

Tallinna Tehnikaülikool
Loodusteaduskond
Geoloogiainstituut



KARINU LUBJAKIVI KARJÄÄRIST KÕRVALDATAVA VEE UURING

Bakalaureuse lõputöö LG40LT

Autor: Dagmar Teppe
Juhendaja: Mall Orru PhD

Tallinn 2017

AUTORI DEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, esitatakse Tallinna Tehnikaülikooli Loodusteaduskonna Geoloogiainstituudile tehnikateaduste bakalaureusekraadi taotlemiseks geotehnoloogia erialal. Selle töö alusel ei ole varem kutse- ega teaduskraadi taotletud.

08.06.2017

.....

(lõputöö kaitsja allkiri)

SISUKORD

AUTORI DEKLARATSIOON	2
ABSTRACT	5
1 SISSEJUHATUS	7
2 METOODIKA	8
3 KARINU KARJÄÄRI ISELOOMUSTUS.....	9
3.1 Lubjakivi kaevandamine Karinu karjäärist.....	10
4 KARINU KARJÄÄRI GEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS	11
5 HÜDROGEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS	14
6 VEE KÕRVALDAMINE KARJÄÄRIST	15
7 KÕRVALDATAVA VEE KVALITEET	16
7.1 Välimõõtmiste käigus kogutud andmed ja nende analüüs.....	17
7.2 Laboratoorselt teostatud mõõtmised ning nende tulemuste analüüs	21
8 VÄLJAPUMBATAVA VEE HULK.....	24
9 SADEMETE OSAKAAL KARJÄÄRIST VÄLJAPUMBATAVAS VEES	27
10 KOKKUVÕTE	33
11 KASUTATUD KIRJANDUS	34
12 LISAD	36

JOONISED

Joonis 1. Karinu ja Karinu II karjääri asukoht [6].....	9
Joonis 2. Karinu ja Karinu II lubjakivikarjääri mäeeraldise ja teenindusmaa piir	10
Joonis 3. Vaade Karinu karjäärile	11
Joonis 4. Paljand Karinu karjääris (fotol oleva mõõtelindi kõrgus 2m).....	13

Joonis 5. Veekogurist vee pumpamine settetiikidesse.	15
Joonis 6. Vee suubumine Metsla karstilehtrisse.....	16
Joonis 7. Väljapumbatava vee ja kaevandatava maavara hulga seos Karinu karjääris	27
Joonis 8. Karinu karjääri valgla.....	28
Joonis 9. Sademete hulk väljapumbatavas vees (m ³ /a)	30
Joonis 10. Põhjavee absoluutkõrguse (m) hüdroisjooned	32

TABELID

Tabel 1. Karinu karjäärist väljapumbatud vee välimõõtmiste tulemused	17
Tabel 2. Veepuhastuse hapniku sisalduse ja küllastatavuse kvaliteedi näitajad [16]	20
Tabel 3. Karinu asula ja Lembitu talu puurkaevu laboris teostatud analüüsi tulemused.	21
Tabel 4. Karinu karjäärist lubatud kõrvaldatava vee hulk vee erikasutusloa kohaselt	25
Tabel 5. Karinu karjäärist kõrvaldatava vee hulk kvartalite kaupa aastatel 2007-2016.....	25
Tabel 6. Kõrvaldatava vee kogus ühe kaevandatud m ³ kohta.....	26
Tabel 7. Karinu karjääri sademete hulk ja väljapumbatav vesi.....	30
Tabel 8. Makstud vee erikasutustasu vihmavee arvelt	31

LISAD

Lisa 1: Aurumine sademete hulgast perioodil 2011-2016	36
---	----

Tallinna Tehnikaülikool
Geoloogia instituut
Lõputöö ülesanne

Töö ID	1715B	Õppekava	AAGB 02/09
Üliõpilane	Dagmar Teppe	Matrikli nr.	112303 AAGB
Töö liik	Bakalaureusetöö	Õppeaine kood	LG40LT
Juhendaja	Mall Orru	Ülesanne kehtib kuni	08.06.2017



Töö ülesanne	Karinu lubjakivikarjäärist kõrvaldatava vee uuring
Topic of the Thesis	Study of the water removed from the Karinu limestone quarry

Töö sisu põhipunktid	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lubjakivi kaevandamine Karinu maardlas 2. Karinu maardla geoloogiline iseloomustus 3. Karinu maardla hüdrogeoloogiline iseloomustus 4. Kõrvaldatava vee kvaliteet ja kogus 5. Põhjavee liikumissuund
----------------------	---

Seotud teadusteema ja/või sihtasutus	Nordkalk AS
--------------------------------------	-------------

Tähtajad

Eelkaitsmine	Kuni 29. mai 2017	Kaitsmine	08. juuni 2017
--------------	-------------------	-----------	----------------

Üliõpilane	Dagmar Teppe		08.03.2017.
Juhendaja	Mall Orru		08.03.2017.
Konsultant			
	nimi	allkiri	kuupäev

Ülesanne kinnitatud	08.märts 2017
Ülesanne täpsustatud	
Ülesanne pikendatud	

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to analyse the quality of the water removed from Karinu limestone quarry. Based on the samples, taken during the fieldwork, the results showed that the water quality is good. However, there was a slight deterioration in pH and dissolved oxygen levels during the second half of 2016. It is recommended to closely monitor them in the future.

The laboratory analyses samples were taken from Karinu village's and Lembitu farm's water well. All the results from Karinu village's were good and responded to the quality class I. Lembitu farm's had a little bit lower quality and the cloudiness responded to the quality class II, other than that everything else was quality class I.

The amount of water removed from the Karinu limestone quarry during the period 2007-2016 was between 624 000 – 1 169 800 m³/y, which was multiple times less than the allowed maximum.

Based on the analysis of data the author established that the more mineral is extracted from Karinu quarry, the less water is needed to be removed per 1 m³ mineral. It occurred especially when the mined mineral amounts were greater than 97 000 m³.

The average percentage of rainfall from removed water during the period of 2007–2016 was 32%, fluctuating between 23–43%. It was also calculated how much tax was paid for special use of water during that period for the rainfall and the result was 40 056 €, which makes average 4006 €/y.

The directions of the flow of groundwater were modelled and it showed that the groundwater is moving to South-East and South-West from Karinu quarry and most of it flows to Metsla sinkhole. However it is difficult to predict where the water goes next from there and it is recommended to do an additional research for that.

1 SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöö tehti vastavalt lähteülesande teemale „Karinu lubjakivi karjäärast kõrvaldatava vee uuring“. Bakalaureusetöö eesmärk on analüüsida väljapumbatava vee kogust ja selle kvaliteeti.

Eestis on lubjakivi kaevandamisel sageli probleemiks liigne vesi, mis takistab maavara väljamist. Tihti on karjääri vaja kuivendada ning väljapumbatav vesi juhtida vooluveekogusse või settebasseini. Lisaks tuleb kuivendamisel arvestada, et lähedalasuvate elamute kaevud kuivale ei jääks ning karjäärast väljapumbatav vesi oleks võimalikult puhas, et vältida looduse reostamist.

Eriti aktuaalne on antud teema Karinu karjääris, kus settebasseinidest juhitakse vesi karstilehtritesse, kust see omakorda läheb põhjavette ja sealt edasi juba karjääri ümbruses paiknevate elamute kaevudesse. Oluline on, et karstilehtritesse juhitava vee kvaliteet vastaks kvaliteedilt joogiveele.

Antud töö eesmärk on selgitada välja, kas Karinu karjäärast väljapumbatav vesi on kvaliteetne ja kooskõlas seadusandlusest tulenevalt joogiveele kehtestatud nõuetega [7] ning on vastavuses Nordkalk AS-le antud vee erikasutusloaga nr L.VV/322171 [23].

Lisaks uuritakse väljapumbatava vee hulka ning selle seost kaevandatava maavara kogusega ja analüüsitakse, kui suure osa kõrvaldatavast veest moodustab vihmavesi. Samuti leitakse karjääri valgla ning antakse hinnang karjääri lähiümbruse põhjavee liikumissuundadele.

Bakalaureuse töö autor tänab oma juhendajat Mall Orrut, kelle abi ja ettepanekud olid suureks toeks. Samuti tänab Nordkalk AS tehasejuhti Tennobert Haabut ning Eesti Geoloogiakeskuse juhtivhüdrogeoloogi Kartin Ergi, kelle nõuanded ja soovitusel olid abiks töö valmimisel.

2 METOODIKA

Käesolevas töös uuriti karjäärast väljapumbatava põhjavee kvaliteeti välimõõtmiste käigus kogutud tulemuste põhjal, mis toimusid vahemikul 22.02.2013 – 29.12.2016. Selgitati välja, kas põhjavee kvaliteet vastab seadusest tulenevatele joogivee nõuetele [7] ja on kooskõlas vee erikasutusloaga nr L.VV/322171 [23]. Samade parameetrite alusel analüüsitakse Karinu asulast (24.05.2013 ja 29.05.2014) ja Lembitu talu puurkaevust (12.10.2013) võetud proovide laboratoorseid tulemusi ja antakse hinnang vee kvaliteedile.

Uuringus võrreldakse väljapumbatava vee hulka ja kaevandatud maavara kogust perioodil 2007–2016 ning arvutatakse palju tuleb kõrvaldada vett selleks, et kaevandada 1 m³ maavara.

Perioodil 2007–2016 riiklikust ilmateenistuse andmetest lähtuvalt [14], arvutati välja protsentuaalselt sademete osakaal karjäärast väljapumbatud veest. Illustratsiooniks arvutatakse ka vihmavee pealt makstud vee erikasutustasu antud perioodil ning nende määrad võetakse vastavalt seadusele kehtestatud vee erikasutustasudele [22].

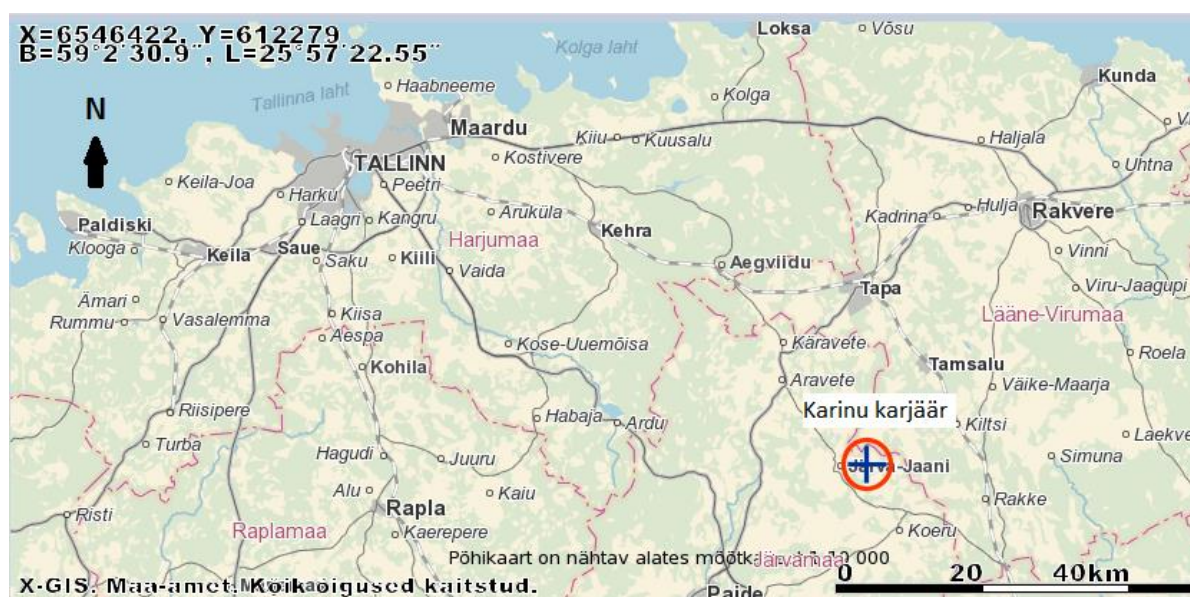
Karjääri valgla ja selle pindala leidmiseks kasutatakse programmi Mapinfo Professional abi.

Põhjavee liikumissuundade määramiseks kasutatakse karjääri ümbruses paiknevate puurkaevude infot [24], mille alusel leitakse põhjavee taseme absoluutkõrgus ning seejärel modelleeritakse Mapinfo Professional abil põhjavee hüdroisojooned, mille alusel määratakse põhjavee liikumissuunad.

Töös kasutatavad vee kvaliteedi mõõtmisandmed on antud ettevõtte Nordkalk AS poolt ning mõõtmised teostas TTÜ Mäeinstituut ja OÜ Keskkonnauuringute Keskus. Kaevandatava maavara ja väljapumbatava vee koguse andmed pärinevad samuti Nordkalk AS-lt.

3 KARINU KARJÄÄRI ISELOOMUSTUS

Karinu karjäär asub Järvamaa idaosas, Järva-Jaani vallas, Karinu külas (Joonis 1). Karjääris teostab maavara kaevandamist Nordkalk AS kaevandamise loa KMIN–011 (Karinu karjäär) ja KMIN–097 (Karinu II karjäär) alusel. Karinu ja Karinu II karjäärid moodustavad ühtse terviku ning mäetööstulikul on tegemist ühe karjääriga – karjäärid külgnevad omavahel, lisaks kasutatakse ühist veoteed ning rajatud on ka ühine veekõrvaldussüsteem. Lisaks on antud 15.05.2015 välja geoloogilise uuringu luba KMIN–100 Karinu III uuringuruumi uurimiseks, kuid Karinu III on antud tööst välja jäetud, sest kaevandamisloa taotlust hetke seisuga sisse antud ei ole.

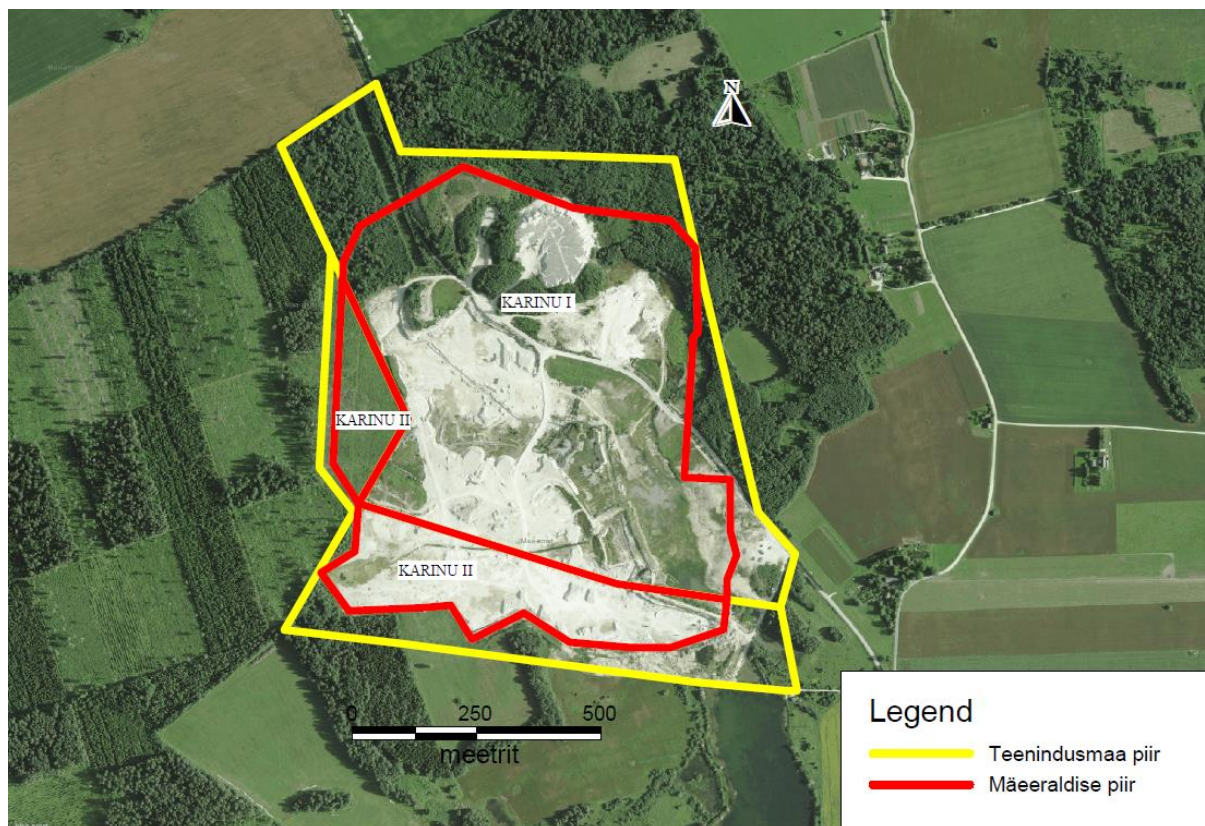


Joonis 1. Karinu ja Karinu II karjääri asukoht [6]

Karinu lubjakivimaardla, kus asub Karinu karjäär, on arvel keskkonnaregistri maardlate nimistus riikliku tähtsusega maardlana, registrikaardi numbriga 17. Maardla põhimaavarad on tehnoloogiline lubjakivi (kasutusala kood 0802) ja ehituslubjakivi (kasutusala kood 0803). Kaasnevaid maavarasid maardlas ei ole. Karinu karjääri mäeeraldise pindala on 48,16 ha ning teenindusmaa 63,27 ha ja Karinu II oma on 14,59 ha ning teenindusmaa 24,62 ha. Kokku teeb see karjääri suuruseks 62,75 ha ning teenindusmaa 87,89 ha (Joonis 2). 2015 a lõpus oli Karinu ja Karinu II karjääris aktiivset maavara varu maa-ameti andmetel kokku 881,5 tuh m³. [6]

Karinu karjääriala jääb Pandivere kõrgustiku edelanõlvale absoluutkõrguste vahemikku 98-105 m. Maapind langeb lõuna ja ida suunas ning on valdavalt laugjaskünkliku moreenreljeefiga. [8]

Karinu karjääris kaevandatav lubjakivi kuulub tehnoloogilise lubjakivi klassi ning peamiselt läheb kaevandatav maavara Rakke lubjatehasesse lubja, fillerite ja peenfillerite tootmiseks.



Joonis 2. Karinu ja Karinu II lubjakivikarjääri mäeeraldise ja teenindusmaa piir

3.1 Lubjakivi kaevandamine Karinu karjäärist

Karinu ja Karinu II (edaspidi Karinu karjäär) lubjakivi kaevandamise ja töötlemise maksimaalne maht on kuni 120 000 m³ aastas. Karinu karjääri (Joonis 3) mäeeraldise piires on suur osa kaevandatavast kihist veetasemest allpool, lisaks sellele raskendab kaevandamist lubjakivikihi lamami ebatasane pind, eriti kaevevälja lääneosas.

Kivimi väljamiseks kasutatakse traditsioonilist puur-lõhketöödega raimamist, mille käigus raimatakse kivim kogu kasuliku kihi ulatuses. Seoses kaevandatava kihi paksuse pideva muutumisega, nõuab puur-lõhketööde tegemine erilist tähelepanu. Raimatud kaevise purustamine toimub vahetult tööes mobiilse purustus-sõelumiskompleksiga, mille järel transporditakse kalluritega eeltöödeldud toore Rakke lubjatehasesse. See osa killustikust, mis lubjatootmise nõuetele ei vasta, leiab rakendust ehituskivina.



Joonis 3. Vaade Karinu karjäärile

Karinu karjääri kesk- ja lõunaosas on maavaravaru valdavalt ammendatud ning kaevetöödega liigutakse karjääri keskelt loode suunas. Karjääri lõunaosas on kaevandatud absoluutse kõrguseni 90,0–92,0 m. [5]

Veekõrvalduseks on Karinu karjääri lõunapiirile ehitatud pumpla, mille kaudu juhitakse karjäärivesi läbi settebasseini Karinu järvedesse ja sealt omakorda voolab vesi karstilehtritesse.

Paralleelselt kaevandamisega, on osaliselt alustatud ka korrastamistöödega, mille käigus karjääri süvendi ida- ja põhjapoolsed vertikaalsed nõlvad on täidetud kattepinnasega ja kujundatud laugeks. Pärast korrastamist peaks karjäärist saama tehisveekoguga puhkeala.

4 KARINU KARJÄÄRI GEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS

Karjääri kasulik kiht kuulub tervikuna Juuru lademe Tamsalu kihistu (S_{1jurTm}) ülemisse ossa ja on esindatud Karinu ($S_{1jurTmK}$) ja Tammiku kihtidega ($S_{1jurTmT}$). Tamsalu kihistu (S_{1jurTm}) lasub Varbola kihistu (S_{1jurV}) kivimite lainjal, kohati tugevalt liigestatud pinnal. Eriti tugevasti on Varbola kihistu (S_{1jurV}) kivimite pind liigestatud maardla lääneosas, kus oma

osa on edendanud ilmselt ka tektoonilised liikumised. Varbola kihistu (S_{1jurV}) koosneb hallist või rohekashallist savikast muguljast lubjakivist. Seoses kihistu lamami ebatasasusega kõigub ka kihistu paksus üsna suurtes piirides 8,3–12,3 m.[9]

Tamsalu kihistu (S_{1jurTm}) koosneb valkjast kuni kollakashallist biomorfsest lubjakivist ehk rõngaspaest, mis on kujunenud käsijalgse Borealis borealise massiliselt kokku kuhjatud kodadest. Selle kihistu puhtaimad kivimid Tamsalu–Rakke–Kiltsi piirkonnas moodustavadki Karinu maardla. Tamsalu kihistu (S_{1jurTm}) Tammiku kihid ($S_{1jurTmT}$) moodustavad valdava osa Karinu maardla uuritud läbilõikest ning Tamsalu kihistu (S_{1jurTm}) Karinu kihid ($S_{1jurTmK}$) levivad aluspõhjaliste läbilõike kõige ülemises osas. [9]

Mäeeraldisel pinnakatte all lasuvate Karinu ja Tamsalu kihistike stromatopoor- ja brahiopoodlubjakivide paksus ulatub ligikaudu 4–10 meetrini (Joonis 4). Lubjakivid on laiguti või vöönditena dolomiidistunud. Eriti dolomiidistunud on Tamsalu kihistiku läbilõike alumine pool. Dolomiidistumata ja nõrgalt dolomiidistunud lubjakivi moodustab maa-alal tehnoloogilise lubjakivi aktiivse tarbevaru. Tarbevaru kihi paksus on 3,8–10,6 m, lamami pind jääb merepinnast 88–93m vahemikku. [4]

Siluri karbonaatsed kivimid on kõikjal kaetud Kvaternaari setetega. Lääneosa kvaternaarisetete paksus kõigub 0,3–0,8 m, keskosa künka piirides 5,0–6,0 m, idaosas 1,5– 2,0 m. [4]

Intensiivne tektooniline rike esineb uuritud ala lääneosas, mis sisuliselt kujutab endast maardla läänepiiri ja Tamsalu kihistu ning Raikküla lademe avamuste piiri. Tektoonilise rikkega on kaasnenud plokkide nihkumine amplituudiga ~10m, mis on kindlaks tehtud ka geofüüsikaliste uuringutega ning nende põhjal ulatub rikete vööndi laius 30 meetrini. Samas olulisi erinevusi kivimi keemilises koostises anomaaliate piirides ja väljaspool anomaaliat asuvate puuraukude geoloogilistes läbilõigetes ei esine ja järelikult muutused keemilises koostises ei saa olla peamiseks geofüüsikaliste anomaaliate põhjuseks, vaid anomaaliate ilminguid on mõjutanud põhjaveed, kvaternaarisetete paksus jm. [10]

Karinu karjääri lubjakivierimid on ebaühtlase koostisega nii vertikaalläbilõikes kui ka pindalalisel levikul. Kaevis, mille keemilised omadused ei vasta tehnoloogilise kivi nõuetele, leiab kasutamist ehituskivina, peamiselt madalamargilise lubjakivi killustikuna.



Joonis 4. Paljand Karinu karjääris (fotol oleva mõõtelindi kõrgus 2m)

Killustiku füüsikalise-mehaanilised omadused [1]:

- garanteeritud purustatavuse mark on "400"
- killustiku saagis mäemassist 67%
- plaatsustegur 13,6%
- puistemahumass 1377 kg/m^3
- veeimavus 1,3 %
- tolmu- ja saviosakeste sisaldus 4,0%

purunemiskindlus Los Angelese katsel 35%, keskmine klass – IV

5 HÜDROGEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS

Piirkonna hüdrogeoloogiliste tingimuste eripära tuleneb asukohast Pandivere kõrgustiku edelanõlval, kus pindmine äravool neeldub karstihtritesse või karstialadele. Karinu karstiala hõlmab 6 km² piirkonna, kus paiknevad 15 karstihtrit, mis on eesvooluks Karinu karjäärist ärajuhitavale veele ja küla heitveele, sest muud võimalused praktiliselt puuduvad. [2]

Põhjavett sisaldavaks kivimiks on Alam-Siluri Juuru lademe Tamsalu kihtide lubjakivi. Keemiliselt koostiselt on Juuru veekihi põhjavesi HCO₃-Ca-Mg – tüüpi, mineraalsusega 0,2–0,4 g/l. Kohati esineb vees kõrgem rauasisaldus. [9]

Pinnasevesi (vabapinnaline põhjavesi) levib Tamsalu kihistu kivimites ja seda eraldab sügavamal lasuvast Ordoviitsiumi veekompleksist kohaliku veepidemena leviv Varbola kihistiku savikas muguljas lubjakivi. Pinnasevesi toitub sademetest ega ole pindmise reostuse eest kaitstud. Pinnasevesi levib maapinnast valdavalt 4–10 m sügavusel ja on mõjutatud pikaajaliselt kestnud pinnasevee alandamisest. [3]

Karinu karjääri ümbruse hüdrogeoloogilises läbilõikes esinevad Kvaternaari, Siluri ja Ordoviitsiumi veekompleksid. Veevarustusallikana kasutatakse Siluri ja Ordoviitsiumi veekompleksi põhjavett. Karjäärivee moodustumisel osalevad Kvaternaari setete ja Siluri veekompleksi Juuru veekihi põhjavesi. Alam-Siluri ladestiku Juuru lade koosneb lõhelisest ja kavernoosest lubjakivist, dolomiidist ja merglist, keskmise paksusega 16–18 m. [2]

Vettandvad on Karinu, Tammiku ja Varbola kihistud, millest viimane on savikas tihe lubjakivi, mis on suhteliseks veepidemeks Siluri ja Ordoviitsiumi veekompleksi vahel. Juuru veekiht toitub sademeveest läbi Kvaternaari setete, seetõttu on nad hüdrauliliselt seotud. Kvaternaari setted on savikuse tõttu valdavalt veevaesed. Põhjavesi esineb seal, kus moreenis on liiva vahekihte. [9]

Karstihtrid ja süvakarst muudavad karbonaatsete kivimite kompleksi keeruliseks veesüsteemiks, kus vahelduvad vettandvad ja vettpidavad kivimid. Vee survetase ja neeldumine teevad raskeks põhjavee seisundi muutuste prognoosimise ja tulemuste interpreteerimise. [2]

6 VEE KÕRVALDAMINE KARJÄÄRIST

Karinu karjäärist toimub vee kõrvaldamine vee erikasutusloa L.VV/322171 [23] (edaspidises tekstis vee erikasutusluba) alusel, mis kehtib perioodil 17.10.2012 – 16.10.2017. Karstistunud piirkonnas puuduvad siin lahtised looduslikud veekogud (jõed, järved). Lubjakivi kaevandamise tegevuse tulemusena on kujunenud ajutised tiigid ja põllukraavid. Viimastes voolab vesi ajutiselt, kas siis lumesulamis- või sademeterikastel perioodidel. Kogunev vesi juhitakse veekraavide kaudu veekogurisse (Joonis 5), kust edasi pumbatakse vesi settetiikidesse – Karinu Suurjärve ja Väikejärve.

Settetiikidest neeldub vesi kaetud karstilehtritesse, mis asuvad lääne- ja idapoolse Karinu külast. Läänepoolsema lehtri neeldumisvõimeks on hinnatud 6912 m³/ööp ja idapoolsemal 1728 m³/ööp, kokku 8640 m³/ööp. [13]. Karjäärist väljapumbatava vee kogus on periooditi suurem karsti neeldumisvõimest, seepärast tiikide täitumisel pumbatakse vesi survetorustiku kaudu 5 km kaugusel asuvasse Metsla karstialasse (Joonis 6). Selle neeldumisvõimeks on samuti hinnatud 8640 m³/ööp.



Joonis 5. Veekogurist vee pumpamine settetiikidesse.



Joonis 6. Vee suubumine Metsla karstilehtrisse.

Suurvee ajal ei ole karsti neeldumisvõimsus piisav, mil karsti vastuvõtuvõime on väike ning kasutusele tuleb võtta veehoidlate reguleeritav maht. Selleks, et hoidlates jaguneks ruumi, tuleb neist vee väljapumpamist alustada enne suveaja algust, et välistada üleujutuste tekkimist. Eriti oluline on ennetada tiikide üleujutust, sest nendega kaasneb biotiikide vee laialivalgumine elamute juurde.

7 KÕRVALDATAVA VEE KVALITEET

Karinu karjäärast kõrvaldatava vee kvaliteeti analüüsi proovide tulemuste (Tabel 1) alusel, mis olid kogutud välimõõtmiste käigus vahemikul 22.02.2013–29.12.2016. Karinu asula (24.05.2013, 29.05.2014) ja Lembitu talu (12.10.2013) puurkaevust tehti laboratoorseid mõõtmisi, mis on esitatud tabelis (Tabel 3). Vee analüüsid tegi OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus ja TTÜ Mäeinstituut. Proovid on võetud vastavalt kehtivale proovivõtu meetodikale Keskkonnaministri 6.mai 2002 määrus nr. 30 "Proovivõtumeetodid". Tulemuste analüüs toimus nimelt joogiveele kehtestatud nõuetele vastavalt, sest karjäärast väljapumbatav vesi juhitakse läbi settebasseinide karsti, mis omakorda läheb otse põhjavette. Karjääri lähiümbruses

paiknevate majade elanike joogivesi pärineb kohalikest kaevudest, mis toituvad põhjaveest, seetõttu on oluline, et vee kvaliteet vastaks joogiveele esitatud nõuetele.

7.1 Välimõtmiste käigus kogutud andmed ja nende analüüs

Vastavalt Karinu lubjakivikarjääri seireveeprogrammile toimub kord kvartalis settebasseini ja esimese tiigi sissevoolul heitvee proovist määratakse hõljuvainete ja naftaproduktide sisaldus. Vee erikasutusloas on hõljuvainete piirmääraks seatud 25 mg/l ja naftaproduktide piirmäär on 1000 µg/l. Elektrijuhtivuse, pH, hapniku küllastus % ja oksüdeeritavuse piirmäärad on võetud vastavalt "Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded" Sotsiaalministri 2. jaanuari 2003. a määruse nr 1 lisa 2 alusel. [7]

Tabel 1. Karinu karjäärist väljapumbatud vee välimõtmiste tulemused

Proovi võtmise aeg	Proovi-pudeli nr	Analüüsi tulemus, hõljuvaine mg/l	Analüüsi tulemus, naftaproduktid µg/l	pH	Elektri-juhtivus, µS/cm	Tempe-ratuur, °C	Lahustunud hapniku sisaldus, mg/l O2 (ppm)	Hapnik, küllastus-%
22.02.2013	23	<2	<20	7,87	607	1,3	-	-
27.03.2013	-	-	-	7,78	611	2,1	-	-
30.04.2013	-	-	-	8,20	527	-	-	-
24.05.2013	100	9	< 20	7,78	511	12,8	-	-
20.06.2013	-	-	-	7,91	457	14,8	-	-
10.07.2013	-	-	-	8,00	448	18,9	-	-
29.08.2013	-	-	-	7,80	586	13,5	-	-
12.09.2013	320	<2	100	7,84	592	13,8	-	-
12.10.2013	-	-	-	8,03	543	9,0	-	-
06.11.2013	-	-	-	8,21	460	6,6	-	-
20.12.2013	411	4	< 20	7,65	541	3,2	-	-
30.01.2014	-	-	-	7,26	653	1,5	-	-
26.02.2014	-	-	-	7,47	552	2,3	-	-
11.03.2014	36	2	< 20	7,36	546	3,7	-	-
24.04.2014	-	-	-	7,73	564	8,8	-	-
29.05.2014	127	4	< 20	7,41	572	9,1	-	-
18.06.2014	-	-	-	7,52	574	9,8	-	-
09.07.2014	-	-	-	7,46	571	15,5	-	-
26.08.2014	-	-	-	7,64	427	13,6	-	-
30.09.2014	472	4	< 20	7,44	493	9,7	-	-
30.10.2014	-	-	-	7,69	560	6,2	-	-
18.11.2014	-	-	-	7,55	586	2,4	-	-
14.12.2014	631	< 2	< 20	7,70	564	0,8	-	-
15.01.2015	-	-	-	7,32	619	1,4	-	-

Proovi võtmise aeg	Proovi-pudeli nr	Analüüsi tulemus, hõljuvaine mg/l	Analüüsi tulemus, naftaproduktid µg/l	pH	Elektri-juhtivus, µS/cm	Tempe-ratuur, °C	Lahustunud hapniku sisaldus, mg/l O ₂ (ppm)	Hapnik, küllastus-%
27.02.2015	-	-	-	7,58	1101	3,0	-	-
13.03.2015	159	< 2	< 20	7,72	1086	3,5	-	-
23.04.2015	-	-	-	7,88	1067	7,0	-	-
19.05.2015	369	8,5	< 20	7,74	985	10,2	-	-
17.06.2015	-	-	-	7,34	1036	10,3	-	-
15.07.2015	-	-	-	7,53	568	13,7	-	-
06.08.2015	613	< 2	< 20	7,58	-	16,6	-	-
24.09.2015	-	-	-	7,79	484	13,0	-	-
30.10.2015	-	-	-	7,66	555	3,8	-	-
30.11.2015	-	-	-	7,85	571	3,5	-	-
21.12.2015	1068	7	< 20	7,77	597	6,5	-	-
29.02.2016	-	-	-	7,88	555	2,3	-	-
24.03.2016	222	6	< 20	7,44	568	2,9	12,4	92,0
29.04.2016	-	-	-	7,73	525	7,0	10,8	89,0
31.05.2016	442	3	< 20	7,75	498	15,0	8,5	84,0
29.06.2016	-	-	-	8,09	474	17,3	8,6	89,0
14.07.2016	-	-	-	8,10	511	16,0	7,5	76,0
16.08.2016	811	<2	<20	7,99	557	11,3	6,8	62,0
29.12.2016	670	<2	<10	7,60	588	3,0	3,0	-

piirväärtus		25	1000	6,5 - 9,5	2500	-		≥ 70
--------------------	--	-----------	-------------	------------------	-------------	----------	--	-------------

"-" proovi ei võetud

Vee hõljuvainete sisaldus on proovis sisalduvate tahkete osakeste mass proovi mahuhulga kohta ning selle sisaldust reguleerib Karinu karjäärile antud vee erikasutusluba L.VV/322171, mille kohaselt tohib vees olla 25 mg/l hõljuvainet.

Analüüsist selgus, et vee hõljuvaine sisaldus oli tunduvalt madalam kui lubatud piirväärtus. Enamasti jääb see kuni 4 mg/l piiresse, kuid üksikutel uuringutel on tõusnud kuni 9 mg/l, mis on madalam lubatud piirväärtusest. Hõljuvaine suurenemist ei ole märgata pikema aja jooksul, seega võib öelda, et karjäärist kõrvaldataval veel sellega probleeme ei ole.

Vee erikasutusluba on määranud naftaproduktide piirväärtuse, milleks on 1000 µg/l. Oma olemuselt on naftaproduktid mürgised ning võivad häirida mikroorganismide bioloogilist lagunemist vees, seega on eriti oluline, et nende sisaldus on võimalikult madal.

Kui võrrelda tulemusi põhjaveele kehtestatud piirmääradega, mis on 20 µg/l [11], siis selgub, et ühel korral on ületatud normi ning ülejäänutel juhtudel on enamasti piiri lähedal. Keskmine mõõdetud tulemus jääb alla 20 µg/l ning ühel korral on olnud see 100 µg/l. Kuigi vee erikasutusloa piirväärtust (1000 µg/l) see ei ületa, ent sellest hoolimata võiks karjääris kaevandav ettevõtte jälgida, et see jääks alla 20 µg/l, et tagada naftaproduktide vaba põhjavesi, mis vastaks põhjaveele kehtestatud normidele.

Vee pH on üks tähtsamaid vee kvaliteedi näitajaid, mis määrab keemiliste ja bioloogiliste protsesside kulgemise (saasteainete toksilisuse, vee korrosiooni agressiivsuse jms [12]). Destilleeritud lisanditeta vee pH on 7, järvedes ja vooluveekogudes jääb see enamasti 6,5–8,5 vahele. Mineraale, nagu näiteks sulfide, sisaldav vesi on rohkem happelisem (pH<7) ning looduslikult aluseline (pH >7) on vesi seal, kus muld sisaldab rohkem kaltsiiti. [15] Viimane ongi iseloomulik Karinu karjäärist väljapumbatavale veele.

Kõigil mõõtmiskordadel võetud veeproovid näitasid selgelt aluselist vett, mille pH on keskmiselt 7,7 ning kõigub vahemikus 7,26 – 8,2. Joogiveele kehtestatud nõuete kohaselt [7] peab jääma pH vahemikku 6,5 – 9,5, selles osas vastab vesi nõuetele. Vee pH ei näita ajas kasvamist ega vähenemist, antud mõõtmistulemuste kohaselt oli vee pH stabiilne.

Elektrijuhtivus näitab kui hästi elektrivool vees liigub. See iseloomustab vees sisalduvate soolade hulka. Puhas vesi on halb elektrijuht, mida rohkem on soolaid, seda suurem on vee elektrijuhtivus. Elektrijuhtivuse piirmääraks on joogivee seaduse järgi [7] 2500 µS/cm.

Vaadeldavates veeproovides (Tabel 1) on keskmiseks vee elektrijuhtivuseks 605 µS/cm, mis on üle nelja korra madalam lubatud piirmäärast. Kõrgeim mõõdetud tulemus oli 1101 µS/cm ja madalaim 427 µS/cm, keskmiselt kõigub see 500-600 µS/cm vahel. Vaadeldava perioodi analüüsimisel ei ole märgata elektrijuhtivuse suurenemist või vähenemist.

Vee temperatuur sõltus täielikult valitsevast ilmast ja seda ei mõjuta Karinu karjääris toimuv kaevandamistegevus. Piirväärtust ei ole seatud joogivee seaduses Sotsiaalministri 2. jaanuari 2003. a määruse nr 1 lisa 2-s "Joogiveeallikana kasutada kavatsetava põhjavee jaotamine kvaliteediklassideks näitajate piirväärtuste alusel" [7].

Lahustunud hapnikusisaldus vees on oluline parameeter, mis kirjeldab veorganismide elutingimusi veekogus. Vees lahustunud hapnik on pärit õhust ja veega kokkupuutumisel vähesel määral lahustub. Suure osa vees lahustunud hapnikust toodavad veetaimed

fotosünteesil päikesevalguse toimetel, mistõttu sügavates puurkaevudes hapnikku vees praktiliselt ei ole [16].

Vee hapniku küllastatavus ja lahustunud hapniku sisaldus on omavahel seotud ning vee hapniku küllastatavus näitab mitu milligrammi hapnikku on küllastunud vees. Seetõttu analüüsitakse saadud tulemusi (Tabel 1) koos.

Sotsiaalministri 2. jaanuari 2003. a määruse nr 1 lisa 2 "Joogiveeallikana kasutada kavatsetava põhjavee jaotamine kvaliteediklassideks näitajate piirväärtuste alusel" [7] ei ole määratud põhjavees oleva lahustunud hapniku sisalduse piirväärtust ega hapniku küllastusprotsenti. Seetõttu on analüüsitavate tulemuste võrdlusparameetriteks võetud kvaliteedi näitajad (Tabel 2.), et saada ettekujutus Karinu vee olukorrast.

Tabel 2. Vees lahustunud hapniku sisalduse ja küllastatavuse kvaliteedi näitajad [16]

Vee reostuse tase	Lahustunud hapniku sisaldus		
	Suvi mg/l	Talv, mg/l	O ₂ , küllastatavus, %
Väga puhas	9	14-13	95
Puhas	8	12-11	80
Vähe reostatud	5-4	5-4	60
Reostatud	3-2	5-1	30
Väga reostatud	0	0	0

Karinu karjäärast väljapumbatava vee lahustunud hapniku sisaldust mõõdetud 24.03.2016 – 29.12.2016 ja küllastatavuse % on mõõdetud vahemikul 24.03.2016 – 16.08.2016. Kevadel teostatud mõõtmiste põhjal võib väita, et vee kvaliteet on puhas ning nende tulemustega võib rahule jääda. Suvel on märgata, et lahustunud hapniku sisaldus ja küllastatavuse % vaikselt vähenevad ning vesi muutub puhtast vähesel määral reostatuks. Aasta lõpul teostatud mõõtmise kohaselt on lahustunud hapniku sisaldus vähenenud, jõudes reostatuse piirini, tulemusega 3 mg/l.

Kui mingil põhjusel veevärgis hapnikusisaldus väheneb, siis on tagajärjeks nitraadi muundumine nitritiks ja sulfaadi muundumine sulfitiks, mis võib omakorda kaasa tuua ebameeldiva lõhna. 2016 aasta II pooles on näha pH keskmisest veidi kõrgemat taset, mis viitab sellele, et veekogus on toimumas mingid muutused, mille tulemusel vee kvaliteet on

halvenemas. Seda, kas muutused on tingitud kaevandamistegevusest või on looduslikud, on antud informatsiooni põhjal keeruline öelda.

Arvestades, et muud näitajad peale vees lahustunud hapniku sisalduse on normide piires, siis hetkel suurt ohtu karjäärist kõrvaldatav vesi põhjaveele ei kujuta. Küll aga tuleks eriti tähelepanelikult jälgida mõõtmistulemusi tulevikus ning kui vee kvaliteedi langus jätkub, on põhjust uurida, millest on see tingitud ning kuidas seda parandada. Soovitav on vett täiendavalt laboratoorselt analüüsida, et saada põhjalikum ülevaade vee keemilisest olukorrast.

7.2 Laboratoorselt teostatud mõõtmised ning nende tulemuste analüüs

Karinu asula puurkaevust (PRK0007440) on teostatud laboratoorsed mõõtmised vastavalt Karinu karjääri vee erikasutusloast tulenevale nõudele [23]. Lisaks on teostatud ka ühekoradne mõõtmine Lembitu talu (kad.nr.25702:004:0410) puurkaevust, mis asub 1 km kaugusel Karinu karjäärist edela suunas. Samuti on määratud analüüsi tulemuste kvaliteediklassi kuuluvus vastavalt Sotsiaalministri määrusele nr 1 Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded [7] ning andmed on esitatud tabelis (Tabel 3).

Tabel 3. Karinu asula ja Lembitu talu puurkaevu laboris teostatud analüüsi tulemused.

Proovi võtmise koht	Karinu asula puurkaev		Lembitu talu	Piirväärtus	Kvaliteediklass
Proovi võtmise kuupäev	29.05.2014	24.05.2013	12.10.2013		
Proovipudeli nr	127 ja 124	220 ja 239	543 ja 546		
Analüüsi tulemus, Hõljuvaine, mg/l	-	9	-	25	**
Analüüsi tulemus, Lahustunud hapniku (O ₂) sisaldus, mgO ₂ /l	9,5	9	6,2		*
44Analüüsi tulemus, Keemiline hapnikutarve (KHT _{Mn}), mgO/l	< 1	< 1	<1	5	Kvaliteediklass I
Analüüsi tulemus, pH	7,5	7,5	7,5	6,5-9,5	Kvaliteediklass I
Analüüsi tulemus, Ammoonium (NH ₄), mg/l	< 0,01	< 0,01	0,05	0,5	Kvaliteediklass I
Analüüsi tulemus, Elektrijuhtivus, µS/cm	515	566	590	2500	Kvaliteediklass I
Analüüsi tulemus, Kloriid (Cl ⁻), mg/l	6	5,5	5,9	250	Kvaliteediklass I

Proovi võtmise koht	Karinu asula puurkaev		Lembitu talu	Piirväärtus	Kvaliteediklass
Analüüsi tulemus, Sulfaat (SO ₄ ²⁻), mg/l	31	27	32	250	Kvaliteediklass I
Analüüsi tulemus, Naftaproduktid, µg/l	-	<20	-	1000	**
Temperatuur, °C	8,4	8,9	7,5		*
värvus	-	-	5	5	Kvaliteediklass I
lõhn	-	-	1	2	Kvaliteediklass I
Hägusus, NHÜ	-	-	2,4	2-3	Kvaliteediklass II

* ei ole käsitletud põhjavee kohta Sotsiaalministri määruse nr 1 Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded

** Piirnorm vastavalt Karinu karjääri vee erikasutusloale nr L.VV/322171 [23]

Joogivee seadus [7] hõljumit ei reguleeri, seetõttu on vee hõljuvainete sisaldus võetud vee erikasutusloast, mille kohaselt selle piirväärtuseks on 25 mg/l kohta. Enamasti, mida vähem on vees hõljumit, seda parem, sest taimede kasvuks hädavajalik valgus läbib paremini selget vett kui hägust.

Hõljuvaine sisaldust on määratud ühel korral ja seda Karinu asula puurkaevust 24.05.2014 ning selle väärtuseks saadi 9 mg/l, mis on kordades väiksem kui lubatud piirnorm ja selle tulemusega võib rahule jääda.

Lahustunud hapniku sisaldust on võrreldud piirväärtustega (Tabel 2) ning samuti on võetud arvesse, et antud piirväärtused on mõeldud veekogude jaoks, mitte puurkaevude. Isegi kui võrrelda puurkaevudest võetud tulemusi veekogudele kehtestatud piirväärtustega, võib tulemustega rahule jääda. Eriti hea on seis Karinu asula puurkaevu proovidega, kus mõlemad tulemused on üle 9 mg/l, mis kvalifitseeruvad kvaliteedilt väga hea alla. Lembitu talu tulemus 6,2 mg/l on samuti rahuldav ning jääb normaalsuse piiridesse.

Keemiline hapnikutarve on orgaanilise aine lagunemise näitaja ja seda mõõdetakse hapnikutarbimisena kogu vees leiduva orgaanilise aine keemilise oksüdeerumise protsessis [25] ning kaudselt näitab see reostatavust (mida kõrgem näitaja, seda rohkem on orgaanilist ainet vees). Joogivee seadusest tulenevalt [7] on keemilise hapnikutarbe piirväärtus 5 mgO/l. Kõik mõõdetud tulemused jäävad alla 1 mgO/l, mis on kordades väiksem lubatud piirist ja kvalifitseerub joogivee seaduses kvaliteediklassi I.

Kõigi analüüsitulemuste pH on 7,5, mis on jällegi väga hea ja samuti kvalifitseerub joogivee seaduse kohaselt kvaliteediklassi I.

Ammoonium on lämmastikku sisaldavate orgaaniliste ainete laguprodukt, mille allikaks võivad olla väetised ja reoveed ning eeskätt näitab ta põllumajandustegevuse tagajärjel tekkinud reostust. Mõju poolest tervisele jääb joogivee ammooniumisisalduseosa tühiseks, sest vee kaudu saadav hulk on reeglina tuhandeid kordi väiksem kui on ammooniumisisaldus igapäevases toidus [17].

Joogivee seaduse järgi [7] on ammooniumi piirnormiks 0,5 mg/l ning vaadeldes mõõdetud tulemusi, siis kõik jäävad vähemalt 10 korda alla lubatud normi ning nad vastavad kvaliteediklassile I.

Elektrijuhtivus on samuti ligi viis korda väiksem kui lubatud norm, mis on 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kvaliteedi poolest liigitub ta kvaliteediklassi I.

Suured kloriidisisaldused pindmises põhjaveekihi viitavad otseselt reostusele, sügavamates kihtides ja rannikualal on see vee looduslik omadus [17]. Joogivee seaduse järgi [7] on kloriidi piirmääraks 250 mg/l ning vaadeldes tulemusi, jäävad need 5,5 – 6 mg/l vahele, mis on väga hea tulemus ning kuuluvad kvaliteediklassi I.

Sulfaadid esinevad teatud mineraalides ning nende sisaldus määrab vee kareduse. Sulfaatide kõrge sisaldus veekogudes viitab väävelühenditega heitvete sattumisele veekogudesse ning nende sisaldus vees on vee agressiivsuse ehk korrosioonivõime näitaja [18].

Sulfaatide sisaldus jäi 27–32 mg/l vahele ning arvestades piirväärtust, mis on 250 mg/l, on tulemus tunduvalt alla normi ning vastab kvaliteediklassile I.

Naftaprodukte mõõdeti ainult ühel korral ning seda tehti Karinu alevi puurkaevust. Tulemuseks saadi $>20 \mu\text{g}/\text{l}$, mis on alla vee erikasutusloas ettemääratud piirnormi 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$. Isegi kui võrrelda saadud tulemust põhjaveele kehtestatud piirmääraga 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ [11], jääb ka siis saadud tulemus normi piiresse.

Lembitu talu puurkaevust võetud proovidest on veel hinnatud vee värvust, lõhna ja hägusust ning võrreldud neid joogivee kvaliteedi normidega [7]. Vee värvust hinnatakse 5-palli süsteemis ning katsete tulemusel on vee värvuseks 5, mis on täiesti piiri peal. Vee värvus võib olla nii looduslik (nt raua sisaldus) kui ka inimtekkeline (tööstus, põllumajandus). Kuna

tulemus on väga normi piiril, siis on soovitatav võtta kordusproove antud puurkaevust ning jälgida, kas vee värvus muutub ajas või mitte ning kui muutub, siis edasi uurida millest täpsemalt on see tingitud.

Vee lõhna mõjutavad erinevad lahustunud mikroorganismid, gaasid ja ained, mis vees üleküllastudes annavad ebameeldiva lõhna. Eriti tõenäoline on antud situatsioon seisvas vees, kus erinevad mikroorganismid võivad kasvama hakata. Piirväärtuseks on sel joogivee seaduse järgi [7] 2 palli ning analüüsitud tulemus vastab 1 pallile, mis on väga hea tulemus.

Vee muudavad häguseks vees mittelahustuvad aineosakesed (setted), millest osa satub vette juba veeallikast (liiv) ning osa hägu tekib, kui vesi puutub kokku õhuga (rauaühendid, lahustunud lubjakivi välja sadenemine). Tulemuseks on hägune mitteläbipaistev vesi. Hägusust põhjustavad tegurid on enamasti tervisele ohutud, kuid tarbija seisukohast ebasoovitavad [19].

Lembitu talu puurkaevust võetud veeproovi hägususe tulemuseks on 2,4 NHÜ, mis oma kvaliteedilt kuulub II klassi. Veeproovi näit jääb küll normi piiresse, kuid kui eesmärk on I kvaliteedinorm, siis peab näitaja tase olema madalam.

Analüüsi tulemusel võib Karinu asulast ja Lembitu talu puurkaevust võetud veeproovidega rahule jääda ning enamasti on vee kvaliteet hea ja vastab kvaliteediklassile I. Eriti hea on Karinu asula puurkaevust võetud veeproovid, millede kõik näitajad jäid normi piiresse ja eranditult vastasid kvaliteediklassile I. Mõnevõrra kehvem, kuid siiski hea on veekvaliteet Lembitu talu puurkaevus, kus värvus on täpselt I kvaliteediklassi piiripeal, kuid hägusus on 2,4 NHÜ-d, mis kuulub juba II kvaliteediklassi.

Vastavalt Sotsiaalministri määrusele nr 1 "Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded", ei ole vaja vett enne kasutamist töödelda, kuid soovitatav on vee filtreerimine ja seda eriti Lembitu talu puurkaevu vee puhul.

8 VÄLJAPUMBATAVA VEE HULK

Lisaks vee kvaliteedile uuriti kui palju sõltub karjäärast väljatava vee kogus kaevandatava maavara hulgast. Samuti on vaadeldud, kas karjäärast kõrvaldatava vee hulk (Tabel 5) vastab vee erikasutusloast tulenevatele lubatud veevõtu normidele (Tabel 4).

Karinu karjäärist lubatud väljapumbatava vee hulk ühes aastas on 4 000 000 m³ ning see omakorda on jaotatud ära kvartalite vahel, mille piirmäärad on toodud allpool (Tabel 4). Vaadeldes Karinu karjäärist väljapumbatava vee hulka aastatel 2007 – 2016 (Tabel 5), näeme, et kõrvaldatava vee hulk varieerub 624 000 m³ ja 1 169 800 m³ vahel, mis on kordades alla lubatud normi ning samuti ei ületa üheski kvartalis piirnormi. Vaadeldaval perioodil ei ole märgata karjäärist väljapumbatava vee hulga suurenemist, seega ei saa väita, et karjääri laienemisest tulenevalt on kõrvaldatava vee kogus suurenenud.

Tabel 4. Karinu karjäärist lubatud kõrvaldatava vee hulk vee erikasutusloa kohaselt

Lubatud veevõtt (m ³)	Aastas	I Kvartal	II Kvartal	III Kvartal	IV Kvartal	Ööpäevas
	4 000 000	940 000	1 140 000	660 000	1 260 000	10 958

Tabel 5. Karinu karjäärist kõrvaldatava vee hulk kvartalite kaupa aastatel 2007-2016

Karinu karjäär	Karjäärist väljapumbatud vesi (m ³)	Karinu karjäär	Karjäärist väljapumbatud vesi (m ³)
2007.a. I kv.	118200	2012.a. I kv.	229401
2007.a. II kv.	157700	2012.a. II kv.	134803
2007.a. III kv.	105100	2012.a. III kv.	193927
2007.a. IV kv.	243000	2012.a. IV kv.	234131
2007.a. kokku:	624000	2012.a. kokku:	792262
2008.a. I kv.	339000	2013.a. I kv.	177372
2008.a. II kv.	205000	2013.a. II kv.	221518
2008.a. III kv.	275900	2013.a. III kv.	156876
2008.a. IV kv.	291700	2013.a. IV kv.	85139
2008.a. kokku:	1111600	2013.a. kokku:	640905
2009.a. I kv.	238100	2014.a. I kv.	209693
2009.a. II kv.	254600	2014.a. II kv.	247533
2009.a. III kv.	179700	2014.a. III kv.	186044
2009.a. IV kv.	497400	2014.a. IV kv.	100117
2009.a. kokku:	1169800	2014.a. kokku:	743387
2010.a. I kv.	208100	2015.a. I kv.	308234
2010.a. II kv.	338180	2015.a. II kv.	286949
2010.a. III kv.	161610	2015.a. III kv.	148204
2010.a. IV kv.	75670	2015.a. IV kv.	130073
2010.a. kokku:	783560	2015.a. kokku:	873460
2011.a. I kv.	177400	2016.a. I kv.	260934
2011.a. II kv.	180525	2016.a. II kv.	265664
2011.a. III kv.	212059	2016.a. III kv.	260934
2011.a. IV kv.	54395	2016.a. IV kv.	288526
2011.a. kokku:	624379	2016.a. kokku:	1076058

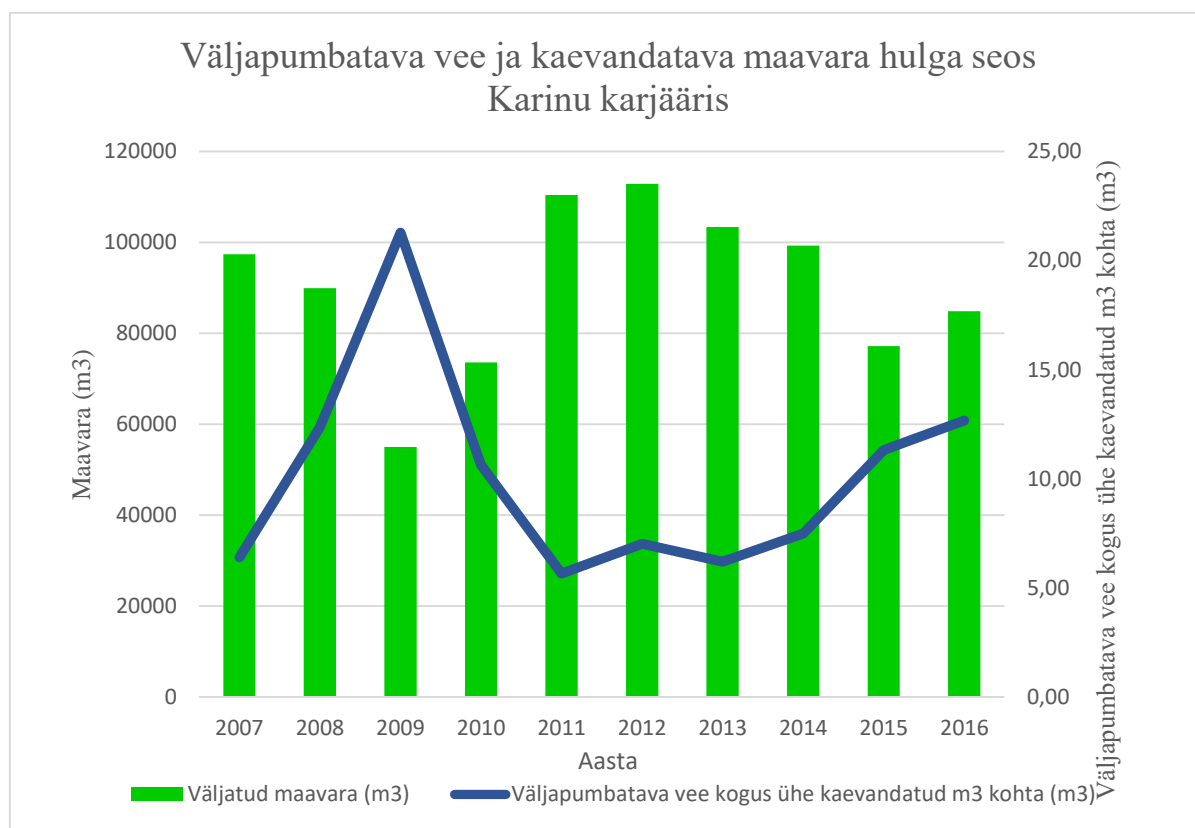
Selleks, et näha palju on vaja karjäärist kõrvaldada vett kaevandamiseks 1 m³ maavara, on leitud nende suhe (Valem 1):

$$\frac{\text{Karjäärist väljapumbatav vesi } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{a}}\right)}{\text{Väljatud maavara } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{a}}\right)} = \text{Kõrvaldatava vee hulk ühe kaevandatud m}^3 \text{ kohta (m}^3\text{)} \quad (\text{Valem 1})$$

Saadud tulemused on esitatud tabelis (Tabel 6) ja kujutatud graafiliselt (Joonis 7) ning need kehtivad ainult Karinu karjääri tingimustes. Nii tabelist kui graafikust joonistub selgelt välja, et mida suurem on väljatud maavara hulk, seda vähem vett peab kõrvaldama ühe kaevandatud m³ kohta. Eriti paistab see silma kui vaadelda andmeid, kus väljatud maavara kogus on vähemalt 97 000 m³/a. Arvestades vee erikasutustasusid, on ettevõttele kasumlikum kaevandada vähemalt 97 000 m³/a.

Tabel 6. Kõrvaldatava vee kogus ühe kaevandatud m³ kohta

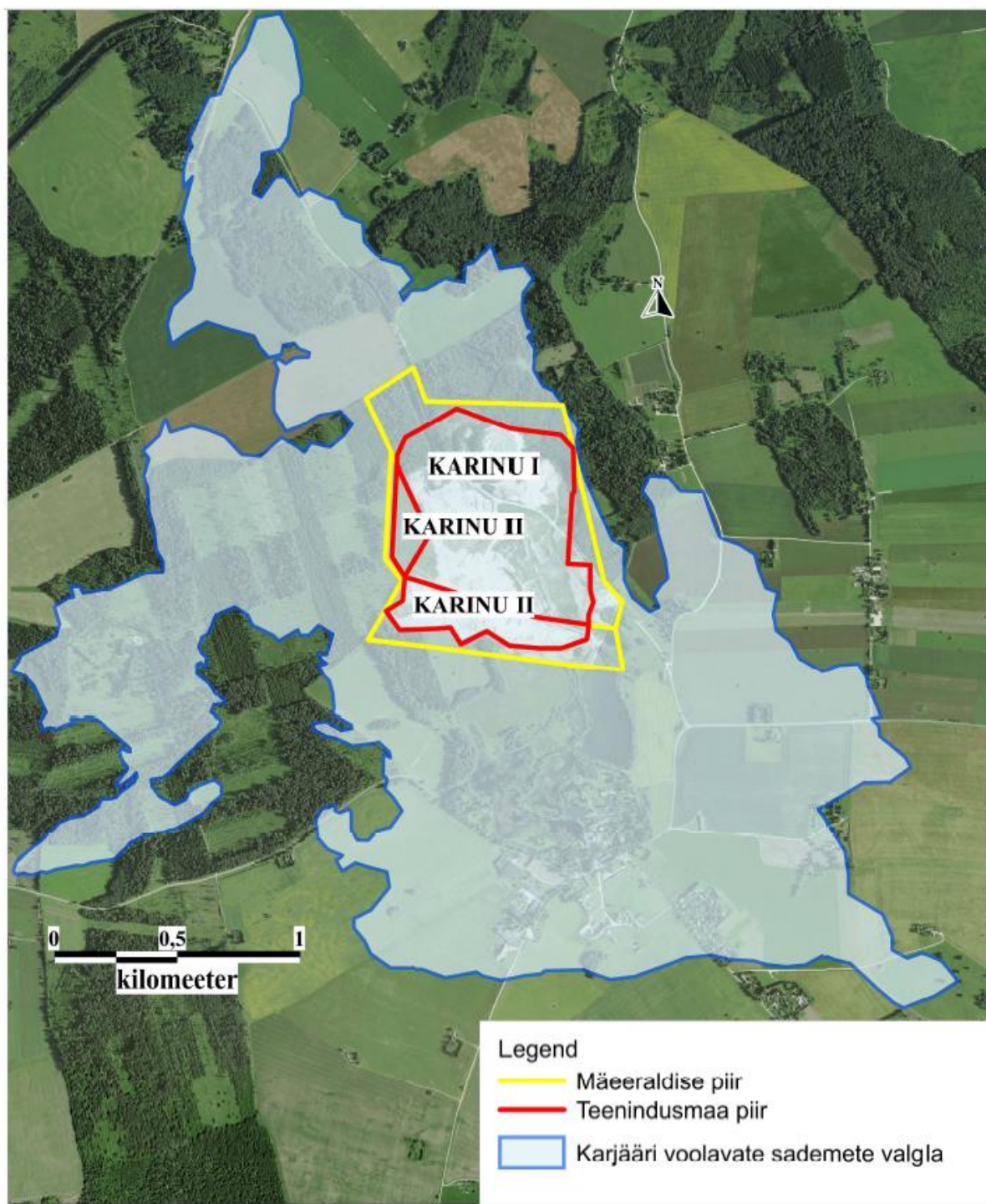
Aasta	Väljatud maavara (m ³ /a)	Karjäärist väljapumbatud vesi (m ³ /a)	Kõrvaldatava vee hulk ühe kaevandatud m ³ kohta (m ³)
2007	97366	624000	6,41
2008	89891	1111600	12,37
2009	54995	1169800	21,27
2010	73595	783560	10,65
2011	110408	624379	5,66
2012	112888	792262	7,02
2013	103386	640905	6,20
2014	99251	743387	7,49
2015	77147	873460	11,32
2016	84889	1076058	12,68



Joonis 7. Väljapumbatava vee ja kaevandatava maavara hulga seos Karinu karjääris

9 SADEMETE OSAKAAL KARJÄÄRIST VÄLJAPUMBATAVAS VEES

Karjääri valgala ehk valgla on maa-ala, millelt vesi karjääri voolab. Selle suurus sõltub nii absoluutsest kõrgusest kui orgude ja nõlvade langusest. Tähtis on pinnakatte tüüp, taimkate, veemahtuvus ning geograafiline orientatsioon [20]. Karinu karjääri valgla (Joonis 8) piir on võetud jälgides ümber karjääri piirnevat 105 m samakõrgusjoont. See täpne arv sai valitud arvestades karjääri ning ümbritseva maastiku absoluutkõrgusi ning konsulteerides Geoloogia keskuse juhtihüdrogeoloogi Katrin Ergiga. Karjääri valgla pindalaks kujunes 6,25 km².



Joonis 8. Karinu karjääri valgla

Lisaks valglale on leitud, millise osa moodustavad karjäärist väljapumbatavas veekoguses sademed. Selleks on esmalt tehtud kindlaks antud piirkonna aastane sademete hulk. Sademete hulga andmed (Tabel 7) on valitud Väike–Maarja ilmavaatluspunktist [14], mis asub Karinu karjäärile kõige lähemal ning nad mõlemad paiknevad Pandivere kõrgustikul, seega on neil sarnased ilmastikuolud.

Keskmine juurdevool vihmavee arvel aurumist arvestamata leiti valemi järgi (Valem 2):

$$W_a = 1000 * H_a * \alpha * F_v \quad (\text{Valem 2}) [21],$$

kus:

H_a = keskmine sademete hulk ilmavaatlusposti andmetel (mm/a)

α = pindmise äravoolu koefitsient, $\alpha = 0,8$;

F_v = karjääri veekogunemisala ehk karjääri pindala, $F_v = 0,6275 \text{ km}^2$

W_a = keskmine juurdevool vihmavee arvel aurumist arvestamata (m^3/a)

Selleks, et keskmise juurdevoolu vihmavee arvel tulemus oleks täpsem, peame arvestama sademete aurumisega, mis on leitud Meyeri valemi abil (Valem 3) [26]. Antud valemi tulemus kajastab aurumist ühes kuus ning sellega on teostatud arvutused kõigi kuude kohta perioodil 2011–2016 (Lisa 1) ning samuti leiti keskmine aurumine nimetatud perioodil, milleks on 24,5 %. Saadud tulemuse alusel arvutati analoogia põhjal ka 2007–2010 aasta aurumine, sest antud perioodil oli Riigi Ilmateenistuse digitaalne andmebaas puudulik [14].

$$E = C * (e_0 - e_a) * (1 + u/10) \quad (\text{Valem 3})[26],$$

kus:

E = aurumine kuus, m/kuus

$C = 0,33$, empiiriline konstant

e_0 = maksimum õhurõhk, mHg

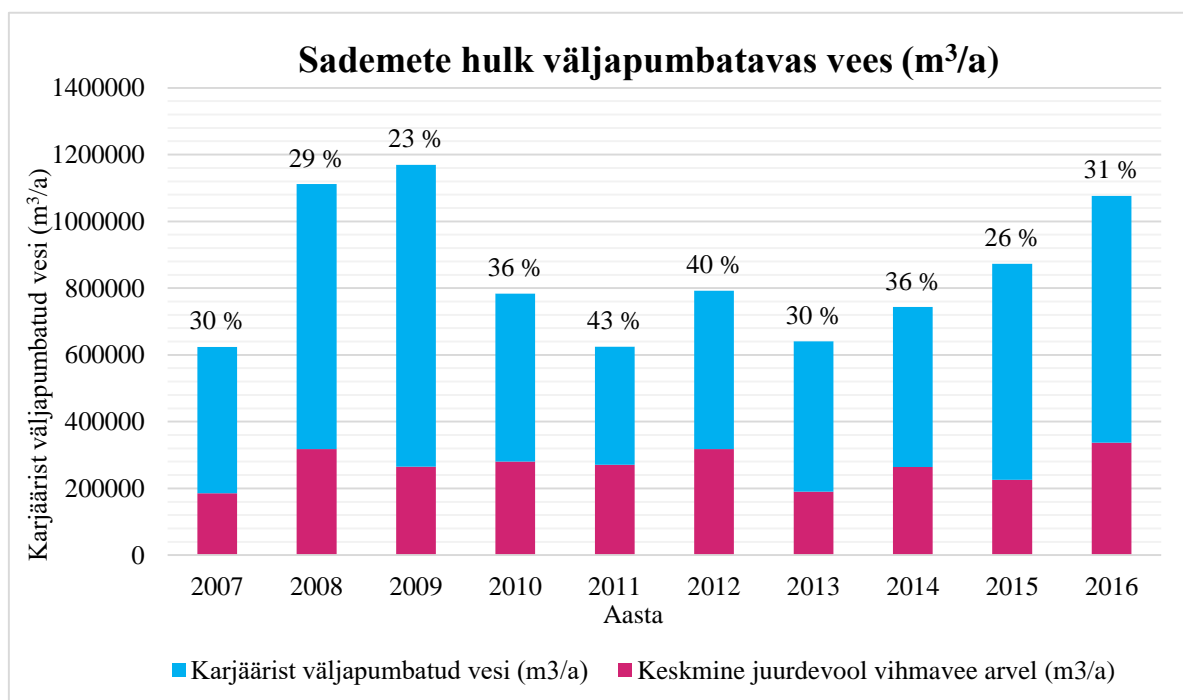
e_a = tegelik õhurõhk, mHg

u = tuule kiirus, m/s

Saadud tulemused on esitatud allpool olevas tabelis (Tabel 8) ning on kujutatud graafiliselt (Joonis 9). Veel arvutati mitu protsenti moodustab vihmavesi karjääri väljapumbatavast veest ning tulemused jäid vahemikku 23–43 % ning keskmine oli 32 %. Kõikumise protsent on küllaltki suur, mis näitab, et ilm mõjutab karjääris kaevandamist ning seetõttu on ka raske prognoosida tulevaste aastate väljapumbatava vee kogust.

Tabel 7. Karinu karjääri sademete hulk ja väljapumbatav vesi

Aasta	Sademetek hulk (mm)	Keskmine aurumine (m ³ /a)	Keskmine juurdevool vihmavee arvel (m ³ /a)	Karjäärist väljapumbatud vesi (m ³ /a)	Sademetek hulk väljapumbatavas vees (%)
2007	489	60105	185222	624000	30
2008	838	103041	317535	1111600	29
2009	699	85921	264776	1169800	23
2010	739	90927	280202	783560	36
2011	715	87975	271106	624379	43
2012	838	103115	317762	792262	40
2013	503	61889	190718	640905	30
2014	698	85835	264511	743387	36
2015	596	73265	225776	873460	26
2016	889	109326	336902	1076058	31



Joonis 9. Sademetek hulk väljapumbatavas vees (m³/a)

Autor arvutas töös välja, kui palju peab ettevõtte maksma just vihmavee pealt erikasutustasu, mis karjääri suubub. Antud arvutused on toodud tabelis (Tabel 8) ning vee erikasutustasu on võetud vastaval aastal kehtinud tasule [22]. Nagu tabelist näha (Tabel 8), siis vee erikasutustasu suureneb aastast aastasse ning karjäärist vee kõrvaldamine muutub ettevõtja jaoks järjest kallimaks. Seetõttu on vihmavee eest makstav vee erikasutustasu ajas suurenev. Aastatel 2007 – 2016 on makstud vihmavee eest vee erikasutustasu kokku summas 40 056 €, aastas keskmiselt 4006 €.

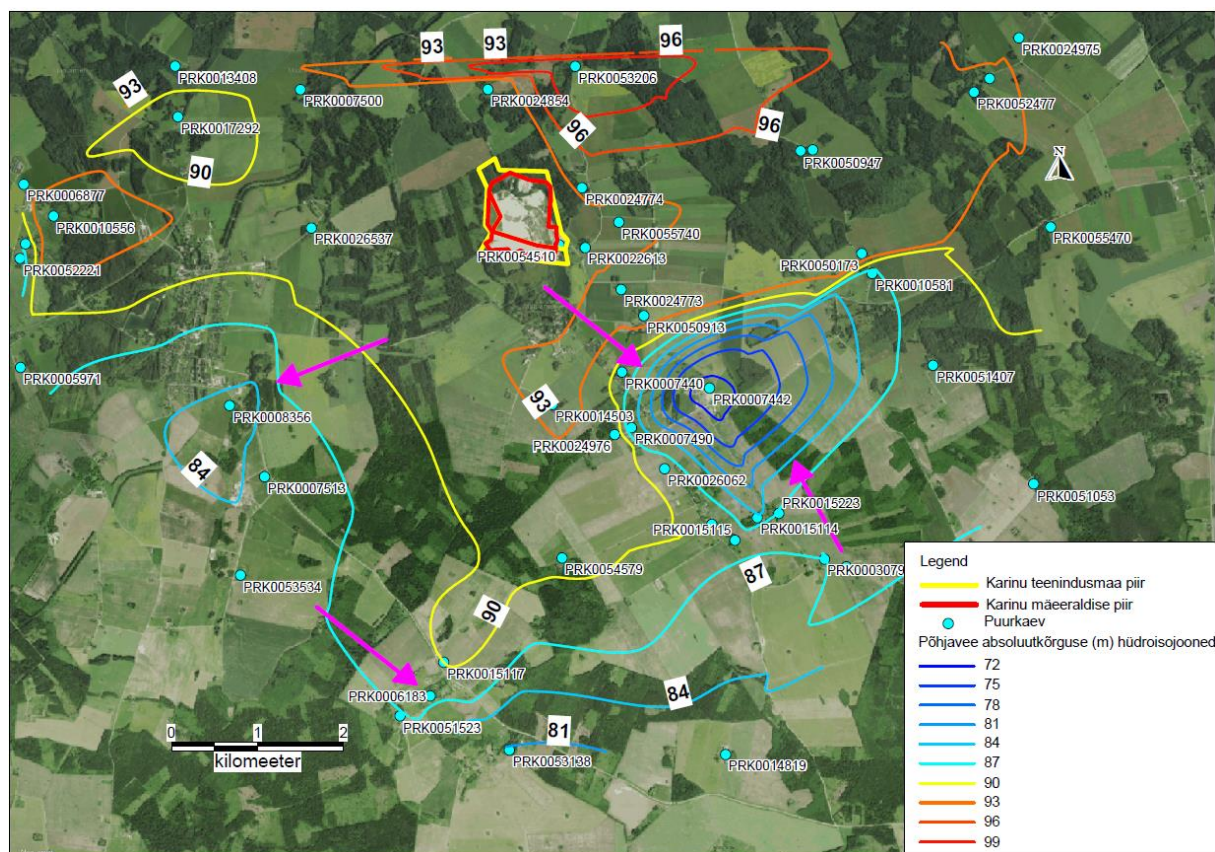
Tabel 8. Makstud vee erikasutustasu vihmavee arvelt

Aasta	Keskmine juurdevool vihmavee arvel (m ³ /a)	Vee erikasutustasu (€/1000m ³)	Vee erikasutustasu vihmavee hulga pealt (€/1000m ³)
2007	185222	10	1852
2008	317535	11,06	3512
2009	264776	12,14	3214
2010	280202	13,36	3743
2011	271106	14,69	3983
2012	317762	16,16	5135
2013	190718	17	3242
2014	264511	17,83	4716
2015	225776	18,72	4227
2016	336902	19,09	6431

Kokku:

40056

Lisaks põhjavee hulgale on antud töö raames leitud põhjavee liikumise suunad (Joonis 10.). Selleks on esmalt leitud Karinu karjääri ümbruses paiknevate puurkaevude asukohad [6], mille põhjal on VEKA-st [24] leitud põhjavee absoluutkõrgused ning nende alusel on modelleeritud hüdroisojooned. Teades, et vesi liigub kõrgemalt madalamale ning risti hüdroisojoontega, siis võib väita, et karjääri ümbruses paiknev põhjavesi liigub karjäärist kagu ja edela suunas ning suurem osa veest koondub Metsla karstialale, kuhu pumbatakse Karinu karjäärist osa väljapumbatavast veest.



Joonis 10. Põhjavee absoluutkõrguse (m) hüdroisojooned

Seda, kuhu liigub Metsla karstialt vesi edasi, on keeruline prognoosida. Et teada saada, kuhu vesi edasi suubub, on vajalik seda uurida. Üheks võimaluseks on vesi markeerida värviga ning seejärel jälgida, kust ilmub markeeritud vesi välja. Töö autori soovitus on edasi uurida antud teemat ning saada teada, kas Metsla karsti pumbatav vesi võib jõuda ringiga tagasi karjääri alale või mitte. Juhul, kui vesi jõuab karjäärialale tagasi, siis saab ettevõtte leida mõne muu lahenduse, kuhu vesi pumbata, et hoida ära olukorda, kus pumbatakse järjest sama vett ning makstakse selle pealt vee erikasutustasu.

10 KOKKUVÕTE

Antud bakalaureuse lõputöö põhjal leidis autor, et Karinu karjäärist kõrvaldatava vee kvaliteet on kokkuvõttes hea. Välitööde käigus kogutud analüüsiproovide tulemused jäid kõik alla nii vee erikasutusloast kui ka "Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded" Sotsiaalministri 2. jaanuari 2003. a määruse nr 1 lisa 2 poolt kehtestatud piirväärtustele. Küll aga tasuks edaspidi jälgida lahustunud hapniku sisaldust ja pH-d, sest alates 2016. a teisest poolest oli märgata antud näitajate muutusi.

Samuti analüüsiti Karinu asula ja Lembitu talu puurkaevudest võetud proovide laboratoorseid tulemusi ning leiti, et Karinu asula puurkaevu vesi vastab eelnevalt mainitud seaduse kvaliteediklassile I ning on heade näitajatega. Lembitu talu puurkaevu vesi oli kvaliteedilt veidi halvem, kuid vastas siiski enamjaolt kvaliteediklassile I. Ainult vee hägususe väärtus jäi kvaliteediklassi II ning seetõttu on soovitatav antud puurkaevu vesi enne tarbimist filtreerida.

Kõrvaldatava vee hulk aastatel 2007 – 2016 jäi vahemikku 624 000 – 1 169 800 m³/a ja oli kordades väiksem lubatud ülemmäärast ning sealhulgas olid kvartalite tulemused normi piires.

Analüüsitavaate andmete põhjal leidis autor seose kaevandatava maavara ja kõrvaldatava vee hulga vahel. Selgus, et mida rohkem maavara kaevandada Karinu karjäärist, seda väiksem on kõrvaldatava vee hulk ühe kaevandatud kuupmeetri maavara kohta. Eriti selgelt ilmnes see juhtudel, kui kaevandatava maavara kogus oli suurem kui 97 000 m³.

Uuriti sademete osakaalu suurust karjääris kõrvaldatava vee hulgast ja leiti, et perioodil 2007–2016 oli see keskmiselt 32%, kõikudes vahemikus 23–43%. Autor arvutas välja, palju on vihmavee eest makstud vee erikasutustasu uuritava perioodil ning sai selleks summaks kokku 40 056 €, mis teeb aastas keskmiselt 4006 €. Arvestades eelnevalt välja toodud keskmist protsenti (32%), on see suhteliselt suur.

Karjääri valgla pindalaks kujunes 6,25 km² ning leiti karjääri põhjavee liikumise suunad. Põhjavee hüdroisojoontest kujunes välja, et Karinu karjääri ümbruse põhjavesi liigub kagu ja edela suunas ning suurem osa läheb just kagu poole voolates Metsla karstialale, kuhu pumbatakse osa Karinu karjäärast kõrvaldatavast veest. Keeruline on prognoosida, kuhu liigub vesi sealt edasi, seetõttu soovitab töö autor välja selgitada vee edasise liikumise suunad, et saada teada, kas Metsla karstialasse suubuv vesi võib leida tagasitee Karinu karjääri või mitte.

11 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Järvamaa Karinu lubjakivi maardla Nordkalk AS mäeeraldise jääkvaru geoloogiline uuring (varu seisuga 02.11.2006) (2007.a projekt), S. Korbust, R. Peikre, Eesti Geoloogiakeskus OÜ, EGF 7970
2. Karinu lubjakivikarjäärist väljapumbatava vee ärajuhtimise võimaluste hinnang, 2006, L. Savitskaja, S. Jaštšuk, EGF 7919
3. AS Nordkalk Karinu II lubjakivikarjääri (laiendatud) kaevandamisjäätmekava, Töö nr 13/1109, OÜ Inseneribüroo Steiger, Tallinn 2013
4. AS Nordkalk Karinu II lubjakivikarjääri laienduse maavara kaevandamise loa taotlus, Töö nr 11/1109, OÜ Inseneribüroo Steiger, Tallinn 2013
5. Karinu karjääri KMIN-011 markseideridokumentatsioon 29.12.2015.a, Mäebüroo Nord OÜ, Tallinn 2015
6. Maa-ameti Geoportaal, <http://geoportaal.maaamet.ee/> (11.04.2017)
7. Joogivee tootmiseks kasutatava või kasutada kavatsetava pinna- ja põhjavee kvaliteedi- ja kontrollinõuded, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13256510> (26.04.2017)
8. Perens H. Kala E. 2007, Paekivi - Eesti rahvuskivi, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Turu Ülikooli geoloogiaosakond, Tallinn
9. Aruanne Karinu lubjakivimaardla Karinu karjääri jääkvaru koguse ja kvaliteedi kohta (varu seisuga 30.09.2013.a), Mäebüroo Nord OÜ, Tallinn 2013, EGF 8612
10. Aruanne magneesiumivaeste lubjakivide eeluuringutest lõuna pool Karinu karjääri 1977.a. (kahes köites) I köide, Keila 1978, EGF 3525
11. Põhjaveekogumite moodustamise kord ja nende põhjaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, põhjaveekogumite seisundiklassid, seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ja koguseliste näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende saasteainete sisalduse läviväärtused ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees, taustataseme määramise meetodika ning põhjaveekogumite seisundiklasside määramise kord, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13356008?leiaKehtiv> (03.05.2017)
12. Sepp E., 2012, Imeline vesi – elu hääl, Tallinn 2012
13. Karinu lubjakivimaardla laienduse kaevandamise keskkonnamõju hindamise aruanne, 2007a, Eesti Geoloogiakeskus
14. Riiklik ilmteenistus, <http://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/sademed/sademeteku-summad/> (24.05.2017)

15. Hüdroloogia uuringud, A Globe Learning Investigation, http://www.globe.ee/doc/GLOBE_hydroloogia_1.pdf (10.05.2017)
16. Tartu ülikooli Biofüüsika- ja Taimefüsioloogia õppetooli füüsika aluste õppematerjal, http://plantphys.ut.ee/oppetoo/fuusika_alused/praktikum/too_6.pdf (10.05.2017)
17. Vee analüüs: Joogi- ja heitvesi, Tallinna Ülikool, http://www.tlu.ee/keemia/MLK6016ja6903%20KKanalyytilised_2014K/KK%20kursus%20vesi-1.pdf (10.05.2017)
18. Lühike ülevaade joogivees uuritavatest näitajatest www.palupera.ee/veeprojekt/Joogivee_naitajad.doc (10.05.2017)
19. Vee filter, <http://www.veefilter.ee/probleemid-ja-lahendused?cid=135> (11.05.2017)
20. Jõgede geomorfoloogia, <http://jogedegeomorfoloogia.weebly.com/vooluveekoguseloostamine.html> (11.05.2017)
21. Abramov S.K. 1968, Methods, systems and drainage calculations of mine and quarry fields, Moscow, Nedra,
22. Vee erikasutusõiguse tasumäärad veevõtu eest pinnaveest või põhjaveekihist, <https://www.riigiteataja.ee/akt/972636> (14.05.2017)
23. Karinu karjääri vee erikasutusluba, https://eteenus.keskkonnaamet.ee/?page=eklis_view&tid=1031&act=avalik_info&pid=5304923 (05.05.2017)
24. Keskkonna agentuuri rakendus VEKA <http://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx?type=artikkel&id=214457803> (03.05.2017)
25. Tallinna Vesi <http://klient.tallinnavesi.ee/aastaraamat2013/kka14.html> (15.05.2017)
26. Meyer, A.F. 1942, Evaporation from Lakes and Reservoirs. Minnesota Resources Commission, St. Paul, Minnesota.

12 LISAD

Lisa 1: Aurumine sademete hulgast perioodil 2011-2016

	sademete hulk kuus (mm)		sademete hulk, mm/a	tuule kiirus, m/s	Õhu- niiskus, %	tegelik õhurõhk, mHg	Auru- mine kuus, m	Pindalalt aurumine kuus, m ³ /kuus	Aurumine aastas, m ³ /a	Körvalda- tava vee hulk m ³ /a
2011	jaanuar	69,3	715,3	4,2	95	0,722	0,017	2065	85182	359080
	veebruar	40,7		3,3	87	0,661	0,049	6097		
	märts	35,9		5,1	80	0,608	0,067	8262		
	aprill	9		3,3	78	0,593	0,077	9567		
	mai	38,7		4	67	0,509	0,110	13632		
	juuni	89,2		3,3	70	0,532	0,095	11741		
	juuli	143,7		2,6	78	0,593	0,071	8747		
	august	69,2		2,8	83	0,631	0,058	7181		
	september	54,8		3,6	88	0,669	0,042	5181		
	oktoober	47,8		3,9	88	0,669	0,042	5255		
	november	28,3		4,1	92	0,699	0,032	3951		
	detsember	88,7		5,9	92	0,699	0,028	3504		
2012	jaanuar	75,1	838,4	4,1	87	0,661	0,044	5411	82297	420876
	veebruar	55,1		3,4	84	0,638	0,057	7057		
	märts	53,4		4,2	84	0,638	0,056	6957		
	aprill	59,8		4	78	0,593	0,076	9362		
	mai	108,7		3,7	65	0,494	0,119	14785		
	juuni	63,8		3,6	75	0,570	0,085	10483		
	juuli	79,3		3,5	78	0,593	0,071	8747		
	august	92,5		2,8	85	0,646	0,052	6476		
	september	93,2		3,9	89	0,676	0,037	4578		
	oktoober	57,2		3,4	95	0,722	0,019	2298		
	november	50,8		4,8	94	0,714	0,022	2665		
	detsember	49,5		4,3	92	0,699	0,028	3479		
2013	jaanuar	39,5	503,2	4	94	0,714	0,019	2385	85744	252606
	veebruar	39,6		2,8	94	0,714	0,020	2516		
	märts	16,5		3,5	75	0,570	0,087	10793		
	aprill	29,4		3,9	77	0,585	0,078	9644		
	mai	45,8		3,5	72	0,547	0,091	11219		
	juuni	40,5		2,9	72	0,547	0,091	11306		
	juuli	28,7		3	73	0,555	0,086	10650		
	august	55,5		2,7	78	0,593	0,071	8815		
	september	56,4		2,9	83	0,631	0,060	7392		
	oktoober	48,3		4	89	0,676	0,040	4954		
	november	65,2		4,5	94	0,714	0,023	2814		
	detsember	37,8		5,1	92	0,699	0,026	3255		
2014	jaanuar	50,7	697,9	3,1	91	0,692	0,032	3914	89497	350345
	veebruar	33,3		4	93	0,707	0,025	3109		
	märts	38,7		4,3	78	0,593	0,075	9293		
	aprill	17,8		3,6	59	0,448	0,137	16937		
	mai	70,3		3,3	76	0,578	0,078	9616		
	juuni	128,2		2,9	81	0,616	0,061	7554		
	juuli	38,4		2,8	74	0,562	0,085	10579		

Mina Dagmar Teppe (autori nimi) (sünnikuupäev: 06.04.1992)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Karinu lubjakivi karjäärist kõrvaldatava vee uuring

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Mall Orru,

(juhendaja nimi)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (allkiri)

08.06.2017 (kuupäev)