

Tallinna Tehnikaülikool
Energeetikateaduskond
Mäeinstituut



Geotehnoloogia, AAGM02/09
Margit Kolats, 092799
Magistritöö ID1197

MAARDU KAEVANDAMISALA VEE DÜNAAMIKA JA KVALITEET

Juhendaja:
Ingo Valgma,
tehnikateaduste doktorikraad

Tallinn
2015

SISUKORD

1. ABSTRACT	5
2. SISSEJUHATUS	6
3. LÜHIÜLEVAADE OBJEKTIST	10
3.1. ASUKOHT.....	10
3.2. GEOLOGIA	10
3.3. KAEVANDAMINE.....	12
3.4. MAARDU PIIRKONNA VARASEMAD UURINGUD.....	13
4. METOODIKA	15
4.1. MAARDU PIIRKONNA ISELOOMULIKKUDE ANDMED KOGUMINE	15
4.2. MÕÕTMISPUNKTID JA NENDE VALIK	22
4.3. VEETASEMETE MÕÕTMINE	31
4.4. VOOLUHULKADE MÕÕTMINE	32
4.5. VEE KVALITEEDI MÄÄRAMINE	34
4.5.1. pH ja elektrijuhtivuse määramine	34
4.5.2. Veeproovi võtmine	34
4.5.3. Vee kvaliteedi näitajate määramine	35
4.5.4. Vee ökoloogiliste seisundiklasside määramine.....	37
5. TULEMUSED	39
5.1. VEE KVALITEET (VEE ÖKOLOOGILISTE SEISUNDIKLASSIDE MÄÄRAMINE)	39
5.2. VOOLUHULK.....	42
5.3. VEETASEMED.....	43
5.4. SADEMED.....	47
6. ARUTELU	48
7. KOKKUVÕTE	50
8. VIITEMATERJAL	51

TABELID

Tabel 1 Mineraalsaaste indikaatorite sisaldus karjäärivees, mg/l [15].....	13
Tabel 2 Vooluvee kvaliteedinäitajad Kroodi ojal (aritmeetilised keskmised), 500 m ülesvoolu Tallinn-Kallavere maantee sillast [27, 28, 13]	13
Tabel 3 Karjäärde, kaevanduste ja heitvee keemiline koostis Tootmisettevõttes „Eesti fosforiit” [30, 31,].....	14
Tabel 4 Kroodi oja vee kvaliteet 2012-2013 “Ohtlike ainete seire veekogus” seires [3] varasemad_uuringud.xlsx	14
Tabel 5 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed [23, 8, 13].....	15
Tabel 6 Maardu piirkonna mõõtmispunktid (Joonis 19).....	24
Tabel 7 Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid [16]	38
Tabel 8 Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid [17].....	38

Tabel 9 Maardu piirkonna seisuveekogude vee ökoloogiline seisund füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi (aritmeetilised keskmised kõigist mõõtmisandmetest aastatel 2011-2013) [23, 13] vee_keemia.xls	39
Tabel 10 Uuringu andmete võrdlus varasemate tööde andmetega vee_keemia.xls	40
Tabel 11 Maardu piirkonna vooluvee pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundi määramine füüsikalise-keemiliste klassidesse (aritmeetilised keskmised kõigist mõõtmisandmetest aastatel 2011-2013) [23, 13] vee_keemia.xls	41
Tabel 12 Uuringu andmete võrdlus varasemate tööde andmetega vee_keemia.xls	42
Tabel 13 Vooluhulk, m3/päevas vooluhulgad.xlsx	43
Tabel 14 Mõõtmispunktide veetasemete absoluutkõrgus [13] veetasemed.xls.....	44
Tabel 15 Sademete hulk 2011-2013 perioodil [2] sademed.xlsx	48

JOONISED

Joonis 1 Aastal 1989 „Roheline Maardu“ [20, 13].....	6
Joonis 2 Aastal 2009 Maardu Lõunakarjääri planeeritav puhkeala [13]	7
Joonis 3 Aastal 2009 Maardu fosforiidikarjääri planeeritav geoloogiline õpperada [13]	7
Joonis 4 Varing Maardu kaevanduse alal, mis on täidetud prügiga [13]	8
Joonis 5 Fosforiidi rikastusvabriku punker [13].....	9
Joonis 6 Maardu fosforiidimaardla [23, 13] Kaart\maardla\maardla.WOR.....	10
Joonis 7 Maardu geoloogiline läbilõige [9] labiloige\labiloige_maardu.cdr.....	11
Joonis 8 Maardu fosforiidilevila kavandatudala [23] Kaart\maardu_piirkond\kaevandamis_piirkond.WOR.....	12
Joonis 9 Maapinna kõrgusmudel	16
Joonis 10 Maardu fosforiidi põhja kõrgusmudel (kasutatud puuraugud ja puurkaevud punase täpiga tähistatud)	17
Joonis 11 Läbilõigete asukohad Kaart\geoloogilised_kihid\labiloige_1.WOR	18
Joonis 12 Läbilõige I-I' Kaart\geoloogilised_kihid\labiloiked.cdr Kaart\geoloogilised_kihid\labiloige_1.WOR.....	19
Joonis 13 Läbilõige II-II' Kaart\geoloogilised_kihid\labiloiked.cdr Kaart\geoloogilised_kihid\labiloige_1.WOR.....	19
Joonis 14 Läbilõige III-III' Kaart\geoloogilised_kihid\labiloiked.cdr Kaart\geoloogilised_kihid\labiloige_1.WOR.....	20
Joonis 15 Sulgemisprojektis soovitatud mõõtmispunktid [13].....	21
Joonis 16 Maardu kaevandamispiirkonna makett, vaade ida suunas [13]	21
Joonis 17 Maardu uuringuala 3D mudel Kaart\ETAK\3D.gvw	22
Joonis 18 Maardu fosforiidikarjääri tranšeed, kuhu vesi siseneb kaevanduse strekist [7].....	23
Joonis 19 Maardu piirkonna mõõtmispunktid (Vt. Tabel 6) [13] Kaart\vesi\objektid.WOR...	24
Joonis 20 Maardu järve väljavool Kroodi oja läbi teetruubi, mõõtmispunkt nr. 1.....	25
Joonis 21 Maardu järve väljavool Kroodi oja, mõõtmispunkt nr. 1.1	25
Joonis 22 Lõunakarjääri väljavool Maardu järve, mõõtmispunkt nr. 2.....	26
Joonis 23 Lõuna poolt Maardu järve sissevool, mõõtmispunkt nr. 3 [13]	26
Joonis 24 Maardu kaevanduse väljavool strekist, mõõtmispunkt nr. 4 [13]	27
Joonis 25 Maardu Põhjakarjääri ja kaevanduse väljavool, mõõtmispunkt nr. 5 [13].....	27
Joonis 26 Kroodi oja enne suubumist merre, mõõtmispunkt nr.6 [13]	28
Joonis 27 Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist, mõõtmispunkt nr. 7 [13]	28
Joonis 28 Põhjakarjääri tranšee, mõõtmispunkt nr. 8.....	29
Joonis 29 Põhjakarjääri tranšee, mõõtmispunkt nr. 9.....	29
Joonis 30 Lõunakarjääri tranšee, mõõtmispunkt nr. 10.....	30
Joonis 31 Põhjakarjääri tranšee, vaatluspunkt nr. 21 [13].....	30
Joonis 32 Ülgase savikarjäär, vaatluspunkt 22.....	31

Joonis 33 Mõõtmispunktide reeperite abs.kõrguste mõõdistamine reaalaaja gps-ga [8, 13]	32
Joonis 34 Paigaldatud reeper mõõtmispunktis nr. 2	32
Joonis 35 Vooluhulga mõõtmine mõõtmispunktis 3	33
Joonis 36 Vooluhulga mõõtmine mõõtmispunktis 7 mahumeetodil [13]	33
Joonis 37 Elektri juhtivuse ja pH mõõtmine	34
Joonis 38 Veeproovi võtmine	35
Joonis 39 Üldlämmastiku määramise meetodika joonis	37
Joonis 40 Välilaboriga keemiliste elementide määramine	37
Joonis 41 Vooluhulkade teemakaart [13] Kaart\voluhulgad\voluhulgad.WOR.....	43
Joonis 42 Veetasemete keskmised absoluutkõrgused, m [13] Kaart\vesi\volu_teenonnad.WOR.....	45
Joonis 43 Läbilõigete asukohad Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR.....	45
Joonis 44 Läbilõige I-I' koos keskmise veetasemega Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR	46
Joonis 45 Läbilõige II-II' koos keskmise veetasemega Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR	46
Joonis 46 Läbilõige III-III' koos keskmise veetasemega Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR	47
Joonis 47 Sademete hulk aastatel 2009-2013 [2] sademed.xlsx.....	48

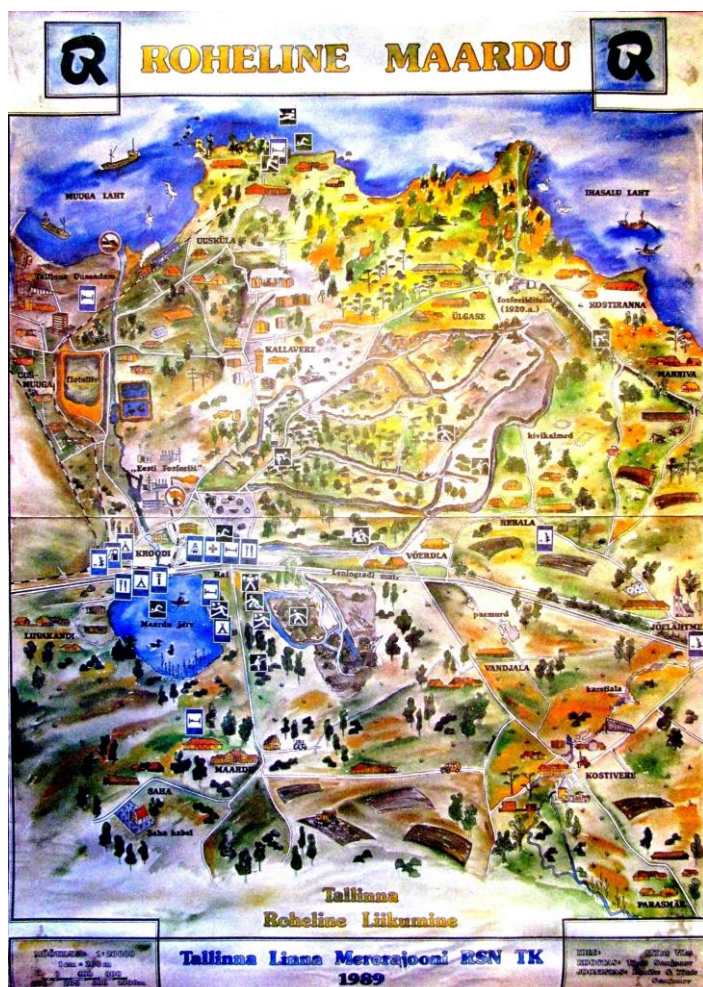
1. Abstract

Maardu region is the potential area for leisure, sporting and educational purposes, thanks to the area original surface after phosphate rock mining. Because the area is known as the area of phosphate rock mining, people have fear in regard with the safety of the area. Questions have been raised whether the surface water and ground water are polluted, whether the soil emits radioactivity or whether making current slopes safer and moving material in heaps affectes water quality. This thesis focuses on the Maardu region's water quality, quantity and levels. For preparing the study, general characteristic were collected and three-dimensional models were made to characterize potential measurement points for the area. The entire area was divided into representative objects. Information of the water flow paths were collected on the total area to obtain a understanding of the existing situation and water flow. About 30 potential measuring points were detected, which were the inflows and outflows, ditches and stream junctions and bodies of water within the area. All points were evaluated for possible use in the study. Ten points were selected from potential measurement points. Monitoring of these points was carried out over two years observing the water chemical elements and their distribution in the region. Still and flowing water was detected in selected measurement points. Still water quality was poor accordaing to applicable laws and flowing water quality was moderately good. Still water quality was poor because of high concentration of pH or total phosphorus. Water level measurements showed that there are no large fluctuations of water from year to year, therefore, road pipes and trenches are in a good situation. Water levels are stable and therefore flushing of heaps do not occure. Measured water levels show that water flow paths in the Maardu area. Water movement between the North and South open cast was not detected because the water level difference was two meters. Water flow was largest before the outflow to the sea. The study was oriented to clarify the overall situation in Maardu phosphate rock mining area that was achieved based on the results.

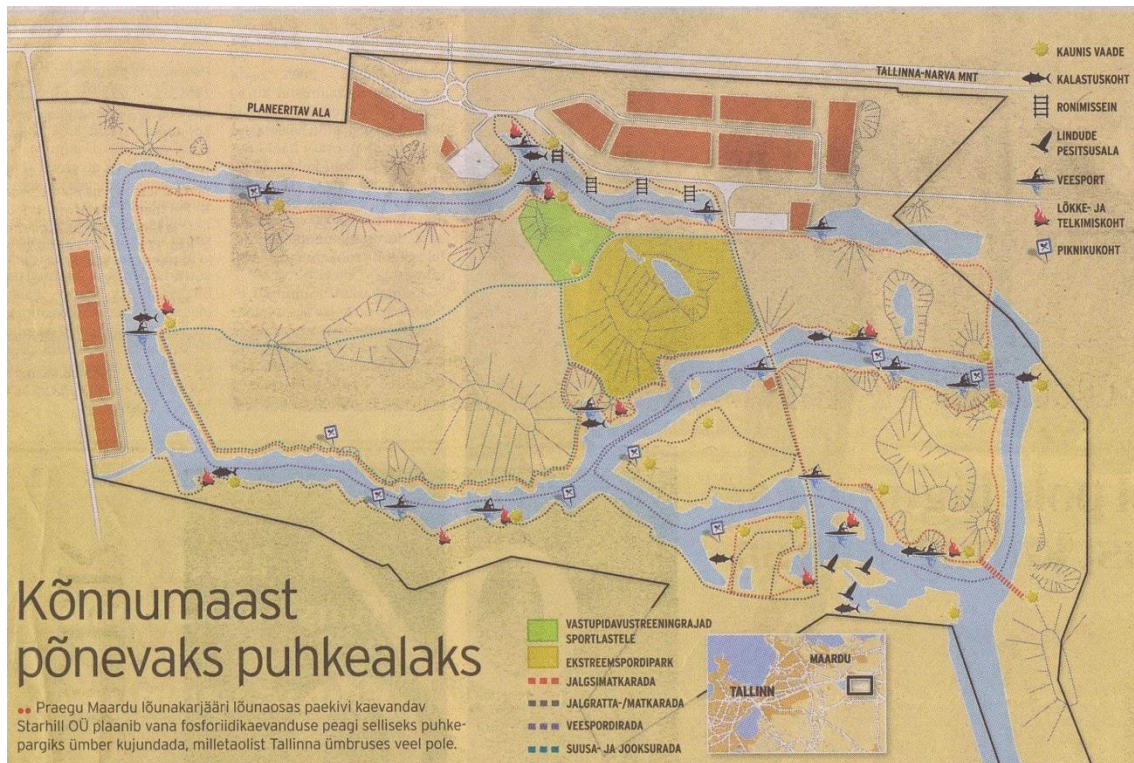
2. Sissejuhatus

Maardu fosforiidilevila kaevandatud ala on keeruline, kuna alal asub kaks fosforiidikaevandust, kaks fosforiidikarjääri ja ligikaudu 4 lubjakivikarjäär. Samuti on alal Tallinna prügila, lõhkeaine ladu ja aiandi piirkond. Maardu ja Ülgase kaevandustes kaevandamisel jäid maa-alale kaeveõõned (strekid), mis on Maardu kaevanduses täitunud veega. Ülgase kaevanduses on vesi ainult veestrekkide põhja peale kogunenud. Põhja- ja Lõunakarjääris vaalkaevandamise tehnoloogiaga kaevandades jäid alles maapinnale veotranšeed, mis on täitunud veega. Praegu toimub aktiivne lubjakivi kaevandamine Lõunakarjääri külgnevatel aladel.

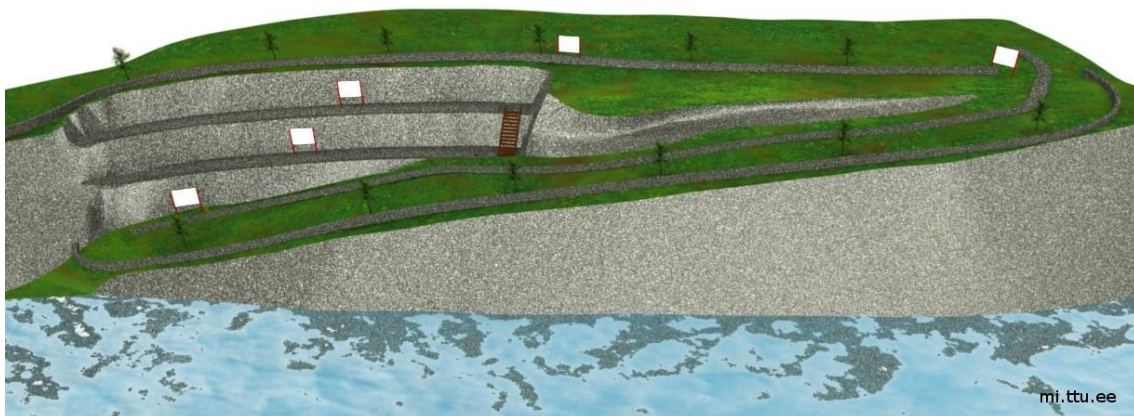
Maardu kaevandatud ala oleks võimalik kasutada puhke- ja sportimisalana. Juba aastal 1989 mõeldi Maardu järve ja Lõunakarjääri puhkeala rajamisele (Joonis 1). Uuesti hakati rääkima puhkeala rajamisest 2009. aastal, mis hõlmas Lõunakarjääri (Joonis 2). Aastal 2009 koostas Mäeinstituut eskiisprojekti “Maardu fosforiidikarjääri geoloogiline õpperada”, mille raames oli plaanis rajada Põhjakarjääri geoloogiline õpperada (Joonis 3) [5, 6, 14]. Sarnaseid kohti nagu Maardu kaevandatud ala, on ka teisi, nagu Peeter Suure merekindlused Astangul, Suurupis, Väana-Postis, Humalas [22, 25].



Joonis 1 Aastal 1989 „Roheline Maardu“ [20, 13]



Joonis 2 Aastal 2009 Maardu Lõunakarjääri planeeritav puhkeala [13]



Joonis 3 Aastal 2009 Maardu fosforiidikarjääri planeeritav geoloogiline õpperada [13]

Puhke- ja sportimisalade rajamisel on kerkinud üles probleemid seoses sellega, et tegu on fosforiidi kaevandatud alaga, mille ees on inimestel hirm ala turvalisuse ees. Kardetakse, et vesi on reostunud ja puistangute kivimid on radioaktiivsed.

Maardu piirkonna vee kvaliteet on mõjutatud kaevandamistegevusest või kaevandamisega mitte seotud tegevusest, nagu inimtegevus.

Põhilised kaevandamistegevustega seotud mõjud on:

1. Kaevandamisel maha jäänud tootmisjätmed.
2. Kivimite ja mineraalide, eelkõige graptoliitargilliidis oleva püriidi lagunemine ja lagunemisproduktide leostumine.

Inimtegevusega seotud mõjud on :

1. Kaevandatud ala kasutamine omavoliliselt prügi paigutamiseks ja ladustamiseks.

2. Põllumajandus, kust satub vette eelkõige väetist.
3. Kodumajapidamised ja aiandusasumid, mis kasutavad kaevandatud ala reovee suublana.
4. Kaevandamise jätkamine kas samal või piirneval alal. Maardu juhul on selleks lubjakivi kaevandamine.

Kui karjäär või kaevandus jäetakse maha, siis kaevandamistegevusest põhjustatud tegurite mõju jätkub või mõnikord isegi suureneb. Karjääri või kaevanduse sulgemisel, kaevandamistegevusest põhjustatud tegurite mõju kaob, või väheneb. Inimtegevuse mõju suureneb kuna kaevandatud ala üle kontroll nõrgeneb (Joonis 4, Joonis 5).



Joonis 4 Varing Maardu kaevanduse alal, mis on täidetud prügiga [13]



Joonis 5 Fosforiidi rikastusvabriku punker [13]

Kuna Maardu fosforiidilevila ehitus on keerukas, siis pole teada kuhu ja kust vesi voolab ning mis on põhilised veevoolu teekonnad alal.

Enamus varasemad ja praegused uuringud on keskendunud mineraalse saaste, nagu sulfaatide ja raskete ning radioaktiivsete metallide ja nende ühendite mõõtmisele veest ja pinnasest. Põhjuse andis graptoliitargilliidi termiline lagunemine, selle metalliühendite leostumine ning sellest lähtuv hirm radioaktiivsuse ees.

Maardu fosforiidilevila kasutamisevõimaluste ja teadmatuse hajutamise eesmärgil analüüsitakse magistritöös vee dünaamikat ja kvaliteeti. Magistritöö põhineb välitöödel mõõdistatud andmetel ja andmete analüüsil.

Magistritööga otsitakse vastust küsimusele, et kas Maardu kaevandatud ala vee kvaliteet on hea ja kuidas on see seotud vee dünaamikaga.

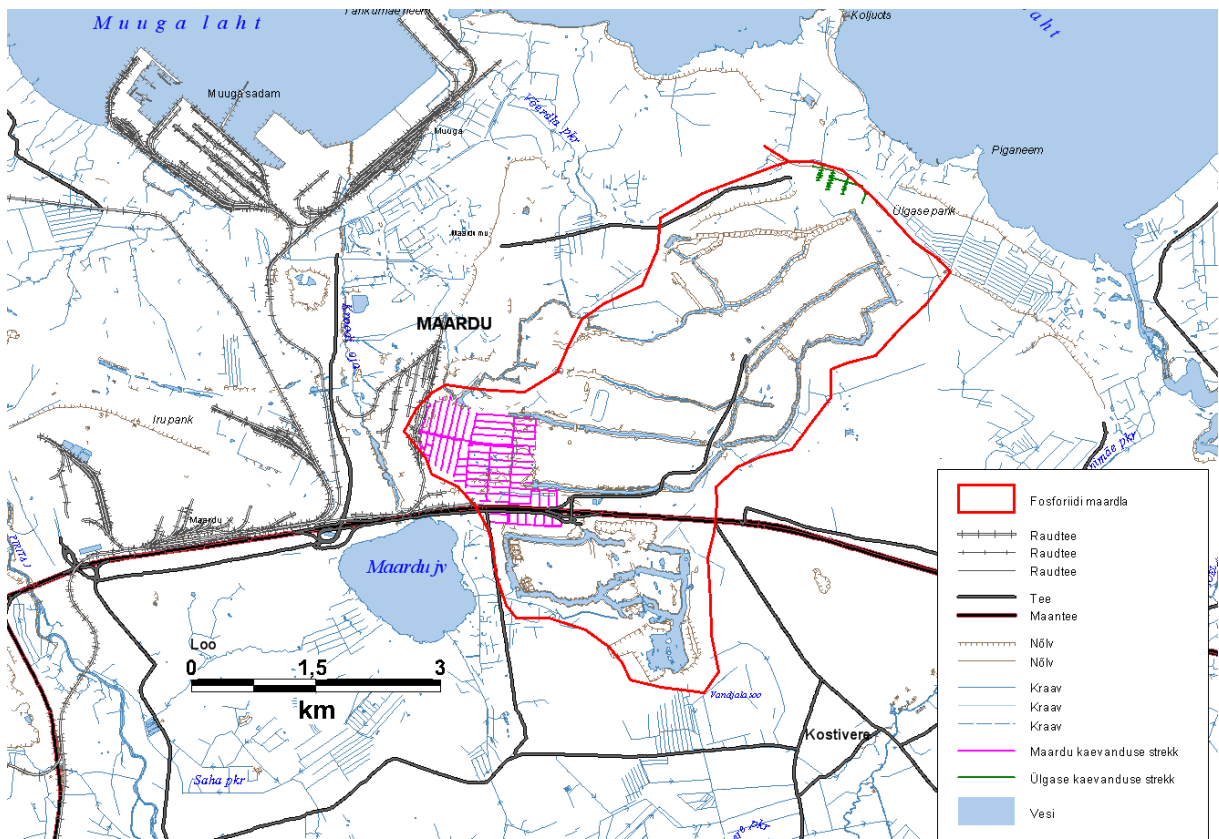
Antud magistritöö on tehtud Mäeinstituudi uuringu “Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring” (KIK11067) raames, mille põhirahastajaks oli KIK. Uuring teostati selleks moodustatud töörühma poolt. Magistritöö autori tegevusteks oli projekti juhtimine, välitööde korraldamine, mõõtmispunktide paikapanek, välitöödel veetasemete, vooluhulkade, keemiliste näitajate mõõtmine ja laboris keemiliste analüüside tegemine. Aruande tegemise koordineerimine. Välitöö andmete digitaliseerimine ja analüüsimine. Välitöödel ja aruande tegemisel abistasid ka teised meeskonnaliikmed.

3. Lühiülevaade objektist

3.1. Asukoht

Maardu fosforiidilevila paikneb Harju maakonnas, Tallinnast 16 km ida suunas, mõlemal pool Tallinn-Narva-Peterburi maanteed (Joonis 6). Levila on välja venitatud põhja-lõuna suunas 6 km ulatuses, 3 km laiusel alal, üldpindala ~18 km². [23, 13]

Praegusel ajahetkel pole fosforiidilasund Maardu fosforiidilevilas kaevandamisväärne. Fosforiidilevila põhilisem osa on Maardu ammendatud maardla. Maardu fosforiidilevila tehnogeenne ala on tunduvalt laiem, kui maardla ja juba ammendatud osa (Joonis 6). [13]




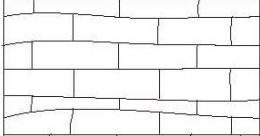
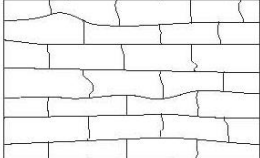
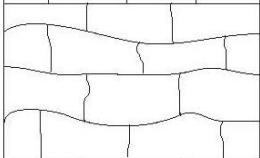
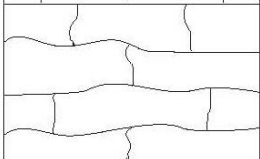
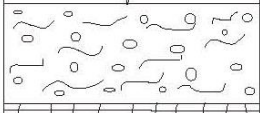
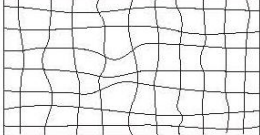
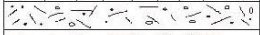


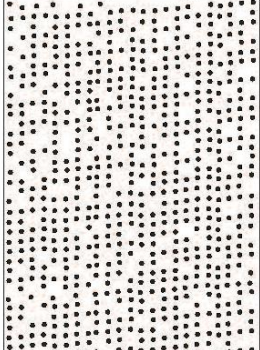
Joonis 6 Maardu fosforiidimaardla [23, 13] [Kaart/maardla/maardla.WOR](#)

Maardu fosforiidilevila kattub tööstuslikku huvi pakkuvate ehitusmaavarade: lubjakivi- ja graniidimaardlatega. Lubjakivi kaevandamisel on veekogumile minimaalne mõju, mis avaldub tolmu sattumisel vette ja võib lisada kaevandamisalalt põhjavette ja Lõunakarjääri mineraalkomponenti, eelkõige sulfaate. Graniiti ei kaevandata, seega otsene mõju hetkel puudub. [13]

3.2. Geoloogia

Maardu läbilõikes kõige pealmine kiht on pinnas, milles on liiva, liivsavi ja turvast, mis on maksimaalselt 0,5 m paks. Järgmiseks on mergiline lubjakivi paksusega 2,8 m, siis kaks kihti lubjakivi, kus ülemine on Aseri lade paksusega 4,5 m ja alumine Kunda lademe lubjakivi paksusega 4,4 m. Siis tuleb glaukoniitlubjakivi paksusega 4,4m, edasi on glaukoniitliivakivi

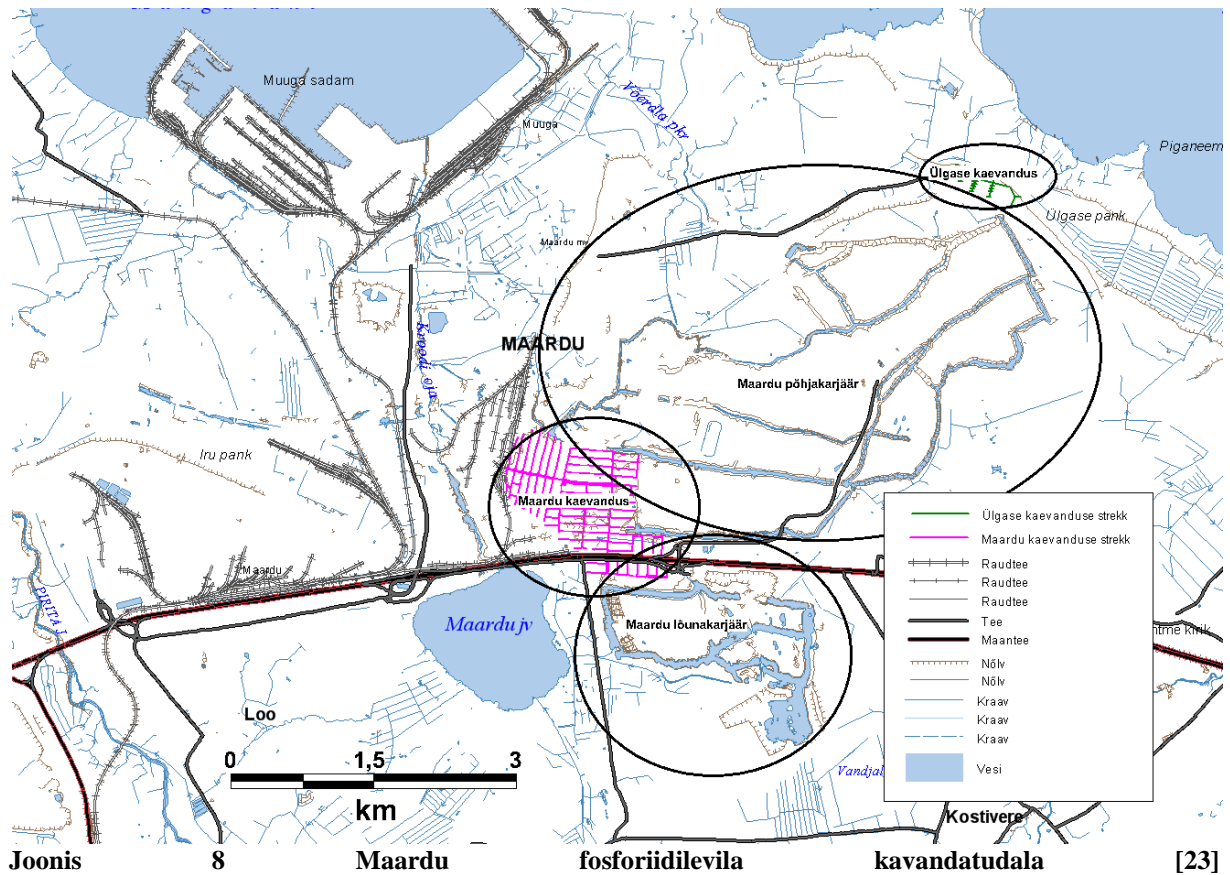
paksusega 2,8 m, siis tuleb graptoliitargilliit (vananenud nimetuse järgi diktüoneemakilt) paksusega 4,5 m, millele järgneb oobolusdetriit paksusega 0,8 m, siis oobolusliivakivi ehk siis fosforiidikiht paksusega 2,8 m ja peale seda ooboluskonglomeraat paksusega 1,6 m. Pärast fosforiidikihti tuleb 10 m paksune liivakivi. Maardu piirkonnas lasub fosforiidikiht maksimaalselt 26 m sügavusel ().

	~ 0,5 m	Pinnas
	~ 3,8 m	Mergilline lubjakivi (Lasnamäe)
	~ 4,5 m	Lubjakivi (Aseri)
	~ 4,4 m	Lubjakivi (Kunda)
	~ 4,4 m	Glauconiitlubjakivi (Volhovi)
	~ 2,8 m	Glauconiitliivakivi (Leetse)
	~ 4,5 m	Diktüoneemakilt (Pakerordi/Türisalu)
	~ 0,8 m	Oobolusdetriit (Pakerordi/Maardu)
	~ 2,8 m	Oobolusliivakivi (Pakerordi/Maardu)
	~ 1,6 m	Ooboluskonglomeraat (Pakerordi/Maardu)
	~ 10,0 m	Liivakivi (Pakerordi/Ülgase)

Joonis 7 Maardu geoloogiline läbilõige [9] [labiloige/labiloige_maardu.cdr](#)

3.3. Kaevandamine

Maardus kaevandati fosforiiti neljas asukohas: Ülgase kaevanduses, Maardu kaevanduses, Põhjakarjääris ja Lõunakarjääris (Joonis 8).



Joonis 8 Maardu fosforiidilevila kavandatud ala

Ülgase kaevandus töötas aastatel 1926-1938. Kaevanduses kasutati käsilaavadega kaevandamisviisi. Kaeveõõnte lagi ei purune, maapind vajub vähe ja põhjavee kaitstus on suhteliselt hea. Kamberlaavadega kaevandamisel jäävad tühimikud maapõue. Ülgase stollid olid avatud klinti, mistõttu vett koguneb ainult kaeveõõnte põhja. Kaeveõõned on praegusel ajal nahkhiirtele olulise tähtsusega talvituspaik ning seetõttu kaitse all. [19, 24, 13]

Maardu kaevandus töötas aastatel 1940-1965. Kaevanduses kasutati esmalt kamberlaavasid, hiljem tervikutega kambreid. Samuti kamber tervikutega kaevandamisviisi puhul on maapinna vajumine väike ja maa alla jäävad tühemikud. Maardu kaevanduse altkaevandatud ala on suurem kui Ülgasel. [19, 24, 13]

Maardu fosforiidikarjäär jaguneb kaheks: Põhja- ja Lõunakarjääriks, mis töötas aastatel 1954-1993. Karjääris kasutati vaalkaevandamist. Põhjaosas, fosforiidikihi avamusalast kuni Tallinn-Narva maanteeni olid I..III jaoskonnad. Lõuna pool maanteed oli IV jaoskond – Lõunakarjäär. Kasutati vaalkaevandamist – kobestatud katend tõsteti kaevandatud alale. Kaevandatud ala korrastati metsamaaks. Põhjakarjääri alale on rajatud Tallinna prügila. [19, 24, 13]

3.4. Maardu piirkonna varasemad uuringud

Vanemaks kättesaadavaks informatsiooniallikaks oli Maardu fosforiidikarjääri ja rikastusvabriku mõju vee kvaliteedile 1979 aastal avaldatud teesides. Teesides on ära toodud, et karjääri on kogunenud suur kogus katendi materjali, mis sisaldab lubjakivi, diktüoneema kilt, liivakivi, glaukoniiti ja püriiti. Iseloomulikuks ja väga levinud protsessideks puistangutes on kilda isesüttimine ning biokeemiline ja keemiline kivimite ja mineraalide murenemine. Eriti oluline on püriidi oksüdeerumise protsess, mis põhjustab kilda isesüttimise. [29, 13]

1980ndate aastate algusel avaldati artikli teemal „Maardu fosforiidikarjääri puistangute saastav mõju veele.“ Kobestatud kivimite porsumine ja leostumine looduses hüpergeneesi tingimustes on tavaline ja loomulik nähtus. Keskkonda ohustab kõige rohkem diktüoneemakilt, mis sisaldab terve rea raskmetalle ja haruldasi metalle. Kilt ise oksüdeerub õhu käes intensiivselt ja võib iseseisvalt kuumeneda ning süttida. Sellised põlemiskolded on sagedased puistangutes. Saavutades kõrge temperatuuri muutub kilt poolkoksiks, eristab õli, gaase ja vett. Kõrgenenud temperatuur ja termiline lagunemine tõhustavad kildast ja teistest puistangu kivimitest ainete leostumist. [15, 13]

Analüüsi vees sulfaat-, kaltsium- ja magneesiumioonide sisaldust (Tabel 1) [15, 13].

Tabel 1 Mineraalsaste indikaatorite sisaldus karjäärivees, mg/l [15]

Proovikoht	Proove	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Kokku
Põhjatee pumbajaam	6	1364 - 1617	330 - 357,5	184 - 222	2095 - 2418
Peapumbajaam	6	1384 - 3257	275 - 416,2	128 - 618	2150 - 4951
IV jaoskonna pumbajaam	7	411 - 879	139 - 252	58 - 108	847 - 1566

Kõige madalamad on kõigi ainete sisaldus 4. jaoskonnas (lõunapool maanteed), kus puhta põhjavee juurdevool on suurem. Artikli järelduseks oli, et puistangud on reostuse allikaks, eriti kuumenemisprotsesside tagajärjel. Kõige intensiivsemalt leostusid need ioonid välja lõunapoolses 4.jaoskonnas, kus täheldati ka kilda soojenemist. On tehtud järelendus, et Maardu karjääri heitveed vajavad puhastamist enne saatmist loodusesse [15, 13].

Kroodi oja vee keemilise koostise kohta on andmeid 1987 ja 1988 aastatest. Tähelepanu tõmbab kõrge heljumi sisaldus, mineraalsus, Ca iooni, fosfaatide ja sulfaatide keskmised sisaldused (Tabel 2) [32, 27, 28, 13].

Tabel 2 Vooluvee kvaliteedinäitajad Kroodi ojal (aritmeetilised keskmised), 500 m ülesvoolu Tallinn-Kallavere maanteesillast [27, 28, 13]

Aasta	Vooluhulk, m ³ /s	Heljum, mg/l	pH	Mineraalsus, mg/l	Ca ²⁺ , mg/l	Fosfaadid, mg/l	SO ₄ ²⁻ , mg/l	NH ₄ ⁻ , mg/l
1987	0,53	161,4	7,08	3237	223,0	3,477	1734	2,02
1988	0,505	145,5	7,44	2981	256,6	0,468	1433	2,33

Põhjalikud andmed Maardu piirkonna kaevandamise ajal mõõdetud vee voolusuundade ja kvaliteedi kohta on võimalik leida Põhjakarjääri sulgemise projektist ja sellele eelnenud uuringutest (Tabel 3) [26, 30, 31, 13].

Tabel 3 Karjääride, kaevanduste ja heitvee keemiline koostis Tootmisettevõttes „Eesti fosforiit” [30, 31,]

Objekt	Proove, arv	Kuivjääk, g/l	pH	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Ca ²⁺ , mg/l	Mg ²⁺ , mg/l	Na ⁺ , mg/l	K ⁺ , mg/l	Cl ⁻ , mg/l
Karjääri sissevool	5	0,7	7,4	165	162	24	8	10,5	39,7
Sisemised kraavid	5	1,4-7,7	6,6-9,2	700-4400	251-432	91-1051	–	–	17-57
Puisteallikas	5	7,5	7,7	4600	512	876	26,5	135,5	55,7
Maardu kaevandus	3	4,5	7,6	2500	225	57,5	40	20,6	32,6
Ülgase kaevandus	1	0,44	8,3	200	75	30,6	6,3	2,8	25,6
Põhjakarjäär	12	7,3	7,6	4000	460	769	–	–	50,9
Lõunakarjäär	12	1,4	7,6	600	267	94,8	–	–	28,8
Väljavool Soome lahte	12	2,5	7,7	1140	260	191	–	–	20,6

Kroodi oja on käsitletud „Ohtlike ainete seire veekogus“ seires. Aastatel 2012-2013 on võetud Kroodi ojast neljal korral pinnasevee ja pinnase proove seire raames. Kroodi oja on sees ka mõnes varasemas aruandes. [3]

Tabel 4 Kroodi oja vee kvaliteet 2012-2013 “Ohtlike ainete seire veekogus” seires [3] varasemad uuringud.xlsx

Proovivõtt ja üldained	Vee temperatuur	pH	Elektrijuhtivus	BHT5	KHT Mn	Üldlämmastik	Üldfosfor	Sulfaat
Ühik	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
november 2012	6	7,7	1391	2	8,3	3,3	0,41	627
jaanuar 2013	2	7,9	2010	1,6	4,6	3	0,26	1260
aprill 2013	6	7,7	1765	1,9	7,4	4,7	0,27	836
august 2013	19	7,9	1912	1,8	7,1	1,7	0,43	1075

Enamus uuringuid on keskendunud mineraalse saaste mõõtmisele. Põhjuse andis graptoliitargilliidi termiline lagunemine, selle metallühendite leostumine ning sellest lähtuv hirm radioaktiivsuse ees.

4. Metoodika

Metoodika väljatöötamiseks ja mõõtmiskohtade valikuks kasutati uuringule eelnenud Mäeinstituudi pikaajaliste välitööde andmeid, mis hõlmasid puistangute, tranšeede, korrastatud ala ja taimestiku vaatlust, mõõtmist, analüüsimist ja üksikobjektide projekteerimist. Ala kohta oli koostatud geotehnilisi, geoloogilisi, hüdroloogilisi ja mäenduslike skeeme. [10, 1, 11]

Antud töö raames toimunud välitööde käigus tutvuti olukorraga ja selgitati välja võimalike mõõtmiskohtade asukohad. Välja valiti kümme iseloomulikku kohta, kus hakata jälgima vee liikumist ja taset ning mõõtma vee vooluhulki ja hindama vee kvaliteeti (Joonis 33, Joonis 35, Joonis 37, Joonis 38) [8].

Välitöid teostati kord kvartalis (II, III, IV kvartalis) kahe aasta jooksul. Mõõtmise välitööd toimusid 27.12.2011; 15.05.2012; 23.07.2012; 20.12.2012; 28.05.2013; 08.07.2013 ning vaatlusvälitööd 17.11.2011; 15.12.2011; 08.03.2012.

4.1. Maardu piirkonna iseloomulikkude andmed kogumine

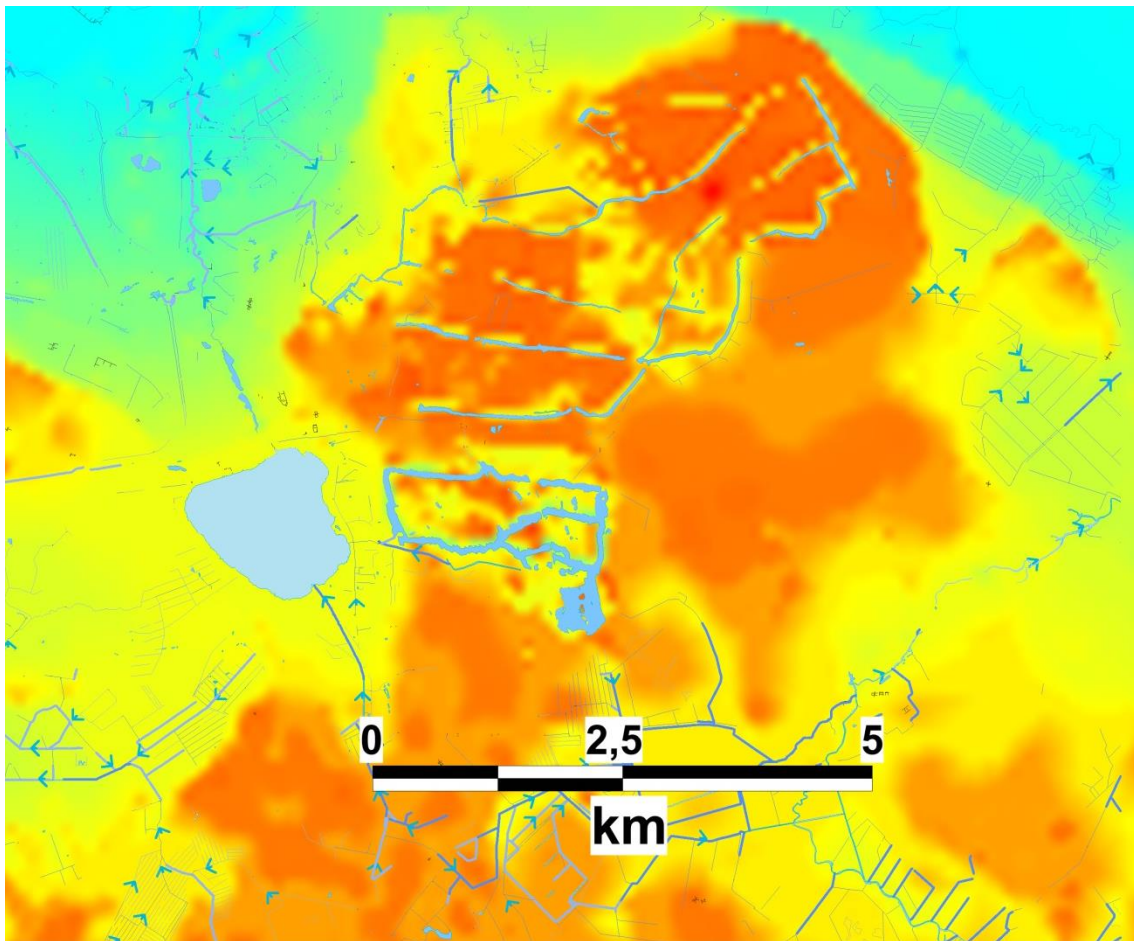
Kokku koguti Maardu fosforiidilevila iseloomulikud andmed ja koostati vastavad kaardid ning mudelid, mille põhjal oleks mõõtmispunktide valik lihtsam (Tabel 5). Andmete kogumist lihtsustasid ka pikaajalised varasemad välitööd antud piirkonnas. [4]

Koostati maapinna mudel digipõhikaardi kõrgusjoonte ja kõrguspunktide põhjal (Joonis 9). Fosforiidilasundi põhja absoluutkõrguse mudeli tegemiseks kasutati ümbruskonna puuraukude ja puurkaevude geoloogilist kirjeldust (Joonis 10). Läbilõigetel on näha maapinna ja fosforiidilasundi langemist ning katekivimite paksust (Joonis 11, Joonis 12, Joonis 13, Joonis 14).

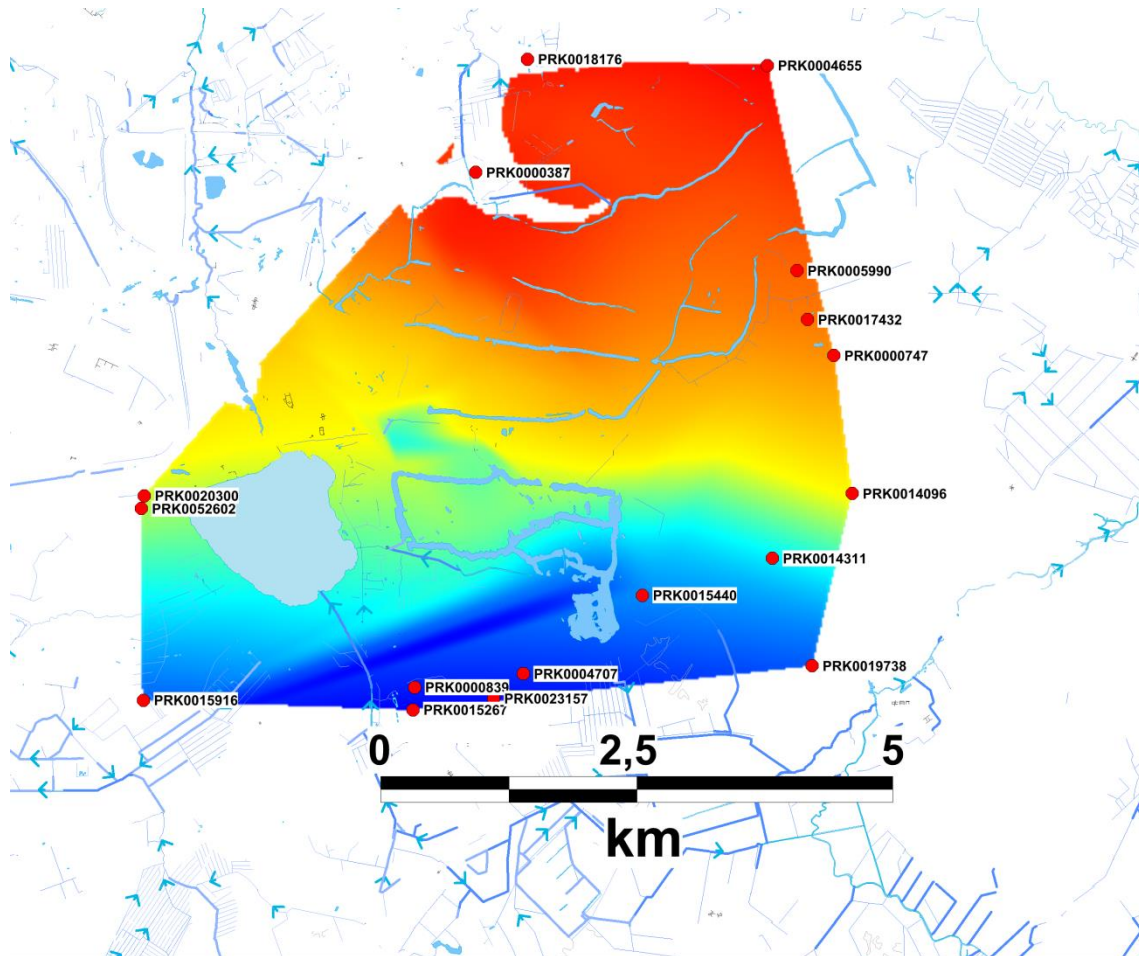
Arvutatud on vee mahud keskmiste sügavuste ja pindala järgi (Tabel 5). Lõunakarjääri sügavus on vahemikus 8-11 m. Pindala võeti veepinna järgi. Põhjakarjääri tranšeede sügavus on võetud vastavalt fosforiidi põhja sügavusel ja pindalaks on vee pind [30, 31]. Ülgase kaevanduses on vesi kaeveõonte põhjas. Kaeveõonte kogupikkus on 2,5 km, veekihi laius 0,4 m ja veekihi sügavus 0,2 m. Maardu kaevanduse veemaht on arvutatud vastavalt kaevandatud ala pindalale ja kaevanduse keskmisele kõrgusele, mis on 1,3-1,6 m [9]. Kroodi oja vee maht on arvutatud veepinna pindala ja keskmiste sügavuste järgi, mis on ülemises oja osas 1,2 m ja alumises oja osas 2,4 m [21]. Maardu järve põhjas on 6m paksune vettpidav põhjasetete kiht. [23, 8]

Tabel 5 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed [23, 8, 13]

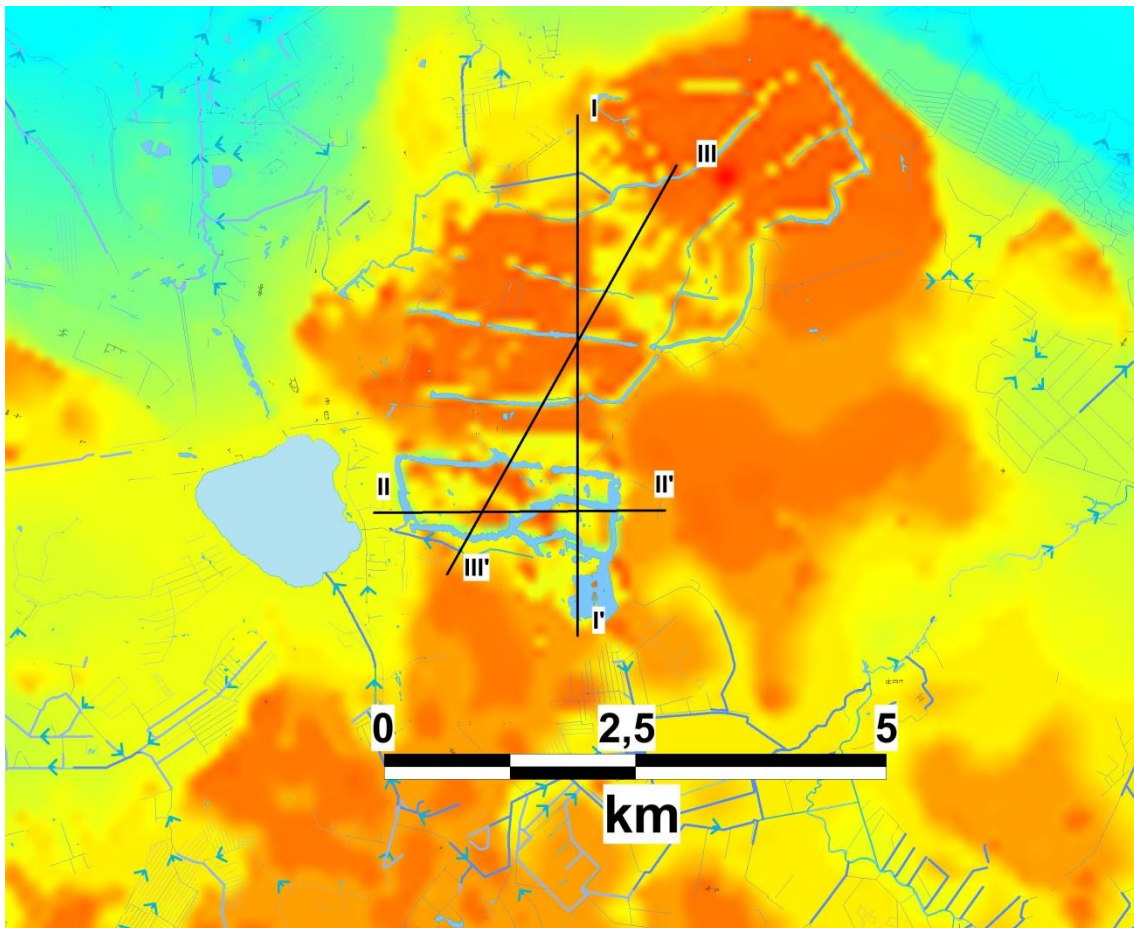
Ala	Fosforiidilasundi põhja abs, m	Maapinna abs, m	Veetaseme abs, m	Vee maht veekogus, m ³
Lõunakarjäär	21	40	33	7262700
Põhjakarjäär	29	40	31	1574100
Maardu kaevandus	24	40	28	1267700
Ülgase kaevandus	33	47		200
Maardu järv	-	33	33	2368500
Kroodi oja	-	33-0	33-0	79600



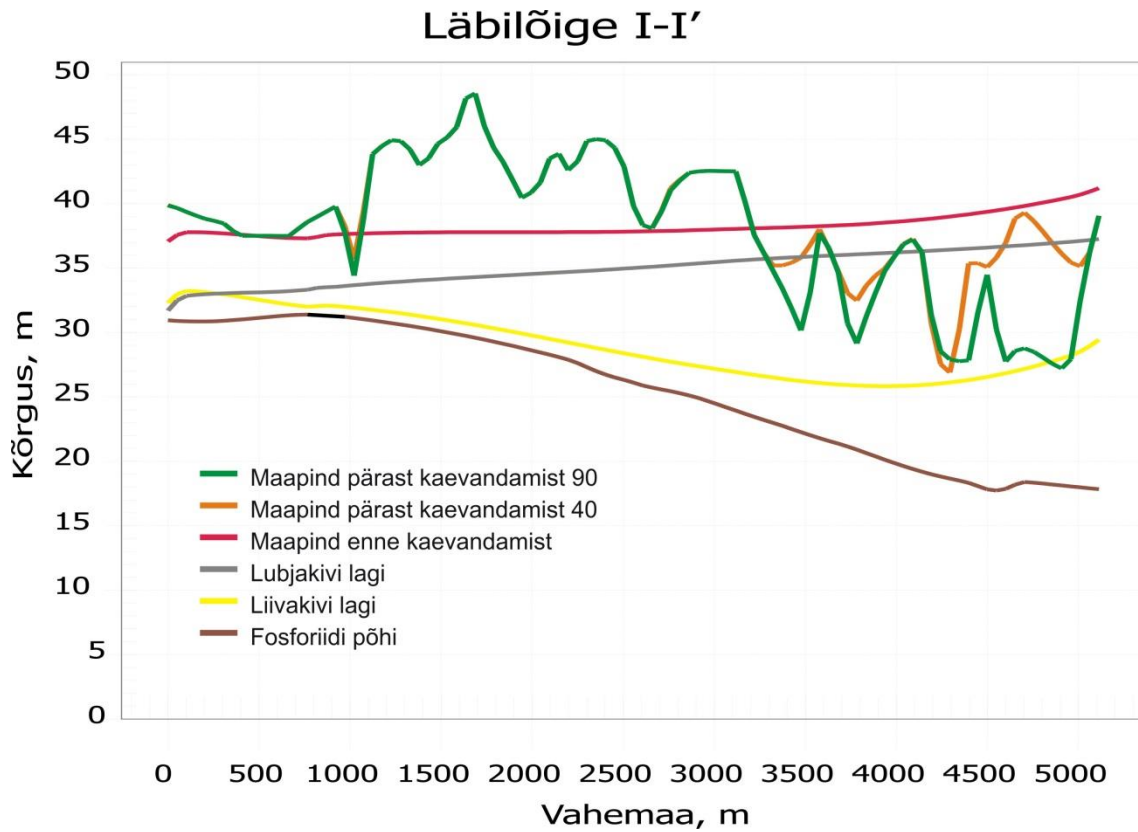
Joonis 9 Maapinna kõrgusmudel



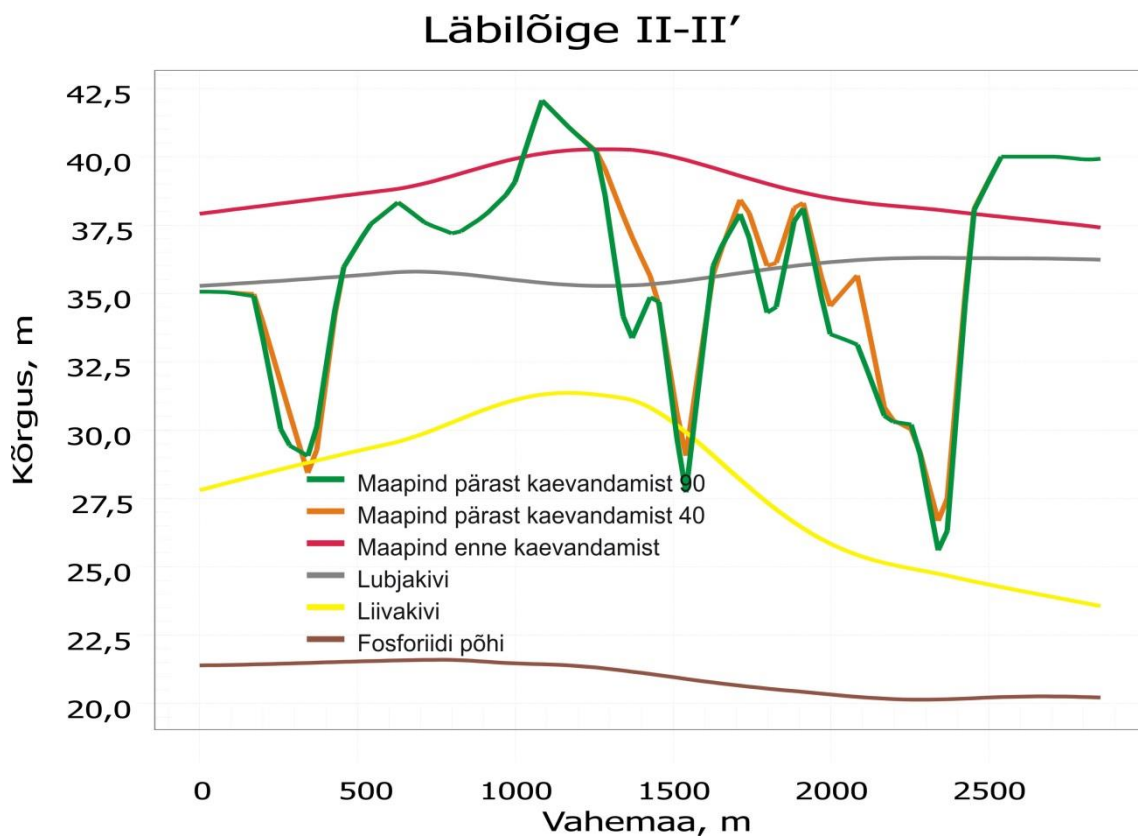
Joonis 10 Maardu fosforiidi põhja kõrgusmudel (kasutatud puuraugud ja puurkaevud punase täpiga tähistatud)



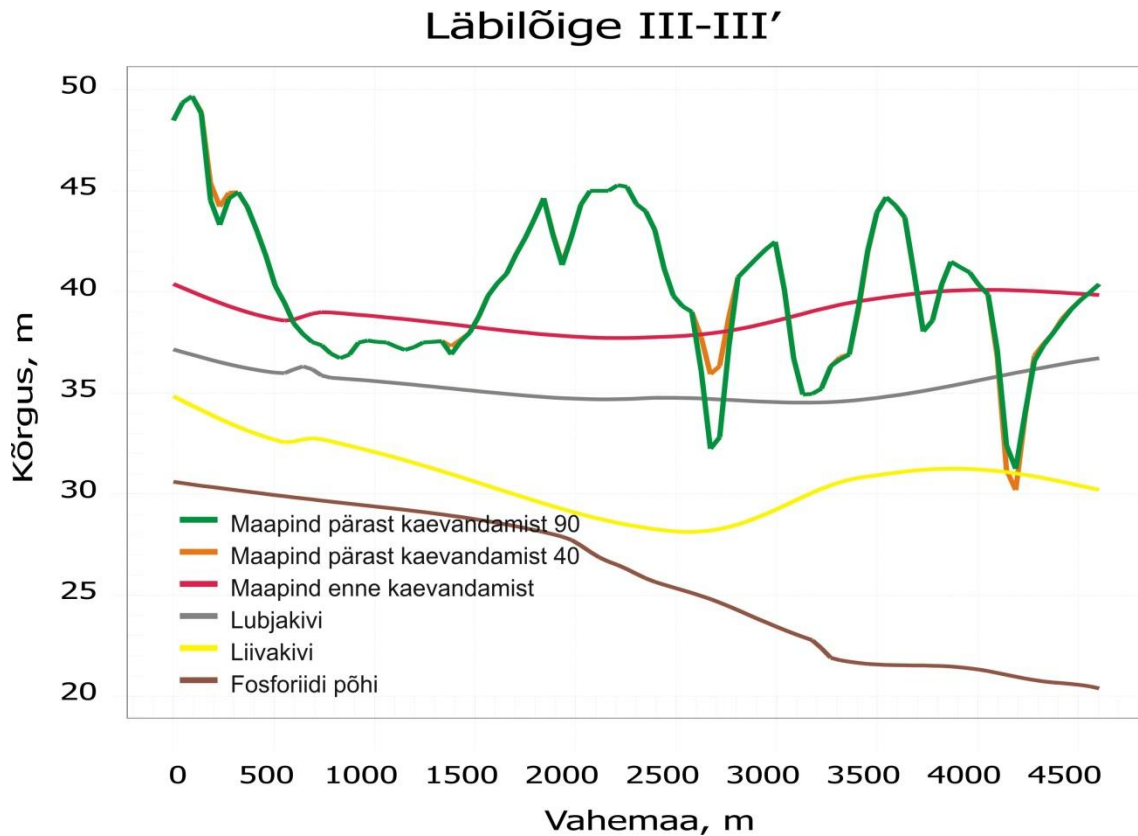
Joonis 11 Läbilõigete asukohad [Kaart\geoloogilised kihid\labiloige 1.WOR](#)



Joonis 12 Läbilõige I-I' [Kaart\geoloogilised kihid\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\geoloogilised kihid\labiloige 1.WOR](#)

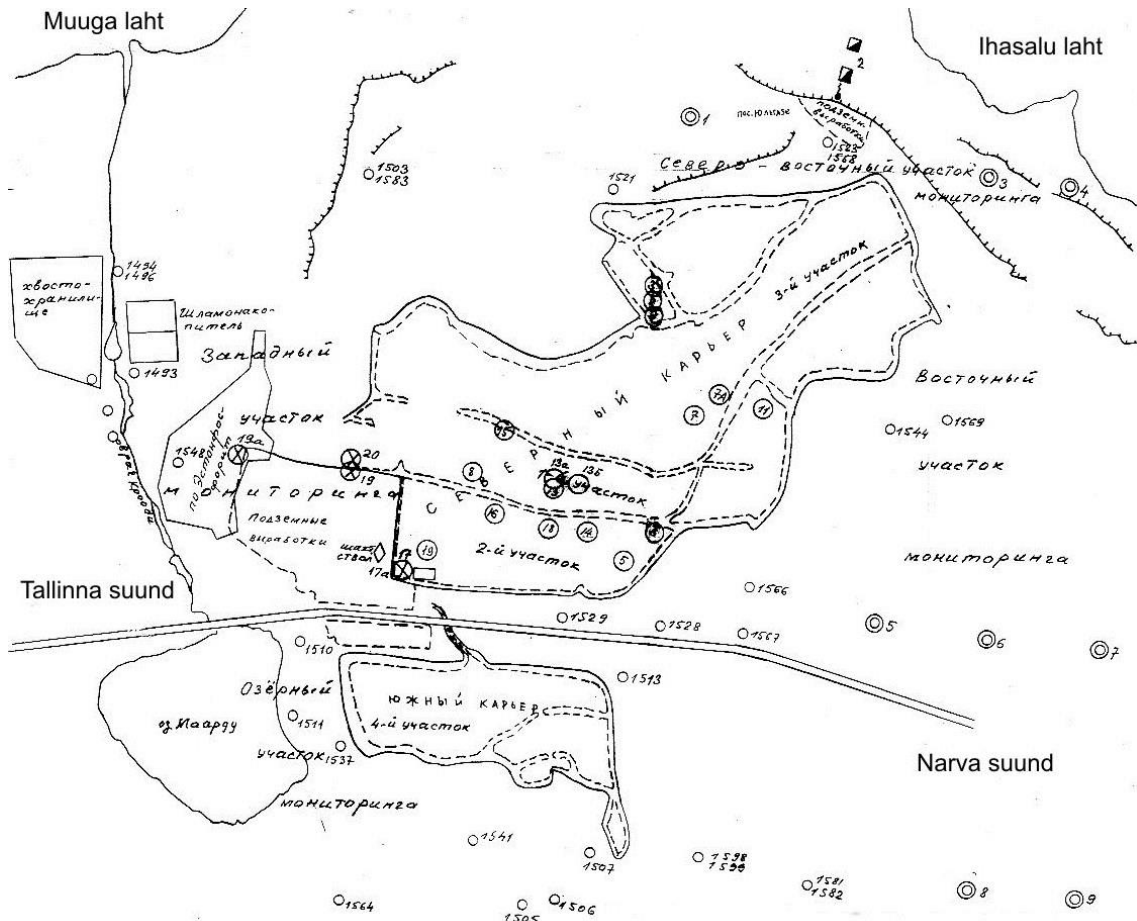


Joonis 13 Läbilõige II-II' [Kaart\geoloogilised kihid\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\geoloogilised kihid\labiloige 1.WOR](#)



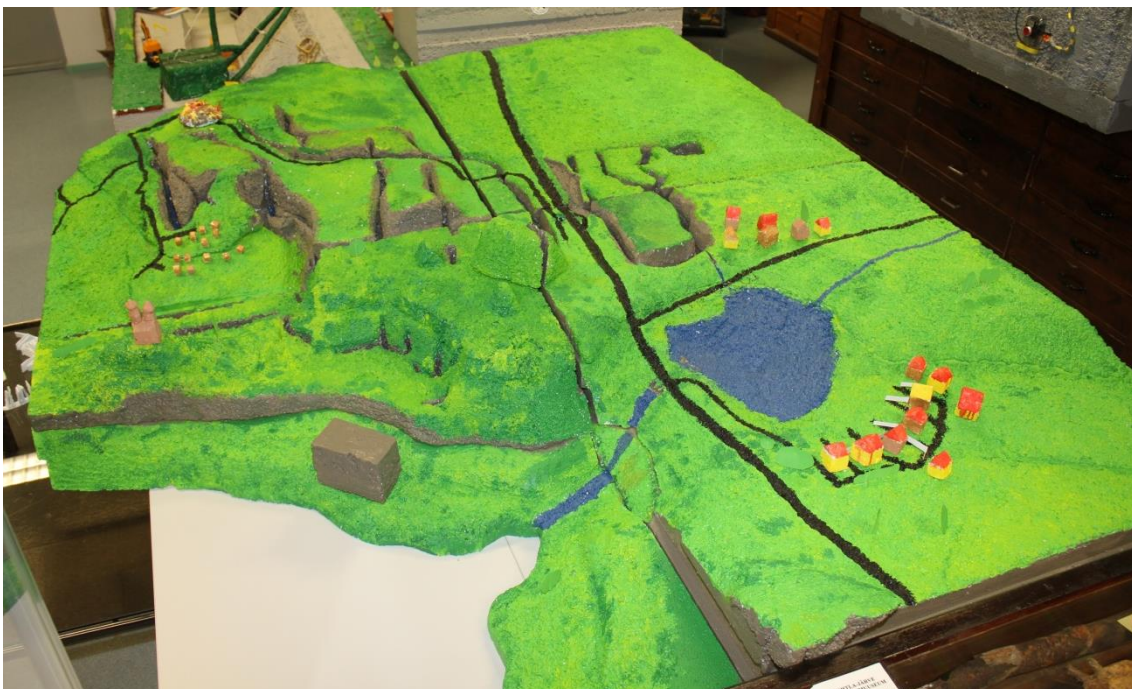
Joonis 14 Läbilõige III-III' [Kaart\geoloogilised kihid\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\geoloogilised kihid\labiloige 1.WOR](#)

Sulgemisprojektis pakutud mõõtmispunktid, sh põhjavee taseme ja kvaliteedi proovimiseks sobivad puuraugud, on joonisel mustade ringikeste ja numbritega (Joonis 15) [12].

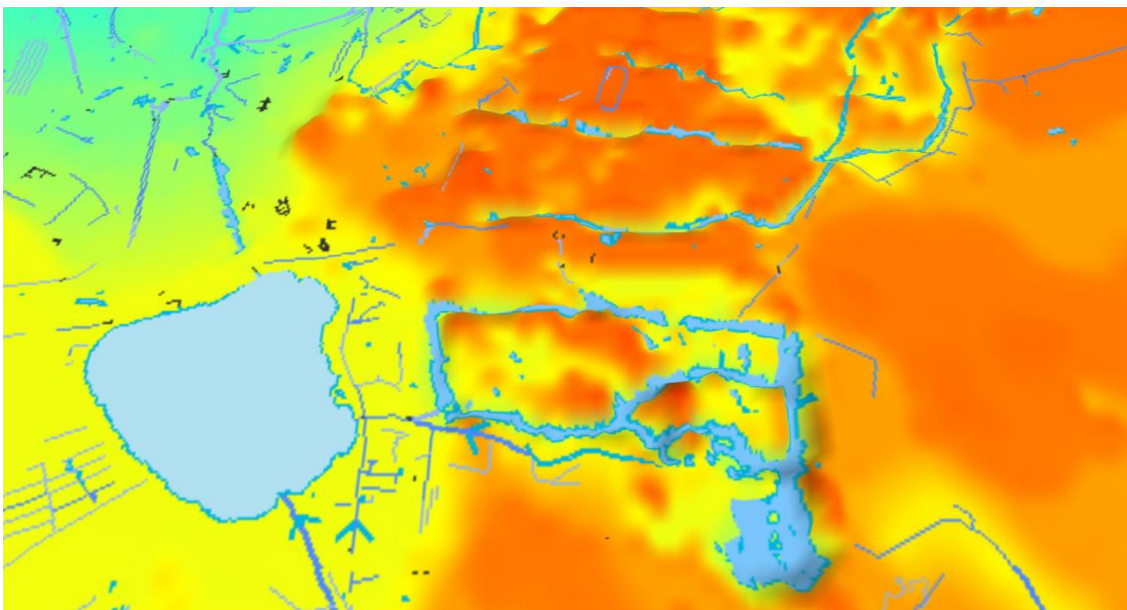


Joonis 15 Sulgemisprojekti soovitatud mõõtmispunktid [13]

Maapinna kõrgusmudeli põhjal tehti uuringuala makett, mille alusel oli lihtsam selgitada mõõtmispunktide valiku ja anda ülevaade kogu alast (Joonis 16, Joonis 17).



Joonis 16 Maardu kaevandamispiirkonna makett, vaade ida suunas [13]



Joonis 17 Maardu uuringuala 3D mudel [Kaart\ETAK\3D.gvw](#)

4.2. Mõõtmispunktid ja nende valik

Mõõtmispunktide valikul toetuti pikaajalistele välitöö tulemustele antud piirkonnas. Lähtuvalt sellest, oli potentsiaalsete mõõtmispunktide valik kiirem. Kogu ala jagati kuueks objektiks, mille suhtes vee kvaliteeti, liikumist ja taset mõõdetakse. Objektideks olid Maardu järv, Kroodi oja, Põhjakarjäär, Lõunakarjäär, Maardu kaevandus koos rikastusvabriku alaga ja Ülgase kaevandus.

Potentsiaalsete mõõtmispunktide ülevaatamiseks teostati 2 välitööd, kus vaadati läbi kuni 30 potentsiaalset mõõtmiskohta. Pärast seda pandi paika, lähtuvalt vaatlustest ja ala iseloomust, 10 iseloomulikku mõõtmispunkti ja kaks lisapunkti, kus mõõdeti keemilisi näitajaid (Joonis 19, Tabel 6).

Mõõtmispunktid valiti kas sisse- või väljavoolukohtades. Samuti kohtades, kus saavad kokku erinevate mõõtmiskohtade veed.

Maardu järve voolab vett sisse nii kraavidest kui allikatest, kraavi kaudu suubub Maardu järve Lõunakarjääri vesi. Maardu järve väljavool toimub Kroodi oja kaudu merre.

Kuni 2011 aastani oli võimalik tõsta ja langetada järve taset tänu truibile. Pärast maantee ümberehitust tehti tee alt läbi kaks truupi, kust kogu üleliigne vesi voolab Kroodi oja. Enne 2011 aastat kõikus Põhja- ja Lõunakarjääri tranšeedes vesi suurvee ajal üle 2 m, aga siis puhastati teaalused truibid ja kogu vaatlusaja vältel ei toimunud veetaseme suurt muutust (Joonis 18).



Joonis 18 Maardu fosforiidikarjääri tranšeed, kuhu vesi siseneb kaevanduse strekist [7]

Maardu järve mõjualasse paigutati kolm punkti: Maardu järv (mõõtmispunkt nr.1), Maardu järve sissevool lõunast ja Lõunakarjäärist (mõõtmispunkt nr. 2), mis kõik annavad ülevaate, mis vesi on ja kust see tuleb Maardu järve.

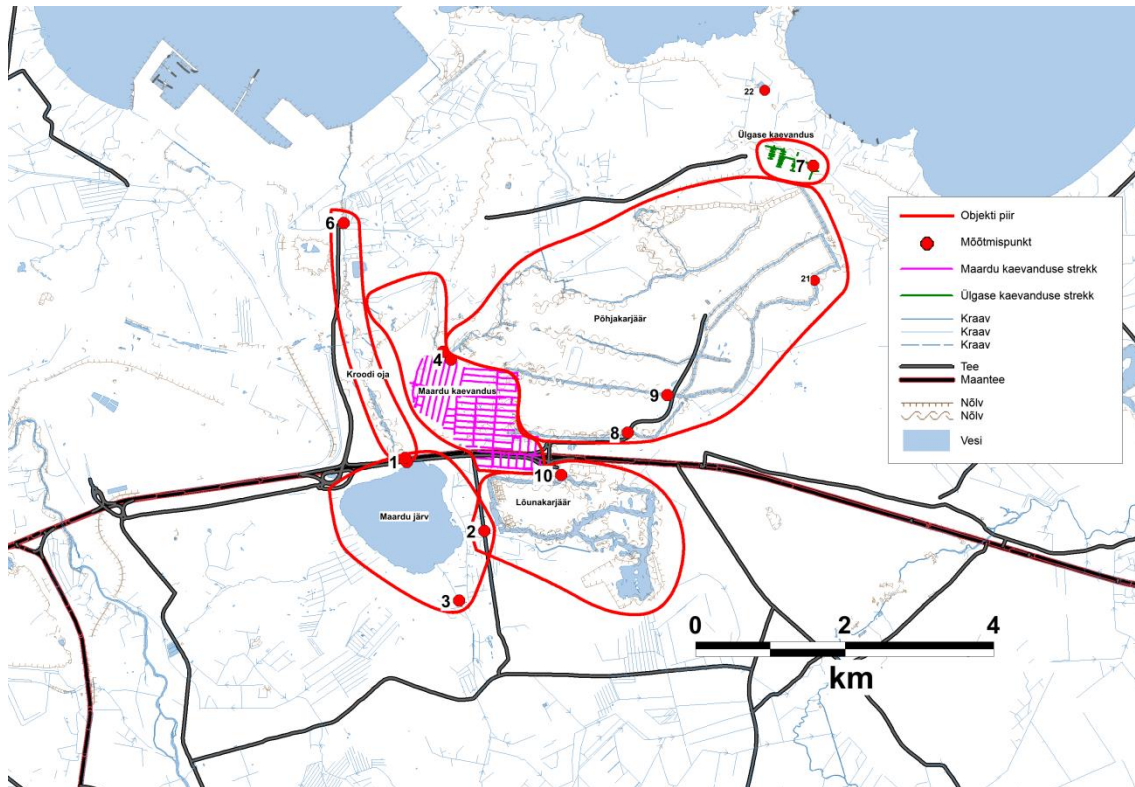
Lõunakarjääri mõjualasse paigutati kaks punkti: karjääri põhjaküljele (mõõtmispunkt nr. 10) ja lõunaküljele, mis on sissevool Maardu järve Lõunakarjäärist (mõõtmispunkt nr.2). Mõlemad mõõtmispunktid iseloomustavad Lõunakarjääri olukorda.

Põhjakarjääri mõjualasse paigutati kaks punkti: karjääri keskossa (mõõtmispunktid nr. 8 ja nr. 9). Mõlemad mõõtmispunktid iseloomustavad Põhjakarjääri olukorda.

Maardu kaevanduse mõjualasse paigutati kaks punkti, mis mõlemad jälgivad kaevandusest väljavoolavat vett (mõõtmispunktid nr. 4 ja nr. 5).

Ülgase kaevanduse mõjualasse paigutati üks punkt, mis jälgib kaevandusest väljavoolavat vett (mõõtmispunktid nr. 7).

Kroodi oja mõjualasse paigutati üks punkt, mis jälgib kogu alalt kokkutulevat vett mis suubub edasi merre (mõõtmispunktid nr. 6).



Joonis 19 Maardu piirkonna mõõtmispunktid (Vt. Tabel 6) [13] [Kaart/vesi/objektid.WOR](#)

Tabel 6 Maardu piirkonna mõõtmispunktid (Joonis 19)

Punkti nr	Nimi
1	Maardu järve väljavool Kroodi oja (Joonis 20, Joonis 21)
2	Lõunakarjäari väljavool Maardu järve (Joonis 22)
3	Lõuna poolt Maardu järve sissevool (Joonis 23)
4	Maardu kaevanduse väljavool strekist (Joonis 24)
5	Maardu põhjakarjäari ja kaevanduse väljavool (Joonis 25)
6	Kroodi oja enne suubumist merre (Joonis 26)
7	Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist (Joonis 27)
8	Põhjakarjäari tranšee (Joonis 28)
9	Põhjakarjäari tranšee (Joonis 29)
10	Lõunakarjäari tranšee (Joonis 30)
21	Põhjakarjäari tranšee (Joonis 31)
22	Ülgase savikarjäär (Joonis 32)



Joonis 20 Maardu järve väljavool Kroodi oja läbi teetruubi, mõõtmispunkt nr. 1



Joonis 21 Maardu järve väljavool Kroodi oja, mõõtmispunkt nr. 1.1



Joonis 22 Lõunakarjääri väljavool Maardu järve, mõõtmispunkt nr. 2



Joonis 23 Lõuna poolt Maardu järve sissevool, mõõtmispunkt nr. 3 [13]



Joonis 24 Maardu kaevanduse väljavool strekist, mõõtmispunkt nr. 4 [13]



Joonis 25 Maardu Põhjakarjäari ja kaevanduse väljavool, mõõtmispunkt nr. 5 [13]



Joonis 26 Kroodi oja enne suubumist merre, mõõtmispunkt nr.6 [13]



Joonis 27 Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist, mõõtmispunkt nr. 7 [13]



Joonis 28 Põhjakarjääri tranšee, mõõtmispunkt nr. 8



Joonis 29 Põhjakarjääri tranšee, mõõtmispunkt nr. 9



Joonis 30 Lõunakarjäri tranšee, mõõtmispunkt nr. 10



Joonis 31 Põhjakarjäri tranšee, vaatluspunkt nr. 21 [13]



Joonis 32 Ülgase savikarjäär, vaatluspunkt 22

4.3. Veetasemete mõõtmine

Veetasemete mugavamaks ja kiiremaks määramiseks paigaldati kõigisse mõõtmispunktidesse ajutised reeperid, mille absoluutkõrgused määrati reaalaja gps-ga (Joonis 33). Välitööde käigus mõõdeti veetase lähtuvalt reeperist ja arvutati veetaseme absoluutkõrgused (Joonis 34).



Joonis 33 Mõõtmispunktide reeperite abs.kõrguste mõõdistamine reaalaaja gps-ga [8, 13]



Joonis 34 Paigaldatud reeper mõõtmispunktis nr. 2

4.4. Vooluhulkade mõõtmine

Vooluhulgad mõõdeti kõigis punktides, kus vesi voolas, kasutades seadet Universal Current Meter (Joonis 35). Vooluhulk arvatati, kasutades selleks välitöödel mõõdetud pöörete arvu ja voolusäangi ristlõike pindala. Vooluhulga arutamiseks mõõtmisandmete põhjal määratakse kõigepealt kiirusvertikaalide vaheliste elavlõikeosade pindalad ning seejärel arvutatakse

kiirusvertikaalide keskkiirused. Vooluvee ristlõike turbulentsne vooluhulk on võrdne igal voolulõigul leitud keskmise vooluhulga summaga. Arvutuse juures kasutatakse lisaks kalda iseloomustamiseks tegurit k .

Tegur k : lauge kallas $k=0,7$; järsk kallas või ebatasane sein $k=0,8$; sile betoonsein $k=0,9$ ja kui kalda ääres on surnud tsoon $k=0,5$.



Joonis 35 Vooluhulga mõõtmine mõõtmispunktis 3

Mõõtmispunktis nr. 7 ei olnud võimalik mõõta vooluhulka Universal Current Meteriga vaid mõõdeti ämbri ja stopperiga, mahumeetodil ämbri täitumise kiirust ehk (Joonis 36).



Joonis 36 Vooluhulga mõõtmine mõõtmispunktis 7 mahumeetodil [13]

4.5. Vee kvaliteedi määramine

4.5.1. pH ja elektrijuhtivuse määramine

Välitöödel kohapeal määrati pH ja elektrijuhtivus kaasaskantava multimeetriga Schott Handylab (Joonis 37). Määramine toimus vastavalt seadme kasutusjuhendile. Mõõtmisel kasutati tulemuse keskmistamise funktsiooni.

Lühike kasutusjuhend:

1. Andurid ühendatakse seadmega
2. pH anduril eemaldatakse soolhapet sisaldav purk
3. Andurid pannakse vette
4. Seade lülitatakse sisse
5. Valitakse, kas pH või elektrijuhtivuse mõõtmise režiim
6. Kasutati näidu keskmistamise funktsiooni (AR+ENTER/RUN)



Joonis 37 Elektrijuhtivuse ja pH mõõtmine

4.5.2. Veeproovi võtmine

Vee kvaliteedi määramiseks võeti veeproove. Veeproovid võeti vastavalt seadusele „Proovivõtumeetodid“ [18]. Kohas, kus oli raske pääseda veekogule ligi kasutati teleskoopveeproovivõtjat (Joonis 38).



Joonis 38 Veeproovi võtmine

4.5.3. Vee kvaliteedi näitajate määramine

Vee keemilisi näitajaid määrati akrediteeritud laboris ja osaliselt kaasaskantava välilaboriga. Laboris määrati hõljuvaine, bioloogiline hapnikutarve ja keemiline hapnikutarve. Ise teostati välilaboriga elementide: üldfosfori, üldlämmastiku, sulfaatide ja ammooniumi määramine (Joonis 40).

Laboris kasutati hõljuvaine määramiseks katsemeetodit EVS-EN 872, bioloogilise hapnikutarve määramiseks katsemeetodit ISO 5815-2 ja keemiline hapnikutarve määramiseks katsemeetodit SFS 3036.

Välilabor määrab vee keemilise aine sisaldust optiliselt võrreldes omavahel algset ja reagendiga vedeliku. Keemiliste näitajate määramiseks kasutati tootja poolt (Hach Lange) väljatöötatud määramise meetodeid. Sulfaate ja ammooniumit oli võimalik määrata 5-15 minutit pärast reagendi lisamist. Sulfaatidel oli pulber reagent ja ammooniumil oli reagent vedeliku kujul. Üldlämmastiku ja üldfosfori määramisel tuleb eelnevalt kuumutada vedelikku koos reagendiga 1 tunni vältel 100 kraadi juures. Eelkuumutamiseks kasutati termostaati.

Sulfaatide määramise metoodika (tootjapoolt väljapakutud metoodika):

1. Lülita sisse välilabor
2. Vali seadmest sulfaatide määramise programm - sulfate 680

3. Pane proovi klaasi 10ml analüüsitavat vett
4. Lisa ühte prooviklaasi reagent ja loksuta seda
5. Pane kell käima
6. Oota 5 minutit
7. Puhasta mõlemad katseklaasid
8. Sisesta seadmesse kõigepealt ilma reagentita katseklaas ja vajuta Zero (tegevus toimub pärast 5 minuti möödumist)
9. Sisesta seadmesse reagentiga katseklaas ja vajuta Read
10. Kui seade on määranud sisalduse, siis kuvab vastuse ekraanil

Ammooniumi määramise meetodika (tootjapoolt väljapakutud meetodika):

1. Eemaldada korki kaitsekile
2. Eemalda kork
3. Lisa küveti 5,0 ml analüüsitavat vett
4. Keera kork teisipidi peale
5. Loksuta
6. Oota 15 minutit
7. Lülita välilabor sisse, mõni minut enne 15 täitumist
8. Sisesta küvett välilaborisse, seade tunneb küveti ära triipkoodi järgi, kui seade on määranud sisalduse, siis kuvab vastuse ekraanil

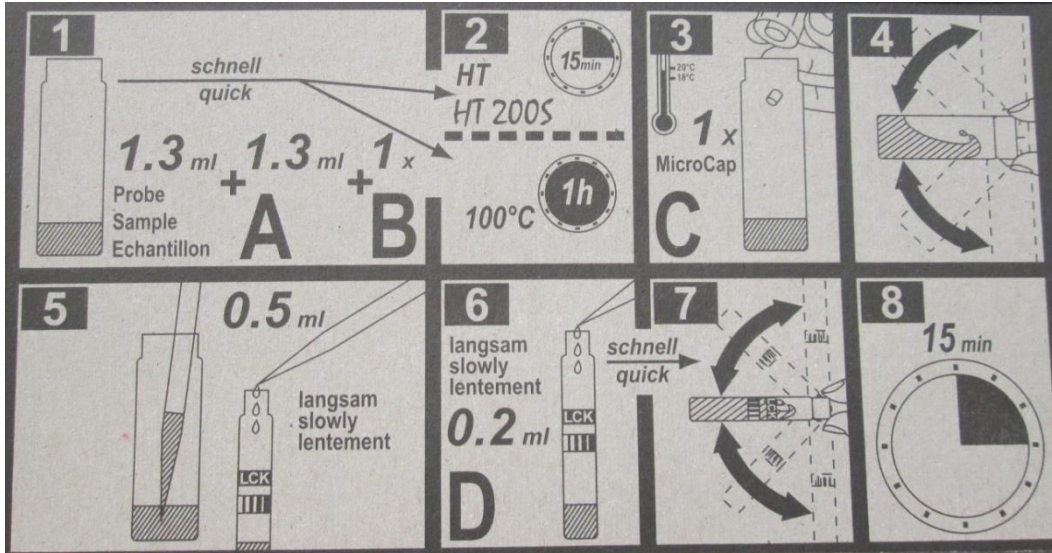
Üldfosfori määramise meetodika (tootjapoolt väljapakutud meetodika):

1. Eemaldada korki kaitsekile
2. Eemalda kork
3. Lisa küveti 2,0 ml analüüsitavat vett
4. Keera kork teisipidi peale
5. Loksuta
6. Lülita termostaat sisse
7. Sisesta küvett termostaati
8. Oota 60 minutit, kuni termostaat kuumutab küveti 100 kraadi juures
9. Võta küvett välja ja jahuta toa temperatuurini
10. Lisa küveti lahustit B 0,2 ml
11. Pane küvetile peale uus kork C
12. Loksuta
13. Oota 10 minutit
14. Lülita välilabor sisse, mõni minut enne 10 minuti täitumist
15. Sisesta küvett välilaborisse, seade tunneb küveti ära triipkoodi järgi, kui seade on määranud sisalduse, siis kuvab vastuse ekraanil

Üldlämmastiku määramise meetodika (Joonis 39) (tootjapoolt väljapakutud meetodika):

1. Pane katseklaasi 1,3 ml analüüsitavat vedeliku, 1,3 ml lahustit A ja üks tablett B
2. Lülita termostaat sisse
3. Sisesta küvet termostaati
4. Oota 60 minutit, kuni termostaat kuumutab katseklaasi 100 kraadi juures
5. Võta katseklaas välja ja jahuta see toa temperatuurini
6. Lisa katseklaasi tablett C
7. Loksuta
8. Võta katseklaasist 0,5 ml vedeliku ja lisa see küveti
9. Lisa küveti 0,2 ml lahustit D

10. Loksuta
11. Oota 15 minutit
12. Lülita välilabor sisse, mõni minut enne 10 minuti täitumist
13. Sisesta küvett välilaborisse, seade tunneb küveti ära triipkoodi järgi, kui seade on määranud sisalduse, siis kuvab vastuse ekraanil



Joonis 39 Üldläämmastiku määramise meetodika joonis



Joonis 40 Välilaboriga keemiliste elementide määramine

4.5.4. Vee ökoloogiliste seisundiklasside määramine

Maardu piirkonnas uuritav vesi jaguneb voolu- ja seisuveeks. Vee kvaliteedi seisundi hindamiseks kasutati Keskkonnaministri määruse nr 44 "Pinnaveekogumite moodustumise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused

ning seisundiklasside määramise kord” lisasid 4 ja 5 (Tabel 7, Tabel 8). Lisa 4 hõlmab vooluvee nõudeid ja lisa 5 seisuveekogusid.

Seisuvee ökoloogiliste seisundiklasside piirid määratakse järgmiste füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi: pH, P_{üld}, N_{üld}, läbipaistvus Secchi ketta meetodil (Tabel 7). Läbipaistvust ei määratud, selle asemel määrati hõljuvaine.

Tabel 7 Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid [16]

Kvaliteedinäitaja	Ühik	Väga hea klass		Hea klass		Kesine klass		Halb klass		Väga halb klass	
		7	8	>8	8,3	>8,3	8,8	>8,8	9	<6	>9
pH	pH ühik							6	<7		
Fosforisaldus (P _{üld})	mg/l	< 30		30	60	>60	80	>80	100	>100	
Lämmastikusaldus (N _{üld})	mg/l	< 500		500	1000	>1000	1500	>1500	2000	>2000	

Tüüp II: vee keskmise karedusega madal järv (analüüsitulemuste aritmeetiline keskmine)

Vooluvee ökoloogiliste seisundiklasside piirid määratakse järgmiste füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi: lahustunud hapniku küllastustase, bioloogilise hapnikutarve, P_{üld}, N_{üld}, ammonium, pH (Tabel 8). Lahustunud hapniku küllastustase ei määratud.

Tabel 8 Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid [17]

Kvaliteedinäitaja	Ühik	Väga hea klass		Hea klass		Kesine klass		Halb klass		Väga halb klass	
		< 1,8	1,8	3	>3	4	>4	5	>5		
Biokeemiline hapnikutarve (BHT5)	Aritmeetiline keskmine	mg O ₂ /l									
Lämmastikusaldus (N _{üld})	Aritmeetiline keskmine	mg N/l	< 1,5	1,5	3	>3	6	>6	8	>8	
Fosforisaldus (P _{üld})	Aritmeetiline keskmine	mg P/l	< 0,05	0,05	0,08	>0,08	0,1	>0,1	0,12	>0,12	
NH ₄	90 % tagatusega väärtus	mg N/l	< 0,1	0,1	0,3	0,3	0,45	0,45	0,6	>0,6	
pH	10 % tagatusega väärtus	pH ühik	6	9	6	9	6	9	6	9	<6 >9

Tüüp I B, II B ja III B

5. Tulemused

Magistritöö käigus koguti andmeid Maardu fosforiidilevila tehnogeense ala kohta kümnest mõõtmispunktist kahe aasta vältel.

Koguti andmeid vooluhulkade, veetasemete kohta, mõõdeti vee temperatuuri, pH, elektrijuhtivus ning määrati vee keemilised näitajad: üldfosfor, üldlämmastik, sulfaadid, ammonium, hõljuvaine, bioloogilise hapnikutarve ja keemiline hapnikutarve.

Maardu piirkonnas on seisu- ja vooluvesi. Seisuvesi on Maardu järves (nr.1), Põhjakarjääri tranšees (nr.8 ja nr.9), Lõunakarjääri tranšees (nr.10) mõõtmispunktides ning lisa mõõtmispunktides nr.21 ja nr.22. Vooluvesi on Maardu järve sissevoolud lõunast (nr.3) ja Lõunakarjäärist sissevool (nr.2) ning Maardu kaevandusest väljavool (nr.4 ja nr.5), Kroodi ojas suubumisel merre (nr.6) ja Ülgase kaevanduse väljavool (nr.7) (Joonis 19, Tabel 13).

Andmete põhjal on võimalik anda hinnanguid piirkonna vee kvaliteedi, taseme ja hulkade kohta. Saab teha ka järeldusi kuhu vesi voolab.

5.1. Vee kvaliteet (vee ökoloogiliste seisundiklasside määramine)

Maardu piirkonna veekogude vee kvaliteeti hinnati vee füüsikalise- keemiliste kvaliteedinäitajate väärtuste järgi, mille põhjal pandi paika veekogude ökoloogilised seisundiklassid (Tabel 9, Tabel 11). Vastavad ökoloogiliste seisundiklasside piirid on välja toodud Keskkonnaministri määruses nr. 44, lisade 4 ja 5 (Tabel 7, Tabel 8). Seisundi klasside määramise puhul arvestati seadusest tulenevaid nõudeid, lisaks mõõdetud näitajaid ei arvestatud.

Seisuvesi on mõõtmispunktides nr. 1, nr. 8, nr. 9, nr. 10.

Tabel 9 Maardu piirkonna seisuveekogude vee ökoloogiline seisund füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi (aritmeetilised keskmised kõigist mõõtmisandmetest aastatel 2011-2013) [23, 13] [vee keemia.xls](#)

Nr, Koht	pH ühik	P _{Üld} , µg/l	N _{Üld} , µg/l	Üldhinnang	Elektrijuhtivus, µS/cm	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Hõljuvaine, mg/l	BHT ₇ , mgO ₂ /l	KHT _{Mn} , mgO ₂ /l	NH ₄ ^{+mg} N/l
1. Maardu järv	8,60	30,4	1299	—	617	192	8,2	3,77	9,6	0,066
	Kesine	Hea	Kesine	Kesine	—	—	—	—	—	—
10. Lõunakarjäär	8,31	27,0	809	—	1364	452	5,3	5,80	3,87	0,071
	Kesine	Väga hea	Hea	Kesine	—	—	—	—	—	—
8. Põhjakarjäär	7,70	34,2	638	—	2165	988	8,7	3,00	4,33	0,063
	Väga hea	Hea	Hea	Hea	—	—	—	—	—	—
9. Põhjakarjäär	7,68	61,3	972	—	3718	2050	21	3,15	4,19	0,046
	Väga hea	Kesine	Hea	Kesine	—	—	—	—	—	—

Maardu järve - mõõtmispunkt nr. 1. Maardu järv oli pH ja üldlämmastiku (N_{Üld}) näitajate poolest kesise ökoloogilise seisundiga, aga üldfosfori (P_{Üld}) poolest heas klassis. pH väärtus on üldiselt 9 lähedal. Sulfaatide sisaldus oli keskmiselt 192 mg/l, kõikides 150- 240 mg/l vahel. Elektrijuhtivus oli keskmiselt 617 µS/cm, kõikides vahemikus 570- 650 µS/cm. Üldhinnang oleks kesine (Tabel 9).

Lõunakarjääri põhjaserv – mõõtmispunkt nr.10. See piirkond kaevandati 1980ndate aastate jooksul ja puistangud ei ole veel murenenud. Püriit laguneb praegugi ja seepärast on vees küllalt kõrge sulfaatiooni sisaldus – 452 mg/l, suhteliselt kõrge on pH = keskmiselt 8,31.

Kuna pH sisaldus vastab ainult kesisele ökoloogilisele klassile, siis vee üldine ökoloogiline klass on samuti kesine. Lõunakarjääri vesi on mõlemas mõõtmispunktis 2 ja 10 sarnane (Tabel 9, Tabel 11).

Põhjakarjääri lõunaserv – mõõtmispunkt nr.8. Tegu on vooluta veekoguga puistangute vahel. Aritmeetilise keskmise järgi on pH, üldfosfori ja üldläämmastiku näitajad head ja üldhinnangu võiks lugeda lähtuvalt sellest heaks (Tabel 9). Kuid sulfaatide sisaldust (keskmiselt 989 mg/l) ja elektrijuhtivust (2165 µS/cm) on väga kõrged, siis võiks lugeda seisundi kesiseks.

Põhjakarjääri keskel – mõõtmispunkt nr.9. Vee ökoloogiline seisund ja koostise aritmeetilised keskmised on võrdlemisi sarnased eelmisega punktiga: pH = 7,68, üldfosfor – 61 µg/l, üldläämmastik – 972 µg/l, kuid oluliselt kõrgemad näitajad olid elektrijuhtivusel - 3718 µS/cm, sulfaatioonil (SO₄²⁻) – 2050 mg/l. Üldhinnang vee ökoloogiline seisundi klass oleks kõige halvema näitaja järgi kesine (Tabel 9).

Võrreldes varasemate uuringutega on sulfaatide sisaldus Lõuna- ja Põhjakarjääris aastatega võrreldes vähenenud (Tabel 10).

Tabel 10 Uuringu andmete võrdlus varasemate tööde andmetega [vee keemia.xls](#)

Nr, Koht	1. Maardu järv		2. Lõunakarjäär		10. Lõunakarjäär		8. Põhjakarjäär		9. Põhjakarjäär	
pH ühik	8,60	Kesine	8,00	Hea	8,31	Kesine	7,70	Väga hea	7,68	Väga hea
1991 aastal pH	—	—	7,6			7,6				
SO₄²⁻, mg/l	192	—	427	—	452	—	988	—	2050	—
1980 aastal SO ₄ ²⁻ , mg/l	—	—	411-879			—			—	—
1991 aastal SO ₄ ²⁻ , mg/l	—	—	600			4000				

Vooluvesi on mõõtmispunktides nr. 2, nr. 3, nr. 4, nr. 5, nr. 6, nr. 7.

Tabel 11 Maardu piirkonna vooluvee pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundi määramine füüsikalise-keemiliste klassidesse (aritmeetilised keskmised kõigist mõõtmisandmetest aastatel 2011-2013) [23, 13] vee keemia.xls

Nr, koht	BHT ₇ , mgO ₂ /l	N _{Üld} , µg/l	P _{Üld} , µg/l	NH ₄ ^{+mg N/l}	pH ühik	Üldhinnang	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Elektrijuhtivus, µS/cm	Hõljuvaine, mg/l	KHT _{Mn} , mgO ₂ /l
2. Lõunakarjäär	2,45	0,483	0,052	0,066	8,00	—	427	1317	4,8	1,9
	Hea	Väga hea	Hea	Väga hea	Väga hea	Hea	—	—	—	—
3. Maardu järve sissevool lõunast	2,57	4,648	0,101	0,343	8,06	—	90	723	7,3	8,2
	Hea	Kesine	Halb	Kesine	Väga hea	Halb	—	—	—	—
4. Maardu kaevanduse väljavool	1,68	0,723	0,030	0,060	7,09	—	1433	3090	7,3	2,2
	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—	—	—
5. Maardu kaevanduse väljavool teisel pool teed	1,67	1,02	0,034	0,07	7,1	—	1514	2184	6,5	2,1
	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—	—	—
6. Kroodi oja enne suubumist merre	3,57	2,60	0,071	0,361	7,97	—	805	2184	16,5	5,7
	Kesine	Hea	Hea	Kesine	Väga hea	Kesine	—	—	—	—
7. Ülgase kaevanduse väljavool	1,82	2,05	0,019	0,16	7,7	—	540	1446	5,1	2,4
	Hea	Hea	Väga hea	Hea	Väga hea	Hea	—	—	—	—

Lõunakarjääri lääneserv – mõõtmispunkt nr.2. Keskmise pH, üldlämmastik ja ammonium on väga heas seisundi klassis. Bioloogiline hapnikutarve ja üldfosfor jäävad heasse seisundi klassi. Põhimõtteliselt võib lugeda vee seisundit füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi heaks, kuigi kõrge elektrijuhtivus (1317 µS/cm) ja sulfaatiooni (SO₄²⁻) sisaldus (427 mg/l) viitab püriidi leostusele (Tabel 11).

Maardu järve sissevool lõunast – mõõtmispunkt nr.3. Kvaliteedinäitajatest ainult pH näitaja vastab väga heale klassile. BHT₇ on heas klassis. Üldlämmastiku (N_{Üld}) ja ammoniumi (NH₄⁺) sisaldused jäävad kesise klassi piiridesse. Üldfosfori (P_{Üld}) sisalduse on aga halvas klassis. Sulfaatide ja elektrijuhtivus on siin mõõtmispunktis kõige väiksem kogu uuritud piirkonna kohta. Üldhinnang oleks kõige kehvema näitaja järgi halb (Tabel 11).

Maardu kaevanduse väljavool – mõõtmispunkt nr.4. Kõigi füüsikalise-keemiliste näitajate poolest kuulub vesi väga heasse klassi (Tabel 11). Kui arvestada elektrijuhtivust (3070 µS/cm) ja sulfaatide (1433 mg/l) sisaldust, mis viitab suurele mineraalainete sisaldusele vees, siis ei saaks vee klassiks nimetada kõrgemat kui kesine.

Maardu kaevanduse väljavool teiselpool teed – mõõtmispunkt nr.5. Koostise poolest on kvaliteet sarnane mõõtmispunktiga nr. 4. Kõik näitajad on väga heal tasemel (Tabel 11). Samuti selles punktis on kõrge sulfaatiooni sisaldus – 1514 mg/l ja kõrge elektrijuhtivus – 2184 µS/cm, mis ei lubaks kõrgemat klassi, kui kesine.

Kroodi oja enne merre suubumist – mõõtmispunkt nr.6. Siia voolavad kokku kõigist karjäärdest ja Maardu järvest vesi, mis edasi voolab merre. pH väärtuse järgi võiks vesi olla väga heast kvaliteediklassist ning üldlämmastiku ja üldfosfori järgi heas klassis. BHT₇ ja ammoniumi järgi kuulub vesi kesisesse klassi. Sulfaatide sisaldus on küll väiksem kui kaevandusest väljavoolav vesi aga elektrijuhtivus on ikka kõrge. Üldhinnang oleks kõige madalama näitaja järgi kesine (Tabel 11).

Ülgase kaevanduse väljavool – mõõtmispunkt nr.7. Keemiliste näitajate poolest vastab vesi heale ökoloogilisele seisundiklassile bioloogilise hapnikutarviduse, üldlämmastiku ja ammoniumi sisalduse järgi. Üldfosfori ja pH näitajate poolest vastab vesi väga heale ökoloogilisele klassile. Üldhinnang kõige madalama näitaja järgi on hea (Tabel 11). Kui aga arvestada kõrget sulfaatide sisaldus, keskmiselt 540 mg/l ja elektrijuhtivus – 1446 µS/cm siis oleks kesine.

Võrreldes varasemate uuringutega on sulfaatide ja pH sisaldus Maardu kaevandusest väljavoolavas vees aastatega võrreldes vähenenud. Ülgase kaevandusest väljavoolava vee pH on vähenenud aga sulfaatide sisaldus on suurenenud. Kroodi oja ammoniumi ja heljumi sisaldus on kordades vähenenud, pH on läinud aluseliseks, sulfaatide sisaldus on vähenenud (Tabel 12).

Tabel 12 Uuringu andmete võrdlus varasemate tööde andmetega [vee keemia.xls](#)

Nr, koht	3. Maardu järve sissevool lõunast		4. Maardu kaevanduse väljavool		5. Maardu kaevanduse väljavool teisel pool teed		6. Kroodi oja enne suubumist merre		7.Ülgase kaevanduse väljavool	
NH₄⁺mg N/l	0,343	Kesine	0,060	Väga hea	0,07	Väga hea	0,361	Kesine	0,16	Hea
1987 aastal NH ₄ ⁺ mg N/l	—	—	—	—	—	—	2,02	Väga halb	—	—
1988 aastal NH ₄ ⁺ mg N/l	—	—	—	—	—	—	2,33	Väga halb	—	—
pH ühik	8,06	Väga hea	7,09	Väga hea	7,1	Väga hea	7,97	Väga hea	7,7	Väga hea
1987 aastal pH	—	—	—	—	—	—	7,08	Väga hea	—	—
1988 aastal pH	—	—	—	—	—	—	7,44	Väga hea	—	—
1991 aastal pH	—	—	7,6	Väga hea	—	—	—	—	8,3	Väga hea
SO₄²⁻, mg/l	90	—	1433	—	1514	—	805	—	540	—
1987 aastal SO ₄ ²⁻ , mg/l	—	—	—	—	—	—	1734	—	—	—
1988 aastal SO ₄ ²⁻ , mg/l	—	—	—	—	—	—	1433	—	—	—
1991 aastal SO ₄ ²⁻ , mg/l	—	—	2500	—	—	—	—	—	200	—
Hõljuvaine, mg/l	7,3	—	7,3	—	6,5	—	16,5	—	5,1	—
1987 aastal heljum, mg/l	—	—	—	—	—	—	161	—	—	—
1988 aastal heljum, mg/l	—	—	—	—	—	—	146	—	—	—

5.2. Vooluhulk

Maardu piirkonnas on seisu- ja vooluvesi. Vee vooluhulkasid mõõdeti mõõtmispunktides nr. 1, nr. 2, nr. 3, nr. 4, nr. 5, nr. 6, nr. 7 (Joonis 19, Tabel 13) (punkt nr. on selles konteksti vooluvesi kuna sealt suubub vesi Kroodi oja).

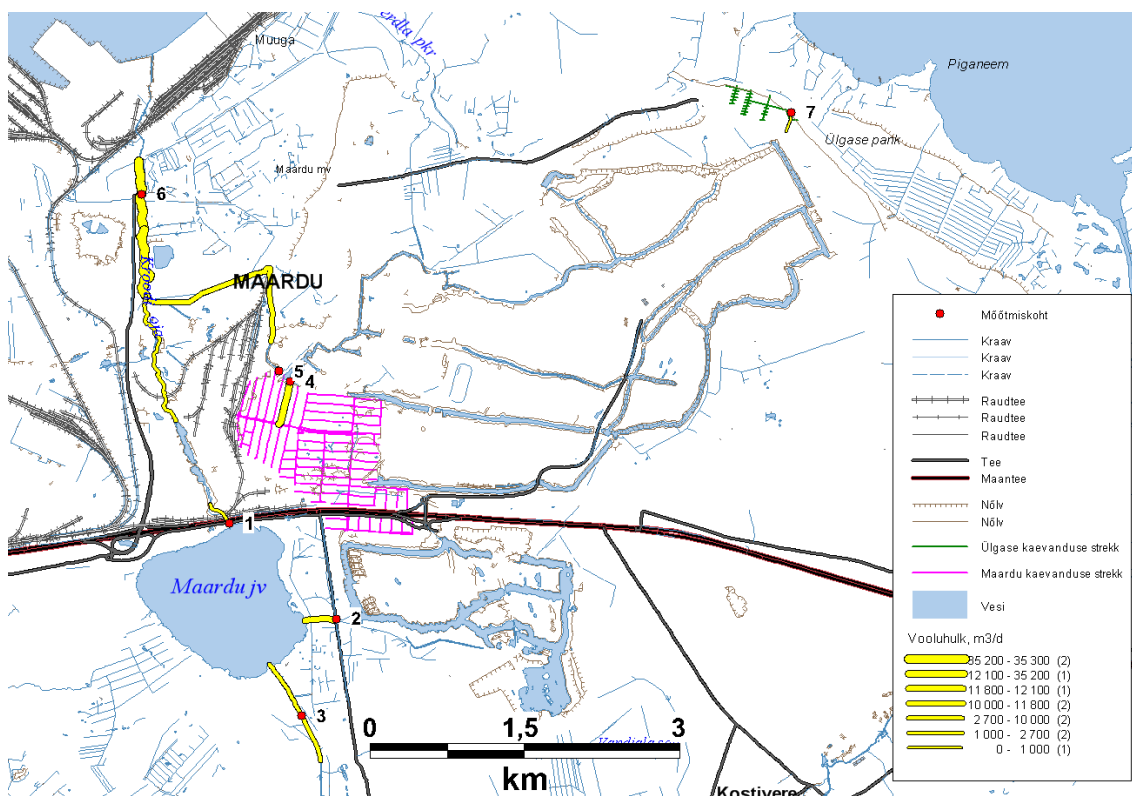
Kõige suurem vooluhulk on mõõtmispunktis nr.6 ja kõige väiksem Ülgase kaevanduses mõõtmispunkt nr.7. Maardu kaevandusest mõõtmispunkt nr.4 voolab keskmiselt välja 12000 m³/päevas ja teisel pool teed voolab edasi keskmiselt 10000 m³/päevas.

Tabel 13 Vooluhulk, m³/päevas [vooluhulgad.xlsx](#)

Kuupäev	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5	Punkt 6	Punkt 7
27.12.2011	**	11845	5918	8407	8027	45852	35
15.05.2012	1037	*	2773	8510	13677	46310	52
23.07.2012	**	*	**	12191	9348	23371	26
20.12.2012	*	*	*	22110	11483	42578	35
28.05.2013	**	*	2160	14247	9876	32884	52
8.07.2013	**	*	69	7249	7733	20451	43
Keskmine	1037	11845	2730	12119	10024	35241	40

* - Vesi voolas tiivikuga mõõtmiseks liiga aeglaselt

** - Vesi liiga madal mõõtmiseks tiivikuga



Joonis 41 Vooluhulkade teemakaart [13] [Kaart/vooluhulgad/vooluhulgad.WOR](#)

5.3. Veetasemed

Lähtudes mõõdetud keskmistest veetasemetest on võimalik järeldada, et vee liikumise teid on 5 (Joonis 42). Esimene teekond algab Maardu järve lõunast suubuva ojaga, siis edasi Maardu järvest väljavool Kroodi oja ja sealt edasi mere poole (teekond 3-1-6) (Joonis 42). Teine teekond saab alguse Lõunakarjäärist, voolates mööda tranšeisid ja järve ühendavat kraavi järve poole ja sealt edasi läbi Kroodi oja mere poole (teekond 10-2-1-6) (Joonis 42). Kolmas teekond algab Maardu kaevandusest voolates tee alt läbi ja mööda kraave mere poole (teekond 4-5-6) (Joonis 42). Neljas ja viies vooluteekond algused on Põhjakarjääri tranšeedest

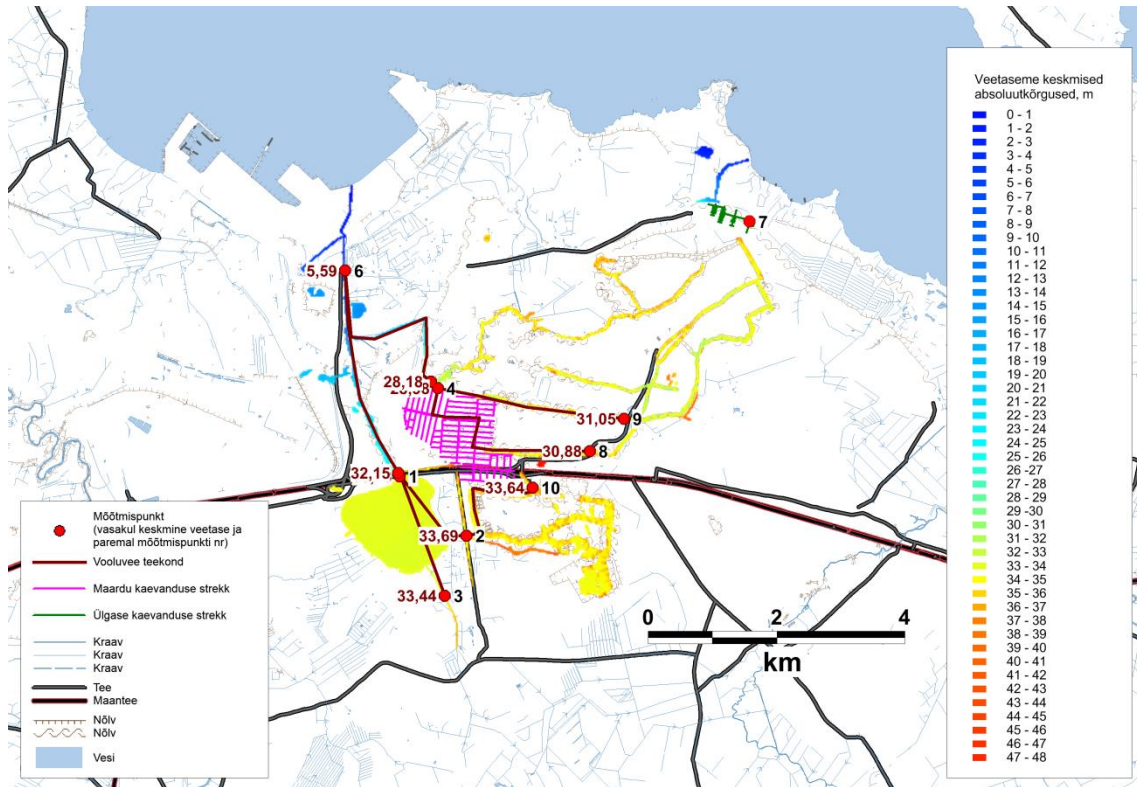
liikudes edasi Maardu kaevanduse väljavoolu suunas, sealt Keemikute tee alt läbi ja mööda kraave mere poole (teekond 9-4-5-6 ja teekond 8-4-5-6) (Joonis 42).

Veetasemete mõõtmiseks paigaldati ajutised reeperid, mille kõrgused mõõdeti ja lähtuvalt neist määrati veetaseme absoluutkõrgus (Tabel 14, Joonis 42, Joonis 43, Joonis 44, Joonis 45, Joonis 46).

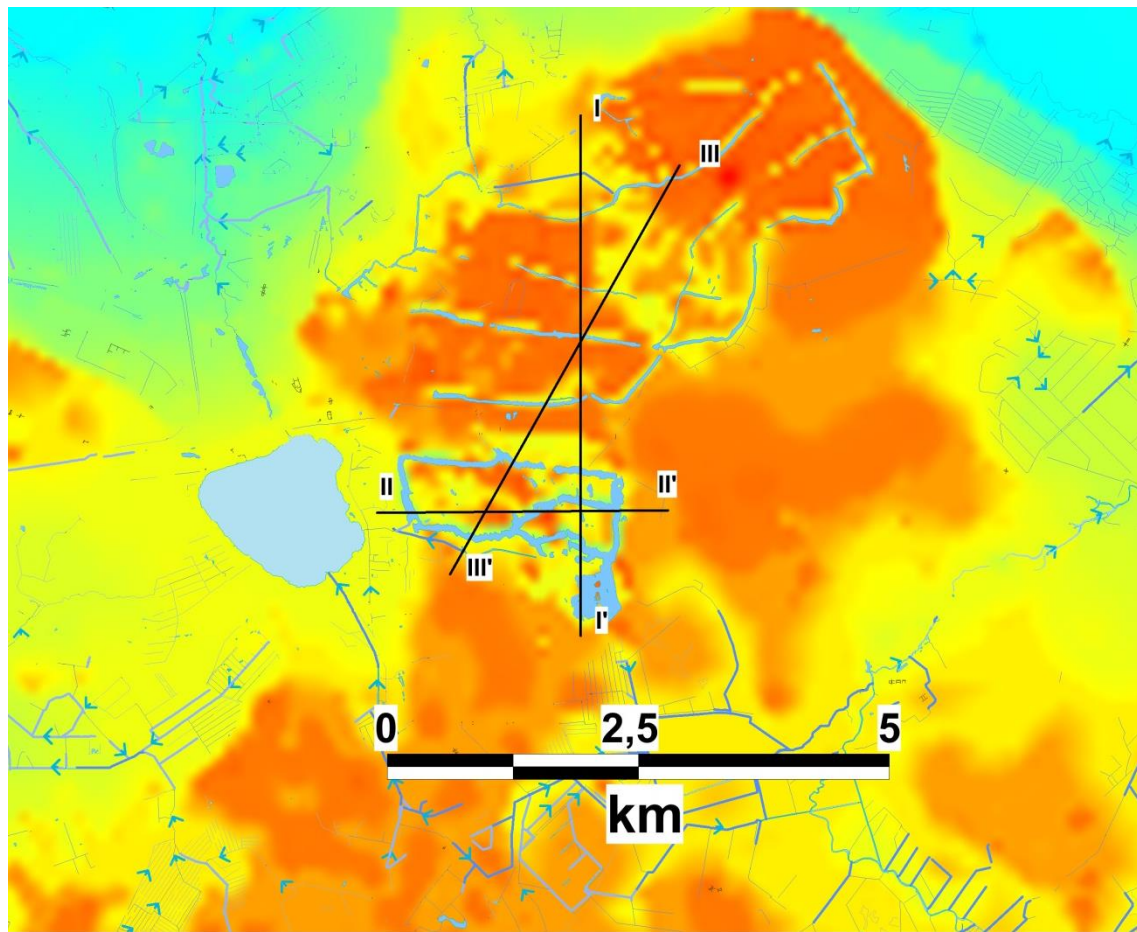
Veetase on 2m kõrgemal Lõunakarjääris kui Põhjakarjääris. Seega saab öelda, et Lõunakarjäärist vett Põhjakarjääri ei voola ja ka vastupidi. Lõunakarjäär moodustab koos Maardu järvega ühise veetasemega ala, seega on mõlemad alad omavahel ühenduses. Põhjakarjääris on veetase 1m kõrgemal kui Maardu kaevanduses. Seega saab öelda, et vesi liigub Põhjakarjäärist Maardu kaevanduse poole, sest vesi liigub kõrgemast madalama poole. Kuna Maardu kaevandusest on kiire väljavool siis Põhjakarjääri ja Maardu kaevanduse vesi ei ole ühel tasandil.

Tabel 14 Mõõtmispunktide veetasemete absoluutkõrgus [13] [veetasemed.xls](#)

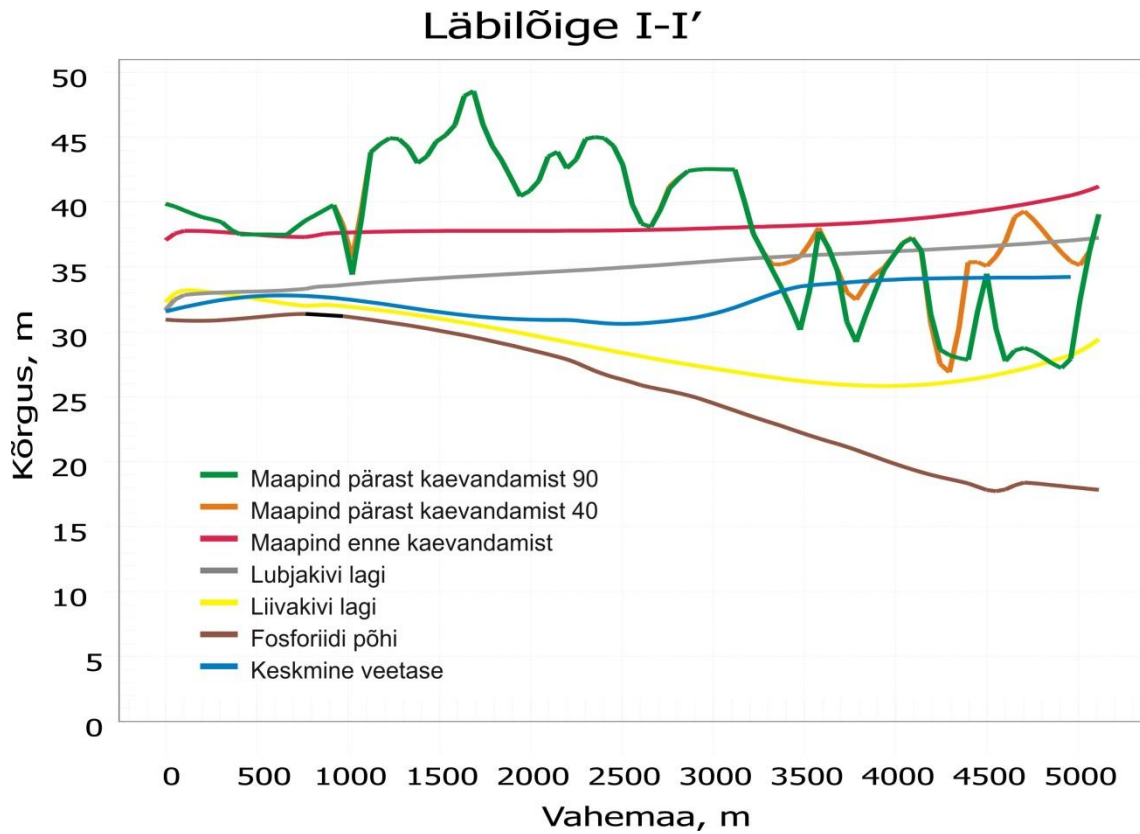
Punkti nr	15.12.2011	27.12.2011	8.03.2012	15.05.2012	23.07.2012	20.12.2012	28.05.2013	8.07.2013	Keskmine	MIN	MAX
1.p			33,32	33,40	33,18	33,43	33,29	33,06	33,28	33,06	33,43
1.1 p		32,26	32,08	32,12	ei voola	32,17	32,12	ei voola	32,15	32,08	32,26
2. p	33,79		33,65	33,80	33,66	33,85	33,62	33,48	33,69	33,48	33,85
3. p		33,66	33,31	33,45	33,43	33,49	33,40	33,35	33,44	33,31	33,66
4. p		28,82	28,83	29,47	28,93	29,04	28,92	28,85	28,98	28,82	29,47
5. p	28,32	28,30	28,24	28,41	28,31	28,32	28,27	27,23	28,18	27,23	28,41
6.1. p		5,59		5,62	5,53	5,57	5,53	5,53	5,56	5,53	5,62
6.2. p		5,63		5,68	5,54	5,62	5,57	5,54	5,60	5,54	5,68
6.3. p		5,64		5,71	5,53	5,65	5,61	5,58	5,62	5,53	5,71
7. p											
8. p		30,77	30,39	31,27	30,89	31,06	30,95	30,79	30,88	30,39	31,27
9. p			30,49		30,97	30,97	31,13	31,69	31,05	30,49	31,69
10. p			33,29	33,85	33,67	33,82	33,67	33,51	33,64	33,29	33,85



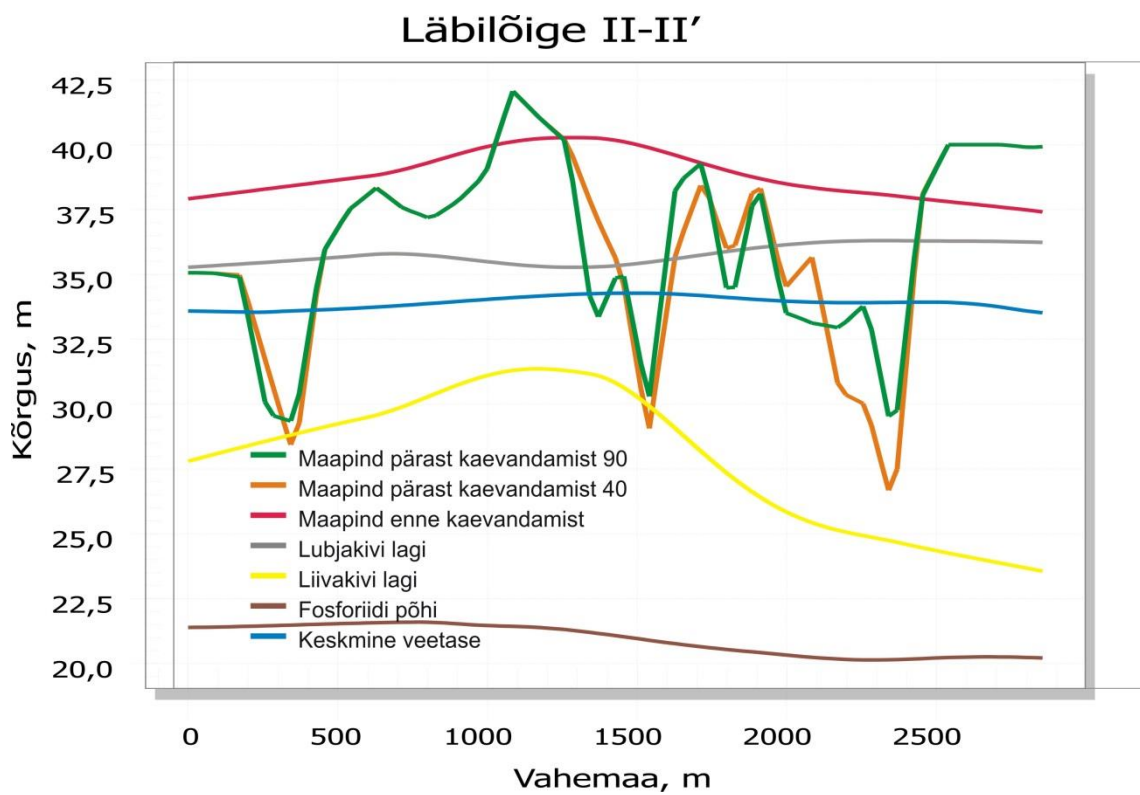
Joonis 42 Veetasemete keskmised absoluutkõrgused, m [13] [Kaart\vesi\voolu_teenonnad.WOR](#)



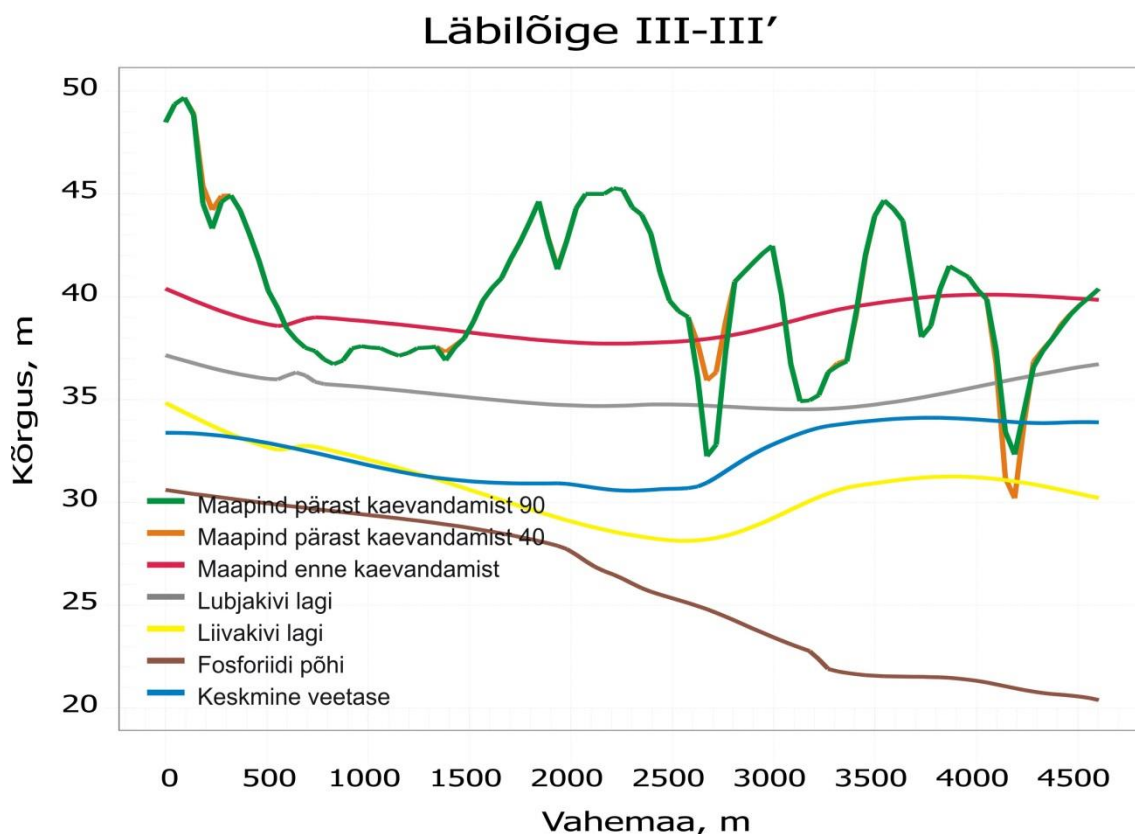
Joonis 43 Läbilõigete asukohad [Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR](#)



Joonis 44 Läbilõige I-I' koos keskmise veetasemega [Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR](#)



Joonis 45 Läbilõige II-II' koos keskmise veetasemega [Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR](#)



Joonis 46 Läbilõige III-III' koos keskmise veetasemega [Kaart\veetasemed\labiloiked.cdr](#)
[Kaart\veetasemed\veetasemed_labiloige.WOR](#)

5.4. Sademed

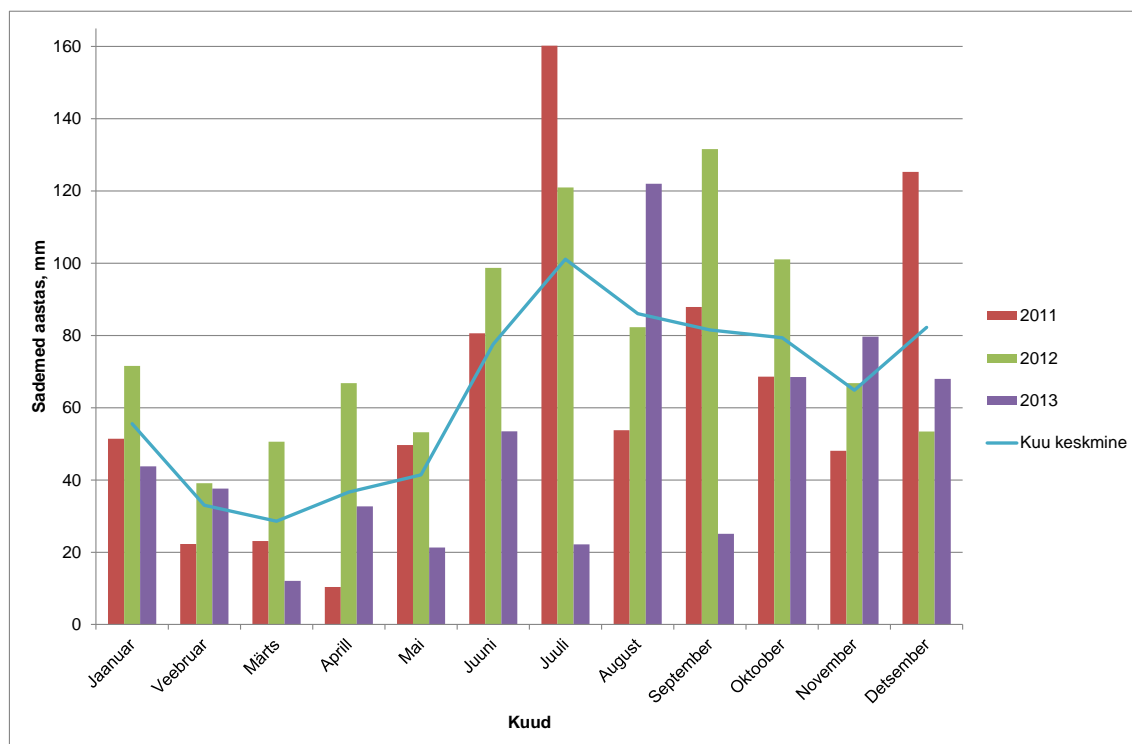
Maardu piirkonnas asub 4 ilmavaatlusjaama: Pakri MJ (meteoroloogiajaam), Tallinn-Harku AJ (aeroloogiajaam, kus lisaks aeroloogia vaatlustele tehakse meteoroloogiavaatlusi), Kehra HJ (hüdromeetria jaam, kus lisaks hüdrololoogilistele vaatlustele tehakse meteoroloogiavaatlusi) ja Vanaküla HJ. Sademete andmed on võetud Tallinn-Harku AJ järgi kuna jaam asub kõige lähemal 26 km kaugusel (Tabel 15).

Sademete rohkeim kuu on vaatlusperioodil juuli. Sademeid on rohkem olnud ka septembris, oktoobris ja juunis (Joonis 47).

Sademete rohkus ei muutnud oluliselt veetasemete kõrguseid (Tabel 14).

Tabel 15 Sademete hulk 2011-2013 perioodil [2] [sademed.xlsx](#)

Kuu	Sademed aastas, mm			Kuu keskmine
	2011	2012	2013	
Jaanuvar	51,4	71,6	43,8	55,6
Veebruar	22,3	39,1	37,6	33,0
Märts	23,1	50,6	12,1	28,6
Aprill	10,4	66,8	32,7	36,6
Mai	49,7	53,2	21,3	41,4
Juuni	80,6	98,7	53,5	77,6
Juuli	160,2	121	22,2	101,1
August	53,8	82,3	122	86,0
September	87,9	131,6	25,1	81,5
Oktoober	68,6	101,1	68,5	79,4
November	48,1	66,8	79,7	64,9
Detsember	125,3	53,4	68	82,2
Summa	781,4	936,2	586,5	768,0
Min	10,4	39,1	12,1	
Max	160,2	131,6	122,0	

**Joonis 47 Sademete hulk aastatel 2009-2013 [2] [sademed.xlsx](#)**

6. Arutelu

Uuring on võimaldanud uurida Maardu piirkonna vee kvaliteeti, hulksid ja veetasemeid 22 aastat pärast kaevandamise lõppemist. Ühiskonna ja tehnoloogia arenemisega on muutunud kunagine kardetud fosforiidikaevandamise piirkond atraktiivseks vabaaja ja sportimisalaks oma eripärase pinnamoe tõttu, kus kõrguste vahe ja veekogude olemasolu tranšees võimaldaks harrastada huvitavaid ekstreemsportimise võimalusi nagu seinaronimine, kross,

aerutamine. Uuringu käigus sai selgeks, et vee kvaliteet on paranenud enamjaolt kogu piirkonnas võrreldes kaevandamisaege seisuga. Mõnes kohas oli jäänud kvaliteet samaks. Huvitav on asjaolu, et Maardu kaevandusest tuleb välja pruunikas vesi aga vee seisundiklass on üldhinnanguga väga hea. Alates 2011 aastast on tranšeedes ja järves säilinud stabiilne veetase. Stabiilsuse on taganud järve väljavoolu uuendamine ning teedealuste truupide puhastamine ja korrashoidmine. Stabiilne veetase peaks vähendama mineraalide lagunemise protsessi, sest vesi ei uhu puistanguid läbi. Veetaseme mõõtmise andmetele põhinedes on selgemaks saanud vee liikumise dünaamika Maardu piirkonnas. Põhjakarjääri tranšeede vesi voolab tõenäoliselt läbi Maardu kaevanduse Kroodi ojja. Vee liikumist Põhjakarjäärist Lõunakarjääri ega vastupidi ei tuvastatud, sellele annab tõestus 2 meetrine veetasemete erinevus. Kui liikumine toimuks, siis oleks mõlemas karjääris veetasemete vahel otsesem seos. Põhjakarjääris on kuni 2 meetri sügavune vesi. Madalale veele viitab tranšeedes vohama hakanud taimestik. Lõunakarjääris taimede kasvu vees eriti näha pole kuna vee sügavus on 8-11 meetrit. Põhjakarjääri tranšeede põhjade puhastamine oleks ajutine võimalus vee väljanägemise parandamiseks aga samas põhjasetete liigutamise halvendaks vee kvaliteeti. Uuringu käigus selgus, et alale on toodud inimeste poolt palju prügi, mis samuti suurendab reostust. Prügi vedu alale pole võimalik kontrollida kuna ala on suur ja sellele otseselt keegi järelevalvet ei teosta. Samuti on Põhjakarjääri alal Tallinna prügila, mille mõju piirkonna vee kvaliteedile ei tuvastatud. Antud uuringus ei võetud prügilat kui eraldi objekti. Prügila teostab ise põhjavee seiret prügila ümbruses.

Antud uuring oli orienteeritud üldise olukorra selgitamiseks ja on alusuuringuks järgnevate uuringute läbiviimisel.

Uutes uuringutes võiks mõõta rohkem keemilisi elemente, et saaks paremini analüüsida praegust ja varasemat olukorda. Samuti oleks otstarbekas pinnase analüüsides tegemine ja radioaktiivsuse mõõtmine. Kogu uuringu sisu oleneb vajatavast tulemusest, sest kui tahetaks rajada ujumiskohta, siis peaks määrama vees mikroorganismide sisaldust aga kui tahetaks rajada veesportimise võimalusi, siis oleks vaja teada hoopis tranšeede parameetreid. Kõik sellised uuringud on kulukad ja nende teostamiseks on vajalik huvitunud osapoolte olemasolu.

Uuring on oluline, kuna iga paari aasta tagant tuleb päevakorda puhke- ja spordialade rajamine aga lähtuvalt inimeste teadmatusest ja hirmust Maardu fosforiidilevila ees vaibub see kiiresti ja ideed jäävad ootele.

Mäeinstituudil on plaanis uuringuid ja välitöid Maardu piirkonnas jätkata.

7. Kokkuvõte

Maardu piirkond on potentsiaalne vabaajaveetmise, sportimise ja hariva otstarbega koht, tänu ala omapärasele pinnamoele, mis on tekkinud pärast fosforiidikaevandamist. Kuna ala on tuntud fosforiidikaevandamise alana siis on inimestel hirm ja teadmatus seoses selle ala ohutusega. Üles on kerkinud küsimused kas pinna- ja põhjavesi on reostunud, kas pinnas kiirgab, kas nõlvade ohutumaks muutmine ja pinnase uus liigutamine võib seda kõike mõjutada. Antud magistritöö keskendub Maardu piirkonna vee kvaliteedile, hulgale ja tasemetele. Uuringu eeltööna koguti ala kohta iseloomulikud andmed ja koostati nende põhjal ruumilised mudelid, et potentsiaalseid mõõtmiskohad oleksid iseloomulikud vastavale alale. Kogu ala jagati objektideks, et oleks eesmärk selge, mida, kus ja miks mõõdetakse. Koguti kokku info kogu ala veevooluteede kohta, et saada ettekujutus olemasolevatest olukorrast ja veeliikumisest. Kaardil joonistusid välja potentsiaalsed mõõtmiskohad (ligikaudu 30), milleks olid sisse- ja väljavoolud, kraavide ja ojade ühinemiskohad, alale jäävad veekogud. Kõik kolmkümmend punkti käidi läbi ja hinnati nende võimalikku kasutust uuringus. Potentsiaalsetest mõõtmispunktidest valiti välja kümme mõõtmispunkti, kus teostati veeseiret kahe aasta vältel jälgides vee keemilisi elemente ja nende levikut piirkonnas. Valitud mõõtmispunktides oli seisu- ja vooluvett. Seisuvee kvaliteet on vastavalt mõõtmistulemustele ja kehtivatele seadustele kesine aga vooluvee kvaliteet on pigem hea. Seisuvee teeb kesiseks liigne pH või üldfosfori sisaldus. Veetasemete mõõtmistulemustest on näha, et suuri kõikumisi aastate lõikes ei ole, seega on tealuste truupide ja kraavide olukord hea. Veetasemed on stabiilselt ühel kõrgusel ja ei toimu puistangute läbi uhtumist. Veetasemete kõrguste alusel joonistusid välja vooluvee teekonnad. Põhja- ja Lõunakarjääri vahel vee liikumist ei tuvastatud kuna veetasemete erinevus on 2 meetri juures. Vooluhulk on kõige suurem enne merre suubumist, mis on arusaadav, kuna seal saavad kokku kõik vooluveed. Uuring oli orienteeritud üldise olukorra selgitamiseks, mis ka lähtuvalt tulemusest saavutati.

Magistritöö on seotud Mäeinstituudi projektidega KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring - mi.ttu.ee/maardu [13] ja AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine - mi.ttu.ee/etp.

8. Viitematerjal

1. Gulevitš, J.; Petrova, R.; Koger, A.; Koppel, P.; Auväärt, H.; Vaganova, M. (2007). Hinnang Maardu lõunakarjääri korrastustöödele [praktika aruanne].
2. Keskkonnaagenduur - Eesti riiklik keskkonnaseire programm - Meteoroloogiline ja hüdrogeoloogiline seire - http://194.126.105.145/index.php?option=com_content&view=article&id=637&Itemid=176 – 28.07.2013
3. Keskkonnaagentuur, Ohtlike ainete seire veekogudes - http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=2109&Itemid=422 – 16.08.2013
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.; 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. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
8. 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
9. Lauringson, V., Reier, A. (1981). Eesti NSV maapõuevarad ja nende kaevandamine. Perioodika. Tallinn
10. Liias, M.; Grossfeldt, G.; Noška, M.; Zaikin, I.; Šestakova, J.; Tohver, T.; Anepaio, A.; Baljasnikova, T.; Sabanov, S. (2007). Kaevandamise mõju Maardu fosforiidilevilas [välitöö aruanne]. Kaevandamine parandab maad (17 lk.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
11. Lõõbas, D.; Vahtra, H.; Oja, I.; Lääts, J.; Killing, M.; Meema, M. (2007). Rekultiveerimiskvaliteedi hindamine Maardu karjääri näitel [välitöö aruanne].
12. Maardu Põhjakarjääri sulgemise projekt. Mäekateeder. Tallinna Tehnikaülikool. 1991
13. Mäeinstituudi projekti aruanne KIK11067 - <http://maeteadus.blogspot.com/2011/10/maeinstituudi-projekt-maardu.html>
14. Mäendusuringud - <http://mi.ttu.ee/projektid/> - 01.08.2013
15. Pihlak, A., Maremäe, E., Pikkov, V., Lippmaa, E. 1984. Maardu fosforiidikarjääri puistangute saastav mõju veele. – Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia 33, 3, 166-170.
16. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, Lisa 5 - <https://www.riigiteataja.ee/akt/125112010015?leiaKehtiv;> https://www.riigiteataja.ee/akt/1251/1201/0015/KKM59_lisa5.pdf – 02.08.2013
17. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, Lisa 4 -

- <https://www.riigiteataja.ee/akt/125112010015?leiaKehtiv>;
https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1251/1201/0015/KKM59_lisa4.pdf# – 02.08.2013
18. Proovivõtumeetodid - <https://www.riigiteataja.ee/akt/95070?leiaKehtiv> - 02.08.2013
 19. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa, TTÜ Mäeinstituut
 20. Roheline Maardu, 1981, 1991, Tallinna Roheline Liikumise, Kaart 1:20000. kaart
 21. Tamm, I.; Osjamets, M. 2009. Kroodi oja ehitusgeoloogiline- ja reostusuuring. Lõpparuanne. As maves.
 22. Valgma, I.; Karu, V.; Reinsalu, E.; Anepaio, A.; Robam, K.; Väizene, V.; Kolats, M. (2010). Peeter Suure Merekindluse laskemoonalaod teadus- ja õppekeskuse muuseumi projekti ettevalmistamine. Mäeinstituut.
 23. Valgma, I.; Kolats, M. (2014). Maardu kaevandamisala vee kvaliteet. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Karu, V.; Nurme, M. (Toim.). Mäendus (174 - 184). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
 24. Valgma, I.; Kolats, M.; Väizene, V.; Nurme, M. (2014). Fosforiidi kaevandamise tehnoloogiad. L. Lang (Toim.). Fosfor - aegade algusest tänapäevani (65 - 68). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
 25. Västrik, A.; Anepaio, A.; Kolats, M. (2009). Innovaatiline teadus- ja õppekeskuse muuseum Tallinnas. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (69 - 72). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
 26. Александров, И., Наумов, Б., 1988. Эндогенная пожароопасность диктионемового сланца в отвалах Маардуского месторождения фосфоритов. Химия твердого топлива. 4, Академия Наук СССР, Москва, 53...62.
 27. 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.
 28. 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.
 29. Иоаннес, Э.Я., Каризе, В.Ю. 1979. Формирование качества вод при открытом способе добычи фосфоритов в Маарду (ЭССР). – В кн.: Материалы VI Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Таллин, 16-18 апреля 1979 г. II секция. Гидрохимические и санитарно-биологические аспекты самоочищения (Часть I). Таллин. С.66-67.
 30. Наумов, Б., Каризе, В. 1991. Вынос минеральных веществ в Финский залив из фосфоритового карьера Маарду. – Изв. АН ЭССР. Геология 40, 4, 165-172.
 31. Наумов, Б.Е. 1991. Загрязнение гидросферы при выщелачивании диктионемовых аргиллитов в отвалах Маардуских фосфоритовых карьеров. – Oil Shale 8, 3, 266-274.
 32. Певзнер, М., Наумов, Б., Пуура, В., Беленький, П., 1982. Распределение диктионемового сланца и температурный режим его самонагрева в отвалах Маардуского фосфоритового карьера. Изв АН ЭССР, т 31. Геология № 4. 131...131.