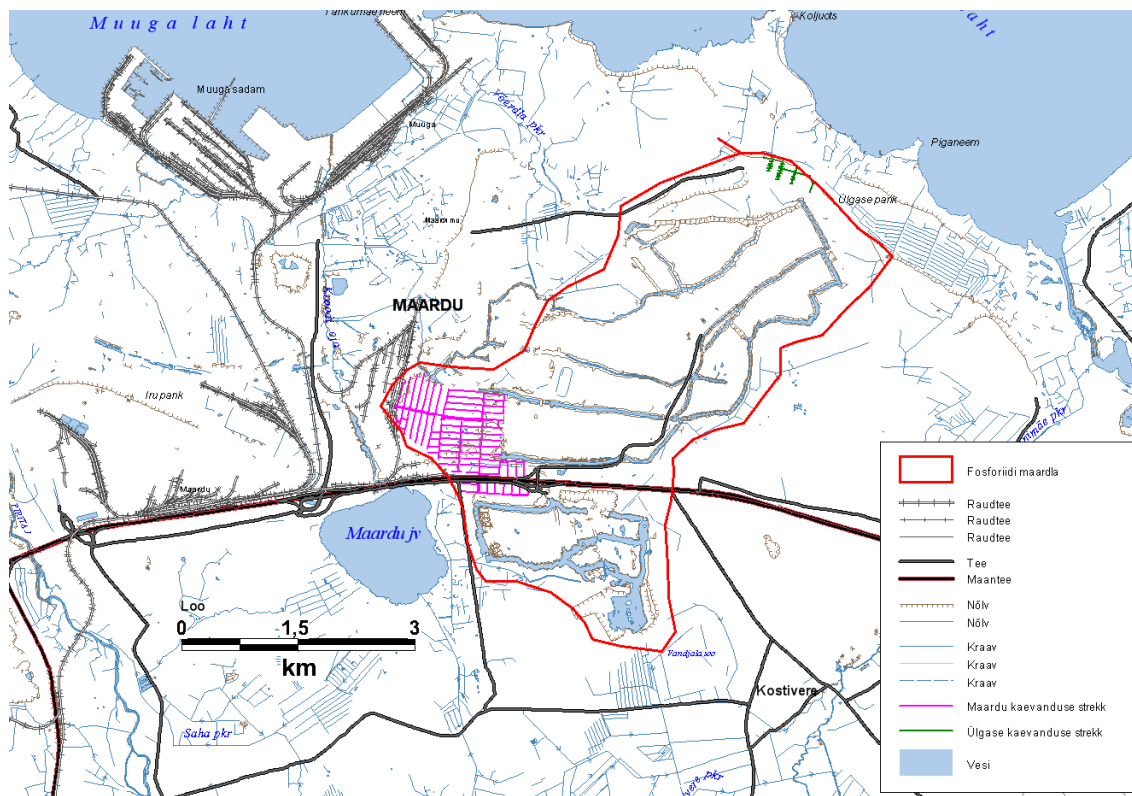


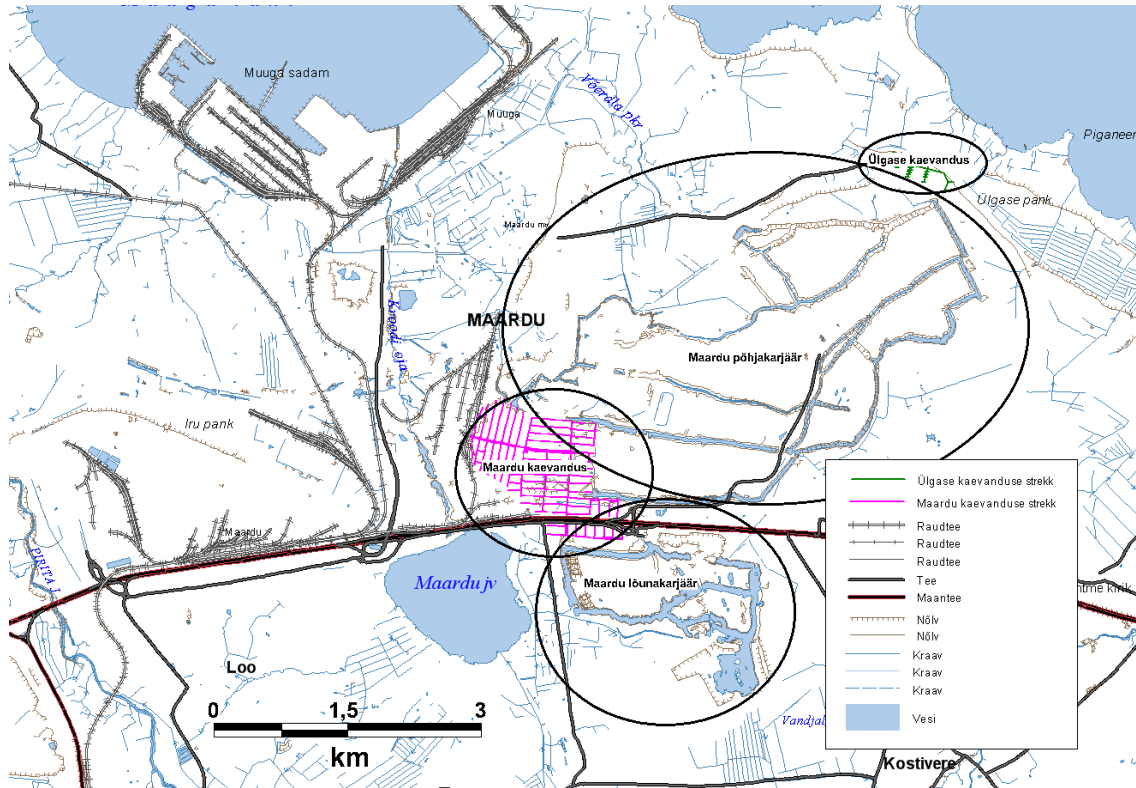
21. Maardu kaevandamisala vee kvaliteet

Margit Kolats, Ingo Valgma, Vivika Väizene, Ülo Sõstra

Fosforiiti on Eestis kaevandatud ja töödeldud ainult Maardu piirkonnas, kus kaevandamine lõpetati aastal 1991. Fosforiidi kaevandamisala suurus Maardus on ~18 km² (Joonis 21-1) [15]. Alal paiknevad kaks fosforiidikaevandust (Ülgase ja Maardu) ja üks fosforiidikarjäär, mis jagunes Põhja- ja Lõunakarjääriks (Joonis 21-2) [16]. Lisaks on alal lubjakivikarjääre [3].



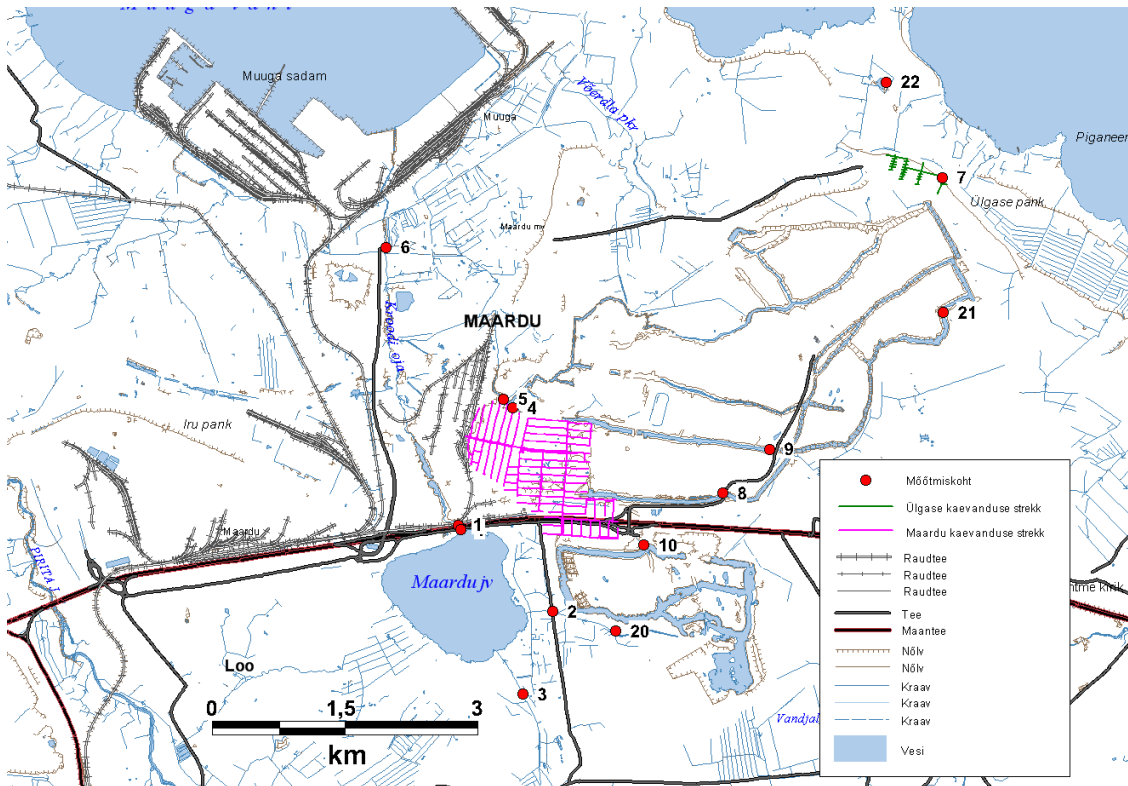
Joonis 21-1 Maardu fosforiidimaardla



Joonis 21-2 Maardu kaevandamisala

Maardu kaevandus on täitunud veega, samuti on Ülgase veekõrvalduskäikudes vesi ning Põhja- ja Lõunakarjääri tranšeedesse on kogunenud vesi, mis liigub Maardu järve, Kroodi oja ja merre. Kuna vesi liigub läbi kaevandatud ala, siis toimuvad kivimite lagunemisprotsessid, mis mõjutavad antud piirkonna veekvaliteeti [9, 14]. Veekvaliteeti mõjutab ka inimtegevus nagu prügiireostus, kilemajade heitvesi, põllumajandus jm [5].

Selleks, et välja selgitada, mis ja kuidas mõjutab Maardu piirkonna vett teostati uuring, kus kaardistati kogu ala veeliikumine, veemahud ja veekvaliteet. Välitõid teostati kahe aasta jooksul kõigis vaatluspunktides ja piirkonnas üldiselt (Joonis 21-3) [4, 23, 22].



Joonis 21-3 Mõõtmiskohad (1- Maardu järve väljavool Kroodi oja; 2- Lõunakarjääri väljavool Maardu järve; 3- Lõuna poolt Maardu järve sissevool; 4- Maardu kaevanduse väljavool strekist; 5- Maardu põhjakarjääri ja kaevanduse väljavool; 6- Kroodi oja enne suubumist merre; 7- Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist; 8- Põhjakarjääri tranšee; 9- Põhjakarjääri tranšee; 10- Lõunakarjääri tranšee; 21- Põhjakarjääri tranšee; 22- Ülgase savikarjäär)

Kogu piirkonna veemaht, mille kvaliteeti vaadeldakse, on hinnanguliselt 12,5 mln m³ (Tabel 21-1). Kõige rohkem vett on Maardu järves (2,37 mln m³) ja kõige vähem Ülgase kaevanduses (200 m³). Veemahtude määramiseks kasutati objektide veesügavusi ja pindalasiid.

Põhja ja Lõunakarjääride tranšeede sügavus on võetud vastavalt fosforiidikihi põhja sügavusele ja pindalaks on vee pind (Joonis 21-5) [25, 26]. Maardu kaevanduse veemaht on arvatud vastavalt kaevandatud ala pindalale ja kaeveõõnte kõrgusele [7]. Kroodi oja vee maht on arvatud veepinna pindala ja keskmiste sügavuste järgi [21]. Maardu järve põhjas on 6m paksune vettpidav põhjasetete kiht [2, 19].

Maapinna absoluutkõrgus Põhjakarjääris on 40 m, mis väheneb loode ja põhja suunas ja mis on Maardu järve juures 33 m (Tabel 21-1). Fosforiidilasundi põhja absoluutkõrgus on Põhjakarjääris 29 m, mis samuti väheneb lõuna suunas ning on Lõunakarjääris 21 m (Tabel 21-1, Joonis 21-4) [13, 6, 8].

Tabel 21-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed, koos veemahtudega

Ala	Fosforiidilasundi põhi abs, m	Maapinna abs, m	Veetaseme abs, m	Vee maht veekogus, m ³
Lõunakarjäär	21	40	33	7262700
Põhjakarjäär	29	40	31	1574100
Maardu kaevandus	24	40	28	1267700
Ülgase kaevandus	33	47	33	200
Maardu järv	-	33	33	2368500
Kroodi oja	-	33-0	33-0	79600

**Joonis 21-4 Maardu veega täitunud lõunakarjääri tranšee**



Joonis 21-5 Maardu veega täitunud põhjakarjääri tranšee

Maardu piirkonnas jaguneb vesi seis- ja vooluveeks. Veekvaliteedi seisundi hindamisel kasutati Keskkonnaministri määruse nr 44 “Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord” lisasid 2, 4 ja 5 [10, 11, 12]. Lähtuvalt sellest on Maardu järv kantud II tüübi alla: vee keskmise karedusega madal järv. Kroodi oja ei ole kantud nimistusse, kuid põhimõtteliselt vastab tüübile I B, heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-ne väärtus alla 25 mgO/l), jõed valgala suurusega 10-100 km². Karjääri tranšeede vett saab võrrelda Maardu järve ja Kroodi oja seisundi ja seisundinäitajatega.

Seisuveekogude ökoloogilist seisundit määravad järgmiste füüsikalise-keemiliste näitajate sisaldused: pH ühik, üldfosfor ja üldlämmastik (Tabel 21-2, Joonis 21-6) [1].

Vooluveekogude ökoloogilist seisundit määravad järgmiste füüsikalise-keemiliste näitajate sisaldused: lahustunud hapnik, biokeemiline hapnikutarve, üldfosfor, üldlämmastik, NH_4^+ ja pH ühik (Tabel 21-3, Joonis 21-6) [20].

Uuringus määrati lisaks elektrijuhtivus, sulfaatide sisaldus, KHT_{Mn} , hõljuvaine. Igal korral vooluveekogudes määrati vooluhulk voolusängi ristlõikes [18, 24].

Tabel 21-2 Maardu järve ja kaevandatud alade tehnoloogiliste veekogude (kraavide) vee ökoloogiline seisund füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi (aritmeetilised keskmised kõigist vaatlusandmetest aastatel 2011-2013). [10, 27]

Punkti nr	pH ühik	P _{Üld} , µg/l	N _{Üld} , µg/l	Üldhinnan g	Elektrijuhtivus, µS/cm	SO ₄ ²⁻ , mg/l
1	8,59	30,4	1299	—	617	192
	Kesine	Hea	Kesine	Kesine	—	—
2	8,00	52	483	—	1317	427
	Hea	Hea	Väga hea	Hea	—	—
8	7,7	34	638	—	2165	988
	Väga hea	Hea	Hea	Kesine ¹	—	—
9	7,7	61	972	—	3718	2050
	Väga hea	Kesine klass	Hea	Kesine ²	—	—
10	8,31	27	809	—	1364	452
	Kesine	Väga hea	Hea	Kesine	—	—

Märkus: ^{1,2} – Kaalutud ekspertarvamus, seletused kokkuvõttes.

Tabel 21-3 Maardu piirkonna vooluvee pinnaveekogumite ökoloogilise seisundi määramine füüsikalise-keemiliste klasside kvaliteedinäitajate ja üldtingimuste järgi vastavalt lisale 4 keskkonnaministri määrusele nr 44 (jõustunud 28.11.2010.a). [11, 27]

Punkti nr	BHT ₇ , mgO ₂ /l	N _{üld} , µg/l	P _{üld} , µg/l	NH ₄ ^{+mg} N/l	pH ühik	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Elektrijuhtivus, µS/cm
3	2,57	4,648	0,101	0,343	8,06	90	723
	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Kesine klass	Väga hea	—	—
4	2,02	0,723	0,030	0,060	7,09	1433	3090
	Hea klass	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—
5	1,67	1,02	0,027	0,07	7,09	1514	2184
	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—
6	3,57	2,60	0,071	0,361	7,97	805	2184
	Kesine klass	Hea klass	Hea klass	Kesine klass	Väga hea	—	—
7	1,82	2,049	0,019	0,16	7,7	540	1446
	Hea klass	Hea klass	Väga hea	Hea klass	Väga hea	—	—



Joonis 21-6 P_{üld} ja N_{üld} mõõdetud väärtused välitööde ja aastaegade kaupa mõõtmispunktides

Maardu kaevandamispiirkonna seisva pinnavee ökoloogilise seisundi üldhinnang

Maardu järv kuulub keskmise karedusega veega madalate järvede sekka. Kahe olulise seisundi näitaja aritmeetilise keskmise järgi on vesi kesises klassis pH = 8,6 ja N_{üld} = 1299 µg/l ja ühe näitaja järgi P_{üld} = 30,4 µg/l (heas klassis) (Tabel 21-2).

Lõunakarjääri punktis nr 2 on näitajad pH (8.0) ja P_{üld} = 52 µg/l heast klassist ja N_{üld} = 483 mg/l väga heast klassist, mõnevõrra suurem on sulfaatide sisaldus, mis ilmselt on seotud püriidi oksüdeerimisega Lõunakarjääri puistangutes (Tabel 21-2).

Lõunakarjääri vaatluspunktis nr 10 langeb vee ökoloogiline seisund kõrge keskmise pH (8,31) tõttu kesisesse klassi. Kuigi üldfosfori (27 µg/l) ja üldlämmastiku (809 µg/l) sisalduse järgi võiks kuuluda väga heasse või heasse klassi. Tavalisest suurem on sulfaatide sisaldus – 452 mg/l (Tabel 21-2).

Põhjakarjääri vaatluspunkti nr 8 juures vastab vesi pH = 7,7 järgi (väga heale klassile), $P_{\text{Üld}} = 34 \mu\text{g/l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 638 \mu\text{g/l}$ (hea klass) (Tabel 21-2).

Põhjakarjääri vaatluspunkti nr 9 juures on vee pH = 7,7 (väga hea klass), üldfosfor $P_{\text{Üld}} = 61 \mu\text{g/l}$ (hea klass) ja $N_{\text{Üld}} = 972 \mu\text{g/l}$ (hea klass) (Tabel 21-2).

Sulfaatide sisaldus nr 8 juures 989 mg/l ja nr 9 juures 2050 mg/l ei luba anda sellisele veele kõrgemat klassi, kui kesine (Tabel 21-2).

Maardu kaevandamispiirkonna voolava pinnavee ökoloogilise seisundi üldhinnang

Sissevool Maardu järve lõunast, vaatluspunkt nr 3. Keskmise vooluhulk 31,6 l/s. Kvaliteedi elementide väärtused ja klass: $BHT_7 = 2,57 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 4,648 \text{ mg/l}$ (kesine klass), $P_{\text{Üld}} = 0,101 \text{ mg/l}$ (halb klass), $\text{NH}_4^+ = 0,343 \text{ mg/l}$ (kesine klass) ja pH = 8,06 (väga hea klass). Lämmastiku ja fosfori tõttu võib vett lugeda kuuluvaks kesisesse klassi, vaatamata sellele, et üldfosfori sisaldus ületas ühe $\mu\text{g/l}$ kesise klassi piiri, sest see on mõõtmise täpsuse küsimus (Tabel 21-3). Üld-lämmastiku sisaldus on selles vaatluspunktis kuni 4,5 korda suurem, kui kaevandatud alal. Suure tõenäosusega pärineb see reostus põllumajandusest ja majapidamistest [17].

Väljavool Maardu fosforiidi kaevandusest, vaatluspunkt nr 4. Komponent ja ökoloogiline klass väärtuste järgi: $BHT_7 = 2,02 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 0,723 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,030 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), ammonium $\text{NH}_4^+ = 0,060 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), pH = 7,09. Vaatamata kõigi komponentide kõrgele klassile, ei saa hinnata ökoloogilist seisundit paremini kui kesine klass, sest vesi sisaldab lubatust palju kordi kõrgemaid sulfaatiooni kontsentratsioone (Tabel 21-3). See on seotud püriidi oksüdeerumisega [28].

Väljavool Maardu kaevandusest teiselpool teed, vaatluspunkt nr 5. Kõik kvaliteedinäitajad: $BHT_7 = 1,67 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $N_{\text{Üld}} = 1,02 \text{ mg/l}$, $P_{\text{Üld}} = 0,027 \text{ mg/l}$, $\text{NH}_4^+ = 0,070 \text{ mg/l}$ ja pH = 7,09 vastavad väga heale ökoloogilisele kvaliteediklassile. Kuid eksperdi üldhinnang ei saa olla parem, kui kesine klass, sest sulfaatide keskmine sisaldus on 1514 mg/l, mis ületab mitmekordselt kõik lubatud piirväärtused (Tabel 21-3). See on seotud püriidi oksüdeerumisega [28].

Kroodi oja alamjooksul, enne suubumist merre, vaatluspunkt nr 6. See on koht, kus kõik reained, ohtlikud, tahked ja lahustunud ained kantakse merre. Vooluvee füüsikaliskemilisest ja ökoloogilisest seisundist annavad ettekujutuse konkreetsete arvud: $BHT_7 = 3,57 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (kesine klass), $N_{\text{Üld}} = 2,60 \text{ mg/l}$ (hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,071 \text{ mg/l}$ (hea klass), $\text{NH}_4^+ = 0,361 \text{ mg/l}$ (kesine klass), pH = 7,97 (väga hea). Kuid kõrge on sulfaatide sisaldus – 805 mg/l, mis ületab lubatud piire (Tabel 21-3). Üldine ökoloogiline seisund on kesine, mikroelementide pärast isegi madalam.

Ülgase kaevanduse väljavool, vaatluspunkt nr 7. On võetud võrdluseks Maardu kaevandatud alale. Komponentide väärtused ja klass: $BHT_7 = 1,82 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 2,049 \text{ mg/l}$ (hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,019 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), $\text{NH}_4^+ = 0,160 \text{ mg/l}$ (hea klass), pH = 7,7 (väga hea). Nende andmete järgi oleks võinud vee ökoloogilise seisundi

määrata kui hea, aga liiga kõrge on selleks sulfaatide sisaldus, seepärast on otstarbekas määrata seisund kesiseks (Tabel 21-3).

Artikkel on seotud järgnevate uuringutega: KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring - mi.ttu.ee/maardu, – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 – mi.ttu.ee/etp, B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine, Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire - mi.ttu.ee/toolse.

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. Heinsalu, A., 1996. Sediment stratigraphy and chemistry of Lake Maardu, Northern Estonia, Coastal Estonia: Recent Advances in Environmental and Cultural History. Strasbourg : Council of Europe ; Rixensart : PACT Belgium, 1996. (Pact ; 51). pp 163...173.
3. Ingo Valgma, Margit Kolats, Vivika Väizene, Martin Nurme. Fosforiidi kaevandamise tehnoloogiad. *Geoloogia sügiskool. Scola Geologica* 2014
4. Kolats, M. (2012). Veeseire. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). *Kaevandamine ja keskkond* (143 - 152). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
5. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaaratistes. Valgma, I. (Toim.). *Kaevandamine ja vesi* (56 - 69). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
6. Kolats, M.; Valgma, I.; Väizene, V.; Reinsalu, E.; Otsmaa, M.; Orru, M. (2012). Maardu vee dünaamika. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). *Kaevandamine ja keskkond* (135 - 142). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
7. Lauringson, V., Reier, A. (1981). Eesti NSV maapõuevarad ja nende kaevandamine. *Periodika*. Tallinn
8. Maardu Põhjakarjääri sulgemise projekt. Mäekateeder. Tallinna Tehnikaülikool. 1991
9. Orru, M.; Übner, M.; Orru, H. (2011). Chemical properties of peat in three peatlands with balneological potential in Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(1), 43 - 49.
10. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 5](#) – 02.08.2013
11. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 4](#) - 02.08.2013

12. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 2](#) - 02.08.2013
13. Puura, E., Pihlak, A. 1998. Oxidation of Dictyonema shale in Maardu mining waste dumps. Oil Shale, vol. 15, No. 3, pp. 239–267.
14. Reinsalu, E. (2012). Fosforiit kui Eesti loodusvara. Eesti Loodus, 1, 8 - 12.
15. Reinsalu, E. (2012). Põlevkivist ja fosforiidist emotsioonideta ning teadmatuses põhise argumentatsioonita. Inseneria, 1, 14 - 17.
16. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa, TTÜ Mäeinstituut.
17. 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.
18. Robam, K. (2009). Veekõrvalduse uuringud komplekssetes maardlates. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 4. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (50 - 54). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
19. Saarse L., Heinsalu, A. and Veski, S. 1995. STOP 40. Maardu - geological history of Lake Maardu, Kroodi Bay mouth bar, phosphorite mining problems. In: W. Schirmer (Ed.)
20. Sõstra, Ülo (2006). Mineraalid ja kivimid mõjutavad tervist: ümbritseva keskkonna geokeemiline tagapõhi on üks peamisi tervise tugisambaid, sama oluline nagu õhk, vesi ja toit.
21. Tamm, I.; Osjamets, M. 2009. Kroodi oja ehitusgeoloogiline- ja reostusuuring. Lõpparuanne. As Maves.
22. Valgma, I. (2011). Kaevandamine ja vesi. Tallinn: Mäeinstituut
23. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuuringud ja kaevandamine.
24. Valgma, Ijt (2008-2012). Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: Mäeinstituut].
25. Наумов, Б., Каризе, В. 1991. Вынос минеральных веществ в Финский залив из фосфоритового карьера Маарду. – Изв. АН ЭССР. Геология 40, 4, 165-172.
26. Наумов, Б.Е. 1991. Загрязнение гидросферы при выщелачивании диктионемовых аргиллитов в отвалах Маардуских фосфоритовых карьеров. – Oil Shale 8, 3, 266-274.
27. Wu, Jianhua; Li, Peiyue; Qian, Hui; et al. (2014). Using correlation and multivariate statistical analysis to identify hydrogeochemical processes affecting the major ion chemistry of waters: a case study in Laoheba phosphorite mine in Sichuan, China. Arabian Journal Of Geosciences. Volume: 7. Issue: 10. Pages: 3973-3982
28. Shin, Woo-Jin; Ryu, Jong-Sik; Mayer, Bernhard; et al.. (2014). Natural and anthropogenic sources and processes affecting water chemistry in two South Korean streams. Science Of The Total Environment. Volume: 485. Pages: 270-280