010	Mining survey of Talter sand pit	http://mi.ttu.ee/projects/179/
178	Geoterminite korrastamine II	http://mi.ttu.ee/projektid/178/	Lep10061	2010	Regulation of the geological terms II	
177	Piusa koobastiku kaeveõnte seisukorra hindamine	http://mi.ttu.ee/projektid/177/	Lep10088	2010	Evaluation of stability of Piusa underground workings	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

176	Marinova dolokivi karjääri kaevandamisloa eritingimustega ettenähtud vibratsioonile mõõtmine	http://mi.ttu.ee/projektid/176/	Lep10057	2010	Vibration analysis of Marinova dolostone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/176/
175	Meibaumi maa ainese karjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/175/	Lep10087	2010	Reclamation of Meibaum sand and gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/175/
174	Põlevkivikadude vähendamine	http://mi.ttu.ee/projektid/174/	Lep10084	2010	Possibilities for decreasing oil shale losses	
173	Tuulutuse optimeerimine allmaakaevandamisel	http://mi.ttu.ee/projektid/173/	Lep10082	2010	Ventilation optimisation for underground mining	
172	Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimeerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/172/	Lep10080	2010	Optimising water removal in Estonia mine and in Narva open cast	http://mi.ttu.ee/projects/172/
171	Allmaa kuivrikastamise tehnoloogia valik	http://mi.ttu.ee/projektid/171/	Lep10083	2010	Technology for separation	http://mi.ttu.ee/projects/171/
170	Estonia kaevanduse rikastusvabriku arvutusmudeli koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/170/	Lep10081	2010	Calculation model for separation plant	
168	Markšneidermõõdistamine Meibaumi maa ainese karjääris	http://mi.ttu.ee/projektid/168/	Lep10070	2010	Mining survey for gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/168/
161	Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamine	http://mi.ttu.ee/projektid/161/	Lep10020A	2010	Developing sustainable energy supply for Jõhvi, Toila ja Mäetaguse parishes	
160	Marinova dolokivi karjääri veealuse kaevandamise projekt	http://mi.ttu.ee/projektid/160/	Lep10043	2010	Design and planning of dolostone breakage and extracting	http://mi.ttu.ee/projects/160/
159	Pesemise mõju täitematerjali kvaliteedile	http://mi.ttu.ee/projektid/159/	Lep10044	2010	Aggregate washing analysis	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

158	Klooga harjutusvälja vibratsiooniuuring	http://mi.ttu.ee/projektid/158/	LKM10045	2010	Vibration and noise analysis of impact sources	http://mi.ttu.ee/projects/158/
157	Maavaravaru kaevandamisega rikunud maa korrastamise projekt Kuusalu II karjäärides (HARM-047 ja HARM-067)	http://mi.ttu.ee/projektid/157/	Lep10010	2010	Reclaiming plan of Kuusalu sand pit	
156	Geoterminite korrastamine	http://mi.ttu.ee/projektid/156/	Lep9050	2010	Regulation of the geological terms	
155	Geoloogiline mitmekesisus kui unikaalse bioloogilise mitmekesisuse põhjus Kilpisjärve piirkonnas ja Oulanka Rahvuspargis	http://mi.ttu.ee/projektid/155/	VFP411	2010	Geological diversity as reason for unique biodiversity of the Kilpisjärvi region and Oulanka NP	
154	Kuivastu väikelaevasadama akvatooriumi süvendustöö tingimustest	http://mi.ttu.ee/projektid/154/	Lep10022	2010	Conditions of rock breakage technology in port of Kuivastu	
153	Kaevise kvaliteedi määramine ja toote kvaliteedi nõuded	http://mi.ttu.ee/projektid/153/	Lep10030	2010	Quality analyses of ROM	
151	Ubja põlevkivikarjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/151/	LEP9107	2009	Design and planning of reclamation of Ubja oil shale surface mine	http://mi.ttu.ee/projects/151/
150	Kaevanduste täitmise alased uuringud	http://mi.ttu.ee/projektid/150/	Lep9090	2009	Backfilling in mining	
149	Viru jalaväepataljoni altkaevandatud maa-ala eksperthinnang		LKM9074	2009	Geotechnical evaluation of undermined area in the building district	
148	Rikastusvabrikute maksumuse eelhind		Lep9075	2009	Cost evaluation of separation plants	
147	Suletud kaevanduste mõju	http://mi.ttu.ee/projektid/147/	Lep9080	2009	The influence of the closed underground mines	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

146	Jõhvi Viru Üksikjalaväepataljoni territooriumi geoloogiline ehitus ning mäetöödega mõjutatud alad		Lep9052	2009	Geological and mining evaluation of Johvi Viru Infantry Battalion	
145	Mäendusliku tarkvaraga modellerimissüsteemi rakenduslahenduste loomine	http://mi.ttu.ee/projektid/145/	BF97	2009	Applied solutions for modelling system with mining software	
144	Peeter Suure Merekindluse laskemoonalaod teadus- ja õppekeskuse muuseumi projekti ettevalmistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/144/	BF98	2009	Preparing application for Astangu Science and Test Mine Museum	
143	Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid	http://mi.ttu.ee/projektid/143/	ETF6558	2009	Concept and methods of risk management in mining	
142	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2008	http://mi.ttu.ee/projektid/142/	Lep8057	2009	Evaluation of Kunda mining region 2008	http://mi.ttu.ee/projects/142/
141	Ammendatud Loo lubjakivikarjääri korrastamise ja maastikukujunduse eskiisprojekt, visualiseerimine		Lep8109	2009	Visualization landscape design and reclaiming limestone quarry	
140	Lubjakivi kaevandamise eskiisprojekt-kavandatav Loo lubjakivikarjäär		Lep8110	2009	Design and planning for limestone quarry	
139	Maardu II graniidikaevanduse tehnilis-majandusliku eelhinnangu koostamine		Lep9005	2009	Engineering evaluation of the design and planning of the granite mine	
138	Digitaalsed mäetehnoloogilised skeemid	http://mi.ttu.ee/projektid/138/	Lep9013	2009	Digital plans of mining technology	http://mi.ttu.ee/projects/138/

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

137	Altkaevandatud maa hinnang kõrvalmaantee 13134 Kukruse-Tammiku lõigul Kukruse - Pajualuse		Lep9014	2009	Evaluation of the stability of undermined area for road construction	
136	Keskkonnasäästlike kaevandamistehnoloogiate arengute kirjeldus		Lep9025	2009	Developments of sustainable mining technologies	
135	Lubjakivi kaevandamise tehnoloogia väljatöötamine	http://mi.ttu.ee/projektid/135/	Lep9027	2009	Desining of limestone mining technology	http://mi.ttu.ee/projects/135/
131	Raudoja liivakarjääri kaevandamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/131/	Lep9018	2009	Mining technology of Raudoja sand pit	http://mi.ttu.ee/projects/131/
130	Ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks		130	2009	Ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks	
129	Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11		129	2009	Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11	
128	Taotluse ettevalmistamine Euroopa Sõe ja Terase Uurimisfondi uurimisprojektiks. Põlevkivituha ja aheraine segust valmistatud täitematerjaliga kaevanduste täitmise katsetööd seoses CO2 vähendamise nõuetega		BF80	2008	Backfilling of mine with oil shale ash and waste in relation to reduce carbon dioxide	
127	Mäenduskonverentsi "Killustiku kaevandamine ja kasutamine" ettevalmistamine Tallinna Tehnikaülikooli juubeliürituste raames	http://mi.ttu.ee/projektid/127/	BF81	2008	Mine Conference 'Aggregate extraction and usage'	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

126	Taotluse ettevalmistamine Energiatehnoloogia programmile koostöös AS Eesti Põlevkiviga teemal "Kambriploki püsivus põlevkivi kaevandustes"		BF82	2008	Stability of room and pillar mining in oil shale mine	
125	Taotluse ettevalmistamine graniiti rajatavate hoidlate, rajatiste ja kaevõonte rajamis- ja kasutusvõimaluste uuringuks		BF96	2008	Preparing application for underground granite mining and storing	
124	Energia ja geotehnika doktorikool	http://mi.ttu.ee/projektid/124/	IN576	2008	Doctoral school of energy and geotechnology	
123	Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs		Lep7038AK	2008	Technological possibilities and economical reasonability of production of oil shale with optimized according to utilisation technology composition	
122	Kunda piirkonna ja Toolese jõevee ning põhjasetete seire 2007	http://mi.ttu.ee/projektid/122/	Lep7079	2008	Evaluation of Kunda mining region	http://mi.ttu.ee/projects/122/
121	Kalda kruusakarjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/121/	Lep8111	2008	Reclaiming plan of Kalda gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/121/
120	Maardu fosforiidikarjääri geoloogilise õpperaja eskiisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/120/	Lep8114	2008	Preliminary Design of Geological Study Track in Maardu Mining Area	http://mi.ttu.ee/projects/120/
119	Lubjakivi kaevandamise ekspertiis Kohila vallas		Lep8118	2008	Expertise for limestone mining in Kohila region	
118	Iisaku liivakarjääri visualiseerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/118/	Lep8137	2008	Visualization of Iisaku Sand Quarry	http://mi.ttu.ee/projects/118/

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

117	Maavarade säästva ja talutava kaevandamiskeskonna loomine	http://mi.ttu.ee/projektid/117/	SF0140093s08	2008	Creating environment for sustainable and acceptable mining	
109	Põlevkivikaevandamise sessiooni korraldamine rahvusvahelise konverentsi MAEGS ja Põlevkivisümposiooni raames		BF58	2007	5th Meeting of the Association of European Geological Societies- Georesources and public policy, research, management, environment	
108	Kivimite tugevusomaduste määramise ekspressmeetodi väljatöötamine põlevkivi ja lubjakivi kaevandamisel	http://mi.ttu.ee/projektid/108/	F7088	2007	Express methods for rock strength properties	
107	Teostatavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania		Lep6014AK	2007	Oil Shale mining in Jordan, feasibility study	
106	Ekspert hinnang vanade kaevanduskäikude ohtude kohta		Lep7070	2007	Risk assessments of old mining shafts	
105	Süsihappegaasi heitkoguste mineraalse sidumise ja geoloogilise ladustamise võimaluste hindamine tehnoloogiliselt, geoloogiliselt ja toksikoloogiliselt.	http://mi.ttu.ee/projektid/105/	Lep7096A	2007	Technological, geological and toxicological assessment of the possibilities	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

104	Disperssete (gaas-tahked osakesed) vooluste teooria arendamine ja rakendused energeetikas	http://mi.ttu.ee/projektid/104/	SF0812526s03	2007	Development of the Theory of Dispersed (Gas-Solid Particles) Flows and it's Implementation in Energy Processes
103	Aruande „Технико-экономические соображения о возможной промышленной значимости Болтышкого месторождения горючих сланцев Украины“ hinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/103/	Töövõtt	2007	Aruande „Технико-экономические соображения о возможной промышленной значимости Болтышкого месторождения горючих сланцев Украины“ hinnang
102	Ojamaa kaevevälja mäenduslik ülevaade	http://mi.ttu.ee/projektid/102/	Töövõtt	2007	Ojamaa kaevevälja mäenduslik ülevaade
101	Ehitamise võimalikkusest looduskaitse üksikobjekti Lasnamäe ja Mäekalda piiranguvööndisse	http://mi.ttu.ee/projektid/101/	Töövõtt 18-19/677 25.10.2007	2007	Ehitamise võimalikkusest looduskaitse üksikobjekti Lasnamäe ja Mäekalda piiranguvööndisse
100	Ukraina Boltõši põlevkivimaardla geoloogiliste tingimuste eelhindang		100	2007	Ukraina Boltõši põlevkivimaardla geoloogiliste tingimuste eelhindang
97	Põlevkivikvaliteedijuhtimise süsteemi loomine		BF37	2006	Oil shale mining quality and flow
96	Rahvusvaheline konverents TAIEX	http://mi.ttu.ee/projektid/96/	BF46	2006	TAIEX International Conference EU legislation as it Affects Mining
95	Viimase mandriliustiku dünaamika ja taandumise kronoloogia Eestis	http://mi.ttu.ee/projektid/95/	G5342	2006	The last continental glacier in Estonia: its dynamics and chronology

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

					of retreat	
94	Kaevandatud alade kasutamine		G5913	2006	Usage of mined out areas	
93	Kaledoonilise vulkanismi jäljed Eesti ja Baltoskandia sette kivimites ning nende kasutamine geoloogiliste läbilõigete korrelatsioonis, sedimentoloogias ja paleogeograafias.		G5921	2006	Traces of Caledonian volcanism in Estonian and Baltoscandian sedimentary rocks and their use in correlation of geological sections, sedimentology and palaeogeography	
92	Keskkonnastrateegia. Osa „Loodusvarade säästlik kasutamine ja jäätmetekke vähendamine“	http://mi.ttu.ee/projektid/92/	Käsundusleping K-21-1-2005/2727	2006	Keskkonnastrateegia. Osa „Loodusvarade säästlik kasutamine ja jäätmetekke vähendamine“	
91	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006...2010. a arendusuuringuteks	http://mi.ttu.ee/projektid/91/	Lep574	2006	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006...2010. a arendusuuringuteks	
90	Geoloogilise ja kaevandamiste mudeli koostamine Kiviõli kaevanduse ja poolkoki ladestu alal		Lep642	2006	Geological and mining models of ash deposits	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

89	Tallinn-Narva maantee Kukuruse-Jõhvi teelõigu rekonstrueerimise tehnilise projekti keskkonna konsultatsioon		Lep645	2006	Mining evaluation of road section in Kukuruse	
88	Planeeritava kaevandamise eskiislahenduse projekteerimistööd	http://mi.ttu.ee/projektid/88/	Lep668	2006	Mining planning in new mining fields	
87	Keskkonnasäästliku freeskombainkaevandamise tehnoloogia arendamise põhiprojekti taotlusmaterjalide ettevalmistamine		Lep669	2006	High selective mining of oil shale layers	
86	Balti regiooni pealiskorra kivimite koostise evolutsioon ja omadused: geokeemilised, mineraloogilised ja petrofüüsikalised aspektid ning modelleerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/86/	SF0332088s02	2006	Evolution of composition and properties of rocks in the Baltic sedimentary cover: geochemical, mineralogical and petrophysical aspects and modelling	
85	Eesti maapõue geotehnoloogilised mudelid, erijuhus - lavamaardlad		T001	2006	Geotechnical models of Estonian earth crust - case flat deposits	
84	Piusa koobaste seisundist	http://mi.ttu.ee/projektid/84/	Töövõtt	2006	Piusa koobaste seisundist	
83	X põlevkivimaardla Z karjäärivälja mäendustingimuste hinnang		Töövõtt	2006	X põlevkivimaardla Z karjäärivälja mäendustingimuste hinnang	
82	Ülgase fosforiidikaevanduse käigusuudmete tõkestamise projekt	http://mi.ttu.ee/projektid/82/	Töövõtt 1/2006 28.09.2005	2006	Ülgase fosforiidikaevanduse käigusuudmete	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

					tõkestamise projekt	
79	Altkaevaevandatud alade püsivuse prognoos ja keskkonnamõju	http://mi.ttu.ee/projektid/79/	G5164	2005	Stability prediction and environmental consequences of the mined out area	
78	Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine		Lep424	2005	Compilation of the development plan of natural building material minerals and prospecting of perspective districts in Tallinn area	
77	Maastiku kujundamise alternatiiv maavaravaru kasutamisega Loo lubjakivimaardlas		Lep429	2005	Maastiku kujundamise alternatiiv maavaravaru kasutamisega Loo lubjakivimaardlas	
76	Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik, uuringud ja meetmed kanalisatsioonitorustiku ohutuks tööks		Lep559	2005	Choosing the line the Ahtme-Johvi sewerage main in the mining area I phase	
75	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/75/	Lep574	2005	Economical technological and environmental redistringof Estonia Oil Shale deposit	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

74	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine.	http://mi.ttu.ee/projektid/74/	Lep574	2005	Economical technological and environmental redistringof Estonia Oil Shale deposit
73	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamise kriteeriumite loomine ja koguse hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline	http://mi.ttu.ee/projektid/73/	Lep574	2005	The crieriaforthe oil shale resources according to the consumption possibilities. Resource evaluation according to the changinge fuel and energy economy. Long term planningof the oil shale resource.
72	Hüdrogeoloogiliste tingimuste modelleerimine põlevkivikaevanduste aladel		Projekt AKM3522	2005	Hüdrogeoloogiliste tingimuste modelleerimine põlevkivikaevanduste aladel
70	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 4. Allmaamäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos.		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working. Phase IV

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

69	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 3. Aidu karjääri mäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos.		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working. Phase III	
68	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 2. Narva karjääri mäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste mõju prognoos.		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working. Phase II	
67	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 1. Viivikonna jaoskonna laiendamise (Sirgala II jaoskonna avamise) mõju prognoos.		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working. Phase I	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

66	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 1. Viivikonna jaoskonna laienemise (Sirgala II) mõju Kurtna järvede veetasemetele. Modelleerimistöde aruanne		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working. Phase I	
65	Põlevkivi kaevandamise AS-i ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine		Lep416	2004	Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Polevkivi Ltd. enterprises working	
64	Geotehnilised uuringud, geotehniline projekteerimine ja järvevalve Pääsküla prügila alal		Lep452	2004	Closure monitoring System of Paaskula Landfill	
63	Pääsküla prügila monitooringusüsteemi rajamine		Lep453	2004	Pääsküla prügila monitooringusüsteemi rajamine	
61	Põlevkivi ressursid		G4870	2003	Oil shale resources	
60	Kaevandamisloa taotlus Ojamaa kaeveväljale. Ojamaa kaevanduse rajamise arengukava		Lep244	2003	Extraction Permit for Ojamaa mine. Development plan for Ojamaa mine.	
59	Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/59/	Lep294	2003	Economical technological and environmental redistricting of Estonian Oil Shale deposit	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

58	Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamise kriteeriumide loomine ja koguse hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline planeerimine		Lep295	2003	The criteria for the oil shale resources according to the consumption possibilities. Resource evaluation according to the changing fuel and energy economy. Long term planning of the oil shale resource	
57	Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaterjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine		Lep326	2003	Compilation of the development plan of natural building material minerals and prospecting of perspective districts in Tallinn area	
56	Loodusmälestiste andmepank		Lep99/10	2003	Natural Heritage Database	
55	Monograafia Altkaevandatud maa kirjastamine		ETF5169	2002	Mined out land	
54	Riigimetsamaadel paiknevate maavarade ja maa-ainese kaevandamisvõimaluste hinnang		Lep141	2002	Evaluation of mining possibilities of minerals on the state forests areas	
53	Oru turbakombinaadi mahajäetud turbaväljade rekultiveerimise projekt		Lep154	2002	A reclamation project of peat hag for the peat field Oru	
52	Hinnang Aidu, Ojamaa ja Uus-Kiviõli kaevanduse rajamiseks		Lep213	2002	Concept study to review the supply of oil shale for ATP processors from Aidu, Ojamaa and Uus-Kiviõli	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

51	Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad		Lep221	2002	Evaluation of trade oil shale quality for AS EP and AS NEJ	
50	Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riikliku arengukava projekt (aastani 2015, visiooniga 2030)		Lep262	2002	Long-term state development plan of the fuel and energy economy (up to the year 2015, with the vision up to 2030)	
49	Skolekodontide taksonoomia ja rakendus statigraafias ja paleokeskkondade analüüsil		T1322	2002	Skolekodontide taksonoomia ja rakendus statigraafias ja paleokeskkondade analüüsil	
48	Tehniline lahendus. OÜ VKG AIDU OIL Vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivikaevanduses		48	2002	Tehniline lahendus. OÜ VKG AIDU OIL Vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivikaevanduses	
47	Allmaakonstruktsioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ning keskkonnamõju	http://mi.ttu.ee/projektid/47/	G3651	2001	Long-term behavior of the underground rock constructions, rock mass and their environmental	
46	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi		Lep036	2001	Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi	
45	Eesti põlevkivivaru säästlik kasutamine		T1321	2001	Eesti põlevkivivaru säästlik kasutamine	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

44	Eesti maapõue ratsionaalse kasutamise litoloogilis-mineraloogilised eeldused		T226	2001	Lithological and mineralogical preconditions for rational use of bowels of earth in Estonia	
43	Maavarade kaevandamise mõju keskkonnale		T851	2001	Environmental influence of mineral extraction	
42	Keskkonnaekspertiisi akt. Kaevandatud Ubja põlevkivikarjääri rajamisega seotud keskkonnamõjude hindamine		31-11	2000	Keskkonnaekspertiisi akt. Kaevandatud Ubja põlevkivikarjääri rajamisega seotud keskkonnamõjude hindamine	
41	Posttehnoloogilised protsessid kaevandatud aladel		Grant3403	2000	Post technologycsI processes in mined out areas	
40	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel. Etapp I. Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengustrateegiasse		Lep007	2000	Scientific support for Mining Company Eesti Polevkivi. Phase I	
39	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel. Etapp II. Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengukavasse		Lep007	2000	Scientific support for Mining Company Eesti Polevkivi. Phase II	
38	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevdanamistehnoloogia arendamisel		Lep824	2000	Research and developing mining technology for oil shale mining company	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

37	Männiku harjutusväljaku liivavaru kaevandamise ümberpaigutamise võimalused		37	2000	Männiku harjutusväljaku liivavaru kaevandamise ümberpaigutamise võimalused	
36	Dolomiidistumine, savifluidumi elisioon ja biogeense fosfaadi postmortaalne muutumine		Grant2723/99	1999	Dolomitization, Elision of Clay Fluidums and Post Mortem Transformation of Biogenic Phosphate as the Main Factors of the Lithification of Sedimentary Rocks	
35	Teadusabi AS EESTI Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel.		Lep216	1999	Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi	
34	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel		Lep725	1999	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel	
33	Toompea vajumise progroos ja stabiilsus		Grant1657	1998	Toompea subsidence and stability	
32	Lõhkamissügavuse mõju maavõngete intensiivsusele		Grant3233	1998	Lõhkamissügavuse mõju maavõngete intensiivsusele	
31	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel		Lep725	1998	Scientific aid for technologigal reorganization of the AS Eesti Põlevkivi	
30	Väikse inglise-eesti maapõue sõnaraamat		Lep735	1998	Concise English- Estonian Mining Dictionary	
29	Tammiku kaevanduse varu osalise väljamise projektid		Lep741	1998	The project for the mining of the Tammiku mine reserve	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

28	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel		Lep834	1998	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel	
27	Maavarade ressursisäästliku kaevandamise tehnoloogia		TTU4077	1998	The resource-sparing mining	
26	Teadusabi riigiettevõttele Eesti Põlevkivi. Kaevandamismahu prognoos ja majandushinnang		Lep603	1997	Research and development for the state enterprise Eesti Põlevkivi (Estonian Oil Shale)	
25	Eesti maavarade kütusena kasutamise perspektiivid. Etapp 2.2 Põlevkivi aktiivse varu kriteeriumid kaevandamiseks soodsatel aladel.		Lep614	1997	Perspectives of using of Estonian mineral resources as fuel. Phase 2.2	
24	Eesti Põlevkivi ressursid ja hinna prognoos		Lep726	1997	Estonian oil shale resources and prognosis of price	
23	Teadusabi riigiettevõttele Eesti Põlevkivi		Lep508	1996	Research and development for the state enterprise Eesti Põlevkivi (Estonian Oil Shale)	
22	Eesti maavarade kütusena kasutamise perspektiivid. Etapp 2.1 Põlevkivi varu hindamise kriteeriumite majanduslikud alused.		Lep614	1996	Perspectives of using of Estonian mineral resources as fuel. Phase 2.1	
21	Põlevkivi allmaakaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia		Grant1408, Grant1523	1995	The resource-saving underground oil shale mining method	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

20	Põlevkivikarjääride rekultiveerimise kord		Lep524	1995	Order of reclamation of oil shale opencasts	
19	Sonda kaevevälja põlevkivi kaevandamise eelhinnang		Lep9	1995	Sonda kaevevälja põlevkivi kaevandamise eelhinnang	
18	Fosforiidi talutav kaevandamine		Grant1407	1994	Sustainable phosphate rock mining	
17	Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnang		Lep308	1994	Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnang	
16	Eesti Põlevkivi kaevandamise tõhustamise teaduslik alus		Lep407	1994	The scientific bases for advancing of oil shale mining in Estonia	
15	Väo karjääri maavara kasutusloa koostamine		Lep418	1994	Elaborating a license for exploitation the mineral resources at Väo quarry	
14	Rataslaaduri JCB 600-M ja 1m3 kopaga roomiklaaduri FL55 katsetamine ja nende kasutamise majanduslik hinnang Estonia kaevanduse tingimustes		Lep427	1994	The loaders JC 1600M and FL55 are tested in Estonia oil shale mine	
13	Põlevkivi ratsionaalne kaevandamine. Põlevkivi tootmisjääkidest tuhkbetoonplokkide valmistamise tehnoloogiad		Lep307	1993	Põlevkivi ratsionaalne kaevandamine. Põlevkivi tootmisjääkidest tuhkbetoonplokkide valmistamise tehnoloogiad	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

12	Sirgala karjääri mäetööde arendamise tehnilis-majanduslik ja hüdrogeoloogiline eelhindang (vahearuanne)		12	1993	Sirgala karjääri mäetööde arendamise tehnilis-majanduslik ja hüdrogeoloogiline eelhindang (vahearuanne)	
11	Põlevkivikaevanduste ja karjääride arengukavad ja nende seostatavus keskkonnakaitsega		11	1992	Põlevkivikaevanduste ja karjääride arengukavad ja nende seostatavus keskkonnakaitsega	
10	Põlevkivitööstuse potentsiaal Eesti majanduses ja sellest tulenevad keskkonnakaitseprobleemid		10	1992	Põlevkivitööstuse potentsiaal Eesti majanduses ja sellest tulenevad keskkonnakaitseprobleemid	
209	Kaevandatud ala täitmisega kaevandamise tehnoloogia ja majanduslikkuse hinnang		AM-106	1991	Evaluation of economics and technology of bacfilling in the mines	
9	Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks		Lep024	1991	Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks	
8	Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvate keskkonnaseisundi parandamise nõuetest. II Etapp		Lep054	1991	Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvate keskkonnaseisundi parandamise nõuetest. II Etapp	

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

7	Maavarade kaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia ja loodushoid		Lep182	1991	The economic and ecological mining technology	
6	Hinnata Eesti fosforiidimaardlate kompleksse ja ökoloogiliselt ohutu hõlvamise võimalusel		01890015808	1990	Hinnata Eesti fosforiidimaardlate kompleksse ja ökoloogiliselt ohutu hõlvamise võimalusel	
5	Mäekombaini katsetamine Väo lubjakivikarjääris		042/1	1990	Mäekombaini katsetamine Väo lubjakivikarjääris	
4	Eesti Kütte-energeetilise kompleksi arendamise pikaajaline programm. 2.osa Põlevkivi kaevandamine		4	1990	Eesti Kütte-energeetilise kompleksi arendamise pikaajaline programm. 2.osa Põlevkivi kaevandamine	
3	Eesti mäetööstuse tehnoloogilise arengu programm kuni 2005		3	1989	Eesti mäetööstuse tehnoloogilise arengu programm kuni 2005	
2	Esmajärgulistest ülesannetest looduskasutuse korraldamisel Eesti NSV üleminekul isemajandamisele		2	1989	Esmajärgulistest ülesannetest looduskasutuse korraldamisel Eesti NSV üleminekul isemajandamisele	
1	Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest		1	1989	Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest	

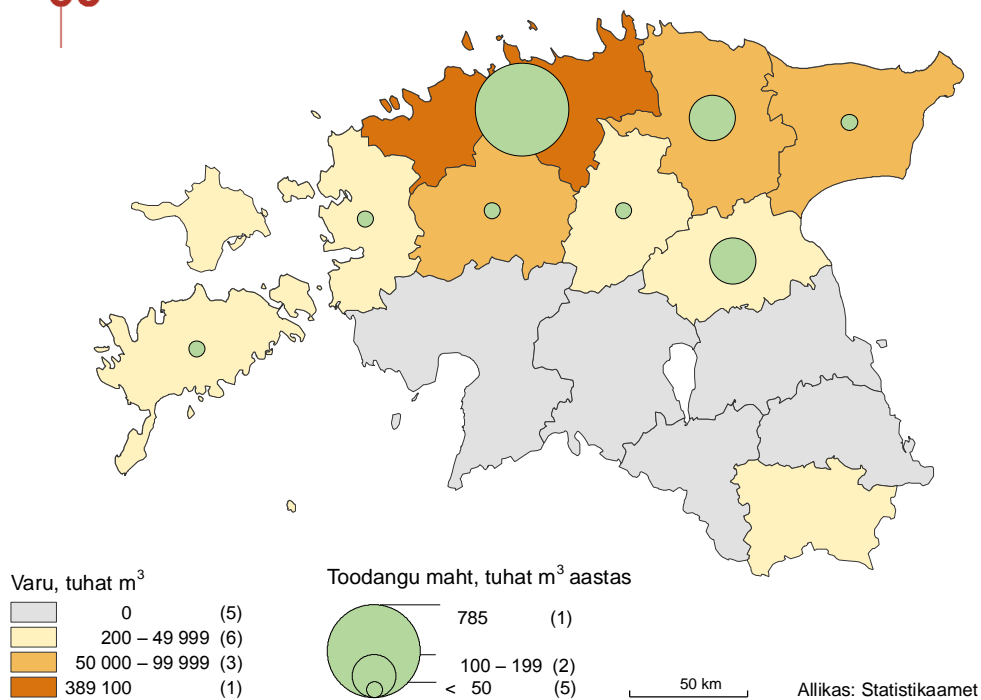
Statistikaameti kaevandamisandmeid

<http://mi.ttu.ee/maendus/>

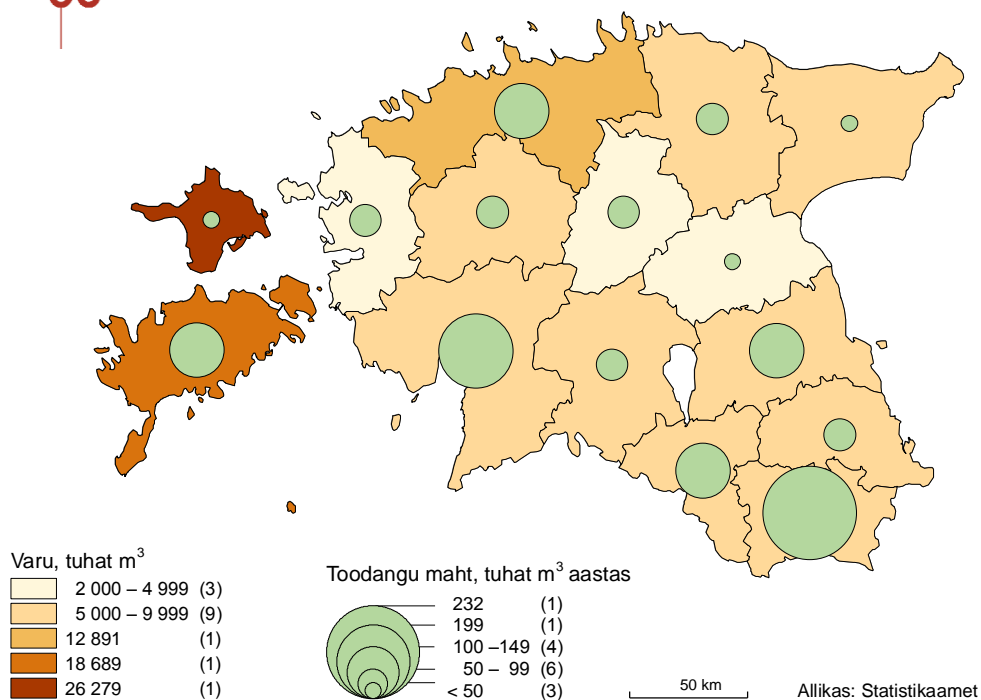
<http://www.stat.ee/>



Ehituslubjakivi varu ja kaevandamine, 2010

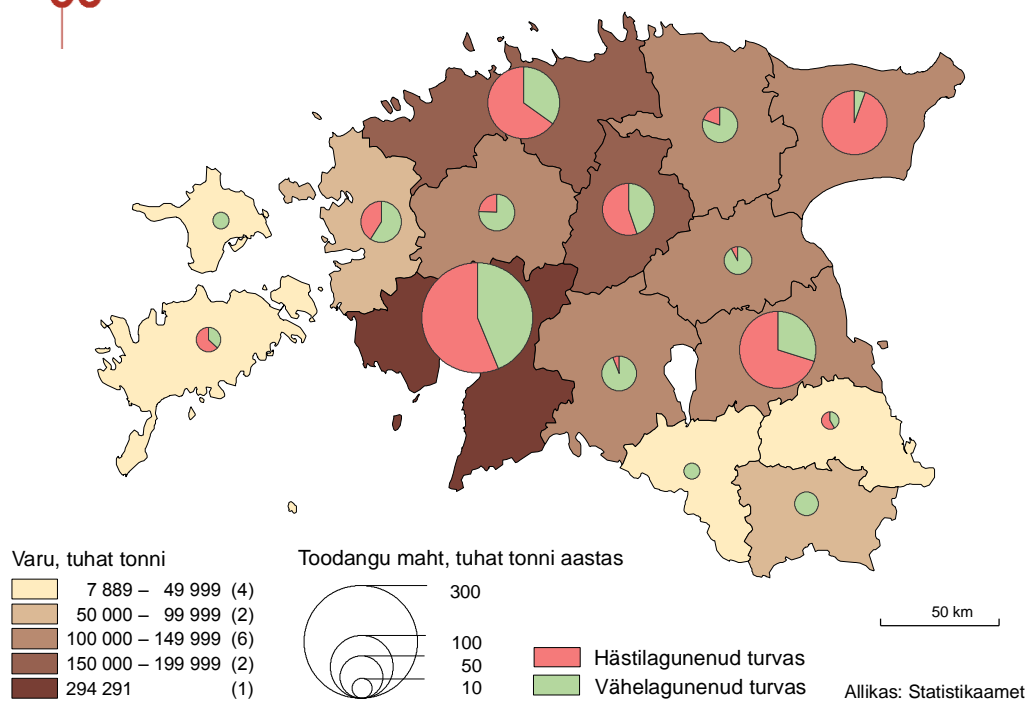


Ehituskruusa varu ja kaevandamine, 2010

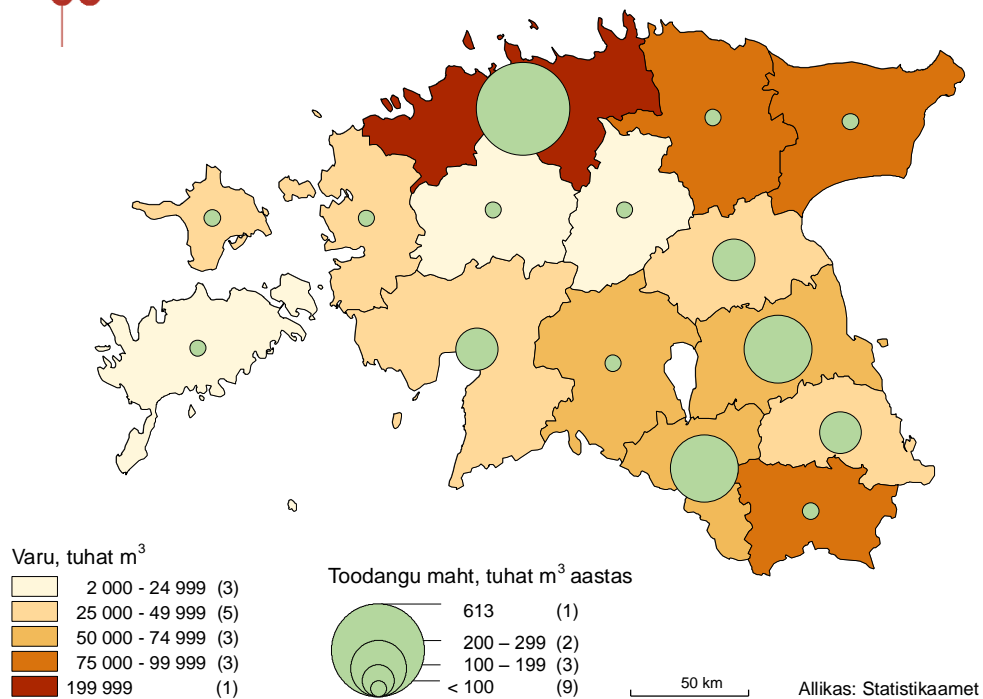




Turba varu ja kaevandamine, 2010



Ehitusliiva varu ja kaevandamine, 2010



Mäeinstituudi personal

<http://mi.ttu.ee/kontakt>

mi.ttu.ee 620 38 50 maeinst@ttu.ee
[Ehitajate tee 5, VII, teine korrus](#)

[Küsige või kommenteerige](#)

[Tööpakkumised](#)

[Doktorandid](#)

[Tudengid](#)

Vivika Väizene vivika.vaizene@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/mgislabor
VII-201 6203859 51922049 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Spetsialist, MGIS labori juhataja, Projekteerija, Projekteerimisgrupi kontaktisik

geotehnoloogia magister

Gaia Grossfeldt gaia.grossfeldt@ttu.ee mi.ttu.ee
VII-204 6203850 55542185 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Turunduse ja avalike suhete spetsialist

-

Margit Kolats margit.kolats@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/film
VII-204 6203850 51964638 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Spetsialist, Videolabori juhataja

geotehnoloogia bakalaureus

Ingo Valgma ingo.valgma@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
VII-205 6203851 5522404 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Direktor, Maavarade kaevandamise õppetooli juhataja, Professor

tehnikateaduste doktor

Heidi Soosalu heidi.soosalu@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
VII-202 6720090 53020027 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Dotsent, Rakendusgeoloogia õppetooli hoidja

PhD

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Jüri-Rivaldo Pastarus juri-rivaldo.pastarus@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
VII-207 6203855 56633103 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Dotsent

tehnikateaduste doktor

Ülo Sõstra ulo.sotra@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
VII-208 6203856 55920679 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Vanemteadur

geoloogiadoktor

Ain Anepaio ain.anepaio@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/markseiderilabor/
VII-201 6203859 56682120 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Spetsialist, Markšeideriasjanduse labori juhataja, projekteerija

-

Veiko Karu veiko.karu@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/maelabor
VII-206 6203854 56951657 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Assistent

Doktorant

rakendusgeoloogia bakalaureus

Raili Kukk raili.kukk@ttu.ee mi.ttu.ee
VII-202 6203854 53303418 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Spetsialist

-

Maris Leiaru maris.leiaru@ttu.ee mi.ttu.ee
VII-202 6203854 58083480 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Spetsialist

-

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Martin Nurme
Laborant

martin.nurme@ttu.ee mi.ttu.ee
VII-201 6203859 5524674 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

-

Mall Orru
Dotsent, Rakendusgeoloogia spetsalist

mall.orrु@ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia mi.ttu.ee/geoloogia
VII-208 6203856 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

PhD

Martin Riibe
Laborant

martin.riibe@ttu.ee mi.ttu.ee
VII-209 6203850 58150538 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

-

Alo Adamson
Vanemteadur, Emeriitprofessor

alo.adamson@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
VII-203 6203854 5174798 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

teaduste kandidaat

Enn- Aavo Pirrus
Emeriitprofessor

pirrus@starman.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
VII-210 6203850 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

geoloogiadoktor

Enno Reinsalu
Vanemteadur, Emeriitprofessor

enno.reinsalu@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
VII-210 6203853 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

teaduste kandidaat

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Julia Gulevitš julia.gulevich@gmail.com mi.ttu.ee/kaevandamine
VII-202 56649936 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Õppejõud
Doktorant
mäetehnika magister

Merle Otsmaa merle.otsmaa@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
VII-209 6203854 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Doktorant
geoloogiainsener

Julija Šommet julija@vaopaas.ee www.vaopaas.ee mi.ttu.ee/projekteerimine
VII-202 6349604 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Õppejõud
Doktorant
geotehnoloogia magister

Erkki Kaisla erkki.kaisla@enefit.com
33 64 868 5051142 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Doktorant
tehnikamagister

Angela Notton angela82@hotmail.ee mi.ttu.ee/geoloogia
VII-208 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Doktorant
rakendusgeoloogia magister

Aleksander Pototski aleksander.pototski@energia.ee
5015545 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)
Doktorant
-

Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

Merike Ring merike.ring@tja.ee www.tja.ee [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Doktorant
geotehnoloogia magister

Arvo Veskimets arvo@solidline.ee 53498109 [info](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Doktorant
-

Hardi Torn maeinst@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia 5096276 [info](#) [foto](#) [cv](#) [ETIS](#) [Artiklid](#)

Dotsent (Stažeerib välismaal)

PhD

Heino Aruküla maeinst@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine - 6770918 [info](#) [foto](#) [cv](#) [Artiklid](#)

Emeriitdotsent

teaduste kandidaat

Veljo Lauringson maeinst@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine - 58130740; 55933960 [info](#) [foto](#) [Artiklid](#)

Emeriitdotsent

tehnika kandidaat

Kalju Ojaste maeinst@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia - 6606853 [info](#) [foto](#) [Artiklid](#)

Emeriitdotsent

teaduste kandidaat
