

OÜ Inseneribüroo STEIGER

**Pärnu maakonna
Ristiküla uuringuruumi
geoloogilise uuringu aruanne**
(varu seisuga 01.09.2025)

Töö nr 25/5313

Tallinn 2026

Kinnitan:

Karel Pettai
Osakonna juhataja

/allkirjastatud digitaalselt/

Geoloogilise uuringu tegid:

Sven Siir
Geoloogiainsener

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaja Paat
Joonestaja

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaarel Mänd
Hüdrogeoloog

/allkirjastatud digitaalselt/

ANNOTATSIOON

Pärnu maakonna Ristiküla uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.09.2025).

Aruanne ühes köites, teksti 27 lk, 11 tekstilisa, 2 graafilist lisa, 3 elektroonilist lisa. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104/1, 11216 Tallinn, 2025.

Ristiküla uuringuruumi geoloogilise uuringu Marina Minerals OÜ tellimusel tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER. Ristiküla uuringuruum teenindusala pindalaga 31,82 ha asub Ristiküla külas Saarde vallas Pärnu maakonnas riigile kuuluval kinnistul Lodja metskond 1 (tunnus 71201:001:0450).

Geoloogilise uuringu eesmärk oli Rail Baltica (RB) raudteetrassi muldetööde ehituseks vajamineva täitematerjali otsing ja uuring detailsusega, mis lubab hinnata maavara aktiivse tarbevaruna ning võimaldab hiljem taotleda alale keskkonnaluba maavara kaevandamiseks.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 27 uuringuauku sügavusega kuni 2,4 m. Võeti kokku 26 proovi setete terastikulise koostise määramiseks ning kolmest proovist määrati filtratsioonimoodul. Lisaks tehti 17 proovile orgaanika sisalduse määramine kuumutuskao meetodil.

Uuringuruumi kasuliku kihi moodustavad Võrtsjärve alamkihistu jääjärvelised setted (Q1jrVr_lg) – valdavalt väga peeneteralised liivad, kuid võivad koosneda ka veeristest ja munakatest, kruusast, liivast, aleuriidist, saviliivast, liivsavist, savist. Kvaternaarisetete põhjavesi jääb keskmiselt absoluutkõrgusele 16,3 m.

Töö tulemusena arvutati varu 24,94 ha pindalal neljas plokis (plokid 1 aT ja 2 aT (täiteliiv) ja 3 aT ja 4 aT (ehitusliiv)) aktiivse tarbevaruna. Kaalutud keskmiste näitajate andmeil vastab moodustatud plokkides lasuv liiv ehitusliiva nõuetele, milles peenosiste sisaldus on 4 ploki peale kokku 3,6% ja osakesi läbimõõduga üle 31,5 mm puuduvad. Kuna tegemist on orgaanika sisseuhte horisonti sisaldavate liivadega, siis maavara mõttes on tegemist osaliselt ehitusliiva ja osaliselt täiteliivana. Orgaanika kuumutuskadu varieerub vahemikus 0,4 - 1,6%. Liiva filtratsioonimoodul on 0,4 - 1,0 m/ööp.

Töö tulemusena arvutati varu kokku 24,94 ha pindalal aktiivse tarbevaruna, milles täiteliiva aktiivne tarbevaru on kokku 17,29 ha pindalal 182 tuh m³, sealhulgas veepealset 73 tuh m³ (plokk 1) ja veealust 109 tuh m³ (plokk 2). Ehitusliiva aktiivne tarbevaru on kokku 7,65 ha pindalal 109 tuh m³, sealhulgas veepealset 15 tuh m³ (plokk 3 aT) ja veealust 94 tuh m³. Kasuliku kihi keskmine paksus on täiteliiva plokkides 1,0 m, sealhulgas veepealse 0,4 m ja veealuse 0,6 m. Ehitusliiva plokid on kokku natuke paksemad ehk 1,4 m, sealhulgas veepealne 0,2 m ja veealune 1,2 m.

Eesti Geoloogiateenistusele tehakse ettepanek moodustada Ristiküla liivamaardla ja võtta maavarade registris arvele maavaravaru seisuga 01.09.2025 järgmiselt:

- täiteliiva aktiivset tarbevaru 17,29 ha pindalal 182 tuh m³, sealhulgas veepealset 73 tuh m³ (plokk 1) ja veealust 109 tuh m³ (plokk 2).
- ehitusliiva aktiivset tarbevaru 7,65 ha pindalal 109 tuh m³, sealhulgas veepealset 15 tuh m³ (plokk 3) ja veealust 94 tuh m³ (plokk 4).

Võtmesõnad: geoloogiline uuring, Marina Minerals OÜ, Pärnu maakond, Saarde vald, Ristiküla küla, Ristiküla liivamaardla, liiv, täiteliiv, aktiivne tarbevaru.

Koostas:

Sven Siir

SISUKORD

ANNOTATSIOON	3
1. SISSEJUHATUS	7
2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS.....	8
3. GEOLOOGILINE UURITUS.....	10
4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT	11
4.1. Kaevandite rajamine ja proovide võtmine.....	11
4.2. Laboratoorsed tööd	11
4.3. Topograafilised tööd	11
4.4. Kameraaltööd	12
4.5. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale	13
5. GEOLOOGILINE EHITUS	14
6. MAAVARA KVALITEET	17
7. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED	19
7.1. Kaevandamise keskkonnamõju esialgne hinnang.....	20
8. VARU ARVUTUS	25
8.1 Ploki 1 aT varu arvutus	25
8.2 Ploki 2 aT varu arvutus	25
8.3 Ploki 3 aT varu arvutus	25
8.4 Ploki 4 aT varu arvutus	26
9. KOKKUVÕTE	28
10. KASUTATUD KIRJANDUS	29

TEKSTILISAD

1. Geoloogilise uuringu luba L.MU/523600	30
2. Kaevandite kataloog	32
3. Loodusliku materjali terastikuline koostis (Ristiküla)	33
4. Geoloogilised kirjeldused (Ristiküla).....	38
5. OÜ Inseneribüroo STEIGER labori protokoll.....	41
6. Varu arvutuse tulemused	48
7. Topotööde seletuskiri (Ristiküla)	50
8. Kaevandite likvideerimise akt	51
9. KKA korraldus maa korrastamise akti heakskiitmise kohta	54
10. Vanaraudtee tee teekaitsevööndi kooskõlastus	56
11. Tellija arvamus	58

Eesti Geoloogiateenistuse korraldus varu kinnitamise kohta

GRAAFILISED LISAD

1. Topograafiline ja varu arvutuse plaan. Mõõtkava 1 : 2000
2. Geoloogilised läbilõiked I - I'...III - III'. Mõõtkava hor 1 : 2000, vert 1 : 100

ELEKTROONILISED LISAD

1. Varuploki ruumikuju (Ristiküla ploki piir.dgn)
2. Täiteliiva ploki 1 katendi lamam (isojooned_lasum.dgn)
3. Ehitusliiva ploki 3 katendi lamam (isojooned_lasum.dgn)
4. Täiteliiva ploki 2 lamam (isojooned_lamam.dgn)
5. Ehitusliiva ploki 4 lamam (isojooned_lamam.dgn)

1. SISSEJUHATUS

Geoloogiline uuring Ristiküla uuringuruumis tehti Marina Minerals OÜ tellimisel. Geoloogilise uuringu eesmärk oli otsida ja uurida Rail Baltica (RB) raudteetrassi muldetööde ehituseks vajaminevat täitematerjali ning tööde tulemusel välja selgitada uuringuruumi geoloogiline ehitus, seal levivate purdsetete kvaliteet, kasuliku kihi paksus, selle levik ja maht ning kaevandamistingimused. Geoloogiline uuring tehti detailsusega, mis lubab hinnata maavara aktiivse tarbevaruna ning võimaldab hiljem taotleda alale keskkonnaluba maavara kaevandamiseks.

Keskkonnaameti 22.04.2025 korralduse nr DM-130884-10 alusel väljastati Marina Minerals OÜ-le Ristiküla uuringuruumi geoloogilise uuringu luba nr L.MU/523600 kehtivusajaga kolm aastat (lisa 1).

Välitööl 2025. a augustis rajati roomikekskavaatoriga kokku 26 kaevandit. Kaevanditest võetud proovidest tehti 25 terastikulise koostise analüüsi ja kolm filtratsioonimooduli analüüsi (K-3-1, K-11-1 ja K-23-1). Novembrikuus rajati labida ja käsipuuriga üks uuringuauk (K-27), millest võeti 1 proov terastikulise koostise analüüsiks. Lisaks tehti 17 orgaanikalisandiga proovile põletuskao analüüs (K-2-1, K-3-1, K-4-1, K-5-1, K-6-1, K-10-1, K-11-1, K-12-1, K-13-1, K-14-1, K-16-1, K-17-1, K-18-1, K-20-1, K-22-1, K-24-1 ja K-26-1). Laboratoorsed tööd tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER akrediteeritud ehitusmaterjalide laboratooriumis. Uuringuala mõõdistati instrumentaalselt, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000.

Geoloogilise uuringu välitööd tegi ja uuringuaruande koostas geoloogiainsener Sven Siir. Hüdrogeoloogilise analüüsi tegi Kaarel Mänd. Topograafilise mõõdistamise tegi 2025. a oktoobris geodeet Arles Tehu. Graafilised lisad vormistas ja varu arvutas joonestaja Kaja Paat.

Geoloogiline uuring tehti vastavalt 17.12.2018. a määrusele nr 52 „Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks”.

2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS

Ristiküla uuringuruumi teenindusala pindalaga 31,82 ha asub Ristiküla külas Saarde vallas Pärnu maakonnas riigile kuuluval kinnistul Lodja metskond 1 (tunnus 71201:001:0450), mille sihtotstarve on 75% maatulundusmaa ja 25% kaitsealune maa. Katastriüksuse omanikuks on Kliimaministeerium ja volitatud asutus Riigimetsa Majandamise Keskus (RMK).

Ristiküla uuringuruumist jääb otsesihis lääne suunda ~450 m kaugusele Rail Baltic raudteetrassist (joonis 2.1). Seega on transporditee ehitusobjektini lühike, mis hoiaks kokku ehituskulusid ning vähendab oluliselt transpordist tekkivat keskkonnamõju trassi ehitamisel.

Ristiküla uuringuruumi teenindusala näol on peamiselt tegemist metsamaaga, osaliselt raiesmikuga. Valdavaks metsakoosluseks on sega- ja okaspuu (mänd, kuusk, kask) (foto 2.1). Maapinna reljeef uuringuruumi teenindusalal on tasane, absoluutkõrgused jäävad ligikaudu 17 m tasemele.

Uuringuruumist ~2 km ida suunda jääb Ristiküla (Valga-Uulu tee äärt mööda paiknev asula – ridaküla), mille keskus asub ~4,5 km kaugusel kagu suunas. Uuringuruumist linnulennult ~20 km kaugusele põhja suunas jääb Pärnu linn. Lähimad majapidamised asuvad ~200 m kaugusel põhja suunas Madise kinnistul (71201:001:0216), ~500 m kaugusel kagus Piiri kinnistul (75601:005:0160), ~800 m kaugusel kirdes Kulli kinnistul (75601:005:0097) ja ~850 m kaugusel edelas Ura kinnistul (75601:005:0100).

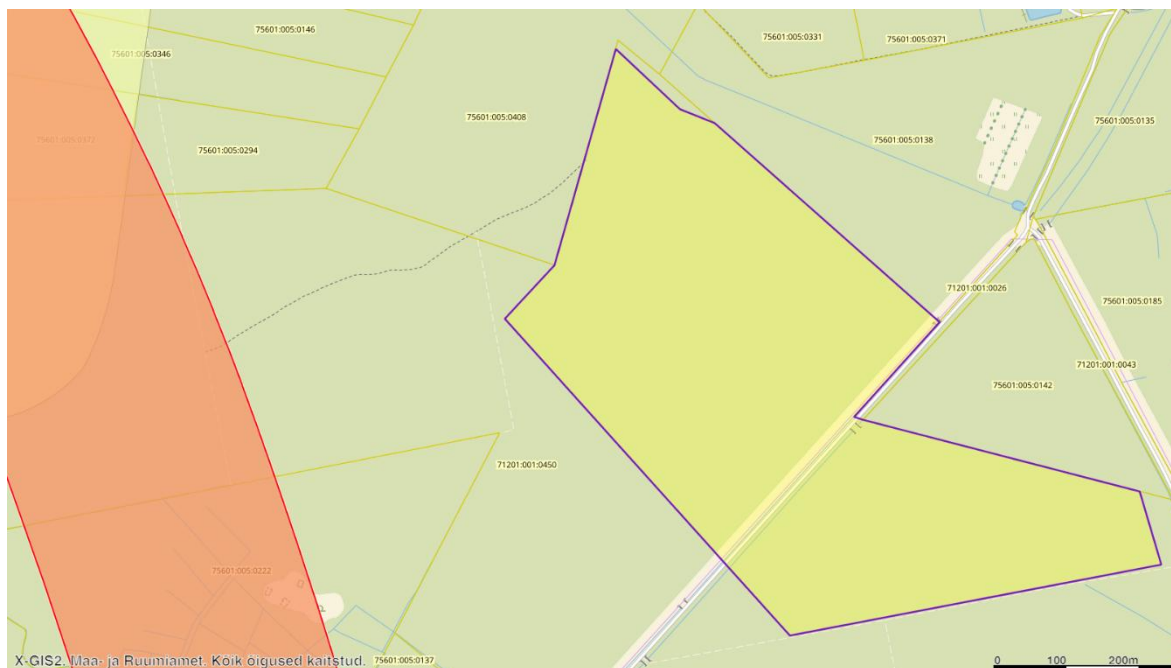
Ristiküla kinnistu ei kattu ühegi maaparandussüsteemiga. Vooluveekoguna asub uuringuruumist idas ja põhjas ~50 m kaugusel Ristiküla peakraav, mis on ühtlasi ka maaparandussüsteemi Ristiküla(TTP-381) (tunnus 6114810020110002) eesvooluks. Ligikaudu 700 m kaugusele läände jääb Ura jõgi (tunnus VEE1148100), kuhu Ristiküla peakraav suubub. Lisaks läbib uuringuruumi kirde-edela suunaliselt kruusakattega tee Vanaraudtee (tunnus 7560543), mille mõlemas servas on vooluvee kraavid.

Ristiküla uuringuruumi teenindusala ei kattu looduskaitse ega Natura 2000 alaga, samuti ei jää siia kaitse all olevate liikide leiukohti ega elupaiku. Lähimad metsa vääriselupaigad piirnevad Ristiküla uuringuruumiga lõunast (VEP205914 ja VEP213127), ~750 m kaugusel edelasuunda (VEP213126), ~1 km kaugusel lõunasuunas ja ~1 km kaugusel lääne suunas asuvad III kategooria kaitsealuse liigi sulgjas õhik (*Neckera pennata*) (KLO9401041; KLO9405586) ja ~1,1 km kaugusele põhja suunda jääb III kategooria kaitsealuse liigi laanepüü (*Tetrastes bonasia*) elupaik (KLO9118991). Lisaks asub ~1 km kaugusel lõunasuunas III kategooria kaitsealuse liigi Wulfi turbasammal (*Sphagnum wulfianum*) (KLO9404874).

Nagu eelnevalt mainitud, läbib uuringuruumi kirde-edela suunaliselt kruusakattega tee Vanaraudtee (tunnus 7560543), mis ~1,2 km kauguselt kirde suunas ristub Valga-Uulu põhimaantee (tunnus 5042897). Elektriõhuliin 1-20 kV (Keskpingeliin) AS-35 paiknev uuringuruumi läbiva tee Vanaraudtee põhjapoolses küljes, mille piiranguvöönd on elektriõhuliinist mõlemale poole 10 m. Piiranguvööndis olevad alad jäävad uuringuraames moodustatud maavara varu plokkidest välja.

Kogu Ristiküla uuringuruum kattub Rapla- ja Pärnumaa maavarade teemaplaneeringu uuringuruumiga (U1638).

Ristiküla uuringuruumile lähimad maardlad on Vangu ja Tõitoja liivamaardlad (registrikaardi nr vastavalt 750 ja 946), mis mõlemad asuvad vastavalt 5 ja 6 km kaugusel kagu suunas.



Joonis 2.1. Ristiküla uuringuruumi asukoha plaan koos läänest külgneva tulevase Rail Balticu trassiga (punaselt). Plaani koostamisel on kasutatud Maa- ja Ruumiameti kaardirakendust.

Ristiküla uuringuruumile lähim puurkaev (PRK0070224) asub Ristiküla uuringuruumist umbes 1 km kaugusel idas Mõtuse (75601:005:0099) kinnistul.

Lähim geodeetiline märk (ID 311) asub kirde suunas umbes 1,25 km kaugusel Kastani kinnistul (71201:001:0491).

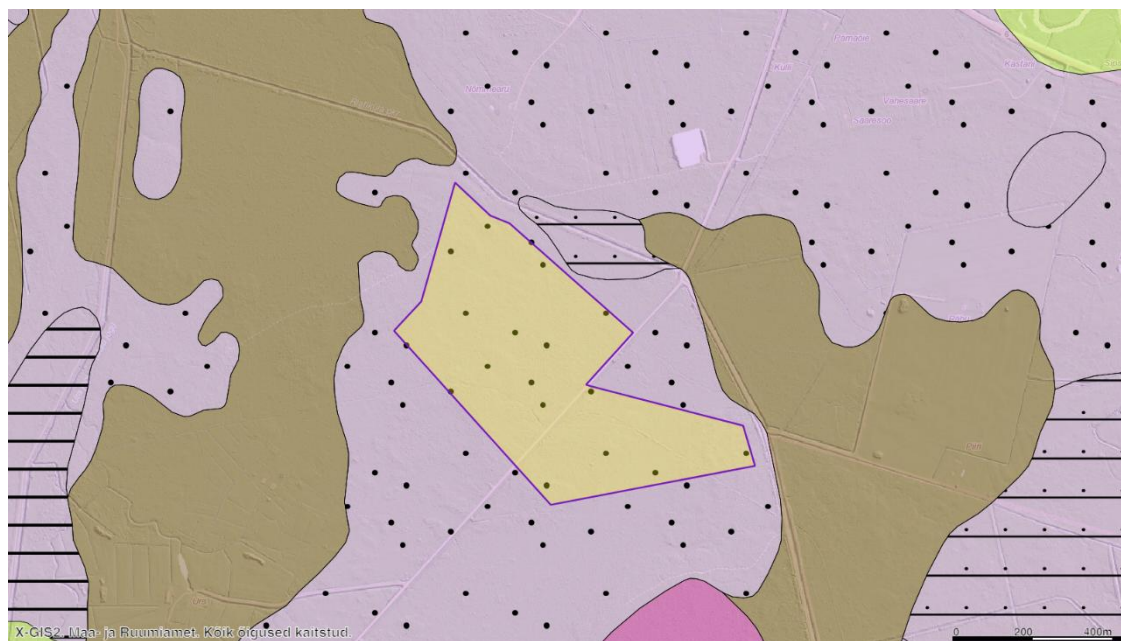


Foto 2.1. Vaade Ristiküla uuringuruumile ida servast (K-19) (Foto: Sven Siir, august 2025, 58°11'20.2"N 24°44'02.6"E).

3. GEOLOOGILINE UURITUS

Ristiküla uuringuruumis varasemalt rakendusgeoloogilisi uuringuid tehtud ei ole. Maa- ja Ruumiameti kaardirakenduses oleva mullastiku kaardi alusel on uuringuruumi piires kattepinnaseks leede-turvastunud muld, gleistunud leetunud muld, leostunud gleimuld, leostunud ja leetjad geimullad, leetunud ja leede gleimullad. Lõimise poolest esineb alal kattepinnasena peenliiv, väikese alana loodes liivsavi.

Ristiküla uuringuruum jääb Pärnu kaardilehtedele (5314 ja 5332), mille pinnakatte geoloogiline kaart mõõdus 1 : 50 000 koostati 2021. a Eesti Geoloogiateenistuse poolt (Ploom jt, 2021). Stratigraafilis-geneetilise settetüübiks on valdavalt Võrtsjärve alamkihistu jääjärvelised setted (Q1jrVr_lg), mis geoloogilise kaardistamise andmeil võivad koosneda veeristest ja munakatest, kruusast, liivast, aleuriidist, saviliivast, liivsavist, savist. Uuringuruumi settetüübiks on enamasti peenliiv (joonis 3.1). Geoloogilise kaardistamise andmetel võib uuringuruumis leiduda liiva setteid paksusega keskmiselt 1 m. Uuringuruumi sisse ja selle vahetus lähedusse jäävad mitmed pinnakatte vaatluspunktid, sügavusega 0,7 kuni 1,7 m, kus materjali on kirjeldatud kui peenliiva ja ühes vaatluspunktis ka kui jämeliiva.



Joonis 3.1. Maa-Ruumiameti geoloogilise kaardi 1 : 50 000 alusel levivad valdavalt antud alal Võrtsjärve alamkihistu jääjärvelised setted ehk moreenid.

Kasuliku kihi lamamiks on savimoreen (Q1jrVr_g) või aluspõhja kivimid, mis on esindatud Kesk-Devoni ladestiku Narva kihistu (D2nr) dolokivide- ja domeriidikihtidega mis vahelduvad savi- või aleuroliidi vahekihtidega. Kesk-Devoni Narva lademe aleuroliidid ja savid moodustavad ülemise veepideme, mistõttu piirkonnas on põhjavesi looduslikult suhteliselt kaitstud. Kuna tegu on liigniiske alaga, võib eeldada, et pinnakattes esineva kvaternaarisetete põhjavee tase on piirkonnas kõrge ja maavara lasub osaliselt vee all.

4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT

Geoloogilise uuringu metoodikas lähtuti 17.12.2018. a määruse nr 52 „Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks” toodud nõuetest.

4.1. Kaevandite rajamine ja proovide võtmine

Kaevandid rajati ekskavaatoriga vahemikus 28.-29.08.2025. Kaevetööd tegi OÜ AmEst Invest. Kaevandite koguarvuks tuli 26, millest 2 kaevandist proove ei võetud, kuna kasulik kihi paksus jäi alla poole meetri. Lisaks rajati 12.11.2025 uuringuauk K-27 labida ja käsipuuriga. Uuringuaukude sügavused uuringul ulatusid 0,7 - 2,4 meetrini, keskmiselt 1,5 m (lisa 2). Uuringuaukude vaheline kaugus oli 70 - 200 m.

Kaevandid likvideeriti kohe pärast geoloogilise läbilõike kirjeldamist ja proovide võtmist. Kaevandite likvideerimiseks kasutati väljatõstetud materjali, maapind tasandati ning taastati uuringueelne seisund, mille kohta on koostatud vastav akt (lisa 8), mille on heaks kiitnud Keskkonnaamet (lisa 9).

Välitööde käigus võeti uuringuaukudest kokku 26 proovi setete terastikulise koostise määramiseks. Kahest kaevandist (K-1 ja K-25) proove ei võetud, kuna kasuliku kihi paksus polnud kaevandamiseks piisav. Analüüsitud proovide pikkus oli 0,4 - 2,1 m, keskmiselt 1,1 m (lisa 2). Proovid võeti kogu kasuliku kihi ulatuses.

4.2. Laboratoorsed tööd

Laboratoorsed tööd tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboratooriumis (EAK L202). Sõelanalüüsiks kasutati standardile EVS-EN 993-1 vastavaid ja uuringukorras nõutavaid sõelu ava läbimõõdutega 125; 80; 63; 40; 31,5; 20; 16; 12,5; 8; 6,3; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 ja 0,063 mm. Lisaks tehti viiele proovile analüüsid 0,02 mm sõelaga. Filtratsioonimoodul määrati standardi EVS 901-20 järgi ja kuumutuskadu määrati standardi EVS-EN 1997-2:2007 järgi (lisa 5).

Välitööde käigus võeti uuringuaukudest kokku 26 proovi setete terastikulise koostise määramiseks, millest kõigile tehti lõimiseanalüüs (lisa 3). Lisaks lõimisele määrati 3 proovis filtratsioonimoodul ja 17 proovis orgaanika kuumutuskadu (lisa 5).

4.3. Topograafilised tööd

Uuringuruumi teenindusala ja selle lähiümbruse topograafilise mõõdistuse tegi 2025. a oktoobris OÜ Inseneribüroo STEIGER, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000. Mõõdistamine tehti reaajas kinemaatilise GPS positsioneerimisega, seadmega Trimble R12i GNSS. Mõõdistamise alusena kasutati Trimble VRS Now püsijaamade võrku ja tahhümeetrist mõõdistust. Mõõdistamine tehti L-Est 97 koordinaatide süsteemis, kõrgused EH2000 süsteemis. Plaan koostati ja uuringuruumi pindala määrati nurgapunktide koordinaatide alusel programmiga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Varu arvutamiseks kasutati eelmainitud programmi. Täpsemad andmed topograafilise mõõdistuse kohta on esitatud topograafilise mõõdistamise seletuskirjas (lisa 7).

4.4. Kameraaltööd

Geoloogilise uuringu tegemisel lähtuti keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusest nr 52 „Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks”.

Antud määruse järgi saab maavara kasutuselaks määrata ehituskruusa, kui ta vastab järgmistele põhinõuetele:

- osakeste sisaldus läbimõõduga üle 31,5 mm $\geq 35\%$;
- peenosiste (osakesed läbimõõduga alla 0,063 mm) sisaldus $\leq 12\%$;
- purunemiskindluse kategooria on Los Angelese katsel ≤ 35 (fraktsioonil 10/14 mm) (standardi EVS-EN 1097-2 järgi).

Maavara käsitletakse ehitusliivana, kui ta vastab järgmistele põhinõuetele:

- peenosiste (osakesed läbimõõduga alla 0,063 mm) sisaldus $\leq 5\%$;
- osakeste sisaldus läbimõõduga üle 31,5 mm $\leq 35\%$.

Mainitud nõuetele mittevastavat setendit nimetatakse täiteliivaks või täitekruusaks.

Purdmaterjali kirjeldamisel on kasutatud Sinisalu ja Kleesmenti poolt 2002. a koostatud purdsetete klassifikatsiooni (tabel 4.1), mis on võetud aluseks ka geoloogilisel kaardistamisel mõõtkavas 1 : 50 000.

Kameraaltööde käigus tehti topograafiline ja varu arvutuse plaan, plaani juurde kuuluvad geoloogilised läbilõiked ja geoloogilise uuringu aruanne. Varu arvutuse plaani (mõõtkava 1 : 2000) ja geoloogilised läbilõiked on koostatud programmiga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Pinnamudelid ja mahumäärangud on tehtud triangulatsiooni meetodiga. Kasuliku kihi keskmiste sisalduste näitajad varu plokkides arvutati kaalutud keskmise meetodil.

Tabel 4.1. Purdsetete klassifikatsioon (Sinisalu, Kleesment, 2002)

Terasuuruse skaala		Sette nimetus	
φ	mm		
< -9	>512	Rahn	
-8...-9	256...512	suur	Veeris
-7...-8	128...256	keskmine	
-6...-7	64...128	väike	
-5...-6	32...64	väga jäme	Kruus
-4...-5	16...32	jäme	
-3...-4	8...16	keskmine	
-2...-3	4...8	peen	
-1...-2	2...4	väga peen	
0...-1	1...2	väga jäme	Liiv
1...0	0,5...1	jäme	
1...2	0,25...0,5	keskmine	
2...3	0,125...0,25	peen	
3...4	0,063...0,125	väga peen	
4...5	0,063...0,032	väga jäme	Aleuriit
9...6	0,032...0,016	jäme	
6...7	0,016...0,008	keskmine	
7...8	0,008...0,004	peen	
8...9	0,004...0,002	väga peen	
>9	<0,002	Savi	

4.5. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale

Ristiküla uuringuruumi geoloogiline uuring tehti vastavuses keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusele nr 52 ja 07.04.2017. a määrusele nr 12: “Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm”.

Geoloogilised välitööd (kaevandite rajamine ja veetasemete mõõtmine) tehti spetsiaalselt selleks ettenähtud tehniliselt korras agregaatide ja instrumentidega. Kütuse ega õli mahajooksu ei olnud. Geoloogilise uuringuga järgiti rangelt kõiki keskkonnakaitse ja ohutustehnika nõudeid. Geoloogilise uuringuga ei kasutatud keskkonnaohtlikke materjale ega aineid ning ei reostatud põhjavett. Pärast välitöö lõppu kaevandid likvideeriti nõuetekohaselt ja taastati uuringueelne seisund. Kaevandamisjäätmeid uuringu tulemusel ei tekkinud. Geoloogiliste töödega olulist mõju keskkonnale ei avaldatud.

5. GEOLOOGILINE EHITUS

Ristiküla uuringuruumi teenindusala paikneb Lääne-Eesti madalikul. Kogu kunagise rannaala piires levib moreenil (sh plastne savi ja rähkne lubjakivi) savika kuni puhta, kohati kruusaka liiva kompleks, kus kvaternaarisetete paksus geoloogilise uuringu andmete põhjal ulatub 2,2 meetrini. Maapinna reljeef uuringuruumi teenindusalal on tasane, absoluutkõrgused jäävad 16,5 - 17,5 m tasemele.

Katendi paksus on 0,1 - 0,3 m (keskmine 0,2 m). Katendi moodustab kasvukiht – muld ja juured.

Kasuliku kihi moodustavad helehall (leostunud või leetjas liiv) kuni tumepruun (orgaanika lisandiga liiv), valdavalt siiski helebeež liiv (fotod 5.1 ja 5.2). Leostunud/leetjatele liivadele on omane orgaanika sisseuhte horisont, mida hilisemal kaevandamisel pole võimalik edukalt kasulikust kihist välja eraldada, sest ülemineku piir on raskesti määratletav. Lõimisanalüüside tulemusel on kasulikuks materjaliks väga peen liiv (0,125 - 0,063), mõnes üksikus kaevandis leidis ka vähesel määral kruusaosist. Kasuliku kihi sügavuse suurenedes muutub liiv peenemaks ning kasuliku kihi lamamiks on savikas moreen.



Foto 5.1. Kogu läbilõige kaevandist K-12. (Foto: Sven Siir, 28.08.2025, 58°11'07.3"N 24°44'03.1"E).



Foto 5.2. Kogu läbilõige kaevandis K-2. (Foto: Sven Siir, 28.08.2025, 58°11'10.1"N 24°43'47.5"E)

Uuringuruumi loode- ja kagupoolsel alal kasulik kiht puudus – katendi alt algas lamamina savikas moreen (K-1, 7, 15 ja 25) (foto 5.3).

Kirjeldatud materjal – väga peeneteraline liiv moodustab uuringuruumi kasuliku kihi, mille paksus on kaevandite andmeil maksimaalselt 2,1 m (K-11). Kasuliku kihi paksus väheneb uuringuruumi keskelt loode ja ida suunas, asendudes kaevandites K-1, 7, 15, ja 25 suuresti savimoreeniga. Kasuliku kihi lõimise keskmisi näitajaid on iseloomustatud maavara kvaliteedi peatükis.

Liivalasundi lamamiks on puna-sinakas-hall, sitke-plastne savimoreen (Q1jrVr_g). Kasuliku kihi lamamipind on kohati lauglev kuid enamasti tasane, jäädes absoluutkõrguste 14,4 - 16,6 m vahemikku (keskmiselt 15,5 m).



Foto 5.3. Katend, millele järgneb koheselt savimoreenne lamam (K-25). (Foto: Sven Siir, 28.08.2025, 58°11'07.2"N 24°44'25.4"E).

Tabel 5.1. Ristiküla uuringuruumi geoloogilise läbilõike koondtabel

Nimetus	Geoloogiline indeks	Kihi paksus (kaevandites fikseeritud), m		
		miinimum	maksimum	keskmine
Kasvukiht ja juured	Q ₂ s / Q ₂ b	0,1	0,3	0,2
Väga peenliiv	Q ₁ jrVr_lg	0,2	2,1	1,1
Savi, savimoreen	Q ₁ jrVr_g	0,1	0,6+	

Uuringupiirkonnas on hüdroteoloogilises läbilõikes maapinnalt esimeseks veekihtiks Kvaternaari veekompleks, mille moodustab kasuliku kihi peenliiv. Liiva lamamiks on vähese veejuhtivusega savi või savimoreen, mis isoleerib Kvaternaari veekompleksi sügavamatest veekihtidest. Kvaternaari setete põhjavesi on survetu ja toitub sademetest. Põhjavee tase jäi uuringuaegsete mõõtmiste andmetel (28.-29.08.2025 ja 12.11.2025) 0,1 - 1,5 m sügavusele maapinnast, absoluutkõrgustele 15,7 - 17,1 m (keskmine 16,3 m). Uuringuala lähedastes kraavides jäi oktoobris 2025 veetase 15,7 - 16,6 m abs kõrgusele (keskmiselt 16,2 m). Kvaternaari põhjaveekompleksist toituvad piirkonna salvkaevud. Maapinnalähedase põhjavee voolusuund jälgib üldiselt maapinna reljeefi ja vooluveekogusid ning on seega suunatud idast kulgevasse Ristiküla peakraavi, mis omakorda suubub ~1,5 km kauguselt loodes Ura jõkke.

Esimene aluspõhjaline põhjavesi levib Kesk- kuni Alam-Devoni ladestiku Pärnu kihistu liivakivides (Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleks), mida isoleerivad sügavamatest veekihtidest lisaks Kvaternaari savimoreenile ka Kesk-Devoni ladestiku Narva kihistu savid ja dolomiidid (kuigi osaliselt võivad Narva kihistu aleuroliidikihid ning suhteliselt maapinna lähedal lasuvad lõhestunud dolomiidid olla Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleksiga hüdrauliliselt seotud). Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 50 000 geoloogilise baaskaardi alusel on aluspõhjaline põhjavesi looduslikult hästi kaitstud maapinnalt lähtuva punkt- või hajureostuse suhtes. Seda tagab nii Narva kihistu poolt pakutav kaitse kui ka asjaolu, et piirkonnas on Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleksi survetase maapinnast kõrgem, mille tõttu on põhjavee (ning ka potentsiaalse reostuse) liikumissuund pinnavette, mitte sügavamatesse veekihtidesse. Aluspõhjalise põhjavee regionaalne voolusuund on läände-loodesse, Liivi lahe suunas. Piirkonna puurkaevud tarvitavad valdavalt Pärnu kihistu põhjavett (Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas).

6. MAAVARA KVALITEET

Ristiküla uuringuruumi moodustatud maavaravaruplokkide 1, 2, 3 ja 4 aT kvaternaarisetete kvaliteedi hindamisel on aluseks uuringu 21 uuringuauku 21 proovi andmed. Kuna kasuliku kihi paksus on väike jäädes põhjapoolses lahustükis 1,0 m juurde ning lõunapoolses lauhustükis natuke paksem, jäädes 1,4 m juurde. Kuna tegemist on õhuksete maavaravaru kihtidega, siis antakse sama kvaliteedi kirjeldus veepealsele ja -alusele osale. Maavara kvaliteedi hindamisel on välja jäetud 3 kaevandi (K-7, K-8 ja K-9) andmed, mis ei mahtunud tellija poolt soovitud pindalasse ja 3 kaevandit (K-1, K-15 ja K-25), mille näitajad ei kvalifitseerinud uuringu tellija poolt esitatud tingimusele, et kasuliku kihi paksus ei oleks väiksem kui 0,5 m. Proovide laboratoorsete uuringute tulemused ning nendega tehtud arvutused on esitatud tekstilisades 3 ja 5.

Liivas veerised (>64 mm) puuduvad, kuid kruusaosakesi ($2...64$ mm) leidub keskmiselt 1,6%. Liivaosist on keskmiselt 94,9% ja valdav on väga peeneteraline liiv ($0,125...0,063$ mm – 73,5%). Peenosise sisaldus ($<0,063$ mm) on keskmiselt 3,6% (1,4 - 7,0%). Lisaks määrati viiele proovile (K-2-1; K-20-1; K-21-1; K-26-1 ja K-27-1) fraktsiooni sisaldus sõelaga 0,02 mm, mille tulemused jäävad vahemikku 0,9 - 2,3% (lisa 3).

Visuaalsel hinnangul sisaldasid suurem osa uuringuauke orgaanikat sisaldava materjali ~10 - 30 cm paksust kihti. Kuumutuskao meetodil 17 orgaanikat sisaldavast proovist määratud orgaanilise aine sisaldus jäi vahemikku 0,4 - 1,6% (keskmine 0,9%). Rail Baltica viaduktide ning ökoduktide konstruktsiooni täitematerjal võib orgaanilisi aineid sisaldada kuni 2% ulatuses.

Suuremas osas kaevandites leidub vahetult kattekihi alt helehalli leostunud või leetjat liiva, mis kvalifitseerub peenosise alusel ehitusliivaks ehk peenosise sisaldus jääb alla 5%. Samas paikneb leostunud/leetjate liivades vähesel määral juuri ning leostunud või leetjate liivade all asub enamasti 10 - 30 cm paksune huumuslik tumepruun horisont. Kuna kasuliku materjali kihi paksused on õhukesed, siis proovid võeti kogu kihi ulatuses (k.a orgaanikarikas horisont).

Eelpool kirjeldatud andmed on koondatud koondtabelisse 6.1.

Ehkki kirjeldatud liiv on lõimiselt mõnevõrra erinev, siis maavara seisukohast on moodustatud maavaravaru plokkides valdavalt läbilõikes tegu ehitusliivaga, milles peenosise ($<0,063$ mm) sisaldus on 1,4 - 7,0%, keskmiselt 3,6% (tabel 6.1). Jämeperdse materjali terasuurusega $\geq 31,5$ mm sisaldus on 0,0%.

Kuna läbivalt on tegemist orgaanikat sisaldavate liivadega (kasulik kiht sisaldab orgaanilise materjali sisseuhte horisonti), siis põhjapoolse lahustüki materjal, mille keskmine orgaanika sisaldus ületab 1% ei kvalifitseeru ehitusliivaks, vaid täiteliivaks. Lõunapoole lahustüki orgaanilise aine sisaldus jääb keskmiselt 0,6% peale, mis sobib ka ehitusliivaks.

Tabel 6.1. Ristiküla uuringuruumi moodustatud maavaravaru plokkides leidunud setete põhinäitajate koondtabel

Plokkide 1 aT, 2 aT, 3 aT ja 4 aT näitajad	Purdsetete klassifikatsioon (Sinisalu, 2002)				Maavara kasutusala määrus nr 52		
	veerised	kruus	liiv	peenosis	kruus	liiv	peenosis
	>64	2...64	0,063...2	<0,063	>31,5	0,063...31,5	<0,063
<i>min</i>	0,0	0,0	74,2	1,4	0,0	93,0	1,4
<i>max</i>	0,0	20,6	98,6	7,0	0,0	98,6	7,0
<i>kesk</i>	0,0	1,6	94,9	3,6	0,0	96,4	3,6

Lisaks lõimisele määrati kolmes proovis liiva filtratsioonimoodul. Nii nagu eeldada võis ja nagu laboriandmetest selgus (lisa 5), siis filtratsiooniomadused on vaid vähese erinevusega väga peenel ja peenel liival, jäädes vahemikku 0,4 - 1,0 m/ööp.

Filtratsioonimooduli määramisel võeti aluseks savi-tolmu (<0,063 mm) osakeste sisaldus proovis: K-11-1 (2,9% ja filtratsioonimoodul 1,0 m/ööp), K-3-1 (3,6% ja filtratsioonimoodul 0,6 m/ööp) ja K-23-1 (5,6% ja filtratsioonimoodul 0,4 m/ööp).

17-le silma järgi orgaanika rikkamale proovile, tehti orgaanika sisaldust määrav analüüs põletuskao alusel. Tulemustest järeldub, et orgaanika sisaldus varieerub põhjapoolses lahustükis (1 aT ja 2 aT) 0,5% - 1,6% (keskmiselt 1,02%) ning lõunapoolses lahustükis (3 aT ja 4 aT) 0,4% - 0,9% (keskmiselt 0,6%).

Tehtud laboratoorsed analüüsid iseloomustavad loodusliku materjali kvaliteeti, mitte tulevaste toodete kvaliteeti. Looduslikul kujul on Ristiküla uuringuruumi liiv väga peeneteraline ning peenosise sisalduse ja orgaanika olemasolu alusel sobib valdavalt kasutamiseks täitematerjalina.

7. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED

Mäetehnilised tingimused Ristiküla uuringuruumis lasuva maavara kaevandamiseks ei ole keerulised. Uuringuruumile on hea juurdepääs – uuringuruumi läbib Vanaraudtee tee (tee nr 7560543), mille teekaitsevööndi kohta on kooskõlastus (lisa 10). Vanaraudtee tee ristub ~1 km kaugusel kirdes põhimaanteega Valga-Uulu tee (tee nr 6).

Kattekihi paksus on aktiivsetes tarbevaruplokkide 1 aT ja 3 aT peal õhuke, jäädes keskmiselt 0,2 m juurde. Enamasti leidub kattekihi alla moodustatud aktiivsetes tarbevaru plokkides ~10 - 20 cm paksune leostunud või leetja liiva horisont (leostunud/leetja liiva horisont sisaldab taimejuuri), millele järgneb leostunud/leetjast liivast välja pestud kontsentreeritud orgaanikarikkam vahekiht (fotod 5.1 ja 5.2). Leostunud/leetjatest liivadest välja pestud huumuskihi paksused jäävad kaevandite alusel enamasti vahemikku ~10 - 20 cm, kohati aga kuni 30 cm juurde.

Kasuliku kihi paksus 0,7 - 2,1 m, keskmiselt 1,2 m, katenditegur on 0,2. Kasuliku kihi lamamipind on kohati lauglev, kohati tasane, jäädes absoluutkõrguste 14,4 - 16,0 m vahemikku. Põhjavee tase jääb 0,2 - 1,5 m sügavusele maapinnast, absoluutkõrgustele 15,7 - 16,9 m (keskmiselt 16,3 m). Veetase kraavidest võetuna jäi vahemikku 15,7 - 16,6 m (keskmiselt 16,2 m). Mõõdistamise ajal (oktoober 2025. a) oli vett kuivenduskraavides, mis läbisid maavara varu plokkide kirde-edela suunaliselt, ~0,3 m (veetase kraavis abs kõrgusel 16,2 m). Kraavide sügavused on keskmiselt alla 1 m. Kuivenduskraavide vesi on juhitud uuringuruumist idas asuvasse Ristiküla peakraavi.

Võttes aluseks keskmise põhjavee abs taseme (16,3 m), jääb kasulik kiht suuremas osas vee alla ploki lõunaosas paikneval lahustükil. Põhjapoolses lahustükis on veepealse ning veealuse maavara varu maht küllaltki võrdne, vastavalt 0,4 m ja 0,6 m.

Maavara kaevandamisel on võimalik mõnel määral isevooluliselt langetada karjääri veetaset. Uuringuruumi läbiva tee äärsete kraavide põhi on kõrgusel ~15,5 m abs, seega on võimalik võrdlemisi vähese süvendamisega langetada veetase ~0,7 m võrra. Alternatiivselt on Ristiküla peakraavi veetase 50 m uuringuruumi põhjanurgast ~15,0 m abs (paarsada meetrit ülesvoolu ka ~14,0 m abs). Juhtides vee sinna on mõnevõrra suurema kraavide süvendamise abil seega võimalik keskmist veetaset langetada ka ~1,5 m jagu, mil puhul oleks praktiliselt kogu varu veepealne. Täpne kuivendusskeem koostatakse kaevandamise projekti käigus.

Karjääri avamisel tuleb esmalt langetada mäeeraldisel kasvav mets, juurida kannud, seejärel koorida mullakiht. Kattekihi saab eemaldada ekskavaatoriga või buldooseriga ning vallitada mäeeraldisel teenindusmaale kuni 3 m kõrgustesse aunadesse. Säilitamiseks mulla bioloogilist aktiivsust ei tohi aunasid tihendada. Kasvukihti (mulda) saab kasutada karjääri hilisemal bioloogilisel korrastamisel. Tulevase karjääri alal võimalik maavara kaevandada roomikekskavaatoriga.

Kaevandamise tulemusel kujuneb karjäärisüvend mille nõlva kõrgus varieeruks olenevalt maavara varu paksusest 1 - 2 m vahemikus. Kaevandamisel jäetakse nõlvadele vajalike kaldega tervikud, mis tagavad nõlvade püsivuse. Karjääri põhi jääb suhteliselt tasane, põhja absoluutkõrgused jäävad 14,4 - 16,0 m vahemikku (keskmiselt 15,4 m). Kaevandamisjärgselt jäävad piirkonna põhjaveetaset määrama ala läbivad kraavid, mille tõttu sõltub kaevandamisjärgne põhjaveetase sellest, mil määral

uuringuruumi läbivaid kraave süvendatakse. Minimaalse süvendamise puhul võib põhjaveetase langeda kõrguseni ~15,8 m abs.

Mäetöödel järgitakse kehtestatud norme ja eeskirjasid (sh müratasemete normtasemed, pinnase reostumise vältimine, tolmu vältimine jms). Kaevandamise loa taotluse koostamise etapis käsitletakse kaevandamise tehnoloogiat ja sellega kaasnevaid häiringuid vääriselupaikade suhtes detailsemalt. Karjääri rajamiseks koostatakse vastav projekt. Pärast maavaravaru ammendamist tuleb karjääriala korrastada.

Põhjavee tasemete andmete põhjal jääb umbes pool kasulikust kihist vee peale (põhjaosas), kuid uuringuruumi lõunaosas asuvate plokkide lahustüki ala võib vajada hiljem tagasitäidet, et ala oleks võimalik korrastada metsamaaks. Põhjalikumalt käsitletakse seda küsimust keskkonnaloa taotluses. Ühe võimalusena on võimalik kvaternaarisetete põhjavett kraavitusega isevooluliselt alandada, süvendades kraave ning juhtides vett Ristiküla peakraavi. Sellist veetaseme reguleerimist võib jätkata ka pärast maavaravaru ammendamist, võimaldades ala korrastada metsamaaks (veetase maapinnast 0,7 m sügavusel). Teise võimalusena korrastamiseks metsamaaks on rakendada karjäärisüvendi täitmist püsimateerjalidega ja jätmetega.

Kaevandamisega rikutud maa korrastatakse korrastamisprojekti alusel, mille koostamisel lähtutakse Keskkonnaameti, kohaliku omavalitsuse ja maaomaniku poolt esitatud tingimustest. Korrastamisprojekti koostamisel leitakse karjääri korrastamiseks läbimõeldult mõistlikud lahendused.

7.1. Kaevandamise keskkonnamõju esialgne hinnang

Uuringuruumis ei ole Natura 2000 alasid või looduskaitsealasid. Kuiva aja probleem tolmuga on lahendatav toodangu, karjääriala ja teede niisutamisega. Nii tolmu kui ka müra osas lähtutakse kehtestatud normidest ja piirangutest. Eeltoodud põhjendusi arvesse võttes ei oma planeeritav kaevandamistegevus suurt keskkonnamõju.

Keskkonnakaitse ja ohutustehnika nõuetest kinni pidamise korral ei kahjusta mäetööde tegemine oluliselt piirkonna ökoloogilisi tingimusi.

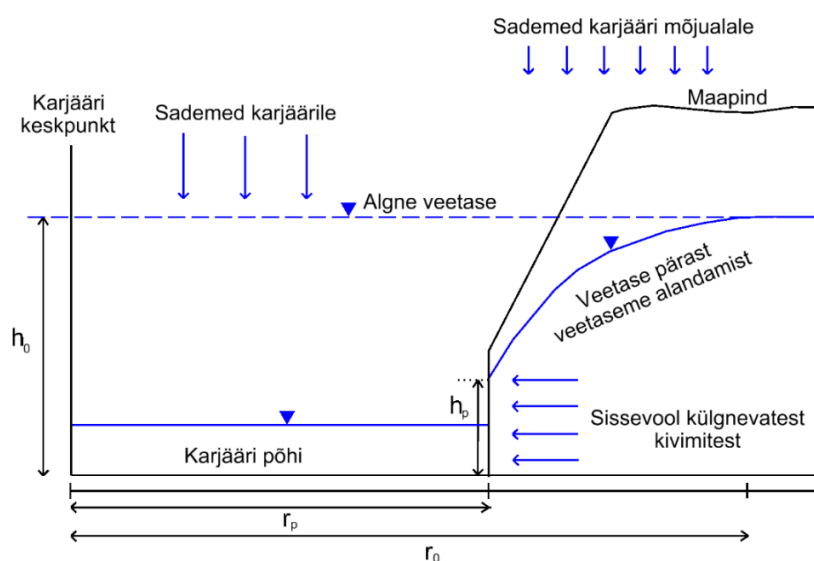
Ehitusmaavarade kaevandamisel ei kasutata keskkonnaohtlikke aineid, karjäärist välja juhitud vesi koosneb karjäärile ja selle valgalale langevast sademeveest ja karjääri külgedelt ja põhjast väljuvast põhjaveest. Põhiline saasteaine, mis kaevandamisel tekib ja veekeskkonda satub, on pinnase peenosakesed ehk heljum, mis suurendavad vette sattudes vee hägusust. Põhjaveekihi heljum olulisel määral ei levi, kuna veevoolukiirus pinnasepoorides on suurusjärke väiksem kui maapinnal ning heljum immobiliseerub pinnases vaid lähimate meetrite raadiuses karjäärist. Heljumi kontsentratsiooni vähendamiseks karjäärist välja juhitud vees tuleb rajada piisavalt dimensioneeritud ja regulaarselt puhastatav settetiik, kus heljum enne vee eesvoolu ja suublasse saatmist suuresti välja settiks.

Põhiline reostusohu ehitusmaavarade kaevandamisel tuleneb rasketehnika avariidest, mil puhul võib vette sattuda naftasaadusi. Avariiohtu saab elimineerida masinapargi nõuetekohase hoolduse ja käsitlemisega. Hooldus ja tankimine peab toimuma väljaspool karjäärisüvendit selleks ette valmistatud platsil. Õli- ja kütuseleketek lokaliseerimiseks peavad kasutuseks saadaval olema absorbendid. Vaid kõigi ohutusabinõude läbikukkumisel on võimalik reostuse leke karjäärist edasi Ristiküla

peakraavi ning sealt edasi Ura jõkke. Reostuse levik ja selle kontsentratsiooni muutumine sõltub paljudest asjaoludest, kuid kontsentratsioon väheneks järgemööda lekkekohast allavoolu. Tulenevalt asjaolust, et ala moodustab põhjavee väljavooluala, kus põhjavesi väljub kraavidesse, oleks ebatõenäoline reostuse levik Kvaternaari põhjaveekompleksis ning praktiliselt võimatu aluspõhjalises põhjavees.

Suublasse juhitava karjääri kuivendusvee nõuetele vastavust tuleb kontrollida regulaarselt veekvaliteedi seirel.

Põhjaveetaseme iseoolne alandamine kraavide süvendamisel ei ole siinkohal märkimisväärse ulatusega. Siiski põhjustab veetaseme alandamine karjääris põhjaveetaseme alanemist ka ümbritseval alal – st tekib põhjaveetaseme alanduslehter. Mõju oleks suurim karjääri serval ning väheneks kiiresti karjäärast eemaldudes (joonis 7.1).



Joonis 7.1 Karjääri veetaseme alanemise ning kujuneva alanduslehtri lihtsustatud skeem.

Põhjaveetaseme alanduslehtri teoreetilise ulatuse arvutamiseks on võimalik kasutada Darcy seadusele ja massijäävusseadusele baseeruva tasakaalulise põhjaveevoolu analüütilise mudeli lahendust, mida on teiste seas kirjeldanud nt Marinelli ja Niccoli (2000). Mudel käsitleb põhjavee radiaalsümmeetrilist voolu silindrikujulisse süvendisse ning lähtub Dupuit-Forchheimeri lihtsustusest, mille alusel on vertikaalsuunaline põhjaveevool horisontaalsuunalisega võrreldes vähetähtis ja jäetakse arvutusest kõrvale. Antud mudeli eeldusteks on ka maapinna tasane topograafia karjääri lähistel, veekihi konstantne paksus ning ühtlased ja ruumis mitte varieeruvad filtratsiooniomadused, mis on antud piirkonnas võrdlemisi hästi paika pidavad. Konservatiivsetelt valitud lähteandmete puhul annab mudel maksimaalse hinnangu põhjaveetaseme alanduslehtri ulatusele.

Karjääri mõjuraadiuse põhjaveetasemele (r_0) leiame valemi 7.1 iteratiivsel lahendamisel:

$$h_0 = \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r_0^2 \times \ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right) - \frac{r_0^2 - r_p^2}{2} \right]} \quad [7.1],$$

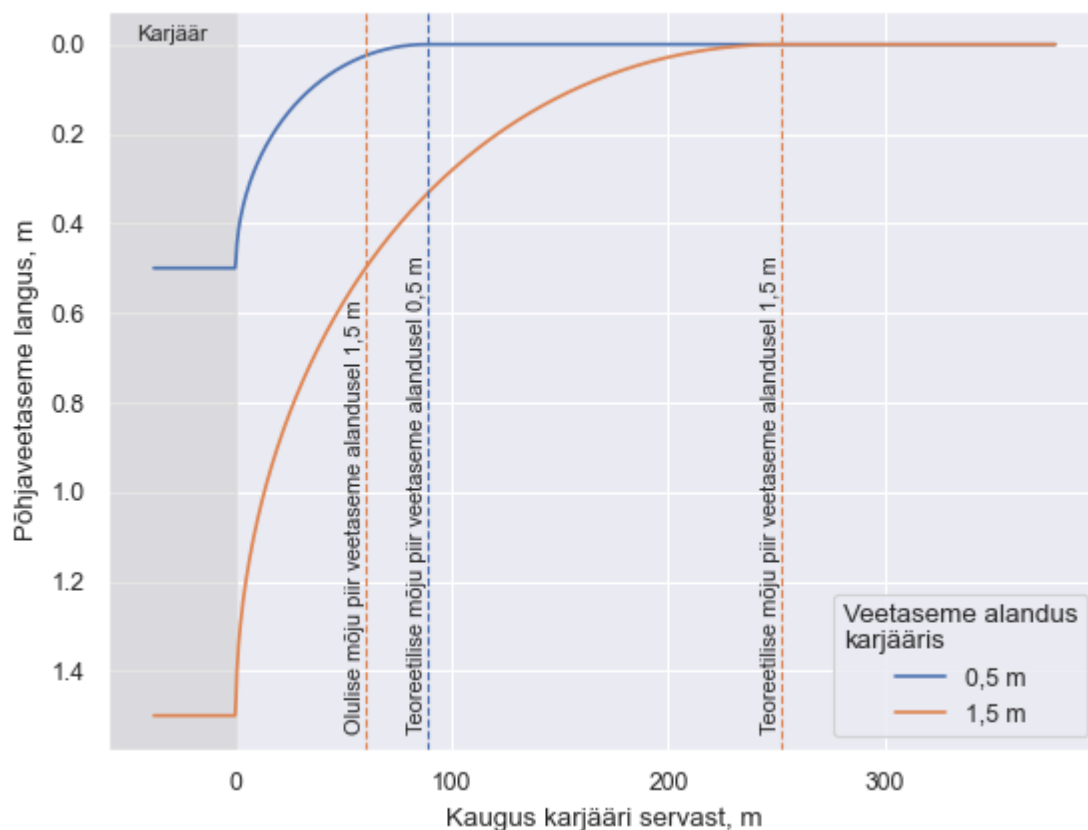
kus:

- h_0 – veetaseme alanemine karjääris. Siinkohal käsitletakse iseveolset veetaseme alanemist kas 0,5 või 1,5 m;
- r_p – karjääri efektiivne raadius. Mudel eeldab silindrikujulist geomeetriat, kuid karjäär on tegelikkuses asümmeetrilise kujuga, mille tõttu ei ole ekvivalentset r_p väärtust võimalik üheselt leida. Siinpuhul kasutatakse raadiusena konservatiivselt poolt vahemaad uuringuruumi kaugeimate nurkade vahel, vastavalt 434 m;
- W – sademetest tulenev põhjaveekihi toitumine karjääri mõjuraadiuses, mis on Hunt jt. (2024) arvestuses 11 mm/a (Vallner (2002) alusel on toitumine pigem 30 mm/a, kuid siinkohal kasutatakse konservatiivse hinnangu huvides väiksemat määra);
- h_p – väljaimbumise kõrgus karjäärade külgedelt, konservatiivse eelduse kohaselt 0 m;
- K – filtratsioonimoodul, antud töös läbiviidud filtratsioonikatsete suurim tulemus 1,0 m/ööpäevas.

Arvutused viidi seega läbi kahe erineva veetaseme languse stsenaariumi juures – kui karjääri põhjaveetasel langetatakse 0,5 m või 1,5 m. Eeltoodud andmete kohaselt ulatub 0,5 m langetamise juures alanduslehter uuringuruumi potentsiaalselt rajatava karjääri keskpunktist ~522 m kaugusele ehk karjääri servast ~88 m kaugusele. Veetaseme alandamisel 1,5 m võrra ulatub alanduslehter karjääri keskelt ~687 m kaugusele ehk karjääri servast ~253 m kaugusele. Samas on veetaseme alanemise sügavus järkjärguline, olles suurim karjääri serval ja vähenedes kiiresti karjäärist kaugenedes. Karjääri mõjuraadiuse piiril on veetaseme alanemine reaalsuses tajumatu. Põhjaveetaseme alanduse (h_r) erinevatel kaugustel karjääri keskmest (r) saab arvutada valemiga 7.2:

$$h_r = \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r^2 \times \ln\left(\frac{r}{r_p}\right) - \frac{r^2 - r_p^2}{2} \right]} - h_0 \quad [7.2].$$

Vastavad alanduslehtri külgprofiilid on toodud joonisel 7.2. Veetaseme alanemise puhul võib oluliseks mõjuks pidada põhjaveetaseme langust 0,5 m, mis on minimaalne hinnang looduslikule aastasele põhjaveetaseme kõikumisele antud piirkonnas ning on seega vähim mõju, mida võiks olla võimalik reaalsuses muude varieeruvuste foonil tajuda. Kui karjääris alandatakse veetasel vaid 0,5 m võrra, siis ei ulatu oluline mõju kaugemale karjääri servast. Kui veetasel alandatakse kokku 1,5 m võrra, siis võib olulise mõju raadius (põhjaveetaseme alandus enam kui 0,5 m) ulatuda ~60 meetrini karjääri äärelt. Vastavad mõjuraadiused on toodud kaardipildil ka joonisel 7.3.

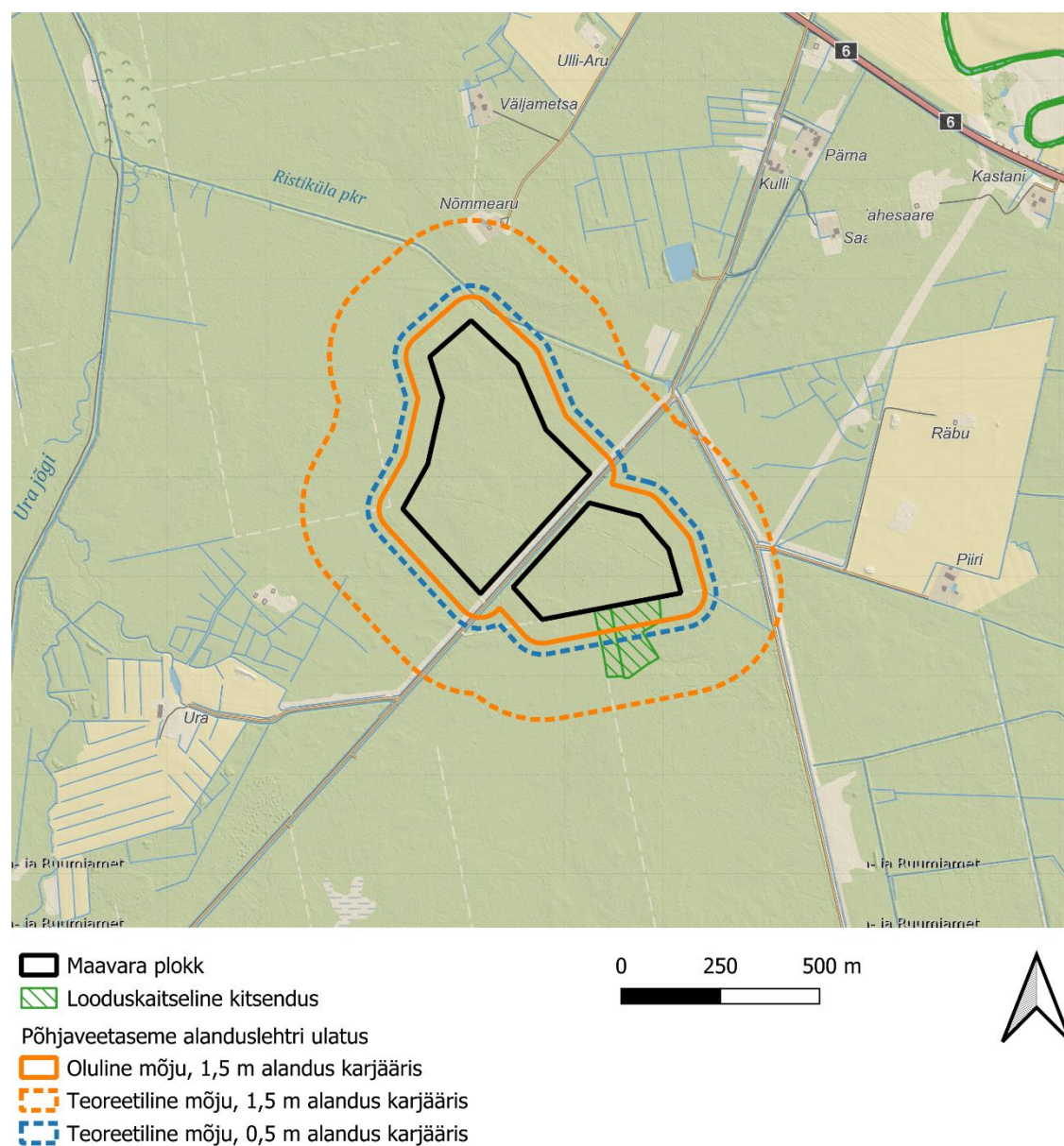


Joonis 7.2 Ristiküla kavandatava karjääri ümber tekkiva põhjaveetaseme alanduslehtri külprofiil erinevates karjääri kuivendamise stsenaariumites.

Eeltoodud prognoosi osas tuleb silmas pidada, et kui alanduslehter jõuab mõne pinnaveekoguni (nt Ristiküla peakraavini), hakkab see põhjaveekihti toitma, hoides veetaseme kõrgemal kui siin hinnatud. Seega kujuneb alanduslehter tõenäoliselt joonisega 7.3 võrreldes põhjasuunas väiksemaks. Lisaks vastavad siin toodud mõjuraadiused maksimaalsele teoreetilisele mõjule olukorras, kus karjäär on maavara lamamini väljatud ja mõju põhjaveetasemele on täielikult välja kujunenud. Suure osa karjääri tegevusajast võib reaalne põhjaveetaseme alandus olla siin toodust väiksem.

Toodud arvutuste kohaselt ei ulatu ka kõige sügavama võimaliku karjääri kuivendamise puhul põhjaveetaseme languse mõju lähimate majapidamiste ja salvkaevudeni. Samuti ei saa karjäär mõjutada puurkaevude veetaset, kuna puurkaevud toituvad aluspõhjalisest põhjaveest, mida sinne kaevandamistegevus ei mõjuta.

Kuivendamisega kaasnev niiskusraadiuse muutus võib mõnel määral mõjutada taimestiku iseloomu liigniisketel aladel. Seega võivad saada mõjutatud uuringuruumist vahetult lõunas paiknevate vääriselupaikade (VEP213127 ja VEP205914) loodusväärtused. Keskkonnakaitselisest seisukohast on seega soovitatav karjääri alal põhjaveetaset langetada võimalikult vähesel määral.



8. VARU ARVUTUS

Varu arvutuse aluseks on instrumentaalselt mõõdistatud plaan mõõtkavas 1 : 2000 (graafiline lisa 1/2), 2025. a geoloogiliste välitööde tulemused ja laboratoorsete määrangute andmed. Varu on arvutatud 17,29 ha ja 7,65 ha pindalal kahes lahustükis ja neljas plokis (1 aT, 2 aT, 3 aT ja 4 aT).

Ristiküla uuringuruumile lähimad, sarnase geoloogilise ehitusega maardlad asuvad linnulennult umbes 5 km kaugusel, seega uuringuruumis hinnatud varu esitatakse kinnitamiseks uuringu raames moodustatud Ristiküla liivamaardla koosseisu. Ploki koordinaadid on kantud graafilisele lisale 1/2. Varu arvutus on esitatud lisas 6. Varu esitatakse kinnitamiseks seisuga 01.09.2025. a.

Maavaravaru ja katendi mahud ning plokkide pindalad on arvutatud arvutiprogrammis Bentley PowerCivil for Baltics V8i. Mahtude arvutamiseks on kasutatud sama programmi abil koostatud kolmemõõtmelisi mudeleid:

- maapinna mudel – kasutatud on ala 2025. a oktoobri topograafilise mõõdistamise andmeid;
- kasuliku kihi lasumi ja lamami mudel – kasutatud on alale jäävate kaevandite andmeid, mis on toodud kaevandite kataloogis (lisa 2) ja koondatud tabelisse 8.1;
- veepealne ja -alune varu on arvutatud kaevanditest ja kraavidest mõõdetud uuringuaegse keskmise põhjavee taseme abs 16,3 m järgi.

8.1 Ploki 1 aT varu arvutus

Ploki 1 maavaraks on täiteliiv, mis jääb põhjavee tasemest kõrgemale. Ploki 1 pindala on 17 ha. Ploki 1 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru on kokku 88 tuh m³.

Kasuliku kihi keskmine paksus on:

$$73 \text{ tuh m}^3 \div 17,29 \text{ ha} = 0,4 \text{ m},$$

Ploki 1 katendiks on kasvukiht, mille maht on 53 tuh m³ ja keskmine paksus on:

$$37 \text{ tuh m}^3 \div 17,29 \text{ ha} = 0,2 \text{ m}.$$

8.2 Ploki 2 aT varu arvutus

Ploki 2 maavaraks on täiteliiv, mis jääb põhjavee tasemest allapoole. Ploki 2 jääb ploki 1 lamamisse ja nende piirid kattuvad. Ploki 2 pindala on 17,29 ha. Ploki 2 täiteliiva aktiivne tarbevaru on kokku 109 tuh m³.

Kasuliku kihi keskmine paksus on:

$$109 \text{ tuh m}^3 \div 17,29 \text{ ha} = 0,6 \text{ m}.$$

8.3 Ploki 3 aT varu arvutus

Ploki 3 maavaraks on ehitusliiv, mis jääb põhjavee tasemest kõrgemale. Ploki 3 pindala on 7,65 ha. Ploki 3 veepealne ehitusliiva aktiivne tarbevaru on kokku 15 tuh m³.

Kasuliku kihi keskmine paksus on:

$$15 \text{ tuh m}^3 \div 7,65 \text{ ha} = 0,2 \text{ m},$$

Ploki 3 katendiks on kasvukiht, mille maht on 16 tuh m³ ja keskmine paksus on:

$$16 \text{ tuh m}^3 \div 7,65 \text{ ha} = 0,2 \text{ m}.$$

8.4 Ploki 4 aT varu arvutus

Ploki 4 maavaraks on ehitusliiv, mis jääb põhjavee tasemest allapoole. Plokk 4 jääb ploki 3 lamamisse ja nende piirid kattuvad. Ploki 4 pindala on 7,65 ha. Ploki 4 ehitusliiva aktiivne tarbevaru on kokku 94 tuh m³.

Kasuliku kihi keskmine paksus on:

$$94 \text{ tuh m}^3 \div 7,65 \text{ ha} = 1,2 \text{ m}.$$

Tabel 8.1. Ristiküla uuringuruumi moodustatud plokkide katte ja kasuliku kihi paksused, mõõdetud veetasemed kaevandites ning orgaanikasisaldused proovides

Nr	Kaevand		Katend		Kasulik kiht		Veetasemed			Orgaanika kuumutuskadu (%)
	abs, m	sügavus, m	paksus, m	lamam, abs, m	paksus, m	lamam, abs, m	sügavus maapinnast, m	abs kõrgus, m	mõõtmise aeg	
K-2	17,08	1,7	0,2	16,9	1,2	15,7	0,2	16,9	28.08.2025	0,6
K-3	17,26	1,9	0,2	17,1	1,6	15,5	1,0	16,3	28.08.2025	1,2
K-4	16,73	2,1	0,1	16,6	1,8	14,8	0,2	16,5	29.08.2025	0,7
K-5	16,58	1,9	0,2	16,4	1,4	15,0	0,6	16,0	29.08.2025	0,8
K-6	16,12	1,8	0,3	15,8	1,4	14,4	0,3	15,8	29.08.2025	0,4
K-10	16,26	1,2	0,2	16,1	0,9	15,2	0,2	16,1	28.08.2025	0,4
K-11	16,96	2,4	0,1	16,9	2,1	14,8	0,6	16,4	29.08.2025	0,4
K-12	16,99	1,9	0,2	16,8	1,6	15,2	0,8	16,2	28.08.2025	0,6
K-13	17,23	1,8	0,2	17,0	1,5	15,5	1,5	15,7	28.08.2025	0,7
K-14	17,13	1,6	0,1	17,0	1,3	15,7	0,4	16,7	28.08.2025	1,6
K-16	16,85	1,3	0,2	16,7	1,0	15,7	0,7	16,2	28.08.2025	1,4
K-17	16,65	1,2	0,2	16,5	0,8	15,7	0,2	16,5	28.08.2025	1,1
K-18	16,81	1,2	0,3	16,5	0,8	15,7	0,3	16,5	28.08.2025	0,5
K-19	16,59	1,2	0,2	16,4	0,8	15,6	0,7	15,9	28.08.2025	-
K-20	16,55	1,9	0,2	16,4	0,8	15,6	0,9	15,7	28.08.2025	1,2
K-21	16,55	1,2	0,3	16,3	0,7	15,6	0,5	16,1	28.08.2025	-
K-22	16,88	1,1	0,2	16,7	0,7	16,0	0,7	16,2	28.08.2025	1,3
K-23	16,54	1,2	0,3	16,2	0,8	15,4	0,7	15,8	28.08.2025	-
K-24	16,25	1,1	0,2	16,1	0,8	15,3	0,2	16,1	28.08.2025	0,8
K-26	16,52	1,5	0,3	16,2	1,1	15,1	0,3	16,2	28.08.2025	0,9
K-27	17,63	2,0	0,2	17,4	1,8	15,6	0,7	16,9	12.11.2025	-

Eesti Geoloogiateenistusele tehakse ettepanek moodustada Ristiküla liivamaardla ja võtta maavarade registris arvele maavaravaru seisuga 01.09.2025 järgmiselt:

- täiteliiva aktiivset tarbevaru 17,29 ha pindalal 182 tuh m³, sealhulgas veepealset 73 tuh m³ (plokk 1) ja veelust 109 tuh m³ (plokk 2).
- ehitusliiva aktiivset tarbevaru 7,65 ha pindalal 109 tuh m³, sealhulgas veepealset 15 tuh m³ (plokk 3) ja veelust 94 tuh m³ (plokk 4).

Tabel 8.2. Varu arvutuse koondtabel seisuga 01.09.2025

Ploki nr, pindala	Maavara nimetus	Katendi maht, tuh m ³ / keskmise paksus, m	Maavaravaru, tuh m ³ / keskmise paksus, m
1 aT, 17,29 ha	Täiteliiv (veepealne)	37 / 0,2	73 / 0,4
2 aT 17,29 ha	Täiteliiv (veealune)	-	109 / 0,6
3 aT 7,65 ha	Ehitusliiv (veepealne)	16 / 0,2	15 / 0,2
4 aT 7,65 ha	Ehitusliiv (veealune)	-	94 / 1,2

9. KOKKUVÕTE

Geoloogiline uuring tehti Marina Minerals OÜ tellimisel. Ristiküla uuringuruum teenindusala pindalaga 31,82 ha asub Ristiküla külas Saarde vallas Pärnu maakonnas riigile kuuluval kinnistul Lodja metskond 1 (tunnus 71201:001:0450).

Geoloogilise uuringu eesmärk oli Rail Baltica (RB) raudteetrassi muldetööde ehituseks vajamineva täitematerjali otsing ja uuring detailsusega, mis lubab hinnata maavara aktiivse tarbevaruna ning võimaldab hiljem taotleda alale maavara kaevandamisluba.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 27 kaevandit sügavusega kuni 2,4 m. Võeti kokku 26 proovi setete terastikulise koostise ja kolmest proovist määrati filtratsioonimoodul.

Uuringuruumi kasuliku kihi moodustavad Võrtsjärve alamkihistu jääjärvelised setted – valdavalt väga peeneteralised liivad. Kvaternaarisetete põhjavesi jääb keskmiselt absoluutkõrgusele 16,3 m.

Kaalutud keskmiste näitajate andmeil vastab moodustatud plokkides lasuv liiv ehitusliiva nõuetele, milles peenosiste sisaldus on 3,6% ja osakesi läbimõõduga üle 31,5 mm puuduvad. Kuna tegemist on orgaanika sisseuhte horisonti sisaldavate liivadega, siis maavara mõttes on moodustatud 4 plokki, millest 1 aT ja 2 aT on täiteliivaplokid, milles orgaanika sisaldus varieerub 0,5% ja 1,6% vahemikus, keskmiselt 1,02% ning plokid 3 aT ja 4 aT, milles orgaanika sisaldus jääb jääb vahemikku 0,4% - 0,9%, keskmiselt alla 0,6% kvalifitseerub ehitusliivaks. Liiva filtratsioonimoodul on varieerub vahemikus 0,4 - 1,0 m/ööp.

Töö tulemusena arvutati varu kokku 24,94 ha pindalal aktiivse tarbevaruna, milles täiteliiva aktiivne tarbevaru on kokku 17,29 ha pindalal 182 tuh m³, sealhulgas veepealset 73 tuh m³ (plokk 1) ja veealust 109 tuh m³ (plokk 2). Ehitusliiva aktiivne tarbevaru on kokku 7,65 ha pindalal 109 tuh m³, sealhulgas veepealset 15 tuh m³ (plokk 3 aT) ja veealust 94 tuh m³. Kasuliku kihi keskmine paksus on täiteliiva plokkides 1,0 m, sealhulgas veepealse 0,4 m ja veealuse 0,6 m. Ehitusliiva plokid on kokku natuke paksemad ehk 1,4 m, sealhulgas veepealne 0,2 m ja veealune 1,2 m.

Eesti Geoloogiateenistusele tehakse ettepanek moodustada Ristiküla liivamaardla ja võtta maavarade registris arvele maavaravaru seisuga 01.09.2025 järgmiselt:

- täiteliiva aktiivset tarbevaru 17,29 ha pindalal 182 tuh m³, sealhulgas veepealset 73 tuh m³ (plokk 1) ja veealust 109 tuh m³ (plokk 2).
- ehitusliiva aktiivset tarbevaru 7,65 ha pindalal 109 tuh m³, sealhulgas veepealset 15 tuh m³ (plokk 3) ja veealust 94 tuh m³ (plokk 4).

10. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Hunt, M., Osjamets, M., Pärn, J., Raidla, V., Kuusma, E., Hints, L., Marandi, A. 2024. Joogiveehaarde toiteala riskihindamise ja -juhtimise teostamiseks vajalike eeltööde läbi viimine vastavaltjoogiveehaarde toiteala riskihindamise ja riskijuhtimise nõuetele. Eesti Geoloogiateenistus. EGF:9932, Tartu.
2. Keskkonnaministri 07. aprill 2017. a määrus nr 12. Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded ning maa korrastamise akti sisu ja vorm.
3. Keskkonnaministri 17. detsember 2018. a määrus nr 52. Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks.
4. Maa- ja ruumiameti geoportaal [WWW] <http://geoportaal.maaamet.ee/> (01.10 - 01.12.2025)
5. Marinelli, F., Niccoli, W.L., 2000. Simple analytical equations for estimating groundwater inflow to a mine pit. Ground Water, 38 (2), 311-314.
6. Riigikogu 27. oktoober 2016. a seadus. Maapõueseadus.
7. Vallner, L. 2002. Eesti hüdrogeoloogiline mudel. Eesti geoloogiakeskus, EGF: 7477, Tallinn.