Harju maakond
Kambja vald
Mäeküla küla

Kopamäe II liivakarjääri mäeeraldise jääkvaru arvutus ja ümberhindamine (varu seisuga 01.05.2026.a.)

OÜ Verston Eesti
Pärnu 128
72720 Paide
verston@verston.ee
www.verston.ee

Töö nr: GU002

Vastutav täitja:
Andres Kask
/allkirjastatud digitaalselt/

Tallinn 2026

Annotatsioon

Andres Kask. Kopamäe II liivakarjääri mäeeraldise jääkvaru arvutus ja ümberhindamine (varu seisuga 01.05.2026.a.). Töö nr GU002. Mäenduse valdkond. Tallinn 2026. Tekst 45 lk, 17 tekstilisa, 1 graafiline lisa, 10 digitaalset lisa.

Kopamäe maardlas on varu kasutusalaks ehitusliiv kuid looduslik materjal ei vasta ehitusliiva nõuetele. Lasumi kõrguse täpsustamiseks mõõdistati katendis oleva moreeni lamam ja koostati jääkvaru arvutuseks lasumi mudel. Mäeeraldisel tehti 15 seinapuhastust, millest võeti vaomeetodil kokku 31 proovi lõimise analüüsiks. Tööde tulemusel koostatud mudeli abil arvutati katendi maht ja jääkvaru. Maavara katendiks on maardlas keskmiselt 0,3 m kasvukiht ja reljeefi madalamas osas üle 4 m paksune moreeni kiht. Lamamiks on valdavalt liivsavimoreen. Kasuliku kihi valdava osa moodustab eriteraline liiv, milles on lisandina peent ja keskmist kruusa. Aleuriidi ja savi fraktsiooni (<0,063 mm) kaalutud keskmine sisaldus on 13,1 %. Uuringu tulemustele tuginedes soovitati maavarade registris muuta Kopamäe maardla maavara kasutusala täiteliivaks, liita maavarade registris plokid 1, 3, 7 ja 8 üheks veepealse aktiivse täiteliiva plokiks 1, liita maavarade registris plokk 2 ja 4 varu üheks veepealse passiivse täiteliiva plokiks 2, kanda maavarade registrisse:

- plokk 1 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 904 tuh m3 pindalal 12,57 ha,
- plokk 2 veepealne täiteliiva passiivne tarbevaru 15 tuh m3 pindalal 0,11 ha,
- plokk 5 veepealne täiteliiva passiivne tarbevaru 2 tuh m3 pindalal 0,02 ha.

Mäeeraldise piiridest välja jääva osa arvelt soovitati kanda maavarade registrisse plokid:

- plokk 9 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 3 tuh m3 pindalal 0,02 ha
- plokk 10 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 0,1 tuh m3 pindalal 0,001 ha
- plokk 11 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 0,2 tuh m3 pindalal 0,02 ha

Märksõnad: Tartu maakond, Kambja vald, Kopamäe maardla, varu ümberhindamine, täiteliiv, ehitusliiv, lõimis, aktiivne tarbevaru.

Sisukord

1.Tekst....37
1.1.Sissejuhatus....37
1.2.Mäeeraldise selle ümbruse üldiseloomustus....37
1.3.Varasem uuritus....38
1.4.Geoloogilise ehituse iseloomustus....39
1.5.Tööde metoodika ja mahud....39
1.6.Maavara omaduste iseloomustus ning kasutusvõimaluste hinnang....40
1.7.Hüdrogeoloogilised ja hüdroloogilised tingimused....41
1.8.Mäendustingimused....42
1.9.Uuringu keskkonnamõju hinnang....42
1.10.Maavaravaru arvutus....42
1.11.Kokkuvõte, soovitused ja ettepanekud....43
1.12.Kasutatud trükiste ja käsikirjaliste materjalide loetelu....44

2.Tekstilisad

Tekstilisa 2.1. Uuringupunktide kataloog
Tekstilisa 2.2. 1984.a. puuraukude kirjeldused
Tekstilisa 2.3. 2003.a. puuraukude kirjeldused
Tekstilisa 2.4. 2010.a.seinapuhastuste kirjeldused
Tekstilisa 2.5. 2026.a. seinapuhastuste kirjeldused
Tekstilisa 2.6. 2003.a. lõimise analüüsi tulemused
Tekstilisa 2.7. 2010.a. lõimise analüüsi tulemused
Tekstilisa 2.8. 2026.a. lõimise analüüsi tulemused
Tekstilisa 2.9. Loodusliku materjali lõimis (sõela läbind)
Tekstilisa 2.10. Loodusliku materjali lõimise põhinäitajad (jääk sõelal)
Tekstilisa 2.11. Väljasõelutud liiva lõimis
Tekstilisa 2.12. Maavara omaduste arvutuse tabelid
Tekstilisa 2.13. Plokkide pindala arvutuse tabelid
Tekstilisa 2.14. Maavara varu koondtabelid
Tekstilisa 2.15. Markšeidermõõdistamise aruanne
Tekstilisa 2.16. AS Eesti Energia luba elektripaigaldise kaitsevööndis töötamiseks
Tekstilisa 2.17. Keskkonnaluba nr L.MK_325043

3.Graafilised lisad

Graafiline lisa 3.1.	Varu arvutuse plaan ja geoloogilised läbilõiked

4.Digitaalsed lisad

Digitaalne lisa 4.1.	Plokk 1 aT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.2.	Plokk 2 pT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.3.	Plokk 5 pT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.4.	Plokk 6 P ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.5.	Plokk 9 aT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.6.	Plokk 10 aT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.7.	Plokk 11 aT ruumikuju SHP kujul
Digitaalne lisa 4.8.	Mäeeraldise lasumi samakõrgusjooned
Digitaalne lisa 4.9.	Mäeeraldise lamami samakõrgusjooned
Digitaalne lisa 4.10.	Graafiline lisa 3.1. TIF kujul

1.Tekst

1.1.Sissejuhatus

Kopamäe liivamaardlast on kaevandatud üle 60 aasta. Pika kaevandamise aja jooksul on kvaliteetsem materjal kaevandatud. Maardlas on varu kasutusalaks ehitusliiv kuid materjal ei vasta ehitusliiva nõuetele. Varu kasutusala määramise nõudeid on vahepeal muudetud ja materjali tegelikuks kasutusalaks on täiteliiv.
Kaevandamisel selgus, et uuringupunktide vahelisel alal on lasumit moodustav moreeni kiht paksem kui varem eeldatud. Lasumi kõrguse täpsustamiseks mõõdistati katendis oleva moreeni lamam ja koostati varu arvutuseks lasumi mudel. Varem olid mäeeraldise katendi maht ja varud arvutatud keskmise paksuse ja pindala korrutisena.
Tööde tulemusel koostatud mudeli abil arvutati katendi maht ja jääkvaru. Varu jaotuse lihtsustamiseks tehti ettepanek liita aktiivse tarbevaru plokid 1, 3, 7 ja 8 üheks plokiks (uus plokk 1) ja kaks üksteisega külgnevat passiivse tarbevaru plokki 2 ja 4 üheks plokiks (uus plokk 2).
Mäeeraldise põhja ja lõunaosas on varu piir kuni 1 m väljaspool mäeeraldise piiri. Ümberhindamise raames tehti ettepanek ühtlustada plokkide piir mäeeraldise piiriga. Mäeeraldise piiridest välja jääva osa arvelt loodi uued plokid (plokk 9, plokk 10 ja plokk 11).

1.2.Mäeeraldise selle ümbruse üldiseloomustus

Kopamäe liivamaardla (registrikaart nr 0316) asub Tartumaal Kambja vallas Kambja alevikust idas Mäekülas munitsipaalomandis oleval katastriüksusel Kopamäe karjäär (tunnus 28203:005:0077, pindala 16,63 ha), mille sihtotstarve on 100 % mäetööstusmaa. Karjäär külgneb Uue-Koppa (28203:005:0200 ja 28203:005:0201), Kunda (28203:005:0498), Mäeküla küla (28203:005:0188) ja Kopa-Männimäe tee (28203:005:0303) kinnistutega.
Kopamäe II liivakarjääri mäeeraldise maavara kaevandamise luba L.MK/325043 kehtib alates 13.06.2014.a. ja lõpeb 13.06.2029.a (tekstilisa 2.17). Mäeeraldise teenindusmaa pindala on 16,63 ha ja mäeeraldise pindala 12,57 ha. Mäeeraldis hõlmab Kopamäe liivamaardla ehitusliiva aktiivse tarbevaru plokke 1, 3, 7 ja 8.
Kopamäe II liivakarjääri mäeeraldise lamam on edelaosas (vana plokk 1 ala) kõrgusel 61,07 m ja põhja- ning kirdeosas (vana plokk 3, 7 ja 8 alal) vahemikus 57,3-64,3 m.
Karjääri läbib loode-kagu suunaliselt AS Elering elektriõhuliin (Tartu – Pihkva, kõrgepingeliin 220-330kV). Elektriliinil on kaitsevöönd 40 m mõlemale poole liini telge. 2003.a. on väljastatud luba elektripaigaldise kaitsevööndis töötamiseks (tekstilisa 2.16).
Markšeidermõõdistamise teostas 14.07.2025.a. OÜ Inseneribüroo STEIGER markšeider Allan Koger (töö nr 25/5262, tekstilisa 2.15).

1.3.Varasem uuritus

1960.a. rajati otsimistööde eesmärgil leiukohta 3 kaevandit (Jalakas 1960). Kahes kaevandis avati kruus kuni 0,9 m paksuselt. Märgiti, et kruus sisaldab palju liiva. Materjali madala kvaliteedi ja väheste varude tõttu hinnati leiukoht perspektiivituks. Leiukohas oli varasemalt juba rajatud 250 m pikkune karjäär pindalaga 0,25 ha. Karjääri seina kõrgus oli 0,5-1,5 m. Karjääris paljandus kruus ja liiv. Kattekihi paksus oli kaevetööde andmetel 0,25-0,8 m.

1974-1975. a. rajati siia 3 puurauku (Saadre jt 1975). Puuraukudest võeti 7 proovi ja karjäärist 1 proov. Sügavaim puurauk oli 18 m. Leiukoha kattekihi moodustas 0,2 m mulla ja 1-2,5 m paksune saviliivmoreeni kiht. Kasuliku kihi moodustas liustikujõeline kruusaliiva segu veeriste ja munakatega (10-15%), milles esineb peenliiva läätsi. Puuraukudega lamamini ei jõutud. Uuritud 13,7 hektaril saadi varuks 1500 tuh m^3, arvestades lasundi keskmiseks paksuseks 11 m.

1984. aastal rajati leiukohta 13 puurauku (Mardla 1984). Kaks nendest rajati olemasoleva kuni 7 m sügavuse karjääri põhja. Puuraukude sügavus ulatus 21 meetrini. 8. puuraugus jõuti lasundi lamamini. Materjali kvaliteeti hinnati visuaalsel vaatlusel. Katendiks oli kasvukiht paksusega 0,15-0,40 m ning kohati selle all saviliivmoreen paksusega 4,5 m. Kasuliku kihi moodustas väga vahelduv materjal ülipeenest liivast kuni veeriselise kruusani. Kasuliku kihi lamamiks oli samuti saviliivmoreen ning sellest sügavamal liivakivi. Karjäärist itta kruusliiva kiht suidub asendudes moreeni ja liivakiviga. Uuringutel arvutati plokkide meetodil varu pinnaseveetasemeni või lamamini, nende puudumisel puurimissügavuseni. Varuarvutusel saadi varuks 370 tuh m^3.

1994.a. koostas J.Viru seletuskirja Kambja valla Kopamäe kruusliiva maardla jääkvaru arvestuse kohta (Viru 1994). Selles on 5,18 hektaril arvestatud ehituskruusliiva aktiivseks tarbevaruks 578 tuh m^3.

1999.a. väljastati Kambja valla omanduses olevale osaühingule Cambi maavara kaevandamise luba 5,13 hektaril kaevandamiseks (lamam abs kõrgusel 60,9 m).

2003. aastal rajati 8,3 ha suurusele alale 15 puurauku (Grünberg 2003). Eesmärgiks oli välja selgitada pinnasevee tasemest kõrgemal leviva liiva kvaliteet, varu suurus ja kaevandamise tingimused. Kasulik kiht läbiti kuni tellija poolt soovitud sügavuseni ja prooviti kogu ulatuses 2 m intervallidega. Sügavaim puurauk ulatus 15,6 meetrini. Kuues puuraugus avati lamam. Kokku võeti 41 proovi. Proovidest moodustati erinevaid kihte iseloomustavad koondproovid labori analüüsideks. Eesti Geoloogiakeskuse laboris määrati lõimis kasutades sõelu ava läbimõõduga 70; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 ja 0,05 mm. Kvaliteedi hindamisel lähtuti keskkonnaministri 22.06.1995.a. määruses nr 29 toodud normidest. Uuritud ala katendiks on muld keskmise paksusega 0,3 m ja kohati kuni 2,9 m paksune saviliivmoreeni kiht. Kasulikuks kihiks oli peene- kuni jämedateraline liiv kruusaterade ja veeristega. Kasuliku kihi kaalutud keskmiseks savi- ja tolmuosakeste sisalduseks oli uuringualal 8,1 %. Lamamiks oli punakaspruun liivsavimoreen, kohati savi. Kasuliku kihi lasundi keskmiseks paksuseks oli 6,8 m. Katendi maht saadi korrutades varuploki pindala 71 700 m^2 katendi keskmise paksusega 1,3 m. Ehitusliiva varu saadi korrutades varuploki pindala 71 700 m^2 kasuliku kihi keskmise paksusega

6,8 m. Sellest lahutati elektriliini masti 20 m raadiusega kaitsetervikutes asuvad varud, mis saadi korrutades kaitseterviku pindala kasuliku kihi keskmise paksusega 6,8 m.
Uuringu tulemuste põhjal eraldati 7,17 hektaril välja 488 tuh m^3 suurune ehitusliiva varu, millest 7 tuh m^3 asus elektriliini mastide kaitsetervikus.
Terakoostise määramiseks võeti 2003.a. puuraukudest 16 proovi (Grünberg 2003) ja 2010.a. seinapuhastustest vaomeetodil 4 proovi (Grünberg 2010). 2003.a. ja 2010.a. uuringutel määrati lõimis kasutades sõelu ava läbimõõduga 70; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 ja 0,05 mm.

2010.a. tehti Kopamäe II liivakarjääri mäeeraldise lamamis ja külgneval alal oleva prognoosvaru tarbevaruks ümberhindamine (Grünberg 2010). Töö käigus vaadati üle varasemate geoloogiliste uuringute ja markšeiderimõõdistuse andmed, fotografeeriti karjääri esi ja võeti proovid laboratoorseks analüüsiks. Kolmest karjääri seinapuhastusest võeti vaomeetodil proovid lõimiseanalüüsiks. Alla 5 mm terasuurusega materjali lõimise määramiseks kasutati sõelu ava läbimõõduga: 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 ja 0,05 mm.
Ümberhindamise käigus eraldati interpoleerimispunktide ja seinapuhastuste abil maardla lamamis täiendav ehitusliiva aktiivse tarbevaru plokk (plokk 7, pindala 4,29 ha, varu 57 tuh m^3). Külgnevast prognoosvaru plokist eraldati aktiivseks tarbevaruks täiendav ehitusliiva aktiivse tarbevaru plokk (plokk 8, pindala 0,41 ha, varu 70 tuh m^3).

1.4.Geoloogilise ehituse iseloomustus

Geomorfoloogiliselt asub maardla liustikujõetekkelisel mõhnal (Grünberg 2003). Katendiks on keskmiselt 0,3 m kasvukiht ja reljeefi madalamas osas üle 4 m paksune moreeni kiht. Katendi paksus mäeeraldisel on keskmiselt 0,7 m ja ulatub 6,6 meetrini (tekstilisa 2.12).
Kasulikuks kihiks on maardlas ülipeene- kuni jämedateraline liiv kruusaterade ja veeristega. Liiva paksus on uues plokis 1 keskmiselt 7,2 m ja ulatub 25,3 meetrini (tekstilisa 2.12).
Lamamiks on valdavalt liivsavimoreen.
Aluspõhja ülemiseks kihiks on geoloogilise baaskaardi andmetel Kesk-Devoni ladestiku Aruküla kihistu väga peeneteraline ja peeneteraline liivakivi aleuroliidi, savi ja domeriidi vahekihtidega. Aluspõhjani on jõutud puuraugus kolmes puuraugus (Pa 8, Pa 10 ja PA 12). Pa 8 oli aluspõhja pealmiseks kihiks liivakivi, Pa 10 savi ja PA 12 punakaspruun vilku sisaldav aleuriit.

Aluspõhja pealispinna kõrgus on ala loodeosas 56,37 m (Pa 10), kaguosas 63,07 m (PA 12) ja mäeeraldisest vahetult lõunas 76,67 m (Pa 8).

1.5.Tööde metoodika ja mahud

Varasemate uuringute (Grünberg 2003 ja 2010) lõimise analüüsi tulemused teisendati vastavalt Keskkonnaministri 17.12.2018 määruse nr 52 §-le 48. Nimetatud määruse § 48 lg 6 ei võimaldanud valdavat osa proove lugeda usaldusväärselt klassifitseerituks. Seetõttu tehti mäeeraldisel 15 seinapuhastust, millest võeti vaomeetodil kokku 31 proovi lõimise analüüsiks. Lõimise määramine tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboris vastavalt standardile EVS-NE 933-1. OÜ Inseneribüroo STEIGER labor omab akrediteerimistunnistust L202. Katsesõelad on standardis EN 933-2 määratletud avadega ning standardite ISO 3310-1 ja ISO 3310-2 nõuetele

vastavad. Kasutatud sõelte komplekt sisaldas 125, 100, 90, 80, 63, 50, 45, 40, 31,5, 20, 16, 12,5, 8, 6,3, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,063 millimeetrise ava suurusega sõelu.
Proovide kirjeldamisel lähtutakse R. Sinisalu ja A. Kleesmenti (Sinisalu ja Kleesment 2002) poolt väljapakutud purdsetendite granulomeetrilises klassifikatsioonis esitatud setete nimetustest ja piiridest. Klassifikatsioonis esitatud piirid ei kattunud kasutatud sõelte ava suurustega, kuid olid üsna lähedased, mistõttu kasutati kirjeldamiseks kohandatud piire (tabel 1.5.1).

Tabel 1.5.1. Purdsetendite granulomeetriline klassifikatsioon

NIMETUS	SUURUS (mm)
rahnud	>512 mm
suur veeris	256*-512 mm
keskmine veeris	125*-256* mm
väike veeris	63*-125* mm
väga jäme kruus	31,5*-63* mm
jäme kruus	16-31,5* mm
keskmine kruus	8-16 mm
peen kruus	4-8 mm
väga peen kruus	2-4 mm
väga jäme liiv	1-2 mm
jäme liiv	0,5-1 mm
keskmine liiv	0,25 - 0,5 mm
peen liiv	0,125 - 0,25 mm
väga peen liiv	0,063 - 0,125 mm
aleuriit ja savi	<0,063 mm

Mäeeraldise edelaosas mõõdistati 30 punktis lasumi kõrgus. Lasumi kõrguse punktidele ja uuringupunktidele tuginedes koostati lasumi mudel. Lasumi mudeli ja lamami mudeli alusel arvutati varuplokkide ja mäeeraldise varud.

1.6.Maavara omaduste iseloomustus ning kasutusvõimaluste hinnang

Liiva ja kruusa kasutusalade määramise nõuded on antud Keskkonnaministri 17.12.2018 määruses nr 52 (RT I, 19.12.2018, 28) .
Kruus on mitmekomponendiline purdsetend, milles osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri on rohkem kui 35%. Kasutusalade järgi liigitatakse kruus ehituskruusaks ja täitekruusaks.
Liiv on mitmekomponendiline purdsetend, milles osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri on vähem kui 35%. Kasutusalade järgi liigitatakse liiv tehnoloogiliseks liivaks, ehitus- ja täiteliivaks.

Tabel 1.11.1. Liiva ja kruusa kasutusalade määramise nõuded

KASUTUSALA	NÕUDED
tehnoloogiline liiv	SiO2 sisaldus ei tohi olla alla 95%, Al2O3 sisaldus ei tohi olla üle 4%, Fe2O3 sisaldus ei tohi olla üle 0,6%
ehitusliiv	osakesi läbimõõduga alla 0,063 millimeetri ei tohi olla üle 5% ning osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri peab olema alla 35%
ehituskruus	osakesi läbimõõduga alla 0,063 millimeetri ei tohi olla üle 12% ning osakesi läbimõõduga üle 31,5 millimeetri ei tohi olla alla 35%, purunemiskindluse kategooria on Los Angelese katsel 35 või väiksem[1]
täiteliiv	on setend mis ei vasta eelnevalt esitatud nõuetele
täitekruus	on setend mis ei vasta eelnevalt esitatud nõuetele

Kasuliku kihi valdava osa moodustab eriteraline liiv terasuurusega 0,125-1,00 mm, milles on lisandina peent ja keskmist kruusa terasuurusega 2-16 mm (tekstilisad 2.6 -2.10). Aleuriidi ja savi fraktsiooni (<0,063 mm) kaalutud keskmine sisaldus on 13,1 %. Materjal sisaldab ka veeriseid aga veeriselisem materjal on varasemalt kaevandatud.
Kopamäe liivamaardla varu kasutusalaks on maavarade registris ehitusliiv. Kehtivatest kasutusalade määramise nõutest lähtuvalt on ehitusliiv materjal milles osakesi läbimõõduga <0,063 millimeetri ei tohi olla üle 5%. Kopamäe mäeeraldises on kaalutud keskmine fraktsiooni <0,063 mm sisaldus üle 5% (keskmine 13,1%) . Varasemates analüüsides oli ka fraktsiooni <0,05 mm kaalutud keskmine sisaldus üle 5%. Fraktsiooni <0,05 mm keskmine sisaldus on 2003 ja 2010 aastal võetud proovides 7,1%. Arvestades nii varasemate proovide kui uute võetud proovide lõimist on Kopamäe liivamaardla jääkvaru kasutusalaks täiteliiv.

1.7.Hüdrogeoloogilised ja hüdroloogilised tingimused

Alal levib suure veeandvusega liustikujõesetete veekiht. Veepidemeks on liivsavimoreeni kiht, mille Kopamäe II karjääri keskosast lääne ja ida suunas langev pealispind moodustab lokaalse veelahkme (Grünberg 2003). Põhja–lõunasuunalisest moreenseljandikust läänes mõõdeti 03.02.2003.a. puuraugus PA15 pinnasevee tase 59,8 m abs kõrgusel, Kopamäe karjääri põhjast 2,5 m sügavamal. Samal kõrgusel oli veetase ka ca 350 m edela pool asuva Mäekoppa talu salvkaevus. Moreenseljandikust idas lamami avanud puuraugud olid kuivad (Grünberg, 2003). Maardla piirkonna veekihti dreenib 1 km kaugusel idas voolav Porijõgi. Vesi on vabapinnaline. Kesk-Devoni veekompleksi survelise põhjavee piesomeetriline tase on 48-50 m (Grünberg 2003).
Enam kui kolmekümne aasta jooksul toimunud kaevandamine ei ole mõjutanud salvkaevu veetaset, samuti ei esine suuri sesoonseid veetaseme kõikumisi (Grünberg 2010). Kuna aktiivne tarbevaru asub pinnasevee tasemest kõrgemal, siis kaevandamisel mõju piirkonna hüdrogeoloogilistele tingimustele ei ole (Grünberg 2010).

[1] purunemiskindluse määrang tehakse killustikust fraktsiooni suurusega 10–14 millimeetrit purunemiskindluse määramise standardi EVS-EN 1097-2 järgi

1.8.Mäendustingimused

Karjäärile on hea juurdepääs. Kaevandatav varu asub pinnaseveetasemest kõrgemal. Kaevandamine toimub mitme-astanguliselt. Kaevandamise teeb keerulisemaks materjali muutlikus ja ebaühtlane kvaliteet. Karjäärist on tänaseks kvaliteetsem maavara osa kaevandatud.

1.9.Uuringu keskkonnamõju hinnang

Uuringul tehti seinapuhastused avatud karjääri osas ja töödega ei avaldatud negatiivset mõju ega häiringut keskkonnale.

1.10.Maavaravaru arvutus

Maavaravaru arvutamisel määrati plokkide pindalad 0,01 hektari täpsusega ploki piiripunktide koordinaatide alusel ja arvutiprogrammi abil.
Pindala on arvutatud Golden Software LLC tarkvara Surfer 31.2.277 ja kontrollitud Gauss´i pindala valemiga. Pindala arvutuse valem:

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2}\left|\sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n\right|$$
$$= \frac{1}{2}\left|x_1 y_2 + x_2 y_3 + \cdots + x_{n-1} y_n + x_n y_1 - x_2 y_1 - x_3 y_2 - \cdots - x_n y_{n-1} - x_1 y_n\right|,$$

milles A on ala pindala, n on ala külgede arv, (x_i, y_i), i = 1, 2, ..., n on vastava piiripunkti x ja y koordinaat. Pindala arvutuste tabelid on antud tekstilisas 2.13.
Markšeidermõõdistamisel (Koger 2025) koostatud maapinnamudeli põhjal koostati interpoleeritud ja tihendatud korrapäraselt jaotatud andmepunktide võrk sammuga 0,5 m kasutades arvutiprogrammi Surfer geostatistilist arvutusmeetodit „Kriging“ (Isaaks ja Srivastava 1989, Cressie 1990). Meetodiga „Kriging“ arvutati maapinna kõrguste võrk.
Varasemate uuringupunktide andmete ja käesoleva töö raames mõõdistatud lasumi kõrguste põhjal koostati lasumi mudel.
Lasumimudel ehk interpoleeritud ja tihendatud korrapäraselt jaotatud andmepunktide võrk sammuga 0,5 m arvutati kasutades arvutiprogrammi Surfer lineaarse interpoleerimisega kolmnurga meetodit (Lee ja Schachter 1980, Guibas ja Stolfi 1985, Lawson 1977).
Pinnamudelitega ehk korrapäraselt jaotatud andmepunktide võrgu andmetega tehti ka varuarvutus. Varu arvutati arvutiprogrammiga Surfer (versioon 31.2.277) kolmnurkade meetodil laiendatud trapetsi valemiga. Laiendatud trapetsi valemi kohaselt on varu arvutatud järgmiselt:

$$A_i = \frac{\Delta x}{2}\left[G_{i,1} + 2G_{i,2} + 2G_{i,3} \cdots + 2G_{i,nCol-1} + G_{i,nCol}\right],$$

$$\text{varu} \approx \frac{\Delta y}{2}\left[A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \cdots + 2A_{nCol-1} + A_{nCol}\right]$$

kus Δx on korrapäraste andmepunktide võrgu samm x-telje suunas (veerus), Δy on korrapäraste andmepunktide võrgu samm y-telje suunas (reas), G_{ij} on kõrguse väärtus reas i ja veerus j. Varu arvutuse kokkuvõte on esitatud tekstilisas 2.14.

1.11.Kokkuvõte, soovitused ja ettepanekud

Kopamäe maardlas on varu kasutusalaks ehitusliiv kuid looduslik materjal ei vasta ehitusliiva nõuetele. Lasumi kõrguse täpsustamiseks mõõdistati katendis oleva moreeni lamam ja koostati varu arvutuseks lasumi mudel. Mäeeraldisel tehti 15 seinapuhastust, millest võeti vaomeetodil kokku 31 proovi lõimise analüüsiks. Tööde tulemusel koostatud mudeli abil arvutati katendi maht ja jääkvaru.
Maavara katendiks on maardlas keskmiselt 0,3 m kasvukiht ja reljeefi madalamas osas üle 4 m paksune moreeni kiht. Lamamiks on valdavalt liivsavimoreen.
Kasuliku kihi valdava osa moodustab eriteraline liiv terasuurusega 0,125-1,00 mm, milles on lisandina peent ja keskmist kruusa terasuurusega 2-16 mm. Aleuriidi ja savi fraktsiooni (<0,063 mm) kaalutud keskmine sisaldus on 13,1%. Materjal sisaldab ka veeriseid. Veeriselisem materjal on varasemalt kaevandatud.
Uuringu tulemustele tuginedes soovitame teha maavarade registris järgmised muudatused:

- muuta Kopamäe maardla maavara kasutusala täiteliivaks,
- liita maavarade registris plokid 1, 3, 7 ja 8 üheks veepealse aktiivse täiteliiva plokiks 1,
- liita maavarade registris plokk 2 ja 4 varu üheks veepealse passiivse täiteliiva plokiks 2,
- kanda maavarade registrisse:
  - plokk 1 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 904 tuh m^3 pindalal 12,57 ha,
  - plokk 2 veepealne täiteliiva passiivne tarbevaru 15 tuh m^3 pindalal 0,11 ha,
  - plokk 5 veepealne täiteliiva passiivne tarbevaru 2 tuh m^3 pindalal 0,02 ha.
- mäeeraldise piiridest välja jääva osa arvelt kanda maavarade registrisse plokid:
  - plokk 9 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 3 tuh m^3 pindalal 0,02 ha
  - plokk 10 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 0,1 tuh m^3 pindalal 0,001 ha
  - plokk 11 veepealne täiteliiva aktiivne tarbevaru 0,2 tuh m^3 pindalal 0,02 ha

Plokk 1 aT kohal pindalal 12,57 ha on katendi maht 84 tuh m^3, plokk 2 pT kohal pindalal 0,11 ha on katendi maht 5 tuh m^3, plokk 5 pT kohal pindalal 0,02 ha on katendi maht 0,1 tuh m^3.

1.12.Kasutatud trükiste ja käsikirjaliste materjalide loetelu

Cressie, N. A. C. (1990), The Origins of Kriging, Mathematical Geology, v. 22, p. 239-252.

Grünberg, R. 2003. Kopamäe liivamaardla (Kopamäe II) geoloogiline uuring (varu seisuga 01.01.2003.a.). OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tartu regionaalosakond. Aruande EGF nr 7506.

Grünberg, R. 2010. Kopamäe liivamaardla prognoosvaru osaline ümberhindamine kaevandamisandmetel (varu seisuga 01.01.2010). OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tartu regionaalosakond. Aruande EGF nr 8505.

Guibas, L., and J. Stolfi (1985), Primitives for the Manipulation of General Subdivisions and the Computation of Voronoi Diagrams, ACM Transactions on Graphics, v. 4, n. 2, p. 74-123.

Isaaks, E. H., Srivastava, R. M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York, 561 pp.

Jalakas, A. 1960. Aruanne Tartu tööpiirkonnas nr. 4 teostatud eelluure- ja luuretööde tulemustest. ENSV MN j.as. Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsuse Kompleksse Geoloogilise Luure Ekspeditsiooni Ehitusmaterjalide Rühm. Aruande EGF nr 1727.

Keskkonnaministri 17.12.2018 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.

Killar, E., Leštšinskaja, L., Otsa, A., Pikner, V., Sarapik, J. 1976. Lõuna-Eesti kruusliiva ja liivaleiukohtade otsingu- ja hinnangutööde aruanne. (1975.a. projekti alusel). ENSV Ministrite Nõukogu Geoloogia Valitsus Keila Geoloogiatöökond Tartu jaoskond. Aruande EGF nr 3419.

Koger, A. 2025. Kopamäe liivamaardla Kopamäe II liivakarjääri markšeiderimõõdistamise seletuskiri (varu seisuga 14.07.2025). OÜ Inseneribüroo STEIGER töö nr 25/5262.

Lawson, C. L. (1977), Software for C1 surface interpolation, Mathematical Software III, J. Rice (ed.), Academic Press, New York, p. 161-193.

Lee, D. T., and Schachter, B. J. (1980), Two Algorithms for Constructing a Delaunay Triangulation, International Journal of Computer and Information Sciences, v. 9, n. 3, p. 219-242.

Loog, A., Oraspõld, A. 1982. Settekivimite ja setete (setendite) uurimismeetodid. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder.

Mardla, E. 1984.a. Geoloogilised uurimistööd Kopamäe kruusa-liiva leiukohas. ENSV Agrotööstuskoonids RPI „Eesti Põllumajandusprojekt“. Aruande EGF nr 9043.

Pirrus, E. 2000. Maavarade geoloogia. Tallinna Tehnikaülikool, mäeinstituut. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.

Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., and Vetterling, W.T. (1988), Numerical Recipes in C, Cambridge University Press.

Reinsalu, E. 2008. Mäemajandus. Tallinna Tehnikaülikool. ISBN 9789949430130.

Saadre, T., Pikner, V., Leštšinskaja, L., Killar, R., Killar, E., Otsa, A., Karu, A. 1975. Aruanne 1974. aastal läbiviidud otsingulis-hinnanguliste tööde kohta karjäärimajanduse korrastamiseks. ENSV ministrite nõukogu geoloogia valitsus, Keila Geoloogia rühma Keila salk ja Tartu salk. Aruande EGF nr 3324.

Sinisalu, R. Kleesment, A. 2002. Purdsetendite granulomeetrilisest klassifikatsioonist. Eesti Geoloogiakeskuse toimetised. 10/1, 20-26.

Vilo, A. 1971. Ajutised juhised ehitusgeoloogilisteks uurimisteks Eesti ENSV-s. Tallinn. Lk. 40-41.

Viru, J. 1994. Kambja valla Kopamäe kruusliiva karjääri jääkvaru arvutus. Aruande EGF nr 4829.