



OÜ Eesti Geoloogiakeskus  
HÜDROGEOLOOGIA OSAKOND

Leonid Savitski

## **Rummu III karjääri juurdevoolu hindamine**

Juhatuse liige

Aivar Pajupuu

Tallinn, 2013

### Rummu III karjääri juurdevoolu hindamine

Perspektiivne Rummu III karjäär asub ammendatud Rummu karjääri (edaspidi järve) idaservas. Järve minimaalne veetase on 21,1 m abs. k. ja maksimaalne 21,9 m abs. k., keskmine veetase on 21,5 m abs. k. (lähteandmed). Rummu III lubjakivikarjääri mäeeraldise pindala on 9,12 ha ning perspektiivse kaevandusala ja Rummu järve (karjääri) vahele jääb tervik, laiussega 30 meetrit ja pikkusega 700 m, st pindalaga 2,1 ha. Seega on kaevandatava ala pindala 7,02 ha.

Kaevandada kavatakse ühe 7,5-meetrise astanguna kuni absoluutkõrguseni 14 m, hoides samal ajal karjääris veetasel absoluutkõrgusel 21,4 m.

Lõhketöid on plaanis teha 500 m<sup>2</sup> kaupa, mille järel lubjakivivaru kaevandatakse vee alt ilma vee ärajuhtimiseta. Mäeeraldise ala kavatakse ammendada 10 aastaga, kusjuures karjäär töötab 275 ööpäeva aastas. Talveperioodil (detsember, jaanuar ja veebruar) karjäär ei tööta. Kui kaevandatava ala pindala  $F = 70\,200\text{ m}^2$ , siis aastas kaevandatakse keskmiselt  $F_I = 7020\text{ m}^2$  ehk 14 lõhketööde ja lubjakivivaru kaevandamise tsükli. Kaevandatava lubjakivi maht on iga tsükli käigus  $W_I = 500 \cdot 7,4 = 3700\text{ m}^3$ , millest vee osa on  $W_S = 3700 \cdot 0,040 = 148\text{ m}^3$ ; aastas vastavalt  $W_I = 7020 \cdot 7,4 = 51\,948\text{ m}^3$  ja  $W_S = 2078\text{ m}^3$ . Mahulise poorsuse koefitsiendiks on arvestatud  $n = 0,04$ . Tööde tsükkel, mis koosneb lõhketöödest ja lubjakivivaru kaevandamisest, moodustab 19–20 ööpäeva ( $275 : 14 = 19,6$ ).

Karjäärivee juurdevool moodustub sademetest ning põhjavee ja järvevee juurdevoolust veetaseme alandamise korral Rummu III karjääris. Võttes arvesse, et karjääriala põhjaveetaseme praeguse seisu kohta andmeid ei ole, siis mõningase ebatäpsusega võetakse selleks järve maksimaalne veetase – 21,9 m abs. k. Tingimusel, et karjääris hoitakse põhjaveetasel absoluutkõrgusel 21,4 m, siis maksimaalne põhjaveetaseme alanemine  $S = 21,9 - 21,4 = 0,5\text{ m}$ .

Sadevee juurdevool  $W_{sademed}$  määratakse võrrandist (Abramov jt, 1976):

$$W_o = 1000 H_q \cdot \alpha \cdot F, \text{ m}^3 \text{ ööpäevas} \quad (1),$$

kus  $H_q = 1,888$ , ööpäeva keskmine sademete hulk aastas, mm (Tallinna ilmajaam);

$\alpha$  – pindmise juurdevoolu koefitsient, kaljukivimite puhul  $\alpha = 0,8$ ;

$F$  – karjääri valgala, km<sup>2</sup>.

Sulavee juurdevool karjääri arvutatakse võrrandist (Abramov jt, 1976):

$$W_{sulavesi} = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot h_{lumi} \cdot F}{t_{sulavesi}}, \text{ m}^3 / \text{h} \quad (2),$$

kus  $\beta$  – koefitsient, mis arvestab lumekoristust karjääris,  $\beta = 0,5–0,6$ , kasutatud on  $\beta = 0,6$ ;

$h_{lumi}$  – aastane tahkete sademete hulk 50% tõenäosusega, m;  $h_{lumi} = 0,178\text{ m}$ ;

$t_{sulavesi}$  – lumesulamise kestvus, h;  $t_{sualvesi} = 336$  h.

Sademetes andmed 50% tõenäosusega ja õhutemperatuur Tallinna Harku ilmajaama andmete põhjal on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Tallinna Harku ilmajaama ilmastikuandmed

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
keskmine õhutemperatuur aastatel 1961–1990, °C												
–5,5	–5,7	–2,2	3,4	9,7	14,5	16,3	15,3	10,8	6,3	1,1	–2,9	5,1
keskmine sademete hulk aastatel 1970–2011, mm												
51,1	33,2	34,8	35,4	36,6	60,5	85,3	79,3	69,7	74,2	70,1	59,0	689,1
minimaalne sademete hulk, mm												
6,1	5,1	6,8	4,9	4,2	13,0	5,0	9,9	22,8	7,0	5,9	15,1	467,1
maksimaalne sademete hulk, mm												
106,7	103,3	69,8	97,1	95,4	147,0	266,2	177,6	180,9	148,5	126,4	125,3	920,7

Põhjavee juurdevoolu Rummu III karjääri hinnatakse järgmistel tingimustel: pindalaliselt on tegemist poollõpmatu kihiga ja pideva survega järve poolt, mille veetaseme absoluutkõrgus on 21,9 m, ja määratakse järgmise võrrandi järgi (Botšever, 1968):

$$Q = \frac{4\pi \cdot km \cdot S}{R} \quad (3),$$

kus  $S = 21,9 - 21,4 = 0,5$  m, veetaseme alandus;

$k = 4,75$  m/ööp., filtratsioonikoefitsient;

$m = 18$ , põhjaveekihi paksus, m;

$R = 2 \ln \frac{L}{r_n}$  – dimensionita hüdrauliline takistus;

$L$  – kaugus järve veepiirist ammendatava ala keskmeni, m;

$r_n$  – ammendatud süsteemi taandatud raadius, m.

Kaevandatav ala on jaotatud kolme jaoskonda (joonis 1).

Arvutuste tulemused vee juurdevoolu kohta sademete arvel (1) on esitatud karjääri tööaastate kaupa tabelis 2. Valgala  $F$  sisaldab 30-meetrist tervikut.

Tabel 2

Karjääri tööaasta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , m <sup>2</sup>	9120	18 240	27 360	36 480	45 600	54 720	63 840	72 960	82 080	91 200
$W_{sademetes}$ , m <sup>3</sup> /ööp.	13,77	27,5	41,3	55,0	68,8	82,6	96,4	110,0	124,0	137,7

Maksimaalne vee juurdevool lumesulamisperioodil on 170 700 m<sup>2</sup> suuruselt valgalalt võrrandi (2) järgi  $W_{sulavesi} = 43,4$  m<sup>3</sup>/h ehk 1042 m<sup>3</sup>/ööpäevas.

Lumesulamisperiood kestab märtsi 3. dekaadist kuni aprilli 1. dekaadini. Kõik arvutused on tõenäosed ja hinnatud pikaajaliste keskmiste ilmastikunäitajate järgi. See kehtib ka põhjaveelise juurdevoolu osas, kuna maapinnalt esimene veekiht ( $O_2$ ) sõltub aasta ilmastikutingimustest.

Vee juurdevool põhjavee arvel, mis on arvutatud võrrandi (3) järgi, moodustab 1. jaoskonnas  $Q_1 = 455 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ , 2. jaoskonnas  $Q_2 = 680 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$  ja karjääri täieliku ammendamise korral  $Q_3 = 959 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$ . Vee aastane maht ( $W_{\text{põhjavesi}}$ ) põhjavee arvel moodustab:  $W_1 = 125\,125 \text{ m}^3$ ;  $W_2 = 187\,000 \text{ m}^3$ ;  $W_3 = 263\,725 \text{ m}^3$ . Seega moodustub vee maht ammendatud karjääris ( $W_n$ ) sademete arvel ( $W_{\text{sademed}}$ ); põhjaveelisest juurdevoolust ( $W_{\text{põhjavesi}}$ ) ning staatilise vee mahust kivimi poorides ja lõhedes ( $W_{\text{staat}}$ ):  $W_n = W_{\text{sademed}} + W_{\text{põhjavesi}} + W_{\text{staat}}$ .

Ammendatud ala suuruse, lubjakivi kaevandamisel vabanenud ruumi  $W_t$  ja vee bilansi andmed on toodud aastate lõikes tabelis 3 ja joonisel 2.

Kõik arvutused on tehtud vastavalt lähteülesandes antud alandusele  $S = 0,5 \text{ m}$ . Tegelikult hakkab veetaseme alanemine ajas muutuma vastavalt veetaseme muutustele nii järves kui ka karjääris. Veetaseme alanemise täpsemaks reguleerimiseks oleks otstarbekas kaevetööde projektis vaadata läbi variant 30-meetrisele tervikule reguleeriva lüüsi rajamisest, mis oleks võimeline juhtima vett nii töötavasse karjääri kui ka järve.

Kaevandamise mõju ümberkaudsete elanike veevarustusele näitavad ilmekalt Ordoviitsiumi veekompleksi põhjaveetaseme ühekordsed mõõtmised. Vasalemma karjääri töötamise ajal ulatus veetase 5–18 meetrini absoluutkõrgust. Pärast tööde lõpetamist karjääris muutus veetase 16–20 meetrini absoluutkõrgust (tabel 4; joonis 3).

Kui Rummu III veetaset hoitakse absoluutkõrgusel 21,4 m abs, siis järve veetaseme muutuste tingimustest lähtudes (maks 21,9 m, keskmine 21,5 m abs) hakkab veetaseme alanemine toimuma vahemikus (0,1 – 0,5 m). Nimetatud arvutuslik veetaseme alanemine ei ole võrreldav varasema kaevandustegevusega ning kui arvestada ka looduslikku veetaseme amplituudi, siis ei põhjustata veevähenemist ümbruskonna kaevudes.

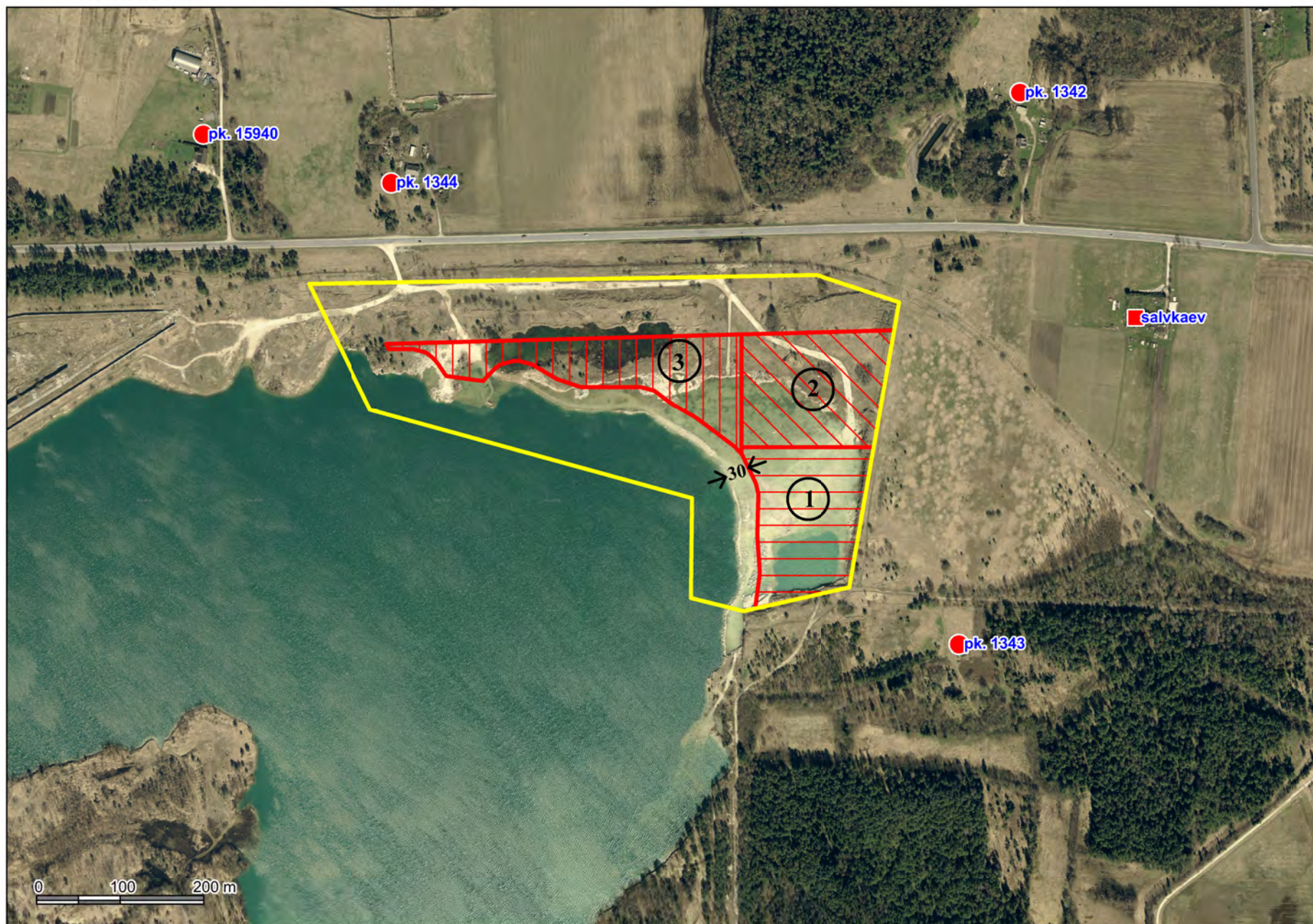
Ordoviitsiumi veekompleksi avavate kaevude puhul näeb käesoleva töö koostaja ette vajadust joogivee kvaliteedi seire osas, välistamaks hilisemaid ja võimalikke väärtõlgendusi. Seiresoovitus tuleneb ka asjaolust, et vastava veekompleksi joogiveekvaliteet võib sõltuda kõige enam kaevude konstruktsioonilisest seisukorrast. Aja jooksul võivad olla kaevude konstruktsioonid deformeerunud või nende rajamisel tehtud mõõndusi. Seire läbiviimise kohaseid soovitusi kirjeldab viimane lõik.

Ei ole välistatud, et pärast lõhkamisi suureneb filtratsioonikoefitsient 30-meetrisel tervikus.

Peame vajalikuks soovitada sisse seada põhjavee- ja pinnavee seire, mis koosneks karjääri veetaseme, juurdevoolu ja vee keemilise koostise vaatlustest. Pärast 2–3 vaatlusaastat selgub

algparameetrite muutus ning selle tulemusel muutub ka prognoosne vee juurdevool. Joogivee seiramil hõlmata kõik kaevud, mis võimaldavad kasutada Ordoviitsiumi veekompleksi. Raadius Rummu III keskpunktist 1500 m. Veeproovid (analüüsida minimaalselt: ammoonium, lõhn, maitse, värvus, hägusus, pH, elektrijuhtivus) ja veetasemed võtta enne kaevandamise algust ning kord kvartalis, lõhkamisele järgneval päeval. Stabiilsete veekvaliteedinäitajate esinemisel 2-3 vaatlusaasta jooksul piirata veeproovide võtmist kord aastale või kaaluda koostöös Keskkonnaametiga seire jätkamise vajalikkust.



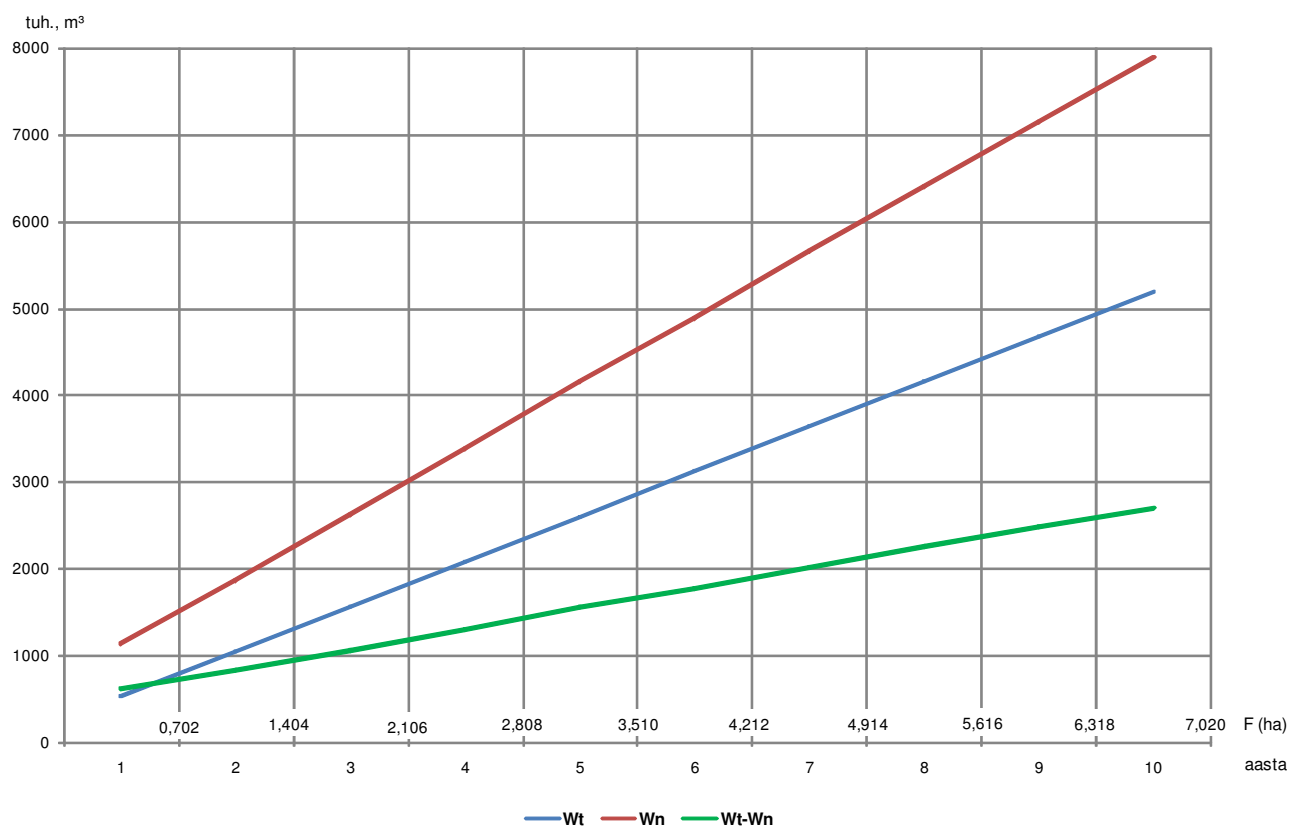


Joonis 1. Lubjakivivaru kaevandamise piirid.

Tabel 3

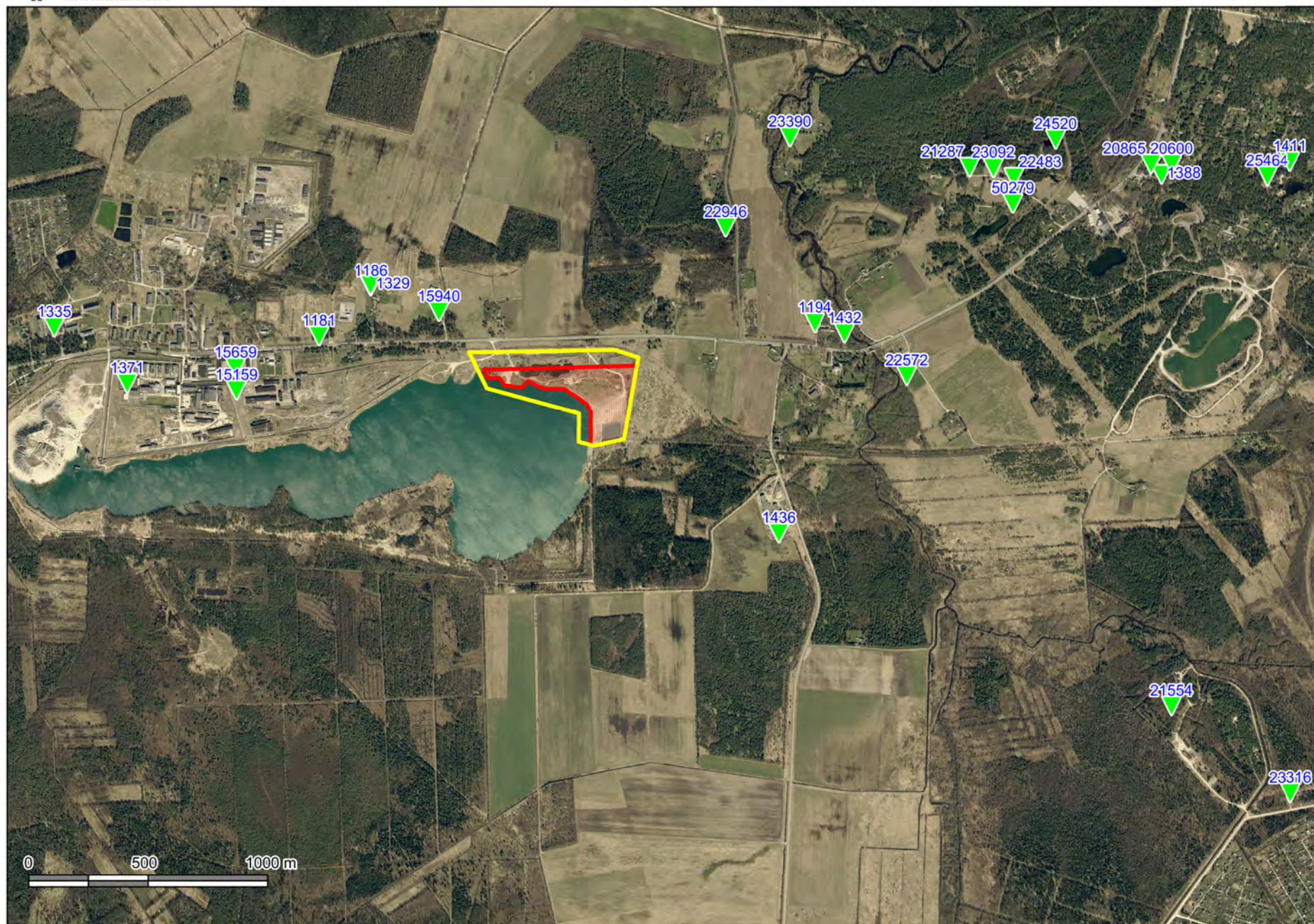
## Vee mahu bilanss Rummu III karjääris

Karjääri tööaasta	Ammendatud ala, m <sup>2</sup> (F)	Kivimi maht vee all abs. kõrgusel 21,4 m, m <sup>3</sup> (W <sub>t</sub> )	Vee maht, m <sup>3</sup> (W <sub>n</sub> )	Ärajuhitud vee maht, m <sup>3</sup> (W <sub>t</sub> -W <sub>n</sub> )	Ärajuhitud vesi, m <sup>3</sup> /ööp.
1	7020	51948	113115	-61167	-222
2	14040	103896	186725	-82829	-301
3	21060	155844	261709	-105865	-385
4	28080	207792	338069	-130277	-474
5	35100	259740	415804	-156064	-568
6	42120	311688	489414	-177726	-646
7	49140	363636	565773	-202137	-735
8	56160	415584	640758	-225174	-819
9	63180	467532	715468	-247936	-902
10	70200	519480	789353	-269873	-981



Joonis 2. Kaevandatud kivimi mahu W<sub>t</sub> sõltuvus ammendatud ala pindalast F ning juurdevoolust W<sub>n</sub> ja ärajuhitud vee mahust.





Joonis 3. Tarbekaevude paiknemine Rummu III karjääri piirkonnas.



Tabel 4

Ordoviitsiumi veekompleksi põhjaveetaseme andmed karjääri mõjupiirkonnas

Pk. katastri number	Maapinna abs. kõrgus, m	Pk. sügavus, m	Puurimise aasta	Põhjaveetasema maapinnalt, m	Põhjaveetaseme abs. kõrgus, m
1181	22,0	50,0	1971	7,50	14,50
1186	20,0	25,0	1974	12,00	8,00
1194	25,0	69,0	1979	11,50	13,50
1329	20,0	30,0	1983	7,50	12,50
1335	25,0	65,0	1954	8,60	16,40
1371	27,0	58,5	1971	1,40	25,60
1388	25,0	45,0	1978	5,50	19,50
1411	27,0	12,6	1950	4,70	22,32
1432	12,0	45,0	1966	7,50	4,50
1436	12,0	60,0	1966	6,20	5,80
15159	26,0	31,0	2000	9,60	16,40
15659	26,0	30,0	2001	9,00	17,00
15940	24,0	25,0	2001	12,00	12,00
20600	21,0	35,0	2004	2,50	18,50
20865	20,0	35,5	2004	1,80	18,20
21287	21,0	25,0	2005	2,00	19,00
21554	21,0	37,0	2005	1,00	20,00
22483	21,0	36,0	2007	2,20	18,80
22572	20,0	17,5	2007	1,00	19,00
22946	22,0	33,0	2007	3,00	19,00
23092	21,0	42,0	2007	3,50	17,50
23316	23,0	30,0	2007	3,00	20,00
23390	20,0	20,0	2007	1,50	18,50
24520	20,8	47,0	2008	2,50	18,30
25464	26,0	35,0	2009	8,60	17,40
50279	22,0	33,0	2011	4,00	18,00