



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

GEOLOOGIAINSTITUUT
MÄEOSAKOND

Tootmisjääkide kasutamine uute toodetena lubjakivi kaevandamisel Väo karjääri näitel

**Geotehnoloogia
Bakalaureusetöö**

Juhendaja: Enn Lüütre

Kaasjuhendaja: Boris Oks

Üliõpilane: Daniel Libman
103623

Üliõpilase meiliaadress: Libman.danielest@gmail.com

Õppekava nimetus: AAGB

Tallinn 2017

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud. Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

Daniel Libman
(Töö autori nimi)

(allkiri ja kuupäev)

Juhendaja: Enn Lüütre
Töö vastab bakalaureusetööle/magistritööle esitatavatele nõuetele.

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:
Lubatud kaitsmisele

.....
(nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Joonised	4
Tabelid	5
1. Sissejuhatus	6
2. Vão Karjäär	7
2.1 Asukoha Kirjeldus	7
2.2 Geoloogiline iseloomustus	8
2.2.1 Maavara kvalitatiivne ja tehnilis-füüsikaline iseloomustus	9
3. Killustiku tootmine Vão karjääris	10
3.1 Tootmisprotsessi kirjeldus	10
3.1.1 Ettevalmistustööd	10
3.1.2 Katendi eemaldamine	10
3.1.3 Maavara väljamine	11
3.1.4 Kaevandatud materjali töötlemine	11
3.2 Toodetava killustiku terastikuline koostis	12
3.2.1 Toodetava killustiku Silikaatanalüüs	12
3.3 Peenosised ja sõelmed	13
3.3.1 Sõelmete Iseloomustus	13
3.3.2 Peenosise iseloomustus	14
3.3.3 Sõelmete kasutamine	14
4. Olemasolev sõelmete töötlemine	14
4.1 Töötlemisprotsess	14
4.2 Madala kvaliteediga sõelmete töötlemine	15
4.3 Uue toodangu kasutusala	16
4.4 Paeliiva kasutamise eelised teedehituses	17
5. Peenosiste kasutamine uute toodetena	17
5.1 Peenosiste kasutamise/turustamise takistused	17
5.2 Peenosiste olemasolev ümbertöötlemine	18
5.3 Peenosiste kasutusvõimalused	20
5.3.1 Hiiva iseloomustus	21
5.3.2 Hiiva kasutamine tsemendi tööstuses	21
5.3.3 Hiiva kasutamine elektrijaamades	21

5.3.4 Hiiva kasutamine tööstusvee puhastamiseks	22
5.3.5 Hiiva kasutamine teede täite kihina	22
5.3.6 Hiiva kasutamine kaevandatud ala korrastamisel	22
6.Majandus osa	23
7. Keskkonnakaitse	26
8.Kokkuvõtte	27
9. Abstract	28
10. Kasutatud kirjandus ja viitematerjal	29
11.Lisad	30
Lisa 1. Geoloogiline läbilõige	30
Lisa 2. Killustiku sõelanalüüsid	31
Joonised	
Joonis 1. Vão karjääri plaan	7
Joonis 2. Karjääri kaitsevall	10
Joonis 3. CDE pesuliini tehnoloogiline skeem	14
Joonis 4. CDE pesuliin	15
Joonis 5. Hiiva basseinid	17
Joonis 6. Filterpressi mehhanism	18
Joonis 7. Filterpressi toodang	19
Joonis 8. Filterpressi tehnoloogiline skeem	19

Tabelid

Tabel 1. Killustiku klassi määramis standart	12
Tabel 2. Silikaatanalüüs	13
Tabel 3. CDE/CAB põhitoodangu tarbijad	16
Tabel 4. Filterpressi tehnilised andmed	18
Tabel 5. Peenosiste keemilise sisalduse analüüs	20
Tabel 6. Karjääri müügi kogused aastate lõikes	23
Tabel 7. Karjääri müügitulu võrdlus	23
Tabel 8. CDE Tootmiskulud	24
Tabel 9. Tootmise ja maksude osa aasta lõikes	25

1. Sissejuhatus

Käesoleva töö ülesandeks on uurida lubjakivi kaevandamise, ning killustiku tootmisprotsessis tekkivate jääkide kasutamise võimalusi uute toodetena. Kaevandamisel tekkib erinevaid jääke. Selles töös vaatlen sõelmete (0-4 mm), pestud killustiku ning peenosiste (0-0,063 mm) uusi kasutamisevõimalusi.

Eestis üldjuhul kasutatakse jääke enamasti karjääride ala korrastamiseks. Turustamis võimalused 0-4 mm. fraktsioonile on olemas pae liiva ning ridakillustiku segudena. Kuid siamaani ei ole leitud võimalust peenosiseid turustada ja sellega saavutada jääkide vaba tootmine.

Jäägid tekkivad terve tootmisprotsessi käigus, alustades raimamisest ja lõpetades sõelmete pesuliiniga. Antud töös vaadeldakse sammuti uute toodete kvaliteedi aspekte, peenosiste kasutusvõimalusi eesti turul ning, sammuti uuritakse ka maavaramajanduslike aspekte.

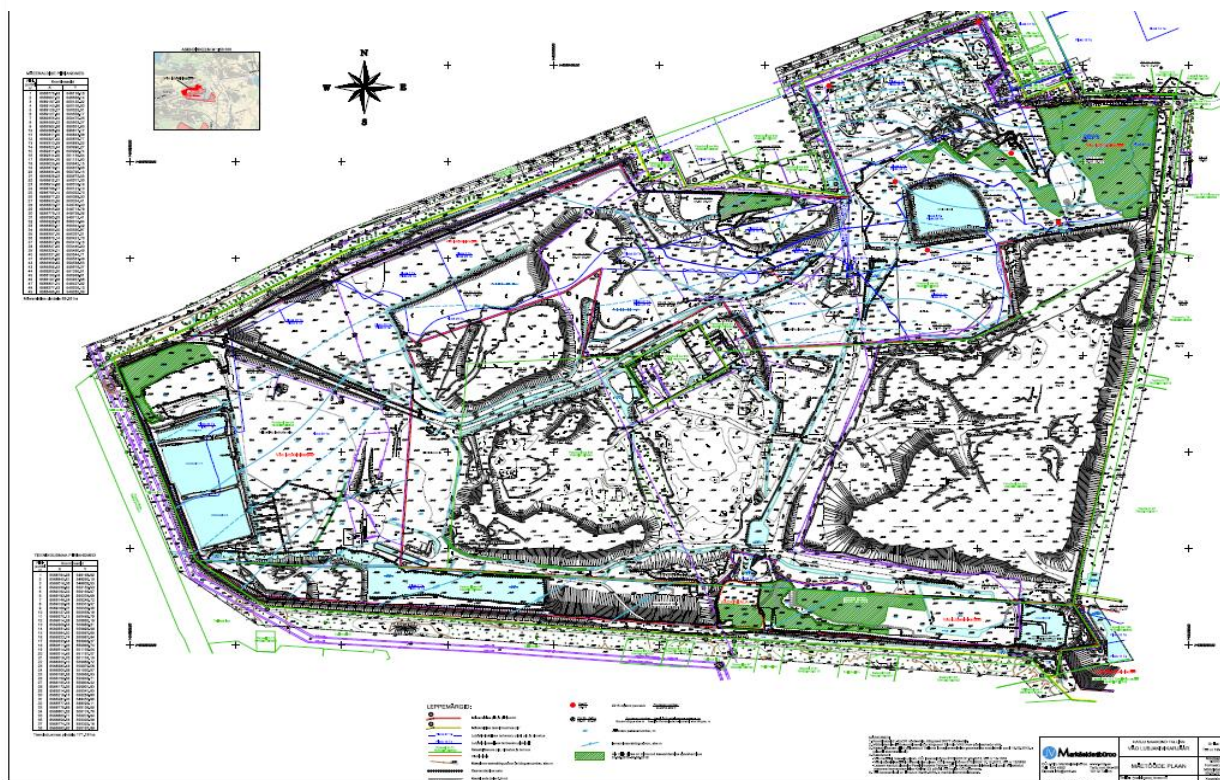
Ülaltoodud ülesannete ja probleemi lahendamiseks on kasutatud kirjandusallikaid ja Paekivitoodete Tehase OÜ materjale. Töö põhineb Vão Karjääri tööstusel.

Antud töö uudsus seisneb lubjakivi jääkide edasikasutamise viiside analüüsist, ning pakub erinevaid uusi võimalusi.

2. Vão Karjäär

2.1 Asukoha Kirjeldus

Joonis 1. Vão karjääri plaan



Vão lubjakivikarjäär asub üleriigilise tähtsusega Vão lubjakivi maardlas (registri kaart nr. 0046).

Vão lubjakivikarjääri KMH käigus hõlmatava maa-ala tehnilised andmed:

- mäeeraldise teenindusmaa kogupindala: 171,19 ha
- sealhulgas mäeeraldise pindala: 89,26 ha

Teenindusmaa hõlmab kolme kinnistut :

- riigimaa, katastri tunnus 78403:313:0630 pindala 927249 m²
- riigimaa, katastri tunnus 78403:313:0640 pindala 172118 m²
- riigimaa, katastri tunnus 78403:313 0650 pindala 618170 m²

Kolme kinnistu kogupindala on 171,75 ha. Teenindusmaa kogupindala 171,19 ha on väiksem olemasolevate tehniliste rajatiste servituutide olemasolu tõttu.

Vão lubjakivikarjäär piirneb põhjast tiheda liiklusega Tallinn-Narva riigimaanteega, millest teisel pool paikneb Lasnamäe linnaosa korterelamute rajoon. Lähimad hooned maantee ääres on siiski ärifunktsiooniga. Ka kirdesuunal on vahetult karjääri kõrval grupp Vão tee äärseid elamuid. Vão karjäär piirneb kagust töötava Tondi-Vão lubjakivikarjääriga, kus kaevandab OÜ Vão Paas. Antud ettevõtte asub paljude tarbijate läheduses, mis soodustab toodangu kiiret realiseerimist.

Lähim looduskaitse objekt on Pirita jõe hoiuala (registrikood KLO2000005), mis jääb alast 900 m kaugusele itta. Teadaolevad keskkonnakaitse objektid alal puuduvad. Karjääris puudub

looduslik taimkate ja loomastik, tegemist on täielikult kaevandamisest mõjutatud tehnogeense maastikuga. Karjääri töötamise müratase on mudelarvutuste järgi üldjuhul lähimate elamute õuealadel piirnormati sees, kuid probleeme on tekitanud öine müratase. Samas on peamine müraallikas siiski Tallinn-Narva maantee liiklusrüü, mille lubatud normtase on kõrgema väärtusega kui tööstusmüra. Tänapäevaks on kaevandamine Vão maardlas mõjutanud ülemisi Siluri–Ordoviitsiumi põhjaveekihte, kus vee väljapumpamise tõttu on välja kujunenud alanduslehter, mis on muutnud ümbritseva ala looduslikku veerežiimi. Karjäärivesi tekib peale põhjavee käesoleval ajal veel valdavalt sademeveest, mis heljumist vabanemiseks lastakse läbi settebasseinide süsteemi ja seejärel pumbatakse karjääri kagunurgas paikneva pumpla abil üles Põllüääre kraavi ja sealt liigub vesi Pirita jõkke. Vee erikasutusluba nr L.VV/321901 (kuni 02.07.2017.a) lubab Pirita jõkke pumbata liigvett 880 000 m³ aastas.

Paekivitoodete Tehase OÜ kaevandamistehnoloogia tagab põhimõtteliselt 100% jäätmevaba tootmise. Lubjakivi kaevandamisel valmistab tehas mitmesugust toodangut, mille hulka kuuluvad valitud tükeldatud ehituspaas, töötlemata paekivi ja valdavalt laialdase fraktsioonide nomenklatuuriga paekivikillustik. Tehase andmetel tekib paekivikillustiku tootmisel kaevisest ca 65-70% killustikku ja 30-35% mittelikviidset fraktsiooni (0/4,0/32). Uue tehases juurutatud tehaste jaoskonnaga, mis koosneb CDE ja CAB pesemisliinidest ja filterpressist, toodetakse mittelikviidset fraktsioonist kvaliteetset pestud paeliiva ja pestud killustiku. Mittelikviidset fraktsioonist järelejääv osa-peenfraktsioon (0/063)-moodustab mahust ca 20% ja on toormaterjaliks filterpressis valmistatavale nn filterkoogile ja pae-savi seguna heade isoleerivate omadustega sobiv ekraanikihtide rajamiseks. [1]

2.2 Geoloogiline iseloomustus

Vão lubjakivikarjäär paikneb Harju lavamaa põhjaservas Kesk-Ordoviitsiumi Vão kihistu (O₂Vä) avamusel. Maapinna absoluutkõrgused jäävad vahemikku 19,5 (karjääri põhjas) kuni 41,5 m. Katend koosneb vaadeldavas piirkonnas kasvukihist ning Kvaternaari saviliivast ja liivsavist. Kuna tegemist on kaua töös olnud karjäärialaga, on katend valdavalt kooritud (kogumaht ca 675 tuhat m³). Enamasti on katend ladustatud ajutiselt mäeeraldise teenindusmaal, kuid kokkuleppel Lasnamäe Linnaosa Valitsusega ka väljaspool karjääri piire (Lisa 9). Ladustatud katendi vallid on karjääri ümber 3–4 m kõrgused ja karjääri keskel kuni 10 m ning aja jooksul rohttaimede ja põõsastega kattunud. Kogu katend kasutatakse esimesel tehnoloogilisel võimalusel karjääri korrastamisel. Kasuliku kihi moodustavad Uhaku, Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademete lubjakivid. Antud kihi kvaliteedi näitajad on kõige paremad tehnilis-füüsikalise ja kaubanduslikult. Kasulik kiht on karjääris juba suures osas väljatud. Geoloogilise läbilõike ülemise osa moodustab Uhaku lademe (O₂Uh) ülaosas savikas poolmugulja tekstuoriga ja allosas võrdlemisi puhas ehituslubjakivi. Lademe paksus on maardla piires 0,0–2,4 m. Uhaku lademe all lamab helehall peenkristalne Lasnamäe lademe (O₂Ls) lubjakivi ja tumehall peenkristalne dolokivi. Kivimis esineb õhukesi merglikilesid ja vahekihte. Lubjakivis esineb rohkesti fosfaatseid katkestuspindu ning dolokivis väikseid poore ja kaverne. Lademe paksus jääb vahemikku 2,3–14,5 m ning selle alumine piir on määratud valgete lubiooidide järgi. [1]

Lasnamäe lademe lamamiks on Aseri lademe (O₂As) detritne paksukihiline ja kohati raudooididerikas lubjakivi paksusega 0,7–1,0 m. Selle lamam, Kunda lade (O₂Kn) on esindatud helehalli lubjakiviga, mis sisaldab tasemeti rohkesti pruune raudoide, fosfaatseid katkestuspindu ja peajalgsete (nautiloidid) kivistisi. Kivimis esineb kohati õhukesi merglikilesid. Lademe paksus on maardla piires 0,8–1,1 m. Mäeeraldise lamamiks on Volhovi lademe (O₂Vl) rohekashall

glaukoniitlubjakivi, karbonaatse glaukoniitliivakivi ja liivaka glaukoniitsavi, mille loodusliku seisundit kaevandamine ei muuda. [1]

2.2.1 Maavara kvalitatiivne ja tehnilis-füüsikaline iseloomustus

Maavara füüsikalise-mehaanilised omadused on toodud tuginedes Vão maardla registrikaardile. Lasnamäe lademe kivimi tihedus tervikus on $2,66 \text{ g/cm}^3$ ning veeimavus lademe ülaosas 1,6% ja allosas 1,3%. Survetugevuse mark on lademe ülaosas 400 ja allosas 600, kuluvusmark terves ulatuses 1,0 ning külmakindluse mark 25.

Lasnamäe lademe lubjakivi keemiline koostis on järgmine:

CaO 30,53–48,74%;

MgO 2,18–11,57%;

SiO₂ 4,12–6,72%;

Al₂O₃ 2,1–2,83%;

Fe₂O₃ 1,1–3,14%.

Kuumutuskadu on 39,64–41,88% ja lahustumatu jääk 3,94–5,72%.

Märkus. Kuumutuskadu on materjali kuumutamisel tekkiv massi kadu, ehk tuhasus.

Kunda ja Aseri lademete väikse paksuse tõttu võeti neist füüsikalise-mehaanilisteks proovideks materjal ühiselt (1969. a). Killustiku tugevuse mark on purustatavuse järgi 400–800 (enamasti 600), killustiku tugevuse tinglik mark oli kõikides proovides 600. Külmakindlus on 25 tsüklit (kaalukadu 1,4–2,1%), mahukaal 2,54–2,64 g/cm³, tihedus 2,73–2,82 g/cm³, veeimavus 1,33–2,83% ja poorsus 4,0–8,6%. Killustiku väljatulek on 75,6–79,4% ja saviosakeste sisaldus killustikus 0,2–0,3%. Kivimi survetugevus on kuivalt 852–1428 kg/cm², veega immutatult 1012–1187 kg/cm² ning pärast 25 tsüklit vahetat külmutamist 897–1022 kg/cm².

Aseri lademe lubjakivi keemiline koostis on protsentuaalselt järgmine:

SiO₂ 6,96;

Al₂O₃ 4,08;

Fe₂O₃ 4,36;

CaO 39,95;

MgO 6,14;

S üld 0,58;

kuumutuskadu 37,1%.

Kunda lademe lubjakivi keemiline koostis on protsentuaalselt järgmine:

SiO₂ 5,0;

Al₂O₃ 2,54;

Fe₂O₃ 2,54;

CaO 38,95;

MgO 9,34;

S üld 0,39;

kuumutuskadu 39,8 %.

Kokkuvõttes on Vão lubjakivikarjääri piires kaevandatav lubjakivi kõrgemargiline ning sobib ehituses ja teedehituses kasutatava killustiku tootmiseks. [1]

Samas kõige halvema kvaliteediga lubjakivi asub Uhaku lademes. Halb kvaliteet seisneb suures savi kontsentratsioonis, mis töötlemisel viib lubjakivi tugevusklassi alla.

Kasutatavas ehituslubjakivi lademeis ei esine keskkonnale ohtlike mineraale ega ühendeid.

3. Killustiku tootmine Vão karjääris

Joonis 2. Karjääri kaitsevall.

3.1 Tootmisprotsessi kirjeldus

3.1.1 Ettevalmistustööd

Tavaolukorras algab karjääri avamine ettevalmistustöödega, mille käigus tähistatakse piirid, raadatakse mets ja võsa ning eemaldatakse alalt katend. Vão lubjakivikarjääris on ettevalmistustööd valdavalt tehtud ning maavara suures osas väljatud. [1]

3.1.2 Katendi eemaldamine

Katend on varasemalt valdavalt eemaldatud ning ladustatud mäeeraldise teenindusmaale, osaliselt ka mäeeraldisele jääkvaru peale, mida varem ei olnud plaanis kaevandada. Kokkuleppel Lasnamäe Linnaosa Valitsusega on katendit ladustatud ka karjäärist läänes Paneeli tänava ja Peterburi tee 94 vahelisele haljasalale. Mäeeraldise ümber ladustatud katendi vallid on 3–4 m

kõrgused, karjääri põhja ladustatud vallide kõrgus ulatub aga kuni 10 m. Stabiilsuse tagamiseks on vallide küljed kujundatud kaldega 30–35° ja pealispind silutud. Vallid on aja jooksul kattunud rohttaimede ja põõsastega. Mäeeraldisele on katend ladustatud suurematesse puistangutesse.

Seal, kus katendipuistangud on ladustatud maavaravaru peale, toimub buldooseriga katendi ümberpaigutamine. Looduslikust olekust on katend eemaldamata veel vaid mäeeraldise kirdeosas (paksus 0,4–0,9 m), kus on ka puud raadama. Pärast puude raadamist kattepinna kooritakse ja ladustatakse tuginedes varasemale praktikale ülejäänud katendist eraldi. Vajadusel tõstetakse katendivallid ekskavaatori abil ringi. Kogu katend kasutatakse esimesel tehnoloogilisel võimalusel karjääri korrastamistööl. Detailsem kirjeldus katendi eemaldamise kohta on toodud tehnoloogilises kaardis. [1]



3.1.3 Maavara väljamine

Raimamine

Lubjakivi raimamiseks kõige tootlikum ja majanduslikult tasuvam moodus on puurlõhketööde kasutamine, mida Väo lubjakivikarjääris saab rakendada siiski ainult teatud kohtades. Lõhkamisest tekkivate maavõngete suhtes tundlike objektide läheduses (nt gaasitrass, elamud) kasutatakse paekivi mehaanilist kobestamist hüdrovasaratega. Hüdrovasar võimaldab kaevandada selektiivselt ja annab võimaluse eraldada halvad kihid headest. Ekskavaator seisab kaevandamisastme põhjal või raimatud materjalil ning kobestab enda ees ja ümber paekivi 0,1–0,8 m paksuse kihina.

Pärast teatud suurusega platsi kobestamist toimub raimatud kivimi laadimine kalluritele ja vedu töötlemisele, misjärel kobestatakse järgmine kiht. Puurlõhketöödega raimatakse üldjuhul kaevandatav lubjakivikiht ühe astmega, mille kõrgus on sõltuvalt ee asukohast kuni 10–15 m. Puurlõhketöid teostatakse alltöövõtu korras. Lõhketööde teostaja (teostab Lemminkäinen Eesti AS) omab tööde läbiviimiseks vastavat litsentsi ning koostab ka lõhketööde projekti. Lõhketööde projekti koostamisel arvutatakse lõhkelaengud sellise suurusega, mis ei ohusta hooneid ega inimesi. Puurlõhketööde projekti koostamine ei kuulu antud projekti koosseisu. Seega, sõltuvalt raimamismeetodist, tekib erinevates kogustes peenosist. [1]

Raimatud materjali laadimine

Kobestatud materjali kaevandamiseks ja laadimiseks kasutatakse karjääris pöördkoppekskavaatoreid. Analoogselt toimub laadimine hüdrovasaraga raimatud materjali kaevandamisel. Raimatud lubjakivi veetakse kalluritega eest purusti vastuvõtupunktsisse. Korraga töötavad kuni neli kallurit. [1]

3.1.4 Kaevandatud materjali töötlemine

Väo lubjakivikarjääris kaevandatav lubjakivi on kõrgemargiline ning sobib ehituses ja teedeehituses kasutatava killustiku tootmiseks. Väo lubjakivikarjääris kasutatakse 100% jäätmevaba tehnoloogiat.

Kaevis laaditakse purustus-sorteerimissõlme punktsisse ja purustatakse erinevate purustusastmetega ning sõelutakse erineva terasuuruse järgi. Vajadusel (savise materjali korral) pestakse killustik pärast seda pesusõlmes Haver. Enimtoodetavad fraktsioonid on 4–16 mm, 16–32 mm ja 32–64 mm. Neist fraktsioonidest on võimalik toota erinevaid segusid spetsiaalses segusõlmes Benninghoven. Väo lubjakivikarjääris on raimatud kivist võimalik toota 65–70% ulatuses fraktsioneeritud killustikku. [1]

Lisaks tekivad fraktsioon 0–32 mm ja peenfraktsioon 0–4 mm. Viimane moodustab 30–35% kogu töödeldavast kaevisest, kuid on üldiselt väikese turunõudlusega ning seetõttu jäänud varasemalt suures osas lattu seisma. Ladustatud peenfraktsiooni maht on hinnanguliselt 3,5 milj m³. Peenfraktsiooni otstarbekamaks kasutamiseks on arendaja kasutusele võtnud killustiku niiske sorteerimissõlmed CDE (*edaspidi* CDE) ja CAB (*edaspidi* CAB) ning filterpressi Fraccarolli & Balzan (*edaspidi* filterpress). Toodetakse mitmes fraktsioonis killustikku ja paeliiva, mida kasutatakse ehitusliiva ja peenkillustikuna ehitusmaterjalide ning asfaltbetoonisegude tootmiseks.

CDE ja CAB tööpõhimõtted on sarnased ning mõlemas seadmes toimub tehnoloogiline protsess vee

korduvkasutusega. Filterkoogi filtratsioonimoodul on $2,1-4,5 \times 10^{-10}$ m/s, pae-savi segul $2,1-10 \times 10^{-10}$ m/s, mis ületavad oluliselt nt tavajäätmete prügila alla ettenähtud savikihi filtratsioonimooduli 1×10^{-9} m/s. Filterkooki ja pae-savi segu kasutatakse karjääri põhja isolatsioonikihi moodustamiseks karjääri korrastamistöodel. Samuti on võimalik neid kasutada ehitusmaterjalide tootmisel või põllumajanduses. [1]

3.2 Toodetava killustiku terastikuline koostis

Vão karjääris toodetakse killustiku 4/16 ; 16/32 ; 32/64 fraktsioone. Killustiku klass sõltub lubjakivi kvaliteedist (mis lademest raimatakse). Kvaliteedi kontrolli teostab karjääri oma labor. Nõuete kohaselt saadetakse proovid ka riiklikusse laborisse.

Kohalikus laboris tehakse sõelanalüüsid ning Los Angeles katsed. Vastavalt tulemustele eristatakse killustiku 2 ja 3 klass ning madalamargiline toode (savine ja halva kvaliteediga). Labori tulemuste näited on toodud Lisas 2.

Tabel 1. Killustiku klassi määramis standart [2]

Katse	Klass I	Klass II	Klass III	Klass IV	Normid
Nordic kulumiskindlus	≤ 10	≤ 14	PN	PN	EVS-EN 109 7 -9
Külmakindlus	≤ 2	≤ 2	$\leq 2/PN$	$\leq 2/PN$	EVS-EN 1367 -2
Purunemiskindlus/ Los Angeles katse	≤ 20	≤ 20	≤ 30	≤ 35	EVS-EN 109 7 -2
Peenosiste sisaldus	≤ 1	$\leq 1/\leq 2$	$\leq 2/\leq 3$	$\leq 3/\leq 4$	EVS-EN 9 33-1
Terakuju plaatsuse teguri järgi	≤ 10	≤ 20	≤ 25	≤ 35	EVS-EN 9 33-3
Huumusesisaldus	Heledam etalonist				EVS EN 17 44-1 p.15.1

3.2.1 Toodetava killustiku Silikaatanalüüs

Antud analüüs oli tehtud Eesti Geoloogiakeskuse laboris 29.09.2016. See näitab sammuti killustiku kvaliteeti. Kõige tähtsam on see asfaldi ning betoonitehastele. [3]

Märkus: Analüüsi meetoditega saab tutvua Wikipedia keskkonnas [9]

Tabel 2. Silikaatanalüüs

Proovi nr. Komponent	pr.nr.1 %	Meetod	Standard
SiO ₂	5.88	Kaalanalüüs	163-X
Al ₂ O ₃	1.56	tiitrimine	“
CaO	48.94	“	“
Fe ₂ O ₃ üld	1.02	AAS-leek	163-X/172-XC
MgO	1.51	“	“
MnO	0.11	“	“
TiO ₂	0.10	Spektrofotomeetria	163-X
P ₂ O ₅	0.74	“	66-X
K ₂ O	0.85	leek-fotomeetria	44-X
Na ₂ O	0.10	“	“
K.k. 960°C	39.36	Kaalanalüüs	118-X
Süld	0.09	“	3-X

Tulemus on kahe paralleelmääramise keskmine.

Petrograafiline analüüs [3]

Fraktsioon 16/32

Proov koosneb valdavalt karbonaatsetest settekivimitest e. Lubjakivist (≈ 100%).

Fraktsioon 4/16

Proov koosneb valdavalt karbonaatsetest settekivimitest e. Lubjakivist (≈ 100%).

Fraktsioon 4/8

Proov koosneb 99,8-99,9% lubjakivist ja 0,1-0,2% on graniitsed kivimid(kvarts, päevakivi)

Fraktsioon 0/4

Proov koosneb 99,5-99,7% lubjakivist. 0,2-0,3% on graniitset materjali (kvarts, päevakivi, vilk jm.).0,1-0,2% on savi, rauaoksiidi ja pinnast.

3.3 Peenosised ja sõelmed

3.3.1 Sõelmete Iseloomustus

Lubjakivi purustamisel killustikuks, tekib peenfraktsioon 0-4mm, edaspidi sõelmed. Sõltuvalt lubjakivi looduslikust kvaliteedist, on ka sõelmete kvaliteet erinev. Savirikaste kihtide väljamisel, on sõelmetes suures osas savifraktsiooni. Eriti on seda näha Uhaku lademe ning Kunda lademe viimase kihi lubjakivis. Samuti sisaldub rohkem savimineraale ka teistes lademetes kus on olnud jõesäng.

3.3.2 Peenosise iseloomustus

Peenosisteks nimetatakse klassi, ehitusterminoloogias - fraktsiooni 0/0,063mm. Seda fraktsiooni saadakse sõelmete läbipesemisel, ning pumbatakse spetsiaalselt ehitatud basseinidesse.

3.3.3 Sõelmete kasutamine

Sõelmeid saab kasutada erineval moel. Juhul kui, sõelmete kvaliteet vastab asfaldi/betooni tehaste nõuetele (kuiv ning savi kontsentratsioon on väike), saab neid kohe turustada. Kvaliteedi puudumisel, ladustatakse neid sõelmete ladustamis aladele, ning pesusõlme olemasolul, töödeldakse, et saada uus fraktsioon 0-4mm, teisisõnu „paeliiv“

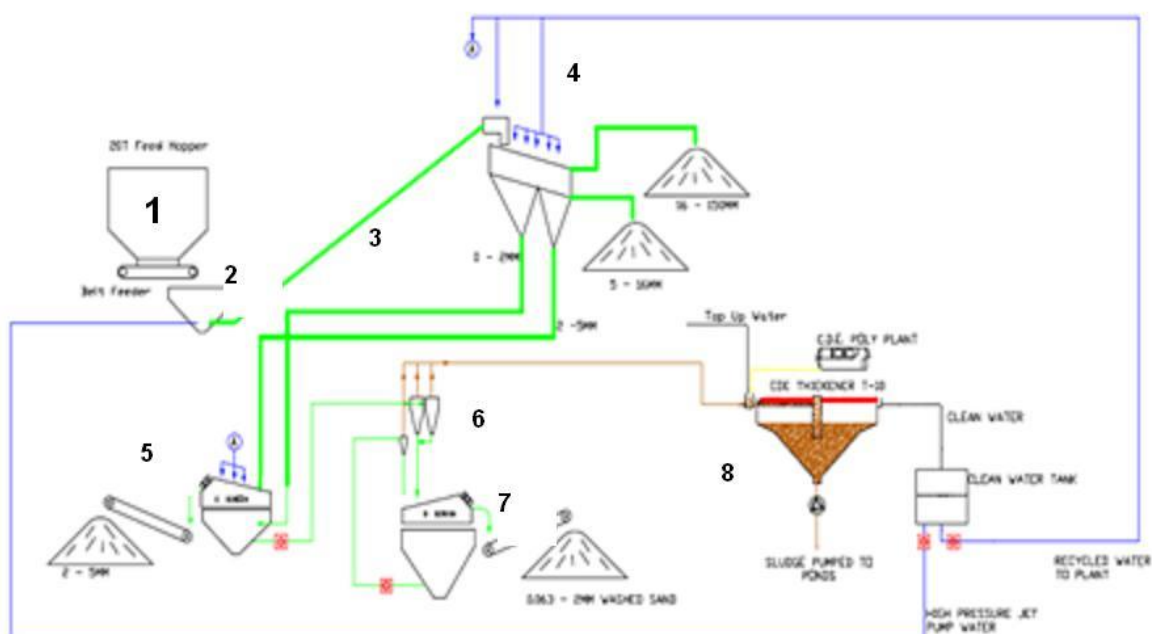
4. Olemasolev sõelmete töötlemine

4.1 Töötlemisprotsess

Sõelmete töötlemisprotsess algab sõelmete laadimisest pesuliini punkrisse. Väljundiks on pestud fraktsioonid 0,063/4mm; 4/8mm; 8/16mm; 16/32mm. Jääkproduktiks on peenos 0/0,063mm. Järgnevalt punktide kaupa on toodud protsessi käik. Joonisena on skeem välja toodud Lisas 3.

1. Sõelmed laetakse pesuliini vastuvõttu punkrisse
2. Konveieri abil sõelmed saadetakse esimesele 40 mm sõelale, mis eemaldab suurema fraktsiooniga materjali. Ülejäänud materjal kukub all olevasse kogumisvanni.
3. Kogumisvannis olev kõrgsurve hüdrotranspordi süsteem saadab materjali mööda gofreeritud torustiku vibrosõela peale.
4. Vibrosõelal eraldatakse fraktsioonid 0/4mm; 4/8 mm; 8/16 mm; 16/32 mm. Sõelal olevad vee pihustid pesevad kõrgsurvega materjali läbi.

Joonis 3. CDE pesuliini tehnoloogiline skeem [4].



5. Fraktsioon 4/8 läheb teisele sõelale, kus vee pihustitega pestakse see teistkordselt läbi, saavutamaks lubatud peenosiste sisaldus kuni 2%. Jäägid saadetakse 0/4 mm. fraktsiooniga hüdrotsüklonisse.
6. Fraktsioon 0/4 saadetakse hüdrotsüklonitesse, kus tsentrifugaaljõu abil, eraldatakse 0/0,063mm fraktsioon.
7. 0,063/4 materjal pestakse teistkordselt veega läbi, saavutamaks maksimaalne peenosiste sisaldus kuni 3%.
8. Peenosis pumbatakse segistisse, kus polümeerse ainega segades, see vajub segisti põhja, ning pumbatakse setitamiseks „hiivabasseinidesse“. Segistis olev puhastatud vesi läheb tagasi süsteemi uuele ringile. Seega antud pesuliinil toimub vee taaskasutus.

4.2 Madala kvaliteediga sõelmete töötlemine

Sõltuvalt raimatud kihi ning lubjakivi kvaliteedist, võib sõelmete kvaliteet sammuti erineda. Halva kvaliteediga sõelmeteks loetakse neid, mille savi ning peenosise sisaldus on rohkem kui 20%. Antud näitaja on määratud ettevõtte siseselt. Sõelmete pesuliini töö kestel võrreldi peenosiste sisaldust väljuvas toodangus sõelmetes sisalduva 0-0,063mm fraktsiooni sisaldusega. Mida rohkem peenosiseid või savist materjali on toormaterjalis, seda halvema kvaliteediga on väljundmaterjal (ptk. 4.1, punkt 5 ja 7).

Juhul kui peenosiste sisaldus fraktsioonis 4/8 mm, ületab kehtestatud nõuded, saadetakse see teistkordselt läbipesemisele.

Fraktsiooni 0/4mm teistkordsele pesemisele ei saadeta. Läbipesemis võime võimendamiseks, suurendatakse pesuvee kogust pihustites ning materjali sisselase tehakse väiksemaks. Kui vastavad variandid ei anna soovitud tulemust, toormaterjali pannakse vähem savirikkast materjali ja rohkem puhtaid sõelmeid.

Joonis 4. CDE pesuliin [4]



4.3 Uue toodangu kasutusala

Pesuliinide CDE ning CAB väljundmaterjalideks on fraktsioonid 0/4mm; 4/8 mm; 8/16 mm; 16/32 mm. Kõik need fraktsioonid turustatakse ehituse tarbeks.

Fraktsiooni 0/4 mm., kasutatakse ka killustiku segus, mida toodetakse spetsiaalsel segusõlmel Benninghoven. Fraktsiooni 4/8 mm., peamised ostjad on betooni tehased. Viimastel aastatel antud fraktsioon on väga nõutud. Fraktsioonid 8/16mm; 16/32mm., turustatakse enamasti täitmismaterjali tarbeks.

Allolev tabel näitab suuremaid toodangu tarbijaid ning ostetud mahte.

Tabel 3. CDE/CAB põhitoodangu tarbijad.

	CDE/CAB põhitoodangu tarbijad 2016 a.				
	Müük 2016 aastal , tuh. t				
CDE/CAB toodang	0,063/4 mm	4/8 mm	8/16 mm	16/32 mm	kasutamine
Alaron Grupp OÜ	8,8				üldehitus
Bygg Maskin AS	20,6		0,4		üldehitus
Hartrem OÜ	14,3			11,2	üldehitus
Lemminkäinen Eesti AS	69,9		8,2		teedeehitus,üldehitus
Realsten OÜ	8,0				üldehitus
Verston Ehitus OÜ	12,7		0,3		teedeehitus,üldehitus
Teearu Grupp OÜ	8,2				teedeehitus,üldehitus
Amifax OÜ	4,7				üldehitus
Viaston Infra OÜ	34,3			4,1	teedeehitus,üldehitus
Betoneks AS		6,1			betooni tootmine
HC Betoon AS		9,5			betooni tootmine
Rudus AS		6,6			betooni tootmine
Talot AS		5,6			betooni tootmine
Kasti MP OÜ				4,0	üldehitus
Korwell OÜ				1,9	üldehitus
Kaurits OÜ				2,5	üldehitus
ja teised ettevõtted					
kokku	205,5	32,4	11,3	29,2	

4.4 Paeliiva kasutamise eelised teedehituses

Teekatte aluspinna üks olulistest funktsioonidest on vastupidavus staatilistele ja dünaamilistele koormustele. Seega on oluline, et aluspinnas oleva materjali vastupidavus suurenevatele jõududele suureneks sammuti, mitte väheneks.

Varasematel aegadel tealus koosnes mitmes kihist – liiva kiht vee drenaaziks, jäme killustik, keskmine ning peenkillustik, mille peale pandi mitu kihti asfaldit. Kõik kihid tihendati vibratsiooni abil teerullidega. Tihendamisel, eriti jäme killustiku kihis, toimub terade hõõrdumine üksteise vastu, mis peenestab neid ja seega teeb selle kihi nõrgemaks. Tuleb mainida, et selline tihendamine on kulukas protsess, eriti arvestades mitme kihi tihendamist.

5. Peenosiste kasutamine uute toodetena

Joonis 5. Hiiva basseinid



5.1 Peenosiste kasutamise/turustamise takistused

Peenos on peenfraktsioon 0-0,063 mm. Selline peenos tekib jääkainena peale sõelmete pesuliini ning seda pumbatakse „hiivabasseinidesse“. Teatud aja jooksul need basseinid kuivavad ära ja kuivanud jäägid transporditakse karjääri plokkidesse (karjäär on jaotatud osadeks), kus maavara on juba väljatud ja võib alustada rekultiveerimisega. Kuid seda materjali kogust on rohkem kui aluspinna ehituseks vaja. Ettevõttel (antud töös on see Paekivitoodete Tehase OÜ), tekivad raskused üleliigse materjali paigutamise ja edasikasutamisega.

Eestis pole antud ajal võimalusi sellise peenfraktsiooni edasikasutamise jaoks. Turustamine selle tõttu pole võimalik. Kehtivad teedehitus nõuded ei võimalda sammuti sellise aluspinna katte kasutamist, kuna see ei lase vett läbi.

5.2 Peenosiste olemasolev ümbertöötlemine

Peenosid väljub sõelmete pesuliinist vedela produktina. Selle kuivatamiseks on pesuliini lähedusse ehitatud Filterpress seade, mis võimaldab vedelat peenosist kuivatada kuni 14,55% jääniiskuseeni. Seade töötab hüdraulilise kuivatamise põhimõttel.

1. Vedel peenosid pumbatakse mahutisse
2. Mahutist pumbatakse peenosid tekstiilmaterjalist plaatide vahele (nn. Filtrid)
3. Hüdraulika abil, plaadid surutakse kokku. Vedelik väljub läbi tekstiilmaterjali.
4. Tsükli lõppedes filtrid tõmmatakse laiali ning tahkestatud materjal kukub alla hoiualale.

Filterkoogi filtratsioonimoodul on 2,1–4,5x10-10 m/s, pae-savi segul 2,1–10x10-10 m/s, mis ületavad oluliselt nt tavajäätmete prügila alla ettenähtud savikihi filtratsioonimooduli 1x10-9 m/s. Filterkooki ja pae-savi segu kasutatakse karjääri põhja isolatsioonikihi moodustamiseks karjääri korrastamistöodel.

Tabel 4. Filterpressi tehnilised andmed [4].

Filterpress FB/1500-120 4-silindrit	
Plaadi suurus	1500 x 1500
Plaatide arv	120
Ühe tööttsükli maht	5,92m ³ /h
Tsüklite arv tunnis	2
Tootlikus Tunnis	11,84m ³ /h

Joonis 6. Filterpressi mehhanism [4].

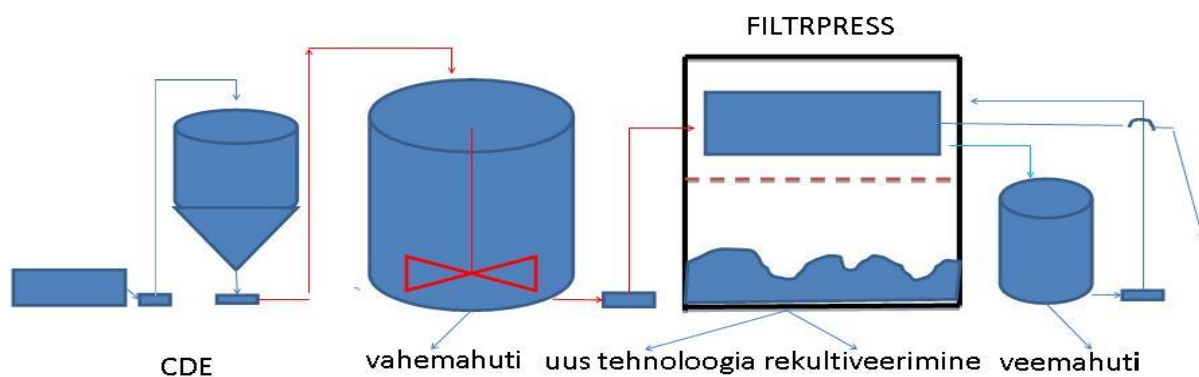


Joonis 7. Filterpressi toodang [5].



Joonis 8. Filterpressi tehnoloogiline skeem [4].

TEHNOOLOOGILINE SKEEM



5.3 Peenosiste kasutusvõimalused

Kuigi Eestis pole antud hetkel võimalik peenfraktsiooni 0-0,063mm kasutada, välismaa praktikat vaadeldes, sellised võimalused ikkagi on olemas. Vastavalt erinevatele allikatele ning uurimustöödele, on antud fraktsioonil suur potentsiaal. Nii teedehituse, keskkonna kui ka majandusliku aspekti poolest. Paekivitoodete Tehas OÜ valduses oleva filterpress seadme abil, oleks võimalik mõned nendest võimalustest ära kasutada.

Peenosistele oli tehtud ka keemilise sisalduse analüüs Eesti Geoloogiakeskuse laboris.

Märkus: Analüüsi meetoditega saab tutvuda Wikipedia keskkonnas. [9]

Tabel 5. Peenosiste keemilise sisalduse analüüs

Proovi nr. Komponent	Sisaldus %	Meetod
SiO ₂ (savi)	15.70	Kaalanalüüs
Al ₂ O ₃	5.35	tiitrimine
CaO	36.30	“
Fe ₂ O ₃ üld	3.22	“
MgO	3.38	“
MnO	0.107	AAS- leek
TiO ₂	0.31	Fotokolorimeetria
P ₂ O ₅	0.65	“
K ₂ O	2.16	leek-fotomeetria
Na ₂ O	0.14	“
K.k. 960°C	31.84	Kaalanalüüs
Süld	0.25	“
Org. 450 °C	1.60	“

Uute kasutusmeetodite efektiivseks tarbeks, CaO sisaldus peenosistes peab olema vähemalt 80 %. Laborikatsed näitavad, et peenosistes leidub ka suurel hulgal saviosakesi, mis võivad takistada antud materjali edasi töötlemist. CaO sisalduse suurendamiseks on vaja uurida erinevaid mooduseid ja savi fraktsiooni eemaldamise võimalusi.

Märkus: Informatsioon järgnevates alapunktides on võetud Iowa osariigi ülikooli uurimustööst.

5.3.1 Hiiva iseloomustus

Hiib (ingl.k. Lime Sludge) on inertne materjal, peamiselt koosnev kaltsium karbonaadist. Antud materjal tekib sõelmete pesemisel, ning on pesuprotsessi jääkprodukt. Mäendus on selle nimetuspeenfraktsioon 0-0,063mm.

Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituudis oli läbi viidud hiiva survetugevuse katsetamine selleks, et hinnata nõrkade kivimite Punktkoormus testi mõõtemääramatuse minimaalpiiri. Antud PKT näitas, et kuivanud hiival on liivakiviga sarnased tulemused. Tulemused olid järgnevad [6] :

Keskmine MPa 0,276
Keskmise standardhälve MPa 0,023
Mediaan MPa 0,260
Tulemite standardhälve MPa 0,079
Tulemite dispersioon MPa² 0,0063
Vähim MPa 0,13
Suurim MPa 0,43
Katseid 12
Keskmise 95% usaldusraja MPa +0,05
Variatsioonitegur % 29

5.3.2 Hiiva kasutamine tsemendi tööstuses

Lubjakivi on üks tsemendi toore. Katsena asendati see lubjakivi hiivaga. Tulemuseks toodeti 80 tonni tsementi, millest 15% oli lubjakivi hiib. Kvaliteedi kontroll näitas, et toodetud tsemendi kvaliteet on rahuldav. Probleem oli aga selles, et tsemendi tehas asus lubjakivi karjääri lähedal, ning majanduslikult oli neil kasulikum kasutada tavalist killustiku. [8]

5.3.3 Hiiva kasutamine elektrijaamades

Purustatud lubjakivi kasutatakse söe ja põlevkivi elektrijaamades, et takistada väävlit sisaldavate gaaside paiskamist keskkonda. Antud gaasid on vääveldioksiid (SO₂), vääveltrioksiid (SO₃), nende happed ja happesoolad. SO_x ainete eemaldamiseks kasutatakse kas kuiva või märga eemaldusprotsessi. Märjas keskkonnas eemaldamiseks, lubi imendab ja reageerib SO_x gaasidega. Kaltsium karbonaat on peamine reagent.

Kuivalt eemaldamises, kaltsium karbonaat pihustatakse pulbrina, mis reageerib SO_x gaasidega. Kuid on tähtis, et pulbri niiskus oleks maksimaalselt 2%, pihustus süsteemi töö garanteerimiseks.

Keemilisse reaktsiooni tulemusena tekib kaltsium sulfiit. Sulfiidi kuivatamise jooksul tekib Kaltsium sulfaat. Reaktsiooni protsesside lõppedes tekib tahke aine kips, mida kasutatakse ehitustöodes kipsplaadi seintes.

Uurimuse kokkuvõttena tuldi järeldusele:

1. Katsete tulemused näitasid, et lubjakivi hiib reageerib efektiivsemalt kui purustatud lubjakivi
2. SO₂ eemaldamine oli hiiva kasutamisel efektiivsem kui purustatud lubjakiviga.
3. Elektriijaama puhastus süsteemid peab ehitama ümber, et kasutada uut materjali
4. Juhul kui mõni elektriijaam kasutab ahjusid et põletada mingit materjali elektri või soojuste tootmiseks, siis saaks neid kasutada ka hiiva kuivatamiseks mingil määral. Kuid antud lahendus sammuti eeldab ümberehitustöid ning investeeringuid. [8]
5. Paekivi Toodete Tehas OÜ karjääri kõrval asub Enefit soojuselektriijaam, mis töötab prügi põletamise põhimõttel. Sammuti lähedal asub ka Iru soojuselektriijaam. Antud ettevõtetega on võimalik rääkida ning uurida kas hiiva kasutamine nendes jaamades on võimalik ja majanduslikult kasulik.

5.3.4 Hiiva kasutamine tööstusvee puhastamiseks

Katse eesmärgina asendati naatriumhüdroksiid lubjakivi hiivaga. Tulemused näitasid:

1. Vee happelisuse reguleerimine oli tõhus ning soolsus ei tõusnud.
2. Protsessi kontroll on kerge, kuna doseerimisel vea tegemine ei põhjustaks vee Ph taseme tõusu üle lubatud näitaja.
3. Hiib kiirendas väikeste osakeste settimist, mis on oluline näitaja veepuhastus protsessis.
4. Ettevõtte, mis katsetas antud moodust, ütles, et sellise lahendusega nad säästaks 5000 dollarit aastas.
5. Kuivatamise vajadust selle protsessi jaoks pole vaja, mis säästab oluliselt aega ning finantse.
6. Tallinna piires on võimalik antud lahendust proovida Tallinna Vesi Ülemiste jaamas, ning reoveepuhastusjaamas Kopli poolsaarel. [8]

5.3.5 Hiiva kasutamine teede täite kihina

Katsetamiseks oli võetud lubjakivi hiib ning lendtuhk. Tulemused näitasid, et õiges proportsioonis segatuna lendtuhaga, lubjahiiiva omadused täitematerjalina paranevad. Lisades seda tee alumistesse kihtidesse, tee jäätumise/sulamise survetugevused paranevad oluliselt. [8]

5.3.6 Hiiva kasutamine kaevandatud ala korrastamisel

Karjääri varude ammendumisel, peab ettevõtte kaevandatud ala korrastama. Kuid aluspõhja kihiks peab panema materjali, mis ei lase vett läbi. See on mõeldud selleks, et korrastamise ajal, põhjavette ei sattuks mürgine või saastunud materjal. Prügilates kasutatakse selleks spetsiaalset kile või savi kihti. Kuid saab ka kasutada hiiba selle tarbeks. Kuivades, hiib tekitab vett pidava kihi ning selle abil saab takistada põhjavee saastumise. Antud toote jaoks on olemas Filterpressi seade (5.2 Peenosiste olemasolev ümbertöötlemine).

Antud hetkel Paekivitoodete Tehas OÜ kasutab oma hiiba karjääri kaevandatud alade aluspõhja isoleerimiseks.

6.Majandus osa

CDE tootmisliin võeti kasutusse 2008.aastal. Samal aastal müüdi CDE-l toodetud killustikku 41 238 tonni ja pestud paekiviliiva 56 009 tonni, mis müügihindades oli 449,0 tuh. EUR. See moodustas 5,4 % PTT kogu rahalisest käibest. Samal ajal CDE brutokasum oli 127,6 tuh. EUR ja moodustas 10,5 % PTT kogu kasumist.

2015.aastal ehk 8-ndal CDE tööaastal, kui pestud paekiviliiv oli klientide seas leidnud tunnustust ja PTT töötajate oskused tootmisliini ekspluateerimisel olid vajalikul tasemel, olid ka tulemused tunduvalt paremad.

2015.aastal müüdi CDE-l toodetud killustikku 54 582 tonni ja pestud paekiviliiva 287 536 tonni, mis müügihindades oli 1 004,2 tuh. EUR. See moodustas 12,1 % PTT kogu rahalisest käibest. Samal ajal CDE brutokasum oli 211,5 tuh. EUR, mis moodustas 21,6 % PTT kogu kasumist. [7]
Allpool on toodud kokkuvõtlikult CDE toodangu müüginumbrid ja kasum.

Tabel 6. Karjääri müügi kogused aastate lõikes [7].

	Killustik		Tehas	Killustik	Liiv	Segu
	4/8mm,	32/64mm,		4/8mm,		
	4/16mm	16-45 mm		2/8mm		
	16/32mm	8/16mm		16/32mm		
				8/16mm		
Aasta	Vão	kokku	CDE	CDE	Benninghoven	
	Müük tuh.tonni	Tuh.tonni	Tuh.tonni	Tuh.tonni	Müük tuh.tonni	
2007	680,2	680,2				
2008	610,5	610,5	41,2	56,0		
2009	386,5	386,5	44,9	98,8		
2010	309,8	309,8	47,1	94,9	46,1	
2011	420,3	420,3	42,3	55,3	100,7	
2012	556	556	31,6	104,1	86,5	
2013	539,9	539,9	42,5	74,8	103,3	
2014	451,1	451,1	53,0	132,4	127,4	
2015	512,1		54,5	237,4	221,8	

Tabel 7. Karjääri müügitulu võrdlus [7].

	Müügid (tuh.EUR)			Kasum (tuh.EUR)		
	PTT kokku	s.h.CDE		PTT kokku	s.h.CDE	
2008.a.	8 257,7	449,0	5,4%	1 215,5	127,6	10,5%
2015.a.	8 324,0	1 004,2	12,1%	979,0	211,5	21,6%

Seega võib öelda, et CDE tootmisliinil valmistatud toodangu rentaablus on ligikaudu 2 korda kõrgem võrreldes muu toodanguga. Sellel on kaks olulist põhjust. Esiteks CDE toodangu omahinnas ei ole kaevandamisõiguse tasu, kuna see on juba eelnevalt tasutud ja arvestatud killustiku purustusliinide omahinnas. See annab eelise võrreldes silikaatliivaga ja ka killustiku purustusliinidel toodetud killustikuga.

Teiseks põhjuseks, killustiku osas, on lõhkamistöde - ja/või hüdrovasarate kulude puudumine CDE omahinnas, kuna ka need kulud on juba eelnevalt arvestatud killustiku purustusliinide omahinnas. [7]

Allolevad tabelid näitab CDE liini tootmiskulusid ning terve karjääri tootmiskulusid 2014/2015 aastal.

Tabel 8. CDE Tootmiskulud.

CDE Tootmiskulud 2015 aasta.	KOKKU tuh.EUR.
materjalid	48,2
kütus	104,1
varuosad	67,7
elekter	56,9
PV kulum	100,5
palgakulud	161,0
transpordikulud	73,2
muud ostutööd ja teenused	73,5
sidekulud	0,2
kindlustus	
muud rahalised kulud	0,04
KOKKU	685,6

Tabel 9. Karjääri Tootmiskulud

	2015	2014
Tooraine ja materjal	1 178,5	1 096,6
Varude allahindlus ja mahakandmine	197,9	116,7
Müügi eesmärgil ostetud teenused	268,1	249,7
Energia	1 122,5	1 059,6
Elektrienergia	231,8	196,1
Soojusenergia	21,2	12,9
Kütus	869,4	850,5
Alltöövõtutööd	638,0	637,6
Transpordikulud	163,0	151,2
Maarent	20,9	24,1
Üür ja rent	15,5	31,5
Mitmesugused bürookulud	0,909	0
Lähetuskulud	1,3	64
Koolituskulud	1,1	1,1
Riiklikud ja kohalikud maksud	585,0	544,4
Tööjõukulud	1 483,6	1 421,4
Amortisatsioonikulu	820,8	807,6
Muud	34,3	44,4
Kokku müüitud toodangu (kaupade, teenuste) kulu	6 532,1	6 186,6

Iga kaevandusettevõtte peab maksma maavaramakse. Nendest sõltub ka toodangu omahind. Aastal 2015 oli maavaramaks 2,02 EUR/m³, ning aastal 2016 2,1 EUR/m³. Allolev tabel näitab maksude osa omahinnas koos kalkulatsiooniga.

Tabel 9. Tootmise ja maksude osa aasta lõikes.

Aasta	2016	2015
Tootmise omahind tuh.EUR	5255,5	4836,2
Toodetud tuh.tonn	779,1	762,1
Raimatud tuh.m3	440,6	435,6
Maavaramaks tuh.EUR	925,2	880
Maksude osa omahinnas, %	17,6	18,2

7. Keskkonnakaitse

Lubjakivi raimamise ja töötlemisega kaasneb alati mõju keskkonnale. See on nii müra, tolmu osakeste väljaheitmine ümbritsevasse keskkonda, suure hulga vee ümberpumpamine tagasi loodusesse, jääkide tekkimine ning loodusliku maastiku rikkumine kaevandamise käigus.

CDE pesemise tehnoloogia rakendamine, seoses sellega, et see on sisuliselt jääkide vaba lubjakivi tootmine, võimaldab loodusvarade keskkonnasõbraliku kasutamist.

Tehnoloogiline protsess toimib vee ning juba töödeldud lubjakivi kasutamisel, mis tähendab, et atmosfääri ei paisata lisa tolmu osakesi.

Tehnoloogilises protsessis kasutatakse karjääris olevat vett. Antud tehnoloogia on töödatud välja korduvkasutamise põhimõttel, mis tähendab vee tagasi pumpamise vähendamist loodusesse.

Jääke antud protsessis ei lisandu. Töödeldud materjalist toodetakse liiva ning killustiku, mida võib nimetada keskkonnasõbralikuks tootmiseks. Ümbertöötlemisel tekkivad peenosiseid saab kasutada rikutud maastiku korrastamisel.

Olemasolevad liiva karjäärid tekitavad püsivat ökoloogilist kahju jõgede ja järvede režiimile. Lisaks tihti liiva kvaliteet annab soovida seoses mitte optimaalse terastikulise koostisega, suure tolmuosakeste hulgaga või niiskusega.

Lubjakivi karjääris toodetud liiv on seega keskkonna sõbralikum toode mis vastab kõikidele ehitusnõuetele. Juba praegu seda kasutatakse suurel hulgal teede ehitustes.

Näiteks loodusliku liiva filtratsiooni moodul on 5-7 liitrit/ööpäev. Samal ajal sõelmetest toodetud liiva näitajad on kuni 20 liitrit/ööpäev.

8.Kokkuvõtte

Lubjakivi purustamise killustikuks, on protsess mis toodab 30-50% sõelmeid, millele kahjuks, viimase kümne aasta jooksul ei ole nõudlust. See on tingitud sellest, et need sõelmed (liiva-killustiku seguna) sisaldavad palju peenosist ning savifraktsiooni, mis oluliselt halvendab selle toote kvaliteeti ning sellega ka ostuhuvi. Sõelmeid seetõttu kogutakse eraldi ladudesse, et hiljem, teadmata ajal, turustada. Antud probleem ei esinenud ainult Paekivitoodete Tehas OÜ ettevõttel, mille näitel on lõputöö tehtud. Kuid see siiani esineb teistel kaevandusega tegelevatel ettevõtetel.

Selle töö eesmärk oli uurida otstarvet ja kasulikust tootmisprotsessis tekkivate sõelmete kasutamisel uute toodetena lubjakivi kaevandamise protsessis. Uuritud sai sõelmete tekkimist tootmisprotsessi erinevates staadiumites, ning võimalused nende vähendamiseks. Sõelmeid vähendada pole võimalik, kuid neid saab rikastada spetsiaalsetel seadmetel ja turustada neid uute toodetena

Sõelmete rikastamine on keskkonda säästev tootmisprotsess. Selle protsessi käigus ei tekki rohkem tolmu kuna tegu on vett kasutava tehnoloogiaga. Karjääri vee korduvkasutamine tähendab seda, et tagasi loodusesse seda tagasi ei pumbata. Pesemis seadmetel on võrreldes purustitega oluliselt väiksem müratase. Kõik sõelmed, mida toodetakse karjääris, saab läbi töödelta ning turustada. Töötlemisprotsessis saadud paeliiva ja pestud killustiku on võimalik kasutada väga efektiivselt teede ehituses ning täitematerjalina. Ümbertöödeldud peenosiseid saab kasutada prügilate aluskihina hüdroisolatsiooniks, mis takistab kahjulike ainete sattumist põhjavette. Sammuti kahjulike heitgaaside kinnipidamiseks elektrijaamades.

Majanduslikust seisukohast, annab jääkide vaba tootmine ettevõttele rohkem võimalusi oma toodangu realiseerimiseks tõstes kasumit mitmekordselt. Ainuüksi paeliiva-killustiku segu on hetkel väga nõutud produkt teedeehituses. Paeliiva ning pestud killustiku eest ei pea ettevõtte maksma riigile keskkonna makse, kuna enne CDE ja CAB liinide avamist olid need maksud juba makstud. See võimaldab müüa materjali odavamalt hinnaga, ning annab rohkem kasumit.

Oluline on ka killustiku segude tootmine koos paeliivaga. Need segud on odavamad võrreldes tavaliste ridakillustiku segudega. Lisaks teedeehitus selliste segudega on kiirem ning tee aluspinna tugevus palju suurem.

9. Abstract

This thesis is written to analyse limestone fines and residue usage as new products which are produced during limestone mining and gravel manufacturing. During mining process, fines are produced also. In this thesis, fines (0-4 mm), washed gravel and fine particles (0-0,063 mm) new usage options are inspected.

In Estonia, fines and residue are used mostly in quarry recultivation process. Marketing options for 0-4 mm.fines can be used as limestone sand and gravel mixtures. But so far, possibility of using fine particles, has not been found and hereby residue-free production not achieved.

Fines are being produced during whole process.Starting with limestone mining and finishing with gravel manufacturing. This thesis also looks at new products quality, fines usage on estonian market.Moreover, economic aspects are examined.

Literary sources and Paekivitoodete Tehas OÜ company materials are used in this thesis. Vão quarry is being used as sample manufacturer.

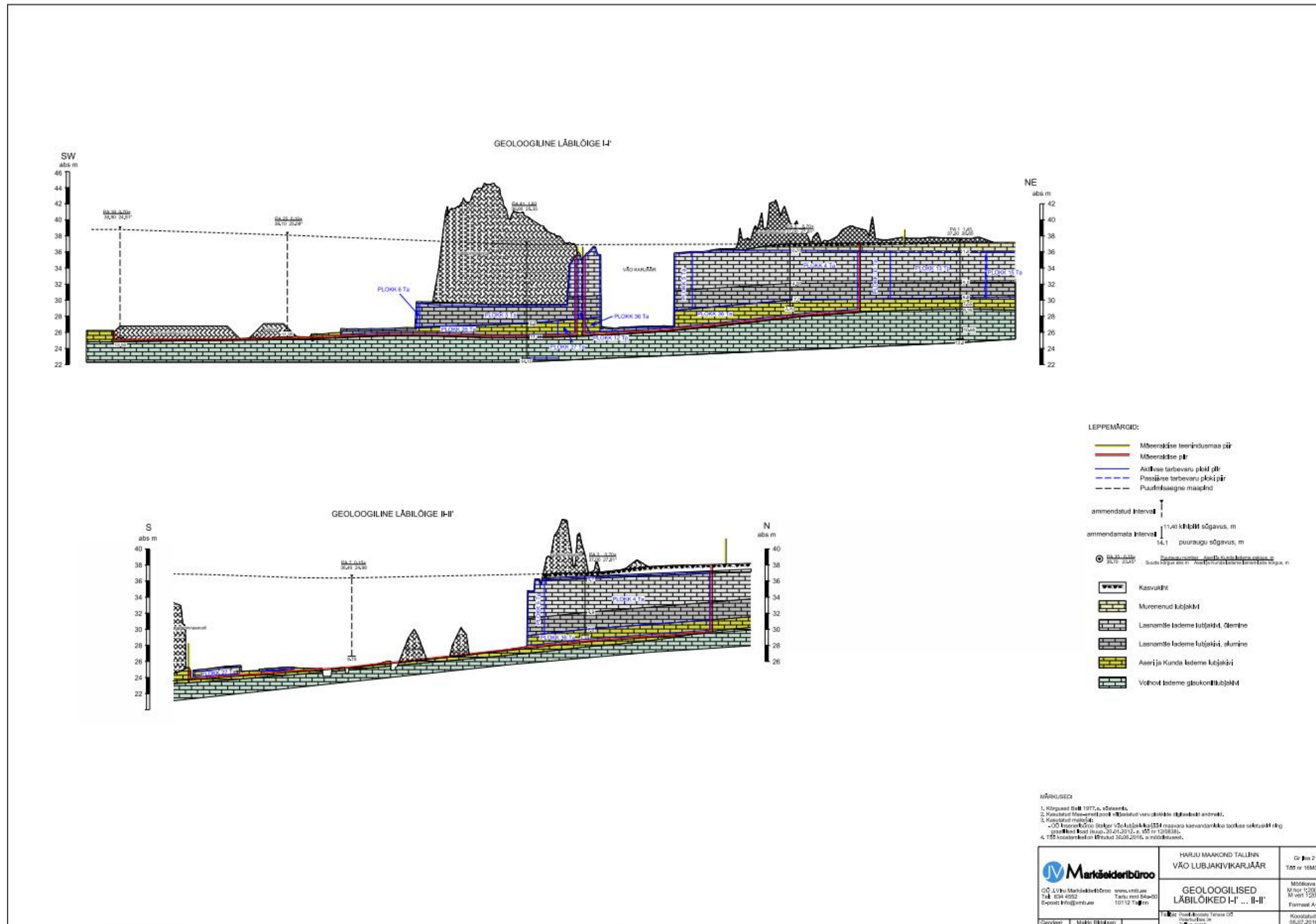
Novelty of this work lies in limestone fines usage and its analysis, which provides variety of new ways.

10. Kasutatud kirjandus ja viitematerjal

1. Vão lubjakivi karjäär kaevandamisprojekt. – Tallinn: OÜ Mäemees, 2016. – lk. 6...17.
2. Täitematerjalide omaduste analüüs. – Tallinn: Julia Gulevits, TTÜ Mäeinstituut.
3. Silikaatanalüüsi tulemused. – Tallinn: Eesti Geoloogiakeskuse labor, Tellimus nr.T16-135, 29.09.16.
4. Paekivitoodete Tehas OÜ arhiivmaterjalid. – Tallinn, 2016
5. Automatic Cake Discharge Filter Press, teadmata asukoht. Vaadatud 13.05.2015
<https://www.youtube.com/watch?v=BomZjrGnah0>
6. Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomadused. – Tallinn, Enno Reinsalu, Ain Anepaio, Veiko Karu, Enn Lüütre, Raul Roots, Martin Saarnak, Ole Sein, Vivika Väizene, TTÜ Mäeinstituut, 2014
7. Paekivitoodete Tehas OÜ majanduslikud näitajad. – Tallinn, 2016
8. Applications for reuse of lime sludge after water softening. – Iowa, USA; Rob J. Baker, J(Hans) van Leeuwen and David J. White Iowa State University, 2005
http://publications.iowa.gov/19981/1/IADOT_tr_535_Reuse_Lime_Sludge_Water_Softening_2005.pdf
9. Keemiline analüüs, Wikipedia. Vaadatud 01.09.2016
https://et.wikipedia.org/wiki/Keemiline_analüüs

11.Lisad

Lisa 1. Geoloogiline läbilõige



Lisa 2. Killustiku sõelanalüüsid

KS/P8.1-01-V2 Lisa

Paekivitoodete Tehase OÜ

Killustiku fr. 4/16mm sõelaanalüüs 04.10.2016.

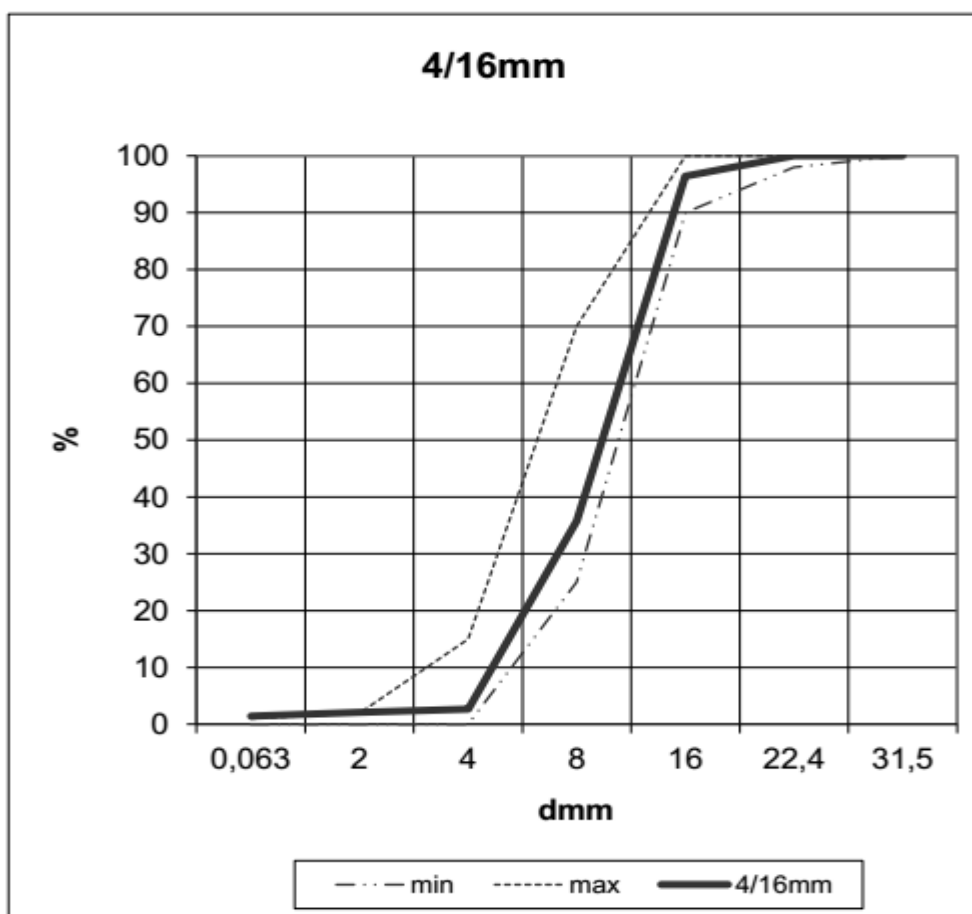
Terastikulise koostise määramine: EVS-EN 933-1:2007

Plaatsusteguri määramine: EVS-EN 933-3:2007

БЛОК 4 молот

Проба 03.10.2016

VÃO Nordberg		
Sõela ava mm	Sõela jääk %	Läbind %
0	1,4	
0,063	0,7	1,4
2	0,6	2,1
4	33,1	2,7
8	60,6	35,8
16	3,6	96,4
22,4	0,0	100,0
31,5	0,0	100,0



Peenosiste sisaldus - 1,4 %

Plaatsustegur - 13,8 %

Paekivitoodete Tehase OÜ

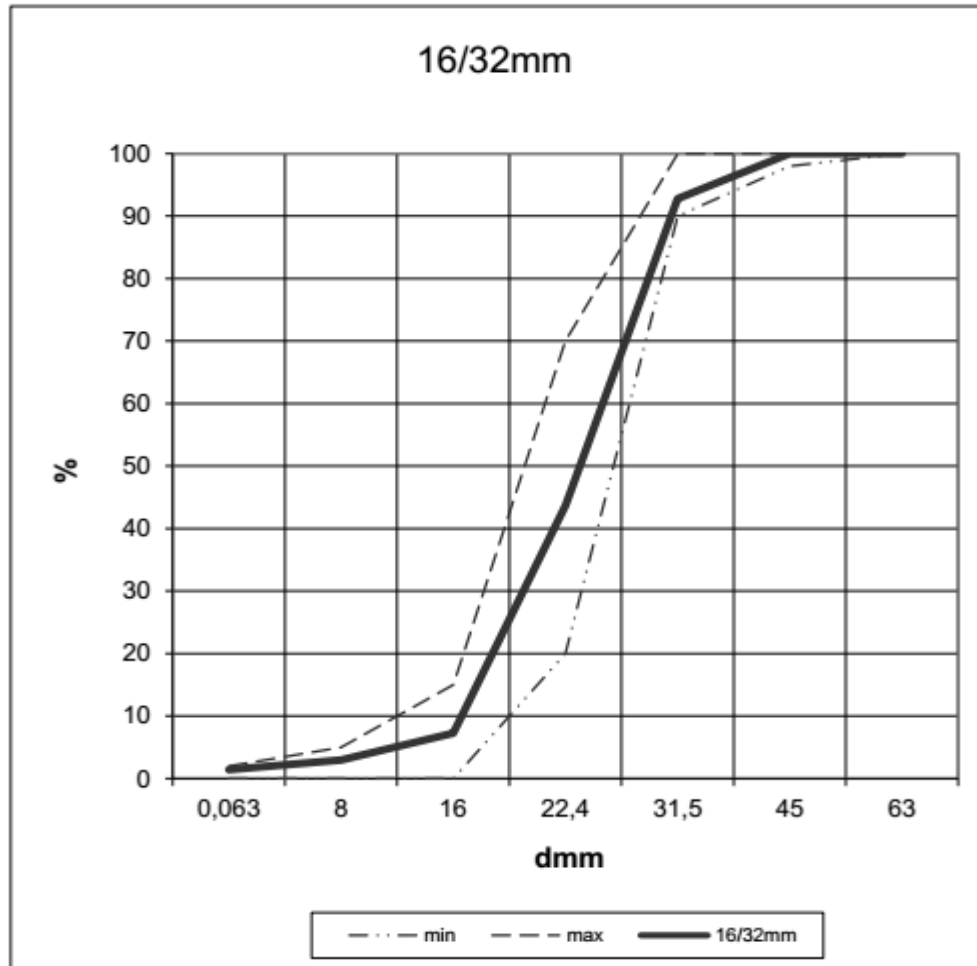
Killustiku fr.16/32mm sõelanalüüs 04.10.2016

Terastikulise koostise määramine: EVS-EN 933-1:2007

Plaatsusteguri määramine: EVS-EN 933-3:2007

Блок 4 молот
Проба 03.10.16

VÃO Nordberg		
Sõela ava mm	Sõela jääk %	Läbind %
0	1,4	
0,063	1,6	1,4
8	4,3	3,0
16	36,5	7,2
22,4	49,1	43,7
31,5	7,2	92,8
45	0,0	100,0
63	0,0	100,0



Peenosiste sisaldus - 1,4 %
Plaatsustegur - 13 %

DV
10 (510)

