



# **Tühjenenud korterelamu lammutamisel tekkivate materjalide korduskasutuse ja ringlussevõtu rakendussuuring – 1. etapi vaheraport**

**Tellijä:** Majandus- ja  
kommunikatsiooniministeerium

**Autorid:** Simo Ilomets, PhD  
Mihkel Kiviste, PhD  
Tanel Tuisk, MSc  
Kristo Paalandi, MSc  
Urve Kallavus, PhD  
Tiina Hain, PhD  
Ergo Pikas, PhD  
Kristel Rebane, MSc  
Marchello Mitt, BSc  
Targo Kalamees, PhD

Tallinn 2022

# Sisukord

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Eessõna .....</b>                                                                              | <b>4</b>  |
| <b>1. Sissejuhatus .....</b>                                                                      | <b>5</b>  |
| 1.1. Ringmajandus.....                                                                            | 6         |
| 1.2. Eesti elamufond .....                                                                        | 11        |
| 1.3. Ehitus- ja lammutusjäätmete teke Eestis.....                                                 | 13        |
| <b>2. Eelnevalt teostatud uuringud ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamisel.....</b>           | <b>15</b> |
| 2.1. Ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamine betooni täitematerjali osalise asendajana ..      | 15        |
| 2.2. Mitmekordselt taaskasutatav betoon uue betooni täitematerjali osalise asendajana .....       | 16        |
| 2.3. Tsemendi osaline asendamine lendtuhaga .....                                                 | 17        |
| 2.4. Betooni karboniseerumine ja armatuuri roostetamine.....                                      | 18        |
| 2.5. Ehitusplatsilt tagasitulev/ järelejäänud betooni taaskasutamine .....                        | 19        |
| <b>3. Taaskasutuse näiteid .....</b>                                                              | <b>23</b> |
| 3.1. Mittepurustavad meetmed.....                                                                 | 23        |
| 3.2. Purustavad meetmed.....                                                                      | 30        |
| <b>4. Pilootprojekti hoone.....</b>                                                               | <b>34</b> |
| <b>5. Hoone tehniline seisukord ning materjalide ja elementide taaskasutuse potentsiaal .....</b> | <b>36</b> |
| 5.1. Hoone ehitustehnilise seisukorra hindamine .....                                             | 36        |
| 5.2. Visuaalse hindamise tulemused.....                                                           | 38        |
| <b>6. Materjalide bilanss .....</b>                                                               | <b>47</b> |
| 6.1. Tavapärane lammutamine koos jäätmete käitlemisega.....                                       | 48        |
| 6.2. Uued materjalid .....                                                                        | 49        |
| 6.3. Hoone konserveerimine.....                                                                   | 50        |
| <b>7. Nõuded erinevatele potentsiaalselt taaskasutatavatele materjalidele.....</b>                | <b>51</b> |
| 7.1. Tee-ehitusmaterjalide põhiomadused ja nende määramise meetoodika.....                        | 51        |
| 7.2. Betooni täitematerjalide koostisosade klassifikatsioon .....                                 | 51        |
| 7.3. Silikaatkividele esitatavad nõuded .....                                                     | 54        |
| 7.4. Mördi täitematerjalidele esitatavad nõuded .....                                             | 54        |
| <b>8. Uuringud objektil.....</b>                                                                  | <b>55</b> |
| 8.1. Siseõhu mikrobioloogiline reostus.....                                                       | 55        |
| 8.2. Mittepurustav katsetamine .....                                                              | 56        |
| 8.3. Purustav katsetamine .....                                                                   | 59        |
| 8.4. Silikaatkivide võtmine fassaadist .....                                                      | 63        |
| <b>9. Laboratoorsed uuringud .....</b>                                                            | <b>65</b> |
| 9.1. Keldri õhu mikrobioloogiline saastatus.....                                                  | 65        |

|            |                                                                                               |            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.2.       | Objektilt võetud materjaliproovide kahjustuste analüüs .....                                  | 67         |
| 9.3.       | Hoone biokahjustuste likvideerimine .....                                                     | 71         |
| 9.4.       | Betoonkatsekehade tihedus ja survetugevus .....                                               | 71         |
| 9.5.       | Siseseina materjali omadused .....                                                            | 73         |
| 9.6.       | Silikaatkivide omaduste määramine.....                                                        | 73         |
| 9.7.       | Silikaatkivist killustiku omadused .....                                                      | 75         |
| 9.8.       | Silikaatkivi killustiku kasutus kuivsegude täitematerjalina .....                             | 77         |
| 9.9.       | Silikaatkivi killustiku kasutamine betooni täitematerjali asendajana.....                     | 82         |
| 9.10.      | Paekivi radionukleiidide sisaldus .....                                                       | 87         |
| 9.11.      | Puitmaterjalide saastatus .....                                                               | 87         |
| <b>10.</b> | <b>Selekteeriv demontaaž .....</b>                                                            | <b>91</b>  |
| 10.1.      | Selekteeriva demontaaži olemus.....                                                           | 91         |
| 10.2.      | Tööplaan selekteeriva demontaaži korral.....                                                  | 92         |
| 10.3.      | Selekteeriv demontaaž hoone osade kaupa.....                                                  | 95         |
| 10.4.      | Selekteeriva demontaaži eelarve.....                                                          | 103        |
| 10.5.      | Kiviõli 1. keskkooli õuesõppekeskkond .....                                                   | 105        |
| <b>11.</b> | <b>Ülejäänud potentsiaalsed taaskasutuse rakendused .....</b>                                 | <b>106</b> |
| 11.1.      | Materjali taaskasutus RMK metsateedel täitematerjalina .....                                  | 106        |
| 11.2.      | Potentsiaalsed taaskasutuse rakendused kohaliku omavalitsuse piires .....                     | 107        |
| 11.3.      | Kandvad konstruktsioonid .....                                                                | 108        |
| 11.4.      | Mittekandvad konstruktsioonid.....                                                            | 114        |
| <b>12.</b> | <b>Ehituselementide ja materjalide ringlussevõtu seadusandlusest tulenevad piirangud.....</b> | <b>117</b> |
| 12.1.      | Betooni täitematerjalid.....                                                                  | 117        |
| 12.2.      | Mördi täitematerjalid.....                                                                    | 117        |
| 12.3.      | Ehitustöödel kasutatav täitematerjal .....                                                    | 118        |
| 12.4.      | Õõnespaneelid .....                                                                           | 118        |
| 12.5.      | Seinaelemendid.....                                                                           | 118        |
| 12.6.      | Kokkuvõte .....                                                                               | 118        |
| <b>13.</b> | <b>Poliitikasoovitused ja edasine uurimisvajadus .....</b>                                    | <b>119</b> |
| <b>14.</b> | <b>Kokkuvõte .....</b>                                                                        | <b>122</b> |
| <b>15.</b> | <b>Kasutatud kirjandus/ viidatud allikad .....</b>                                            | <b>124</b> |
| <b>16.</b> | <b>Lisad.....</b>                                                                             | <b>130</b> |

## Eessõna

Käesolev rakendusuuring (edaspidi uurimisprojekt) on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituudi poolt Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi tellimusel ning käsitleb kahest etapist esimest. Käesolevas 1. etapi (vahe)raportis on vastavalt tehnilisele kirjeldusele uuritud Kiviõli linnas, aadressil Keskpuiestee 43 asuva kasutust väljalangenud korterelamu lammutamisel tekkivate ehitusmaterjalide ja -elementide ringlussevõtu potentsiaali. Uurimisprojektis teostati uuringud nii välitöödena kui ka laboratoorsed katsed objektilt võetud proovikehadest. Uurimistöö tulemusena on välja pakutud tavapärasest erinev selekteeriva demontaaži alternatiivstsenaarium ning analüüsitud materjalide ja elementide ringlussevõtu majanduslikke ning juriidilisi piiranguid. Lisaks käesoleva aruande tiitellehel märgitud autoritele aitasid töö valmimisele kaasa Tehnikaülikooli magistriõppekava „Hooned ja rajatised“ tudengid Triinu Kroon ning Guido Miller.

Uurimistöö valmis töö autorite ning tellija juhtrühma tihedas suhtluses regulaarsetel töökoosolekutel kogu uuringu 1. etapi jooksul. Tellija juhtrühma moodustasid Erkki Seinre, Ivo Jaanisoo, Raiko Puustusmaa ja Ene Jürjens (kõik Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium), Dmitri Moskovtsev (Rahandusministeerium), Görel Grauding (Keskkonnaministeerium), Margit Rüütelmann (Eesti Ringmajandusettevõtete Liit) ja Kalle Grents (Eesti Keskkonnateenused AS). Uuringu koostajad tänavad ja soovivad tunnustada Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi, Rahandusministeeriumi ning Lüganuse valda käesoleva olulise ning tulevikku vaatava uuringu ellukutsumise ja rahastamise eest.

Töö teises etapis on kavas käesoleva uurimistöö tulemusena väljatöötatud selekteeriva demontaaži praktilise õnnestumise monitooring ja analüüs.

# 1. Sissejuhatus

Planeet Maa ressursid on limiteeritud ning üha kasvav rahvastik koos tarbimiskultuuriga seab planeedi ühe suurema ja suurema surve alla. Suurenev rahvaarv tähendab, et püsib pidev vajadus uute eluruumide järgi. Hoonete püstitamiseks on vajalik rohkem kaevandada, et toota ehitamiseks vajalikku betooni, terast (materjalid, mille tootmine on kõige energiamahukamad tehes neist suure ökoloogilise jalajäljega materjalid) jm ehitusmaterjale, tehes ehitussektorist ühe suurema energia- ja ressursikasutusega valdkonna.

UNEP-SBCI andmetel moodustab ehitussektor 10% globaalsest kogutoodangust (SKT) ning ehitussektoris on hõivatud kokku 111 miljonit inimest<sup>1 2</sup>. Euroopa ehitussektor toodab ligikaudu 9% Euroopa Liidu sisemajanduse kogutoodangust (SKT) ning on tööandjaks 18 miljonile inimesele, olles sellega üks Euroopa majanduse kõige olulisematest tööstusharudest<sup>3</sup>. Ehitamise käigus kasutatakse intensiivselt energiat ning emiteeritakse seeläbi suurtes kogustes CO<sub>2</sub>-te. UNEP-SBCI hinnangul on 40% energiakasutusest ja 30% energia kasutamise kaasnevatest CO<sub>2</sub> emissioonidest otseselt seotud hoonete ja ehitussektoriga<sup>1</sup>. Lisaks kasutab ehitussektor umbes poole kõigist kaevandatavatest maavaradest ja tekitab Euroopa Liidus kolmandiku kogujäätmetest<sup>2</sup>. Betooni on üheks enim saastavaks antropogeenseks materjaliks. Hinnanguliselt on betooni tootmisega seotud tööstus kolmandal kohal CO<sub>2</sub> emissioonide poolest, näiteks 2015 aastal emiteeriti 2,8 miljardit tonni CO<sub>2</sub>-te. Seoses maailma rahvastiku pideva suurenemisega suureneb ka betoonitööstus pidevalt, tänaseks on betoonitootmine kolmekordistunud võrreldes aastaga 1990. Betooni kõige „mürgisemaks“ komponendiks on (portland)tsement, mille tootmise suurimaks ja peamiseks jääsaaduseks on CO<sub>2</sub> (lubjakivi kuumutamine toob esile keemilise reaktsiooni, mille käigus eraldub CO<sub>2</sub>) ning mille tootmine on maailmas vee tarbimise koha pealt 10. Lisaks suurtele CO<sub>2</sub> emissioonidele on portlandtsemendi tootmine ka väga energiamahukas – tootmiseks kasutatakse pöörlevaid klinkerahjusid, mille temperatuurid küündivad 1400 °C-ni ning selliste ahjude töös hoidmiseks kulub palju energiat. Keemilisest reaktsioonist tuleneb ca 60% kogu eralduvast CO<sub>2</sub> emissioonidest ning ca 40% emissioonidest tuleneb suurest energiatarbimisest<sup>4</sup>.

Vastavalt IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) raportile<sup>5</sup> kasutas elamufond 2010 aastal 32% kogu tarbitud energiast ning seeläbi emiteeriti 8,8 GtCO<sub>2</sub>-te. Ühinenud Rahvaste Keskkonnaprogrammi (*UN Environmental Programme*) 2018 aasta raporti kohaselt kasutasid hooned ja ehitussektor 36% kogu energiast ning olid 39% CO<sub>2</sub> emisioonide emiteerijaks, sealjuures 11% CO<sub>2</sub> emisioonidest oli otseselt seotud ehitusmaterjalide tootmisega (peamise osa moodustavad teras,

---

<sup>1</sup> UNEP – United Nations Environment Program, SBCI – Sustainable Buildings and Climate Initiative. Tegemist on Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) Keskkonnaprogrammiga, mille eesmärgiks on jätkusuutlike määruste ja praktikate edendamine. <https://energies2050.org/sustainable-buildings-and-climate-initiative-unep-sbci/?lang=en>

<sup>2</sup> UNEP Sustainable Buildings and Climate Initiative detailed brochure, 2013, 12 lk  
[https://energies2050.org/wp-content/uploads/2017/02/2013-07-UNEP-SBCI\\_Plaquette-GB\\_12-pages.pdf](https://energies2050.org/wp-content/uploads/2017/02/2013-07-UNEP-SBCI_Plaquette-GB_12-pages.pdf)

<sup>3</sup> CINDERELA project <https://www.cinderela.eu/The-project/About>

<sup>4</sup> McFadden, C. (2021) Modern Architecture's Dirty Secret: Concrete and the Climate. *Interesting engineering* <https://interestingengineering.com/modern-architectures-dirty-secret-concrete-and-the-climate>

<sup>5</sup> IPCC AR5 Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change, Chapter 9. Buildings, 68 lk  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter9.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter9.pdf)

tsement ja klaas) <sup>6</sup>. 2019 aastal oli vastavaks elamufondi näitajaks 28% ning seeläbi emiteeriti rekordilised 10 GtCO<sub>2</sub>-te <sup>7</sup>.

Statistikaameti andmetel kasutas elamufond Eestis 2019.-ndal aastal 47% kogu kasutatavast energiast (elekter + soojus), sellest 31% kodumajapidamistes ning 16% avalikes hoonetes (hotellid, koolid, toitlustus jne) <sup>8</sup>. Aastatel 2009-2013 renoveeriti Eestis riigi toel üle 600 korterelamu ning perioodil 2014-2020 investeeris Eesti riik elamute energiatõhusamaks muutmisesse üle 100 miljoni euro struktuurfondide raha, millega renoveeriti hinnanguliselt 1000 korterelamut <sup>9</sup>.

Rääkides mistahes tootest või objektist, saab rääkida elutsüklist, mis algab hällist (*cradle*) ehk erinevate toorainete kaevandamine ja lõpeb hauaga (*grave*) ehk toote või objekti eluea lõppemisega. Hälli ja haua vahele mahuvad veel toote koostamiseks vajalike materjalide/ detailide tootmine ning toote kasutusfaas (s.h. hooldus). Iga olulusringi osa nõuab omakorda sisendina energiat (kaevandamiseks, transpordiks, tootmiseks), mis omakorda tähendab CO<sub>2</sub> emissioone, mille kasvu rahvusvahelisel tasandil vähendada soovitakse.

Kuna maailma rahvaarv suureneb, siis suureneb ka vajadus erinevate toorainete järele. Maa loodusvarad aga on piiratud, mistõttu on sotsiaal-, keskkonna ja majandusarengu seisukohalt oluline leida viis, kuidas tagada jätkusuutlik ning turvaline viis limiteeritud toorainete kasutamiseks.

### 1.1. Ringmajandus

Ringmajandus on tootmis- ja tarbimismudel, mille puhul olemasolevaid materjale ja tooteid jagatakse, laenatakse, kasutatakse korduvalt, parandatakse, uuendatakse ja võetakse tagasi ringlusse võimalikult kaua pikendades selliselt toodete/ materjalide olulusringi. Taoline terviklik olulusringi põhine lähenemine eristab ringmajandust traditsioonilisest nn. lineaarsest majandusmudelist, mis toimib nn. „tooda-tarbi-viska ära“ põhimõttel, kus juba toote valmistamisel on sellele teadlikult ette nähtud lühike kasutusiga meelitamaks tarbijaid pidevalt uusi tooteid ostma ja tarbima <sup>10</sup>.

Ressursitõhusama ringmajanduse poole liikumine on kasulik mitmes mõttes – väheneb surve keskkonnale, paraneb toorainetega varustamise kindlus ja suureneb konkurentsivõime. Ühtlasi soodustab ringmajandus innovatsiooni, hoogustab majanduskasvu (0,5% SKP-st) ja aitab luua töökohti (2030. aastaks lisanduks ainuüksi Euroopa Liidus 700 000 töökohta) <sup>10</sup>.

Üleminek ressursitõhusamale ringmajandusele eeldab muutusi kogu toote väärtusahelas alates toote disainist kuni uute ärimudelite ja tarbimisharjumusteni. Uute ning ka juba olemasolevate toodete korral on peamiseks fookuseks kogu olulusringi disain, keskendudes jätkusuutlikule materjalivalikule, kvaliteedile (toote pikk eluiga, parandamisvõimalus), tarneahela optimeerimisele ning kordus- ja taaskasutusele (universaalsus, komponentide eraldamise võimalikkus) <sup>11</sup>.

Ringmajandus on valdkonnaülene põhimõte, mistõttu on olulisel kohal ettevõtete omavaheline koostöö ning rahvusvahelised kokkulepped, mis loovad võimalusi uute turgude ja partnerluste

<sup>6</sup> United Nations Environmental Programme, 2019 Global Status Report for Buildings and Construction, 41 lk <https://www.worldgbc.org/news-media/2019-global-status-report-buildings-and-construction>

<sup>7</sup> United Nations Environmental Programme, 2020 Global Status Report for Buildings and Construction. Executive summary of the 2020 Global status report for buildings and construction, 5 lk [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR\\_ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR_ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

<sup>8</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_energeetika\\_energia-tarbimine-ja-tootmine\\_aastastatistika/KE062/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_energeetika_energia-tarbimine-ja-tootmine_aastastatistika/KE062/table/tableViewLayout2)

<sup>9</sup> Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Hoonete energiatõhusus. <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus>

<sup>10</sup> Euroopa Parlament. Ringmajanduse tähendus, vajalikkus ja kasulikkus. Avaldatud 02.12.2015 <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/economy/20151201STO05603/ringmajanduse-tahendus-vajalikkus-ja-kasulikkus>

<sup>11</sup> Ringmajandus <https://ringmajandus.envir.ee/et/ringmajandus>

loomiseks. Ettevõtete omavahelist edukat koostööd iseloomustab hästi tööstussümbioos, kus suudetakse saavutada kinnine tootmistsüklid - ühe ettevõtte jäätmed (jääksoojus või muud kõrvalsaadused) on teise ettevõtte sisendiks. Suuri muudatusi on vaja teha tarbimisharjumustes – kui palju ja mida tarbitakse. Teadlikkuse suurendamine ning nõudluse tekitamine jätkusuutlike toodete ning materjalide järele aitab kaasa keskkonnaga arvestava majanduse arengule. Riigi roll ringmajandusele üleminekul on soodsate tingimuste loomine ringmajanduse põhimõtete rakendamiseks ja takistavate barjääride eemaldamine <sup>11</sup>.

Eesti eesmärgiks oli Keskkonnaministeeriumi eestvedamisel 2022. a alguses välja töötada ringmajanduse arengudokument ja tegevuskava, mis sünnib koostöös ja kõiki osalisi kaasates. <sup>12</sup>

Ringmajanduse tegevuskava hõlmab endas ettepanekuid nutika jätkusuutlikuma disaini, jäätmete vähendamise ja kodanikele suurema sõnaõiguse andmise kohta. Erilist tähelepanu pööratakse seejuures ringmajanduses valdkondadele, mis on ressursside kasutamises intensiivsemad. Nende hulka kuuluvad näiteks info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT), plast- ja tekstiilitooted ning ehitussektor <sup>10</sup>.

Ehitusvaldkonnale on omased spetsiifiline disainiprotsess, tootmistehnoloogiad, väärtusahel ja finantseerimismudelid. Olemasolevad ringmajanduse juhendid ei sobi enamasti ehitusvaldkonnale ja viivad mitterahuldavate ringmajanduse lahendusteni. Ka see pidurdab ringmajanduse rakendamist ehitusvaldkonnas <sup>13</sup>.

Ringmajanduse põhimõtete rakendamiseks ehitussektoris on ellu kutsutud mitmeid projekte üle kogu Euroopa. Neist mõned näited on CINDERELA, *Buildings As Material Banks* (BAMB), *Circular Construction in Regenerative Cities* (CIRCUI) jt. Kõik siin nimetatud projektid on rahastatud Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogrammi Horizon 2020 raames. <sup>14 15 16</sup>

#### 1.1.1. Ringmajandus ehitussektoris

Ehituse ringmajanduse vaade on välja kasvanud kestliku ehituse kontseptsioonist, kus kõigi otsuste puhul tuleb hoida tasakaalu kolme valdkonna lõikes: looduskeskkond, sotsiaalne keskkond ja majandus <sup>13</sup>.

Ringmajanduse põhimõtete rakendamist ehitusvaldkonnas takistavateks barjäärideks on nii kultuurilised, töötuslikud, ärilised kui ka regulatiivsed. Mõnel juhul võivad valitsused aidata takistusi ületada, teistel juhtudel võivad ka turumehhanismid takistusi murda. Enamasti nõuab lahendusteni jõudmine koostööd, eksperimenteerimist ja tervet jada sihipäraseid tegevusi <sup>13</sup>.

Ehitussektoris ressursitõhusamale ringmajandusele ülemineku eeldab tihedat koostööd kõikide alamvaldkonna vahel alustades planeerimisest ja projekteerimisest, ehitusmaterjalide ja -toodete disainist, tootmisest ja valikust, ehitamisest kuni ehitatud keskkonna kasutamiseni, hooldamiseni ja haldamiseni <sup>13</sup>.

Ehitiste planeerimisel ja projekteerimisel tuleb lähtuda kogu olulusringi planeerimisest ja ringmajanduse kohasest nn. kihtidena ehitamisest – ehitise erinevad osad on juurdepääsetavad, neid saab kohandada, parandada, hooldada ja asendada. Ehitise struktuur seejuures säilib ning vajadusel

<sup>12</sup> Eesti ringmajanduse strateegia ja tegevuskava <https://ringmajandus.envir.ee/et/eesti-ringmajanduse-arengudokument-ja-tegevuskava>

<sup>13</sup> Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring (2021). Lisa 1 – Ehitussektor (Kristiina Esop, Juhan Idnurm, Katrin Kull), 67 lk

<sup>14</sup> Buildings as Material Banks (BAMB). What we do? <https://www.bamb2020.eu/>

<sup>15</sup> CIRCUI. About the project. What is CIRCUI? <https://www.circuit-project.eu/about-circuit>

<sup>16</sup> European Commission. Funding, Tenders. Funding Opportunities. Funding Programmes. Horizon 2020 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>

toimub vaid fassaadikatte vahetus/ asendus, ruumiplaanide ja sisekujunduse ümbertegemine. Ehitise planeerimisel aitab ringmajanduse põhimõtete rakendamist ehituse mudelprojekteerimine (*BIM – building information modeling*)<sup>13</sup>.

Ehitamisel tuleb tähelepanu pöörata ehitusmaterjalide ja -toodete valikule (disain, jäätmetekke vältimine), logistikale ning ehitusplatsi töökorraldusele. Ehitustoodete puhul on oluline, et neid oleks võimalik koost lahti võtta ning need peavad olema planeeritud võimalikult pika elueaga<sup>13</sup>.

Üheks viisiks ehituses ringmajandust rakendada on populariseerida erinevate rohemärgistega toodete kasutamist. Üheks selliseks näiteks on *cradle-to-cradle* sertifikaadiga tooted ja materjalid. *Cradle-to-cradle* toode on tarbe- või ehitustood, mis on auditeeritud ja sertifitseeritud kui jätkusuutlik. *Cradle-to-cradle* tooted on valmistatud viisil, mis vähendavad energia- ja veetarbimist. Heakskiidetud tooted on ohutud ja tervislikud ning need ei ohusta keskkonda mistahes elutsükli faasis<sup>17</sup>. *Cradle-to-cradle* sertifikaadiga ehitusmaterjale ja -tooteid on hetkel registreeritud 233. Nende hulgas erinevad isolatsioonimaterjalid, kipsplaadid, mördid, tellised, monteeritavad raudbetoonelemendid, arhitektuursed klaasid jne. Samuti leiab sertifitseeritud toodete seast mööblit, elektroonikat jpm.<sup>18</sup>

Ehituse juhtimises tuleb viia läbi kardinaalseid uuendusi – integreeritud projektiteostuse (IPT) rakendamine. See tähendab, et töövõtu aluseks on üks põhipartnerid ühendav leping, millega on tagatud lepinguosapoolte võimalikult varajane sidumine projektiga ning solidaarne vastutus riskide eest<sup>13</sup>.

Et ehitist tema pika elukaare vältel hooldada, parandada, kohandada ning lõpuks ringmajanduse põhimõtteid järgides koost lahti võtta, tuleb ehitise kohta käiv informatsioon talletada ehitise, toodete ja materjalide kohta kogu infot sisaldavas dokumendis – materjalipassis. Materjalipass loob ehitisele, materjalidele ja toodetele identiteedi. Põhjaliku käsitluse materjalipassidest on välja töötatud Euroopa Liidu poolt rahastatud *BAMB* projektis<sup>13</sup>.

Materjalipassi ja *BIM*-i teemad ühendab endas nn. digitaalne teisik – kogu info ehitise kohta on digitaalses vormis ning vajadusel kättesaadav ning täiendatav läbi kõigi ehitise eluea etappide<sup>13</sup>.

Tehaseline ehitustootmine ja moodulehitus annab võrreldes platsil ehitamisega kokkuhoiu materjalides ja ehitamiseks kuluvas ajas, samuti on parem tagada kvaliteeti. Järgmisena soovitakse tehaselise ja moodulehitusele kõrval laiemalt rakendada on 3D-printimist. Taani ehitusvaldkonna arengu kavandamisel planeeritakse 2035. aastaks 3D-prinditavaks lausa 25% hoonetest<sup>13</sup>.

Olulisemateks ringmajandusele ülemineku juhisteks ehitusvaldkonnas Eestis on järgmised dokumendid<sup>13</sup>:

1. „Ehituse pika vaate loomise analüüs“ (Civitta ja Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2020);
2. „Euroopa renoveerimislaine keskkonnahoidlikumad hooned, uued töökohad, parem elujärg“ (Euroopa Komisjoni teatis, 2020);
3. „Hoonete reoveerimise pikaajaline strateegia“ (Tallinna Tehnikaülikool ja Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2020);
4. „Ehituse programm aastateks 2020-2023“ (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2020).

Ringmajanduse edendamiseks Eesti ehitussektoris on fookuses keskkonna kestlik ja nutikas ehitamine ning olemasoleva keskkonna parendamine ja maksimaalselt tõhus kasutamine<sup>13</sup>.

<sup>17</sup> Kerswill, B., Castor Dentel, K., „Cradle to Cradle: Specifying Sustainable Materials“ *The Vert powered by GreenBuilding News*, 19.11.2014 <https://greenbuildingnews.com/2014/11/19/cradle-cradle-specifying-sustainable-materials/>

<sup>18</sup> Cradle to Cradle Products Innovation Institute <https://www.c2ccertified.org/products/registry>

Käesoleva uuringu koostamisel on eelnimetatud põhimõtted koos varasemalt esitatud poliitikasoovitustega (peamiselt dokumendist „Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring (2021). Lisa 1 – Ehitussektor”) võetud lähtekohana teadmiseks ning proovitud seal esitatud suundi sisustada, eelkõige lammutamisel saadaolevate ehituselementide korduskasutuse ning materjalide ringlussevõtu tehnilise teostatavuse uurimisel, samuti õiguslike takistuse kaardistamisel koos ettepanekutega nende kõrvaldamiseks, vt. pt 11 ja 12.

### **1.1.2. Ehitiste keskkonnamõju**

Ringmajanduse põhimõtteid järgides on ehitatud keskkonna kasutamise olulisemateks teemadeks ehitiste eluiga, energiatõhusus ning ehitiste maksimaalne kasutamine sellele erinevate funktsioone planeerimise ja jagamismajanduse põhimõtteid järgides <sup>13</sup>.

Viimasel kümnendil on ehitusvaldkonnas keskkonnamõjude vähendamise eesmärgil kõrgendatud tähelepanu all olnud just hoonete kasutusfaas (sh. rõhk ka hoonete rekonstrueerimise-kaasajastamise vajadusel) ja selle efektiivsemaks muutmine, kasutusele eelnevad ning järgnevad olulusringi osad on fookusest välja jäänud. Eestis kehtestati energiatõhususe miinimumnõuded 20.12.2007 Vabariigi Valitsuse määrusega nr. 258. Nimetatud määrus jõustus 01.01.2008 <sup>19</sup>. Määrusega kehtestati energiatõhususe miinimumnõuded uutele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele. Miinimumnõuete piirmäär põhineb kuluoptimaalsuse uuringutel ning miinimumnõudeid vaadatakse üle iga 5 aasta järel, viimati tehti seda 2019. aasta algul <sup>20</sup> ning tänasel päeval on tegemist Ettevõtlus- ja infotehnoloogiaministri määrusega nr 63 – Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. Mida energiasäästlikumaks muutuvad ehitised nende kasutusfaasis, seda suurema osakaalu saab keskkonnamõju, mis on ehitistesse talletunud ehitusmaterjalide toorme, transpordi, tootmise, ehitamise ja lammutamise tulemusena. Ringmajanduse põhimõtete rakendamist peetakse selle probleemi lahendamisel oluliseks suunaks <sup>13</sup>.

Tänase päeva valguses, mil globaalne temperatuur on alates aastast 1880 tõusnud 1,18 °C võrra ning meretase tõuseb 3,4 mm aastas <sup>21</sup>, on oluline mistahes toote, materjali või objekti puhul käsitleda kogu olulusringi terviklikult (*cradle-to-cradle*), eriti just olulusringi viimast osa ehk mis saab siis, kui toote või objekti kasulik elu on lõppenud. Suuremas osas tooteid ja materjale on võimalik suuremal või vähemal määral taaskasutada vähendades sellega uue esmase toormaterjali mahte (millega seoses väheneb surve loodusele). Kuigi taaskasutust praktiseeritakse laialdaselt ka ehitussektoris, siis valdavalt on tegemist purustatud mineraalsete ehitus- ja lammutusjäätmete kasutamisega täiteks või sobivusel ka täitena uute teede all – aastal 2018 koguni 84% <sup>13</sup>. Tervete hoonete osade/elementide terviklik taaskasutamine või ka purustatud betoon teisese toormena tänaste praktikate puhul pigem peavoolu ei moodusta aga just sellel on käesolevas uurimistöös kasutatud hoone elementide ja materjalide fookus. Lähitulevikus nõudlus väiksema jalajäljega ehitustoodete järgi suureneb ning ehitusmaterjalide/ hooneosade osaline või terviklik taaskasutamine on efektiivseks meetodiks, kuidas üha rangemaid keskkonnalaseid nõudmisi täita ning kuidas edukalt saavutada eesmärgid võimalikult väikse keskkonnamõjuga, vähendades nii esmase toorme kui ka lõppladestatavate jäätmete hulka.

### **1.1.3. Materjalipank**

Ehitus- ja lammutusjäätmete ringlussevõtu suurendamiseks on pea iga riigi ringmajanduse strateegiasse hõlmatud materjalipanga loomise võimaluste kaardistamine või sellise panga loomine <sup>13</sup>.

Amsterdami ringmajanduse strateegias (Amsterdam *Circular* 2015) kirjeldati ehitus- ja lammutusjäätmete ringlusse võtmiseks materjalipanga loomise ideed. Strateegias nähakse valitsuse

<sup>19</sup> Energiatõhususe miinimumnõuded, Vabariigi Valitsuse määrus nr 258 (vastu võetud 20.12.2007) <https://www.riigiteataja.ee/akt/12903585>

<sup>20</sup> Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet. Hoonete energiatõhusus <https://ttja.ee/ariklient/ehitised-ehitamine/energiatohusus#suurettevot>

<sup>21</sup> NASA, Global Climate Change. Vital Signs of the Planet <https://climate.nasa.gov/>

rolli materjalide füüsiliste laoplatside pakkujana kohalikul tasandil, samuti materjalidele tingimuste ja käitluse kirjeldajana, et need ringlussevõtuks kvalifitseeruks. Suurte ringlussevõtuks kvalifitseeruvate materjalihulkade logistika jaoks tunnistatakse vajadust analüüsida suuremate lammutus- ja ehitusprojektide asukohti, et materjale ajutiselt logistiliselt optimaalselt paigutada. Amsterdam ringmajanduse strateegias leiti parimaks sobivaks asukohaks olevat sadamaala ning seal asuvate materjalidega kaubeldaks virtuaalselt. Arhitektid saaksid sellise materjalipanga materjalidega, mille kohta neil on olemas info (tüüp, kirjeldused, omadused, kogused, päritolu jne), töötada pakkudes erinevaid ringlussevõtu lahendusi <sup>13</sup>.

Eestis on materjalide ringlussevõtuks võrreldes ringmajanduse pioneeristaatustes Lääne-Euroopa riikidega teatavad eelised. Siinse madalama elatustaseme tõttu on siinsed eraisikud ning ettevõtjad (just keskmise suurusega ja väikeettevõtted) sunnitud leidma soodsamaid lahendusi ehitusprojektide elluviimiseks ning eksisteerib ehitustoodete ringlussevõttu väärtustav kultuur, vajadused ja käitumisharjumused <sup>13</sup>:

1. Eestisse vahendatakse kõrgema elatustasemega riikidest (näiteks Norra, Soome, Rootsi) tekkivad ehitus- ja lammutusjäätmeid;
2. Virtuaalsete turuplatside kasutamisega (Soov, Kuldne Börs, Facebook Marketplace, AliExpress, Smartswap, vanamaterjali pank materjalid.net jt.) ollakse juba harjunud;
3. Seoses suurema hinnatundlikkusega, on loodud sotsiaalmeedia kogukonnad infovahetuseks kaubareiside kohta, mis toimuvad riikidesse, kus ehitusmaterjalid on odavamad (eelkõige Läti, Leedu ja Poola).

Missiooniks saab loetletud käitumisharjumuste juurutamine suurettevõtete ja kinnisvaraarendajate seas. Suurtel objektidel tekib rohkem potentsiaalselt ringlusesse võetavat materjali. Tekkivad materjalikogused on sedavõrd suured, et nende ladustamiseks on vaja suurel hulgal pinda – tekib vajadus materjalipanga järele. Materjalipanga puhul saab kriitiliseks asukoht – ladustamine peab asuma põhilisele ehitustegevuse piirkondadele võimalikult lähedal, vastasel juhul tuleb arvestada lisanduva transpordiga (ja sellega kaasneva õhusaastega) <sup>13</sup>.

Säästva Renoveerimise Infokeskuse MTÜ (SRIK) eestvedamisel eksisteerivad Eestis juba ca. 20 aastat väiksemad materjalipangad (Tallinnas, Tartus, Paines jm.), kuhu kogutakse ning kust müüakse ehituslikku vanamaterjali. Kuigi SRIK eesmärgiks on aidata kaasa arhitektuuriliselt, ajalooliselt ning miljööliselt väärtuslike hoonete säilimisele ning nende fookus on just vanadel traditsioonilistel keskkondadel ja detailidel, saab nende poolt loodud vanamaterjali ladusid käsitleda kui ehitus- ja lammutusjäätmete materjalipanku <sup>22</sup>.

Eestis on ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuringu raames välja pakutud sellise materjalipanga lahenduse raamistik, mille kohaselt sarnaselt Amsterdam ringmajanduse strateegiale eksisteeriks füüsiline laoplatz ning kauplemine toimuks peamiselt virtuaalselt. Sellise materjalipanga loomiseks peaks ringlussevõtuks sobilike materjalide kriteeriumid defineeritama riiklikul tasandil. Laoplatsti(de) asukoha(d) pakub riik või kohalik omavalitsus jäädes ise selle operaatoriks (või hankides opereerimisteenuse). Laoplatse tuleks rajada erinevatesse asukohtadesse üle riigi. Virtuaalne turuplatz eksisteeriks kas iseseisvana või loodaks mõne teise virtuaalse kauplemiskeskonnaga koostöös. Ideaaljuhul luuakse virtuaalne turuplatz rahvusvahelise projektina koostöös teiste riikidega. Materjalid toimetatakse laoplatstile pakkujate poolt. Sellise materjalipanga loomise riskina nähakse seda, et tarbija (eraisikud, ettevõtted) ei tunne panka toodava materjali vastu huvi ning see tuleb siiski edastada jäätmekäitlejale (kulu). Samuti seda, et pakkumine ületab nõudlust ning laoplatz täitub liiga kiiresti. Riskide võimalike maandamise võimalusena nähakse ette ringlussevõtuks vastuvõetavate materjalide selgeid ning üheselt mõistetavaid kriteeriume ja lao täitumisel ajutiselt materjalide vastuvõtu peatamist <sup>13</sup>. Lisaks on vaja lahendada jäätmestaatusesse

---

<sup>22</sup> Säästva Renoveerimise Infokeskus MTÜ <https://www.renoveeri.net/>

langenud materjali ringlussevõtu protsess, s.h. osapoolte vastutus, materjalile esitatavad nõuded, ohutus, dokumentatsioon jms.

Lähiriikide olukorra kaardistamise tulemusel võib üldistada, et ehitusvaldkonna ringmajandus on viimastel aastatel fookusesse tõusnud ning väga kiiresti arenev valdkond, millega tegeletakse nii riiklikul tasemel, erasektoris kui ka ülikoolides. Sarnaselt Eestiga üritatakse saada ülevaade takistustes, piirangutest ja turutõrgetest, käivitatakse uurimisprojekti, taotletakse teadusraha, tihendatakse sektoritevahelist koostööd ning viiakse ellu esimesi eksperimentaalseid uurimisprojekte, Soome puhul näiteks Purater (Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta) ja ReCreate (Reusing precast concrete for a circular economy).

## 1.2. Eesti elamufond

Statistikaameti andmetel oli Eestis aastal 2017 aastal 707 779 eluruumi, millest 63% on ehitatud varem kui 1981 aastal <sup>23</sup>. Aastatel 2017 kuni 2021 on eluruumide arv kasvanud 739 000-ni (+5%) <sup>24</sup>. Statistikaameti andmetel oli aastal 2017 asustatud 75% ning asustamata 25% tavaeluruumidest.

Asustamata eluruumid on suure tõenäosusega amortiseerunud ja hoone tehniline seisukord sõltub suurel määral sellest, kui kaua on ruumid asustamata olnud. Vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ja DTZ Kinnisvaraeksperti koostöös 2013. aastal avaldatud uuringule „Uuring kasutusest väljalangenud ja mahajäetud elamufondi võimalikust probleemsest“ <sup>25</sup> defineeritakse probleemset korterelamut kui „kolme ja enama korteriga elamu, milles on tühjad vähemalt 25% korteritest“. Eluruumide asustamata olek on seotud rahvastiku vananemise ja rändega (nii riigisisese kui ka väljarändega), kus noored inimesed liiguvad nõ. tömbekeskustesse ning kohale jäävad vaid vanemad inimesed, kellede hulk aja möödudes loomulikult väheneb. Sellises olukorras tekib palju nn. probleemseid korterelamuid, kus 25% eluruumidest on asustamata. 2013. aastal avaldatud uuringu valimi raames tuvastati kokku probleemseid korterelamuid 302, millest 167 kuuluvad lammutamisele ning 135 renoveerimisele ja hinnanguliselt terve Eesti peale vajab lammutamist kokku 253 ning renoveerimist 223 probleemset korterelamut. Lisaks neile elamutele prognoositi 644 probleemse korterelamu lisandumist aastatel 2015-2030. Enim tuvastati probleemseid korterelamuid Valga maakonnas, kus probleemsed korterelamud moodustasid 17,3% maakonna korterelamutest. Probleemsest teiseks oli Ida-Virumaa, kus varasemalt nimetatud näitaja oli 3,6%. 2013. aasta uuringu põhjal selgus, et valimis olnud asustamata korteritest on 65% eraomandis, 20% juhtudel on omanikuks riik ning 15% juhtudest on tegemist probleemse kinnisasjaga, millel on mitu omanikku. Samas uuringus püüti välja selgitada sellistes korterelamutes elavate inimeste suhtumist ümberasustamisesse, mille tulemusel selgus, et ümberasustamisega asula piires nõustuks 40% elanikest, omavalitsuse piires 34% elanikest ning ümberasustamisega ei nõustuks 26% elanikest.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ja Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituudi koostöös valminud ja 2020. avaldatud hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia lõppraportis <sup>26</sup> on välja toodud, et rekonstrueerimist vajavate hoonete kogupindala on 54 mln m<sup>2</sup> ning

<sup>23</sup> Statistikaameti andmebaas  
[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_kinnisvara\\_elamumajandus/KVE02/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_kinnisvara_elamumajandus/KVE02/table/tableViewLayout2)

<sup>24</sup> Statistikaameti andmebaas  
[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_kinnisvara\\_elamumajandus/KVE01/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_kinnisvara_elamumajandus/KVE01/table/tableViewLayout2)

<sup>25</sup> Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, DTZ Kinnisvaraekspert „Uuring kasutusest väljalangenud ja mahajäetud elamufondi võimalikust probleemsest“ (2013)  
[https://www.mkm.ee/sites/default/files/131210\\_uuring\\_probleemsed\\_korterelamud\\_2013.pdf](https://www.mkm.ee/sites/default/files/131210_uuring_probleemsed_korterelamud_2013.pdf)

<sup>26</sup> Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikaülikool „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“ (2020)

aastaks 2030 tuleb strateegias esitatud jaotuse alusel rekonstrueerida 22%, aastaks 2040 64% ja aastaks 2050 100% rekonstrueerimata hoonete pindalast. Hoonete rekonstrueerimise vajadusele on rõhutanud ka UNEP-SBCI ning IPCC, kelle hinnangul omavad olemasolevad hooned suurt potentsiaali energiatarbimise vähendamisel kui neid kaasajastada ehk viia vastavusse energiaefektiivsuse nõuetega.

Ida-Virumaa on pärast taasiseseisvumist üks suurema väljarändega piirkondi Eestis. Statistikaameti andmetel on Ida-Virumaa maakonnas rahvastik vähenenud 8475 elaniku võrra (2017 vs. 2020) <sup>27</sup>, millest enamuse moodustab negatiivne loomulik iive kuid suur osakaal on ka negatiivsel rändesaldol. Ka Lügänu vallas on elanike arv järjepidevalt vähenenud – vastavalt Lügänu valla arengukavale <sup>28</sup> toimub rahvastiku vähenemine tempos 2% aastas, kuid alates aastast 2013 on rahvaarvu kahanemine toimuma hakanud kiiremas tempos.

Rekonstrueerimise piirkondlikuks hoogustamiseks kehtestas Lügänu Vallavolikogu 17.12.2020 Lügänu vallas programmi „Ehitised korda Lügänu vallas“<sup>29</sup>. Nimetatud programmi eesmärgiks on kaasa aidata ning toetada valla elarvest valla territooriumil asuvate korterelamute ja eramajade välisilme ja tehnilise seisukorra parendamist, energiatõhususe tõstmist ja seeläbi vallaelanike elamistingimuste parendamist. Programmis osalemine oli planeeritud taotluste esitamisega 1. veebruarist 2021 kuni 31. oktoobrini 2021, kuid juba alates 2. augustist ei võetud enam uusi toetuse taotlemise taotlusi vastu.

Statistikaamet prognoosib aastaks 2045 Ida-Virumaa rahvastiku vähenemist 35% võrra (s.o. 45 tuhande inimese võrra) <sup>30</sup>. Väljaränne Ida-Virumaalt võib suurenedä muuhulgas ka tendentsist vähendada suure keskkonnamõjuga põlevkivi kaevandamist ja kasutamist. See aga omakorda tähendab, et juurde tekib palju asustamata eluruume ja kasutusest väljälangevaid hooned, mis varem või hiljem tuleb lammutada.

Vastavalt Anu Needo koostatud „Elamumajanduse korrastamine Kiviõli linnas“ <sup>31</sup> on Kiviõlis perioodil 2003-2017 lammutatud 20 hoonet, millest suur osa on nõukogudeaegsed 4-korruselised hooned (730 korteriomandit). Suure osa lammutustöödega kaasnevatest kuludest (sh. hoones elavate inimeste ümberpaigutamine) on jäänud kanda Lügänu valla. Kulude kokkuhoidmiseks on saadud hoonete lammutusjäätmeid edukalt taaskasutada erinevates projektides, peaasjalikult küll täitematerjalidena:

1. Kiviõli olmeprügila sulgemine;
2. Kiviõli Seiklusturismi Keskuse väljaarendamine;
3. Kiviõli Seikluskeskuse pereturismitooted;
4. Kiviõli Ettevõtlusala taristu rajamine.

Kiviõlis on lammutamise ohus neli probleemset kortermaja <sup>32</sup>, millest üheks on käesoleva uurimisprojekti objektiks olev Keskpuiestee 43 aadressil asuv silikaatkividest 4-korruseline hoone.

<sup>27</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0213U/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0213U/table/tableViewLayout2)

<sup>28</sup> Lügänu Valla Arengukava 2018-2028 <https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4241/0201/8005/m%C3%A4%C3%A4rus%20nr%2039,%20Lisa.pdf#>

<sup>29</sup> Lügänu valla koduleht, Ehitus ja planeerimine <https://www.lyganuse.ee/ehitised-korda>

<sup>30</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2)

<sup>31</sup> „Elamumajanduse korrastamine Kiviõli linnas“, Needo, A. 19.09.2017 <http://trea.ee/wp-content/uploads/2018/04/Elamumajanduse-korrastamine-Kivi%C3%B5li-linnas-Anu-Needo.pdf>

<sup>32</sup> Lügänu vald osaleb pilootprojektiis „Kahaneva rahvastikuga piirkondades probleemsete korterelamute elanike ümberasustamine ja kasutusest väljälangenud korterelamute lammutamine“ [https://www.trea.ee/wp-content/uploads/2020/02/6\\_K.K%C3%BCtt-esitlus-Kivi%C3%B5li-29.01.2020.pdf](https://www.trea.ee/wp-content/uploads/2020/02/6_K.K%C3%BCtt-esitlus-Kivi%C3%B5li-29.01.2020.pdf)

### 1.3. Ehitus- ja lammutusjäätmete teke Eestis

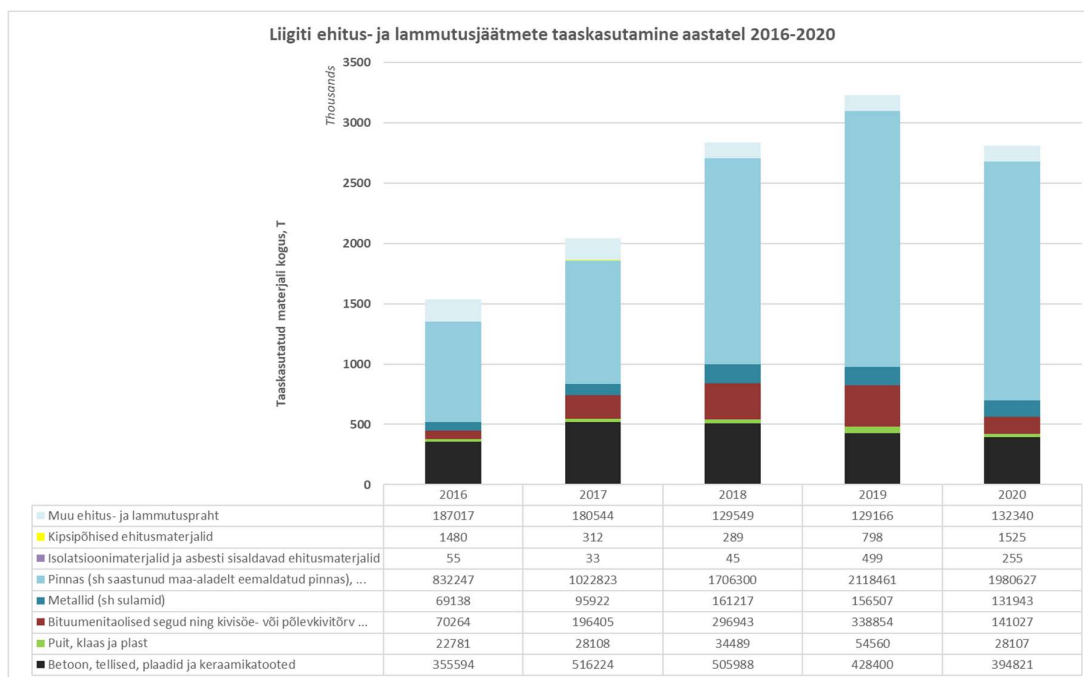
Üha kasvava hoonete ja rajatiste ehitusmahtude tagajärjel tekivad ehitus- ja lammutusjäätmed, mis häirib ökosüsteeme, vähendab elurikkust, suureneb surve keskkonnale ning võib viia ressursside nappuseni. Ehitatud keskkonna jätkusuutliku arengu loomiseks peab ehitussektor liikuma ringmajanduse suunas. Ehitus- ja lammutusjäätmed koos tööstuse, olme ja muude jäätmetega võivad olla teiseks tooraineks ehitussektoris ja seega pakkuda tohutut potentsiaali, vähendades nõudlust esmaste materjalide järele, vähendades tekkivaid jäätmeid ja väärtustades taaskasutatud materjale <sup>3</sup>.

Pidevalt on kasvanud nii ehitus- ja lammutusjäätmete osakaal kogu tekkinud jäätmetest kui ka ehitus- ja lammutusjäätmete kogused. Positiivne on asjaolu, et suur osa tekkinud ehitus- ja lammutusjäätmetest suudetakse siiski ühel või teisel moel/ kujul taaskasutada ning prügilasse ladestatakse sellest vaid väike osa. Ehitus- ja lammutusjäätmete (jätmenimistu alajaotis 17) teke ning taaskasutamise määr aastatel 2010 kuni 2019 toodud Tabelis 1 ja Joonisel 1 <sup>33</sup>.

Tabel 1. Ehitus- ja lammutusjäätmete teke ning taaskasutusse suunamise määr aastatel 2010 kuni 2019 (tavajäätmete hulka kuuluvad ehitus- ja lammutusjäätmed, välja arvatud kivid ja pinnas ning süvenduspinnas)

| Aasta | Teke (t)  | Taaskasutusmäär |
|-------|-----------|-----------------|
| 2010  | 659 372   | 67%             |
| 2011  | 858 879   | 72%             |
| 2012  | 799 040   | 70%             |
| 2013  | 999 460   | 85%             |
| 2014  | 793 715   | 85%             |
| 2015  | 932 863   | 88%             |
| 2016  | 869 109   | 86%             |
| 2017  | 1 106 242 | 89%             |
| 2018  | 1 250 079 | 84%             |
| 2019  | 1 200 221 | 84%             |

<sup>33</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/keskkond\\_surve-keskkonnaseisundile\\_jaatmete-teke/KK610](https://andmed.stat.ee/et/stat/keskkond_surve-keskkonnaseisundile_jaatmete-teke/KK610)



Joonis 1. Liigiti ehitus- ja lammutusjätmete taaskasutamine aastatel 2016-2020 (statistikaameti andmebaas)

Suurimat potentsiaali omavad betoon, tellised, plaadid ja keraamikatooted ning pinnas, seejuures on betooni/ telliste jätmete taaskasutuse määr ligi 100%. Kuid ka selle muljetavaldava numbri taga on laialt levinud praktika tekkinud jätmete taaskasutamine valdavalt väheväärtusliku tagasitõitega (maa-alade täitmine karjäärade tagasitõite jne). Jätmete kõrge väärtusega ringlussevõtu kogused (ehitusvaldkonnas kõrgeim võimalik väärtus ringlussevõtul: korduskasutuseks ettevalmistamine ehk jätmete taaskasutamistoimingud R3k, R5k) ei ole aga märkimisväärsed – näiteks 2019. aastal moodustas kõrge väärtusega ringlusse võetud materjal vaid 0,7% ehitus- ja lammutusjätmete kogutekest<sup>13</sup>. Civitta poolt läbi viidud intervjuudest jäätmekäitlejatega selgus, et Eestis on olemas tehnoloogiad, mille abil saaks jäätmeid tänasest suuremal määral ringlusesse võtta ning mis võimaldaksid jäätmetest kvaliteetseid tooteid teha. Nende kasutamine on jäätmekäitlejate jaoks seni olnud majanduslikult ebaefektiivne.<sup>13</sup>

## **2. Eelnevalt teostatud uuringud ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamisel**

Täitematerjali (täiteliiv ja -kruus) kaevandamine on kõige intensiivsem kaevandamine peale energiaga seotud kaevandamist – 2017. aastal kaevandati 84% kogu Euroopa Liidus vajaminevast täitematerjalist ning vaid 12% moodustas taaskasutus. 45% kogu kaevandatavatest täitematerjalidest kasutatakse betooni tootmiseks <sup>34</sup>.

Lisaks kaevandavate maavarade säästmisele aitab betooni taaskasutamine uue betooni täitematerjali osalise asendajana kaasa ka energia säästmisele. Ameerika Ühendriikidel on aastatepikkune betooni taaskasutamise kogemus – üle 10 aasta on iga-aastaselt taaskasutatud üle 20 miljoni tonni betoonijäätmeid. Mitmete Ameerika Ühendriikide tootjate sõnul kulub vanade betoonijäätmete purustamisele vähem energiat (kulub 8 korda vähem kütust) kui uue täitematerjali ettevalmistamiseks ning betooni teisele täitematerjali hind on 25% madalam uue täitematerjali hinnast <sup>35</sup>.

### **2.1. Ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamine betooni täitematerjali osalise asendajana**

Ehitus- ja lammutusjäätmete kasutamist uues betoonis täitematerjali ning jäätmete kasutamise mõju betooni omadustele on põhjalikult uuritud, sest jäätmete taaskasutamisega suudetakse mõningal määral vähendada betooni survet keskkonnale.

Ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamisel betoonis täitematerjali osalise asendajana peab esmalt veenduma, et materjal vastab nõuetele ning ei sisalda soovimatuid lisandeid üle lubatud piirmäära, sest ehitus- ja lammutusjäätmel sisalduvad vahelise või rohkemal määral betooni (sh. tsemendi ja erinevad tsemendi täitematerjalid nagu näiteks tuhk, voolavust parandavad lisandid jne, vana täitematerjal), savi (keraamika, katusekivid, tellised), puitu, klaasi, plastikut ja bituumseid lisandeid (näiteks asfalt). Lammutusjäätmete kasutamine betooni (osalise) täitematerjalina tulenevalt tema omadustele mõjutab betooni deformeeritavust, tugevust, mehaanilisi omadusi, vastupidavust pragunemisele, töödeldavust, kivilõhkumise aega jne. Viimasest tulenevalt ei tohiks täitematerjalis sisalduvad lisandid (kips, plastik jne) ületada 1% täitematerjali massist <sup>34 35</sup>.

Ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamine betoonis osalise täitematerjali asendajana on uuritud juba 40 aastat <sup>36</sup>. Vaatamata sellele tänapäeval kandvates konstruktsioonides täitematerjali täies ulatuses taaskasutatud materjaliga ei asendata <sup>36</sup>, kuid ometi leidub kandvaid konstruktsioone, kus osalise täitematerjalina ehitus- ja lammutusjäätmelid kasutatakse <sup>37</sup>.

Üle 10 aasta on uuritud ja otsitud viise, kuidas toota tsemendi põhiseid tooteid (tsement, mört, betoon) alternatiivsetest materjalidest – tööstuses, ehitusel ja lammutusel tekkivatest jäätmetest. Enamus uuringuid on teostatud vaid laboratoorsel skaalal ning elusuuruseid prototüüpe on vähe <sup>37</sup>.

---

<sup>34</sup> de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Modeling the interfacial transition zone between recycled aggregates and industrial waste in cementitious matrix“, lk 3-27

<sup>35</sup> Taushunayev, S., Fachratov, M., „Construction waste processing management and demolition of five-storey apartment blocks in Moscow“ IOP Conference series: Materials Science and Engineering 365 (2018)

<sup>36</sup> de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Fly ash-incorporated recycled coarse aggregate-based concrete“, lk 229-242

<sup>37</sup> de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Real-scale applications of waste in cement-based materials in building“ lk 681-713

Keskkonnapoliitika raames, kus rõhutatakse uuesti kasutamise, jäätmete ümbertöötlemise ja ringmajanduse rakendamise vajalikkust, on parimaks praktikaks betoonkonstruktsioonid, kus täitematerjali on asendatud lammutusjäätmetega. Arhitektid ja insenerid on siiski selliste materjalide kasutamises kõhklevad seisukohal, sest puuduvad teadmised, olgugi, et selliste materjalide omadused võivad olla väga sarnased materjalidele, kus kasutatakse esmaseid tooraineid <sup>37</sup>.

## **2.2. Mitmekordselt taaskasutatav betoon uue betooni täitematerjali osalise asendajana**

Eelnevalt teostatud uurimustööde käigus on jõutud tulemusele, et mida rohkem kordi betooni ümber töödeldakse (täiteainena uues betoonis), seda halvem on saadava täiteaine kvaliteet kuna iga korraga suureneb vana tsemendi kogus. Näiteks suureneb mitmeid kordi ümbertöödeldud täiteaine veeimavus (tänu tsemendisaldusele, mis on seda suurem mida rohkem kordi materjal ümber töödeldakse), mis viib sedapuhku selleni, et uue betoonisegu tegemisel peab lisama rohkem vett, et saavutada soovitud segu töödeldavus (suureneb vesi-tsement tegur). Rohkema vee kasutamine viib saadava betooni tugevuse kaole (vesi aurustub, betoon jääb tühimikega ning on vastuvõtlikum nii betooni karboniseerumisele kui ka armatuuri korrosioonile). Ühtlasi on vana tsementkivi tavaliselt vähem vastupidav staatilistele ja dünaamilistele koormustele kui uus. Samuti tähendati asjaolu, et iga korraga, mis betoon uuesti purustati, tema terastikuline koosseis muutus – iga ümbertöötlemise korraga kaotas täitematerjal 20% oma massist <sup>38</sup>.

2018. aastal läbi viidud uuringus viidi läbi rida katseid, uurimaks mitmekordselt kasutatava täitematerjal omadusi ning nende mõju betoonile. Selgus, et kui vaid ühe korra purustatud täitematerjali tsemendi-killustiku suhe on alla 20%, siis peale kolmandat purustamist on see juba 80% ja sellise täitematerjali kasutamisel koosneb sellest saadav betoon suures osas ainult tsemendist (vana ja uus). Seega järeldati, et optimaalseim betooni ümbertöötlemiste arv on 2. Lisaks selgus uuringu tulemusel, et saadava uue betooni tihedus langeb seda rohkem, mida rohkemaid kordi on täitematerjal ümber töödeldud (seotud suurema poorsusega). Samuti kinnitas uuring seda, et mitmekordselt ümbertöödeldud täitematerjal imab endasse rohkem vett. Selle põhjuseks on täitematerjali suurem poorsus, sest täitematerjal sisaldab suurel määral vana tsemendipastat (vana tsemendipasta moodustab täitematerjalist peale esimest ümber töötlemist 55% <sup>38</sup>).

Betooni mehaanilistes omadustes toimusid samuti muutused olenevalt sellest, mitmendat korda täitematerjali ümber töödeldud oli – survetugevus langes iga korraga ning oli seda madalam, mida suurem oli täitematerjali asenduse maht ja seda eriti juhtudel, kui tegemist oli teist või kolmandat korda ümber töödeldud täitematerjaliga <sup>38</sup>.

Samas vastupanu kulumiskindlusele suurenes ümber töödeldud täitematerjali kasutamisel betoonis ning parimaid tulemusi andsid katsekehad, kus kogu täitematerjal oli asendatud üks kord purustatud betooniga (26,16% parem vastupanu hõõrdumisele) <sup>38</sup>.

Elastusmoodul täitematerjali asendamisel ümbertöödeldud materjalidega vähenes olenemata täitematerjali ümbertöötlemise arvust. Kõige paremaid tulemusi näitas katsekeha, kus 25% täitematerjalidest olid asendatud üks kord purustatud betooniga <sup>38</sup>.

2021. aastal teostatud uuringu, kus katsekehades olid kasutusel täitematerjali asendusena purustatud betoon (asendused 25% ja 100%) (Silva et al. 2021), tulemustest leiti, et betooni vastupanu karboniseerumisele ning kloriidide sissetungimisele väheneb ümber töötlemise kordade kasvamisega. Samas uuringus tuvastati ka asjaolu, et betooni mahukahanemine suureneb seda enam, mitmendal

---

<sup>38</sup> de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Multirecycled concrete aggregates in concrete production“, lk-d 387-411

taaskasutuse ringil täitematerjal on – mahukahanemine (seotud pragude tekkega) betoonil üks kord ümbertöödeldud täitematerjalide asendusega 100% ulatuses 33% suurem kui traditsioonilisel betoonil, kolmekordsel ümbertöötlemisel aga juba 174% suurem <sup>38</sup>.

Samuti on uuritud betooni omadusi, kus lisaks jämetäite asendamisele on osaliselt tsement asendatud teisese toormega – lendtuhaga. Normaalebetooni jämetäite asendamist purustatud silikaatkivist killustikuga käesoleva uuringu koostajad kirjanduse analüüsi käigus ei tuvastanud – seega võib pidada antud lähenemist uudseks.

### 2.3. Tsemendi osaline asendamine lendtuhaga

Parimaid tulemusi näitasid segud, kus 35% tsemendist asendati lendtuhaga, vesi-sideaine tegur 0,45 ja 20% tsemendi asendusel vesi-sideaine teguriga 0,65. Samas tähendati, et katsekeha, kus kasutati tsemendi osalise asendajana lendtuhka, oli survetugevus 28 päeva möödudes väiksem kui katsekehal, kus lendtuhka ei kasutatud ning 90 päeva möödudes oli lendtuha ja taaskasutatud jämetäitega katsekeha survetugevus suurem kui katsekehal, kus lendtuhka ei kasutatud. Lendtuhaga katsekehade hilisem survetugevuse saavutamine on seletatav aeglasema vee välja kuivamise protsessiga (lendtuha puhul aeglasem kui tsemendi puhul) <sup>36</sup>.

Kui omavahel võrreldi katsekehi, kus jämetäidet ei asendatud ning vaid osaliselt asendati tsement, siis väga suurt erinevust katsekehade vahel, kus ka jämetäite asendati, survetugevustes ei tähendatud. Suurimad vahed joonistusid välja betooni kivistumise alguses (7 päeva möödudes), kus katsekehad, kus jämetäidet ei asendatud, andsid mõnevõrra paremaid tulemusi (survetugevuste vahe 3 MPa), 90 päeva möödudes oli vahe 1 MPa, samas traditsioonilisest betoonist kontrollkatsekeha (ehk etaloni) survetugevusi 90 päeva möödudes ei saavutatud – katsekeha, kus jämetäitena kasutati lammutusjäätmekivi ning tsemendist oli lendtuhaga asendatud 20% andis 0,9 etalonkatsekeha survetugevusest ning 30% tsemendi asenduse puhul 0,83 <sup>36</sup>.

Tsemendi asendamisega kerkis esile küsimus, kuidas muutus tänu lendtuha lisamisele betooni karboniseerumiskindlus, sest lendtuha lisamisel seotakse betooni kivistumisel tekkivad CH ühendid ära lendtuhaga seotud reaktsioonides ja vähem CH jääb betooni. Vastuse saamiseks uuriti 10 aasta vanuseid katsekehi, kus tsemendi asemel oli osaliselt kasutatud lendtuhka. Avastati kaks samaaegselt esinevat nähtust: karboniseerumise sügavus tänu putsolaanide reaktsioonidele suurenes (vähem vabu CH ühendeid), kuid tänu betooni tihedemale struktuurile suurenes betooni difusioonikindlus ning betooni karboniseerumise kindlus paranes. Sellest järeldati, et keskmise tugevusega betooni retseptis tsemendi asendamisega lendtuhaga väikses mahu ning betooni kivinemisel soodsates tingimustes on võimalik märkimisväärselt parendada betooni karboniseerumiskindlust <sup>36</sup>.

Kokkuvõtvalt halvenes sellise betooni, kus kasutati jämetäidet teisest toormest ning kus tsement asendati osaliselt lendtuhaga, veeläbilaskvus (mistõttu tõusis külmakindlus) ja tõusis kloriidide ning sulfaatide kindlus. Survetugevus vähenes traditsioonilise betooniga (30% tsemendi asendamisega oli survetugevus 17% väiksem, 20% tsemendi asendamisega 10% väiksem) ning vähenes ka tõmbetugevus. Suuremas ulatuses jämetäite asendamine päädis betooni suurema roomega (betooni omadus järeldeldeformeeruda kestva koormuse toimel pikema aja kestel <sup>39</sup>). See on selgitatav sellega, et betoonisegus oli lisaks värsketele tsemendipastale lisaks esindatud ka ehitus- ja lammutusjäätmekivi koosseisu kuuluv vana tsementkivi/ mört. Betooni kivinemisest tingitud mahumuutused vähenesid tänu lendtuha lisamisele (seega vähenevad mahukahanemisest tingitud sisepinged ning nende tulemustel potentsiaalselt tekkida võivad praod) <sup>36</sup>.

---

<sup>39</sup> Kuldorg, D., "Raudbetoonkonstruktsioonid. Lisamaterjal kaugõppe tudengitele" Tallinna Tehnikakõrgkool, 2021, 81 lk

## 2.4. Betooni karboniseerumine ja armatuuri roostetamine

Karboniseerumine on õhus leiduva süsihappegaasi reaktsioon betoonikivi aluseliste hüdroksiididega. Nagu ka paljud teised gaasid, lahustub süsihappegaas vees ja moodustab happe. Erinevalt teistest hapetest ei reageeri süsihape betoonikiviga, vaid neutraliseerib betooni poorides oleva vee.



Betooni poorides on tunduvalt rohkem kaltsiumhüdroksiidi, kui seda on lahustunud poorides olevas vees. See tagab karboniseerumise algetapis, et betooni normaalne pH tase, so 12-13, säilib. Protsessi edenedes jääb kaltsiumhüdroksiidi järjest vähemaks ja pH tase hakkab vähenema. Karboniseerunud ja karboniseerumata betooni piiril toimub suur pH taseme muutus (11-13 langeb alla 8). Madala pH korral kaotab betoon aluselise keskkonna puudumise tõttu armatuurterast kaitsvad omadused. Kui karboniseerumise front jõuab terasarmatuurini, siis toimub terase passiivse kaitsekihi purunemine ja roostetamise algus.

Karboniseerumise määramiseks kasutatakse fenoolftaleiini (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>) lahust, mida tuleb kanda värskelt avatud betooni pinnale. Leeliselises keskkonnas värvub fenoolftaleiin roosaks. Karboniseerunud betooni pH on neutraalne ja seal värvumist ei toimu. Tähelepanu tuleb juhtida ka asjaolule, et fenoolftaleiin muudab värvust pH taseme 9 juures ning et betoonis võib esineda ka osaliselt karboniseerunud tsoon. Terasse passiivse kihi purunemine toimub pH 10...11 juures. Seega võib teras aktiveeruda, olles kuni 5 mm värvi muutumise piirist sügavamal. Suured täitematerjali tükid häirivad fenoolftaleiini lugemite võtmist ja mõne tumeda betoonisegu taustal on värvide erinevust raske märgata.

Tänu asjaolule, et jätmete kasutamist betooni täitematerjali asendajana on viimase 40 aasta jooksul põhjalikult uuritud, on tänaseks päevaks suudetud välja töötada mudelid, millega suudetakse ennustada terasarmatuuri käitumist betoonis, kus betooni karboniseerumise protsess ning kahjulike ühendite betooni tungimine erineb traditsioonilisest betoonist <sup>40</sup>.

Korrosiooni tekke kiirust ning armatuurterase läbimõõdu vähenemise uurimisel leiti järgmist – taaskasutatud täite kasutamisel armatuuri roostetamise protsess kiirenes kloriidide jm kahjulike elementide mõjul, samas betooni karboniseerumise kiirus jäi samaks. Tulemused viisid ka järelduseni, et mida rohkem betooni täitematerjali taaskasutatud materjalidega asendati, seda kiirem oli terasarmatuuri roostetamise kiirus ning optimaalseim asenduse osakaal peab jääma alla 50%. Eelnevalt teostatud uuringute (betooni surve- ja tõmbetugevuse, roome muutused) tulemuste analüütilisel mudelarvutusel, millega uuriti pragude avanemise kiirust, leiti kinnitust optimaalse täitematerjali asendamise osale – 25% täitematerjali asendamisel ei täheldatud pragude avanemise kiiruses muutust, samas suuremate asenduste puhul (50-100%) kiirenes pragude avanemine 20-40% <sup>40</sup>.

Surve- ja tõmbetugevused vähenevad taaskasutatud täitematerjal osakaalu suurenedes. Erinevates läbi viidud uuringutes on jõutud erinevate tulemuseni, näiteks survetugevus vähenemine maksimaalselt 35% (de Brito ja Robles, 2010), survetugevus vähenemine keskmiselt 45 % olenemata sellest, millise fraktsiooniga taaskasutatavaid jätmeid betoonis kasutati (Silva et al. 2015) ja survetugevus (ja tõmbetugevus) vähenemine maksimaalselt 25% kui jämetäide täies ulatuses

<sup>40</sup> de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, “Active-state corrosion in recycled aggregate concrete”, lk 545-564

asendada purustatud betooniga (Xiao et al. 2012). Samas jõuti eelnevalt teostatud uuringutes järeldusele, et survetugevuse kaotuse mõju tulenes suuresti taaskasutatava materjali omadustest – väiksem efekt survetugevuse kaotusele oli vana betooni kasutamisel ning suurem, kui kasutati segajäätmeid (mis sisaldasid ka klaasi, plastikut, puitu jm lisandeid) <sup>40</sup>.

## **2.5. Ehitusplatsilt tagasitulev/ järelejäänud betooni taaskasutamine**

Betooni valmissegautodel võib ehitusplatsil aset leidvate viivituste või betoonitööde organiseerimisel valesti hinnatud betoonikulu tõttu betoonitehasesse naasmisel mõnikord segamistrumlitesse jäänud olla värsket veel kasutatavat või ka juba riknenud (ebapiisava töödeldavusega segu väljapumpamiseks) betooni. Seda betooni määratletakse kui jäätmeid ning sellele kehtivad jäätmetekke vältimise ja vähendamise regulatsioonid ja seadused.

Tagastatud betooni osa kogutoodangust moodustab 0,4-0,5%, kuid see võib tipuperioodile kasvada kuni 5-9%-ni. Iga-aastaseks tagastatud betooni koguseks hinnati 2014. aastal olevat üle 125 tonni <sup>41</sup>. 2019 aastal avaldatud uuringus toodi välja, et kogu betoonitoodangust moodustab jääk- ja tagastatud betoon 1-13%, millest vaid jääkbetoon (ehk paratamatult segistisse alles jääv betoonisegu osa) moodustab 2-10% <sup>42</sup>.

60% tagastatud betoonist läheb jäätmekäitlusse ning vaid 40% tagastatud betoonist leiab rakendust uutes toodetes (plokid, mittekanvdav seinapaneelid) <sup>42</sup>.

Betooni keskkonnasurve vähendamisel on suur roll nii veel plastse tagastatud betooni kui ka kivinenud betooni taaskasutamisel.

Tagastatud betooni saab uuesti kasutada mitmetel erinevatel viisidel <sup>41 42 43</sup>:

1. Raudbetoonelementide (erinevad plokid, vaheseinad) tootmine;
2. Betooni läbi pesemine, mille tulemusel eraldatakse täitematerjalid, tsemendipasta ning mille tulemusel tekib suurtes kogustes nn. halli vett, mis sisaldab liiva jt. peenosiseid kui ka tsementi;
3. Betooni kivistamine ning selle hilisem käitlemine või purustamine, fraktsioonidesse sõelumine ning taaskasutamine uue betooni tootmisel;
4. Tagastatud betoonile lisandite lisamine;
5. Tagastatud betooni lisamine uuele betoonisegule.

Vastavalt jäätmehierarhiale on eelistatuimaks jäätmete tekke ära hoidmine.

Lahendusena, kuidas betooni jääke minimaliseerida on superstabilisaatorite kasutamine, mis pikendavad betooni tardumisaega ning tänu millele on betoon kasutatav kuni 72h <sup>42</sup>.

### **2.5.1. Betooni läbi pesemine**

Kui jäätmete teke on vältimatu, siis on taaskasutamine samal kujul eelistatud ümbertöötlemise ja seejärel taaskasutamise ees – seega eelistatumaiks variantideks on tagastatud betooni ära kasutamine samal kujul. Tagastatud betooni ümbertöötlemine/ taaskasutus annab suurima positiivse efekti siis,

---

<sup>41</sup> Ferrari, G., Miyamoto, M., Ferrari, A., „New sustainable technology for recycling returned concrete“, Construction and Building Materials 67 (2014) lk 353-359

<sup>42</sup> Gebremicheal, N.N., Motahari Karein, S. M., Karakouzian, M., Jadidi, K., „Investigation of setting time and compressive strength of ready-mixed concrete blended with returned fresh concrete“, Construction and Building Materials 197 (2019) lk 428-435

<sup>43</sup> Kazaz, A., Ulubeyli, S., „Current Methods for the Utilization of the Fresh Concrete Waste Returned to Batching Plants“ Procedia Engineering Vol. 161, 2016 lk 42-46 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.495>

kui seda tehakse betoonitehases koha peal, sest sellisel viisil suudetakse vähendada transpordi osakaalu materjali ökoloogilises jalajäljes.

Betoon, mis sisaldab kuni 30% ulatuses täitematerjale, mis on saadud tagastatud betooni läbi pesemisel, on optimaalne saavutamaks normaaltugevusega betoonisegusid ning survetugevuste 32 N/mm<sup>2</sup> ja rohkem saavutamiseks tuleb tõsta vesitsementtegurit <sup>44</sup>. Läbi pesemise miinusena võib tuua suure hulga vee kasutamise. Nõ. halli vett, mis tekib betoonisegu läbi pesemisel on võimalik küll taaskasutada, kuid see ei tee olematuks selle kasutust. Seega on eelistatumateks viisideks tagastatud betooni taaskasutamine moel, mis ei nõua sisendeid muude materjalide näol.

### **2.5.2. Kivinenud tagastatud betooni purustamine**

Kivistunud ning seejärel betooni purustamise teel saadav täitematerjal omab parimaid omadusi esimese 48 tunni jooksul (aeg arvestades betoonisegu valmimise hetkest). Teostatud uuringu tulemusel ei tähendatud sellisel betoonil, milles täitematerjal oli 20% ulatuses asendatud purustatud betooniga segu pumpamise halvenemist. Samas töös võeti uuringu tulemustena kokku, et täitematerjalide asendamine purustatud tagastatud betooniga sobib kõige paremini kasutamiseks betooniklassides, kus betooni nõutav survetugevus on 30 N/mm<sup>2</sup> ja vähem. Survetugevuse tõstmiseks peab suurendama tsemendi mahtu segus <sup>45</sup>. Tsement aga kõige kallim betooni koostisosa ning ühe suurima ökoloogilise jalajäljega materjale üldse.

Kivistunud tagastatud betooni purustamisel tuleb tähelepanu pöörata kasutatavale tehnoloogiale, sest valitud tehnika mõjutab nii purustamise protsessi kui ka saadava materjali kvaliteeti ning seeläbi ka saadava betooni kvaliteeti <sup>45</sup>.

Meetodi rakendamise miinuseks on suur vaba pinna vajadus, kus betoonil õhukeste kihtidena kivistuda lasta.

### **2.5.3. Tagastatud betoonile lisandite lisamine**

Tagastatud betooni edasine töötlemine toimub seguauto segistis. Meetod koosneb kahest etapist lisandite lisamisest peale mida tagastatud betoon segistist eemaldatakse ning ajutiselt vaheladustatakse.

Esimeses etapis lisatakse tagastatud betoonisegule superabsorbeerivat polümeeri (SAP). Lisandit doseeritakse 0,4-0,8 kg iga betooni kuupmeetri kohta. Polümeer imab endasse kogu vaba vee, mis betoonisegus on ning peale 2-3 minutitist segu segamist saadakse tulemuseks graanulid, mille moodustavad betoonis sisaldunud jämetäiteained, mis on kaetud tsemendipastast, polümeerist ja liivast koosneva komposiitmaterjaliga <sup>41</sup>.

Teist etappi nimetatakse ka keemiliseks paagutamiseks. Etapis lisatakse etapis üks saadud graanulitele etringiiti moodustav ühend, mis baseerub alumiiniumsulfaadil. Lisandit doseeritakse 4-8 kg iga kuupmeetri betooni kohta. Järgneb segistiga segamine veel 2-3 minutit. Etringiidi kristallide tekkimisel seotakse kogu veel allesjäänud vaba vesi – tulemuseks granuleeritud materjal, mis on piisava tugevusega, et seda edasi töödelda. Samuti on tekkinud graanulite eemaldamine trumlist lihtsam kui plastse betooni eemaldamine. Kivinemise protsessi esimeste 24 tunni jooksul peab graanulite segu liigutama ja segama, et graanulid ei „kleepuks“ üksteise külge <sup>41</sup>.

---

<sup>44</sup> Correia, S.L., Souza, F.L., Dienstmann, G., Folgueras, M.V., Hotza, D., „Use of aggregates from Recycled Concrete Mixer Trucks Waste in Concrete“, Materials Science Forum Vols. 591-593 (2008), pp 854-859 [10.4028/www.scientific.net/MSF.591-593.854](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.591-593.854)

<sup>45</sup> de Brito Prado Vieira, L., Dominges de Figueiredo, A., John, V. M., „Evaluation of the use of crushed returned concrete as recycled aggregate in ready-mix concrete plant“, Journal of Building Engineering 31 (2020) 101408

Uuringus teostatud katsete ning mõõtmiste tulemusel jõuti järeldusele, et 30% betooni täitematerjali asendamine täitematerjaliga, mis on saadud tagastatud betooni töötlemisel, betooni omadusi ei halvenda <sup>41</sup>.

Saadavat granulaarset materjali tihedus on väiksem kui esmase täitematerjali oma ning on seda väiksem, mida väiksemad on graanulite suurused. Samuti on graanulitel suurem vee imamise võime (ümbritsev tsemendipasta).

Katsekehade, kus 30% täitematerjalist asendati granulaarse betooniga, tihedus on betoonist, kus on kasutatud 100% esmast tooret, 3-5% väiksem. 2014. aastal avaldatud töös tähendati, et betooni tiheduse vähenemine ei mõjutanud betooni mehaanilisi omadusi – 28 päeva kivilinenud betoonide puhul oli granulaarse täitematerjaliga betoonist katsekeha survetugevus 0,1 N/mm<sup>2</sup> suurem traditsioonilise betooni omast. Samas oli asendatud täitematerjaliga betoonist katsekeha survetugevused kahel esimesel päeval 11-17% väiksemad kui traditsioonilisel betoonil. Samuti vähenes granulaarse täitematerjaliga betoonil surve all oleva vee sissetungimissügavus – 30% täiteaine asendamisel vähenes vee sissetungimissügavus ca 50%. Kloriidikindlus jäi samaks võrrelduna traditsioonilise betooniga. Oluliselt ei halvenenud ka sellise betooni külmakindlus. <sup>41</sup>

Tänu täitematerjali asendamisele väheneb esmase toorme kasutus ning samuti suudetakse selliselt vähendada survet keskkonnale jäätmete vähendamisega. Lisaks positiivsele keskkonna aspektile, on meetod ka majanduslikult kasulik: 0,5 kg superabsorbeeriva polümeeri (SAP, Part A) ja 6 kg etringiiti moodustava ühendiga (Part B) on võimalik ühest kuupmeetrist tagastatud betoonist saada 2,4 tonni granulaarset täitematerjali <sup>41</sup>.

#### **2.5.4. Tagastatud betooni lisamine uuele betoonisegule**

2019. aastal avaldatud uuringus leiti, et tagastatud betooni lisamine uuele betoonisegule on rakendatav lahendus tagastatava betooni uuesti kasutamiseks.

Töös käsitleti ühe-, kahe- ja kolme tunni vanuseid tagastatud betoonisegude lisamist uuele betoonisegule kontrollitud sisetingimustes ning ühe, kahe, kolme ja nelja tunni vanuseid tagastatud betoonisegude lisamist uuele betoonisegule välistingimustes. Katsekehad sisaldasid 10%, 20%, 30%, 40% ja 50% ulatuses tagastatud betooni. Uue betoonina kasutati nii tavalist kui ka betoonisegu tardumisaega pikendavate lisanditega betooni. Laboratoorselt määrati nii värske betooni kui ka kivilinenud betooni omadusi <sup>42</sup>.

Värske betoonisegu veevajadus ei suurenenud vaid tavalise betooni ning ühe tunni vanuse tagastatud betooniga katsekehadel, vanemate tagastatud betooni kasutamisel veevajadus suurenes. Enamuste tavalise betooni ja tagastatud betooni segude tardumisaeg lühenes võrrelduna etalonseguga, samas kui tardumisaega pikendavate betoonisegude puhul tardumisaeg pikenes märgatavalt. Samuti tähendati, et mida vanemat tagastatud betooni lisanditega betoonis kasutati, seda pikem oli saadava segu tardumisaeg <sup>42</sup>.

Survetugevuste võrdlusel andsid etalon betoonisegust tehtud katsekehast paremaid tulemusi <sup>42</sup>:

- Kuni 40% asendusega ja kuni 3 tunni vanusega tagastatud betooniga katsekeha segatud tavalise betooniga välistingimustes;
- 20% ja 30% asendusega kuni 3 tunni vanusega tagastatud betooniga katsekeha segatud lisanditega betooniga välistingimustes;
- 50% asendusega 3 ja 4 tunni vanusega tagastatud betooniga katsekeha segatud lisanditega betooniga välistingimustes.

Sisetingimustes segatud katsekehadest ületas tavalisest betoonist kontrollkeha survetugevuse vaid tavalise betooni 40% asendusega katsekeha ning lisanditega betooni 20% ja 40% asendusega katsekehad.

Eesti Maaülikoolis 2020. aastal kirjutatud magistritöös uuriti betoonisegude, mis sisaldasid 0%, 20%, 40% ja 60% taaskasutatavat betooni (ehitusplatsilt tagasitulev/ järelejäänud vedel betoon) omadusi nagu survetugevus, töödeldavus, lisatud vee mõju, õhusisaldus ning tsemendi tardumisaeg. Kivistunud betooni puhul võrreldi töös survetugevust valmis segatud ja aeglaselt tarduvas betoonis, mis oli segatud uuesti ringlusse võetud betooniga. Katseteks kasutati kahte erineva tugevusklassiga betooni ning töö tulemusena selgus, et teatud kogus betoonisegust on võimalik asendada taaskasutatava betooniga. Paremad tulemused saadi betooni tugevusklassiga C35/45, kus vajaliku tugevuse saavutasid kõik katsekehad olenemata taaskasutatava betooni osakaalust segus. Suurema tugevusega (C50/60) betoonil saavutas nõutava survetugevuse vaid betoon, kus taaskasutatavat betoonisegu oli 20%. Teostatud katsete põhjal jõuti magistritöös järelduseni, et kuni kolm tundi seisnud betooni on võimalik kasutada kogu tema olekus uuesti värske betooni tootmisel ning värske betooni 20% ulatuses asendamisel taaskasutatava betooniga saavutatakse betooniklasside vajalik survetugevus <sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup> Laisk, L., „Tagastatud betooni taaskasutus“, Eesti Maaülikool, Tartu 2020, 76 lk

### 3. Taaskasutuse näiteid

Hoonetes esinevate materjalide taaskasutuse ajalugu ulatub 1500 aastat tagasi, kus näiteks Colosseumi kasutati kui materjalide kaevandust, et rajada erinevaid hooneid (peamiselt kirikud ja paavstide residentsid) üle terve Rooma linna (sh. Vatikan ning 14ndal sajandil ehitatud Püha Peetruse kirik).

Taaskasutamise puhul eristatakse kolme taaskasutuse viisi: terviklike konstruktsioonide taaskasutamine, materjalide purustamine (kasutamine täitena teedehituses, maa paranduses) ning viimasena purustatud materjalide kasutus uutes materjalides (näiteks betoon). Esimene nimetatud viis kuulub mittepurustava meetme alla, järgnevad kaks purustava meetme alla. Erinevate viiside puhul suureneb vajalik ümbertöötlemise vajadus. Eelistatud on võimalikult vähese ümbertöötlemise astmega jäätmete kasutamine, seega eelistada tuleks tervete konstruktsioonide (välisseinad, vahelaed) kasutust neid ümbertöötlemata. Kuna käesoleva projekti raames on silikaatkivide ükshaaval lahti võtmine, samuti nende mõrdist puhastamine (kasutatud on suhteliselt tugevat lubisementmörti) liialt aja- ja töömahukas, siis on mõistlik ehitada raketis ning raketise abil seintest vajalik/ võimalikus suuruses sein elementid tervetena eemaldada. Samuti on võimalik õõnespaneelid vuukidest lahti lõigata ning ükshaaval demonteerida. Väljalõigatud elemente oleks kõige keskkonnasäästlikum kasutada demonteerimise (lähi)piirkonnas.

Mitmekesine valik tänaseks teostatud ehitusvaldkonna ringmajanduse ja taaskasutuse näidetest on esitatud dokumendis „Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring (2021). Lisa 1 – Ehitussektor”<sup>13</sup>, mida käesolevasse raportisse ei dubleeritud.

#### 3.1. Mittepurustavad meetmed

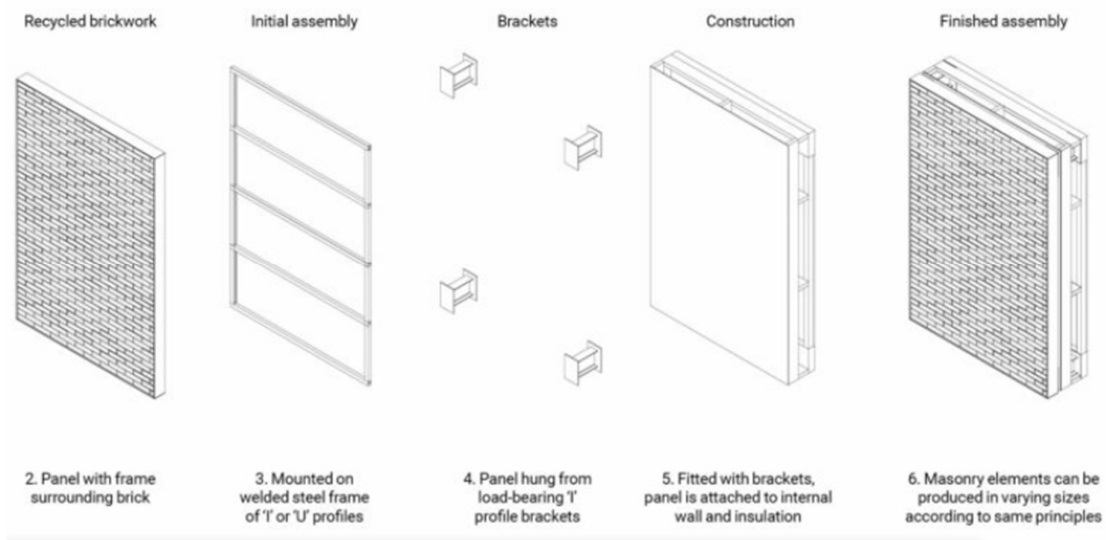
Hollandist, Saksamaalt, Rootsist ja Soomest on edukaid näiteid monteeritavast raudbetoonist majade taaskasutamisest. Detailides hoonete konstruktsioonid ja lahendused erinevad, kuid sisuliselt võib neid erinevates riikides tehtud projekte pidada sarnasteks. Kõigil juhtudel on tegu pärast teist maailmasõda tekkinud suure nõudluse perioodil ehitatud monteeritavast raudbetoonist elumajadega, mis hiljem amortiseerusid. Riigiti on hoonete arhitektuursed ja konstruktiivsed lahendused erinevad, mis mõjutab taaskasutuse lõpplahendust.

##### 3.1.1. Carlsberg-i õllekoja tellisvooder

Vähese ümbertöötlemise astmega mittepurustava meetodiga lahendati tellisfassaadi taaskasutus Kopenhaagenis (Taani, 2019), kus silmapaistev ajalooline Carlsberg-i õllekoja tellisvooder demonteeriti plokkidena (Foto 1), et see taaskasutada uue hoone fassaadis (Foto 2). Lisaks õllekoja tellisvoodrile kasutati uue hoone tellisvoodris ka erinevate vanade koolimajade ja tööstushoonete tellisvoodreid. Telliseid ei eemaldatud vanadelt hoonetelt eraldi, vaid lõigati välja plokkidena, sest mört tellisvoodril oli tugevam kui tellised ise. Sellise lähenemisega suudeti uuele hoonele anda juurde lisandväärtus ajaloo tellisfassaadi näol. Protsess tellisvoodri taaskasutamise etappidest on kujutatud Joonisel 2. Materjalide taaskasutamisega suudeti CO<sub>2</sub> jalajälge vähendada hinnanguliselt 50-60% võrreldes traditsioonilise ehitusega ja seda vaid läbi materjalide taaskasutamise<sup>47 48</sup>.

<sup>47</sup> The Resource Rows [https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com](https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com)

<sup>48</sup> Wilson, R., “Old into new: Recycled bricks from façade of Copenhagen housing project”, Architects’ Journal, 2019 <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/old-into-new-recycled-bricks-form-facade-of-copenhagen-housing-project>



Joonis 2. Tellisvoodri taaskasutamise protsess <sup>48</sup>



Foto 1. Carsberg-i õllekoda (vasakul); tellisvoodri lahti lõikamine (keskel); objektile ladustatud tellisvoodri plokid (paremal) <sup>48</sup>



Foto 2. Tellisvoodri plokid paigaldatuna uue hoone fassaadis <sup>48</sup>

### 3.1.2. Jalakäijate sild

Vähese übertöötlemise astmega taaskasutamise teise näitena on jalakäijate silla prototüüp (Fotod 3-4), mis ehitati Šveitsis, Lausanne's sealse Riikliku Tehnikainstituudi eestvedamisel. 10m pikk sild ehitati 25 raudbetoonplokist, mis saadi vanade hoonete seinadest. Plokid lõigati lammutamisele kuuluva hoone välisseinast ning enne plokkide uuesti monteerimist puuriti neisse avad, kust viidi läbi trossid, et sillale anda kaarjas kuju plokkide eelpingestamise teel. Tänaseks on silla prototüüp läbinud koormustestid ning sild on kasutuseks valmis. Hetkel on sild Šveitsi Riiklikus Tehnikainstituudi laboris Lausanne's <sup>49</sup>.



Foto 3. Jalakäijate silla prototüüp <sup>49</sup>



Foto 4. Jalakäijate silla prototüüp <sup>49</sup>

### 3.1.3. Mehrow, Schildow ja Berlin-Karow pilootprojektid (Saksamaa, 2005)

Siin peatükis käsitletud betoonelementide taaskasutamine ei haaku otseselt käesoleva pilootprojektiga, kus nii välisseinad kui ka siseseinad on laotud kividest/ plokkidest, kuid järgnevalt käsitletavat pilootprojektid on tõestuseks, et olemasolevaid terviklike konstruktsioone saab edukalt taaskasutada olles nii eeskujuks ja ideede ammutamiseks.

Saksamaal alustati uuringutega, millega uuriti võimalusi, kuidas tehasetoodetud betoonkonstruktsioonidega hoonete komponente terviklikult ja/ või purustatuna uute materjalide koosseisus ära kasutada 1993. aastal. Tõsisemalt hakati teemaga tegelema 1994. aastal ning esimeste pilootprojektideni jõuti 1998. aastal. Esimeste pilootprojektide tulemused näitasid, et taaskasutava materjalidega on võimalik saavutada väga kvaliteetseid lahendusi. Ka Saksamaal oli sellel perioodil suureks takistuseks selekteeriva lammutamise vähene praktiseerimine ning tundmine. Uurimuses toodi lahendusena välja, et taaskasutatud materjalide kasutamisel võiks rakendada „boonussüsteemi“, mis võiks motiveerida kasutusest väljas olevate hoonete komponente nii

<sup>49</sup> Sakharkar, A., “Researchers reused concrete to build a footbridge” Tech Explorist, Environment, 2021  
<https://www.techexplorist.com/reused-concrete-build-footbridge/41696/>

terviklikult kui purustatuna kasutama. Samuti toodi uurimuses välja, et taaskasutatavate materjalide kirjeldus peaks olema selgem ning kõigile üheselt mõistetav<sup>50</sup>.

Saksamaal läbi viidud pilootprojektides olid nn. doonorhooned 20-30 aastat vanad tehasetoodetud betoonkonstruktsioonidega korterelamud. Hoonete konstruktsioone ja nende seiskordi uurides selgus, et peale konstruktsioonide demonteerimist, transporti, puhastamist ja lõikamist olid 38% hoonete komponentidest praktikas rakendamiseks sobilikud – peamiselt siseseinad ja vahelagede paneelid<sup>50</sup>.

Uuringus kasutati vanade korterelamute elemente kaasaegsete eramute ehitamiseks. Tunnistati, et tõeliseks katsumuseks on arhitektuurne lahendus – olemasoleva hoone mõõdud seavad piiranguid uute hoonete rajamisel. Ja ühtlasi tõdeti, et 20-30 aastat tagasi ehitatud majad ei ole ehitatud selliselt, et neid saaks hiljem lihtsalt lahti võtta ning hoone komponentide demontaažil, puhastamisel ja mõõtu lõikamisel on oht elementide purunemiseks<sup>50</sup>.

Esimese pilootprojektina rajati väike korteri prototüüp. Prototüüp ehitati Berliini Tehnikaülikooli testimishallis. Hoones kasutati välisseinadena vanu siseseinu ning vahelaena vanu eelpingestatud vahelaepaneele<sup>50</sup>.

Esimeseks pilootprojektiks, kuhu elanikud 2005 aastal sisse kolisid, oli eramu Berliini lähistel (Mehrow, Foto 5). Nimetatud projekti doonorhoone asus 8 km kaugusel, kust toodi vajalikus koguses seinapaneele ning vahelaepaneele. Doonorhoone selekteeriv demontaaž kestis kokku 12 päeva. Kokku taaskasutati 118 m<sup>3</sup> vanu betoonkonstruktsioone<sup>50</sup>.



Foto 5. Hoone karkassi montaaž (vasakul); hoone karkass monteerituna (keskel); valmis hoone (paremal)<sup>50</sup>

Teiseks pilootprojektiks oli 280 m<sup>2</sup> eramu Berliini lähistel (Schildow, Foto 6). Doonorhoone asus 33 km kaugusel. Kokku suudeti taaskasutada 245 m<sup>3</sup> vanu betoonkonstruktsioone<sup>50</sup>.

<sup>50</sup> Asam, C., „Recycling prefabricated concrete components – a contribution to sustainable construction“ (2005), Institute for Preservation and Modernisation of Buildings of the Technical University of Berlin, 8 lk <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11828.pdf>



Foto 6. Hoone karkassi montaaž (vasakul); hoone karkass monteerituna (keskel); valmis hoone animatsioon (paremal) <sup>50</sup>

Kolmanda pilootprojektina oli 180 m<sup>2</sup> suurune eramu Berlin-Karowis (Foto 7). Ka selle projekti puhul kasutati seinade materjalina vanu betoonelemente, mis pärinesid 23 km kaugusel asuvast korterelamust. Kokku taaskasutati 91 m<sup>3</sup> vana betoonkonstruktsioone <sup>50</sup>.



Foto 7. Hoone karkassi montaaž (vasakul); hoone karkass monteerituna (keskel); valmis hoone (paremal) <sup>50</sup>

#### 3.1.4. Korteralamud Middelburgis (Holland)

Esimene omalaadne projekt, mis pärineb aastast 1986. Projekt kestis kokku 6 kuud, mille käigus ehitati ümber 12-kordne korteralamu. Korteralamu 7 ülemist korrust demonteeriti (kokku 900 paneeli) ning allesjäänud hooneosa renoveeriti (sh. muudeti ruumiprogrammi). Renoveeritud hoone on kujutatud Fotol 8. Demonteeritud paneelidest rajati täiendavalt veel kolm korteralamut (üks korteralamutest näha Fotol 8). Kuna projekt oli esimene omalaadne, siis osa metodoloogiast ning kasutatavast tehnoloogiast arendati välja ning katsetati just spetsiaalselt nimetatud projekti silmas pidades <sup>51</sup>.



Foto 8. Alles jäetud ning renoveeritud hooneosa (vasakul); demoneeritud raudbetoonpaneelidest rajatud korteralamu (paremal) <sup>51</sup>

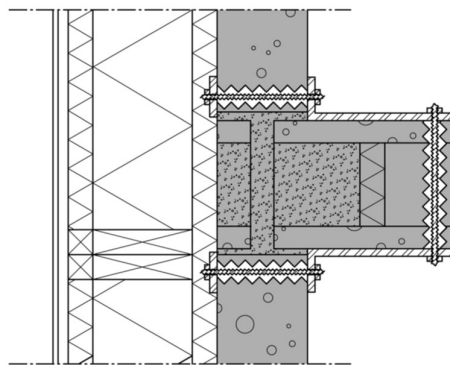
<sup>51</sup> Huuka, S., Naber, N., Asam, C. and Caldenby, C., "Architectural potential of deconstruction and reuse in declining mass housing estates" Nordic Journal of Architectural Research, 1-2019, lk 139-179 <http://arkitekturforskning.net/na/article/view/1173>

### 3.1.5. Autoremonditöökoda Raahes (Soome)

Autoremonditöökoja hoone (Foto 9) rajamiseks taaskasutati raudbetoonpaneele, mis jäid üle 1970ndatel ehitatud suurpaneelilamute renoveerimisest ja ümberehitamisest. Projekti raames „ehitati“ 2006 aastal Raahes väiksemaks mitmeid korterelamuid. Huvitavaks asjaoluks antud projekti juures on see, et kui projekt algas kui traditsiooniline lammutusprojekt, siis tööde käigus võttis see selekteeriva demontaaži suuna, sest leiti, et selline lähenemine on kiirem ja lihtsam. Lisandväärtuse andis ka demonteeritud raudbetoonpaneelide uuesti kasutamise võimalus. Idee lammutustööde protsessi muutmiseks saadi edukatest praktikatest mujal Euroopas (sh. ka eelnevalt nimetatud Saksamaa pilootprojektid) <sup>51</sup>.



Foto 9. Soomes Raahes ehitatud autoremonditöökoda <sup>51</sup>



Joonis 3. Sõlme lahendus – taaskasutatud seina ja laepaneeli uues olukorras omavahel seotud terasnurkade ja poltide abil. Hall värv tähistab vanasid konstruktsioone <sup>51</sup>

### 3.1.6. Räbi küla - Vabaõhumuuseum

Eestis on teostatud pilootprojektina ühe hoone terviklik demontaaž ning uues asukohas uuesti kokkupanek. Tegemist on ENSV aegse nelja korteriga silikaatkividest 2-korruseline korterelamuga, mis demonteeriti hoone algsest asukohast Räbi külast, Otepää vallas ning transporditi seejärel elementidena Tallinnasse, et see uuesti Eesti Vabaõhumuuseumi territooriumil kokku monteerida.

Nimetatud projektis jagati välis- ning kandvad siseseinad korruste kaupa elementideks ning tõsteti raketisele vastavalt järjekorrale. Pööningu otseseinu, trepikoja otseseinu ning rohkete avadega siseseinu tervikuna ei transporditud – need lammutati ning laoti uuesti uues asukohas. Eelnevalt eemaldati kõik avatäited. Seinaelementide jagamisel lähtuti minimaalsete lõigete sooritamisest ning tõstetööde teostamisest. Tõsteraketisena kasutati PERI Grupi VARIO GT 24 tala-seinaraketise süsteemi, millele lisati terasjalad. Kasutusel oli kolmes eri mõõdus osakilpi – 500mm, 1250mm ning 2500mm, mille omavaheline kombineerimine võimaldas igale seinaelemendile sobiliku tõsteraketise. Tõsteraketise kasutamist hoonest väljalõigatud elemendi tõstmist on näha Fotel 10 ning Fotel 11 on näha objektil vaheladustatud elemente ning nende transportimist avatud veoautol, millele on lisatud järelhaagisena nn. plate<sup>52</sup>.



Foto 10. Hoonest välja lõigatud kilbi tõstmine<sup>52</sup>



Foto 11. Kilpide ladustamine objektil (vasakul), kilpide transport (paremal)<sup>52</sup>

<sup>52</sup> Oll, A., "ENSV-aegse kivikonstruktsioonist korterelamu transport ja kontrollarvutused" Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn 2018, 46 lk

## 3.2. Purustavad meetmed

Purustavate meetmetena käsitletakse käesolevas peatükis nii purustatud lammutusjätmete kasutamist purustatud kujul täitematerjalina kui ka purustatud jätmete taaskasutamist uue betooni täiteaine osalise asendajana.

### 3.2.1. CINDERELA

Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooniprogrammi *Horizon 2020* raames läbiviidav projekt CINDERELA, mille eesmärgiks on tekkivate jätmete potentsiaali ära kasutamine töötades välja ja demonstreerides uut ärimudelit CinderCEBM, mis aitab ettevõtetel teostada edukaid ringmajanduse ärijuhtumeid, mis põhinevad jätmetest ressursiks muutmise potentsiaalil ehk kuidas rakendada edukalt ellu ütlust "Ühe mehe prügi on teise mehe aare". CINDERELA peamiseks tegevuseks on teisese tooraine (ingl. k. *secondary raw material*) põhiste ehitusmaterjalide väljatöötamine ja katsetamine ning rakendamine suuremahulistes pilootprojektides, et arendada üle-euroopalist teadmiste pagasit ja tutvustada häid tavasid, mis on olulised ehitusettevõtete ringmajanduse loomiseks<sup>3</sup>.

CINDERELA pilootprojektide raames töödeldakse jätmeid purustamise, sõelumise ja segamise teel, et toota uusi ehitusmaterjale. Saadud materjale kasutatakse kolmes erinevas pilootprojektis: degradeerunud ala taastamine, ühekordse hoone ehitamine, teedehitus.<sup>53</sup>

- Degradeerunud ala taastamine (Maribor, Sloveenia)<sup>54</sup>

Projekti raames paigaldatakse teisene tooraine kihtidena ning tihendatakse, et saavutada geotehniliste tööde jaoks sobilikud tingimused. Pärast ala taastamist paigaldatakse keskkonnaseireks seireseadmed. Monitori näidud salvestatakse otse BIM-i. BIM-mudeli väljatöötamine on otseselt seotud projekteerimisdokumentatsiooni sisendite saamisega.



Foto 12. Degradeerunud ala Maribor's<sup>54</sup>

- Ühekordse hoone ehitamine (Maribor, Sloveenia)<sup>55</sup>

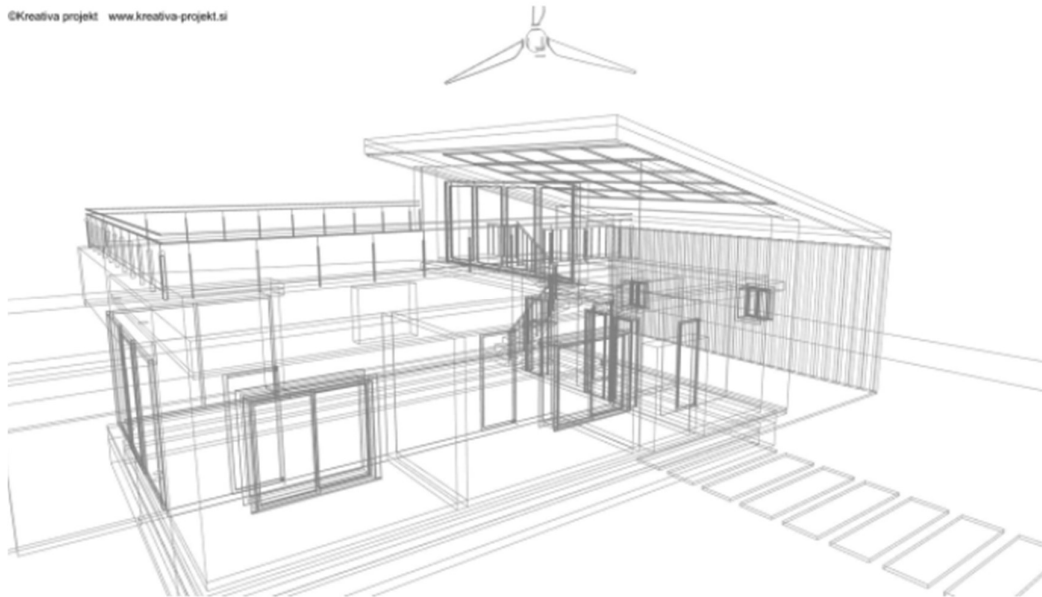
Projekti (kreativa-projekt.si) raames ehitatakse ühekorpuseline hoone, milles kasutatakse teisese tooraine põhiseid ehitustooteid. Rajatisesse tuleb suurem ruum ettekannete ja töötubade

<sup>53</sup> CINDERELA Demo2: Production of SRM construction products for building and civil engineering applications <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-2-Production-of-SRM-construction-products-for-building-and-civil-engineering-applications>

<sup>54</sup> CINDERELA Demo 3: Geotechnical works with the use of SRM-based materials to revitalize a degraded area <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-3-Geotechnical-works-with-the-use-of-SRM-based-materials-to-revitalize-a-degraded-area>

<sup>55</sup> CINDERELA Demo 4: Construction of a building with SRM-based materials <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-4-Construction-of-a-building-with-SRM-based-materials>

läbiviimiseks, labor, kaks kontoriruumi, tualettruum ja trepp katusele. Põrand ja seinad tehakse rohelisest betoonist, kus täitematerjalidena on kasutatud teisest tooret. Aluspõrand valmistatakse ette ja tugevdatakse taaskasutatud pinnasega kasutamiseks. Vundamendialune soojustus tehakse taaskasutatud tellistest või klaasist.



Joonis 4. Planeeritav ühekordne hoone Maribor's (kreativa projekt) <sup>55</sup>

- Teede-ehitus <sup>56</sup>

Tee-ehituses ja teehooldustöodes kulub palju materjale. CINDERELA projektis välja töötatud teisese tooraine põhised ehitustooted suudavad edukalt asendada esmaseid materjale ja vähendada teedeehituse/hooldustööde keskkonnamõjusid. Taaskasutatud täitematerjal on suurepärane materjal alus-, killustik ja drenkihtide jaoks ja taaskasutatud asfalt pinnakatte jaoks. Materjalid peavad vastama kohalikele projekteerimis- ja kvaliteedinõuetele.

### 3.2.2. Korter- ja kontorihoone (Ludwingshafen, Saksamaa, 2012)

Tegemist on kuuekordse hoonega, kus ühes tiivas on alumistel korrustel kaubandus- ja kontoripinnad ning ülemistel korrustel eluruumid. Sama hoone koosseisu kuulub ka kaks viiekordset tiiba, kus on vaid korterid. Valmis hoonet on kujutatud Fotol 13 <sup>37</sup>.

Kandvate konstruktsioonide betoonis kasutati täitematerjalina ehitus- ja lammutusjäätmek. Kasutati XC1 keskkonnanõuetele (kuiv või püsivald märg) vastavat C30/37 betooni. Kokku kulus pilootprojektis 500m<sup>3</sup> betooni. Kasutatud betoonisegus kasutati erinevate fraktsioonide puhul mõlemat, nii esmast (70%) kui teisest (30%) toormaterjali. Teostatud kvaliteedikontrollid kinnitasid, et betoon, kus täitematerjalina kasutati ehitus- ja lammutusjäätmek olid oma füüsikalistelt omadustelt, tugevuselt, kloriidide penetratsioonilt väga sarnased betoonile, kus täitematerjalina oleks kasutaud vaid esmast toorainet. Läbiviidud karboniseerumise test näitas, et karboniseerumise sügavus oli väiksem just teisese tooraine kasutamisel <sup>37</sup>.

<sup>56</sup> CINDERELA Demo 5: Construction of a road with SRM-based materials  
<https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-5-Construction-of-a-road-with-SRM-based-materials>



Foto 13. Korter- ja kontorihoone Ludwigschafenis <sup>57</sup>

### 3.2.3. Monteeritavad raudbetoonelemendid (Madriid, Hispaania)

Projekt viidi läbi EL-i teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogrammi *Horizon 2020* raames. Projekti eesmärgiks oli välja töötada energiasäästlik tehasemaja *mock-up*, mis vastaks kahele kriteeriumile: valmidus montaažiks ning demontaažiks (pööratava ehituse kontseptsioon); vähemalt 65% ulatuses ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutamine. Projekti raames rajati kahekordne elusuuruses näidishoone suuruses 4920 x 3750 x 5300 mm, korruste puhtaks kõrguseks jäi 2100 mm (Foto 15). Projektis kasutatud monteeritavad raudbetoonelemendid (kandvad postid ja talad, vahelaed, välisseina sandwich elemendid – Foto 14) sisaldasid teisese toormena täitematerjali (fraktsioonid 0/2mm, 2/8mm, 8/16mm) vähemalt 50% ulatuses. Mittekandvate seinaplokkide puhul asendati 75% täitematerjalidest teisese toormega. Välisseinte välisviimistlusena kasutati krohvi, kus täitematerjal fraktsiooniga 0/6mm oli 20% ulatuses asendatud teisese toormega. Kirjeldatud lahenduse rakendamisel suudeti vähendada CO<sub>2</sub> emissioone 30% võrra ning energiakasutust 20% võrra <sup>37</sup>.



Foto 14. Projektis kasutatud monteeritavast betoonist kandvad elemendid ning mittekandvate seinade plokid <sup>57</sup>

<sup>57</sup> Gonzalez-Fontebo, B., Gayarre, F., Vera-Agullo, J., Casado, M., Medina, C., "Real -scale applications of waste in cement-based materials in building" <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820549-5.00014-0>

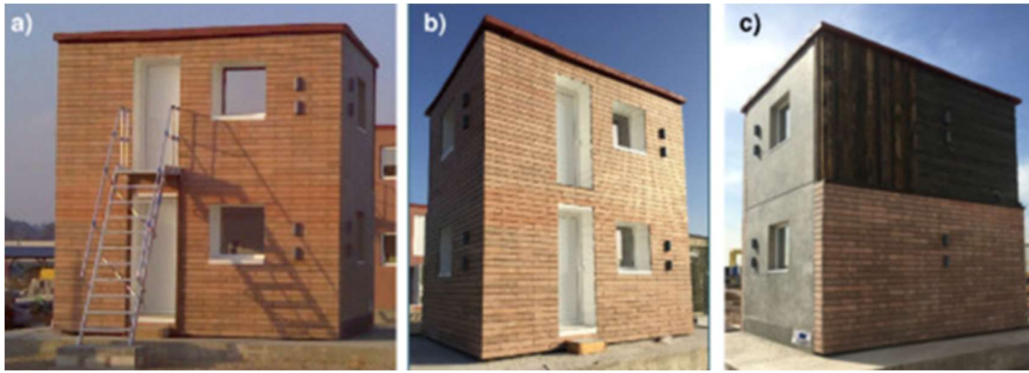


Foto 15. lõuna ja ida fassaad (vasakul); lääne ja lõuna fassaad (keskel); ida ja põhja fassaad (paremal)

57

Samal konseptsioonil põhineb veel teinegi *Horizon 2020* fondist rahastatud BABM (*buildings as material banks*) projekti raames teostatud pilootprojekt – B.R.I.C (*build reversible in conception - B.R.I.C.*).

### 3.2.4. B.R.I.C

B.R.I.C projekt on ringmajanduse rakendamise musternäidiseks. BRIC-hoone on jätkusuutlik, skaleeritav ja ümberpööratav konstruktsioon, mille on välja töötanud Brüsseli koolituskeskus EFP kolmel järjestikusel õppeaastal alates 2017. aasta sügisest. BRIC-i monteeritakse ja demonteeritakse igal aastal. Hoone monteerimist ning valmiskujul hoone skeletti on kujutatud Fotel 16. Iga ümberkujundamisega kaasneb funktsiooni muutus: näiteks kontorist (2018) kaupluseks (2019) ning lõpuks akustikalaboriks (2020) EFP üliõpilaste koolitamiseks <sup>58</sup>.

Materjalipangana loodud B.R.I.C katsetas materjalide eluea pikendamist. Meeskond analüüsis iga konstruktsioonielemendi, mida plaaniti korduskasutada, lahendust ja ülesehitust, selleks, et tekiks peaaegu üldse jäätmeid. Esimesed tehnilised tulemused tõestasid, et sama projekti raames on võimalik edukalt täita nii ringluse kui ka energiatõhususe eesmärgid <sup>58</sup>.

Projekti ümberkujundamise ajal testiti konstruktsiooni suutlikkust suuruse ja funktsionaalsuse muutmisel. Projekti võime muutuda ja kohanduda uute funktsionaalsete vajadustega muudab B.R.I.C-i väärtuslikuks projektiks. Kasutades selle pööratavaid omadusi, nagu eemaldatav vundament, saab hoonet rakendada erinevates kohtades minimaalse ökoloogilise jalajälje ja hõlpsa kokkupanemisega, et mahutada erinevaid funktsioone <sup>58</sup>.



Foto 16. BRIC hoone skelett (vasakul); BRIC hoone seinaelementide montaaž (paremal) <sup>58</sup>

<sup>58</sup> Buildings as Material Banks (BAMB). Build Reversible in Conception (B.R.I.C). An educational transformable wooden building <https://www.bamb2020.eu/topics/pilot-cases-in-bamb/bric/>

## 4. Pilootprojekti hoone

Rakendusuuringu objektiks oli kasutusest maas nõukogudeaegne 4-korruseline silikaatkividest viilkatusega korterelamu Ida-Virumaal Kiviõlis aadressiga Keskpuiestee 43 (Foto 17). Hoone esmaseks kasutuselevõtu aastaks on Ehitisregistris märgitud 1962 <sup>59</sup>.

Kinnistul paikneva hoone ümbrus on ühtlane, ei esine suuri kõrguste erinevusi. Hoonet ümbritseva pinnase uuringuid teostatud ei ole. Visuaalse vaatluse kohaselt näib kinnistu pinnas kuiv.

Kaitsealuseid objekte ja kinnismälestisi kinnistul ei paikne.



Foto 17. Ortofoto Keskpuiestee 43, Kiviõli <sup>60</sup>; Keskpuiestee 43, Kiviõli (06.09.2021)

Järgnevalt esitatud andmed põhinevad Ehitisregistri andmetele <sup>59</sup>:

|                           |                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------|
| Otstarve:                 | 11222 – muu kolme või enama korteriga elamu |
| Pikkus:                   | 50,1 m                                      |
| Laius:                    | 10,8 m                                      |
| Kõrgus:                   | 14,9 m                                      |
| Ehitisealune pindala:     | 545 m <sup>2</sup>                          |
| Maapealsete korruste arv: | 4                                           |
| Maa-aluste korruste arv:  | 1                                           |
| Suletud netopindala:      | 2023,5 m <sup>2</sup>                       |
| Üldkasutatav pindala:     | 296,2 m <sup>2</sup>                        |
| Maht:                     | 7702 m <sup>3</sup>                         |
| Maapealse osa maht:       | 6791 m <sup>3</sup>                         |
| Tüüpprojekti nr:          | 1-317-10                                    |

Korterelamu korterite sisesed mittekanvad vaheseinad on laotud 80 mm ja 100mm paksustest gaasilikaltsiidist plokkidest, seinad on kaetud mõlemalt poolt ca 10-15 mm paksuse krohviga. Kortereid eraldavate silikaatkividest vaheseinte paksus on 250 mm. Korterelamu kanvad siseseinad on laotud silikaatkividest, seinad paksusega 250/380mm, millele lisandub 5-30mm lubitsementkrohv mõlemal pool. Korterelamu välisseinad on laotud silikaatkividest, kihtideks: kandev osa - 300 mm silikaatkivi müüritis, soojustus – 20-30 mm mineraalvatt (kohati tühi, kohati on vati asemel mört või muu täidis), välisvooder - 120 mm silikaatkivi (Foto 20), kokku ca 430 mm + sisepinna krohv. Väliseina

<sup>59</sup> Ehitisregister <https://www.ehr.ee>

<sup>60</sup> Maa-ameti kaardiserver, lennuaeg 19.06.2020

kandev sisemine osa ning väliskoorik on seotud horisontaalsete sidekiviridadega. Hoonel on paekivist madalvundament.



Foto 18. Välissein demonteeritud avatäite kohast

## 5. Hoone tehniline seisukord ning materjalide ja elementide taaskasutuse potentsiaal

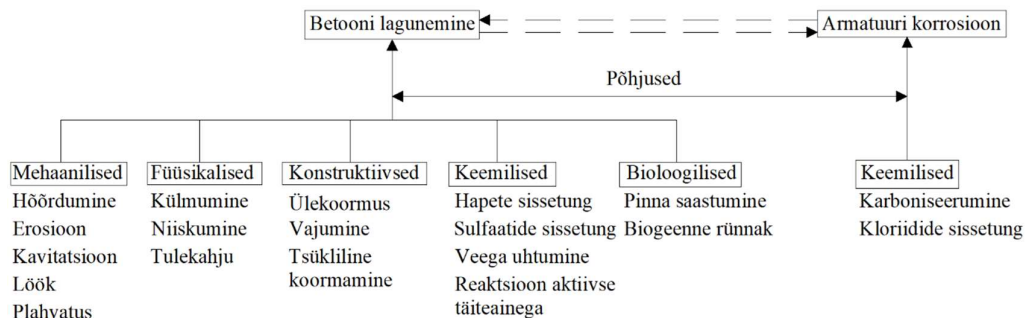
### 5.1. Hoone ehitustehnilise seisukorra hindamine

Selleks, et võrrelda omavahel hoonete tehnilist seisukorda ja hinnata nende renoveerimisvajadust, kasutatakse mitmeid erinevaid hindamis- ja haldussüsteeme. Eestis ühtset ja tsentraalset süsteemi selleks välja töötatud ei ole, kuna kinnisvara omanike vajadused on väga erinevad eelkõige põhjusel, et hallatavate ehitiste hulk ja iseloom varieerub väga suures ulatuses. Rahvusvaheliselt on mitmete tööühmade (CEN/TC 348, CEN/TC 350, COST TU1402, COST TU1406 jt) raportites on põhjalikult kirjeldatud erinevates riikides kasutatavaid ehitiste (sh. hooned, sillad jne) seisukorra hindamise süsteeme.

Peale valdkonna kirjandusega tutvumist otsustati Keskpuiestee 43 lammutamisele mineva korterelamu ehitustehnilise olukorra hindamise aluseks võtta kaks meetodikat:

- 1) Tallinna Tehnikakõrgkooli (TTK) poolt Riigi Kinnisvara AS (RKAS 2018) tellimisel välja töötatud „Hoonete tehnilise seisukorra hindamise juhend“ (Versioon 1.0 (26.01.2018))<sup>61</sup>;
- 2) endises Eesti Põllumajanduse Akadeemia ehitismehaanika kateedris 1975.a. (Tõnu Keskküla, Jaan Miljan) välja töötatud „Välise vaatluse teel monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide hindamise meetodika“<sup>62</sup>.

Tuleb arvesse võtta, et tegelikkuses raudbetoonarindite kahjustuste hindamisel on toimivuse hindamise kriteeriumeid rohkem (joonis 5), kui järgnevalt toodud visuaalse vaatluse meetodikad suudavad arvesse võtta.



Joonis 5. Raudbetooni kahjustusmehhanismid (Bertolini jt. 2004). Viidatud M. Kiviste (2004) magistritöös<sup>63</sup>

#### 5.1.1. Hoonete tehnilise seisukorra hindamise meetodika

Meetodika baseerub visuaalsel vaatlusel ning võimaldab anda võrreldavat hinnangut eri tüüpi ja funktsionaalsusega hoonete tehnilisele seisukorrale. Hindamisele kuuluvad eelkõige hoone tehnilised

<sup>61</sup> Hoonete tehnilise seisukorra hindamise juhend, Tallinna Tehnikakõrgkool <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:350752/310933/page/3>

<sup>62</sup> Keskküla, T., Miljan, J., "Välise vaatluse teel monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide hindamise meetodika", Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1975

<sup>63</sup> Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., Polder, R. Corrosion of Steel in Concrete. Prevention, Diagnosis, Repair. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004. pp. 392/ Kiviste, M. Armatuurterase korrosioon ja selle mõju ribipaneelide kandevõimele. (Juh. prof. Jaan Miljan). Eesti Põllumajandusülikool, Tartu. 2004. 95 lk.

aspektid ja ehitise (sh siseviimistlus) kulumisaste. Muuhulgas võetakse hindamisel arvesse ka hoone puuduste korrigeerimise maksumuse suurusjärku, energiatõhusust ning sisekliimast tulenevat kasutusmugavust. Hindamisele ei kuulu hoone funktsionaalsed ja arhitektuursed aspektid. Tehnilise seisukorra määramise põhietapid on <sup>61</sup>:

1. Hoone kasutusotstarbe määramine;
2. Hoone jaotamine üksikelementideks (EVS 807 alusel);
3. Tähtsusteguri määramine üksikelementidele;
4. Seisunditeguri määramine üksikelementidele;
5. Hoone seisundihinde arvutamine.

Alljärgnevalt on toodud seisunditeguri määramise tabel, mille abil igale üksikelemendile määratakse 4-pallilisel skaalal seisunditegur  $S_i$ , kus 1 näitab elemendi täielikku korrasolekut ja 4 halvimat olukorda.

Tabel 2. Hoone üksikelemendi seisunditegur  $S_i$  <sup>61</sup>.

| Seisunditegur $S_i$ | Seisunditeguri lühikirjeldus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Võimalik tegevus                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Üksikelement on uus või uuevääriiline;</li> <li>üksikelement toimib ootuspäraselt, vigu ja defekte ei esine;</li> <li>väljanägemine on korrektne ja puhas, kuid on lubatud minimaalselt kulumist (nt pleekimine);</li> <li>vajalik märgistus ja dokumentatsioon on korrektsed.</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reguleerimine ja/või seadistamine ei ole vajalik.</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
| 2                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Valdavas osas täidab üksikelement oma sihipärasest funktsiooni;</li> <li>esineb üksikuid juhuslikke defekte või tavapärase kasutamisega seotud kulumist, mis terviküsteemi tööd ei mõjuta;</li> <li>väljund korrektn, kuid võib olla kulunud;</li> <li>kahjustused ei mõjuta üksikelemendi kandevõimet, ohutust ega funktsionaalset toimivust.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reguleerimine ja/või seadistamine võib olla vajalik;</li> <li>üksikelement võib vajada puhastamist või väljanägemisega seotud parendustöid.</li> </ul>                                                                       |
| 3                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Esineb korduvaid häireid töös ja/või funktsionaalsuses;</li> <li>reaalne pidev oht lõplikuks hävimiseks;</li> <li>oskuslikul kasutamisel ja hooldamisel on üksikelement mõnda aega veel kasutatav;</li> <li>üksikelemendi kasutamine tervikuna ei ole ohtlik.</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Üksikelemendi asendamine või põhjalik remont;</li> <li>täiendava auditi läbiviimise vajadus on väga tõenäoline;</li> <li>võib esineda vajadus potentsiaalselt ohtliku piirkonna markeerimiseks (nt ohutuslindid).</li> </ul> |
| 4                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Üksikelement ei suuda täita oma funktsiooni, on täielikult amortiseerunud või hävinenud või on ohtlik;</li> <li>vajalik (kohustuslik) üksikelement puudub.</li> </ul>                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Üksikelement vajab kohest asendamist või paigaldamist (kui on puudu);</li> <li>hoone kasutamise osas on vaja rakendada piiranguid ning piirata ligipääsu;</li> <li>vajalik läbi viia täiendav audit.</li> </ul>              |

### 5.1.2. Välise vaatluse teel monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide hindamise meetodika

Raudbetoonkonstruktsioonide visuaalse hindamise aluseks võeti endise Eesti Põllumajanduse Akadeemia (EPA) ehitismehaanika kateedris 1975.a. (Jaan Miljan, Tõnu Kesküla) välja töötatud meetodika <sup>62</sup>. Hindamise kriteeriumiks oli armatuuri korrodeerumisest tekkinud kahjustused.

Tabel 3 toodud olukorra kirjeldused on algselt mõeldud raudbetoontalade olukorra hindamiseks, käesolevas uuringus kasutati seda Keskpuiestee 43 raudbetoonist aknasilluste hindamisel. Tabel 4 olukorra kirjeldused on algselt välja töötatud raudbetoonist ribiplaatide olukorra hindamiseks, käesolevas uuringus kasutati seda Keskpuiestee 43 õõnespaneelide seisundi hindamisel.

Tabel 3. Raudbetoontalade hinnetele vastavad olukorra kirjeldused. Taladele mõeldud olukorra kirjeldusi on kasutatud Keskpuiestee 43 aknasilluste olukorra hindamisel

| Hinne | Olukorra kirjeldus                                                                                         |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5     | Talad terved, korrosiooni jälgi ei esine                                                                   |
| 4     | Üsikutest kohtades märgata põikarmatuuri korrodeerumist (kaitsekihis praod, või kaitsekiht maha pudenenud) |
| 3     | Paljudes kohtades märgata põikarmatuuri korrodeerumist                                                     |
| 2     | Peaarmatuuri kaitsekihis mikro-põikipraad                                                                  |
| 1     | Peaarmatuuri korrosiooni tagajärjel märgatav pikipragu kaitsekihis (laiusega ca 0.5... 1 mm)               |
| 0     | 1) peaarmatuuri kaitsekiht maha pudenenud<br>2) avariolukord                                               |

Tabel 4. Raudbetoon-ribiplaatide hinnetele vastavad olukorra kirjeldused. Ribiplaatide olukorra kirjeldusi on kasutatud Keskpuiestee 43 õõnespaneelide olukorra hindamisel

| Hinne | Olukorra kirjeldus                                                                                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5     | Paneelid terved, korrosiooni jälgi ei esine                                                                                      |
| 4     | 1) Mõnes üksikus kohas on plaadis pinnale väga lähedal asuv armatuur korrodeerunud<br>2) üksikutes kohtades põikiribis pikipraad |
| 3     | Paljudes kohtades märgata põikarmatuuri korrodeerumist                                                                           |
| 2     | Peaarmatuuri kaitsekihis mikro-põikipraad                                                                                        |
| 1     | Peaarmatuuri korrosiooni tagajärjel märgatav pikipragu kaitsekihis (laiusega ca 0.5... 1 mm)                                     |
| 0     | 1) peaarmatuuri kaitsekiht maha pudenenud<br>2) avariolukord                                                                     |

## 5.2. Visuaalse hindamise tulemused

Kiviõlis paikneva Keskpuiestee 43 silikaatkivimüüritiste seisunditegurit on visuaalselt hinnatud nii väljastpoolt kui ka seestpoolt. Süstemaatiline visuaalne hindamine toimus novembris ja detsembris 2021. Silikaatkividest välisseinte välimise kiht oli katmata (Foto 19).

TTK ja RKAS 2018 visuaalse hindamise metoodika järgi oli üldjuhul oli silikaatkivimüüritise seisund hoone vanusele vastav, esines tavapärase kasutusega seotud kulumist, seisunditegur,  $S_i = 2$  (Foto 21. Lähifoto silikaatkivi müüritisest).

Keskpuiestee 43 hoonest loendati kokku 152 monteeritavast raudbetoonist topeltsillust. Nendest 135 sillust olid akende kohal (kaks erinevat pikkust: 2,1 m ja 2,5 m ja kõrgus 0,24 m): 14 sillust keldrikorruse akende kohal (pikkus 1,5m ja kõrgus 0,22m) ja 3 sillust trepikoja uste kohal (pikkus 2,5 m, kõrgus 0,24 m). Välise vaatluse põhjal oli kõigile raudbetoonist akna- ja ustesillustele iseloomulik kõrgeim seisunditegur ( $S_i=1$ ). Raudbetoonist aknasilluste seisundi hinne on kõrgeim (hinne 5) ka endises EPA-s välja töötatud raudbetoontalade (Tabel 4) visuaalse hindamise metoodika järgi (Foto 20)

Akende all ulatusid silikaatkivid müüritisest 4-5 cm väljapoole ning olid kaetud sademevee eemale juhtimiseks kaldse tsementmördiga. Seetõttu olid need kivid suurema niiskuskooormuse tingimuses ja osadel neist esines külmakahjustusi. Küll aga ei esinenud aknasilluste silikaatkividel visuaalseid märke murenemisest ja ka need kivid jätkasid oma tavapärast kandvat funktsiooni müüritises.



Foto 19. Fotod Keskpuiestee 43 kül- ja otsafassaadidest (06.12.2021, foto S. Ilomets)



Foto 20. Näidisfoto Keskpuiestee 43 raudbetoonist ülemisest aknasillusest



Foto 21. Lähifotod Keskpuiestee 43 silikaatkividest müüritise üldisest seisundist

Lisaks hinnati visuaalselt ehituskonstruksioonide seisundit seestpoolt kõikide Keskpuiestee 43 korruste kõikides korterites. Korterite seinad olid kaetud krohviga ja värviga või tapeediga, mistõttu silikaatkivimüüritist seestpoolt näha ei olnud. Küll aga oli seinte siseviimistluse (tapeetide ja värvi) üldine seisund hea, loomuliku kulumise märkidega, seisunditegur,  $S_i = 2$ . Osades kohtades eemaldati seintelt tapeeti ja veenduti, et ka krohvi seisund tapeedi all oli üldiselt hea, loomuliku kulumise märkidega ( $S_i = 2$ ). Seintes oleva krohvikihhi paksuseks mõõdeti 0,5 kuni 3 cm. Osades korterite ruumides oli pörandat risustamas lahtist mööblit, sisustust ja kõlbamatut sanitaar- jm. tehnikat. Seega, enne hoone demonteerimisega alustamist tuleb see tühjendada sisustusest.



Foto 22 Keskpuiestee 43 korterite seinte siseviimistluse ja sisustuse seisundist

Esines kohti, kus korteri siseseinad olid eemaldatud, nendes kohtades paljastus silikaatkividest siseseinte/müüritiste rahuldav ehituskvaliteet (seisunditegur,  $S_i = 3$ ).

Keskpuiestee 43 raudbetoonist õõnespaneelide pikkus oli 5,0m, laius 1,2m (korrustel I-IV) ja kõrguseks mõõdeti tavapärane 220 mm. Ligikaudsel loendamisel korrustel saadi vahelagedes olevat kokku 313 õõnespaneeli laiusena 1,2 m, neist 284 ehk 91% võiks esmasel hinnangul olla taakasutatavad. Laiusega 0,8 m õõnespaneeli loendati kokku 68, neist 56 ehk 82% võiks olla taakasutatavad. Täpne loendamine ei olnud võimalik kuna mitmete õõnespaneelide alumine pind oli kaetud mingi muu materjaliga (vahtplastist plaadid, papp, krohv). Visuaalsel vaatlusel õnnestus hinnata enamuste korterite lagede õõnespaneelide alumise pinna põhjal nende tehnilist seisundit, üksikute õõnespaneelide alumine pind oli kaetud teiste materjali kihtidega. Keskpuiestee 43 õõnespaneelide seisund oli nende alumise pinna järgi hinnates hea ( $S_i = 1$  TTKK&RKAS 2018 meetoodika järgi; hinne 5 endise EPA meetoodika järgi). Erandiks oli kolm õõnespaneeli, mis vastavalt pragunenud (kaks

õõnespaneeli hindegiga 1 endise EPA metoodika järgi) ja maha kukkunud kaitsekihi tõttu (üks õõnespaneel hindegiga 0) ei sobi seetõttu edasiseks taaskasutuseks. Pragunenud/maha kukkunud kaitsekihiga kohtades mõõdeti (nihkkaliibriga) õõnespaneelide pikiarmatuur, milleks oli silearmatuur läbimõõduga 10mm (II korrus, korter nr. 20 inventariseerimise jooniste järgi) ja 12 mm (IV korrus, korter 14). Kõikide korterite õõnespaneelide seisundi hinded ja lisamärkused on esitatud vaatluse protokollis (Lisa 1). Osades korterites on toimunud põleng, mille tulemusena on tahmunud nii seinte kui ka lagede pind. Põleng on toimunud I korrusel ühes, II korrusel ühes korteris ja IV korrusel kolmes korteris ehk siis kokku viies korteris. Osade õõnespaneelide pind on põlengu tulemusel murenenud (Foto 23), kuid nendel õõnespaneelidel ei ole märke läbipainetest.



Foto 23. Põlengutunnustega õõnespaneelide alumine pind (I korrus korter 4)

Keskpuiestee 43 keldrikorruse lagedel esines nii erineva laiuse (80 cm ja 120 cm) kui ka erinevas tehnilises seisundis õõnespaneele. Enamus keldrikorruse õõnespaneeli oli (alumise pinna järgi visuaalselt hinnates) heas seisundis (Si = 1 TTK&RKAS 2018 metoodika järgi; hinne 5 endise EPA metoodika järgi).

Kokku kümme keldrikorruse õõnespaneeli (neli vasaku trepikoja, kolm keskmise ja kolm parema trepikoja piirkonnas (sisenemisel) oli valmistatud viletsama ehituskvaliteediga, mistõttu need ei sobi edasiseks taaskasutuseks:

- a) Mõne keldrikorruse õõnespaneeli betoon oli ebapiisava tihendamise tagajärjel urbse alumise pinnaga, osade õõnespaneelide alumises pinnas olid suured augud (diameetriga 5 kuni 15 cm).
- b) Osade õõnespaneelide betoonkaitsekiht oli ebapiisav (0 kuni 5mm), mistõttu paljudes kohtades oli armatuurvõrk ja isegi töötav armatuur paljastunud.
- c) Osade õõnespaneelide servadest oli betoonkaitsekiht maha kukkunud ja paljastunud armatuur korrodeerus (Foto 24).

Keldrikorruse kahe õõnespaneeli (vasakus ja keskmise trepikoja piirkonnas) pikiarmatuurina mõõdeti paljastunud armatuuriga kohtadest silearmatuur läbimõõduga 10mm. Eelpoolmainitud muutuva ehituskvaliteedi tõttu ei ole välistatud, et õõnespaneelide valmistamisel võidi kasutada erineva läbimõõduga pikiarmatuure. Keldrikorruse õõnespaneelide vuugis mõõdeti ühes (paljastunud armatuuriga) kohas pikiarmatuur läbimõõduga 16 mm.

Keldrikorruse seinte silikaatkivimüüritise ja lubjakivimüüritise tehniline seisund oli hoone vanusele vastav, esines tavapärase kasutusega seotud kulumist, seisunditegur, Si = 2 (TTK&RKAS 2018 metoodika järgi). Mõeldav on keldriseinte edasine kasutamine uue pealisehitise vundamendina.

Keldrikorruse põrand oli segu pinnasest ja madalakvaliteedilisest tasandusmaterjalist, osaliselt põrand puudus. Selline materjal edasiseks taaskasutuseks ei kõlba.

Koondandmed raudbetoonelementidest koos taaskasutuseks sobivuse hinnanguga on toodud Tabelis 5.



Foto 24. Keldrikorruse laes asuvad raudbetoonist õõnespaneelid ja nende altpoolt visuaalselt eristatavad kahjustused.

Tabel 5. Keskpuiestee 43 raudbetoonelementide spetsifikatsioon

| Toode             | Ristlõige<br>cm | Pikkus<br>mm | Kogus<br>tk | Saab taaskasutada? |
|-------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------------|
| Õõnespaneel 120mm | 120x220         | 5000         | 284         | JAH                |
| Õõnespaneel 120mm | 120x220         | 5000         | 29          | EI                 |
| Õõnespaneel 80mm  | 80x220          | 5000         | 56          | JAH                |
| Õõnespaneel 80mm  | 80x220          | 5000         | 12          | EI                 |

| Toode                | Ristlõige<br>cm | Pikkus<br>mm | Kogus<br>tk | Saab taaskasutada? |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------------|
| R/B aknasillused     | 120x240         | 2100         | 135         | JAH                |
| R/B trepikojasillus  | 120x240         | 2500         | 3           | JAH                |
| R/B keldriaknasillus | 120x220         | 1500         | 14          | JAH                |
| R/B keldriukesillus  | 120x220         | 1500         | 13          | JAH                |

Tabelis 6 on hoone tehnilise seisukorra hinnang fookusega taaskasutuse potentsiaalile – see tähendab, et hinnatakse hoone osa, elemendi, materjali vms tehnilist seisukorda, nõuete vastavust, omadusi ning taaskasutuse potentsiaali aga mitte hoone ega selle osa elamule esitatavate nõuete osas (kuna hoone ei ole enam ega hakka olema kasutuses elamuna).

Tabel 6. Hoone, selle elementide ja materjalide tehnilise seisukorra hinnang fookusega taaskasutuse potentsiaalile

| Tarind               | Materjal              | Hinnang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Välisseinad          | Silikaatkivi-müüritis | Kogupaksus seinal 450mm (kandev kivi 300mm, 20-30mm soojustus, 120mm silikaatkividest välisvooder, krohvi paksus 5-30mm). Välisvoodril esineb niiskuskahjustusi ning sellega seotud lokaalselt vetikad/hallitus. Välisvoodri segu ebaühtlase tugevusega, kohati pude, osaliselt välja uhutud. Välisseinte tehniline seisukord nii visuaalsele vaatlusele kui ka silikaatkivide mõõdetud omadustele tuginedes on <u>mitterahuldav – hea</u> . Potentsiaalselt taaskasutatavad nii müüritise elementide, tervete kivide kui ka purustatud materjalina. Edasist katsetele tuginevat analüüsi vajab otsus, et kas kihilisi väliseinu kasutada terviklikult või on optimaalsem kasutada ainult 300mm kandvat osa, soojustusisolatsioon jäätmekäitlussening vooder kas purustada või taaskasutada suurte elementidena. Antud uuringus on pakutud välja väikeses mahus välisseinte eksperimentaalne tervikuna lahti lõikamine, demontaaž, transport ning kasutamine uue hoone ehitamiseks Kiviõli I keskkooli õuesõppe keskkonnana. Silluste puhul võib kaaluda korduskasutust teistel objektidel pärast armatuuri ja selle seisukorra seonduva täpsustamist ning silluse proovikoormamist. Ülejäänud müüritis on võimalik purustada ning kasutada kas maa-alade/karjäärade täiteks või sobivusel uute ehitusmaterjalide tootmiseks. |
| Siseseinad (kandvad) | Silikaatkivi          | Kandvad siseseinad on 380mm (krohvi arvestamata) paksud kivimüüritised. Keldriseinade silikaatkivid kohati veekahjustustega (keldris seisev vesi – pinnasevesi ning sademevesi), silikaatkivide kahjustusi ning lagunemist. Tänu vett mitte pidavale katusele esineb ülemiste korruste seinadel veekahjustusi. Osades korterites vaheseinad lõhutud. Silikaatkividest siseseinad visuaalsel vaatlusel <u>hea</u> seisukorras. Potentsiaalselt taaskasutatavad nii müüritise elementide, tervete kivide kui ka purustatud materjalina nt maa-alade/karjäärade täiteks ning sobivusel uute materjalide tootmiseks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Siseseinad           | Gaasilikaltsiit       | Siseseinad gaasilikaltsiit plokkidest (korterisisesed 80 mm ja 100 mm, lubitsementkrohv mõlemal pool) on suuremas osas säilinud                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Tarind    | Materjal                            | Hinnang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                                     | <p>koos siseviimistlusega ning on visuaalselt <u>heas olukorras</u>. Elektrijuhtmete ja pistikute/ lülitite eemaldamisel tekitatud kahju (pikad krohvikihiti läbivad sooned seinades).</p> <p>Potentsiaalselt taaskasutatav sobivusel kuivsegudes täitematerjali (osalise) asendajana. Kasutamise potentsiaal eeldab edasist uurimist (v.t. potentsiaalsete taaskasutuse rakendused, peatükk 11).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Vahelaed  | Õõnespaneel, Monteeritav r/b paneel | <p>Üldiselt paneelide seisukord <u>hea</u>. Esineb üksikuid (alla 10% paneelide koguarvust) paneele, millel puudub vajalik kaitsekiht ja/ või millel on kaitsekiht eraldunud ning armatuur nähtav (enamasti keldris) ning paneele, mis on kahjustunud hoones aset leidnud tulekahju(de) tõttu.</p> <p>Potentsiaalselt korduskasutatav samal otstarbel, kuid vajalik kontrollida kandevõimet nii arvutuslikult kui ka katseliselt selekteeriva demontaaži käigus pärast demonteerimist. Kahjustunud paneelid purustada, eemaldada betoonist teras ning kasutada purustatud betooni nt maa-alade/karjäärade täiteks või eelistatavalt uute materjalide tootmiseks teisese toormena.</p>    |
| Vundament | Paekivi                             | <p>Vundament on soojustamata ning puudub hüdrolatsioon. Pidevate sademete tõttu märgumise (puudulik sademevee äravoolusüsteem) tulemusel esineb sokliosial niiskuskahjustusi. Keldris kõrge niiskustase (hiljem teostatud mõõtmiste tulemusel tuvastati RH&gt;80%) ning seisev vesi – paekivimüüritis veekahjustustega ning hallitust. Müüritise lubitsemementmört on kohati pude, seinad lagunevad. Betoonist sillutisriba hoone perimeetris hävinenud. Vundament on <u>mitterahuldavas</u> seisukorras.</p> <p>Taaskasutus purustatud kujul tagasitäitena või killustiku tootmiseks Antud hoone puhul on mõistlik kasutada vundamendi maapealset osa keldri süvendi tagasitäiteks.</p> |
| Katus     | Puit (talad ja sarikad, roov)       | <p>Katus laseb läbi ning 150x75mm ristlõikega kandekonstruktsioon on <u>mitterahuldavas</u> seisukorras – esineb puidumädanikku ja hallitust.</p> <p>Kahjustamata puitmaterjali taaskasutus võimalik uute hoonete ehitamiseks (s.h. kandekonstruktsioonina) või soojusenergia tootmiseks.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Katus     | Eterniit                            | <p><u>Nii rahuldavas kui ka mitterahuldavas</u> seisukorras – osaliselt plaadid puuduvad, olemasolevad katki ja pragunevad. Eeldatavasti on tegemist asbesti sisaldava eterniidiga, mille jäätmete taaskasutamine ei ole vastavalt keskkonnaministri 21.04.2004 määrusele nr 22 „Asbesti sisaldavate jäätmete käitlusnõuded“ lubatud.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Trepid    | Monteeritud r/b                     | <p>Osaliselt trepimademed ja -käigud <u>rahuldavas</u> seisukorras (v.a. keldrisse viivad trepid, mis on mitterahuldavas seisukorras). Hoones esineb trepikäike, kus kaitsekiht on kulunud ning armatuur on väljas, trepimademetel esineb pragusid. Treppide käsipuud koos kandurite/ postidega on demonteeritud.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| Tarind                                   | Materjal                          | Hinnang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          |                                   | Trepiastmete mõõdud 105x30x16cm, tõusude arv poolekorruse marsil 9.<br>Potentsiaalseid taaskasutuse kohti piirab lisaks astmete kulumisele astme laius 105cm (valdavalt vajalik 120 cm tulenevalt evakuatsiooni nõuetest). Tõenäolisim taaskasutus tagasitäiteks pärast purustamist ning terase betoonist eraldamist.                                                                                                                                                    |
| Korstnad                                 | Silikaatkivi                      | Lagunemas, <u>mitterahuldav</u> seisukord. Tõenäolisim taaskasutus tagasitäiteks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Põrandad                                 | Keldris                           | Keldripõranda puhul esineb rida erinevaid põrandalahendusi - betoonist, segujääkidest valatud, muldpõrandad, liiv. Keldris esineb seisvat vett. Keldripõrandad <u>mitterahuldavas</u> seisukorras. Taaskasutus problemaatiline, pigem jätta senisele kujule keldri süvendi tagasitäite alla.                                                                                                                                                                             |
| Avatäited                                | Materjal                          | Hinnang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Välis- ja siseuksed                      | Puit/<br>lehtterasest metalluksed | Osaliselt puudu ja/ või lõhutud. Alles jäänud siseuksed niiskuskahjustustega ning pundunud. Korduskasutus avatäitena küsitav, sest alles jäänud ukSED pigem <u>halvas</u> seisukorras ja väheväärtuslikud. Taaskasutust võib piiritleda värvitud puidu raskmetallide ja halogeenorgaaniliste ühendite sisaldus.                                                                                                                                                          |
| Välis- ja siseuksed                      | Klaas                             | Klaas enamustel ustel lõhutud ja/ või puudu. Säilinud klaas koguda liigiti ning suunata jäätmeäitluse järel taaskasutusse uue klaasi tootmiseks või nt sobivusel vahtklaasi tootmiseks.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Aknad                                    | Puit                              | Puitraamid on saanud kohati niiskuskahjustusi. Seisukord pigem <u>halb</u> . Taaskasutust võib piiritleda värvitud puidu raskmetallide ja halogeenorgaaniliste ühendite sisaldus.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Aknad                                    | Klaas                             | Klaas enamustel akendel lõhutud ja/ või puudu. Säilinud klaas koguda liigiti ning suunata taaskasutusse uue klaasi tootmiseks või nt sobivusel vahtklaasi tootmiseks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Siseviimistlus ja muu                    | Materjal                          | Hinnang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Puitlaagidel laudispõrandad              | Puit                              | Osaliselt lõhutud/ demonteeritud / põlenud. Olemasolevad niiskuskahjustustega. Puitlaagide kõrgus varieerub. Visuaalsel vaatlusel varieerub <u>rahuldavas - mitterahuldavas</u> seisukorras. Värvitud põrandalaudade taaskasutust võib piiritleda raskmetallide ja halogeenorgaaniliste ühendite sisaldus, laudu võib korduskasutada nt abihoonete põrandate ehitamiseks. Laagid korduskasutatavad ehituspuiduna teiste hoonete ehitamisel või soojusenergia tootmiseks. |
| Märgade ruumide põrandad<br>Trepimademed | Keraamiline plaat                 | Suuremas osas lõhutud. <u>Mitterahuldavas</u> seisukorras. Aluspinnast eraldamine problemaatiline. Võimalik taaskasutus koos aluspinna betooniga purustatuna tagasitäiteks.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Keldriruumide vaheseinad/uksed           | Puit                              | Lõhutud ja/ või puudu. Olemasolev puit <u>mitterahuldavas</u> seisukorras. Potentsiaalne taaskasutus soojusenergia tootmiseks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inventar                                 | Malmradiaatorid                   | Demonteeritud.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inventar                                 | Santehnika                        | Demonteeritud. Hoonesse alles jäänud santehnika <u>mitterahuldavas</u> seisukorras. Potentsiaalne taaskasutus pärast                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| Tarind                                       | Materjal                  | Hinnang                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                           | purustamist tagasitäiteks või sobivusel uute ehitusmaterjalide tootmiseks                                                                                                                       |
| Trepikäsi puud                               | Teras + puit              | Demonteeritud.                                                                                                                                                                                  |
| Tehnosüsteemid (vesi, gaas, kanalisatsioon,) | Torustik, seadmed         | Demonteeritud, lõhutud, metall ära viidud. Olemasolev amortiseerinud ning <u>mitterahuldavas</u> seisukorras. Koguda liigiti ning metall on võimalik ringlusse võtta.                           |
| Elekter ja nõrkvool                          | Juhtmed, kaablid, seadmed | Juhtmed ja kaablid puudu, seadmed puudu, koridorides asuvad elektrikapid lõhutud ning amortiseerunud.                                                                                           |
| Asfaltkate                                   | Asfaltbetoon              | Asfaltkate on rahuldavas/mitterahuldavad seisukorras, esineb lohke, kuhu sademevesi koguneb. Potentsiaalne taaskasutus uue asfaltbetooni tootmiseks täitematerjalide osalise asendamise korral. |

Lisaks on hoones palju muid jäätmeid (olmeprügi, vana mööbel, lõhutud inventar jne.). Koguda liigiti ning hinnata taaskasutuse potentsiaali elemendi/materjali/töötuse/pinnakatte tasandil.

## 6. Materjalide bilanss

Hoone demonteerimistööde käigus tekkivad ehitus- ja lammutusjäätmekoodide ja jäätmeliikide alusel rühmadesse. Jäätmete bilanss leiti mahuarvutuse meetodil. Vastavalt igale reale lisati varasemalt leitud hinnangulise tekkiv kogus (Tabel 7).

Tabel 7. Demonteerimise käigus tekkivad ehitus- ja lammutusjätmete kogused jäätmekoodide ja liikide alusel

| Jäätme-kood | Jäätmeliik                                                                                         | Hinnanguline kogus | Ühik           | Tihedus (kg/m <sup>3</sup> ) | Kogus (t) |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|-----------|
| 17 01 01    | Betoonitükid kuni 0,5m                                                                             | 650                | m <sup>3</sup> | 2300                         | 1495      |
| 17 01 01    | Kivid - silikaatkivi                                                                               | 830                | m <sup>3</sup> | 1900                         | 1577      |
| 17 01 01    | Kivid - tuhaplokid                                                                                 | 150                | m <sup>3</sup> | 1250                         | 188       |
| 17 01 03    | Plaadid ja keraamikatooted                                                                         | 2                  | m <sup>3</sup> | 1000                         | 2         |
| 17 02 01    | Puit (liigiti kogutud töötlemata puit, raskmetalle ja halogeenorgaanilisi ühendeid mitte sisaldav) | 50                 | m <sup>3</sup> | 500                          | 25        |
| 17 02 04    | Puit (ohtlikke aineid sisaldav või nendega saastunud)                                              | 70                 | m <sup>3</sup> | 500                          | 35        |
| 17 02 02    | Klaas                                                                                              | 2                  | m <sup>3</sup> | 2600                         | 5,2       |
| 17 02 03    | Plastijäätmek                                                                                      | 2                  | m <sup>3</sup> | 1200                         | 2,4       |
| 17 04 07    | Metallisegud                                                                                       | 2                  | t              |                              | 2         |
| 17 01 01    | Kivid ja pinnas – paekivi                                                                          | 150                | m <sup>3</sup> | 1800                         | 270       |
| 17 09 04    | Täitešlakk ehk räbu                                                                                | 65                 | m <sup>3</sup> | 1800                         | 117       |
| 17 06 01    | Asbesti sisaldavad isolatsioonimaterjalid (torustiku isolatsioon)                                  | 8,9                | m <sup>3</sup> | 30                           | 0,267     |
| 17 06 04    | Isolatsioonimaterjalid (välisseina mineraalvatt jms)                                               | 27,1               | m <sup>3</sup> | 30                           | 0,813     |
| 17 06 05    | Eterniit või muu asbesti sisaldavad ehitusmaterjalid                                               | 5                  | m <sup>3</sup> | 2050                         | 10,25     |
| 17 09 04    | Ehitus- ja lammutusegapraht                                                                        | 90                 | m <sup>3</sup> | 1500                         | 135       |

## 6.1. Tavapärane lammutamine koos jäätmete käitlemisega

Kui hoone puhul kasutatakse tavapäraselt lammutamist ekskavaatori/hüdraulilise vasara/pendelraskuse abil, siis neljalt lammutusettevõtelt saadud info kohaselt on Keskpuiestee 43 hoone lammutamise maksumuseks ca 40 000-50 000 eurot + km. See on sama summa, mis on jäätimestaatuses olevate ehitusmaterjalide käitlemise kulud jäätmekäitluskohtades <sup>64</sup> <sup>65</sup>. Tabelis 8 esitatud maksumused ei arvesta transpordi kulu (lähimate jäätmekäitluskohtade kaugus Kiviõlist on ca 40 km).

Tabel 8. Lammutamise käigus tekkivad ehitus- ja lammutusjäätmete käitlemise kulud transporti arvestamata

| Jäätme-kood | Jäätmeliik                                                                        | Hinnangu-line kogus | Üh. | Erikaal (kg/m³) | Kogus | Üh. | Jäätme vastuvõtu hind KM-ga, €/t | Jäätme vastuvõtu maksumus, € |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----------------|-------|-----|----------------------------------|------------------------------|
| 17 01 01    | Betoonitükid kuni 0,5m                                                            | 650                 | m³  | 2300            | 1495  | t   | 6                                | 8970                         |
| 17 01 01    | Kivid - silikaatkivi                                                              | 830                 | m³  | 1900            | 1577  | t   | 6                                | 9462                         |
| 17 01 01    | Kivid - tuhaplokid                                                                | 150                 | m³  | 1250            | 188   | t   | 6                                | 1128                         |
| 17 01 03    | Plaadid ja keraamikatooted                                                        | 2                   | m³  | 1000            | 2     | t   | 32,4                             | 65                           |
| 17 02 01    | Puit (eelsorteeritud, raskmetalle ja halogeenorgaanilisi ühendeid mitte sisaldav) | 50                  | m³  | 500             | 25    | t   | 0                                | 0                            |
| 17 02 04    | Puit (ohtlikke aineid sisaldav või nendega saastunud)                             | 70                  | m³  | 500             | 35    | t   | 82,2                             | 2877                         |
| 17 02 02    | Klaas                                                                             | 2                   | m³  | 2600            | 5,2   | t   | 66                               | 343                          |
| 17 02 03    | Plastijäätmed                                                                     | 2                   | m³  | 1200            | 2,4   | t   | 82,2                             | 197                          |
| 17 04 07    | Metallisegud                                                                      | 2                   | t   |                 | 2     | t   | 0                                | 0                            |
| 17 01 01    | Kivid ja pinnas – paekivi                                                         | 150                 | m³  | 1800            | 270   | t   | 6                                | 1620                         |
| 17 09 04    | Täitešlakk ehk räbu                                                               | 65                  | m³  | 1800            | 117   | t   | 96                               | 11232                        |
| 17 06 01    | Asbesti sisaldavad isolatsioonimaterjalid (torustiku isolatsioon)                 | 8,9                 | m³  | 30              | 0,267 | t   | 96                               | 26                           |

<sup>64</sup> ATI Grupp OÜ Ehitusjäätmete vastuvõtt: <https://atigrupp.ee/>

<sup>65</sup> Lääne Viru Jäätmekeskuse hinnakiri <http://lvjk.ee/jaatmete-vastuvott/hinnakiri/>

| Jäätme-<br>kood | Jäätmeliik                                                 | Hinnangu-<br>line<br>kogus | Üh. | Erikaal<br>(kg/m³) | Kogus | Üh. | Jäätme<br>vastuvõtu<br>hind KM-<br>ga, €/t | Jäätme<br>vastuvõtu<br>maksumus,<br>€ |
|-----------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|-----|--------------------|-------|-----|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| 17 06 04        | Isolatsioonimaterjalid<br>(välisseina<br>mineraalvatt jms) | 27,1                       | m³  | 30                 | 0,813 | t   | 96                                         | 78                                    |
| 17 06 05        | Eterniit või muu<br>asbesti sisaldavad<br>ehitusmaterjalid | 5                          | m³  | 2050               | 10,25 | t   | 82,2                                       | 843                                   |
| 17 09 04        | Ehitus- ja<br>lammutussegapraht                            | 90                         | m³  | 1500               | 135   | t   | 82,2                                       | 11097                                 |
|                 |                                                            |                            |     |                    |       |     | <b>KOKKU:</b>                              | 47938                                 |

Seega tekib põhjendatud küsimus, et kuidas on võimalik sedavõrd soodsalt lammutamist pakkuda või mida tehakse lammutusjäätmetega? Lammutusfirmad on juba leidnud majanduslikult tasuvamaid viise nende realiseerimiseks (valdavalt maa-alade ja pinnase tagasitäiteks, kus peamiselt mineraalseid jäätmeid müües on neil positiivne majanduslik väärtus) ega vii purustatud betooni ega silikaatkive jäätmekeskusse (negatiivne majanduslik väärtus, s.t. nendest lahti saamiseks tuleb peale maksta). Need realiseeritakse tekkekohale võimalikult lähedal viisil, kus erilisi nõudeid täiteks kasutatavale materjalile ega tükkide suurusele ei ole. Samuti on üheks mineraalsete jäätmete väärtuse tõstmise võimaluseks nende purustamine kindla fraktsiooniga killustikuks, mille turuväärtus on võrreldes suuregabariidiliste elementidega kõrgem ning potentsiaalne kasutusvaldkond laiem.

Kahetsusväärset esineb Eesti vastutustundetuid tellijaid või lammutustööde teostajaid, kellede puhul majandusliku kasu eesmärgil antakse jäätmekäitlusettevõttele üle vaid osa tegelikust käitlemisele kuuluvast kogusest. Samuti ei saa ebapiisava järelevalve tõttu välistada olukordi, kus jäätmekäitlusega tegelevad ettevõtted teostavad nõuetekohast käitlust vaid osaliselt, s.t. jäätmeõiendil kajastatakse tegelikust väiksem kogus jäätmeid või manipuleeritakse kogustega jäätmenimistu jaotiste vahel.

## 6.2. Uued materjalid

Kasutuses olevate ehitusmaterjalide kogus on leitud mahuarvutuse meetodil. Seega on uue hoone püstitamiseks vajalike ehitusmaterjalide maksumuse leidmiseks vaja kogused korrutada uute materjalide maksumusega. Allolev Tabel 9 kajastab, kui suur on uue sarnase hoone materjalide maksumus.

Tabel 9. Uute materjalide maksumus

| Materjali nimetus             | Kogus | Ühik | Ühikuhind | Maksumus, € |
|-------------------------------|-------|------|-----------|-------------|
| R/bet. taldmik (1,2x0,4x170m) | 82    | m³   | 220       | 18040       |
| R/bet. vundament              | 160   | m³   | 220       | 35200       |
| Vahelaepaneelid, 220mm        | 2085  | m²   | 40        | 83400       |
| Monoliitne vahelagi           | 26,5  | m³   | 220       | 5830        |
| Trepielemendid                | 133,5 | m³   | 620       | 82770       |

| Materjali nimetus          | Kogus | Ühik           | Ühikuhind     | Maksumus, €    |
|----------------------------|-------|----------------|---------------|----------------|
| PVC-aknad                  | 350   | m <sup>2</sup> | 140           | 49000          |
| Aeroc Classic, 100mm       | 430   | m <sup>3</sup> | 115           | 49450          |
| Betoonmüürikivi 140mm      | 1200  | m <sup>2</sup> | 35            | 42000          |
| Betoonmüürikivi 190+90mm   | 1200  | m <sup>2</sup> | 70            | 84000          |
| Postid-pennid, 50x150mm    | 355   | jm             | 6             | 2130           |
| Müürivöö, 100x100mm        | 225   | jm             | 7             | 1575           |
| Roovitus, 50x50mm          | 2400  | jm             | 2,2           | 5280           |
| Sarikad, 100x200mm         | 555   | jm             | 18            | 9990           |
| Eterniitplaat ca. 1,2x1,7m | 440   | tk             | 10            | 4400           |
| Tuulekastilaud, 21x95mm    | 1000  | jm             | 2,3           | 2300           |
|                            |       |                | <b>KOKKU:</b> | <b>475 365</b> |

Arvutuste tulemusel selgub, et sarnase hoone nn musta karbi püstitamiseks vajalike ehitusmaterjalide maksumus on ligikaudu 480 000 eurot.

### 6.3. Hoone konserveerimine

Pärast hoone kasutuselt eemaldamist ja viimaste elanike välja kolimist tuleks võimalikult kiiresti hoone võimalusel selekteerivalt lammutada, et vältida sellega ehitises kasutatud materjalide lagunemist, hävimist ning varastamist. Kui aga hoone lammutamine ei ole kohe pärast kasutuselt eemaldamist võimalik, tuleb hoone koheselt konserveerida sellisel kujul nagu ta on pärast elanike välja kolimist. Sellega on võimalik takistada hoonesse sisenemist kõrvalistel isikutel, kelle saabumisega kaasneb tihtilugu vandaalitsemine ja vargused. Hoone konserveerimine ehk säilitamine annab hea eelduse selleks, et ka mõne aasta möödudes on hoone ehitamisel kasutatud ehitusmaterjalid heas seisus võrreldes sellega, kui jätta hoone kõrvaliste isikute ja ilmastiku meelevalda.

Hoone konserveerimist tuleb alustada sellest, et tehakse kindlaks, kas hoone katusekattes esineb mõningaid kohti, kus sademed pääsevad pööningule. Kui selliseid kohti leidub, siis tuleb need parandada. Seejärel tuleb katta ehitusplaatidega vähemalt kahe korruse aknad ja ukсед, et takistada hoonesse sissepääsu ja kaitsta aknaid/uksi vandaalitsemise eest.

## 7. Nõuded erinevatele potentsiaalselt taaskasutatavatele materjalidele

### 7.1. Tee-ehitusmaterjalide põhiomadused ja nende määramise metoodika

Lähtuvalt teedehituse täitematerjalidele esitatavatest nõuetest <sup>66 67</sup> ja taaskasutatavate materjalide parameetritest ei ole kõnealused materjalid kõikides tee-ehituse ostarvetes sobilikud. Majandus ja taristuministri määrusest nr 74 <sup>68</sup> kohaselt tuleb täitematerjalidel vastavalt kasutusotstarbele määrata ja deklareerida vähemalt järgmised omadused:

- Täitematerjal drenkihis ning kaevetööde tagasitäites katte pinnast kuni 2 meetri sügavuses kasutamisel (EVS-EN 13285 või 13242 kohane toode):
  1. terastikuline koostis – katsemeetod EVS-EN 933-1;
  2. peenosiste sisaldus – katsemeetod EVS-EN 933-1;
  3. orgaaniliste ainete olemasolu – katsemeetod EVS-EN 1744-1;
  4. radioaktiivne emissioon – katsemeetod EVS 901-1;
  5. filtratsioonimoodul – katsemeetod EVS 901-20.
  
- Muldkehas kasutatav jämetäitematerjal ja fraktsioneerimata täitematerjal (EVS-EN 13242 või 13285 kohane toode):
  1. terastikuline koostis – katsemeetod EVS-EN 933-1;
  2. peenosiste sisaldus – katsemeetod EVS-EN 933-1;
  3. veeimavus – katsemeetod EVS-EN 1097-6;
  4. külmakindlus (kui täitematerjali veeimavus WA24 > 1) – katsemeetod EVS-EN 1367-1;
  5. radioaktiivne emissioon – järgides EVS 901-1 põhimõtteid

### 7.2. Betooni täitematerjalide koostisosade klassifikatsioon

Betooni täitematerjalina kasutamisel tuleb lähtuda standardist EVS-EN 12620:2005+A1:2008 <sup>69</sup>. Üldised nõuded betooni jämetäitematerjalide koostisosadele:

1. jämetäitematerjali purunemiskindlus
2. jämetäitematerjali kulumiskindlus
3. pinnakihis kasutatavate jämetäitematerjalide poleeritavus ja lihvimiskindlus
4. terade tihedus ja veeimavus
5. puistetihedus
6. kestvus (külmakindlus, mahupüsivus)

<sup>66</sup> Majandus- ja taristuministri määrus nr 101 "Tee ehituse kvaliteedi nõuded" <https://www.riigiteataja.ee/akt/120112020003?leiaKehtiv>

<sup>67</sup> Maanteeamet "Killustikust katendikihtide ehitamise juhise juhise MA-2016-012" [https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/killustikust\\_katendikihtide\\_ehitamise\\_juhis.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/killustikust_katendikihtide_ehitamise_juhis.pdf)

<sup>68</sup> Majandus- ja taristuministri 22.09.2014. a määrus nr 74 „Tee-ehitusmaterjalide ja -toodete esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord” Lisa “Tee-ehitusmaterjalide põhiomadused ja nende määramise metoodika” <https://www.riigiteataja.ee/akt/119022019034>

<sup>69</sup> EVS-EN 12620:2005+A1:2008

**Keemilised nõuded:**

1. Kloriidid
2. Väävliühendid
  - a. Happes lahustuvad sulfaadid
  - b. Üldväävli sisaldus
  - c. Taaskasutatavate täitematerjalide vees lahustuvate sulfaatide sisaldus
3. Muud koostisosad
  - a. Koostisosad, mis muudavad betooni tardumise ja kivistumise kiirust

**Täitematerjalide kasutamine betoonis:**

1. Jäätmematerjalide purunemiskindlus
2. Külmaskindlus

**Täitematerjalides leiduva keemilise ühendi mõju betooni kestvusele:**

1. Kloriidid
2. Sulfaadid
3. Leelis-räni reaktsioon

Taaskasutatavate jämetäitematerjalide koostisosade sisaldus tuleb määrata standardi ülaltoodud nõuete kohaselt ja need tuleb deklareerida vastavalt tabelis 10 määratud kategooriatele:

Tabel 10. Taaskasutatavate jämetäitematerjalide koostisosade kategooriad <sup>69</sup>

| Koostisosa                                                                                                                                  | Sisaldus<br>massiprotsentides                              | Kategooria                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rc                                                                                                                                          | $\geq 90$<br>$\geq 80$<br>$\geq 70$<br>$\geq 50$<br>$< 50$ | <i>Rc</i> <sub>90</sub><br><i>Rc</i> <sub>80</sub><br><i>Rc</i> <sub>70</sub><br><i>Rc</i> <sub>50</sub><br><i>Rc</i> deklareeritud      |
|                                                                                                                                             | Nõue puudub                                                | <i>Rc</i> <sub>NR</sub>                                                                                                                  |
| Rc + Ru                                                                                                                                     | $\geq 95$<br>$\geq 90$<br>$\geq 70$<br>$\geq 50$<br>$< 50$ | <i>Rcu</i> <sub>95</sub><br><i>Rcu</i> <sub>90</sub><br><i>Rcu</i> <sub>70</sub><br><i>Rcu</i> <sub>50</sub><br><i>Rcu</i> deklareeritud |
|                                                                                                                                             | Nõue puudub                                                | <i>Rcu</i> <sub>NR</sub>                                                                                                                 |
| Rb                                                                                                                                          | $\leq 10$<br>$\leq 30$<br>$\leq 50$<br>$> 50$              | <i>Rb</i> <sub>10-</sub><br><i>Rb</i> <sub>30-</sub><br><i>Rb</i> <sub>50-</sub><br><i>Rb</i> deklareeritud                              |
|                                                                                                                                             | Nõue puudub                                                | <i>Rb</i> <sub>NR</sub>                                                                                                                  |
| Ra                                                                                                                                          | $\leq 1$<br>$\leq 5$<br>$\leq 10$                          | <i>Ra</i> <sub>1-</sub><br><i>Ra</i> <sub>5-</sub><br><i>Ra</i> <sub>10-</sub>                                                           |
|                                                                                                                                             |                                                            |                                                                                                                                          |
| X + Rg                                                                                                                                      | $\leq 0,5$<br>$\leq 1$<br>$\leq 2$                         | <i>XRg</i> <sub>0,5-</sub><br><i>XRg</i> <sub>1-</sub><br><i>XRg</i> <sub>2-</sub>                                                       |
|                                                                                                                                             |                                                            |                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                             | <b>Sisaldus<br/>cm<sup>3</sup>/kg</b>                      |                                                                                                                                          |
| FL                                                                                                                                          | $\leq 0,2$ <sup>a</sup><br>$\leq 2$<br>$\leq 5$            | <i>FL</i> <sub>0,2-</sub><br><i>FL</i> <sub>2-</sub><br><i>FL</i> <sub>5-</sub>                                                          |
|                                                                                                                                             |                                                            |                                                                                                                                          |
| <sup>a</sup> Kategooria $\leq 0,2$ on ette nähtud ainult eriotstarbeliste rakenduste puhuks, mis nõuavad kõrgekvaliteedilist pinnatöötlust. |                                                            |                                                                                                                                          |

Kus, vastavalt standardile prEN 933-11:

| Koostisosa | Kirjeldus                                                                                                                                   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rc         | Betoon, betoontooted, mört ( <i>mortar</i> )<br>Betoonmüürikivid                                                                            |
| Ru         | Sidumata täitematerjal, looduslik kivi<br>Hüdrauliselt seotud täitematerjal                                                                 |
| Rb         | Savist kivimaterjal (nt telliskivid ja katusekivid)<br>Silikaatmüürikivid<br>Mitteujuv poorbetoon                                           |
| Ra         | Bituumenmaterjalid                                                                                                                          |
| FL         | Mahus ujuv materjal                                                                                                                         |
| X          | Muud:<br>Kohesiivsed (nt savi ja muld)<br>Mitmesugused: metallid (raud- ja mitteraud-),<br>Mitteujuv puit, plast ja kummi<br>Kipskrohvisegu |
| Rg         | Klaas                                                                                                                                       |

Kui täitematerjali, sealhulgas betooni või mördi täitematerjali, kasutusala ohutusnõuded on olulised, nagu näiteks kandekonstruktsioonide valmistamisel, toimub täitematerjali vastavushindamine toimivuse püsivuse hindamise ja kontrollimise süsteemi 2+ kohaselt.

Nimetamata juhtudel toimub täitematerjali vastavushindamine toimivuse püsivuse hindamise ja kontrollimise süsteemi 4 kohaselt. Kuna betooni kasutatakse tüüpiliselt kandvates konstruktsioonides siis täitematerjalide vastavustõendamist 4. süsteemi järgi tavapäraselt ei teostata.

Süsteem 2+ :Tootja esitatav ehitustoote põhiomaduste toimivusdeklaratsioon järgmiste punktide alusel:

- a. tootja teostab:
  - i) tootetüübi kindlaksmääramise tüübikatsetuse (sealhulgas proovivõtt), tüübiarvutuse, tabelis esitatud väärtuste või tootekirjeldusdokumentide alusel;
  - ii) tehase tootmisohje;
  - iii) tehases võetud proovide katsetamise vastavalt kindlaksmääratud katsetamisplaanile; L 88/42 Euroopa Liidu Teataja 4.4.2011 ET
- b. teavitatud tootmisohje sertifitseerimisasutus annab välja tehase tootmisohje sertifikaadi järgmiste punktide alusel:
  - i) tootva tehase esmane ülevaatus ja tehase tootmisohje esmane ülevaatus;
  - ii) tehase tootmisohje pidev järelevalve ja hindamine

Süsteem 4 :Tootja esitatav ehitustoote põhiomaduste toimivusdeklaratsioon järgmiste punktide alusel:

- a. tootja teostab:
  - i) tootetüübi kindlaksmääramise tüübikatsetuse, tüübiarvutuse, tabelis esitatud väärtuste või tootekirjeldusdokumentide alusel;
  - ii) tehase tootmisohje;
- b. teavitatud asutusel puuduvad ülesanded.

### 7.3. Silikaatkividele esitatavad nõuded <sup>70</sup>

1. Mõõtmed ja kuju
2. Brutokuivtihedus
3. Netokuivtihedus
4. Survetugevus
5. Soojuslikud omadused (kui need on vajalikud tulenevalt kasutusotstarbest)
6. Külmaskindlus (kui kasutatakse niisketes tingimustes ning on risk külmumiseks ja sulamiseks)
7. Veeauru läbilaskvus (kui see on vajalik tulenevalt kasutusotstarbest)
8. Tuletundlikkus (kui see on vajalik tulenevalt kasutusotstarbest)
9. Veeimavus (kui see on vajalik tulenevalt kasutusotstarbest)
10. Mahukahanemine (kui see on vajalik tulenevalt kasutusotstarbest)
11. Nakketugevus (kui see on vajalik tulenevalt kasutusotstarbest)
12. Ohtlike ainete sisaldus

Standardis EVS-EN 771-2:2011+A1:2015 esitatud nõuded kehtivad uue müürikivi, mitte taaskasutatavatele kividele. Esitatu võib võtta aluseks uue rahvusliku standardi koostamisel.

### 7.4. Mõrdi täitematerjalidele esitatavad nõuded <sup>71</sup>

1. Geomeetrilised nõuded:
  - a. Täitematerjali terasuurus
  - b. Terastikuline koostis
  - c. Tera kuju
2. Füüsikalised nõuded:
  - a. Terade tihedus ja veeimavus
3. Keemilised nõuded:
  - a. Kloriidid
  - b. Väävlit sisaldavad ühendid
  - c. koostisosad, mis mõjutavad mõrdi tardumist ja kivistumise kiirust.

---

<sup>70</sup> EVS-EN 771-2:2011+A1:2015 Müürikivide spetsifikatsioon

<sup>71</sup> EVS-EN 13139:2005 Mõrdi täitematerjalid

## 8. Uuringud objektil

Uuringud objektil viidi läbi neljal päeval – 06.09.2021, 08.11.2021, 06.12.2021 ning 11.02.2022.

### 8.1. Siseõhu mikrobioloogiline reostus

#### 8.1.1. Metoodika kirjeldus

08.11.2021 teostati objektil õhus sisalduvate osakeste analüüs. Tööd objektil viidi läbi Tallinna Tehnikaülikooli emeriitprofessori Urve Kallavus (TTÜ mehaanika tööstustehnika instituut) poolt ja juhendamisel. Mõõteseadena kasutati VPC300 video osakeste loendurit, millel on sisseehitatud kaamera. Antud mõõteseadmega on võimalik mõõta õhus sisalduvate osakeste suurust, õhutemperatuuri ning suhtelist õhuniiskust. Mõõdeti osakeste kumulatiivset arvu, mis on suuremad kui 0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 ja 10µm. Mõõtmised teostati kuues asukohas: õues, keldris neljas erinevas asukohas ning keskmise trepikoja põõningul. Tulemused on toodud Tabelis 11.

#### 8.1.2. Tulemused ja järeldused

Tabel 11. Õhus olevate osakeste kumulatiivse analüüsi tulemused (TTÜ mehaanika tööstustehnika instituut)

| Mõõtetulemus<br>Mõõtmise asukoht                 | 0,3µm  | 0,5µm | 1,0µm | 2,5µm | 5,0µm | 10µm | AT(°C)* | RH(%)** | DP(°C)*** |
|--------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|---------|---------|-----------|
| Õues                                             | 9738   | 2141  | 610   | 95    | 32    | 13   | 4,4     | 73,2    | 0,3       |
| Kelder 1.<br>viimasest trepikojast paremal pool  | 139201 | 33187 | 14432 | 4576  | 2610  | 1168 | 4,2     | 89,5    | 2,7       |
| Kelder 2.<br>keskmisest trepikojast paremal pool | 102498 | 25655 | 11800 | 3742  | 2366  | 1035 | 4,4     | 87,3    | 2,6       |
| Kelder 3.<br>keskmisest trepikojast vasakul pool | 169182 | 43303 | 21165 | 7024  | 4167  | 1871 | 5,2     | 82      | 2,5       |
| Kelder 4.<br>esimest trepikojast vasakul pool    | 260163 | 63334 | 27980 | 8520  | 5048  | 2133 | 4,4     | 84,3    | 2,1       |
| Põõning 2. trepikoda                             | 27682  | 6182  | 2375  | 766   | 513   | 292  | 4,1     | 79,3    | 1         |

\* AT – ruumiõhu temperatuur (*air temperature*)

\*\* RH – ruumiõhu suhteline õhuniiskus (*relative humidity*)

\*\*\* DP – kastepunkt (*dew point*)

Suhteline õhuniiskus siseruumides (82..90%) oli kõrgem kui õues (73%). Väike õhuniiskuse vahe näitas, et ruumid olid suletud, kuid seal ei olnud lisaniiskuse allikaid.

Ruumiõhu temperatuur (4,1...5,2°C) oli välisõhu temperatuuriga ühesugune (4,4 °C), mis oli iseloomulik kaua aega kütmata hoonele.

Analüüsist lähtub, et võrreldes välistingimustega on keldrikorrusel õhus leiduvaid osakesi kohati kuni 27 korda rohkem ja seda õhku tuleb lugeda saastatuks. Kõige vähem oli osakesi põõningukorrusel, mis oli pidevas kontaktis välisõhuga.

Nii suur erinevus on peamiselt tingitud tolmuosakestest, mis tekkisid keldrikorruse sissepääsude avamisel ja puhastamisel igasugusest olme- ja ehitusprahist. Uste avamisel tekkis tugev tuuletõmme ning see levitas saasteosakesed keldrikorral laiali.

Osakeste saaste on segu erinevatest komponentidest, sealhulgas suits, tolm, kemikaalid, hallitus ja gaasid. Osakeste kontsentratsioon võib mõjutada ruumis viibivate inimeste tervist ja mugavust. Osakeste kontsentratsiooni ja suuruse hindamine võib aidata kindlaks teha, kas probleem on olemas ning leida saaste põhjustajaid.

Kuna see analüüsimoodus ei erista erinevatest allikatest pärinevaid saasteosakesi, siis on ruumi õhusakeste allika kindlakstegemiseks vaja testida õhku väljaspool ruumi. Õhutemperatuuri ja suhtelist õhuniiskust on samuti oluline arvestada, kuna kõrge õhuniiskus ja madalam temperatuur võivad põhjustada biokahjustusi.

Tuginedes analüüsi tulemustele tuleb siseõhk keldrikorral lugeda tugevalt saastatuks ning igasugusel seal viibimisel ning lammutustööde tegemisel tuleb kanda kaitseriietust ning hingamisteid kaitsvat maski alates 0,3µm osakeste tõkestamiseks.

Lisaks võeti objektil proove materjalide mikrobioloogilise reostuse määramiseks – täpsem metoodika ja tulemused on esitatud peatükis 9.2.

## 8.2. Mittepurustav katsetamine

### 8.2.1. Metoodika kirjeldus

Mittepurustavate katsete aluseks oli standard EVS-EN 12504-2:2021 <sup>72</sup>. Katsete tulemusel määrati pörkearvud, kasutades vedruvasarat. Pörkevasara mõõteseadmeks kasutati Šveitsi firma Proceq pörkevasarat Digi Schmidt 2000 mudelit ND (Joonis 6), löögi energia 2,202 N·m, mõeldud konstruktsioonelementidele paksusega 100mm ja rohkem, survetugevuse mõõtepiirkond 10 kuni 70 N/mm<sup>2</sup>.



Joonis 6. Šveitsi tootja Proceq Pörkevasar Digi-Schmidt 200

Pörkevasara tööpõhimõte on alljärgnev: vedru jõul liikuma pandud mass lööb katsetamiseks ettenähtud konstruktsiooni või katsekeha pinnaga kontaktis olevale otsikule. Katsetulemuseks on pikkusühikutes väljendatud massi tagasipörke suurus.

<sup>72</sup> EVS-EN 12504-2:2021 Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 2: Mittepurustav katsetamine. Pörkearvu määramine

Põrkevasara katseid teostati vastu Keskpuiestee 43:

- a. silikaatkivist välisseina väliskoorikut horisontaalsuunas (Foto 25)
- b. III korruse ühest õõnespaneelist vertikaalsuunas (keskmise trepikoja kõrval olevas ruumis, kust põrandakate oli osaliselt eemaldatud ja pääses õõnespaneelide betooni testima).

Tuleb märkida, et põrkevasara katse vastu silikaatkivimüüritist on eksperimentaalne, kuna põrkevasar on harilikult mõeldud normaalbetooni katsetamiseks. Silikaatkivide puhul määrati survetugevus samadel kividel, millele hiljem määrati survetugevused laboratoorselt.

Enne katset lihviti katsetatavad pinnad lihvluisuga siledaks ning vajadusel puhastati lahtisest materjalist. Põrkevasarat hoiti kindlas asendis, mille puhul otsiku löök toimus risti katsetatava pinnaga. Survet otsikule suurendati järk-järgult, kuni toimus vasara löök.

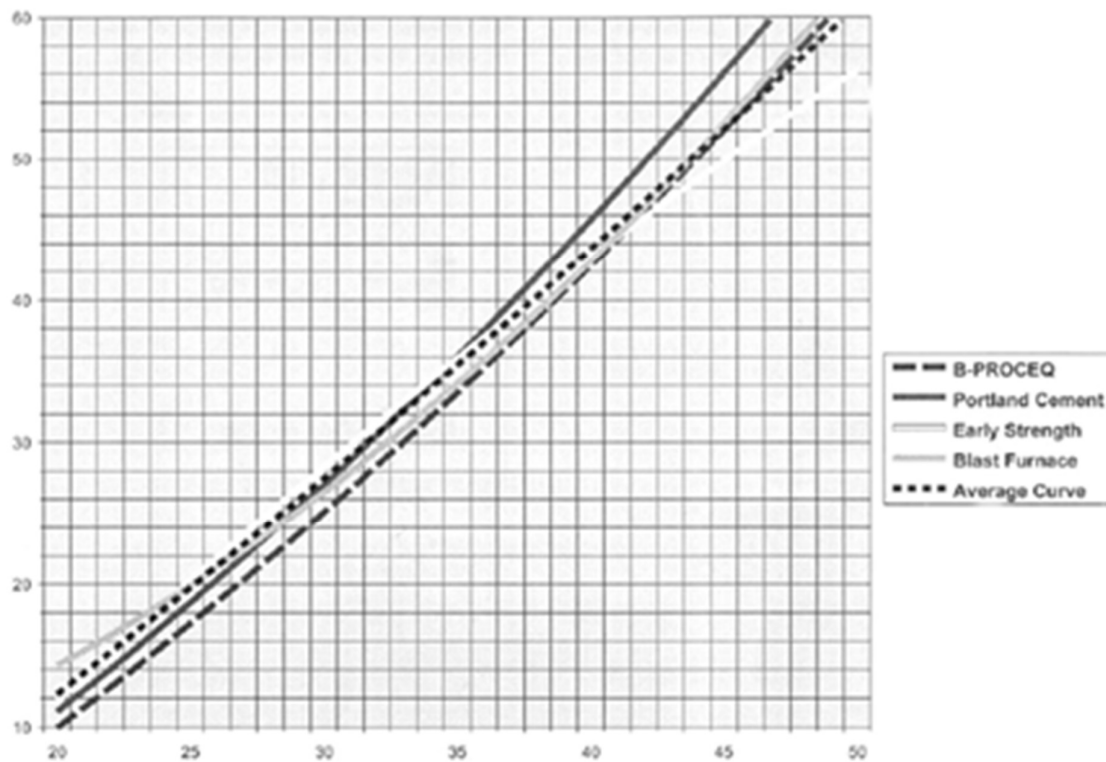
Iga katseseeria koosnes 12 löögist/lugemist (katsetatava piirkonna pörkearvu usaldusväärse hinnangu saamiseks võetakse vähemalt üheksa kehtivat lugemist), mille pörkearvud registreeriti. Löögipunktide kaugus teineteisest ja servast ei tohi olla alla 25 mm ning standardikohase tulemuse saamiseks leiti pörkearvude mediaan. Kui üle 20% lugemistest erineb mediaanist rohkem kui 25% võrra, loetakse kogu lugemite sari kehtetuks. Kasutatud seadmel Digi Schmidt 200 oli sisestatud funktsioon, mis seda automaatselt arvesse võttis. Pärast lööki uuriti iga löögi jälge ja kui löök on pinna purustanud, sattudes pinnalähedasele tühikule, siis tulemust ei arvestatud (joonis 7).



Foto 25. Mittepurustav põrkevasara katse vastu Keskpuiestee 43 silikaatkivimüüritise väliskoorikut (vasakul); uuritav silikaatkivi pind peale põrkevasara katset (paremal)

Katsepiirkonna pörkearvuks loetakse kõikide lugemite mediaani, mida vajaduse korral korrigeeritakse valmistaja juhiste kohaselt, et võtta arvesse vasara suunda. Katsepiirkonna pörkearvu teisendamisel betoonkärnide survetugevuseks kasutati teisenduskõverat B-Proceq. Antud teisenduskõver on paika

pandud enam kui 50 aasta jooksul ning näitab üsna konservatiivseid väärtusi. Kasutatud seadmel Digi Schmidt 2000 oli B-Proceq teisendusfunktsioon juba sisestatud, mille põhjal seade arvutas survetugevuse väärtuse (N/mm<sup>2</sup>).



Joonis 7. Põrkevasara Proceq Digi Schmidt 2000 teisenduskõverad. Graafiku horisontaalteljel on näidatud pörkearvude mediaan ning vertikaalteljel prognoositavad survetugevused (N/mm<sup>2</sup>). Käesolevas uuringus kasutati teisenduskõverat B-Proceq

### 8.2.2. Tulemused ja järeldused

Keskpuiestee 43 mittepurustavate katsete tulemuse on esitatud tabelites 12 ja 13.

Tabel 12. Mittepurustava katse tulemused silikaatkivimüritise väliskooriku pinnal. Katsekehade asukohad on antud peatükis 8.4.

| Katsetatav pind (silikaatkivi tähis) | Pörkearvude mediaan | Pörkearvude standardhälve | Mittepurustav survetugevus (N/mm <sup>2</sup> ) (teisendusfunktsioon B-Proceq põhjal) | Purustav survetugevus laboratooriumis (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1VP                                  | 33,0                | 2,6                       | 30,1                                                                                  | 34,1                                                       |
| 2VK                                  | 37,5                | 2,0                       | 37,9                                                                                  | 40,8                                                       |
| 3VV                                  | 34,0                | 2,8                       | 31,8                                                                                  | 47,1                                                       |
| 4VV                                  | 36,5                | 2,6                       | 36,1                                                                                  | 52,6                                                       |
| 5VK                                  | 38,0                | 1,4                       | 38,8                                                                                  | 44,1                                                       |

| Katsetatav pind<br>(silikaatkivi tähis) | Põrkearvude mediaan | Põrkearvude standardhälve | Mittepurustav survetugevus (N/mm <sup>2</sup> )<br>(teisendusfunktsioon B-Proceq põhjal) | Purustav survetugevus laboratooriumis (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 6VP                                     | 32,0                | 4,4                       | 28,4                                                                                     | 39,0                                                       |
| 7VP                                     | 33,0                | 1,3                       | 30,1                                                                                     | 33,3                                                       |
| 8VP                                     | 29,0                | 2,1                       | 23,5                                                                                     | 48,4                                                       |
| Keskmine:                               |                     |                           | <b>32,1</b>                                                                              | <b>42,4</b>                                                |

Tabel 13. Mittepurustava katse tulemused raudbetoonist õõnespaneeli ülemisel pinnal

| Katsetatav pind<br>(õõnespaneel) | Põrkearvude mediaan | Põrkearvude standardhälve | Survetugevus (N/mm <sup>2</sup> )<br>(teisendusfunktsioon B-Proceq põhjal) |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 3.k keskm.osa                    | 25,0                | 2,2                       | 17,2                                                                       |

Tabelis 12 toodud mittepurustava katse tulemused uuritud silikaatkividel näitavad selgelt, et kasutatud teisenduskõver oli võrreldes laboratoorsel purustaval katsel survetugevusega konservatiivne ehk tagavara kasuks. Keskpuiestee 43 õõnespanelidest ei õnnestunud nõuetele vastavaid katsekehasid välja puurida, mistõttu võrdlus õõnespaneelide betooni purustava survetugevusega puudub.

Mittepurustavad katsetulemused silikaattelistega ja õõnespaneeliga näitavad, et sellise vana hoone materjali survetugevuse hindamiseks seadmes kasutatavad teisenduskõverad ei toimi kahjuks väga täpselt. Vaja oleks välja töötada sobivam teisenduskõver, võttes aluseks materjalide purustava survekatse tulemused.

### 8.3. Purustav katsetamine

#### 8.3.1. Betoonkatsekehade puurimise meetodika kirjeldus

Uuringuteks sobivad betoonist katsekehad puuriti Keskpuiestee 43 keskmise trepikoja I korruse trepimademelt. Vastavalt standardile EVS-EN 12504-1:2019/AC:2020 <sup>73</sup> valiti puurimiseks välja asukoht, mis ei ohustaks kandekonstruktsiooni. Puurimiseks kasutati teemantpuurimise komplekti Hilti DD 160 ja teras-kõvasulamist puuri läbimõõduga 82 mm koos statiivi ja puurimiseks vajalike lisaseadmetega.

<sup>73</sup> EVS-EN 12504-1:2019/AC:2020 Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 1: Puursüdamikud. Võtmine, ülevatus ja survekatse



Foto 26. Teemantpuurimise komplekt Hilti fikseeritud Keskpuiestee 43 (Kiviõli) trepimademe külge (vasakul); betoonkatsekehade (kärnide) puurimine (paremal)

Enne ankru kinnitamist oli vaja asukoht välja mõõta, puurida auk kinnitusankru sügavusele, puhastada auk tolmust ning seejärel paigaldada ankur. Ankru eesmärk on hoida statiiv paigal. Ankru külge kinnitati keermelatt statiivi jäigastamiseks mutriga. Ankru ja statiivi ühildamisel reguleeriti statiiv nelja reguleerimiskruviga paralleelseks pööranda tasapinnaga, seejärel kinnitati puurimiseseade. Katsekehade väljapuurimisel kasutati ohtralt vett, et vältida puuri ülekuumenemist.

### 8.3.2. Betooni karboniseerumissügavuse mõõtmise metoodika kirjeldus

Betooni karboniseerumise mõõtmise aluseks oli standard EVS-EN 14630:2006 <sup>74</sup>. Fenoolftaleiini lahus kanti pipeti abil äsja puuritud betoonkatsekehadele peale (Foto 27). Betooni karboniseerumissügavus mõõdeti joonlauaga fenoolftaleiini värvuse muutuse kohal. Oluline oli mõõta karboniseerumissügavust ainult tsementkivi juurest (mitte jämetäitematerjali juurest). Karboniseerumissügavused mõõdeti igal katsekehal kümnest kohast, sest nagu fotolt 27 näha olid karboniseerumissügavused kohati väga varieeruvad.

<sup>74</sup> EVS-EN 14630:2006 Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Test methods - Determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method

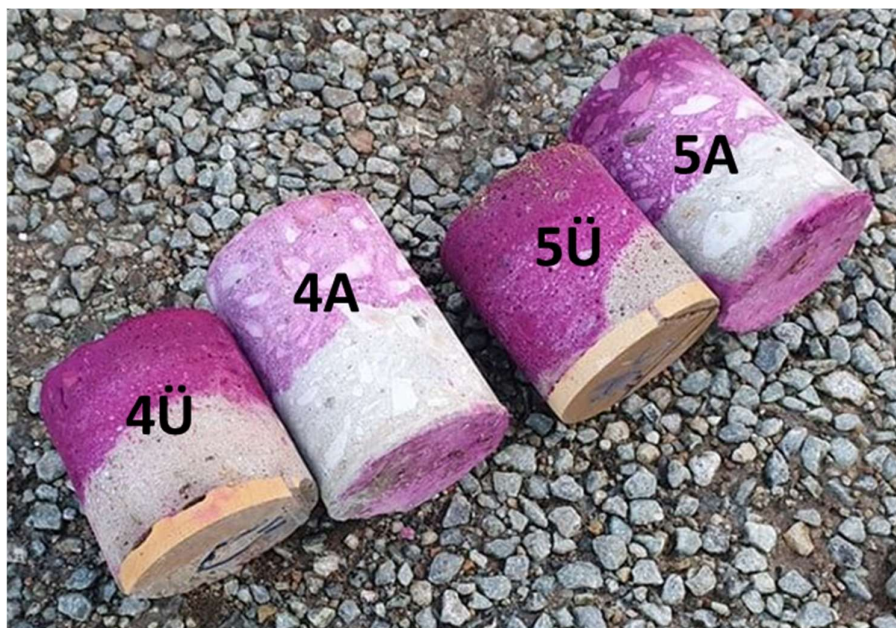


Foto 27. Fenoolftaleiiniga kaetud katsekehad (4Ü, 4A, 5Ü, 5A) karboniseerumissügavuse mõõtmiseks

Karboniseerumist mõõdeti Keskpuiestee 43 I korruse keskmise trepikoja raudbetoonmademest puuritud seitsmel betoonkatsekehal. Trepimademe ülemisest kihist puuritud katsekehad olid tähistatud vastavalt 1Ü kuni 5Ü. Kogu trepimademest läbi puuritud katsekehad koosnevad kahest kihist osast: ülemisest (katsekehad: 4Ü ja 5Ü) ja alumisest (katsekehad: 4A ja 5A), mis mõlemad on trepi vahemademe tasapinnas (Tabel 14).

### 8.3.3. Tulemused ja järeldused

Keskpuiestee 43 I korruse keskmise trepikoja raudbetoonist trepimademest puuritud katsekehade karboniseerumissügavused on toodud tabelis 14.

Tabel 14. Keskpuiestee 43 I korruse keskmise trepikoja raudbetoonist trepimademest puuritud katsekehade karboniseerumissügavused

| Katsekeha tähis             | Karboniseerumissügavus (mm) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          | Standard-hälve (±) |
|-----------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|--------------------|
|                             | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Keskmine |                    |
| 1Ü (koos ker. plaadiga 8mm) | 28                          | 25 | 35 | 27 | 30 | 28 | 24 | 23 | 27 | 30 | 27,7     | 3,47               |
| 2Ü (koos ker. plaadiga 8mm) | 27                          | 30 | 26 | 30 | 25 | 26 | 19 | 24 | 23 | 29 | 25,9     | 3,41               |
| 3Ü (koos ker. plaadiga 8mm) | 19                          | 18 | 23 | 26 | 26 | 29 | 29 | 28 | 18 | 17 | 23,3     | 4,90               |
| 4Ü (koos ker. plaadiga 8mm) | 39                          | 40 | 39 | 28 | 27 | 31 | 28 | 23 | 23 | 30 | 30,8     | 6,43               |
| 5Ü (koos ker. plaadiga 8mm) | 36                          | 32 | 21 | 12 | 17 | 27 | 25 | 26 | 35 | 37 | 26,8     | 8,40               |
| Keskmine                    |                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 26,9     | 5,95               |

| Katsekeha tähis        | Karboniseerumissügavus (mm) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |                    |
|------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|--------------------|
|                        | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | Keskmine | Standard-hälve (±) |
| 4A (avatud betoonpind) | 51                          | 45 | 46 | 46 | 47 | 44 | 49 | 51 | 45 | 44 | 46,8     | 2,66               |
| 5A (avatud betoonpind) | 47                          | 47 | 45 | 46 | 48 | 50 | 51 | 51 | 47 | 51 | 48,3     | 2,26               |
| Keskmine               |                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 47,6     | 2,52               |

Tabelis 14 toodud karboniseerumissügavused näitavad selget erinevust keraamilise plaadiga (mis mõnedel katsekehadel oli osaliselt purunenud) kaetud trepimademe ülemise osa ja katmata (nõ. puhas betoon) alumise osa vahel. Esiteks, trepimademe ülemise osa katsekehad olid keskmiselt vähem karboniseerunud (keskmine karboniseerumissügavus 26,9 mm) võrreldes avatud betoonpinnaga trepimademe alumises osas (keskmine karboniseerumissügavus 47,6 mm). Teiseks, osaliselt purunenud ja purunemata keraamilise plaadi tõttu oli karboniseerumissügavuse standardhälve trepimademe ülemises osas võrreldes avatud betoonpinnaga oluliselt suurem.

Puurkatsekehade ülevaatusel avastati, et trepimademe alumisest osast puuritud katsekeha (4A) sisaldas osaliselt armatuurterast (Foto 28). See andis võimaluse mõõta ühel katsekehal betoonist kaitsekihi paksuse: kauguse betooni pinnast armatuurterase lähima pinnani. Katsekeha 4A betoonkaitsekiht mõõdeti metalljoonlaua abil viiest kohast piki armatuuriterase serva. Lisaks sai hinnata armatuurterase seisundit korrosiooniohtlikkuse seisukohalt.



Foto 28. Armatuurterasega katsekeha 4A

Tabel 15. Keskpuiestee 43 I korruse keskmise trepikoja raudbetoonmademest puuritud katsekeha kaitsekihi paksus.

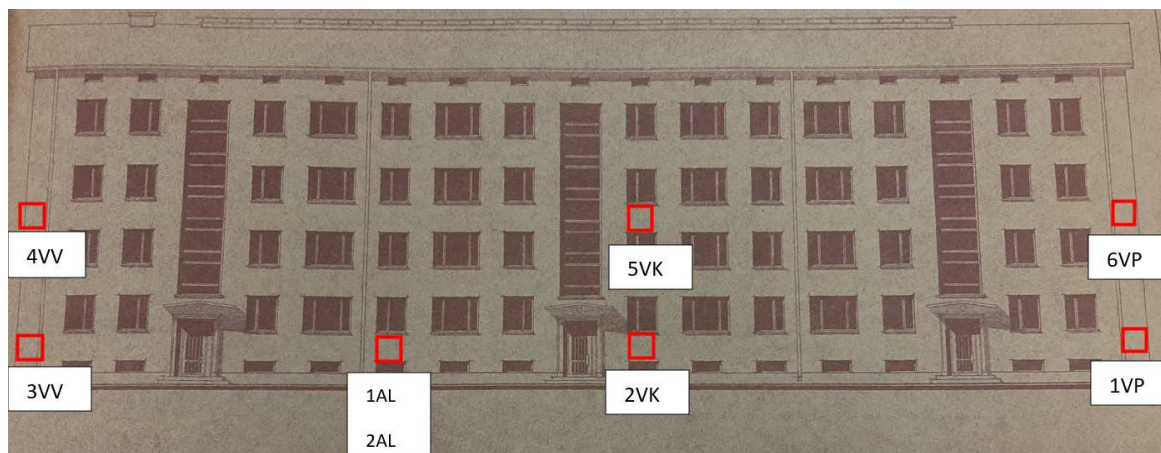
| Katsekeha tähis               | Betoonkaitsekihi paksus (mm) |    |      |    |    | Keskmine    | Standard-hälve |
|-------------------------------|------------------------------|----|------|----|----|-------------|----------------|
|                               | 1                            | 2  | 3    | 4  | 5  |             |                |
| <b>4A</b> (avatud betoonpind) | 23                           | 24 | 24,5 | 24 | 23 | <b>23,7</b> | <b>0,67</b>    |

Katsekeha 4A keskmine karboniseerumissügavus oli 46,8 mm (min. 44, max 51 mm) ja kaitsekihi paksus keskmiselt 23,7mm.

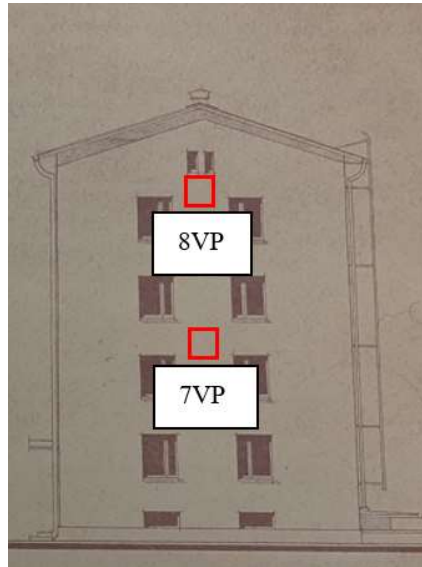
Seega on trepimademe alumise osa betoonkaitsekiht ammu läbi karboniseerunud st. karboniseerumissügavus ulatub kaitsekihist oluliselt sügavamale, kuid armatuurterasel aktiivse korrosiooni jälgi pigem ei esinenud – ilmselt seetõttu, et suhteline niiskus betoonis on aktiivseks korrosiooniks liiga madal.

#### 8.4. Silikaatkivide võtmine fassaadist

Silikaatkivide survetugevuse määramine enne kivide eemaldamist teostati samade kivide puhul, millede puhul määrati hiljem survetugevus laboratooriumis. Kivide iseloomulik valimi saamiseks võeti neid fassaadi erineva kliimakoormusega piirkondadest nii piki- kui ka otsafassaadist. Kivide võtmise asukohad on näidatud joonistel 8 ja 9.



Joonis 8. Katsekehade 1AL – 6VP võtmise kohad (idasuunaline esifassaad)



Joonis 9. Katsekehade 7VP ja 6VP võtmise kohad (põhjasuunaline otsafassaad)



Foto 29. Katsekeha 5VK võtmine objektilt (08.11.2021)

## 9. Laboratoorsed uuringud

### 9.1. Keldri õhu mikrobioloogiline saastatus

#### 9.1.1. Metoodika kirjeldus

Lisaks objektile teostatud õhus sisalduvate osakeste analüüsile määrati TTÜ Mehaanika ja tööstustehnika instituudi laboris keldri õhu mikrobioloogilist saastatus, täpsemalt hallitusseente kontsentratsioon siseõhus. Õhuproovide võtmiseks objektilt kasutati mõõteseadet Biotest Hycon RCS Air Sampler.

#### 9.1.2. Tulemused ja järeldused

Pesa moodustavate ühikute arv ühes kuupmeetris õhus (CFU/m<sup>3</sup>) on toodud Tabelis 16.

Tabel 16. Pesa moodustavate ühikute arv 1 kuupmeetris siseõhus

| <b>Tulemus</b>                                   | <b>CFU/m<sup>3</sup></b> |
|--------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Mõõtmise asukoht</b>                          |                          |
| Kelder 1.<br>viimasest trepikojast paremal pool  | 3188                     |
| Kelder 2.<br>keskmisest trepikojast paremal pool | 3613                     |
| Kelder 3.<br>keskmisest trepikojast vasakul pool | 7500                     |
| Kelder 4.<br>Esimesest trepikojast vasakul pool  | 7500                     |

Eestis ei ole normeeritud hallitusseente kontsentratsiooni siseõhus. Soome Töötervishoiu Instituudi soovituslikeks piirnormideks hallitusseentele siseõhus on:

1. Talvel 10-500 CFU/m<sup>3</sup>
2. Suvel 10-2500 CFU/m<sup>3</sup>

Kõikides proovides ületas pesa moodustavate ühikute arv kuupmeetris õhus tunduvalt soovituslikke piirnorme.

Hallitusseened on osa seeneriigist. Hoonetes esinevad tavaliselt nn. õhusaasteseened, mis satuvad sinna välisõhuga. **Kõik hallitusseened** on tervisele erineval määral kahjulikud, osa nendest põhjustavad tõsiseid haigusi. Eriti ohtlikud on hallitusseened inimestele, kes põevad mitmesuguseid immuunsüsteemi haigusi või on allergilised. Peamiseks tekkepõhjuseks on kõrge õhu ja/või materjalide niiskus. Maksimaalne välisõhuga hallitusseente saastumise aeg on hilissuvi ja soe sügisperiood. Sel perioodil hakkab niisketelt seintelt krohv maha kooruma ja selle lahtiste tükide alumisele poolele võib tekkida massiline hallitus.

Proovidest tuvastati valgusmikroskoopia meetodil valdavalt hallitusseente perekonnad:

***Aspergillus sp.***

**Levik:** Kõikjal; kosmopoliit. Umbes 200 liiki.

**Kasvupind:** Pinnas, lagunev orgaaniline materjal, kompost, viljahoidlad, ehitusmaterjalid.

**Levimise moodus:** Kuivad eosed. Tuul.

**Allergeen:** Tavaline. I tüüpi allergia - heinapalavik, astma. III tüüpi allergia – ülitundlikkuse pneumoniit. Tekitab kutsehaigust taimede ja viljaga kokkupuutuvatel inimestel.

**Patogeensus:** Hingamisaparaadi kaudu sissetungiv, naha-, kõrva-, silma väliskesta haiguste tekitaja. Eriti ohtlik immuunsuspuudulikkusega inimestele. Optimaalne kasv +37° C .

**Toksilisus:** Paljude toksiinide tootja, sealhulgas alfatoksiin!

**Kasv sisetingimustes:** Väga erinevatel materjalidel. Tarvilik õhuniiskus varieerub 70%-94%.

### ***Cladosporium sp.***

**Levik:** Kõikjal, kosmopoliit, ca 28-40 liiki, üks kõige levinumaid hallitusseeni.

**Kasvupind:** Erinevatel substraatidel: pinnas, taimelehed, lagunev orgaaniline aine ning toiduained.

**Levimise moodus:** Kuivad eosed, kergelt eralduvad. Levivad tuulega.

**Allergeen:** I tüüpi allergia – heinapalavik, nohu, astma;

III tüüpi allergia - ülitundlikkus (nn. ülitundlikkus hallitanud hoone seinte suhtes). Mõjub ärritavalt silmadele ja hingamisteedele.

**Patogeensus:** Üldjuhul ei ole.

**Toksilisus:** Kladosporiin, emodiin (keskmiselt toksilised)

**Kasv sisetingimustes:** Väga erinevate materjalide peal – tekstiil, puit, aknapaale, kivimaterjalid. Kasv algab juba 0 °C juures. Maksimaalne kasv 25 °C juures, kasv peatub üle 35 °C. Optimaalne suhteline niiskus 80%.

### ***Penicillium sp.***

**Levik:** Kõikjal; kosmopoliit. Umbes 200 liiki.

**Kasvupind:** Pinnas, lagunev orgaaniline materjal, kompost, puuviljad, diiselkütus.

**Levimise moodus:** Kuivad eosed. Tuul, putukad.

**Allergeen:** Tavaline. I tüüpi allergia - heinapalavik, astma. III tüüpi allergia – ülitundlikkuse pneumoniit. Ülitundlikkus hallitanud hoone seinte suhtes.

**Patogeensus:** Mõned liigid põhjustavad inimesel infektsiooni.

**Toksilisus:** Palju erinevaid toksiine.

**Kasv sisetingimustes:** Laialt levinud. Tavaliselt esineb majatolmus. On tüüpiline veekahjustatud hoonetele, kus kasvab tapeedil, tapeediliimil, märgadel riidematerjalidel, liigniisketel puidu- ja laastplaadi pindadel ja värvikihi taga. Tarvilik õhuniiskus min. 78-86 %.

Hallitusseente info leviku, kasvupinna jm kohta pärineb Eurofins EMLab P&K hallitusseente registrist<sup>75</sup>.

Keskpuiestee 43 hoones on tekkinud pikaajase kütmata oleku tõttu olukord, kus hallitusseente kasvu ei ole enam võimalik lihtsate võtetega peatada. Olukorda halvendab külmade ja märgade kiviseintega ruumide tuulutamine niiske välisõhuga. Seetõttu on hoonesse sattunud hallitusseente kahjustuse areng sügavalvisel ajal olnud väga kiire.

---

<sup>75</sup> Eurofins EMLab P&K hallitusseente register <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi>

Keldrikorrusel on ruumi õhk ja seal olevate materjalide pinnad ülemääraselt saastatud seente eostega. Sellise õhu sissehingamine võib põhjustada erinevaid tervisehäireid. Tähtis on siinkohal nii hallitanud õhus viibimise aeg kui ka sissehingataivate seeneeoste arv lühiajalisel viibimisel saastatud keskkonnas. Mõlemal juhul võivad tekkida individuaalsed tervisehäired. Eriti ohtlik on pikaajaline viibimine normaalsest määrast kõrgema õhusaaste tingimustes.

Keldriruumide saneerimist (puhastamist hallitusseentest) tuleb teostada enne ruumide tühjendamist seal olevatest materjalidest. Saneerimistöid peab tegema vastavat sertifikaati omav firma. Ka peale saneerimist tuleb lammutustöödel kanda kaitseriietust ja peentolmu maski. Siiski võivad eemaldatavate materjalide pinnad olla mingil määral saastatud hallitusseentega. Seetõttu tuleb eemaldatavad materjalid ladustada kuivades tingimustes, et mitte taaselustada sinna jäänud hallitusseente eoseid.

## 9.2. Objektilt võetud materjaliproovide kahjustuste analüüs

### 9.2.1. Meetodika kirjeldus

Kahjustuste uuringuks võeti proovid keldrikorruselt. Kõrgematel korrustel biokahjustusi ei esinenud, välja arvatud katuse puitkonstruktsioonis.

Biokahjustusi uuriti valgusmikroskoobis JENVAL proovide selektiivse värvimise meetodil. Faasianalüüsi teostati firma Rigaku pulberröntgendifraktomeetriga SmartLab SE, millel kasutati 1D detektorit D/teX Ultra250.

### 9.2.2. Tulemused ja järeldused

Tabel 17. Materjaliproovide kahjustuse analüüsi tulemused

|   | Proov                                                  | Asukoht | Tulemus                                                                                                                              |
|---|--------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Puitkonstruktsiooni tükk                               | Pööning | Proov ülimärg. Vana lõppenud seenkahjustus – valgemädanik ja pehmemädanik                                                            |
| 1 | Keldri põranda pinnas                                  | Kelder  | Keldri põranda pinnas on valdavalt kuiv.                                                                                             |
| 2 | Puidust vaheseinad                                     | Kelder  | Enamus vaheseinte puitmaterjali on terve. Pind on kohati kaetud lubjasegu jääkidega.                                                 |
| 3 | Puidust kasti alumine pind                             | Kelder  | Hariliku majavammi pinnaniidistik, <i>Serpula lacrymans</i> . Seeneniidistik ei olnud levinud kõrval olevatele puidust vaheseintele. |
| 4 | Puidust vaheseina pinnasega kontaktis olev alumine osa | Kelder  | Puit ei ole lagunenenud, on kaetud lubjaseguga. Pinnas on kuiv.                                                                      |
| 5 | Vineeritahvli tükk                                     | Kelder  | Pinnal on hallitusseente kolooniad ( <i>Aspergillus</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp.). Heledad plekid on lubjasegu.                  |
| 6 | Ruberoidi tükk                                         | Kelder  | Hallitusseened, peamiselt <i>Cladosporium</i> sp.                                                                                    |
| 7 | Tõrvapaber                                             | Kelder  | ID-ta seene pinnaniidistik*                                                                                                          |

|    | Proov                                   | Asukoht | Tulemus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | Silikaatkivi soolad, XRD<br>Pinnalt     | 1 VK    | <p><b>Faasianalüüs:</b></p> <p>63.6% SiO<sub>2</sub> Quartz<br/> 28.0% Ca(CO<sub>3</sub>) Calcite<br/> 6.1% NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Albite<br/> 1.3% Mg(SiO<sub>3</sub>) Magnesium Silicate<br/> 1.0% KS Potassium Sulfide<br/> 0.0% Fe<sub>3</sub>AlC<sub>0.5</sub> Iron Aluminum Carbon</p> <p><b>Elementkoostis:</b></p> <p>C 3.4% CO<sub>2</sub> 12.3%<br/> O 50.9% Excess -0.7%<br/> Na 0.5% Na<sub>2</sub>O 0.7%<br/> Mg 0.3% MgO 0.5%<br/> Al 0.6% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.2%<br/> Si 32.1% SiO<sub>2</sub> 68.6%<br/> S 0.4% SO<sub>3</sub> 1.1%<br/> K 0.5% K<sub>2</sub>O 0.6%</p> <p>Veega migreeruvaid sooli silikaatkivi pinnal ei esinenud</p> |
| 9  | Silikaatkivi soolad XRD<br>Seest        | 1VK     | <p><b>Faasianalüüs:</b></p> <p>56.8% Ca(CO<sub>3</sub>) Calcite; syn<br/> 34.9% SiO<sub>2</sub> Quartz low; syn<br/> 7.0% NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Albite<br/> 0.8% KS Potassium Sulfide<br/> 0.4% Mg<sub>2</sub>Si Magnesium Silicide</p> <p><b>Elementkoostis:</b></p> <p>C 6.8% CO<sub>2</sub> 25.0%<br/> O 49.3% Excess -1.0%<br/> Na 0.6% Na<sub>2</sub>O 0.8%<br/> Mg 0.3% MgO 0.5%<br/> Al 0.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.4%<br/> Si 18.7% SiO<sub>2</sub> 40.1%<br/> S 0.4% SO<sub>3</sub> 0.9%<br/> K 0.5% K<sub>2</sub>O 0.5%<br/> Ca 22.7% CaO 31.8%</p> <p>Veega migreeruvaid sooli silikaatkivi sees ei esinenud</p>                               |
| 10 | Torude peal olev<br>isolatsioonmaterjal | Kelder  | <p><b>Faasianalüüs:</b></p> <p>52.8% Mg<sub>3</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>) <b>Chrysotile; syn</b><br/> 24.9% Ca(CO<sub>3</sub>) Calcite; syn<br/> 9.3% AlN Aluminum Nitride<br/> 4.4% SiO<sub>2</sub> Quartz; syn<br/> 2.8% MgCl<sub>2</sub> Magnesium Chloride<br/> 1.9% FeO Wustite; syn<br/> 1.8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Phosphide Oxide</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|  | Proov | Asukoht | Tulemus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |       |         | 1.2% $\text{CaMg}_{0.94}\text{Mn}_{0.01}\text{Fe}_{0.05}(\text{CO}_3)_2$<br>Dolomite<br>1.1% $\text{CaMg}_{0.77}\text{Fe}_{0.23}(\text{CO}_3)_2$ Dolomite;<br>ferroan<br><br><b>Elementkoostis:</b><br>H 0.8% $\text{H}_2\text{O}$ 6.9%<br>C 3.3% $\text{CO}_2$ 12.0%<br>N 3.2%<br>O 44.3% Excess -6.1%<br>Mg 14.8% $\text{MgO}$ 24.6%<br>Al 6.1% $\text{Al}_2\text{O}_3$ 11.5%<br>Si 12.7% $\text{SiO}_2$ 27.2%<br>P 0.8% $\text{P}_2\text{O}_5$ 1.8%<br>Cl 2.1%<br>Ca 10.5% $\text{CaO}$ 14.6%<br>Mn 0.0% $\text{MnO}$ 0.0%<br>Fe 1.6% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 2.2%<br><br><b>Isolatsioonimaterjali põhiosa koosneb asbestist.</b> |

\* ID-ta seene pinnaniidistik – proovis esinevad seene hüüfid ja/või üksikud eosed. Puuduvad seene liiki/perekonda iseloomustavad tunnused.



Foto 30. Keldrikorruselt võetud proovid: proov 2 (üleval vasakul); proov 3 (üleval keskel); proov 4 (üleval paremal); proov 10 (all)

Pinna keldrikorruksel oli liivane ja peamiselt kuiv (proov 1). Seetõttu puitmaterjalist vaheseinte laudade alumised otsad olid minimaalselt biokahjustatud (proov 4). Valge ollus puidu pinnal (proovid 2 ja 4) oli karboniseerunud lubjalahus, millega kunagi töödeldi puitmaterjali tuletõkke eesmärgil.

Ühe eraldisesva kasti laudade peal (proov 3) kasvas puitu lagundav seen – harilik majavamm, kuid selle levik piirnes ainult kasti enda materjaliga.

Silikaatkivide (proov 8 ja 9) soolade faasianalüüs, veega migreeruvaid sooli ei tuvastanud.

Keldris kulgevatel torudel olev kate (proov 10) koosnes peamiselt asbestist. Seda leidu tuleb lugeda **kõige kõrgema riskiga** probleemiks! Selle eemaldamist peab teostama vastava kvalifikatsiooniga puhastusfirma, kes eemaldatud asbesti nõuetekohaselt käitleb.

Pööningukorrukselt võetud proov sarikast oli läbimärg ja väga tugevasti seenkahjustatud. Seene areng oli peatunud ja seeneliiki ei saanud tuvastada.

### 9.3. Hoone biokahjustuste likvideerimine

Hoone biokahjustuste likvideerimiseks tuleb jaotada hoone tsoonideks vastavalt kahjustuste iseloomule.

Tabel 18. Hoone biokahjustuste likvideerimise soovitud tsoonide kaupa

|                              | Korras<br>(ülemised korrused)                                                                                                          | Probleemne<br>(pööning, kelder)                                                                                                                                                                                     | Väga probleemne<br>(kelder)                                                                                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Olukorra kirjeldus           | Ruumis on õhk normaalne, seal esineb tavaline õhusaaste ning vaid üksikuid seeneeoseid.                                                | Ruumis on õhk saastatud suure arvu seeneeostega, mis võib tekitada seal pikemat aega viibivatele inimestele allergianähtusid, ebameeldivat enesetunnet või mõne põhihaiguse ägenemist.                              | Ruumis on õhk saastatud väga suure arvu seeneeostega, mille sissehingamine võib põhjustada tervisehäireid ka lühiajalise seal viibimise aja jooksul. |
| Soovitatud puhastustegevused | Ei ole vaja teostada sanitaarset puhastust, piisab üldpuhastusest ja lahtikoorunud seinakihtide eemaldamisest.                         | <b>VAJALIK on teostada ruumide põhjalik puhastamine ja desinfitseerimine. Puhastamise käigus tuleb seintelt eemaldada lahtine krohv ja värvikorrad. Eemaldatud materjalid on selekteeriavalt korduskasutatavad.</b> |                                                                                                                                                      |
| Muud soovitus                | Enne igasugust puhastamist tuleb sulgeda õhu liikumine korruste vahel läbi ventilatsioonišahide ja muude vahelagedesse tehtud avauste. |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                      |

Kuigi keldri õhk on tugevasti saastatud, ei ole materjalide pindadel hallituskahjustust oluliselt arenenud. Hallituse arenguks on peale sobiliku temperatuuri ja niiskuse tarvis ka sobivat alusmaterjali (substraati) toita hankimiseks. Hallitus ei kasva ka alusmaterjali liiga kõrge niiskusesisalduse juures.

**Peamine biokahjustuse probleem on selles hoones keldrikorruksel.** Ruumis on õhk saastatud suure arvu seeneeostega, mis võib tekitada seal pikemat aega viibivatele inimestele allergianähtusid, ebameeldivat enesetunnet või mõne põhihaiguse ägenemist.

**Saastatud õhu kaudu on saastatud ka seal olevate materjalide pinnad. Seda pole võimalik visuaalselt tuvastada.** Seetõttu tuleb materjalide eemaldamisel korduskasutamiseks pöörata tähelepanu nende sanitaarsele puhastamisele ja kuivades tingimustes ladustamisele.

**Väga tähtis on enne igasugust puhastamist sulgeda õhu liikumine korruste vahel läbi ventilatsioonišahtide ja muude vahelagedesse tehtud avauste.**

### 9.4. Betoonkatsekehade tihedus ja survetugevus

#### 9.4.1. Metoodika kirjeldus

Kõik seitse betoonkatsekeha (silindrit) diameetri ja kõrguse suhtega 1 või rohkem (see tähendab, et katsekehade kõrgus pidi olema vähemalt diameetri suurune) valmistati ette kasutades kiirkivinevat tsementsegu otsapindade sileduse ja tasaparalleelsuse tagamiseks. Betoonkatsekehade tiheduse

määramise aluseks oli standard EVS-EN 12390-7:2019 <sup>76</sup>. Katsekehade mõõtmised määrati nihkkaliibriga (täpsusega 0,15 mm). Katsekeha diameetrit ja kõrgust mõõdeti kolmest kohast ning arvutati ruumala. Järgnevalt fikseeriti iga katsekeha mass, kaaluga Kern EW6200-2NM (Max 6200 g, Min 1 g d=0,01 g e=0,1 g). Massi ja ruumala alusel arvutati tihedus (kg/m<sup>3</sup>).

#### 9.4.2. Tulemused ja järeldused

Betoonkatsekehade survetugevuse määramise aluseks oli standard EVS-EN 12390-3:2019 <sup>77</sup>. Keskpuiestee 43 keskmise trepikoja trepimadest puuritud betoonkatsekehade tihedused ja survetugevused on esitatud Tabelis 19.

Tabel 19. Keskpuiestee 43 keskmise trepikoja trepimadest puuritud betoonkatsekehade tihedused ja survetugevused

| Katsekeha tähis | Tihedus (kg/m <sup>3</sup> ) | Survetugevus (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1Ü              | 1993                         | 11,6                              |
| 2Ü              | 2018                         | 13,8                              |
| 3Ü              | 2006                         | 12,3                              |
| 4Ü              | 1881                         | 8,8                               |
| 5Ü              | 1960                         | 12,4                              |
| <b>Keskmine</b> | <b>1972</b>                  | <b>11,8</b>                       |
| 4A              | 2113                         | 19,3                              |
| 5A              | 2109                         | 18,4                              |
| <b>Keskmine</b> | <b>2111</b>                  | <b>18,9</b>                       |

Normaalbetooni tihedus ja survetugevus on spetsifitseeritud standardis EVS-EN 206:2014+A2:2021 <sup>78</sup>, normaalbetooni tihedus on vahemikus 2000 kuni 2600 kg/m<sup>3</sup>. Tihedusele 800 kuni 2000 g/m<sup>3</sup> vastab kergbetoon. Trepimademe ülemisest tasanduskihist puuritud betoonkatsekehade keskmine tihedus oli 1972 kg/m<sup>3</sup>, mis vastab pigem kergbetoonile. Sellise materjali keskmine survetugevus 11,8 N/mm<sup>2</sup> oli üsna madal, mis vastaks tolleaegsele margile M100. Probleeme oleks tänapäeval kasutatava isegi kõige madalama betooni klassi, C8/10, saavutamiseks, kuna ühe katsekeha (4Ü) survetugevus oli alla võrreldava standardkuubi survetugevuse, 10 N/mm<sup>2</sup>. Trepimademe alumise kihi keskmine tihedus on 2111 kg/m<sup>3</sup>, mis vastab normaalbetoonile ning keskmine survetugevus 18,9 N/mm<sup>2</sup>. Selline materjal annaks välja tolleaegse betooni survetugevuse margi M150, veidi jääb puudu järgmisest survetugevusmargist M200. Trepimademe alumise osa survetugevus vastaks üsna nõrgale kaasaja betooni survetugevusklassile, C12/15.

Üldiselt võib järeldada, et Keskpuiestee 43 trepimademet betooni survetugevusnäitajad on suhteliselt madalad. Selline survetugevus jääb oluliselt alla kaasajal monteeritavates elementides kasutatava betooni tugevusklassidele. Seega võib tekkida probleeme raudbetoonist elementide selekteeriva demontaaži käigus, kuna demonteerimisel võivad elementidesse tekkida suhteliselt kergesti praod või muud mehaanilised kahjustused. Arvestades ka trepimarsside laiust, alla üldjuhul nõutava 1,2 m, samuti nende suhteliselt väikest kogust ja demontaaži keerukust, on nende ringlussevõtt pigem küsitav.

<sup>76</sup> EVS-EN 12390-7:2019 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 7: Kivistunud betooni tihedus

<sup>77</sup> EVS-EN 12390-3:2019 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 3: Katsekehade survetugevus

<sup>78</sup> EVS-EN 206:2014+A2:2021 Betoon. Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus

## 9.5. Siseseina materjali omadused

Korteritesised seinad on laotud 80 mm ja 100 mm paksusest gaasilikaltsiit väikeplokkidest, millede tiheduseks määrati Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide laboratooriumis mõõtmise teel keskmiselt 1240 kg/m<sup>3</sup>. Proovikehad katsetati survetugevusele ning saadi täpselt 10,0 MPa, mis vastab ligikaudsele tiheduse alusel prognoositavale. Katsekehad kuivatati algse niiskuse määramiseks ning immutati maksimaalse niiskussisalduse määramise eesmärgil ning tulemuseks saadi vastavalt 3,2% ning 29% kaalu järgi. Nagu võis eeldada, sõltub antud materjali survetugevus oluliselt katsekeha niiskussisaldusest - kuivatatud katsekeha survetugevus suures 12,0 MPa-ni ning immutamine langetas seda 7,8 MPa-ni.

## 9.6. Silikaatkivide omaduste määramine

### 9.6.1. Silikaatkividest katsekehade tiheduse ja survetugevuse määramise meetodika

Keskpuiestee 43 korterelamust võeti 16 silikaatkivi katsekeha nende tiheduse ja survetugevuse määramise eesmärgil. Kõik kivid puhastati vajadusel mõrdist ja mustusest hoolikalt ilma katsekehasid kahjustamata. Katsekehade mõõtmised mõõdeti nihkkaliibriga (täpsusega 0,15 mm). Igast silikaatkivi küljest tehti kolm mõõtmist, võttes arvesse võimalikke konarusi. Kolme mõõtmise aritmeetilise keskmisena fikseeriti iga silikaatkivi pikkus, laius ja kõrgus (paksus) ning arvutati ruumala. Järgnevalt fikseeriti iga katsekeha mass, kaaluga Kern EW6200-2NM (Max 6200 g, Min 1 g d=0,01 g e=0,1 g). Massi ja ruumala alusel arvutati tihedus (kg/m<sup>3</sup>). Silikaatkivi survetugevuse määramise aluseks oli EVS-EN 772-1:2011+A1:2015<sup>79</sup>. Survetugevus määrati pressi Form-Test Mega 7-2000-100 0 (Saksamaa) vasakpoolse silindriga (max. 2000 kN) koormamisel. Koormamise käigus fikseeriti purustav jõud (max jõud (kN), mida katsekeha suutis normikohasel koormamisel vastu võtta). Katsekeha surutava osa pindala leiti eelnevate mõõtmiste alusel. Katsekehade koormamise kiirus oli 1..2 kN/s. Peale purustavat survekatset fikseeriti katsekehade purunemispilt, mis kõikidel juhtudel oli rahuldav.

### 9.6.2. Tulemused ja järeldused

Silikaatkivide tihedused ja survetugevused on toodud tabelis 20.

Tabel 20. Silikaatkivide tihedused ja survetugevused

| Katsekeha tähis | Tihedus (kg/m <sup>3</sup> ) | Survetugevus (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1AL             | 1976                         | 28,9                              |
| 2AL             | 2020                         | 35,5                              |
| 1VP             | 1961                         | 34,1                              |
| 2VK             | 1944                         | 40,8                              |
| 3VV             | 1945                         | 47,1                              |
| PÖ1             | 2016                         | 40,5                              |
| 4VV             | 2089                         | 52,6                              |
| 5VK             | 2008                         | 44,1                              |
| 6VP             | 1956                         | 39,0                              |
| 7VP             | 1925                         | 33,3                              |
| 8VP             | 1962                         | 48,4                              |
| SS-11           | 1948                         | 40,6                              |
| SS-12           | 1911                         | 34,6                              |

<sup>79</sup> EVS-EN 772-1:2011+A1:2015 Müürikivide katsemeetodid. Osa 1: Survetugevuse määramine

| Katsekeha tähis        | Tihedus (kg/m <sup>3</sup> ) | Survetugevus (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| SS-13                  | 1990                         | 48,3                              |
| SS-14                  | 1904                         | 39,5                              |
| SS-15                  | 1988                         | 49,8                              |
| <b>Keskmine</b>        | <b>1971</b>                  | <b>41</b>                         |
| Standard-hälve         | 46,9                         | 6,8                               |
| Uus kivi (AS Silikaat) | 1850...1950                  | M25 (u. 24,5 N/mm <sup>2</sup> )  |

16 silikaatkivi keskmine tihedus oli 1971 kg/m<sup>3</sup>. AS Silikaat poolt toodetud uute silikaatplokide tihedus peab olema vahemikus 1850 kuni 1950 kg/m<sup>3</sup> ning uute silikaatkivide tihedus vahemikus 1700 kuni 1900 kg/m<sup>3</sup> <sup>80</sup>. 15 silikaatkivi tihedus oli kõrgem kui 1950 kg/m<sup>3</sup> ja ühel juhul jäi tootjapoolsesse lubatud vahemikku. Järelikult vastab kõikide 16 silikaatkivi tihedus uue materjali tiheduse nõuetele. AS Silikaat poolt toodetud uute silikaatkivide survetugevuse mark peab olema M250 (aritmeetiline keskmine 250 kgf/cm<sup>2</sup>) mis on teisendatuna ligikaudu 24,5 N/mm<sup>2</sup>. Kõikide uuritud silikaatkivi katsekehade survetugevus vastas margile M250. Enamus katsekehasid vastas ka kõrgematele tugevusmarkidele (M300, M350, M400). Seega vastavad kõik uuritud silikaatkivid uue silikaatkivi survetugevuse nõuetele, enamus olles sellest oluliselt tugevamad.

#### 9.6.3. Silikaatkivide muud omadused

Silikaatkividel määrati laboratoorselt veel järgmised omadused:

- Huumuse sisaldus EN 1744-1;
- Niiskuse sisaldus;
- Veeimavus EVS-EN 771-2;
- Survetugevus immutatud olekus;
- Külmaskindlus.

#### 9.6.4. Tulemused ja järeldused

Saadud tulemused huumusele, niiskuse sisaldusele, veeimavusele ning survetugevusele immutatud olekus on toodud Tabelis 21.

Tabel 21. Silikaatkivi omadused (TTÜ Ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboratoorium)

| Omadus                        | Katsekeha |      |      |      |     |     |     | Ühik              |
|-------------------------------|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|-------------------|
|                               | SS1       | SS2  | VS1  | VS2  | 1VK | 5VK | 2AL |                   |
| Huumus                        | värvusetu |      |      |      |     |     |     | -                 |
| Niiskuse sisaldus             | 1,7       |      |      |      | 3,0 | 7,8 | 9,5 | %                 |
| Veeimavus                     | 7,5       | 8,4  | 7,8  | 8,8  |     |     |     | %                 |
| Survetugevus immutatud olekus | 53,1      | 38,1 | 59,1 | 37,2 |     |     |     | N/mm <sup>2</sup> |

<sup>80</sup> AS Silikaat silikaattoodete toimivusdeklaratsioonid <https://silikaat.ee/sertifikaadid/>

Silikaatkivide külmakindlus määrati EVS-EN 772-18 järgi hoides kive 50 tsükli vaheldumisi vees +20°C ja külmkambris -15°C. 50 külmutustsükli läbinud kivide survetugevusi võrreldi samadest kohtadest võetud silikaatkivide survetugevustega määratuna EVS-EN 772-1 kohaselt, arvutati survetugevuse langus  $R_c$ .

Tabel 22. Silikaatkivide survetugevused ja survetugevuse langus külmutus-sulatustsüklitel

| Katsekeha | Külmutus-sulatustsüklid läbinud kivide survetugevus, N/mm <sup>2</sup> |      |      |      |       | Käitlemata varuproovi survetugevus, N/mm <sup>2</sup> |      |      |      |       | $R_c$ , % |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-----------|
|           | üksikkivid                                                             |      |      |      | keskm | üksikkivid                                            |      |      |      | keskm |           |
| välissein | 46,6                                                                   | 52,9 | 56,2 | 60,4 | 54,0  | 62,1                                                  | 64,1 | 61,7 | 50,3 | 59,6  | 9,4       |
| sisesein  | 37,5                                                                   | 38,8 | 50,9 | 57,1 | 46,1  | 62,7                                                  | 45,3 | 65,4 | 53,0 | 56,6  | 18,6      |

Külmutus-sulatustsüklite läbimisel visuaalselt nähtavaid vigastusi (paisumine, pragunemine, tükide eemaldumine jm) ei esinenud, struktuur ei muutunud. Survetugevus katsete alusel esines survetugevuse langus, siseseintest võetud kivil enam kui välisseintest võetud kivil. Kuna katsetatud silikaatkivide arvuline valim oli suhteliselt väike ning tugevuste näitajad kõiguvad üsna suures ulatuses, siis ei saa üheselt väita, et külmutus-sulatustsüklite läbimine oleks põhjustanud statistiliselt olulise tugevuse vähenemise või et siseseina kivide tugevus oleks vähenenud rohkem kui välisseina kivil.

Üldiselt võib järeldada, et hoolimata silikaatkividele iseloomulikust kõrge veeimavusest ei esinenud Keskpuiestee 43 välis- ja siseseintest võetud silikaatkivide külmumisel-sulamisel visuaalselt nähtavaid vigastusi. Kõikide uuritud silikaatkivide survetugevused vastasid uue silikaatkivist täiskivi valmistamisel esitatavatele tiheduse ja survetugevuse nõuetele.

## 9.7. Silikaatkivist killustiku omadused

### 9.7.1. Metoodika kirjeldus

Silikaatkivi purustamiseks laboris kasutati lõugpurustit. Purustatud silikaatkivi sõeluti ning saadud silikaatkivikillustiku terastikuline koostis on toodud Tabelis 23.

Purustamise puhul on oluline silmas pidada, et laboris purustamine annab teise terastikulise koostise kui objektil, tulenevalt purustajate gabariitidest ja kasutatavast tehnoloogiast. Objektile kasutatakse purustamiseks üldiselt ekskavaatoritel betoonipulbristaja (nn piik) tööriista, laboris lõugpurustit. Seega on oluline edasistes uuringutes ja pilootprojektides uurida objektile kasutatava purustiga saadava nn killustiku terastikulist koostist, kuna see võib mõjutada killustiku sobilikkust erinevateks potentsiaalseteks taaskasutusteks.

Lisaks silikaatkivi purustamisel tekkiva killustiku terastikulisele koostisele määrati laboratoorselt ka killustiku:

- Puistetihendus EVS-EN 1097-3;
- Veeimavus EVS-EN 1097-6;
- LA tegur EVS-EN 1097-2;
- Külmakindlus EVS-EN 1367-1.

### 9.7.2. Tulemused ja järeldused

Tabel 23. Silikaatkivi killustiku terastiku koostis (TTÜ Ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboratoorium, EVS-EN 933-1)

| Sõela<br>ava,<br>mm | Sõela jääk, % |             |            |             |            |             |
|---------------------|---------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|                     | 8/16          |             | 4/8        |             | 0/4        |             |
|                     | Osajääk, %    | Täisjääk, % | Osajääk, % | Täisjääk, % | Osajääk, % | Täisjääk, % |
| 16                  | 0,0           | 0,0         | -          | -           | -          | -           |
| 12,5                | 17,3          | 17,3        | -          | -           | -          | -           |
| 8                   | 71,1          | 88,4        | 0,0        | 0,0         | -          | -           |
| 5,6                 | -             | 88,4        | 37,0       | 37          | -          | -           |
| 4                   | 9,9           | 98,3        | 42,7       | 79,7        | 0,0        | 0,0         |
| 2                   | -             | 98,3        | 15,2       | 94,9        | 10,4       | 10,4        |
| 1                   | -             | 98,3        | -          | 94,9        | 21,0       | 31,4        |
| 0,5                 | -             | 98,3        | -          | 94,9        | 28,9       | 60,3        |
| 0,25                | -             | 98,3        | -          | 94,9        | 19,7       | 80,0        |
| 0,125               | -             | 98,3        | -          | 94,9        | 9,7        | 89,7        |
| 0,063               | 1,5           | 99,8        | 4,2        | 99,1        | 3,9        | 93,6        |
| <0,063              | 0,2           |             | 0,9        |             | 6,4        |             |

Tabel 24 Silikaatkivi killustiku omadused (TTÜ Ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboratoorium)

| Omadus       | Fraktsioon   |      |      |       |                  | Ühik              |
|--------------|--------------|------|------|-------|------------------|-------------------|
|              | Silikaatkivi |      |      |       | Paekivikillustik |                   |
|              | 0/4          | 4/8  | 8/16 | 10/14 | 4/16             |                   |
| Puistetiheus | 1,27         | 0,9  | 0,96 |       | 1,38             | Mg/m <sup>3</sup> |
| Veeimavus    | 4,7          | 10,4 | 9,8  |       | 2,4              | %                 |
| LA tegur*    |              |      |      | 76,1  | 30               | -                 |
| Külmakindlus |              | 21,8 | 23,5 |       | 2,2              | %                 |

\*Mida suurem LA-tegur (vahemikus 0...100), seda nõrgem (kuluvam) on materjal.

Silikaatkivikillustike määratud näitajad - veeimavus, purunemiskindlus ja külmakindlus määratuna traditsiooniliste täitematerjalide katsemeetodite alusel on oluliselt halvemad kui on kehtivad nõuded betoonitööstuses ja teedehituses kasutatavatele täitematerjalidele. Seega on silikaatkivimüritiste purustamisel saadava killustiku taaskasutamise võimalused piiratud kuid nt keskmiselt koormatud ja märjana mitte külmuvas keskkonnas (nt hoone pinnasel põranda aluseks täiteks) võiks see materjal sobida kuid selles tuleb veenduda pärast materjali tihendamist selle tihendusastme või elastsusmooduli mõõtmise teel.

## 9.8. Silikaatkivi killustiku kasutus kuivsegude täitematerjalina

### 9.8.1. Katsekehade valmistamise meetodika kirjeldus

Purustatud silikaatkivimüüritisele võiks leiduda rakendus kuivsegude täitematerjalina. Täitematerjali asendamise võimalusi kuivsegudes uuriti esmaste katsetena Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide laboris. Laboris valmistati kuivsegudena kleepsegu ning betoon, kus täitematerjali (osalise) asendajana kasutati purustatud ning sõelutud silikaatkivimüüristist. Segude valmistamiseks kasutatud retseptid on toodud tabelis 25 ja 26 ning visuaal purustatud ja fraktsioonidesse sõelutud silikaatkividest Fotol 31.

Tabel 25. Kleepsegu retsept

| Koostiskomponent                    | %    | kg     |
|-------------------------------------|------|--------|
| Tsement                             | 25   | 0,75   |
| Taaskasutatud silikaatkivi fr 0-2mm | 45   | 1,35   |
| Uus liiv fr 0-2mm                   | 30   | 0,9    |
| Tardumise kiirendi                  | 0,25 | 0,0075 |
| Superplastifikaator                 | 0,02 | 0,0006 |
| Veehoidvust suurendav lisand        | 0,05 | 0,0015 |
| Kokku:                              | 100  | 3,010  |
| Vesi                                |      | 0,522  |

Tabel 26. Betoonisegu retsept

| Koostiskomponent                                | %    | kg     |
|-------------------------------------------------|------|--------|
| Tsement                                         | 25   | 1,0    |
| Taaskasutatud silikaatkivi fr 0-4mm (peentäide) | 45   | 1,8    |
| Taaskasutatud silikaatkivi fr 4-8mm (jämetäide) | 30   | 1,2    |
| Superplastifikaator                             | 0.02 | 0,0008 |
| Kokku:                                          | 100  | 4,001  |
| Vesi                                            |      | 0,785  |



Foto 31. Kuivsegude retseptides kasutatud purustatud ja fraktsioonidesse sõelutud silikaatkivi. Fraktsioon 0,2mm (vasakul üleval); fraktsioon 0-4mm (paremal üleval); fraktsioon 4-8mm (all). Jämedama fraktsiooni puhul on näha heledamad (silikaatkivi) ning tumedamad (tsementmört) tükid.

#### 9.8.2. Tulemused ja järeldused

Katsekehade tegemise käigus hinnati kuivsegu veevajadust (ehk kui palju vett kulub sama töödeldavuse saavutamiseks täitematerjali (osalisel) asendamisel taaskasutatava purustatud silikaatkiviga. Nii kleepsegu kui ka betoonisegu puhul veevajadus suurenes tänu asjaolule, et purustatud silikaatkivi veeimavus on suurem kui liival ja killustikul.

Kleepsegu vesi-kuivsegutegur oli 0,174, mis ei ole tavapärase plaatimisseguga veevajadusest (0,200-0,300) suurem. Betooni vesi-kuivsegutegur oli 0,196, mis oli tavapärase betooni veevajadusest (0,112-0,140) suurem.



Foto 32. Kleepemördi kuivsegu nakketugevuse katsekeha



Foto 33. Kleepemördi kuivsegu katsekehad (vasakul), betooni kuivsegu katsekehad (paremal)

Kivinenud kleepemördi kuivsegu katsekehadel määrati nakketugevus 7 päeva möödudes ja survetugevus 7 ja 28 päeva möödudes ning betooni kuivsegul survetugevus 7 päeva möödudes. Tulemused Tabelites 27 kuni 30.



Foto 34. Kivinenud kuivsegude katsekehad

Tabel 27. Kleepemördi kuivsegu nakketugevus 7 päeva möödudes

| Proovikeha<br>nr | Purunemispilt | Purustav jõud<br>N | Purunemispind |         |                      | Nakketugevus<br>N/mm <sup>2</sup> |          |
|------------------|---------------|--------------------|---------------|---------|----------------------|-----------------------------------|----------|
|                  |               |                    | A<br>mm       | B<br>mm | S<br>mm <sup>2</sup> | Üksik                             | Keskmine |
| 1                | Segu seest    | 2929               | 48            | 50      | 2400                 | 1,22                              | 1,38     |
| 2                |               | 3566               | 48            | 50      | 2400                 | 1,49                              |          |
| 5                |               | 3394               | 48            | 50      | 2400                 | 1,42                              |          |

Tabel 28. Kuivsegude survetugevused 7 päeva möödudes

| Jrk.<br>nr | Segu                    | Mass,<br>g |        | Survepind<br>mm |     | Maht<br>cm <sup>3</sup> | Tihedus<br>kg/m <sup>3</sup> | Purustav<br>jõud<br>kN | Survetugevus<br>N/mm <sup>2</sup> | Keskmine<br>N/mm <sup>2</sup> |
|------------|-------------------------|------------|--------|-----------------|-----|-------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|            |                         | õhus       | vees   | a               | b   |                         |                              |                        |                                   |                               |
| 1          | Kleepemördi<br>kuivsegu | 476,6      | 215,2  | 40              | 40  | 261,4                   | 1823                         | 33,0                   | 20,6                              | 19,6                          |
|            |                         |            |        | 40              | 40  |                         |                              | 33,0                   | 20,6                              |                               |
| 2          |                         | 469,2      | 212,8  | 40              | 40  | 256,4                   | 1830                         | 32,0                   | 20,0                              |                               |
|            |                         |            |        | 40              | 40  |                         |                              | 32,0                   | 20,0                              |                               |
| 3          |                         | 455,8      | 204,4  | 40              | 40  | 251,4                   | 1813                         | 29,0                   | 18,1                              |                               |
|            |                         |            |        | 40              | 40  |                         |                              | 29,0                   | 18,1                              |                               |
| 1          | Kuivsegu<br>betoon      | 2077,4     | 1078,6 | 100             | 100 | 998,8                   | 2080                         | 322,8                  | 32,3                              | 32,2                          |

Tabel 29. Kleepemördi kuivsegu survetugevused 28 päeva möödudes

| Jrk.<br>nr | Segu                    | Mass,<br>g |       | Survepind<br>mm |    | Maht<br>cm <sup>3</sup> | Tihedus<br>kg/m <sup>3</sup> | Purustav<br>jõud<br>kN | Survetugevus<br>N/mm <sup>2</sup> | Keskmine<br>N/mm <sup>2</sup> |
|------------|-------------------------|------------|-------|-----------------|----|-------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|            |                         | õhus       | vees  | a               | b  |                         |                              |                        |                                   |                               |
| 1          | Kleepemördi<br>kuivsegu | 457,2      | 201,2 | 40              | 40 | 256,0                   | 1786                         | 35                     | 21,9                              | 22,5                          |
|            |                         |            |       | 40              | 40 |                         |                              | 36                     | 22,5                              |                               |
| 2          |                         | 455,0      | 201,4 | 40              | 40 | 253,6                   | 1794                         | 36                     | 22,5                              |                               |
|            |                         |            |       | 40              | 40 |                         |                              | 36                     | 22,5                              |                               |
| 3          |                         | 466,8      | 207,0 | 40              | 40 | 259,8                   | 1797                         | 37                     | 23,1                              |                               |
|            |                         |            |       | 40              | 40 |                         |                              | 36                     | 22,5                              |                               |

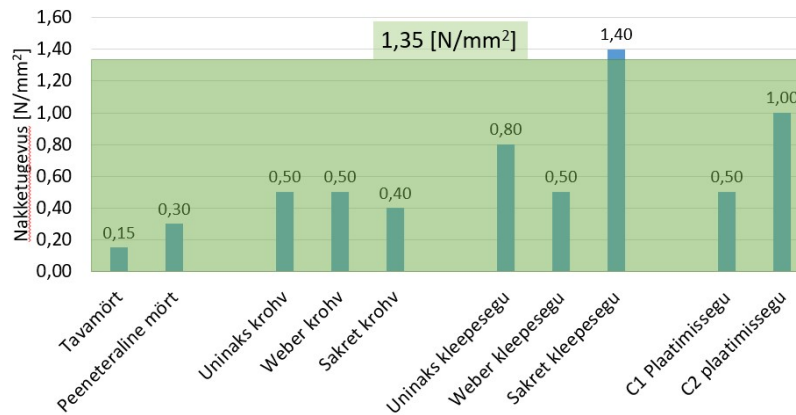


Foto 35. Kuivsegude katsetamine survele (katsekehad 7p. vanad)



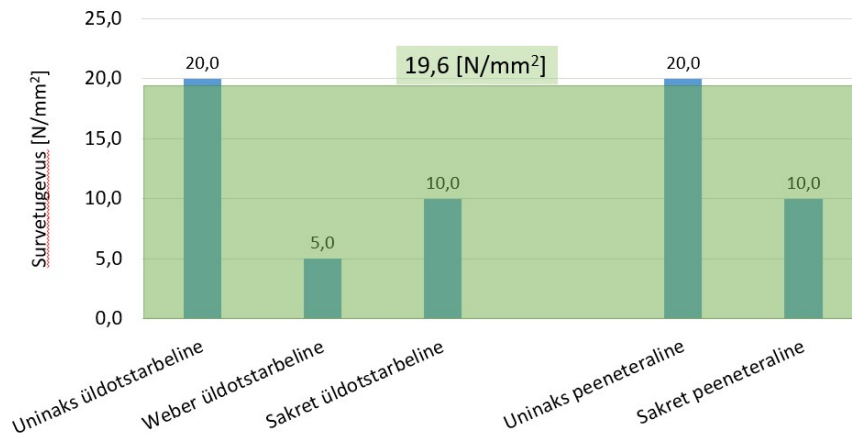
Foto 36. Betooni kuivsegust katsekeha purunemispilt

Kleepemördi kuivsegu nakketugevus 7. päeva möödudes võrrelduna teiste kleepesegu deklareeritud nakketugevustega on toodud Joonisel 10.



Joonis 10. Kleepemördi kuivsegude nakketugevused

Kleepemördi kuivsegu survetugevus 7. päeva möödudes võrrelduna teiste kleepesegu deklareeritud nakketugevustega on toodud Joonisel 11.



Joonis 11. Kleepemördi kuivsegude survetugevused

Betooni kuivsegu survetugevus andis tulemused 32,2 N/mm², mis vastab betooni klassile C25/30.

Esialgsed katsetulemused annavad aluse eeldada, et silikaatkividest koos mördi jääkidega on võimalik toota täitematerjali:

- müürimörtide valmistamiseks;
- krohvimörtide valmistamiseks;
- plaatimissegude valmistamiseks;
- kuivsegu betoonide valmistamiseks.

Täiendavate katsetega on oluline kontrollida segude külmakindlusi ja veevajadusi.

## 9.9. Silikaatkivi killustiku kasutamine betooni täitematerjali asendajana

### 9.9.1. Katsekehade valmistamise meetoodika kirjeldus

Osa laboratooriumisse toodud silikaatkividest purustati Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboris laboratoorses lõugpurustis killustikuks fraktsiooniga 4/16 mm ja 0/4 mm ning

kasutati kui uue betooni jäme- ja peentäitematerjali osalise asendajana. Betooni valmistati jäme- ja peentäite asendustega 25%, 50% ja 75%. Betoonide koostised on toodud tabelis 30 ning tehtud katsekehad kujutatud Fotol 39. Betoonide valmistamisel kasutati portlandtsementi CEM I 42,5R 320 kg/m<sup>3</sup>, paekivikillustikku fraktsiooniga 4/16 ja kvartsliaa.

Tabel 30. Valmistatud betoonide koostised

| Betooni tähis                   | Paekivikillustik<br>4/16 | Liiv | Purustatud silikaatkivist<br>killustik |          |
|---------------------------------|--------------------------|------|----------------------------------------|----------|
|                                 |                          |      | Jäme 4/16                              | Peen 0/4 |
| 1. Etalon (nr 986)              | 100%                     | 100% | -                                      | -        |
| 2. Jäme 25% (nr 987)            | 75%                      | 100% | 25%                                    | -        |
| 3. Jäme 50% (nr 988)            | 50%                      | 100% | 50%                                    | -        |
| 4. Jäme 75% (nr 989)            | 25%                      | 100% | 75%                                    | -        |
| 5. Jäme 25% + peen 25% (nr 990) | 75%                      | 75%  | 25%                                    | 25%      |
| 6. Jäme 50% + peen 50% (nr 991) | 50%                      | 50%  | 50%                                    | 50%      |
| 7. Jäme 75% + peen 75% (nr 992) | 25%                      | 25%  | 75%                                    | 75%      |

Müürikivid olid osaliselt kaetud müürimördiga, mida ei eemaldatud ja purustati koos müürikividega. Käeoleva töö autorid ei suutnud leida uurimusi, kus betooni täitematerjal oleks olnud asendatud purustatud silikaatkiviga, mistõttu võib antud uurimistööd pidada uudseks, mis annab uusi väljundeid ja tulemusi.

#### 9.9.2. Tulemused ja järeldused

Betoonid valmistati võrdse töödeldavusega ja värske betoonisegu omadused määrati EVS-EN 12350 ja kivistatud betoon katsetati EVS-EN 12390 nõuete kohaselt. Värske betooni omadused on toodud tabelis 31 ning betoonide survetugevused 28. päeval on toodud tabelis 32.

Tabel 31. Värske betoonisegu omadused

| Betooni tähis                   | Vesi/tsement<br>tegur | Värske betoonisegu           |                         |                   |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
|                                 |                       | Tihedus<br>kg/m <sup>3</sup> | Koonuse<br>vajumine, cm | Õhusisaldus,<br>% |
| 1. Etalon (nr 986)              | 0,61                  | 2440                         | 4,0                     | 2,0               |
| 2. Jäme 25% (nr 987)            | 0,63                  | 2420                         | 3,5                     | 2,5               |
| 3. Jäme 50% (nr 988)            | 0,65                  | 2360                         | 3,5                     | 2,8               |
| 4. Jäme 75% (nr 989)            | 0,66                  | 2290                         | 1,0*                    | 3,3               |
| 5. Jäme 25% + peen 25% (nr 990) | 0,65                  | 2390                         | 1,5*                    | 2,4               |
| 6. Jäme 50% + peen 50% (nr 991) | 0,69                  | 2330                         | 1,0*                    | 2,7               |
| 7. Jäme 75% + peen 75% (nr 992) | 0,81                  | 2240                         | 1,5*                    | 3,3               |

\* Visuaalselt betoonisegu võrdne 4 cm konsistentsiga seguga, aga betoonisegu sorkimisega tihendamine raskendatud ning seetõttu saadud koonus jäigem.



Foto 37. Konsistents koonuse vajumina



Foto 38. Vormitud ja tihendatud betoonisegu

Visuaalsel vaatlusel olid kõikide betoonist katsekehadel vormipind sarnane ning silikaatkillustiku kasutamine betooni välisilmes ei ole eristatav.



Foto 39. Betoonist katsekehad

Silikaatkivist purustatud killustiku kasutamine betooni täitematerjalina betooni õhusisaldust oluliselt ei mõjutanud. Betooni veevajadus suurenes lähtuvalt silikaatkillustiku suuremast veeimavusest (~10%) võrreldes paekivikillustiku veeimavusega (~2%). Betoonisegu tihedus vähenes silikaatkillustiku osakaalu suurenemisega betoonis seoses veehulga suurenemisega ja silikaatkillustiku väiksema puistetihedusega (~950 kg/m<sup>3</sup>) võrreldes paekivikillustiku puistetihedusega (~1380 kg/m<sup>3</sup>).

Betoonide survetugevused määrati 28 päeva vanuses. Betoonist katsekehi kivistati 1 ööpäev vormis ja 27 päeva vees (20±2) °C. Betoonide keskmised survetugevused, mis on saadud kolme paralleelkatsekeha keskmisena on toodud Tabelis 32.

Tabel 32. Betoonide 28 päevased survetugevused

| Betooni tähis                   | Survetugevus, N/mm <sup>2</sup> |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Etalon (nr 986)              | 50,3                            |
| 2. Jäme 25% (nr 987)            | 53,2                            |
| 3. Jäme 50% (nr 988)            | 49,5                            |
| 4. Jäme 75% (nr 989)            | 47,8                            |
| 5. Jäme 25% + peen 25% (nr 990) | 50,0                            |
| 6. Jäme 50% + peen 50% (nr 991) | 47,3                            |
| 7. Jäme 75% + peen 75% (nr 992) | 42,9                            |

Tabelist esitatud tulemustest nähtub, et silikaatkillustiku kasutamine täitematerjalina betooni tugevuslikke omadusi oluliselt ei mõjuta. Silikaatkillustikku on võimalik kasutada betooni täitematerjalina asendades traditsioonilisi betooni täitematerjale kuni 50% ulatuses. Üle 50% ei ole soovitatav asendada, kuna see toob kaasa veevajaduse tõusu ja betoonisegu jäigema struktuuri, mis toob kaasa probleemid valamisel ning tihendamisel töödeldavuse kao ja kasutatavusaja languse tõttu.



Foto 40. Fragment betoonkuubist pärast survetugevuskatset (vasakul) ning pärast külmakindluse katset (paremal).

Fotolt 40 on näha paekivikillustiku ja silikaatkivikillustiku terad. Struktuur on tihe ning terade seotus tsemendimördiga on hea.

Betoonide külmakindluste katsed teostati EVS 814:2020 kohaselt. Katsekehade külmutamine ja sulatamine toimub standardis etteantud režiimi kohaselt õhu sundtsirkulatsiooniga kliimakambris. Külmutusaineks katsetataval pinnal on 3 mm paksune destilleeritud vee kiht. Ühe külmutus-sulatustsükli kestuseks on 24 tundi. 7, 14, 28 ja 56 tsükli arvu järel määrati igal katsekehal massikadu ja arvutati murenenud materjali summaarne kogus  $\Sigma M$  (g) ning summaarne massikadu pinnaühiku kohta –  $\Sigma S$  (kg/m<sup>2</sup>). Tabelis 33 on antud kahe katsekeha keskmine massikadu pinnaühiku kohta.

Tabel 33. Betoonide külmakindlused koorumiskao meetodil EVS 814:2020 järgi

| Betooni tähis                   | Katsekeha massikadu S, pärast     |      |      |      |
|---------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|
|                                 | 7                                 | 14   | 28   | 56   |
|                                 | külmutustsükli, kg/m <sup>2</sup> |      |      |      |
| 1. Etalon (nr 986)              | 0,01                              | 0,04 | 0,10 | 0,29 |
| 2. Jäme 25% (nr 987)            | 0,01                              | 0,01 | 0,01 | 0,04 |
| 3. Jäme 50% (nr 988)            | 0,01                              | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| 4. Jäme 75% (nr 989)            | 0,01                              | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| 5. Jäme 25% + peen 25% (nr 990) | 0,01                              | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| 6. Jäme 50% + peen 50% (nr 991) | 0,01                              | 0,01 | 0,03 | 0,07 |
| 7. Jäme 75% + peen 75% (nr 992) | 0,01                              | 0,02 | 0,05 | 0,10 |

Kuigi silikaatkillustike keskmine massikadu (21,8...23,5%) külmakindluskatsel EVS-EN 1367-1 järgi oli ~10 korda suurem kui paekivikillustiku vastav omadus (2,2%), näitavad nii tervete silikaatkivide (survetugevuse võrdluse kaudu) kui ka silikaatkivikillustikust betoonide külmakindluse katsed, et betooni täitematerjalina silikaatkillustiku kasutamine betooni külmakindlust oluliselt ei halvenda. Tabelis 33 esitatud väärtusi võib võrrelda EVS 814:2020 vastavuskriteeriumitega, mis on esitatud samuti 56 tsükli järgselt väärtuste vahemikus 0,20...1,0 kg/m<sup>2</sup> (oleneb külmakindluse klassist). Sellest johtub, et kõik täitematerjalide osalise asendamisega tehtud betoonid on sobilikud mistahes külmakindluse klassiga betooni valmistamiseks, kusjuures mõnevõrra üllatuslikult esines suurim massikadu etalonbetooni puhul (tehtud tavapäraste täitematerjalidega liiv ja paekivikillustik).

Silikaatkillustikuga valmistatud betoonide esmastest katsetulemustest nähtub, et täitematerjalina osaliselt silikaatkillustikku kasutada on reaalne ja üheks väga perspektiivikaks võimaluseks silikaatkivide taaskasutamiseks. Katsekehade väikest arvu arvestades oleks siiski saadud tulemuste usaldusväärsuse tõstmiseks vajalikud tulevikus täiendavad katsed.

## 9.10. Paekivi radionukleiidide sisaldus

Keldri paekivimüüritise sisepinnalt võeti kolm paekivi proovitükki, mis jahvatati <4 mm. Paekivi radionukleiidide Cs-137, K-40, Ra-226, Th-232 määramine toimus Keskkonnaameti kliima- ja kiirgusosakonna laboratooriumis Gamma-spektromeetria IEC 1452:1995 meetodil ning erituv gammakiirgus arvutati MKMi määruse nr 49 „Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord“ §2 kohaselt. Saadud tulemus 0,2 moodustab ühe viiendiku ehitusmaterjali aktiivsuskontsentratsiooni indeksi lubatud piirväärtusest 1, vt. täpsemalt Lisa 2. Seega vastab antud hoone keldri paekivi materjal kiirgusohutuse seisukohalt ehitusmaterjalile esitatavatele nõuetele.

## 9.11. Puitmaterjalide saastatus

Keskpuiestee 43 hoonest võeti kokku 5 puidutükki (põrandalaud ja (põranda)roov ühest keskmise trepikoja lammutatud põrandaga kolmanda korruse korteri (nr 23) elutoast, siseuks ja aknalaud samuti ühest keskmise trepikoja korterist nr 25, keldriboksi puit keldrist, vt. Foto 41), mis viidi halogeenorgaaniliste ühendite ja raskmetallide sisalduste määramiseks OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Kütusekvaliteedi ja tolliteenuste osakonna laborisse. Analüüside tulemused on toodud Tabelis 34 kus on punasega märgitud EVS-EN ISO 17225-1:2021 toodud tüüpväärtusi ületavad suurused, punases ja **bold**is on märgitud suurused, mis ületavad lisaks standardi EVS-EN ISO 17225-1:2021 tüüpväärtustele ka Soome juhendmaterjal VTT-M-01931-14 toodud piirmäärasid. Halogeenorgaaniliste ühendite ja raskmetallide sisalduste piirmäärade puhul on lähtutud järgmistest allikatest:

1. EVS-EN ISO 17225-1:2021 Tahked biokütused. Kütuste spetsifikatsioonid ja klassid. Osa 1: üldnõuded <sup>81</sup>;
2. Keskkonnaministeeriumi Eesti Teadusagentuuri programmi „Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamine“ raames tellitud ja valminud uuring „Raskmetallide ja halogeenitud orgaaniliste ühendite leidumine Eesti päritolu puidus“ <sup>82</sup>;
3. Keskkonnaministri määruse eelnõu puidujäätmetest valmistatud kütusena kasutatava puiduhakke jäätteks oleku lakkamise kriteeriumid <sup>83</sup>;
4. Soome juhendmaterjal VTT-M-01931-14 „Kasutatud puidu klassifikatsiooni rakendamine praktikas“ <sup>84</sup>.

Loetelus nimetatud dokumentides toodud piirmäärade koond on nähtav Tabelis 35.

<sup>81</sup> EVS-EN ISO 17225-1:2021 Tahked biokütused. Kütuste spetsifikatsioonid ja klassid. Osa 1: üldnõuded

<sup>82</sup> „Raskmetallide ja halogeenitud orgaaniliste ühendite leidumine Eesti päritolu puidus“, 2020, 46 lk

<sup>83</sup> Keskkonnaministri määruse eelnõu puidujäätmetest valmistatud kütusena kasutatava puiduhakke jäätteks oleku lakkamise kriteeriumid

<sup>84</sup> VTT-M-01931-14 „Kasutatud puidu klassifikatsiooni rakendamine praktikas“



Foto 41. Keskpuiestee 43 hoonest võetud 5 puidutükki halogeenorgaaniliste ühendite ning raskmetallide sisalduse määramiseks

EVS-EN ISO 17225-1:2021 alusel klassifitseerub antud projekti puit kui kasutatud puit (täpsemalt ehitiste lammutamisel tekkivad puitjäätmel), mis nimetatud standardi alusel tähendab tarbijate/ühiskondlikust kasutusest pärinevad puitjäätmel; naturaalsel või vähesel määral mehhaaniliselt töödeldud puitu, mis võib olla saastunud ainult tühise koguse ainetega, mida ei leidu looduses (näiteks tõstealused, transporditoed, kastid, puidust pakendid, kaablitruumlid, ehituspuit). Täpsem klassifitseerumine on toodud Tabelis 34.

Tabel 34. Tahkete biokütuste päritolu ja allikate klassifikatsioon

| Tahkete biokütuste päritolu ja allikate klassifikatsioon |
|----------------------------------------------------------|
| 1 puitne biomass                                         |
| 1.3 kasutatud puit                                       |
| 1.3.2 keemiliselt töödeldud kasutatud puit               |
| 1.3.2.1 ilma koorteta                                    |

EVS-EN ISO 17225-1:2021 alusel kehtivad kasutatud puidule samad kriteeriumid, mis puidutööstuse kõrvalsaadustele ja jääkidele - kasutatud puit ei tohi sisaldada raskmetalle rohkem kui looduslikus puidus või puidu immutamise või kaitsekihiga katmisest halogeenseid orgaanilisi ühendeid. Soome juhendmaterjal VTT-M-01931-14 jagatakse biomassi põhised tahked kütused A, B, C ja D klassideks. Klassideks liigitamine põhineb kütteväärtusel ja kloori ning elavhõbeda sisaldusel. Klassi A kuulub töötlemata puit, klassi B halogeenorgaanilisi ja raskmetalle mittedisaldavad puidutöötlemise kõrvalproduktid ja jäätmel ning kasutatud puit, mis on saastunud tühise koguse ainetega, mida ei leidu naturaalses olukorras. Klassi C kuuluvad puidujäägid, mis sisaldavad halogeenorgaanilisi ühendeid ja raskmetalle rohkem kui naturaalne puit, kuid ei sisalda puiduimmutusaineid. Klassi D kuuluvad puiduimmutusainetega töödeldud puit, mis on ohtlik jääde.

Tabel 35. Piirväärtuste koondtabel

| Ühend                                |                  | EN ISO 17225-1<br>tüüpiline<br>väärtus <sup>81</sup> | VTT-M-01931-<br>14 piirväärtus<br><sup>84</sup> | ETA uuringu<br>piirväärtus <sup>82</sup> | KeM määruse<br>piirväärtus <sup>83</sup> | Ühik     |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| Halogeen-<br>orgaanilised<br>ühendid | Kloor (Cl)       | 0,01                                                 | ≤0,1*                                           | 0,03                                     | 0,05                                     | % (m/m)  |
|                                      | Fluor (F)        |                                                      |                                                 |                                          |                                          | % (m/m)  |
|                                      | Broom (Br)       |                                                      |                                                 |                                          |                                          | % (m/m)  |
| Raskmetallid                         | Elavhõbe (Hg)    | 0,02                                                 | ≤0,1                                            | ≤0,07                                    | 0,1                                      | mg/kg KA |
|                                      | Arseen (As)      | <0,1                                                 | ≤10                                             | ≤0,11                                    | 4                                        | mg/kg    |
|                                      | Kaadmium<br>(Cd) | 0,10                                                 | ≤1                                              | ≤0,48                                    | 1,2                                      | mg/kg    |
|                                      | Kroom (Cr)       | 1,0                                                  | ≤60                                             | ≤0,69                                    | 30                                       | mg/kg    |
|                                      | Vask (Cu)        | 2,0                                                  |                                                 | ≤16                                      | 30                                       | mg/kg    |
|                                      | Plii (Pb)        | 2,0                                                  | ≤50                                             | ≤1,79                                    | 30                                       | mg/kg    |
|                                      | Tsink (Zn)       | 10                                                   | ≤200                                            | ≤233                                     | 233                                      | mg/kg    |

\*Puukoore kloorisisaldus <0,05 p-% KA

### 9.11.1. Tulemused ja järeldused

Tulemustest nähtub, et raskmetallide sisaldus vanades puitmaterjalides võib olla suur – antud hoone puhul eelkõige tsink ja plii aga ka kroom ning kaadmium värvitud puitmaterjalide puhul. Seetõttu tuleks ka järgnevate analoogsete hoonete puhul värvitud (aga ka teiste pinnakatete ja töötlustega) puitmaterjale ohtlike ühendite suhtes uurida, kuna see võib piiritleda nende ringlussevõttu ning taaskasutamise võimalusi olenevalt edasisest käitlusviisist.

Tabel 36 Raskmetallide ja halogeenorgaaniliste ühendite sisaldus puitmaterjalides. Katseprotokollid vt. Lisa 3.

| Ühend                                |               | Katsemeetod  | Proovi märgistus |          |         |         |              | Ühik     | Omaduste normist kõrvalekallete võimalikke põhjuseid*      |
|--------------------------------------|---------------|--------------|------------------|----------|---------|---------|--------------|----------|------------------------------------------------------------|
|                                      |               |              | Põranda-laud     | Aknalaud | Siseuks | Kelder  | Põranda-roov |          |                                                            |
|                                      |               |              |                  |          |         |         |              |          |                                                            |
| Halogeen-<br>orgaanilised<br>ühendid | Kloor (Cl)    | EN15408      | 0,013            | 0,013    | 0,009   | 0,012   | 0,013        | % (m/m)  | immutuskemikaalid, plast (laminaat)                        |
|                                      | Fluor (F)     |              | <0,0015          | <0,0015  | <0,0015 | <0,0015 | 0,03         |          | immutuskemikaalid, plast (laminaat)                        |
|                                      | Broom (Br)    |              | <0,0025          | <0,0025  | <0,0025 | <0,0025 | <0,0025      |          | immutuskemikaalid                                          |
| Raskmetallid                         | Elavhõbe (Hg) | StJnrMU84-2  | 0,02             | <0,01    | 0,03    | 0,04    | 0,01         | mg/kg KA | saastumine pinnase/ liivaga (nt kelder)                    |
|                                      | Arseen (As)   | EVS-EN 15411 | <3               | <3       | <3      | <3      | <3           | mg/kg    | immutuskemikaalid                                          |
|                                      | Kaadmium (Cd) |              | <1               | 1,5      | 4,6     | <1      | <1           |          | värv                                                       |
|                                      | Kroom (Cr)    |              | 301              | <1       | 6,3     | 2       | <1           |          | immutuskemikaalid, saastumine pinnase/ liivaga (nt kelder) |
|                                      | Vask (Cu)     |              | 1,7              | 2,5      | 1,5     | 1,3     | 1,1          |          | immutuskemikaalid, saastumine pinnase/ liivaga (nt kelder) |
|                                      | Plii (Pb)     |              | 1503             | 45,5     | 181     | <1,2    | 2,6          |          | värv                                                       |
|                                      | Tsink (Zn)    |              | 1255             | 19207    | 21184   | 15,1    | 46,5         |          | värv, immutuskemikaalid                                    |

\*EVS-EN ISO 17225-1:2021 Lisa C

## 10. Selekteeriv demontaaž

### 10.1. Selekteeriva demontaaži olemus

Ehitussektor Euroopas töötab selle nimel, et ehitus- ja lammutusjätmeid maksimaalselt väärtustada ja ringlusse võtta, vähendades sellise teguviisiga ehitussektori ökoloogilist jalajälge. Ehitus- ja lammutusjätmete ümbertöötlemise ja taaskasutuse esirinnas Euroopas on Belgia, samas Saksamaa on esimene ümbertöödeldud ehitus- ja lammutusjätmete massilt – hinnanguliselt 68 miljonit tonni aastas. Terves Euroopas oli ehitus- ja lammutusjätmete taaskasutamise sihtmääraks 2020. aastaks seatud 70%, kuid reaalselt jõuti keskmiselt vaid 50% tasemele. Samas katab teisene täide (sh. purustatud ja fraktsioonidesse sõelutud betoon) hinnanguliselt vaid 12-20% kogu vajaminevast täitematerjalist isegi nendes maades, kus ehitus- ja lammutusjätmete ümbertöötlemine ja taaskasutamine ligineb 100%-le<sup>85</sup>.

Selekteeriv demontaaž ehk mõtestatud ehitiste koost lahti võtmine võimaldab materjalide või ehituselementide kõrgekvaliteedilist ringlussevõttu<sup>13</sup>. Selekteeriv demontaaž kujutab endast põhimõtteliselt tagurpidi ehitamist, kus tegevus toimub seest välja ja ülevalt alla. Selekteeriva demontaaži tulemusel eraldatakse ja sorteeritakse kõik ehitise/ hoone komponendid liigiti koha peal. Sealjuures sõltub materjalide eraldamise ulatus ehitusdetailide taaskasutamise võimalustest kohapeal ja/ või lähiümbruses, taaskasutatud materjalide kohalikust turust ning nende konkurentsivõimest võrrelduna esmaste toorainetega (kulud, kättesaadavus, kvaliteet), samuti poliitilistest aspektidest, nagu määrused, seadused ja muud regulatsioonid<sup>86</sup>.

Selekteerival demontaažil on mitmeid eeliseid traditsioonilise lammutamise ees<sup>86</sup>:

1. Jäätmekeskusse jõudvate ehitus- ja lammutusjätmete väiksem kogus;
2. Jätmete väärtustamine teisese toormena vähendades sellega vajadust esmase toorme järele;
3. tõhustatud keskkonnakaitse nii kohalikul kui globaalsel tasandil vähendades jätmete ladestamist ja uute materjalide kasutuselevõttu;
4. üldiste lammutuskulude vähenemine jäätmekäitlustasude kokkuhoiu ja teisese toorme müügist saadava tulu kaudu.

Põhjus, miks terviklikke hoone osasid ei taaskasutata ning selekteerivat demontaaži siiani laialdasemalt praktiseeritud ei ole seisneb selles, et ehitussektor ei ole täna kõige keskkonnateadlikum sektor, samuti on puudulikud teadmised tehnoloogiast, mida selekteerival demontaažil rakendada peaks. Selekteeriva demontaaži mitte eelistamise põhjusena saab välja tuua ka turumajanduse kui sellise, mis tähendab, et ehitusettevõtted ei tee jõupingutusi materjalide korduskasutuse ja ringlusse võtmiseks ilma vahetu majandusliku kasumita. Samuti on sügavalt juurdunud traditsiooniline lineaarne majandusmudel (nn. „tooda-tarbi-viska ära“ mudel). Keskkonnasõbralike jäätmekäitlusviiside populariseerimiseks peab tegema selgitustööd selgitamaks, et kuigi selekteeriv demontaaž on aeganõudvam ja kulukam ning eeldab suuremal või vähemal määral kvalifitseeritud tööjõu ja spetsiaalsete ehitusmasinate, seadmete ja tööriistade olemasolu, siis demontaaži tulemusel saadud tekkekohas liigiti kogutud jäätmed on suurema tõenäosusega ümbertöödeldavad ning taaskasutatavad (ja väärtuslikumad!) kui traditsioonilise lammutamise tulemusel tekkivad jäätmed, mis suunatakse segaprahina edasisele käitlusele.

<sup>85</sup> Sforza, M., „Recycled Construction Waste in Europe“ *Global Recycling* 22019, lk 32 <https://global-recycling.info/archives/2964>

<sup>86</sup> Pantini, S., Rigamonti, L. „Is selective demolition always a sustainable choice?“ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19307871>

Traditsioonilise lammutamise lõpphinna kujundamisel määrab suurt rolli jäätmete käitlustasu – kui tõsta liigiti kogumata ehitus- ja lammutusjäätmete käitlustasusid, siis võib nii mõnelgi juhul kaalukauss kalduda selekteeriva demontaaži kasuks.<sup>86 87</sup>

Lõpuks, kuid mitte vähem tähtsa piiranguna selekteeriva demontaaži laialdaseks praktiseerimiseks ning terviklike hoone komponentide taaskasutamiseks on arhitektuursed ja tehnilised asjaolud. Tehnilise asjaoludena esmalt see, et 50 ja enam aastat tagasi püstitatud hooned ja rajatised ei ole ehitatud selliselt, mis arvestaks nende hilisemat „lahti võtmist“, kuid problemaatilised on ka hoonete rajamiseks kasutatud komponentide omadused ja kvaliteet ning nende ühtlus/usaldusväärsus. Laialdasemat rakendamist takistavate asjaolude alla kuuluvad veel erinevad arhitektuurse disainiga seotud probleemid, näiteks vanast hoonest demonteeritavate elementide/ komponentide mõõtmed. Mõõtmed võivad mõjutada nii uue hoone planeeringut, fassaadikujundust, katusekujundust, konstruktsiooni, sisekujundust kui ka hoone spetsifikatsiooni – põhimõtteliselt kogu arhitektuurset lahendust ning selle projekteerimist.<sup>88</sup> Samas on võimalik oskusliku projekteerimisega ning mõttemallide muutmise abil võimalik leida lahendused, kus taaskasutatavate elementide mõõtmetest tulenevad piirangud ei ole suured.

Sarnaselt Lääne-Euroopale ja Põhjamaadele on ka Eestis üheks elementide korduskasutuse ja materjalide ringlussevõtu takistuseks ehitusvaldkonna tugev reguleeritus, kus ringmajanduse praktika on alles tekkimas. Piirangud, vastavushindamine ning poliitikasoovitused on käsitletud peatükkides 12 ja 13. Euroopa Liit koostöös Belgia Ehitusuuringute instituudiga (BBRI) on 2020. aasta alguses välja andnud juhendmaterjali mustandi, mis aitab identifitseerida ehitusmaterjalide taaskasutuse potentsiaali.<sup>89</sup> Juhendmaterjal on koostatud projekti raames, mille eesmärgiks on suurendada hoone osade taaskasutust ja ringlusse võtmist 50% (massist) võrra aastaks 2032.

## 10.2. Tööplaan selekteeriva demontaaži korral

### Esmase vaatlus ja objektiga tutvumine

Esmase vaatluse ja objektiga tutvumise alla kuuluvad hoone üldine konstruktsioonide ja lahendustega tutvumine ning olemasoleva info ja dokumentatsiooni kaardistamine, s.h. arhiivis olevate dokumentide tutvumine ning nende töepärasuses veendumine s.h. kontrollmõõdistus. Kõike seda tehti ka Keskpuiestee 43 hoone puhul.

Taaskasutuse potentsiaali hindamise käigus teostatakse põhjalikum, metoodiliselt süstematiseeritud hoone ülevaatus koos lihtsamate mõõtmiste, katsetuste ja avamistega, vajadusel võetakse proovikehad laboratoorsete uuringute tarvis. Toimub ehituselementide ja materjalide identifitseerimine, koguste ja tehnilise olukorra hindamine; taaskasutatavuse hindamine ning potentsiaalsed kasutuskohad (kasutatavad samas elemendina, purustatuna või uue materjalina). Taaskasutuse potentsiaali hindamine teostati ka Keskpuiestee 43 hoone puhul käesoleva uurimisprojekti raames, vt. täpsemalt raporti ülejäänud peatükid.

---

<sup>87</sup> Coelho, A., de Brito, J., „Traditional vs. Selective demolition – comparative economical analysis applied to Portugal“ (2010)

[https://www.researchgate.net/publication/283325683\\_Traditional\\_vs\\_Selective\\_Demolition\\_-\\_Comparative\\_Economic\\_Analysis\\_Applied\\_to\\_Portugal](https://www.researchgate.net/publication/283325683_Traditional_vs_Selective_Demolition_-_Comparative_Economic_Analysis_Applied_to_Portugal)

<sup>88</sup> Hradil, P., Talja, A., Wahlström, M., Huuhka, S., Lahdensivu, J., Pikkuvirta, J., „Re-use of structural elements. Environmentally efficient recovery of building components“ VTT Technology 200, 2014, 74 lk

<sup>89</sup> A guide for identifying the reuse potential of construction products  
[https://www.nweurope.eu/media/10132/en-fcrbe\\_wpt2\\_d12\\_a\\_guide\\_for\\_identifying\\_the\\_reuse\\_potential\\_of\\_construction\\_products.pdf](https://www.nweurope.eu/media/10132/en-fcrbe_wpt2_d12_a_guide_for_identifying_the_reuse_potential_of_construction_products.pdf)

## **Selekteeriva demontaaži kavandamine**

Kui ülevaade hoone olemusest, materjalidest, seisukorrast ning taaskasutuse potentsiaalidest on olemas, saab määrata lammutamise / demontaaži meetodi ning selleks vajaliku tehnika ning tööjõu vajaduse. Samuti täpsustatakse selles etapis lammutamisel tekkivate jäätmete liigiti kogumise võimalused, kogused ning nende käitlemine objektil (kus, kuhu ja kuidas ladustatakse). Antud hoone puhul on valitud peamiste ehituselementide ja materjalide (silikaatkivi müüritised ning raudbetoonist õõnespaneelid) ringlussevõtt võimalikult vähese ümbertöötlemise astmega.

## **Lammutustööd**

Lammutustööde etapi saab omakorda jagada neljaks: eeltööd, mittekandvate konstruktsioonide eemaldamine, kandvate konstruktsioonide eemaldamine, jäätmete liigiti kogumine/ käitlemine. Lammutustööde organiseerimisel lähtuda muuhulgas RT-69-11183-et juhendkaardist <sup>90</sup>, arvestades käesolevas raportis esitatud selekteeriva demontaažist tulenevaid erisusi.

- **Eeltööd**

Esmalt tuleb teostada kommunikatsioonide (elekter, vesi, kanalisatsioon, küte, ventilatsioon, jahutus jm) väljalülitamine ning tehnosüsteemide demontaaž.

Lammutustööde ajaks tuleb tagada elektri- ja veeühendus. Tegemist võib olla ajutiste ühendustega, kuid võimalusel saab kasutada ka olemasolevaid ühendusi. Nii vee- kui ka elektriühenduse olemasolu on vajalik tehnika tööks.

Eeltööde hulka kuulub veel tehnika/ seadmete/ sisseseade/ viimistlusmaterjalide (tapeet, krohv, keraamilised plaadid/ mööbli/ olmejäätmete) eemaldamine, liigiti kogumine ja jäätmekäitluskohta või otse taaskasutusse suunamine.

- **Mittekandvate konstruktsioonide eemaldamine**

Selles etapis toimub avatäidete ning mittekandvate vaheseinade demontaaž. Kõik mittekandvad ja jäikust mittetagavad konstruktsioonelemendid eemaldatakse, kogutakse liigiti ning suunatakse kas jäätmekäitluskohta või otse taaskasutusse.

- **Kandvate konstruktsioonide eemaldamine**

Selles etapis toimub kandvate konstruktsioonide demontaaž ja lammutus. Kandvate/ jäigastavate konstruktsioonide hulka kuuluvad kandvad siseseinad, välisseinad, talad/ postid, vahelaed, vundamendid, jäigastavad diafragmad jms. Kandvate konstruktsioonelementide eemaldamine toimub suunaga ülevalt alla ning kas korruste või sektsioonide kaupa, vajadusel toetatakse ajutiselt konstruktsioone (vahelaed, talad vm).

Kui lammutustöödega objektil on lõpetatud, siis toimub objektil lõplik jäätmete sorteerimine/ taaskasutusse suunamine/ käitlemine (näiteks betooni purustamine). See aga ei tähenda, et juba lammutustööde käigus jäätmeid liigiti ei kogutaks.

- **Lammutusjäätmete liigiti kogumine ehitusplatsil**

Jäätmete liigitamise ja nõuetekohase jäätmehoolduse ja -käitlemise eesmärk on keskkonna jäätmetega saastamise ära hoidmine ning säästlik loodusvaradega ümberkäimine. Ehituse

---

<sup>90</sup> RT-69-11183-et Jäätmehooldus ehituses, 12 lk

jäätmehooldusele on seadusandlusega rakendatud nõuded, mille järgi alates 2020. aastast tuleb ehitus- ja lammutusjäätmetest vähemalt 70% taaskasutada <sup>90</sup>.

Kasutuskõlblikud ja ohtlikud jäätmed tuleb koguda liigiti ning neid peab hoidma eraldi muudest jäätmetest ja pinnasest. Prügilasse lõpladestatakse vaid need materjalid, mida ei saa kas nende liigi tõttu või majanduslikel põhjustel taaskasutada. Prügilasse ei tohi vedada jäätmeid, mis sisaldavad orgaanilisi aineid nagu puit, paber, plast jne. <sup>90</sup>.

Tehniliste ja majanduslike võimaluste korral kogutakse liigiti järgmisi jäätmeid <sup>90</sup>:

1. Betoon-, tellis-, kiviplaatjäätmed
2. Keraamikajäätmed
3. Kipsipõhised jäätmed
4. Mitteimmutatud (s.h. töötlemata) puitjäätmed
5. Metalljäätmed
6. Klaasjäätmed
7. Plastjäätmed
8. Paber- ja kartongjäätmed
9. Muld- ja kivistjäätmed.

Tuleb teostada ohtlike ja põlemisohtlike materjalide identifitseerimine, eemaldamine ja nõuetekohane käitlemine. Ohtlikud jäätmed tuleb alati hoida teistest jäätmetest ja materjalidest eraldi. Enne 1990. aastaid ehitatud objektidel on peamiselt toruisolatsioonides ja tuletõkkeplaatides kasutatud asbesti. Lisaks võib asbesti leiduda näiteks põrandaplaatides, ventilatsioonikanalites, lae-, seina- ja lauaplaatides, akna- ja lillelaudades, vee- ja kanalisatsioonitorude isolatsioonis ning kahelkivide kinnitismördis <sup>90</sup>.

Ohtlikeks jäätmeteks on <sup>90</sup>:

1. Tervise- ja keskkonnohtlikud kemikaalid – värv, lakk, liim, lahustid ning nende pakendid
2. Tühjad ja poolikud aerosoolpudelid
3. Immutatud puit
4. Elavhõbedalambid ja -patareid
5. Masinaõli ja muud õlised jäätmed
6. Asbestijäätmed
7. Kivisööpigi ehk kreosoot vundamendi ja põrandatarinditest
8. Pliimennik ja teised raskemetallisisaldusega värvijäätmed
9. Isolatsioonimaterjalide ja tihendusmastiksiste kahjulikud jäätmed ja nendega saastatud materjal
10. Vanad elektri- ja elektroonikaseadmed ning nende kahjulikud komponendid (halogeenlambid, elavhõbedalülitid, kondensaatorid, patareid, akud)

Viidatud juhendkaardi (RT-69-11183-et Jäätmehooldus ehituses) <sup>90</sup> uuendamisel tulevikus tuleks tuua enam sisse selekteerivat demontaaži, värskendada liigiti kogumise põhimõtteid ning lisada täiendavaid alajaotusi, eelkõige seoses puitmaterjalide ning ohtlike jäätmetega (töötlemata, immutatud, sügavimmutatud, erineva pinnakattega jms).

Antud hoone puhul on peamisteks ohtlikeks jäätmeteks katuse eterniit ning teatud torustike soojusisolatsioon.

### 10.3. Selekteeriv demontaaž hoone osade kaupa

Selekteeriva demontaaži lammutustööd viiakse analoogselt tavapärase lammutamisega läbi suunaga ülevalt alla ja seest välja. Lammutamine toimub üldjuhul ehitamise pöördjärjekorras ning lammutatakse võimalusel korrus korruse haaval.

#### Katus

Eterniit eemaldatakse ning tõstetakse maapinnale tervete plaatidena, proovides vältida mistahes viisil plaatide vigastamist või purunemist. Tuleb järgida asbestitöödele esitatavaid töötervishoiu ja -ohutuse nõudeid. Pärast eterniidi eemaldamist saab demonteerida katusekonstruktsiooni, mille moodustavad roovitis, sarikad ja toolvärk. Puit sorteeritakse ja ladustatakse.

#### Vahelaepaneel

Vahelaepaneelide demonteerimine algab pikivuukide lõikamisega, ohutuse tagamiseks ei tohi inimesed viibida paneelide all. Kõik pikivuugid lõigatakse lahti ühe lõikega, otsavuuke (pärast paneeli otsa kohal olevat seina eemaldamist) tõenäoliselt lõigata tarvis ei ole (täpsustub). Paneelide demonteerimine algab otsaseinast, kus esimesse paneeli puuritakse 4 auku. Samuti võib kasutada linttroppide. Linttroppidega servast tõstmisel tuleks kasutada standardseid troppidega sobitatavaid nurgakaitseid, et vältida troppide vigastamist teravate servade poolt. Pikemate paneelide linttroppidega tõstmiseks tuleks kasutada samuti traaversit, et tropid jääks tõstes täisnurga alla ja ei hakkaks libisema. Pärast esimese paneeli eemaldamist saab järgmiste paneelide tõstmiseks kasutada 3 tonnise kandevõimega tõstharki, vt. joonis 12.



Joonis 12. Tõsthark<sup>91</sup>

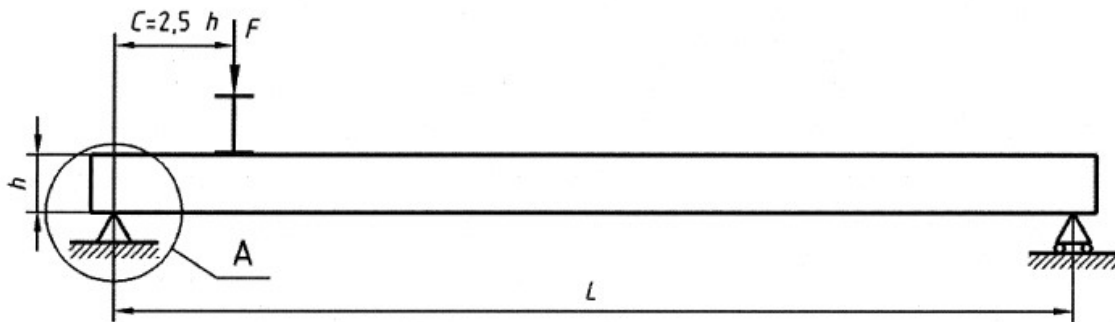
#### Õõnespaneelide kandevõime

Uuringu esmased visuaalsel vaatlusel ning põhinevad tulemused osutavad, et kuni 90% hoone vahelaepaneelidest võiks olla võimalik samal otstarbel korduskasutada, 10% seisukord on mitterahuldav. Paneelide taaskasutus eeldab kandevõime tõendamist. Usaldusväärse projektdokumentatsiooni olemasolu ja tõendatud kvaliteetse tootmisohje sertifikaatide korral ei ole paneelide korduskasutus probleem, piisaks teatud piiratud arvu valitud paneelide purustavast katsetamisest. Käesoleva hoone kohta ehituskonstruktioonilise osa projektdokumentatsiooni

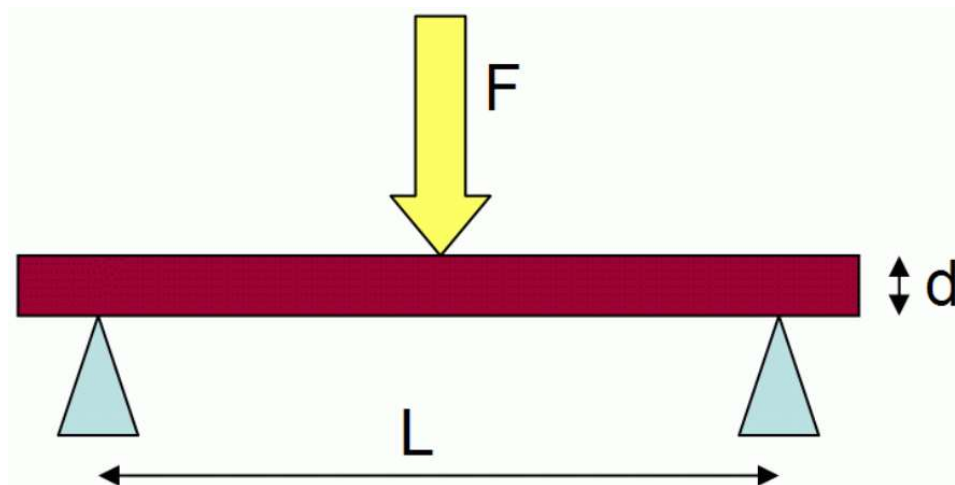
<sup>91</sup> <https://www.mazam.eu/tooted/tostehark-tostekahvel/>

joonised puuduvad ning ei ole teada õõnespaneelide marki ega projektikohast lubatud koormust. Lisaks on Nõukogude Liidu aegsete hoonete rekonstrueerimisel avastatud üksikuid puuduliku kandevõimega praakdetalle, mis näitab, et selle ajastu tootmiskvaliteeti ei saa pidada piisavaks.

Õõnespaneelidele kandevõime tõendamise üheks võimalikuks lahenduseks antud olukorras oleks piiratud arvu tüüpsete paneelide katsetamine kuni purunemiseni (Joonis 13) ja ülejäänud taaskasutusse minevate täpselt samasuguste paneelide mittepurustav kolme punkti paindekatse („*proof load testing*“, Joonis 14) peale paneeli demontaaži. Purustava katsetega saame määrata põikjõu kandevõime vastavalt standardi EVS-EN 1168:2006<sup>92</sup> kohase katsega ja paindekandevõime selleks otstarbeks välja töötatud kolme punkti paindekatsega. Kumbagi katsetust tuleks teha vähemalt kolm korda. Purustatud paneelide armeeringu saab määrata ning tuleb teostada paralleelselt õõnespaneeli teoreetilised kandevõime ning läbipainde arvutused. Kolme punkti paindekatse on lihtsaim praktikas levinud paindekatse, teades katsetulemusi saame teisendada kandevõime taaskasutusolukorra jaotatud ehk lauskoormusele (tegelikkuses mõjub paneelile lauskoormus omakaalu, pealisvalu ning kasuskoormuse näol). Paindekatsel saab kokkuleppel Tallinna Tehnikaülikooli Ehituskonstruksioonide katselaboratooriumiga tasu eest kasutada spetsiaalset katseraami, kus on võimalik koormus rakendada tungraua abil.



Joonis 13. Õõnespaneeli standardi EVS-EN 1168:2006 kohane põikjõu katse. Toele lähedal olev koormus põhjustab purunemise põikjõule<sup>92</sup>



Joonis 14. Kolme punkti paindekatse skeem: mõjuv koormus F (kollane), katsetatav paneel sildega L (punane), paneeli toetuskohad (helesinine), paneeli paksus d<sup>93</sup>

<sup>92</sup> EVS-EN 1168:2006 + A3:2011 Betoonvalmistooted. Õõnespaneelid

<sup>93</sup> Flexural strength [https://www.wikiwand.com/en/Flexural\\_strength](https://www.wikiwand.com/en/Flexural_strength)



Foto 42. Tallinna Tehnikaülikooli Ehituskonstruksioonide katselaboratooriumi mobiilne raam, mis on üheks võimaluseks paneelide kandevõime testimiseks Keskpuiestee 43 objektil

Hilisemalt tehtav mittepurustav taaskasutusse võetavate paneelide proovikoormamine tuleb teha täpselt purustava meetodi paindekats analoogina (katse teostada paneelide demontaaži järgselt välitingimustes maapinnal, rajades selleks piisava kandevõimega tihendatud aluse). Inglisekeelses kirjanduses termini „*proof load test*“ all mõeldakse olemasoleva konstruktsiooni koormuskatset selliselt, et me ei tekitaks konstruktsioonile vigastusi. Maksimaalne koormus on tavaliselt kasutuspiiriseisundi koormus (EVS-EN 1991-1-1<sup>94</sup> eluruumide normatiivne kasuskoormus  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , põranda betoonist pealevalu  $80 \text{ mm}$   $2,0 \text{ kN/m}^2$ ). Paneeli koormatakse järk-järgult koormust lisades kuni maksimaalse koormuseni. Maksimaalne koormus võiks mõjuda 15 minutit. Koormuskatse käigus mõõdetakse iga koormuse juures läbivajumid. Tuleb arvestada, et katse tõestab konstruktsiooni minimaalse kandevõime samaväärsust rakendatud koormusega. See katse ei anna vastust konstruktsiooni tegelikule tugevusele ja kandevõime varule. Katsetulemused on aluseks kandevõime edasistele arvutustele ja tõenäosuslikule analüüsile. Koormuse/vajumi graafikut saab võrrelda purustava katse sama graafikuga. Graafikute ühtimine lubab eeldada ainult kasutuspiiriseisundis koormatud paneelile purustava koormusega katsetatud paneelile samaväärset kandevõimet. Veendudes paindekandevõimes ja pikiarmatuuri olemasolus, saame leida tagatud põikjõukandevõime arvestamata põikarmeeringut. Vajadusel saab põikjõu kandevõimet taaskasutuse olukorras tõsta (õõnde paigaldatud lisaarmeering), aga kasutuspiiriseisundi koormusega katsetamine põikjõu kandevõime osas tagasisidet ei anna. Katsete võrdlemisel peab arvestama võimalike välismõjude erinevust (temperatuur, niiskus), mõjude minimeerimiseks tuleks katsed teostada võimalikult sarnastes keskkonna tingimustes.

Hetkel puuduvad olemasolevate konstruktsioonide kandevõime hindamise ja taaskasutuse kohta Eurokoodeksite standardid. On olemas standard EVS-ISO 13822 „Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. Olemasolevate konstruktsioonide seisukorra hindamine“<sup>95</sup>, mis annab ainult üldiseid juhiseid ja reegleid olemasolevatele konstruktsioonidele. Põhilised nõuded kandekonstruktsioonidele antakse eurokoodeksis EVS-EN 1990<sup>96</sup>.

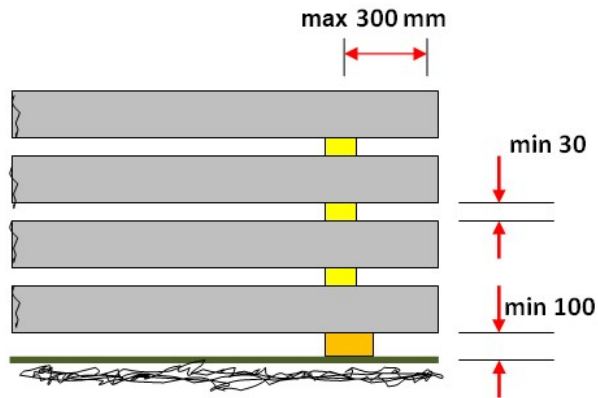
American Concrete Institute poolt on välja antud standard ACI 437R-19 „Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings“, milles toodud juhiste ja soovitusetega tuleks arvestada.

<sup>94</sup> EVS-EN 1991-1-1:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused

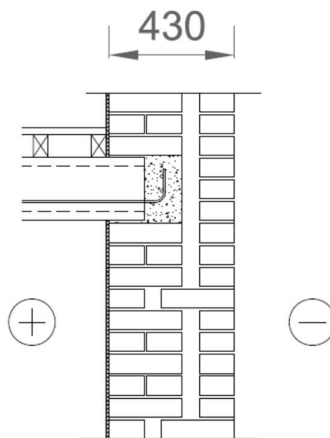
<sup>95</sup> EVS-ISO 13822:2011 Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. Olemasolevate konstruktsioonide seisukorra hindamine

<sup>96</sup> EVS-EN 1990:2002 + NA:2002/AC:2021 Eurokoodeks. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused

Kõik kandevõimele katsetatud paneelid ladustatakse demonteeritava hoone kõrvale ning kaitstakse ilmastiku eest kilega, millede servade alt peab õhk läbi käima. Paneelide ladustamisel tuleb nad asetada looditud ja tihendatud pinnale. Ladustamispinna ja paneeli vahele peab jääma 100mm. Ühte virna ei ole soovitatav ladustada üle nelja paneeli (Joonis 15).



Joonis 15. Vahelaepaneelide ladustamine <sup>97</sup>



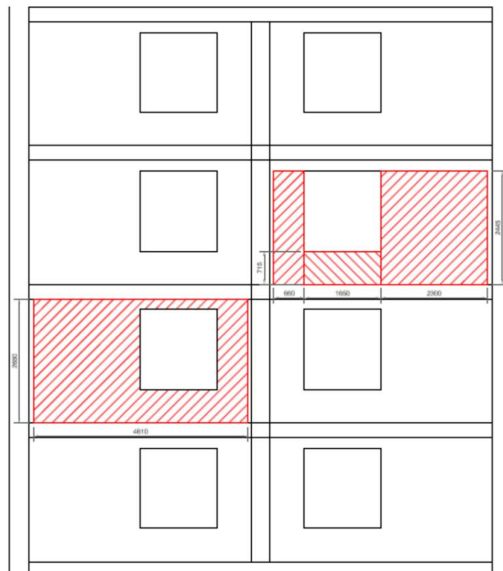
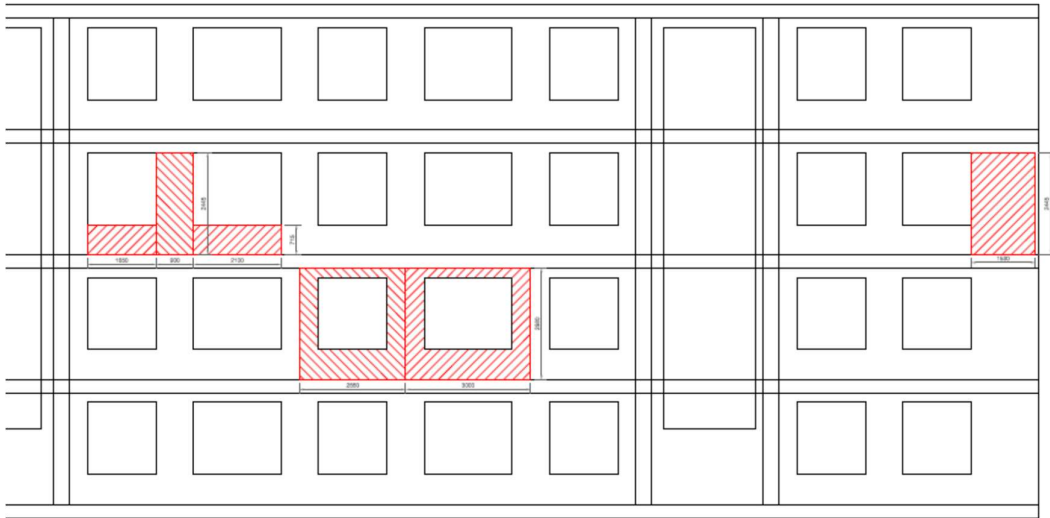
Joonis 16. Välisseina ja vahelaepõlm

### **Silikaatkividest seinad**

Kandvad ning korteritevahelised silikaatkividest müüritised lõigatakse teemantkettaga mooduliteks samal otstarbel taaskasutuse eesmärgil. Enne seinaelementide demontaaži töödeldakse seinte sisepindu kas survevee, sooda- või liivapritsiga lahtise viimistluse ning krohvi eemaldamise eesmärgil. Tekkivad ja osised on lubatud veeseguse nn lobri abil hoone keldrisse juhtida. Neljanda korruse vahelaest kõrgemal olev müüritise osa lammutatakse tavapärasel meetodil hüdrokääride või piikamise

<sup>97</sup>

Seinamoodulite optimaalne kuju ja suurus sõltub selle uuest kasutuskohast ja viisist, samuti demontaaži ning tõstmise meetodist. Järgnevatel skeemidel (Joonised 17 ja 18) on näha võimalikud moodulite paiknemine ja suurus. Tabelis 37 on toodud moodulite mõõdud ning kogused juhuks, kui mooduli moodustab terve toa sein.



Tabel 37. Keskpuiestee 43 välisseina moodulid

| Jrk nr. | Laius | Kõrgus | Kogus |
|---------|-------|--------|-------|
| 1       | 2530  | 2600   | 66    |
| 2       | 3130  | 2600   | 32    |
| 3       | 4800  | 2600   | 16    |
| 4       | 3410  | 2600   | 8     |
| 5       | 3650  | 2600   | 8     |
| 6       | 6000  | 2600   | 8     |

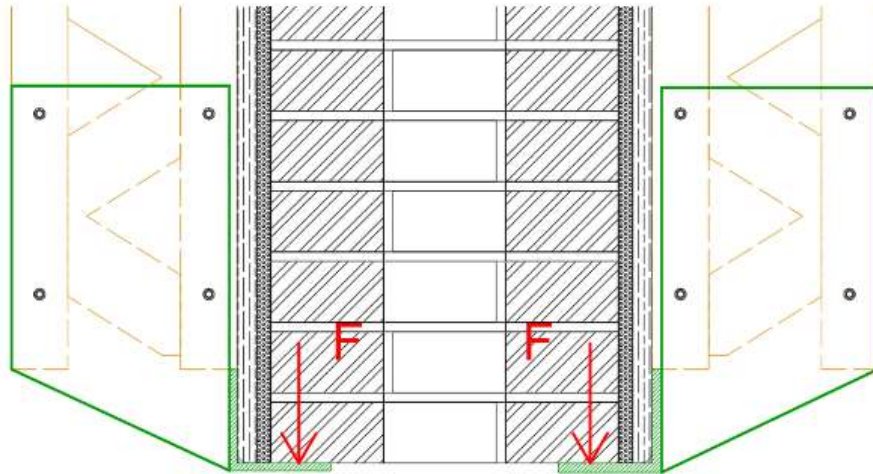
Antud hoone puhul lõigatakse elemendid võimalikult suurte, korrusekõrguste terviklike osadena, kus akna ava säilib senisel kujul koos sillusega. Selliselt on lõikamise jooksvald meetreid alternatiividega võrreldes vähem ning sillus säilitab oma senise otstarbe. Samuti on suured ja koos ava perimeetriga elemendid püsivamad, mis peaks vältima välisseina sidekivide purunemist ning välisvoodri eraldumist lahtilõikamise, tõstmise, transpordi ning uue montaaži käigus. Piloteerimise eesmärgil lõigatakse kogu ca 45 cm paksune välissein koos voodriga lahti mahus, mis on vajalik Kiviõli I keskkooli õuesõppeklassi ehitamiseks, vt. Lisa 5. Ülejäänud hoone ulatuses välisvooder eemaldatakse, õhkvahe olev vill, mört või muu täidis käitletakse jäätmekäitluskohas ning taaskasutamiseks nähakse ette 30 cm paksused täismüüritised. Kõik välisseinte moodulit ladustatakse looditud ja tihendatud killustik alusele hoone kõrval, tagades nende stabiilsuse ümber kukkumise vastu ning kaitstes need ilmastiku vastu (nt killega, mille alt on võimalik õhul liikuda). Perspektiivis on saadavad seinamoodulid ning vahelae õõnespaneelid sobilikud ca 20 kliendile ühekorruselise hooldekodu ehitamiseks samale kinnistule ja samale vundamendile, pakutud lahendus on esitatud Lisas 6. Enne kiviseinte jaotamist tõstetavateks elementideks peaks olema teada taaskasutuse lahendus. Näiteks kas uues asukohas sobib vana aknaava või soovitakse teist lahendust. Elementideks saab seina lõigata ainult vertikaalsihis, horisontaalsuunas saab seina kõrgust muuta eemaldades kivid rea kaupa.

Kolmekihilise silikaatkivimüüritisest välisseina demontaaži ja montaaži tööde etapid:

1. Eeltööd, s.h. raketisekilpide projekteerimine ja ehitamine
2. Katuse lammutus
3. Lae paneelide eemaldus
4. Tellingute paigaldus välisperimeetrile
5. Soonte lõikamine raketise paigalduseks
6. Avade puurimine keermelati paigalduseks
7. Raketise kilbi paigaldus ühele poole detaili julgestuseks
8. Soonte lõikamine detaili eemalduseks
9. Raketis teisele poole, raketise kilpide sidumine
10. Demontaaž elementide kaupa
11. Tellingu eemaldus
12. Transport uuele objektile
13. Montaaž vastupidises järjekorras, soonte lõikamise asemel toimub jootebetooniga liitmike valamine ja ajutiste tugede ning diagonaalide paigaldus

Moodulite tõstmiseks konstrueeritakse raketis. Raketis koosneb Peri GT24 puitsõrestiktala ja nurkterasest. Nurkterase profiiliks on valitud 100x8mm. Puitsõrestiktalade külge on kinnitatud 21mm paksune vineer. Sarnast raketise lahendust (Joonis 19) on kasutatud Räbi kolhoosi korterelamu

seinamoodulite tõstmiseks ja transpordiks Vabaõhumuuseumisse. Sama raketis peaks olema sobilik erineva paksusega (430, 380, 250 mm) müüritiste tõstmiseks.



Joonis 19. Seinaelemendi demontaažiks kasutatav raketis <sup>52</sup>

### **Kergseinad**

Korterisisesed seinad on laotud gaassilikaltsiit kergplokkidest tavapärasel seguvuugil, mis lammutatakse ning eemaldatakse hoonest klassikalisel lammutusmeetodil. Seinte eelnev või täiendav puhastamine mördist ei ole vajalik.

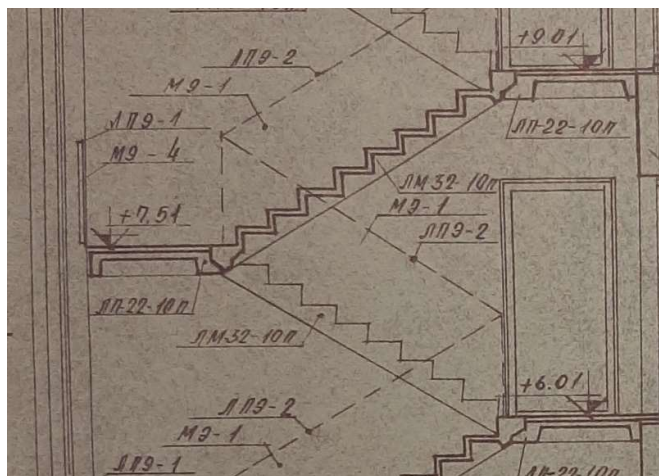
### **Trepid ja mademed**

Trepid ja mademed demonteeritakse sarnaselt vahelaepaneelidega. Vuugid lõigatakse lahti ning ladustatakse.

Enne treppide demonteerimist tuleb välja selgitada, kas on võimalik treppe ja mademeid lahti lõigata ja demonteerida nii, et vahemade moodustaks trepikäigule ühe või kaks lisa astet. Põhjus, miks selline lähenemine on vajalik on selleks, et tänapäeval on korruste vahed suuremad (korrused kõrgemad) kui need olid 60 aastat tagasi, samuti võib doonorhoone elementide kasutamisel uues hoones olla vajalikud vahelaed täiendavad kihid nõutava heliisolatsiooni saavutamiseks, mis tähendab oluliselt suuremat vahelaed paksust. Ühe trepiastme lisamine trepimademe arvelt annaks võimaluse trepikäikude terviklikku taaskasutamist uutes hoonetes täiendavates (evakuatsiooni)trepikodades. Täiendavates trepikodades seetõttu, et Keskpuiestee 43 trepikäigu laius on 1050mm ning vastavalt Ehitisele esitatavatele tuleohutusnõuetele <sup>98</sup> peab evakuatsioonitee olema minimaalselt 1200mm. Keskpuiestee 43 trepikäik on vähemalt 900mm (trepimarsi laius 1050mm) laiune ning seda võib kasutada täiendavas (evakuatsiooni) trepikojas.

<sup>98</sup> Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded, Siseministri määrus nr 17 (vastu võetud 30.03.2017)

<https://www.riigiteataja.ee/akt/123022021013?leiaKehtiv>



Joonis 20. Tüüpprojekti 1-317-10 trepikäik

### **Vundament**

Vundamendi lammutamine sõltub sellest, kas hoone senine vundament leiab kasutust samale asukohale perspektiivis ehitatava hooldekodu vundamendina või rakendatakse antud hoone selekteerival demontaažil tekkivad elemente Kiviõli keskkooli õuesõppekeskkonna ehitamiseks – sel juhul vundament lammutatakse tavapärasel meetodil ning paekivi kasutatakse Keskpuiestee 43 hoone keldri süvendi täitmiseks.

### **Tööohutus**

Ala tuleb piirata aiaga, et kolmandatel isikutel puuduks ligipääs ohtlikku tsooni. Lammutustööde ajaks on vajalik nõuetekohase infotahvli paigaldus objektile. Potentsiaalsetest ohtudest tuleb teavitada nii kohalikke kui ka objektimeeskonda (sh. ohtlikud jätmed, ka siis kui need on juba eemaldatud).

Teostada tuleb tööde teostamiseks vajalik instruktiaž (mida, kuhu ja kuidas sorteerida/ koguda, logistika). Lammutustööde käigus on vajalik kasutada asjakohaseid isikukaitsevahendeid (kiiver, respiraator, kaitseprillid, kõrvaklapid, turvajalatsid, ohutusvest jms), vt. ka pt. 9.3 Hoone biokahjustuste likvideerimine.

### **Üldised lammutustööd**

Hoone sees kasutatakse materjalide teisaldamiseks spetsiaalset jätmekäru, mis on varustatud tõsteaasa ja kõrgete servadega. Prügišahti kasutatakse ehitus- ja lammutusjätmete teisaldamiseks otse korruselt konteinerisse. Prügišaht riputatakse näiteks aknaavasse ning sellega saab ühendada igalt korruselt alguse saavad vahekoonused. Kui šahti ülaots katta tolmukaitsevõrguga, tõkestab see tõhusalt tolmu tõusmast. Šahti alumisest otsast tolmu levimine tõkestatakse kaitsekatetega. Traditsiooniline ehitus- ja lammutusjätmete kogumismahuti on konteiner, kuid mõnede jäätmeliikide taaskasutusvõimalusi pärsivad märgumine või määrdumine (nt papp, puidujätmed, kips, taaskasutatav isolatsioonimaterjal). Selliste materjalide jaoks kasutatakse kaanega konteinereid või muud taolist kogumismahutit. Veol kontrollitakse, et koormast ei pudeneks jätmeid või tolmu keskkonda <sup>90</sup>.

Ehitus- ja lammutusjätmed kogutakse selekteeriva demontaaži käigus maksimaalselt liigiti tabelis 7 toodud jäätmenimistu alusel nende tekkekohal, järgides muuhulgas RT-69-11183-et juhendkaarti <sup>90</sup>. Jätmed, mida ei võeta korduskasutusse ega ringlusse käesolevas raportis kirjeldatud selekteeriva demontaaži meetodil, antakse üle keskkonnakaitseluba omavale ettevõttele.

## **Nõuded lammutusprojektile**

Keskpuiestee 43 hoone selekteeriv demontaaž lahendatakse detailsemalt lammutusprojekti koostamise käigus, lähtudes nii käesolevas raportis kirjeldatud meetodist ja nõuetest kui ka RT-69-11183-et juhendkaardist <sup>90</sup>. Soovituslik on kohalikul omavalitsusel hankida senisest praktikast detailsem ja põhjalikum lammutusprojekt ning selekteeriv demontaaž projekteerimise-ehitamise töövõtu meetodil koos ehitustööde organiseerimise kavaga (vt. MTM määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“, § 25, lg. (7)<sup>99</sup>).

### **10.4. Selekteeriva demontaaži eelarve**

Selekteeriva demontaaži maksumuse ja tasuvuse hindamiseks on koostatud kuus erinevat stsenaariumit: 1) tavapärane lammutamine; 2) hooldekodu Kiviõlis uutest materjalidest; 3) hooldekodu Kiviõlis taaskasutatud materjalidest; 4) hooldekodu Rakveres taaskasutatud materjalidest; 5) hooldekodu Tallinnas taaskasutatud materjalidest; ja 6) neli hooldekodu taaskasutatud materjalidest: kaks Kiviõlis, üks Rakveres ja üks Tallinnas. Lisaks on võrreldud selekteeriva demontaaži ja uue analoogse korterelamu ehitusmaterjalide maksumusi, et tuletada maksimaalne võimalik hind taaskasutatavatele materjalidele.

Viimane sõltub mitmetest asjaoludest: 1) kas ja kui palju suudetakse tulevikus optimeerida selekteeriva lammutuse maksumusest; 2) kui palju elemente ja materjale vanast hoonest taaskasutatakse; 3) kas uute ehitustoodete ja -materjalide kasutamisel lisandub tulevikus CO<sub>2</sub> maks; ja 4) mis hinnaga vana hoonet materjalide väärindajale müüakse. Oluline on veel märkida, et hetkel baseeruvad selekteeriva lammutuse arvutused eksperthinnangutel, sest selekteeriva lammutuse pilootprojekte pole sisuliselt teostatud. Antud uuringus on enamasti arvestatud hindasid varuga, kui puudub kindlus maksumuse osas. See tähendab, et numbritesse tuleb suhtuda kui suurusjärgudesse ja on üsna suur tõenäosus, et ühte või teist kuluartiklit saab oluliselt soodsamaks.

Valitud piloothoone tavapärase lammutuse lammutusprojekti maksumus on ca 1800 € ja lammutustööde maksumus ca 42 000 €-t. Sellele lisandub ehitus- ja lammutusjäätmete transpordi ja käitlemise maksumus ca 28 285 €-t. Seega võiks lammutustööde maksumus olla kokku ca 72 285 €-t. Tavapärase lammutuse projektides müüakse enamasti lammutatud ehitusmaterjalid tagasitäiteks teetöödel või mujal. Antud objekti puhul võiks müüdavatest materjalidest saadav tulu olla ca 14 180 €-t. See tähendab, et tavapärase lammutuse maksumusest lahutatakse maha materjalide müügist saadud tulu, mis teeb tavapärase lammutuse maksumuseks ca 57 905 €-t. See jääb lammutusettevõtelt saadud maksumuse suurusjärku.

Selekteeriva lammutuse maksumus ühe hooldekodu kohta koosneb järgmistest komponentidest: 1) selekteeriva lammutuse projekteerimine; 2) tavapärane lammutamine ja selekteeriv lammutus; 3) ehitus- ja lammutusjäätmete transport ja käitlemine. Sellele lisanduvad selekteerivalt lammutatud elementide transport uuele objektile ja montaaž uuel objektil. Kuid need kulud tuleks arvestada uue objekti maksumusse, mitte selekteeriva lammutuse eelarvesse, sest need sõltuvad uue objekti asukohast. Selekteeriva lammutuse maksumus ühe hooldekodu kohta ehk selekteerivalt lammutatakse üks korrus ja ülejäänud tavaliselt, võiks olla ca 112 378 €-t. Sellele lisandub uuele

---

<sup>99</sup> Majandus- ja taristuminister määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/126022021007?leiaKehtiv>

objektile transpordi ja montaaži maksumus. Viimane on sama kõigile ehk ca 26 560 €-t Kiviõlis, Rakveres ja Tallinnas. Transport Kiviõlis on ca 1 600 €-t, Rakvere ca 3 200 €-t ja Tallinna ca 11 200 €-t.

Hinnatud on samuti olukorda, kui ühest selekteerivalt lammutatud ehitisest tehakse neli uut analoogset hooldekodu. Nelja uue hooldekodu (kaks Kiviõlis, üks Rakveres ja üks Tallinnas) ehitamiseks on selekteeriva lammutuse maksumus ca 232 251 €-t, mis teeb ühe hooldekodu kohta ca 58 062 €-t. Sellel kulule lisandub uuele objektile transpordi ja montaaži maksumus. Transpordi maksumus kokku on ca 17 600 € ja montaaž 106 240 €-t. Tulemustest johtub, et mida rohkem hooneid ühest selekteerivalt lammutatud hoone materjalidest ehitatakse, seda kulusäästlikumaks muutub ühe uue hoone kohta selekteeriv lammutus. Selekteerival lammutamisel saadud elementide transport objektile on otseses seoses uue objekti asukohaga. Suure tõenäosusega muutub tulevikus teatud vahemaade taha taaskasutatud elementide ja materjalide vedu majanduslikult mitte mõistlikuks. Millest ja kuidas see hakkab täpselt sõltuma, näitab tuleviku praktika.

Jäätmeäitluse kulus olulisi erinevusi ei täheldatud. Seda seetõttu, et materjalid, mida ei saa taaskasutada, tuleb nii või teisiti viia jäätmeäitluskohale. See tähendab, et nii tavapärasel kui ka selekteerival lammutusel moodustab ehitus- ja lammutusjäätmete käitlemine ca 28 285 €-t. Tavapärase lammutuse korral müüakse metall kokkuostu, kasulik kivimaterjal tagasitäiteks või peenestatakse teatud fraktsioon saamiseks ja kõrgema hinnaga müümiseks.

Samuti on võrreldud analoogse uue korterelamu materjalide hinda selekteeriva demontaaži kuludega. Analooorse uue korterelamu materjalide hind on ca 258 850 €-t ilma käibemaksuta. Ilma käibemaksuta hinda on arvestatud, kuna peamiselt hakkaksid neid elemente ja materjale kasutama ehitusettevõtted, mitte lõpptarbijad. Selekteeriva lammutuse maksumus on ca 112 378 € ühe uue hoone kohta. Selekteeriva lammutuse maksumus nelja analoogse hooldekodu ehitamiseks on ca 232 251 €, mis teeb ühe hoone kohta ca 58 062 €-t, vt. Tabel 38. Siit johtub, et mida suurema hulga uute ehitiste ehitamiseks kasutatakse selekteerival lammutamisel saadud elemente ja materjale, seda kõrgemat hinda saab taaskasutatavate materjalide eest küsida. Esimesel juhul on teoreetiline maksimaalne taaskasutatud elementide ja materjalide müügihind ca 43 % uute materjalide müügihinnast. Nelja analoogse hooldekodu ehitamise korral kuni 90 % uute materjalide müügihinnast. Samas on see ainult teoreetiline ja tegelik olukord sõltub eelpool nimetatud faktoritest: 1) selekteeriva lammutuse maksumusest; 2) taaskasutuse astmest; 3) uute materjalide CO<sub>2</sub> maksust; ja 4) vana hoone müügihinnast.

Tabel 38. Eelarve stsenaariumite koondtabel. Avatud koodiga Excel fail koos kõigi töölehtedega on Lisa 7.

| Nr | Stsenaariumi nimetus                              | Lammutus            |                                       |                            |                                  | Uus hoone                     |                                    |                        |                     | Maksumus KM-ga (€) | Selgitus                                                                               |
|----|---------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                   | Projekteerimine (€) | Lammutamine/Selekteeriv demontaaž (€) | Ehitusmaterjalide müük (€) | Jäätmete transport ja käitus (€) | Uue hoone projekteerimine (€) | Elementide transport objektile (€) | Elementide montaaž (€) | Muud ehitustööd (€) |                    |                                                                                        |
| 1  | Tavapärane lammutamine                            | 1 800,00 €          | 42 000,00 €                           | -14 180,50 €               | 28 285,99 €                      | 0,00 €                        | 0,00 €                             | 0,00 €                 | 0,00 €              | 57 905,49 €        | Materjale taaskasutatakse peamiselt tagasitäiteks                                      |
| 2  | Hooldekodu Kiviõlis: uutest materjalidest         | 0,00 €              | 0,00 €                                | 0,00 €                     | 0,00 €                           | 58 800,00 €                   | 0,00 €                             | 0,00 €                 | 1 187 890,20 €      | 1 246 690,20 €     | Stsenaarium, mille korral pole vanast hoonest pärit materjale. Kõik on uued materjalid |
| 3  | Hooldekodu Kiviõlis: taaskasutatud materjalidest  | 2 940,00 €          | 90 669,00 €                           | -9 516,40 €                | 28 285,99 €                      | 58 800,00 €                   | 1 600,00 €                         | 26 560,00 €            | 1 115 071,80 €      | 1 314 410,39 €     | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 4  | Hooldekodu Rakveres: taaskasutatud materjalidest  | 2 940,00 €          | 90 669,00 €                           | -9 516,40 €                | 28 285,99 €                      | 58 800,00 €                   | 3 200,00 €                         | 26 560,00 €            | 1 166 788,80 €      | 1 367 727,39 €     | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 5  | Hooldekodu Tallinnas: taaskasutatud materjalidest | 2 940,00 €          | 90 669,00 €                           | -9 516,40 €                | 28 285,99 €                      | 58 800,00 €                   | 11 200,00 €                        | 26 560,00 €            | 1 184 788,80 €      | 1 393 727,39 €     | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 6  | 4 hooldekodu taaskasutatud materjalidest          | 8 840,00 €          | 203 502,00 €                          | -6 376,90 €                | 28 285,99 €                      | 68 400,00 €                   | 17 600,00 €                        | 106 240,00 €           | 4 581 721,20 €      | 5 006 212,29 €     | Vanast hoonest on 4 hoone jagu ära kasutatud materjale                                 |

| Nr | Stsenaariumi nimetus                              | Projekteerimine | Lammutamine/Selekteeriv demontaaž (€) | Ehitusmaterjalide müük | Jäätmete transport ja käitus (€) | Uue hoone projekteerimine | Elementide transport objektile | Elementide montaaž | Muud ehitustööd | Maksumus KM-ga (€) | Selgitus                                                                               |
|----|---------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                   |                 |                                       |                        |                                  |                           |                                |                    |                 |                    |                                                                                        |
| 1  | Tavapärane lammutamine                            | 3,1%            | 72,5%                                 | -24,5%                 | 48,8%                            | 0,0%                      | 0,0%                           | 0,0%               | 0,0%            | 100%               | Materjale taaskasutatakse peamiselt tagasitäiteks                                      |
| 2  | Hooldekodu Kiviõlis: uutest materjalidest         | 0,0%            | 0,0%                                  | 0,0%                   | 0,0%                             | 4,7%                      | 0,0%                           | 0,0%               | 95,3%           | 100%               | Stsenaarium, mille korral pole vanast hoonest pärit materjale. Kõik on uued materjalid |
| 3  | Hooldekodu Kiviõlis: taaskasutatud materjalidest  | 0,2%            | 6,9%                                  | -0,7%                  | 2,2%                             | 4,5%                      | 0,1%                           | 2,0%               | 84,8%           | 100%               | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 4  | Hooldekodu Rakveres: taaskasutatud materjalidest  | 0,2%            | 6,6%                                  | -0,7%                  | 2,1%                             | 4,3%                      | 0,2%                           | 1,9%               | 85,3%           | 100%               | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 5  | Hooldekodu Tallinnas: taaskasutatud materjalidest | 0,2%            | 6,5%                                  | -0,7%                  | 2,0%                             | 4,2%                      | 0,8%                           | 1,9%               | 85,0%           | 100%               | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale                               |
| 6  | 4 hooldekodu taaskasutatud materjalidest          | 0,1%            | 4,1%                                  | -0,1%                  | 0,6%                             | 1,4%                      | 0,4%                           | 2,1%               | 91,5%           | 100%               | Vanast hoonest on 4 hoone jagu ära kasutatud materjale                                 |

## 10.5. Kiviõli 1. keskkooli õuesõppekeskkond

Selekteeriva lammutuse tehnoloogia arendamiseks, kavandamiseks, ettevalmistamiseks ja piloodi läbi tegemiseks on antud uuringu kontekstis välja pakutud ehitada lihtsam näidishoone ehk õuesõppeklass Kiviõli I Keskkooli juures. Maksumuse hindamisel on lähtud põhimõttest, et väliõppeklassi ehitamiseks kasutatakse võimalikult palju vana hoone konstruktsioone. See hõlmab peamiselt kandvaid ja mitte kandvaid konstruktsioone ja katuslae paneele. Muud osad ehitatakse kõik uutest materjalidest. Uuringus teostatud maksumushinnangu alusel võiks vastav hoone maksta ca 64 629 € ja koos käibemaksuga ca 77 555 €-t. Tegelik hoone maksumus sõltub veel mitmetest asjaoludest, kuid antud hind peaks peegeldama ligilähedast maksumust.

| Kood                              | Nimetus                      | Maht  | Ühik           | Ühiku hind (€) | Kokku (€)          | Selgitus               |
|-----------------------------------|------------------------------|-------|----------------|----------------|--------------------|------------------------|
| 0                                 | Projekteerimine              | 115,9 | m <sup>2</sup> | 34,51 €        | 4 000,00 €         |                        |
| 1                                 | Välisrajatised               | 115,9 | m <sup>2</sup> | 58,24 €        | 6 750,00 €         |                        |
| 2                                 | Alused ja vundamendid        | 115,9 | m <sup>2</sup> | 151,77 €       | 17 590,00 €        |                        |
| 3                                 | Kandetarindid                | 115,9 | m <sup>2</sup> | 51,55 €        | 5 975,00 €         |                        |
| 4                                 | Fassaadielemendid ja katused | 115,9 | m <sup>2</sup> | 126,10 €       | 14 614,50 €        |                        |
| 5                                 | Ruumitarindid ja pinnakatted | 115,9 | m <sup>2</sup> | 0,00 €         | 0,00 €             | Ei sisalda viimistlust |
| 7                                 | Tehnosüsteemid               | 115,9 | m <sup>2</sup> | 27,61 €        | 3 200,00 €         |                        |
| 8                                 | Ehitusplatsi korralduskulud  | 115,9 | m <sup>2</sup> | 43,14 €        | 5 000,00 €         |                        |
| 9                                 | Ehitusplatsi üldkulud        | 115,9 | m <sup>2</sup> | 64,71 €        | 7 500,00 €         |                        |
| <b>Maksumus kokku ilma KM-ta:</b> |                              |       |                |                | <b>64 629,50 €</b> |                        |
| <b>KM 20 %:</b>                   |                              |       |                |                | <b>12 925,90 €</b> |                        |
| <b>Maksumus koos KM-ga (20%):</b> |                              |       |                |                | <b>77 555,40 €</b> |                        |

## 11. Ülejäänud potentsiaalsed taaskasutuse rakendused

### 11.1. Materjali taaskasutus RMK metsateedel täitematerjalina

Riigimetsa Majandamise Keskus on teede projekteerimisel võtnud eesmärgiks, et võimalikult palju kasutataks juba kohapeal olevaid pinnaseid minimeerides juurdetoodavate materjalide osakaalu. Olemasoleva pinnase tugevusomadusi saab parandada läbi kuivendamise, tihendamise, mehaanilise ja sideaine(te)ga stabiliseerimise.

Tee konstruktsiooni tugevuse ja püsivuse tagamiseks kasutatakse projektlahenduses vajaduse korral geosüntee, töödeldakse pinnast sideainega, nagu näiteks aktiivsed põlevkivituhad, tsemendipõhised sideained, polümeerid ja muud sellised ained, muudetakse pinnase terastikulist koostist, lisades täitematerjali, või võetakse muid sobilikke ja keskkonnale ohutuid meetmeid.

Metsateid projekteeritakse siirdekateediga, milleks peaks käsitlema vaid killustik- ja kruuskatteid, aga kaaluda tasub ka sideainega (nt põlevkivituhaga) töödeldud pinnast. Kui näiteks mahasõite või sildadele pealesõite on vaja teha tolmuvaba katte või asfaltkattega, tuleb ses osas lähtuda muudest vastavatest juhendmaterjalidest (nt nõuded avalikult kasutatavate teede ehitamiseks). Teekatendi dimensionimisel võetakse aluseks tee vajalik kandevõime ning pinnase tugevus, millele tee ehitatakse.

Universaalne, valdavalt levinud oludesse sobiv metsatee katend on järgnev (s.t projekteerija peaaegu ei pea arvestama aluspinnase omadustega, v.a väga nõrgad pinnased):

1. 10 cm kulumiskiht purustatud kruusast fr. 0/31,5 mm või killustikkate;
2. 40 cm lubjakivikillustik fr. 0/90 mm („põlevkiviaheraine“), mis on kiilutud fr 31,5/63 mm kulunormiga ca 35 kg/m<sup>2</sup>;
3. eraldav ja/või nõrgemate pinnaste puhul ka armeerivat ülesannet täitev geotekstiil;
4. muldkeha/aluspinnas.

Maaparandussüsteemide projekteerimisnormide §45 lõikes 4 antakse ette killustikaluse ehitamise korral nõuded kasutatavale materjalile, mis tagab selle, et metsatee eluiga oleks võimalikult pikk ning täidaks oma ülesande vähimate hoolduskuludega:

„Killustikust alused projekteeritakse sidumata killustikusegust, ridakillustikust või fraktsioneeritud täitematerjalist kiilumismeetodil järgmistel tingimustel:

- 1) teraläbimõõt D on vähemalt 32 millimeetrit;
- 2) peenosiste sisaldus pärast aluse paigaldamist ja tihendamist on kuni 7%;
- 3) jämetäitematerjali purustatud pindadega terade sisaldus peab vastama vähemalt standardi EVS - EN 13285 alusel määratud kategooriale C50 ja purunemiskindluse maksimaalväärtuse kategooria peab olema vähemalt LA40.“<sup>100</sup>

---

<sup>100</sup> RMK metsateede katendite projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend, versioon 2.0 (2020)

## 11.2. Potentsiaalsed taaskasutuse rakendused kohaliku omavalitsuse piires

Käesolevas alapeatükis käsitletakse Keskpuiestee 43 objektil esinevate materjalide taaskasutamise potentsiaali. Hoone sisemuses esinevate erinevate materjalide ja inventari taaskasutamise potentsiaali langetab asjaolu, et hoone on seisnud kasutusest üle aasta (millal lahkus viimane korterelamu elanik, hoone osaline tühjenemine algas veelgi varem) ning selle aja jooksul on väärtuslikum juba hoonest kolmandate isikute poolt demonteeritud ning allesjäänud inventar on kahjustunud nii vandalismi kui keskkonnatingimuste mõjul (hoone ilma kütteta ning avatäited katki või demonteeritud). Potentsiaalsed rakendused on koondtabelina esitatud Tabelis 39.

Tabel 39. Potentsiaalsed lammutusjätmete taaskasutamise projektid

| Jrk. nr | Projekti nimetus                                                                                                                                                                                                                                                     | Taaskasutuse viis                                                                                            |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.      | Välispordiplatside/ multifunktsionaalsete alade rajamine/ tehnikapargi rajamine ja renoveerimine ja nende baasil huviringide välja arendamine - näiteks <i>paintball</i> ala (vaba aja veetmiseks lisaks Kiviõli seikluskeskusele, Püssi motoklubile) <sup>101</sup> | Täitematerjalina, terviklikud konstruktsiooniosad (seinad)                                                   |
| 2.      | Valla teed (sh. kergliiklusteed) <sup>101</sup>                                                                                                                                                                                                                      | Täitematerjalina                                                                                             |
| 3.      | Jäätmekonteinerite ühtsed paigalduskohad <sup>101</sup>                                                                                                                                                                                                              | Terviklikud konstruktsiooniosad (seinad)                                                                     |
| 4.      | Purtse kalasadama arendus <sup>101</sup>                                                                                                                                                                                                                             | Täitematerjalina, terviklikud konstruktsiooniosad (seinad)                                                   |
| 5       | Degradeerunud alade taastamine (vanad kasutusest väljas kaevandused)                                                                                                                                                                                                 | Tagasitäitematerjalina                                                                                       |
| 6.      | Kiviõli linnakeskuse rajamine                                                                                                                                                                                                                                        | Terved konstruktsioonid, konstruktsioonidest lõigatud elemendid, täitematerjalina betoonis, täitematerjalina |
| 7.      | Infostendid, bussiootepaviljonid jm. linnainventar                                                                                                                                                                                                                   | Konstruktsioonidest lõigatud elemendid                                                                       |
| 8.      | Hoolekandeesutused                                                                                                                                                                                                                                                   | Terved konstruktsioonid, konstruktsioonidest lõigatud elemendid                                              |
| 9.      | Kuivsegude tootmine (betoon, mört)                                                                                                                                                                                                                                   | Täitematerjalina (gaassilikaltsiit plokk ja silikaatkivi)                                                    |
| 10.     | Militaarne õppelinnak                                                                                                                                                                                                                                                | Terved konstruktsioonid                                                                                      |
| 11.     | Kiviõli Keskkooli õuesõppekeskkond                                                                                                                                                                                                                                   | Terved konstruktsioonid (silikaatkivi seinaelemendid ning raudbetoon õõnespaneelid)                          |

<sup>101</sup> Lüganuse valla arengukava investeeringute kava (2018-2028)  
<https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4241/0201/8005/m%C3%A4%C3%A4rus%20nr%2039,%20Lisa%202.pdf#>

### 11.3. Kandvad konstruktsioonid

Keskpuiestee 43 välisseinadest on võimalik saada mooduleid mõõtudes:

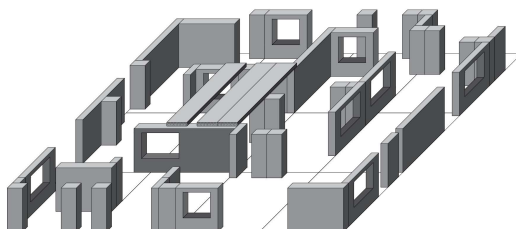
1. 1650x720mm (köögi, magamistoa akende alt), kokku maksimaalselt 84 tk;
2. 900x2445mm (akende vahe), kokku maksimaalselt 88 tk;
3. 2100x720mm (elutoa akna alt), kokku maksimaalselt 40 tk;
4. 1420x2450mm (hoone tagumine fassaad), kokku maksimaalselt 8 tk;
5. 5250x2450mm (hoone tagumine fassaad, nurgatsoon), kokku maksimaalselt 8 tk;
6. 1530x2445mm (nurgad), kokku maksimaalselt 8 tk;
7. 2300x2445mm (otsaseinad), kokku maksimaalselt 16 tk;
8. 660x2445mm (otsaseinad, akende vahe), kokku maksimaalselt 16 tk.

Loetletud mõõdud arvestavad juhtu, kus moodulid ei sisalda endas silluseid ehk toa seinu ei demonteerita tervikuna. Peatükis 9 Lammutustööde läbiviimine on skemaatiliselt näidatud ka mooduleid (ning nende võimalikke suuruseid) juhuks, kus toa sein moodustab ühe mooduli.

Välisseina plokid demonteeritakse kasutades selleks raketisi/ osaraketisi.

#### Paintball ala

Objektilt saadavate moodulitega ning nende omavaheliste kombineerimisega on võimalik rajada mitmekülgne *paintball* ala, mis oleks täiendavaks vaba aja veetmise kohaks nii noortele kui vanadele nii Kiviõlist, Lügänu vallas kui mujalt Eestist. Plussiks on see, et *paintball* on harrastatav aastaringselt. *Paintball* ala võimalikuks asukohaks on näiteks Kiviõli seikluspargi vahetu lähedus (või koosseisus). Mooduleid saab kasutada seinade/ müüridena, trepimademeid ja käike erinevate tasapindade ühendamiseks. Samal põhimõttel on võimalik lahendada Kaitseväge Tapa või Läsna harjutusväljakutel linnalahingu simuleerimiseks kasutatavat ala.



Joonis 21. Paintball ala lihtsustatud lahendus

#### Kiviõli linnakeskuse rajamine

Ideekonkursi eesmärgiks oli leida terviklik ruumiline lahendus Kiviõli linnakeskusele – linnasüdamele Keskpuiestee ja Metsa tänava ristil, õunapuudealale ja Keskpuisteele. Võistlus korraldati EV 100 arhitektuuriprogrammi “Hea avalik ruum” jätkuprogrammi raames. 2021 aasta sügisel korraldatud ideekonkursi võidutööks valiti Lügänu valla valitsuse ja Eesti Arhitektide Liidu poolt Doomino Arhitektid OÜ ideekavand „Mimoos“<sup>102</sup>.

<sup>102</sup> Grünfeldt, I., „Kiviõli keskusesse tulevad õunaaed, vabaõhulava, veesilm ja liuväli“ *Virumaa Teataja*, 29.10.2021 <https://virumaateataja.postimees.ee/7373711/kivioli-keskusesse-tulevad-ounaaed-vabaohulava-veesilm-ja-liuvali>

Ideekavand näeb õunapuudeallee alale veesilma rajamist (Joonis 22). Veesilma ületamiseks on ette nähtud jalakäijate sild – võimalik rajada pilootprojekti raames lammutatava hoone betoonkonstruktsioonidest (vahelaed, trepid) lõigatud plokkidest. Ideekavandis olevate istumisalade valamine betoonist (Joonis 22), kus täide on osaliselt asendatud teisese täitematerjaliga (vahelagede/treppide betoon).



Joonis 22. Ideekonkursi võidutöö kavand õunapuudeallee (vasakul); ideekonkursi võidutöö vaatega Coop'i ja Grossi kauplustele (keskel); haljastuskonteineriga pingi kavand (paremal) <sup>103</sup>

### **Väikeinventar**

Väikeinventari all peetakse käesoleval juhul silmas infostende, bussiootepaviljone, prügimajasid. Infostendide rajamiseks saab kasutada välisseina elemente. Välissein on 450mm paks, mis tähendab, et tegemist on võrdlemisi massiivse konstruktsiooniga. Arhitektuurselt saaks massiivsust vähendada pehmendada näiteks klaasist varikatusega. Samal põhimõttel võimalik rajada bussiootepaviljone ning prügimajasid, kus üks sein oleks massiivsest kivikonstruktsioonist ning katus ja kaks küljeseina klaasist.

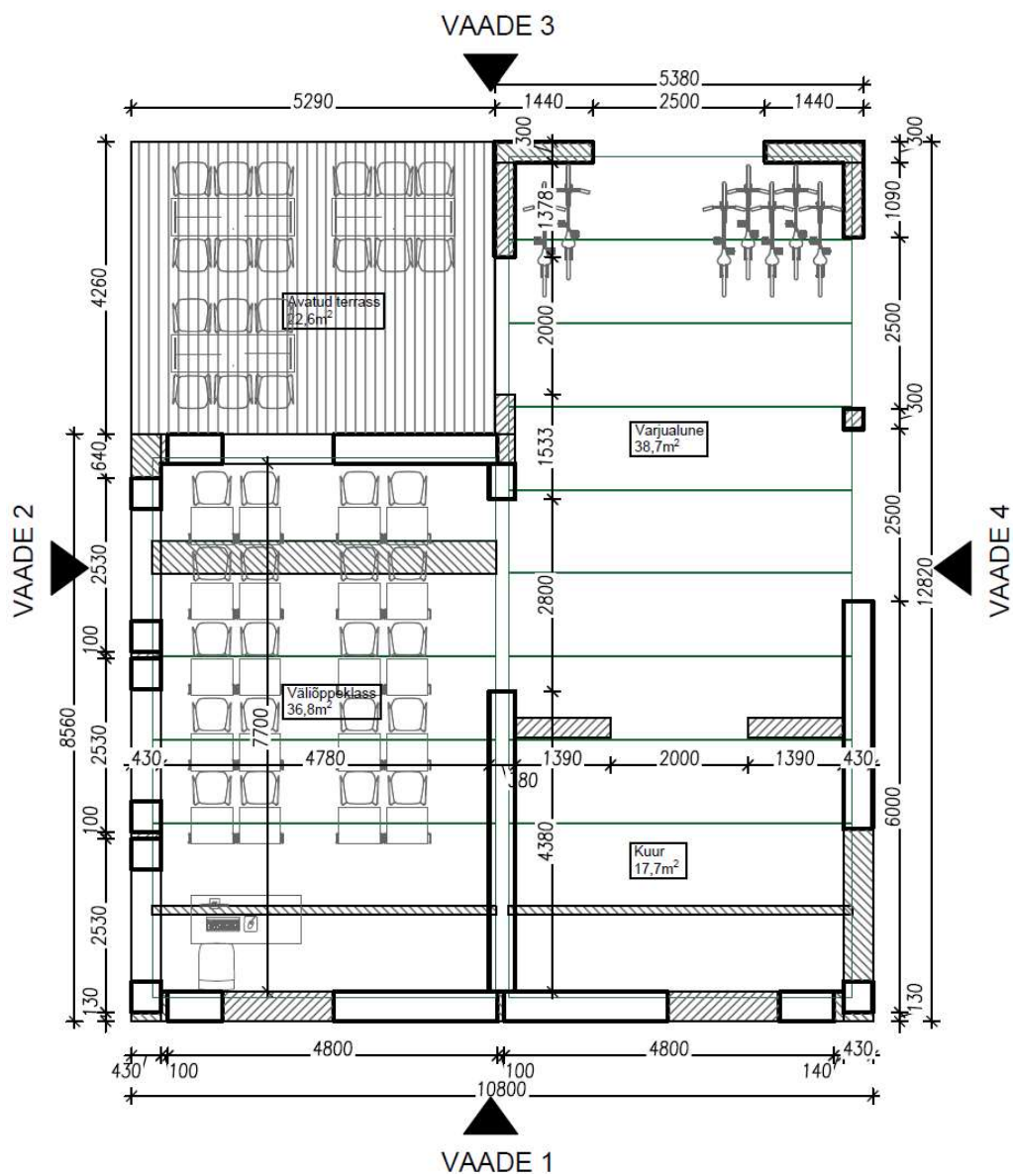
### **Militaarne õppelinnak**

Õppelinnaku all peetakse silmas Eesti Kaitseväge taktikalise laskmise/kaitse/ründe õppe tarbeks eraldiseisva linnaku erikujuliste avatäidetate ehitiste valmistamist. Elementidest on võimalik valmistada ka erinevaid sihtotstarbelisi elemente (laskepessad, piiritõkked jne).

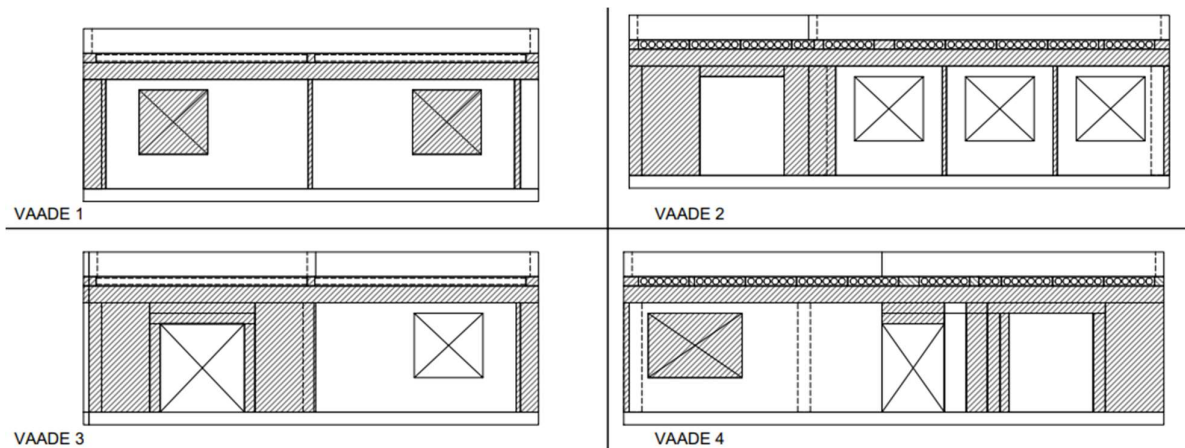
### **Kiviõli I Keskkooli õuesõppekeskkond**

Õuesõppekeskkond on planeeritud koosnema järgmistest ruumidest: õuesõppeklass, kuur, varjualune, avatud terrass. Varjualuse näol on tegemist nn. poolruumiga, kus on võimalik hoiustada jalg- ja tõukerattaid ning muid väiksemaid liikumisvahendeid. Kuuris on võimalik hoiustada muuhulgas näiteks aiatöödeks vajalikke tööriistu ja seadmeid.

<sup>103</sup> „Kiviõli uus linnakeskus saab õunapuuaia, vabaõhulava, veesilma ja talvel liuvälja“, Eesti Arhitektide Liit, 29.10.2021 [http://www.arhliit.ee/uudised/eal/kivioli\\_voistluse\\_tulemused/](http://www.arhliit.ee/uudised/eal/kivioli_voistluse_tulemused/)



Joonis 23. Õuesõppekeskkonna plaan



Joonis 24. Õuesõppekeskkonna vaated

Joonistel 23 ja 24 on doonorhoonest pärinevaid välisseina mooduleid tähistatud valgega, hall viirutus tähistab monoliitset betooni. Joonistel 23 ja 24 toodud õuesõppekeskkonna teostamiseks kulub 7 Keskpuiestee 43 välisseina moodulit brutopindalaga 72,8m<sup>2</sup>. Varjuaaluse/ kuuri ning välisõppeklassi vaheseinana on ette nähtud kasutada Keskpuiestee 43 kandvat silikaatkivist siseseina kogupaksusega 380mm. Siseseina on õuesõppekeskkonna lahendusele arvestatud 12m<sup>2</sup>. Vahelaepaneele 1200x5010mm kulub 16 tk.

Vajaliku ruumiprogrammi saamiseks on võimalik avade asukohti kinni betoneerida. Suletud ruumide puhul on arvestatud akendena 1-kordne klaas, välisõppeklassi uksena 1-kordse karastatud klaasiga voldikuks (laius 2800mm).

### **Hooldekodu**

Eestis on loomulik iive negatiivne, mis tähendab, et sünnib vähem inimesi, kui sureb. Viimase 5 aasta keskmine loomulik iive on Statistikaameti andmetel vahemikus -1302 (aasta 2019) kuni -2602 (aasta 2020) <sup>104</sup>. Statistikaameti andmetel oli aastal 2020 Eestis 65 aastat ja vanemaid inimesi 266 053 (s.o. 20% elanikkonnast). 65. aastaste ja vanemate inimeste osakaal rahvastikust tänu loomulikule negatiivsele liibele kasvab aasta-aastalt – viimase viie aasta jooksul on see kasvanud 19%-lt 20%-le (11 704 inimese võrra) <sup>105</sup>. Terav probleem rahvastiku vananemise näol puudutab tervet Eestit. Statistikaameti prognooside kohaselt moodustavad 2045. aastal 65. aastased ja vanemad inimesed Ida-Virumaa maakonna rahvastikust tervelt 43% (võrdluseks: Harju maakonnas on vastavaks näitajaks prognoositud ca 22%) <sup>106</sup>. Suure tõenäosusega on vanemad elanikud paiksed olnud pikemat aega ega ole nõus oma vanaduspäevi veetma kuskil mujal Eesti piirkonnas. Probleemiks juba tänastes oludes on taskukohaste hooldekande asutuste kohtade arv – kohti ei ole piisavalt ning hooldekandeaasutustesse pääseb nõ. elava järjekorra alusel. Seda probleemi silmas pidades, pakutakse käesoleva projekti raames välja Keskpuiestee 43 lammutusjäätmetest hooldekandeaasutuse rajamist Lüganuse valda või selle lähedusse. Antud lahendust saab rakendada ka mujal Eestis ning lahenduse ideed võib kasutada ka muudel otstarvetel (lasteaiad, noortekeskused, sotsiaalkorterid vm.)

Rajatav hoone oleks ühekorrueline (vastavalt vajadustele ja detailplaneeringutele kuni 2-kordne). Hoonet läbib pikk koridor, mis on 1600 mm lai (sobib ka liikumise erivajadustega inimestele kahesuunaliseks liikumiseks) ning kahele poole avanevad tubade uksed. Ruumiplaneeringul on arvestatud, et esindatud oleks nii üksiktoad kui ka mitmiktoad. Ruumide pindalade ning vajaliku sisseseade planeerimisel on arvestatud järgmistes määrustes toodud nõuetega:

- Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded, Siseministri määrus nr 17 <sup>98</sup>;
- Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele, Ettevõtlus- ja tehnoloogiaministri määrus nr 28 <sup>107</sup>;
- Täiskasvanute hooldekandeaasutuse tervisekaitsenõuded, Sotsiaalministri määrus nr 58 <sup>108</sup>;

<sup>104</sup> Statistikaameti [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_demograafilised-pehinaitajad/RV030/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_demograafilised-pehinaitajad/RV030/table/tableViewLayout2)

<sup>105</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV021/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV021/table/tableViewLayout2)

<sup>106</sup> Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2)

<sup>107</sup> Ettevõtlus- ja tehnoloogiaministri määrus nr 28 „Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052018055>

<sup>108</sup> Sotsiaalministri määrus nr 58 „Täiskasvanute hooldekandeaasutuse tervisekaitsenõuded“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/128032014029?leiaKehtiv>

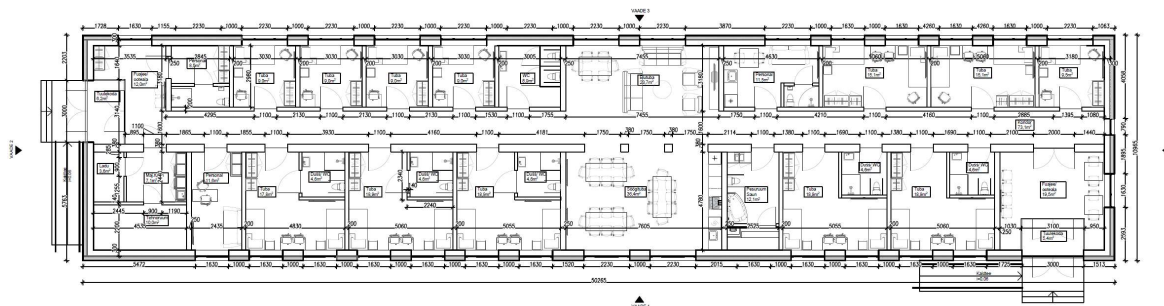
- Eluruumidele esitatavad nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 85 <sup>109</sup>.

Erinevaid ruumiprogrammide lahenduse variante on näidatud Joonisel 25. Joonisel 25 (Lisa 6) toodud lahendusel on planeeritud 19 kohta. Sama kombinatsiooni teostamiseks piisab Keskpuiestee 43 materjalist ca neljaks piloothooneks, suuremate hoonete puhul vähemaks, väiksemate hoonete puhul enamaks, vt. moodulid Lisas 4.

Materjalidest kuuluvad taaskasutamisele välisseina moodulid/ elemendid (erinevate suuruste kombineerimisel võimalik saavutada erinevaid lahendusi). Hoone soojustatud katuslaena kasutatakse Keskpuiestee 43 vahelae õõnespaneeli. Seinaplokkidele valatakse 400mm kõrgune raudbetoonvöö, kuhu toestatakse raudbetoonist õõnespaneelid.

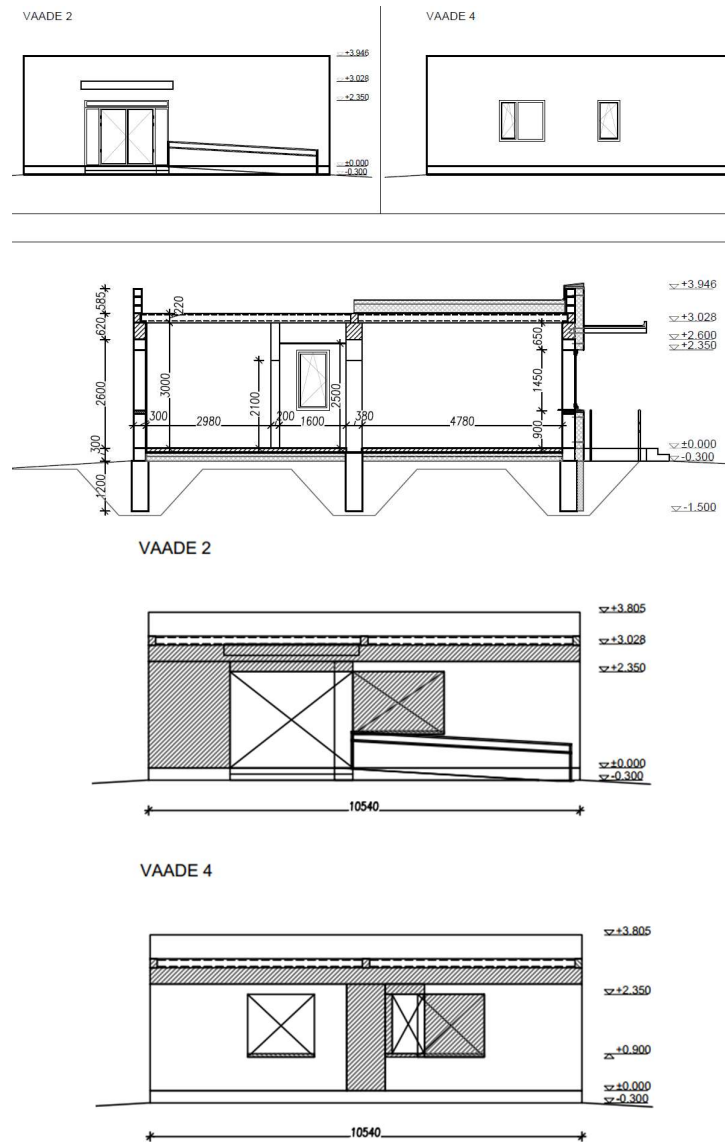
Moodulite/ elementide asetust saab vastavalt vajadusele muuta ja kombineerida. Limiteerivaks asjaoluks on vahelaepaneeli pikkus, milleks on 5010mm (kui võtta eesmärgiks vahelaepaneeli õõnespaneeli mitte lühemaks lõigata). Vahelaepaneeli on kahes laiuses 1200mm (tõmbearmatuuriga 7x Ø12 A3 S235) ja 800mm (tõmbearmatuuriga 5x Ø12 A3 S235).

Hoonele vajalik ruumiprogramm luuakse siseseinadega, mis annab võimaluse ruumiprogrammi vastavalt olukorra muutumisele muuta (ringmajanduse kontekstis vajaduspõhise ruumi maksimaalselt tõhusaks kasutamiseks eelistada hõlpsasti demonteeritavaid karkass-seinu).



Joonis 25. Hooldekodu põhiplaan, suuremalt vt. Lisa 6

<sup>109</sup> Majandus- ja taristuministri määrus nr 85 „Eluruumidele esitatavad nõuded“  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034?leiaKehtiv>



Joonis 26. Hooldekodu otsavaated ning lõige. Alumisel kahel joonisel on näha taaskasutatavad moodulid.

Joonisel 26 valgena kujutatud seinaosa pärineb Keskpuiestee 43 välisseina moodulitest, viirutatud aladega on tähistatud betooni (täisbetoneeritavad avad, betoonvöö puhta ruumi kõrguse 3000mm saavutamiseks ning moodulite omavaheliseks ühendamiseks). Välja pakutud hoones kasutatud välisseina elemendid/ moodulid koos mõõtude ja kogustega on toodud Tabelis 41.

Tabel 41. Välisseina moodulite/ elementide mõõdud ja kogused

| Jrk nr. | Laius | Kõrgus | Kogus |
|---------|-------|--------|-------|
| 1       | 2530  | 2600   | 14    |
| 2       | 3130  | 2600   | 9     |
| 3       | 4800  | 2600   | 2     |
| 4       | 3410  | 2600   | 3     |
| 5       | 3650  | 2600   | 1     |
| 6       | 6000  | 2600   | 3     |

Kokku kulub Joonisel 25 esitatud plaanilise lahenduse korral 32 nn. standardset välisseina moodulit/ elementi (brutopindalaga 273,2 m<sup>2</sup>). Seega saab uuel hoonel doonorhoonest pärineva välisseinaga asendada kokku 188,8 m<sup>2</sup> ulatuses välisseina (300mm paksune silikaatkivist kandev sein osa). Vahelaeks kulub välja pakutud lahenduse korral 80 õõnespaneeli laiusel 1,2 m ning kaks õõnespaneeli laiusel 0,8 m.

#### 11.4. Mittekandvad konstruktsioonid

##### Avatäited

##### Aknad

Korterelamute allesjäänud ning terved aknad ei vasta tänapäevatele energiatõhususele, sest puitraamis on kaks klaasi, kus kummalgi klaasil puudub pinnakate. Katkiste akende (puidust leng + topelt puitraam 4mm kirka klaasiga) korduskasutamine nende mitte nõuetele vastavusele pigem kaheldav – demonteerida ning koguda liigiti (klaas, puitraamid, sulused, tihendid eraldi). Terved ning kompleksseid aknaid võib pakkuda mõnele ettevõttele, kes tegeleb vanade asjade taastamisega (näiteks kalasaba.com).

##### Uksed

##### Korterite (turva)uksed

Suures osas on korterite uksed alles. Korduskasutamine on võimalik, kui uksed demonteerida ning korrastada (kontrollida suluste olukorda ning toimivus, paigaldada uued lukud). Mitte kõlblikud uksed koguda liigiti – vanad originaaluksed on puidust, uued turvauksed terasest (mõningal juhul on uksed kaetud puitkilpidega).

##### Korterite siseuksed

Enamus korteritesse alles jäänud puitraamides siseuksed on amortiseerinud (kütteta ning avatäideteta korterites olnud pikemat aega) või kannatada saanud vandalismi tulemusena. Leidub üksikuid terveid uksi, millel on terved nii ligid kui raamid. Alles jäänud ning terved uksed saab demonteerida (koos ligidega) ning neile anda uus elu – vana värv eemaldada, sulused korrastada, vajadusel asendada, uuesti värvida, vajadusel asendada ukselehel asuv klaas (kui on klaasiga uks). Taastatud sisustele on turg olemas – kasutatud siseuksi müüakse erinevates portaalides (näiteks retro24.ee) või pakkuda uksi taastamiseks ettevõttele, kelle tegevusalaks on vanade asjade taastamine (näiteks kalasaba.com).



Foto 43. Keskpuiestee 43 siseuks <sup>110</sup>

### **Laudpõrandad**

Leidub kortereid, kus 1960ndatel aastatel paigaldatud laudisest põrand on kaetud nn. Soome papiga – kindlaks teha, millises olukorras on papi all olev laudpõrand. Laudpõrandad on reeglina kaetud mitmekordse värvikihiga. Põrandalauad, mis visuaalselt terved saab suunata korduskasutusse (värv eemaldada, lasta kuivada kontrollitud sisekeskkonnas). Korduskasutuseks mitte kõlbulik osa laudisest demonteerida ning koguda liigiti (kas ohtlik jääde või tavajäätmete hulka kuuluv puit sõltub värvi keemilisest koostisest).

EKUK kütuselaborisse Keskpuiestee 43 hoonest viidud proovide analüüside tulemusel selgus, et raskmetallide nagu arseen, kaadmium, kroom, vask, plii ning tsink kontsentratsioonid ületavad piirmäärasid, mistõttu on puitmaterjalide võimalik taaskasutus limiteeritud. Näiteks keldrist ning korteri põrandalaagist võetud proovide analüüside tulemusest selgus, et nimetatud puitmaterjale võib kasutada puiduhakkena nii kütuseks kui ka multšina, samas kui põrandalauast, aknalauast ning uksest võetud proovide tulemused nende materjalide kasutamist kütuseks ega puiduhakkena ei võimalda.

Puitmaterjalide raskmetallide ning halogeenorgaaniliste ühendite sisaldust tuleb põhjalikult uurida ka järgnevat selekteeriva demontaaži pilootprojektide puhul, kaasates valimisse erineva töötlusega puitmaterjalid, s.h. värvitud, lakitud, (sügav)immutatud, töötlemata jne.

### **Krohvi**

Krohvi on kasutusel 5-30mm paksune lubisementskrohvi. Krohvi on suhteliselt kergelt seinadelt eemaldatav (nake seinaga on ajaga halvenenud). Krohvi on võimalik eemalda survepesu sooda- või liivapritsiaga.

### **Keraamilised plaadid**

Plaaditud on trepikodade treppide mademed, enamustes korterites vannitoad, mõnedes korterites köögid, esikud. Terved ja lahtised plaadid saab eemaldada ning kordus- või taaskasutusse suunata.

<sup>110</sup> OÜ Kapitaalehitus töö nr E-03/05-2021, Keskpuiestee 43 tehnilise seisundi audit

### **Gaasilikaltsiidist siseseinad**

Purustatud plokkide saab potentsiaalselt ära kasutada näiteks uue poorbetooni (nii autoklaavitud kui ka autoklaavimata vahtbetoon) tootmiseks või kuivsegude koostises täitematerjali osalise asendajana.

Kuivsegude puhul kasutatakse erinevaid täitematerjali fraktsioone - kuni 2mm (liiva fraktsioonid 0...2mm) korral saab kuivsegust mörti ning jämedama fraktsiooni (kuni 8mm) kasutamise korral betooni. Esmalt tuleb teostada ühe kuivsegu terastikulise koosseisu määramine, mida tuleb võrrelda gaasilikaltsiitploki purustamisel saadud terastikulise koostisega. Selline võrdlus annab infot selle kohta, kui suure osa tekkinud purustatud gaasilikaltsiidist plokkidest potentsiaalselt kuivsegudes ära kasutada saaks.

Purustatud silikaatkivi ja gaasilikaltsiidi kasutamine kuivsegudes täitematerjali asendajana tõstatab üles rida küsimusi, millele tuleb laboratoorsete katsete tulemusel vastuseid leida.

Järgmisena on toodud näitena mõned teemad, mida tuleb täiendavalt uurida:

- Silikaadil võrreldes liivaga (peentäide kuivsegudes) on suur veeimavus. Suurem veeimavus tähendab, et valmissegule sama töödeldavuse saamiseks tuleb lisada rohkem vett (suurem vesi-tsementtegur) ehk suureneb veevajadus.
- Kuidas mõjutab vesi-tsementteguri suurenemine kivilisunud segu tugevust? Tugevuse puhul tasub mainida, et mörtide puhul see määravaks ei ole, küll on see aga määravaks betooni puhul.
- Kuidas mõjutab silikaltsiidi suurem veeimavus kivilisunud segu külmakindlust?
- Milliseid tulemusi saadakse erinevate retseptide puhul (täitematerjali asendus 25%, 50% ja 75% ulatuses).

### **Mööbel**

Enamus korterites olevast mööblist on lõhutud. Mööbli materjaliks enamasti puitlaastplaadid, mille saab suunata eraldi kogutuna jäätmekäitluskohale. Kahjustamata või väärtuslikuma mööbli leidudes (näiteks täispuidust mööbel) tasub kaaluda nende korduskasutusse suunamist kas annetuste (näiteks SmartSwap platvorm ja Uuskasutuskeskused) või müügi näol. Kontaktteeruda ja konsulteerida ettevõttega, kes on spetsialiseerunud mööbli taastamisele.

### **San.tehnika**

Korteritest on enamus sanitehnikast eemaldatud. Ka alles jäänud sanitehnika on demonteeritud (st. ei asu talle ettenähtud kohas). Sanitehnika halvas olukorras ning ei kuulu korduskasutusse suunamiseks. Sanitehnika koguda liigiti ning suunata jäätmekäitluskohale.

## 12. Ehituselementide ja materjalide ringlussevõtu seadusandlusest tulenevad piirangud

Ehitusseadustik <sup>111</sup> määratleb § 12'ga ehitustoodetele vastavushindamise nõude „Toote nõuetele vastavuse seadusega“ (TNVS) <sup>112</sup>. Viimases viidatakse harmoneeritud standardite järgimise kohustuslikkusele, juhul kui need eksisteerivad, ja muudel juhtudel teistele nõuetele. TNVS § 40 „Eesti standard“ punkt (4)3) nimetab algupärase Eesti standardi vastavushindamise alusdokumendiks.

### 12.1. Betooni täitematerjalid

Vastavuse hindamine käib harmoneeritud standardi EVS-EN 12620 <sup>69</sup> kohaselt. Standard on kohalduv ja seal esitatud kriteeriumid on kasutatavad. Standard defineerib taaskasutatava täitematerjali (täitematerjal, mis on saadud varem ehituses kasutatud anorgaanilise materjali ümbertöötlemise tulemusena). Standardis klassifitseeritakse silikaatkividest toodetud täitematerjale koostisosa tähistusega Rb ja klassifitseeritakse:

Tabel 42. Taaskasutatavate jämetäitematerjalide koostisosade kategooriad <sup>69</sup>

| Koostisosa | Sisaldus<br>massiprotsentides | Kategooria                  |
|------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Rb         | ≤ 10                          | Rb <sub>10-</sub>           |
|            | ≤ 30                          | Rb <sub>30-</sub>           |
|            | ≤ 50                          | Rb <sub>50-</sub>           |
|            | ≥ 50                          | Rb <sub>deklareeritud</sub> |
|            | Nõue puudub                   | Rb <sub>NR</sub>            |

Erialgsed katsed näitavad, et silikaatkividest võib olla võimalik toota sisetingsimustes kasutamiseks jäiksid, konsistentsklassiga S1 betoone. Kasutusvõimaluse kinnituseks on vajalikud täiendavad katsetused.

### 12.2. Mördi täitematerjalid

Vastavuse hindamine käib harmoneeritud standardi EVS-EN 13139 <sup>71</sup> kohaselt. Standard on kohalduv ja seal esitatud kriteeriumid on kasutatavad. Standard defineerib küll taaskasutatava täitematerjali (täitematerjal, mis on saadud varem ehituses kasutatud anorgaanilise materjali ümbertöötlemise tulemusena) aga ei erista seda teistest täitematerjalidest. Kriteeriumid on kõikidele materjalidele (looduslik, tehistäitematerjal ja taaskasutatav täitematerjal) ühesed.

Erialgsed katsed näitavad, et silikaatkividest oleks võimalik toota sisetingsimustes kasutatavaid krohve ja keraamiliste plaatide plaatimissegusid kuivsegudena. Kasutusvõimaluse kinnituseks on vajalikud täiendavad katsetused.

<sup>111</sup> Ehitusseadustik <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>

<sup>112</sup> Toote nõuetele vastavuse seadus <https://www.riigiteataja.ee/akt/13328792?leiaKehtiv>

### 12.3. Ehitustöödel kasutatav täitematerjal

Vastavuse hindamine käib harmoneeritud standardi EVS-EN 12620 <sup>69</sup> kohaselt. Standard on kohalduv ja seal esitatud kriteeriumid on kasutatavad. Standard defineerib taaskasutatava täitematerjali (täitematerjal, mis on saadud varem ehituses kasutatud anorgaanilise materjali ümbertöötlemise tulemusena). Standardis klassifitseeritakse silikaatkividest toodetud täitematerjale koostisosa tähistusega Rb ja klassifitseeritakse:

Tabel 43. Taaskasutatavate jämetäitematerjalide koostisosade kategooriad <sup>69</sup>

| Koostisosa | Sisaldus massiprotsentides | Kategooria                  |
|------------|----------------------------|-----------------------------|
| Rb         | ≤ 10                       | Rb <sub>10-</sub>           |
|            | ≤ 30                       | Rb <sub>30-</sub>           |
|            | ≤ 50                       | Rb <sub>50-</sub>           |
|            | ≥ 50                       | Rb <sub>deklareeritud</sub> |
|            | Nõue puudub                | Rb <sub>NR</sub>            |

Esiatsed katsed näitavad, et silikaatkividest täitematerjali on võimalik kasutada täitematerjalina sisetingimustes. Näiteks esimese korruse põrandaaluse täitena.

### 12.4. Õõnespaneelid

Korduskasutatava õõnespaneeli puhul puudub nii harmoneerimata kui harmoneeritud standard. Ei eksisteeri ka tehnilist normi. Eksisteerib uue/esmase tootena valmistatava õõnespaneeli kohta harmoneeritud standard EVS-EN 1168 <sup>92</sup>. Korduskasutatavatele õõnespaneelidele on võimalik luua algupärane Eesti standard, võttes aluseks harmoneeritud standardi asjakohased punktid.

### 12.5. Seinaelemendid

Korduskasutatava müürikivi seinapaneeli kohta puudub nii harmoneerimata kui harmoneeritud standard. Ei eksisteeri ka uue/esmase tootena valmistatava müürikivist seinapaneeli kohta standardit. Korduskasutatavatele müürikivist seinapaneelidele on võimalik luua algupärane Eesti standard võttes aluseks riigi, teadlaste, tootjate/ehitajate ja teiste huvipoolte seiskohad.

### 12.6. Kokkuvõte

Hetkel kehtiv seadusandlus võimaldab hoone lammutamisel saadavaid elemente ja materjale uuesti ehitusturule suunata, kuna nt doonorhoonelt võetud vahelaepaneeli kasutamine samal otstarbel uues hoone on võimalik - paneel ei lange jäätme staatusse, kuid selle ohutus ja tänastele nõuetele vastavus tuleb täiendavalt tõendada. Täitematerjali taaskasutamisel vastavuse hindamiseks eksisteerivad harmoneeritud standardid, juriidilised tõkked kasutamiseks puuduvad. Korduskasutatavate õõnespaneelide, müürikivide ja seinapaneelide vastavushindamiste teostamiseks on vajalik luua algupärased Eesti standardid.

### 13. Poliitikasoovitused ja edasine uurimisvajadus

Poliitikasoovituse osas on esmatähtis omada ülevaadet olemasolevast olukorrast, tänaseks teostatud uuringutest ja analüüsides ning juba koostatud strateegiatest ja tegevuskavadest, eelkõige ka käesolevas raportis viidatud allikad Eesti ringmajanduse strateegia ja tegevuskava<sup>12</sup>, Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring (2021) Lisa 1 – Ehitussektor<sup>13</sup>, Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikaülikool „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“<sup>26</sup> ning Civitta ja Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium „Ehituse pika vaate loomise analüüs“ (2020). Käesoleva uuringu raames on proovitud viidatud allikates esitatut osaliselt sisustada ning saadud tulemustele tuginedes esitatakse järgnevad ettepanekud realiseerimiseks riiklikul tasandil:

- Viia läbi käesoleva uuringu teine etapp, realiseerimaks ja monitoorimaks käesoleva uuringu raames välja töötatud selekteeriva demontaaži lahendust;
- Kutsuda ellu järgmised analoogsed pilootprojektid, kuna antud piloothoonega analoogsed silikaatkivimüritistest seinte ning raudbetoon õõnespaneelidest vahelagedega korterelamud moodustavad vaid väikese osa Eesti lammutamisele või renoveerimisele minevast hoonefondist. Eelkõige võiks järgmisteks piloothooneteks olla peamised korterelamud, nt raudbetoon-suurpaneel lamu, keraamilistest (kärj)tellistest seintega elamu, gaasilikalt siit suurplokkelamu ja puitkorterelamu ning pärast neid valik üksiklamuid, tööstus- ja põllumajandushoone ning avalik hoone;
- Jäätmeseaduse (kehtiv redaktsioon 01.11.2021) kohaselt on tegemist on nõuetele vastava tootega, kui nõuetele vastavus tõendatakse koheselt (nt ehitusplatsil), mitte ei viida materjale esmalt jäätmekäitleja juurde ja vajalikke katsetusi ei teostata seal uuendamisel. Jäätmeseaduse uuendamisel (tulevikus) on ettepanek lisada § 1 nõuetele vastav ehitustoode nimistusse, mis Jäätmeseaduse reguleerimisalasse ei kuulu. Eesmärgiks on hoone demontaaži käigus vältida nõuetele vastava ehitustoote muutmist ehitus- ja lammutusjäätmeks. Vastasel juhul algab jäätmekäitus Jäätmeseaduse (JäätS) mõistes. Analüüsida kogu Jäätmeseaduse uuendamise vajadust ja võimalusi, arvestades ka Euroopa Liidu asjakohaseid direktiive;
- Uuendada Vabariigi Valitsuse määrust nr 148 „Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistud“ (kehtiv redaktsioon 11.06.2021) § 2 punkte 3 ja 5, mis käsitlevad jäätmeks muutunud materjalide/toodete (vastavalt koodid R3k ja R5k) korduskasutuseks ettevalmistamist (määrus ei käsitle korduskasutatavaid elemente). Analüüsida kogu määruse nr 148 uuendamise vajadust ja võimalusi, arvestades ka Euroopa Liidu asjakohaseid direktiive ning Jäätmeseaduse uuenemist;
- Täiendada ehitusprojektidele esitatavaid nõudeid, uuendades asjakohast standardit EVS 932 „Ehitusprojekt“. Lisada ehitusprojekti lammutusprojekti peatükk (vastav ettepanek on standardi uuendamise eest vastutava eksperdiga kooskõlastatud ning standardi uuendamine on planeeritud teostada käesoleval 2022. aastal), juhtides tähelepanu võimalike lisauuringute vajadusele. Muudatus peaks toetama ehitus- (s.h. lammutus)projektide hõlpsamat menetlemist ja järelevalvet seoses ehitusteatiste ja -lubadega;
- Töötada välja hetkel puuduvad standardid vahelaepaneelide, müürikivide ja seinaelementide korduskasutuseks ning nõuetele vastavuse hindamiseks, vt. ka pt 12 (piirangud);
- Töötada välja uus hoone selekteerivat demontaaži käsitlev RT juhendkaart (või muus formaadis analoogne juhendmaterjal), mis käsitleks lammutamisele mineva hoone põhjalikku, metoodilist hindamist koos materjalide ja elementide inventariseerimise ning ringlussevõtu potentsiaali hindamisega; Juhendkaardi järgimine on võimalik riiklikult korraldatavate hangete puhul kohustuslikuks teha, mis peaks viima lammutamisele mineva hoone elementide korduskasutuse ja materjalide ringlussevõtu suurenemiseni praktikas;

- Uuendada olemasolevat juhendkaarti RT-69-11183-et „Jäätmehooldus ehituses“, kaasates protsessi erinevate huvigruppide esindajad (nt Keskkonnaministeerium, ERMEL, jäätmekäitlejate esindaja, Ehituskeskus);
- Tõhustada riiklikult korraldatud järelevalvet seoses ehitus- ja lammutusjäätmete käitlemisega, tihendades valdkondlikku koostööd keskkonnaministeeriumi, KOV-ide ja TTJA vahel. Eesmärk on vähendada/vältida täna kohati valdkonnas eksisteerivat kontrolli puudumist ning luua selgem ja läbipaistvam ehitus- ja lammutusjäätmete tekkimise ja käitlemise protsessi vastutusahel;
- Töötada välja riiklikud toetusmeetmed ehitus- ja lammutusjäätmete ringlussevõtu soodustamiseks kas elementide korduskasutuse ja teisese toorme ringlussevõtu rahaliseks toetamise või esmase toorme täiendava maksustamise teel. Elementide ja materjalide korduskasutuse puhul võiks toetus olla diferentseeritud vastavalt ümbertöötlemise astmele (vähem ümbertöötlemist on suurema toetusega);
- Riigihangete puhul näidata targa tellijana eeskujut, rõhutades väärtuspõhistes hangetes taaskasutatud materjalide kasutamise olulisust ning arvestamaks seda pakkumiste hindamise kriteeriumina (seotud ringlussevõtu soodustamise seadusandlusega);
- Luua eeldused elementide korduskasutuseks ning materjalide ringlussevõtuks virtuaalse ja füüsilise materjalipanga näol koos jäätmevoo protsessi (s.h. skemaatiliselt) väljatöötamisega;
- Sisustada jäätmevoo protsessi vastutusahel resertifitseerimise tõendamismeetodiks - tegevused materjalide omaduste määramiseks ning ohutuse tõendamiseks erineva keerukuse ja töömahuga, purustaval/mittepurustaval meetodil erinevate kriteeriumite suhtes, nt kandvõime/tugevus, kahjustused/püsivus, ohtlike ainete sisaldus jms. Resertifitseerimise tõendamismeetodid on mõistlik diferentseerida eramu- vs massehitamise vahel;
- Tõsta valdkonna spetsialistide teadlikkust ning erialast pädevust läbi kõrgkoolide olemasolevate tasemeõppekavade ja õppeainete uuendamise ning uute ehitusvaldkonna ringmajanduse õppekavade, mikrokraadide ning õppeainete loomise teel (lühiajalises perspektiivi sisustamiseks võiks kutsuda ellu ja sisustada keskkonnaministeeriumi, ERMEL-i ja teiste huvigruppide koostöös teemakohase täiendkoolituste seeria). Linnaplaneerimise, arhitektuuri, ehitusinseneeria ning keskkonnakorralduse õppekavades on esimesed sammud selles suunas juba astunud;
- Koondada valdkonna pädevus kokku ühte kompetentsikeskusse näiteks TTJA-s või muus riigiasutuses. Kompetentsikeskus omaks ülevaadet ja reguleeriks kogu ehitatud keskkonna keskkonnamõju valdkonda, s.h. ehitus- ja lammutusjäätmed ning ehitusmaterjalid. Kompetentsikeskusel on puutumus ministeeriumite, erialaliitude, huvigruppide, ülikoolide, KOV-ide ja paljude teiste osapooltega, millest tulenevalt peaks kompetentsikeskuses olema ka nimetatud osapoolte esindajad. Muuhulgas kuuluks kompetentsikeskuse pädevusse riikliku järelevalve korraldamine, juhendmaterjalide loomine ning täiendkoolituste organiseerimine.

Ettepanekud realiseerimiseks KOV tasandil:

- Arvestada ehitatud keskkonna uusehitamise, renoveerimise ja lammutamise vajadusega arengukava koostamisel. Võimaldab proaktiivselt analüüsida lähiaastate erineva iseloomuga ehitustööde mahtu, materjalide vajadust ning lammutamisel tekkivaid mahtusid;
- Uuendada jäätmehoolduseeskirju, arvestades ringmajanduse, selekteeriva demontaaži, elementide korduskasutuse ning materjalide ringlussevõtu põhimõtteid;

- Koostada mõne pilootomavalitsusega (nt Tallinna või Tartu linn) koostöös eramu- ning massehituse resertifitseerimise tõendamismeetodi rakendamine juhendmaterjalide loomise näol. Eesmärgiks on jäätmevoo ja selle ringlussevõtu efektiivsem ja läbipaistvam korraldus koos tegevusjuhiste ja kontroll-loenditega erinevatele osapooletele – tellija, projekteerija, ehitaja (s.h. lammutustööde teostaja), omanikujärelevalve, jäätmete vedaja (kui on eraldi), jäätmekäitleja, KOV järelevalve. Juhendmaterjali loomine peaks aitama kaasa nii jäätmete tekke vähenemisele, liigiti kogumisele kui ka lõppplastatavate jäätmete hulga vähenemisele;
- Teha loodav selekteerivat demontaaži, elementide korduskasutust ning materjalide ringlussevõttu käsitleva RT juhendkaadi (või muus formaadis analoogne juhendmaterjal) järgimine kohustuslikuks nii KOV poolt korraldatavate hangete kui ka lammutusteatisel või -projekti menetluse faasis. See peaks viima lammutamisele mineva hoone elementide korduskasutuse ja materjalide ringlussevõtu suurenemiseni praktikas;
- Tugevdada järelevalvet KOV territooriumile kavandatava ehitus- ja lammutustööde osas ehitusteatisel või ehitusloa taotluse menetlemise faasis. Veenduda esitatud ehitusprojekti keskkonnakaitse ja jäätmekäitluse peatüki olemasolus ning sisulises piisavuses, s.h. ehitus- ja lammutusjäätmete kogused, liigiti kogumine ja jäätmete puhtus ning jäätmekäitlus. Lammutustööde puhul veenduda lammutusprojekti olemasolus ning selle nõuetele vastavuses (oleneb lammutustööde mahust ja keerukusest, võib olla vajalik lammutustööde organiseerimise kava vastavalt MTM määrusele nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“, § 25);
- Tugevdada järelevalvet KOV territooriumil toimuvate ehitus- ja lammutustööde osas, suurendades pistelisi kontrole ehitusplatsidele tööde nõuetele ning esitatud projektile vastavuse kontrollimiseks (arvestades siiski piiratud hulga ametnike tööjõuga). Samuti välistamaks KOV territooriumil toimuvat ehitus- ja lammutustegevust, millest KOV-i teavitatud pole. Eesmärgiks on tagada, et ehitusprojekti esitatud ehitus- ja lammutusjäätmete kogused, liigiti kogumine, puhtus ning jäätmekäitlus vastaks tegelikkusele ning jäätmevoog oleks järgitav. Järelevalve käigus võrrelda jäätmeõiendil esitatud info tõepärasusest.

Edasise uurimisvajaduse osas on oluline mõista, et käesolevas uurimistöös esitatud katsetulemused on piiratud ajalisest ja finantsilistest ressursist tulenevalt teostatud minimaalses mahus ja vajab põhjalikumaid uuringuid. Esialgsed katsed näitavad eeldusi materjalide taaskasutamiseks aga selle kinnitamiseks on vajalik teostada põhjalikumad uuringud.

Selekteeriva demontaaži analüüs näitab, et erinevate hoone elementide korduskasutus on põhimõtteliselt võimalik aga vajab korduskasutuseks sobilikkuse hindamise, demontaaži, detailide kontrolli, transpordi ja sobiliku korduskasutuse võimaluste detailsemat analüüsi ning meetodite väljatöötamist.

## 14. Kokkuvõte

Eesti elamufond on vananenud, suure renoveerimisvajadusega ja kohati üsna halvas seisus, millele viitavad ka varasemad uuringud. Prognooside alusel võib aastaks 2050 kasutusest välja langeda suurusjärgus 40 000 üksikelamut (~4,8 mln m<sup>2</sup>) ja 5300 korterelamut (~5 mln m<sup>2</sup>). Seetõttu on juba täna oluline pöörata tähelepanu sellele kas ja mida nende hoonetega lähitulevikus ette võetakse.

Üks võimalik variant on vananenud (ja kasutusest välja langenud) hooned lammutada tavapärasel meetodil, kuid sellest saadav taaskasutatav materjal on suure ümbertöötlemise astmega ega kasuta ära ehituselementide säilinud potentsiaali. Seetõttu võiks lammutamisele minevates hoonetes kasutatud elemente/materjale/tooteid näha nn materjalipangana, mida saaks kasutada väiksema ümbertöötlemise astmega ning materjalide ja toodete seniseid omadusi optimaalselt ära kasutades. Nii väheneks ressursside kasutamine esmase toorme kaevandamiseks, transpordiks ning ehitusmaterjalide tootmiseks ning selle kaudu ehitatud keskkonna CO<sub>2</sub> emissioonid. Üheks perspektiivseks võimaluseks hoone lammutamisel saadaolevate elementide ja materjalide maksimaalseks ning väiksema ümbertöötlemise astmega kasutamiseks on selekteeriva demontaaži rakendamine.

Käesoleva rakendusuuringu esimeses etapis analüüsiti lammutamisel saadaolevate ehitusmaterjalide ja elementide ringlussevõtu potentsiaali Kiviõlis, aadressil Keskpuiestee 43 oleva piloothoone näitel ning töötati välja selekteeriva demontaaži stsenaarium koos kahe potentsiaalse taaskasutuse võimalusega – Kiviõli I Keskkooli õuesõppekeskkond ning hooldekodu lammutatava hoone senisele asukohale.

Hoone lammutamisel saadaolevate ehituselementide ja materjalide ringlussevõtt eeldab olemasoleva hoone põhjalikku, metoodilist hindamist koos materjalide ja elementide inventariseerimise ning taaskasutatavuse hindamisega. Lisaks välitöödele on esimeste pilootobjektide puhul vajalikud täiendavad katsed, laboratoorsed uuringud ja proovikoormamised materjalide ja elementide omaduste määramiseks ning ohutuse tagamiseks. Käesoleva uuringu 1. etapi väliuuringute tulemustele toetudes leiti, et ca 90% Keskpuiestee 43 raudbetoon õõnespaneelidest võiks olla korduskasutatavad sama funktsiooniga mõne uue hoone ehitamisel kuid paneelide nõuetele vastavus koos kandevõime proovikoormamisega tuleb täiendavalt tõendada uuringu teises etapis. Silikaatkividest seinte uuringud ja katsed nii mitte-purustaval kui ka purustaval meetodil osutavad eeldatust suuremale survetugevusele ja külmakindlusele – see loob eeldused müüritise elementide korduskasutamiseks mõne teise hoone ehitamiseks (s.h. kandekonstruktsioonideks), üksikute kivide kasutamine võib osutuda probleemseks mõrdist puhastamise suure töömahukuse tõttu. Müüritise kui terviku kandevõime katseline testimine on kavandatud uuringu teise etappi.

Käesoleva rakendusuuringu tulemustel leiti ühel või teisel määral tekkiva purustatud silikaatkivi jääkidele taaskasutuseks järgmisi rakendusi, mille kinnitamiseks on vajalikud täiendavad katsetused:

1. Esialgsed katsed näitavad, et silikaatkividest võib olla võimalik toota sisetingimustes kasutamiseks jäiksid, konsistentsklassiga S1 betoone;
2. Esialgsed katsed näitavad, et silikaatkividest oleks võimalik toota sisetingimustes kasutatavaid krohve ja keraamiliste plaatide plaatimissegusid kuivsegudena;
3. Esialgsed katsed näitavad, et silikaatkividest täitematerjali (nn killustik) on võimalik kasutada täitematerjalina sisetingimustes, näiteks esimese korruse põrandaaluse täitena. Tulenevalt valmistatud täitematerjalide omadustest ei ole need sobilikud tee-ehituses alustena kandvates osades. Täitematerjal võib leida kasutust RMK hallatavates metsateedes.
4. Esialgsed katsed näitavad, et kuigi silikaatkivist killustiku tugevus, kuluvus, külmakindlus ja veeimavus on võrreldes tavapärase paekivikillustikuga kehvemad, on võimalik silikaatkivi kasutada edukalt uue betooni tootmiseks peen- ja jämetäitematerjali osalise asendajana,

kusjuures lisaks headele tugevuslikele omadustele ei halvenenud oluliselt ka betooni külmakindlus;.

Majanduslike mõjude hindamiseks võrreldi tavapärase lammutamise, selekteeriva demontaaži hooldekodu/hooldekodude ehitamiseks ja uue analoogse korterelamu materjalide maksumusi. Tavapärase lammutuse maksumus saadi ca 57 905 €-t. Selekteeriva lammutuse maksumus ühe hooldekodu kohta (selekteerivalt lammutatakse üks korrus ja ülejäänud tavaliselt) võiks olla ca 112 378 €-t. Nelja uue hooldekodu (kaks Kiviõlis, üks Rakveres ja üks Tallinnas) tarvis selekteeriva lammutuse maksumus on ca 232 251 €-t ehk ca 58 062 €-t ühe hooldekodu kohta. Nendele kuludele lisanduvad transpordi ja montaaži kulud.

Esmasest analüüsist selgub, et mida suurem hulk vana hoone elementidest ja materjalidest kasutatakse uute hoonete ehitamiseks selekteeriva demontaaži meetodil, seda majanduslikult kasulikumaks taaskasutamine muutub. Vanade elementide ja materjalide teoreetiline müügihind võiks jääda 43% kuni 90% vahemikku uute maksumusest, kuid see sõltub muudest teguritest. See annab tunnistust sellest, et teoreetiliselt võiks tulevikus tekkida ettevõtted, mis ostavad vanu sobivad ehitisi kokku ja väärindavad neis olevaid elemente ja materjale taaskasutamiseks ja ringlussevõtuks. Äri potentsiaal sõltub vana hoone müügihinnast, võimalikust klientuurist ja sihtobjektidest, milleks soovitakse elemente ja materjale kasutada. Parema ja sisulisema ülevaate saaks pilootprojekti teostamisel.

Uurimisprojekti viimases peatükis on esitatud poliitikasoovitused nii riiklikul kui ka kohaliku omavalitsuse tasandil ning defineeritud edasise uurimistöö vajadus.

## 15. Kasutatud kirjandus/ viidatud allikad

1. UNEP-SBCI (United Nations Environment Program Sustainable Buildings and Climate Initiative) <https://energies2050.org/sustainable-buildings-and-climate-initiative-unep-sbci/?lang=en>
2. UNEP Sustainable Buildings and Climate Initiative detailed brochure, 2013, 12 lk [https://energies2050.org/wp-content/uploads/2017/02/2013-07-UNEP-SBCI\\_Plaquette-GB\\_12-pages.pdf](https://energies2050.org/wp-content/uploads/2017/02/2013-07-UNEP-SBCI_Plaquette-GB_12-pages.pdf)
3. CINDERELA project <https://www.cinderela.eu/The-project/About>
4. McFadden, C. (2021) Modern Architecture's Dirty Secret: Concrete and the Climate. Interesting engineering <https://interestingengineering.com/modern-architectures-dirty-secret-concrete-and-the-climate>
5. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC AR5 Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change, Chapter 9. Buildings, 68 lk [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter9.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter9.pdf)
6. United Nations Environmental Programme, 2019 Global Status Report for Buildings and Construction, 41 lk <https://www.worldgbc.org/news-media/2019-global-status-report-buildings-and-construction>
7. United Nations Environmental Programme, 2020 Global Status Report for buildings and construction. Executive summary of the 2020 Global status report for buildings and construction, 5 lk [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR\\_ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR_ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
8. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_energeetika\\_energia-tarbimine-ja-tootmine\\_aastastatistika/KE062/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_energeetika_energia-tarbimine-ja-tootmine_aastastatistika/KE062/table/tableViewLayout2)
9. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Hoonete energiatõhusus. <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus>
10. Euroopa Parlament. Ringmajanduse tähendus, vajalikkus ja kasulikkus. Avaldatud 02.12.2015 <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/economy/20151201STO05603/ringmajanduse-tahendus-vajalikkus-ja-kasulikkus>
11. Ringmajandus <https://ringmajandus.envir.ee/et/ringmajandus>
12. Eesti ringmajanduse strateegia ja tegevuskava <https://ringmajandus.envir.ee/et/eesti-ringmajanduse-arengudokument-ja-tegevuskava>
13. Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring (2021). Lisa 1 – Ehitussektor (Kristiina Esop, Juhan Idnurm, Katrin Kull), 67 lk
14. Buildings as Material Banks (BAMB). What we do? <https://www.bamb2020.eu/>
15. CIRCUIT. About the project. What is CIRCUIT? <https://www.circuit-project.eu/about-circuit>
16. European Commission. Funding, Tenders. Funding Opportunities. Funding Programmes. Horizon 2020 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>
17. Kerswill, B., Castor Dentel, K., "Cradle to Cradle: Specifying Sustainable Materials" *The Vert powered by GreenBuilding News*, 19.11.2014 <https://greenbuildingnews.com/2014/11/19/cradle-cradle-specifying-sustainable-materials/>
18. Cradle to Cradle Products Innovation Institute <https://www.c2ccertified.org/products/registry>
19. Energiatõhususe miinimumnõuded, Vabariigi Valitsuse määrus nr 258 (vastu võetud 20.12.2007) <https://www.riigiteataja.ee/akt/12903585>
20. Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet. Hoonete energiatõhusus <https://ttja.ee/ariklient/ehitised-ehitamine/energiatohusus#suurettevote>
21. NASA, Global Climate Change. Vital Signs of the Planet <https://climate.nasa.gov/>

22. Säästva Renoveerimise Infokeskus MTÜ <https://www.renoveeri.net/>
23. Statistikaameti andmebaas  
[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_kinnisvara\\_elamumajandus/KVE02/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_kinnisvara_elamumajandus/KVE02/table/tableViewLayout2)
24. Statistikaameti andmebaas  
[https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus\\_kinnisvara\\_elamumajandus/KVE01/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_kinnisvara_elamumajandus/KVE01/table/tableViewLayout2)
25. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, DTZ Kinnisvaraekspert "Uuring kasutusest väljalangenud ja mahajäetud elamufondi võimalikust probleemsest" (2013)  
[https://www.mkm.ee/sites/default/files/131210\\_uuring\\_probleemsed\\_korterelamud\\_2013.pdf](https://www.mkm.ee/sites/default/files/131210_uuring_probleemsed_korterelamud_2013.pdf)
26. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikaülikool „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“ (2020)
27. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0213U/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0213U/table/tableViewLayout2)
28. Lüganuse Valla Arengukava 2018-2028  
<https://www.riigiteataja.ee/akti/isa/4241/0201/8005/m%C3%A4%C3%A4rus%20nr%2039,%20Lisa.pdf#>
29. Lüganuse valla koduleht, Ehitus ja planeerimine <https://www.lyganuse.ee/ehitised-korda>
30. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2)
31. „Elamumajanduse korrastamine Kiviõli linnas“, Needo, A. 19.09.2017 <http://trea.ee/wp-content/uploads/2018/04/Elamumajanduse-korrastamine-Kivi%C3%B5li-linnas-Anu-Needo.pdf>
32. Lüganuse vald osaleb pilootprojektis "Kahaneva rahvastikuga piirkondades probleemsete korterelamute elanike ümberasustamine ja kasutusest väljalangenud korterelamute lammutamine " [https://www.trea.ee/wp-content/uploads/2020/02/6\\_K.K%C3%BCtt-esitlus-Kivi%C3%B5li-29.01.2020.pdf](https://www.trea.ee/wp-content/uploads/2020/02/6_K.K%C3%BCtt-esitlus-Kivi%C3%B5li-29.01.2020.pdf)
33. [Keskonnaagentuur](#)
34. de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Modeling the interfacial transition zone between recycled aggregates and industrial waste in cementitious matrix“. Lk 3-27
35. Taushunaev, S., Fachratov, M., „Construction waste processing management and demolition of five-storey apartment blocks in Moscow“ IOP Conference series: Materials Science and Engineering 365 (2018)
36. de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Fly ash-incorporated recycled coarse aggregate-based concrete“, lk 229-242
37. de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Real-scale applications of waste in cement-based materials in building“ lk-d 681-713
38. de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, „Multirecycled concrete aggregates in concrete production“, lk 387-411
39. Kuldorg, D., „Raudbetoonkonstruktsioonid. Lisamaterjal kaugõppe tudengitele“ Tallinna Tehnikakõrgkool, 2021, 81 lk  
[https://moodle.ttk.ee/pluginfile.php/312981/mod\\_folder/content/0/Raudbetoonkonstruktsioonid\\_14.04.2021.pdf?forcedownload=1](https://moodle.ttk.ee/pluginfile.php/312981/mod_folder/content/0/Raudbetoonkonstruktsioonid_14.04.2021.pdf?forcedownload=1)

40. de Brito, J., Thomas, C., Medina, C., Agrela, F., „Waste and byproducts in cement-based materials. Innovative sustainable materials for a circular ecology“ Woodhead Publishing, 2021, 785 lk, “Active-state corrosion in recycled aggregate concrete”, lk 545-564
41. Ferrari, G., Miyamoto, M., Ferrari, A., „New sustainable technology for recycling returned concrete“, Construction and Building Materials 67 (2014) lk 353-359
42. Gebremicheal, N.N., Motahari Karein, S. M., Karakouzian, M., Jadidi, K., „Investigation of setting time and compressive strength of ready-mixed concrete blended with returned fresh concrete“, Construction and Building Materials 197 (2019) lk 428-435
43. Kazaz, A., Ulubeyli, S., “Current Methods for the Utilization of the Fresh Concrete Waste Returned to Batching Plants” Procedia Engineering Vol. 161, 2016 lk 42-46  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.495>
44. Correia, S.L., Souza, F.L., Dienstmann, G., Folgueras, M.V., Hotza, D., „Use of aggregates from Recycled Concrete Mixer Trucks Waste in Concrete“, Materials Science Forum Vols. 591-593 (2008), pp 854-859 [10.4028/www.scientific.net/MSF.591-593.854](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.591-593.854)
45. de Brito Prado Vieira, L., Dominges de Figueiredo, A., John, V. M., „Evaluation of the use of crushed returned concrete as recycled aggregate in ready-mix concrete plant“, Journal of Building Engineering 31 (2020) 101408
46. Laisk, L., „Tagastatud betooni taaskasutus“, Eesti Maaülikool, Tartu 2020, 76 lk
47. The Resource Rows [https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com](https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com)
48. Wilson, R., “Old into new: Recycled bricks from façade of Copenhagen housing project”, Architects’ Journal, 2019 <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/old-into-new-recycled-bricks-form-facade-of-copenhagen-housing-project>
49. Sakharkar, A., “Researchers reused concrete to build a footbridge” Tech Explorist, Environment, 2021 <https://www.techexplorist.com/reused-concrete-build-footbridge/41696/>
50. Asam, C., „Recycling prefabricated concrete components – a contribution to sustainable construction“ (2005), Institute for Preservation and Modernisation of Buildings of at the Technical University of Berlin, 8 lk <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11828.pdf>
51. Huuka, S., Naber, N., Asam, C. and Caldenby, C., “Architectural potential of deconstruction and reuse in declining mass housing estates” Nordic Journal of Architectural Research, 1-2019, lk 139-179 <http://arkitekturforskning.net/na/article/view/1173>
52. Oll, A., “ENSV-aegse kivikonstruktsioonist korterelamu transport ja kontrollarvutused” Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn 2018, 46 lk
53. CINDERELA Demo2: Production of SRM construction products for building and civil engineering applications <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-2-Production-of-SRM-construction-products-for-building-and-civil-engineering-applications>
54. CINDERELA Demo 3: Geotechnical works with the use of SRM-based materials to revitalize a degraded area <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-3-Geotechnical-works-with-the-use-of-SRM-based-materials-to-revitalise-a-degraded-area>
55. CINDERELA Demo 4: Construction of a building with SRM-based materials <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-4-Construction-of-a-building-with-SRM-based-materials>
56. CINDERELA Demo 5: Construction of a road with SRM-based materials <https://www.cinderela.eu/Pilots/Demo-5-Construction-of-a-road-with-SRM-based-materials>
57. Gonzalez-Fontebao, B., Gayarre, F., Vera-Agullo, J., Casado, M., Medina, C., “Real -scale applications of waste in cement-based materials in building” <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820549-5.00014-0>
58. Buildings as Material Banks (BAMB). Build Reversible in Conception (B.R.I.C). An educational transformable wooden building <https://www.bamb2020.eu/topics/pilot-cases-in-bamb/bric/>

59. Ehitisregister <https://www.ehr.ee>
60. Maa-ameti kaardiserver, lennuaeg 19.06.2020
61. Hoonete tehnilise sisukorra hindamise juhend, Tallinna Tehnikakõrgkool <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:350752/310933/page/3>
62. Keskküla, T., Miljan, J., "Välise vaatluse teel monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide hindamise meetodika", Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1975
63. Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., Polder, R. Corrosion of Steel in Concrete. Prevention, Diagnosis, Repair. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, 2004. pp. 392/ Kiviste, M., Armatuurterase korrosioon ja selle mõju ribipaneelide kandevõimele. (Juh. prof. Jaan Miljan). Eesti Põllumajandusülikool, Tartu. 2004. 95 lk.
64. Lääne-Viru Jäätme keskuse ohtlike jäätmete hinnakiri <http://lvjk.ee/jaatmete-vastuvott/hinnakiri/>
65. Lääne Viru Jäätme keskuse hinnakiri <http://lvjk.ee/jaatmete-vastuvott/hinnakiri/>
66. Majandus- ja taristuministri määrus nr 101 "Tee ehituse kvaliteedi nõuded" <https://www.riigiteataja.ee/akt/120112020003?leiaKehtiv>
67. Maanteeamet "Killustikust katendikihtide ehitamise juh. MA-2016-012" [https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/killustikust\\_katendikihtide\\_ehitamise\\_juhis.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/killustikust_katendikihtide_ehitamise_juhis.pdf)
68. Majandus- ja taristuministri 22.09.2014. a määrus nr 74 „Tee-ehitusmaterjalide ja -toodete esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord” Lisa “ Tee-ehitusmaterjalide põhiomadused ja nende määramise meetodika” <https://www.riigiteataja.ee/akt/119022019034>
69. EVS-EN 12620:2005+A1:2008
70. EVS-EN 771-2:2011+A1:2015 Müürikivide spetsifikatsioon
71. EVS-EN 13139:2005 Mõrde täitematerjalid
72. EVS-EN 12504-2:2021 Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 2: Mittepurustav katsetamine. Põrkearvu määramine
73. EVS-EN 12504-1:2019/AC:2020 Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 1: Puursüdamikud. Võtmine, ülevaatus ja survekatse
74. EVS-EN 14630:2006 Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Test methods - Determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method
75. Eurofins EMLab P&K hallitussüsteemide register <https://www.emlab.com/app/fungi/Fungi>
76. EVS-EN 12390-7:2019 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 7: Kivistunud betooni tihedus
77. EVS-EN 12390-3:2019 Kivistunud betooni katsetamine. Osa 3: Katsekehade surveugevus
78. EVS-EN 206:2014+A2:2021 Betoon. Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus
79. EVS-EN 772-1:2011+A1:2015 Müürikivide katsemeetodid. Osa 1: Survetugevuse määramine
80. AS Silikaat silikaattoodete toimivusdeklaratsioonid <https://silikaat.ee/sertifikaadid/>
81. EVS-EN ISO 17225-1:2021 Tahked biokütused. Kütuste spetsifikatsioonid ja klassid. Osa 1: üldnõuded
82. „Raskmetallide ja halogeenitud orgaaniliste ühendite leidumine Eesti päritolu puidus“, 2020, 46 lk
83. Keskkonnaministri määruse eelnõu puidujäätmetest valmistatud kütusena kasutatava puiduhakke jäätme oleku lakkamise kriteeriumid
84. VTT-M-01931-14 „Kasutatud puidu klassifikatsiooni rakendamine praktikas“
85. Sforza, M., „Recycled Construction Waste in Europe“ *Global Recycling* 22019, lk 32 <https://global-recycling.info/archives/2964>
86. Pantini, S., Rigamonti, L. "Is selective demolition always a sustainable choice?" <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19307871>
87. Coelho, A., de Brito, J., „Traditional vs. Selective demolition – comparative economical analysis applied to Portugal“ (2010)

- <https://www.researchgate.net/publication/283325683> Traditional vs Selective Demolition - Comparative Economic Analysis Applied to Portugal
88. Hradil, P., Talja, A., Wahlström, M., Huuhka, S., Lahdensivu, J., Pikkuvirta, J., „Re-use of structural elements. Environmentally efficient recovery of building components“ VTT Technology 200, 2014, 74 lk
  89. A guide for identifying the reuse potential of construction products [https://www.nweurope.eu/media/10132/en-fcrbe\\_wpt2\\_d12\\_a\\_guide\\_for\\_identifying\\_the\\_reuse\\_potential\\_of\\_construction\\_products.pdf](https://www.nweurope.eu/media/10132/en-fcrbe_wpt2_d12_a_guide_for_identifying_the_reuse_potential_of_construction_products.pdf)
  90. RT-69-11183-et Jäätmehooldus ehituses, 12 lk
  91. Tõstark <https://www.mazam.eu/tooted/tostehark-tostekahvel/>
  92. EVS-EN 1168:2006 Betoonvalmistooted. Õõnespaneelid
  93. Flexural strength [https://www.wikiwand.com/en/Flexural\\_strength](https://www.wikiwand.com/en/Flexural_strength)
  94. EVS-EN 1991-1-1:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused
  95. EVS-ISO 13822:2011 Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. Olemasolevate konstruksioonide seisukorra hindamine
  96. EVS-EN 1990:2002 + NA:2002/AC:2021 Eurokoodeks. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused
  97. E-Betonelement Ekstruuder-õõnespaneelide vastuvõtu-ja paigaldusjuhend <https://betonelement.ee/tooted/oonespaneelid/>
  98. Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded, Siseministri määrus nr 17 (vastu võetud 30.03.2017) <https://www.riigiteataja.ee/akt/123022021013?leiaKehtiv>
  99. Majandus- ja taristuminister määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/126022021007?leiaKehtiv>
  100. RMK metsateede katendite projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend, versioon 2.0 (2020)
  101. Lüganuse valla arengukava investeeringute kava (2018-2028) <https://www.riigiteataja.ee/akt/4241/0201/8005/m%C3%A4%C3%A4rus%20nr%2039,%20Lisa%202.pdf#>
  102. Grünfeldt, I., „Kiviõli keskusesse tulevad õunaaed, vabaõhulava, veesilm ja liuväli“ *Virumaa Teataja*, 29.10.2021 <https://virumaateataja.postimees.ee/7373711/kivioli-keskusesse-tulevad-ounaaed-vabaohulava-veesilm-ja-liuvali>
  103. „Kiviõli uus linnakeskus saab õunapuuaia, vabaõhulava, veesilma ja talvel liuvälja“, Eesti Arhitektide Liit, 29.10.2021 [http://www.arhliit.ee/uudised/eal/kivioli\\_voistluse\\_tulemused/](http://www.arhliit.ee/uudised/eal/kivioli_voistluse_tulemused/)
  104. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_demograafilised-pehinaitajad/RV030/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_demograafilised-pehinaitajad/RV030/table/tableViewLayout2)
  105. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV021/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV021/table/tableViewLayout2)
  106. Statistikaameti andmebaas [https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik\\_rahvastikunaitajad-ja-koosseis\\_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2](https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik_rahvastikunaitajad-ja-koosseis_rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV087/table/tableViewLayout2)
  107. Ettevõtlus- ja tehnoloogiainistri määrus nr 28 „Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052018055>
  108. Sotsiaalministri määrus nr 58 „Täiskasvanute hoolekandeesutuse tervisekaitse nõuded“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/128032014029?leiaKehtiv>
  109. Majandus- ja taristuministri määrus nr 85 „Eluruumidele esitatavad nõuded“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034?leiaKehtiv>

110. OÜ Kapitaalehitus töö nr E-03/05-2021, Keskpuiestee 43 tehnilise seisundi audit
111. Ehitusseadustik <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>
112. Toote nõuetele vastavuse seadus  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/13328792?leiaKehtiv>

## 16. Lisad

Lisa 1 Visuaalse vaatluse märkmed

Lisa 2 Paekivi radioaktiivsuse analüüs

Lisa 3 Puidu raskmetallid ja halogeenorgaanilised ühendid, EKUK kütuse labor

Lisa 4 Keskpuiestee 43 moodulid

Lisa 5 Kiviõli I KK õuesõppeklass

Lisa 6 Hooldekodu

Lisa 7 Maksumuse hinnangud

Lisa 1 - Visuaalse vaatluse märkmed

**Esimene korrus**

|                                                                                                                                                       |                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Korter 1</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Kõige vasakpoolsema paneeli külg allapoole kaldu. Katsekeha SS14 võetud. | <b>Korter 2</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: 8<br>Lisamärkus: -                                        |
| <b>Korter 3</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                        | <b>Korter 4</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Põlengu jäljed.                          |
| <b>Korter 17</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                       | <b>Korter 18</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Betoonest akna alla 94cm. 25 cm sillus. |
| <b>Korter 19</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                       | <b>Korter 29</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                       |
| <b>Korter 30</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                       | <b>Korter 31</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                       |
| <b>Korter 32</b><br>Öönespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                       | <b>Trepikoda</b><br>Laius 105cm, aste 30x16cm, 9 tõusu.                                                               |

**Teine korrus**

|                                                                                                                                |                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Korter 5</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                 | <b>Korter 6</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                         |
| <b>Korter 7</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                 | <b>Korter 8</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Juurde ehitatud kergsein. |
| <b>Korter 20</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: 9<br>Lisamärkus: Silearmatuur A1 ø10. Paneeli kõrgus 220mm        | <b>Korter 21</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Krohvitud lagi.          |
| <b>Korter 22</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Osaliselt ei saa hinnata, lagi osaliselt kaetud. | <b>Korter 33</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Põlengu jäljed.          |
| <b>Korter 34</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                | <b>Korter 35</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                        |
| <b>Korter 36</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                |                                                                                                        |

### Kolmas korrus

|                                                                                                                                                          |                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Korter 9</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5, keskmine paneel 1.<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Võetud katsekehad SS11, 12,13, VS1. Seinal tahmajäljed. | <b>Korter 10</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: 7<br>Lisamärkus: Vuugid, gaasbetoon? |
| <b>Korter 11</b><br>Õõnespaneelide hinne: -<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Laed kaetud, hinnangut ei saa anda.                                        | <b>Korter 12</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                   |
| <b>Korter 23</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Võetud katsekeha SS15, kivid lahtised. Akna alla müüritises kaldpragu.     | <b>Korter 24</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                   |
| <b>Korter 25</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                          | <b>Korter 37</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                   |
| <b>Korter 38</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                          | <b>Korter 39</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                   |
| <b>Korter 40</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                          |                                                                                                   |

## Neljas korrus

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Korter 13</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5, parempoolne paneel hinne 1.<br>Pildi number: 1,2<br>Lisamärkus: Seinal rahuldav seisund, krohv 0,5-3cm. 147cm akna kõrgus. 87cm akna alumine äär paneelist. Lae netokõrgus 2,60m. Paneeli laius 1,20m. 26cm silluse kõrgus. | <b>Korter 14</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5, vasak paneel hinne 0.<br>Pildi number: 3,4,5<br>Lisamärkus: Kaitsekiht hindega 0 paneelil 6-7mm, A1 ø12. |
| <b>Korter 15</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                                                                                                                                          | <b>Korter 16</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5, korteri keskmine paneel hinne 0.<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Põlenud korter                        |
| <b>Korter 26</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                                                                                                                                          | <b>Korter 27</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Toimunud põleng, betoonile kahjustusi ei ole.                           |
| <b>Korter 28</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                                                                                                                                          | <b>Korter 41</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                       |
| <b>Korter 42</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: -                                                                                                                                                                                          | <b>Korter 43</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: 10<br>Lisamärkus: Võetud tuhaplokk ning silikaat.                                        |
| <b>Korter 44</b><br>Õõnespaneelide hinne: 5<br>Pildi number: -<br>Lisamärkus: Toimunud põleng.                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                       |

## Kelder

### Kelder vasak

Õõnespaneelide hinne: 5

Pildi number: 11,12,13,14,15,16,22,23

Lisamärkus: Pildil 22, 23 nähtav armatuur A1  $\varnothing 10$ , mõõdetud nihikuga. Mitmel paneelil betoon ebapiisavalt täidetud (auklik). Paneelidel 7 töötavat armatuuri. Mitmel paneelil pikiarmatuuri näha. Osad paneelid 85cm laiad (pilt 14), sellised paneele kokku 5tk, ülejäänud 120cm laiad. Paneel 9,10,12 korrodeerunud (Pilt 15), hinne 0. Mitmel paneelil kaitsekiht 0-3mm. Paneel 12 täielikult korrodeerunud (Pilt 16), hinne 0.

### Kelder keskmine

Õõnespaneelide hinne: 5

Pildi number: 17,18,19.

Lisamärkus: Pildil 17,18 näha töötav armatuur eraldunud, nake puudu A1  $\varnothing 10$ , hinne 0. Keskmises keldris toimunud põleng. Pildil 19 näha paneel 2, võrgustik paljastunud, ebapiisavalt tihendunud (paraakpaneel), 120cm lai, A1  $\varnothing 16$ . Osades paneelides mikropraod.

### Kelder parem

Õõnespaneelide hinne: 5

Pildi number: 20, 21,24

Lisamärkus: Trepikojast 1. paneelil kaitsekiht laguneb. 2. paneelil kumab läbi pikiarmatuur. Keldris otsaseina juures toimunud põleng, ebapiisavalt tihendatud betoon, augud betoonis, armatuur kumab läbi. Pildil 20 näha korrodeerunud vardaid toepiirkonnas. Pildil 21, 24 näha praakpaneeli, hinne 0, paneelis auk, nake puudulik.



KESKKONNAAMET

ASUTUSESISESEKS KASUTAMISEKS

Märge tehtud: 15.12.2021

Juurdepääsupiirang kehtib kuni: 14.12.2026

Alus: AvTS § 35 lg 1 p 17

Teebevaldaja: Keskkonnaamet

EAK poolt akrediteeritud katselabor L175

standardi EVS-EN ISO/IEC 17025:2017 nõuete suhtes

Radioaktiivsuse analüüsi tulemused

15.12.2021 nr 11-7/21/133-2

**TELLUJA NIMI JA AADDRESS:** Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboratoorium, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Harjumaa.

Registreeritud Keskkonnaametis 17.11.2021 nr 11-7/21/133.

**ANALÜÜSITUD PROOVI (MATERJALI) KIRJELDUS:**

Vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide teadus- ja katselaboratooriumi tellimuskirjale:

- Proovi nimetus: purustatud paekivi (purustatud segu kolmest erinevast paekivist);
- Proovivõtu koht ja aeg: Kesk-Puistee 43, Kiviõli, 08.11.2021;
- Proovivõtja: Simo Ilomets.

**ANALÜÜSIKS TOODUD PROOVI KOGUS:** 2,1 kg.

**ANALÜÜSI LÄBIVIIMISE KOHT:** Keskkonnaameti kliima- ja kiirgusosakond, Kopli 76, 10416 Tallinn.

**ANALÜÜSIKS KASUTATUD MEETOD:** Gamma-spektromeetria IEC 1452:1995.

**ANALÜÜSI SÜSTEEM:** Gamma spektromeeter HPGe detektor, Canberra Apex, LabSOCS.

**MÕÕDETUD PARAMEETER:** K-40, Ra-226, Th-232, Cs-137.

**PROOVIS MÄÄRATUD ISOTOOBID JA NENDE AKTIIVSUSED:**

| Proovi nimetus     | Määratud isotoop | Aktiivsus Bq/kg | Märkused                                              |
|--------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| Purustatud paekivi | Cs-137           | < 0,16          | Tulemus esitatud 95% tõenäosusega                     |
|                    | K-40             | 161 ± 12        | Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2) |
|                    | Ra-226           | 31 ± 3          | Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2) |
|                    | Th-232           | 9 ± 1           | Tulemus esitatud laiendmääramatusega (kattetegur k=2) |

Tulemused kehtivad ainult katsetatud objektidele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Uko Rand

juhataja

kiirgusseire büroo

kliima- ja kiirgusosakond

(allkirjastatud digitaalselt)

Larissa Palmi

labori vanemspetsialist

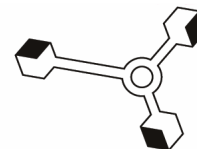
kiirgusseire büroo

kliima- ja kiirgusosakond

Radioaktiivsuse analüüsi tulemused 15.12.2021 nr 11-7/21/133-2  
mõõteprotokolli vorm, kinnitatud 14.05.2021

Lehekülg 1 (1) T3-Gamma

Reheline 64 / 80010 Pärnu / Tel 662 5999 / Faks 680 7427 / e-post: info@keskkonnaamet.ee /  
www.keskkonnaamet.ee / Registrikood 70008658



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Harju maakond

Teie 26.11.2021

Meie 08.12.2021

Nr.

Nr. KE21000718

## ANALÜÜSIAKT

|                  |                             |                               |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tellija          | Simo Ilomets                |                               |                   |
| Proovivõtjad     | Proov toodud kliendi poolt. |                               |                   |
| Proovivõtuaeg    |                             | Proovi laborisse jõudmise aeg | 26.11.2021 09:15  |
| Proovi tüüp      | Tahke aine                  | Analüüs lõpetatud             | 08.12.2021        |
| Proovivõtukoh    |                             |                               |                   |
| Proovi märgistus | <b>P</b>                    | Proovi kirjeldus              | Suletud kilekotis |

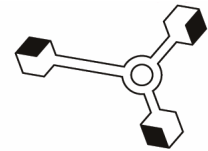
| Näitaja         | Katsemeetod  | Tulemus  | Ühik     |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| Kloor (Cl)      | EN 15408     | 0,013    | % (m/m)  |
| Fluor (F)       | EN 15408     | < 0,0015 | % (m/m)  |
| Broom (Br)      | EN 15408     | < 0,0025 | % (m/m)  |
| Elavhõbe (Hg) * | STJnrMU84-2  | 0,02     | mg/kg KA |
| Arseen(As)      | EVS-EN 15411 | < 3      | mg/kg    |
| Kaadmium (Cd)   | EVS-EN 15411 | < 1      | mg/kg    |
| Kroom (Cr)      | EVS-EN 15411 | 301      | mg/kg    |
| Vask (Cu)       | EVS-EN 15411 | 1,7      | mg/kg    |
| Plii (Pb)       | EVS-EN 15411 | 1503     | mg/kg    |
| Tsink(Zn)       | EVS-EN 15411 | 1255,0   | mg/kg    |

\* näitaja(d) on analüüsitud EKUK keskkonna- ja analüütilise keemia osakonnas

**Kinnitas:** keemik Liisi Lapp /

08.12.2021

Käesolev dokument on kinnitatud elektroonselt ja kehtib ilma allkirjata.



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Harju maakond

Teie 26.11.2021

Meie 08.12.2021

Nr.

Nr. KE21000719

## ANALÜÜSIAKT

|                  |                             |                               |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tellija          | Simo Ilomets                |                               |                   |
| Proovivõtjad     | Proov toodud kliendi poolt. |                               |                   |
| Proovivõtuaeg    |                             | Proovi laborisse jõudmise aeg | 26.11.2021 09:15  |
| Proovi tüüp      | Tahke aine                  | Analüüs lõpetatud             | 08.12.2021        |
| Proovivõtukoh    |                             |                               |                   |
| Proovi märgistus | <b>Aknalaud</b>             | Proovi kirjeldus              | Suletud kilekotis |

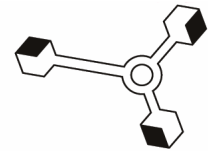
| Näitaja         | Katsemeetod  | Tulemus  | Ühik     |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| Kloor (Cl)      | EN 15408     | 0,013    | % (m/m)  |
| Fluor (F)       | EN 15408     | < 0,0015 | % (m/m)  |
| Broom (Br)      | EN 15408     | < 0,0025 | % (m/m)  |
| Elavhõbe (Hg) * | STJnrMU84-2  | < 0,01   | mg/kg KA |
| Arseen(As)      | EVS-EN 15411 | < 3      | mg/kg    |
| Kaadmium (Cd)   | EVS-EN 15411 | 1,5      | mg/kg    |
| Kroom (Cr)      | EVS-EN 15411 | < 1      | mg/kg    |
| Vask (Cu)       | EVS-EN 15411 | 2,5      | mg/kg    |
| Plii (Pb)       | EVS-EN 15411 | 45,5     | mg/kg    |
| Tsink(Zn)       | EVS-EN 15411 | 19207,0  | mg/kg    |

\* näitaja(d) on analüüsitud EKUK keskkonna- ja analüütilise keemia osakonnas

**Kinnitas:** keemik Liisi Lapp /

08.12.2021

Käesolev dokument on kinnitatud elektroonselt ja kehtib ilma allkirjata.



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Harju maakond

Teie 26.11.2021

Meie 08.12.2021

Nr.

Nr. KE21000720

## ANALÜÜSIAKT

|                  |                             |                               |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tellija          | Simo Ilomets                |                               |                   |
| Proovivõtjad     | Proov toodud kliendi poolt. |                               |                   |
| Proovivõtuaeg    |                             | Proovi laborisse jõudmise aeg | 26.11.2021 09:15  |
| Proovi tüüp      | Tahke aine                  | Analüüs lõpetatud             | 08.12.2021        |
| Proovivõtukoh    |                             |                               |                   |
| Proovi märgistus | <b>Uks</b>                  | Proovi kirjeldus              | Suletud kilekotis |

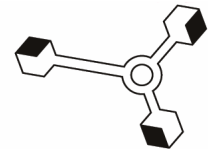
| Näitaja         | Katsemeetod  | Tulemus  | Ühik     |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| Kloor (Cl)      | EN 15408     | 0,009    | % (m/m)  |
| Fluor (F)       | EN 15408     | < 0,0015 | % (m/m)  |
| Broom (Br)      | EN 15408     | < 0,0025 | % (m/m)  |
| Elavhõbe (Hg) * | STJnrMU84-2  | 0,03     | mg/kg KA |
| Kaadmium (Cd)   | EVS-EN 15411 | 4,6      | mg/kg    |
| Kroom (Cr)      | EVS-EN 15411 | 6,3      | mg/kg    |
| Vask (Cu)       | EVS-EN 15411 | 1,5      | mg/kg    |
| Plii (Pb)       | EVS-EN 15411 | 181      | mg/kg    |
| Tsink(Zn)       | EVS-EN 15411 | 21184    | mg/kg    |
| Arseen(As)      | EVS-EN 15411 | < 3      | mg/kg    |

\* näitaja(d) on analüüsitud EKUK keskkonna- ja analüütilise keemia osakonnas

**Kinnitas:** keemik Liisi Lapp /

08.12.2021

Käesolev dokument on kinnitatud elektroonselt ja kehtib ilma allkirjata.



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Harju maakond

Teie 26.11.2021

Meie 08.12.2021

Nr.

Nr. KE21000721

## ANALÜÜSIAKT

|                  |                             |                               |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tellija          | Simo Ilomets                |                               |                   |
| Proovivõtjad     | Proov toodud kliendi poolt. |                               |                   |
| Proovivõtuaeg    |                             | Proovi laborisse jõudmise aeg | 26.11.2021 09:15  |
| Proovi tüüp      | Tahke aine                  | Analüüs lõpetatud             | 08.12.2021        |
| Proovivõtukoh    |                             |                               |                   |
| Proovi märgistus | K                           | Proovi kirjeldus              | Suletud kilekotis |

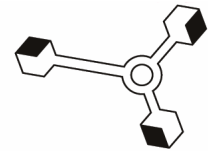
| Näitaja         | Katsemeetod  | Tulemus  | Ühik     |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| Kloor (Cl)      | EN 15408     | 0,012    | % (m/m)  |
| Fluor (F)       | EN 15408     | < 0,0015 | % (m/m)  |
| Broom (Br)      | EN 15408     | < 0,0025 | % (m/m)  |
| Elavhõbe (Hg) * | STJnrMU84-2  | 0,04     | mg/kg KA |
| Arseen(As)      | EVS-EN 15411 | < 3      | mg/kg    |
| Kaadmium (Cd)   | EVS-EN 15411 | < 1      | mg/kg    |
| Kroom (Cr)      | EVS-EN 15411 | 2,0      | mg/kg    |
| Vask (Cu)       | EVS-EN 15411 | 1,3      | mg/kg    |
| Plii (Pb)       | EVS-EN 15411 | < 1,2    | mg/kg    |
| Tsink(Zn)       | EVS-EN 15411 | 15,1     | mg/kg    |

\* näitaja(d) on analüüsitud EKUK keskkonna- ja analüütilise keemia osakonnas

**Kinnitas:** keemik Liisi Lapp /

08.12.2021

Käesolev dokument on kinnitatud elektroonselt ja kehtib ilma allkirjata.



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5

19086 Tallinn

Harju maakond

Teie 26.11.2021

Meie 08.12.2021

Nr.

Nr. KE21000722

## ANALÜÜSIAKT

|                  |                             |                               |                   |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Tellija          | Simo Ilomets                |                               |                   |
| Proovivõtjad     | Proov toodud kliendi poolt. |                               |                   |
| Proovivõtuaeg    |                             | Proovi laborisse jõudmise aeg | 26.11.2021 09:15  |
| Proovi tüüp      | Tahke aine                  | Analüüs lõpetatud             | 08.12.2021        |
| Proovivõtukoh    |                             |                               |                   |
| Proovi märgistus | <b>Roov</b>                 | Proovi kirjeldus              | Suletud kilekotis |

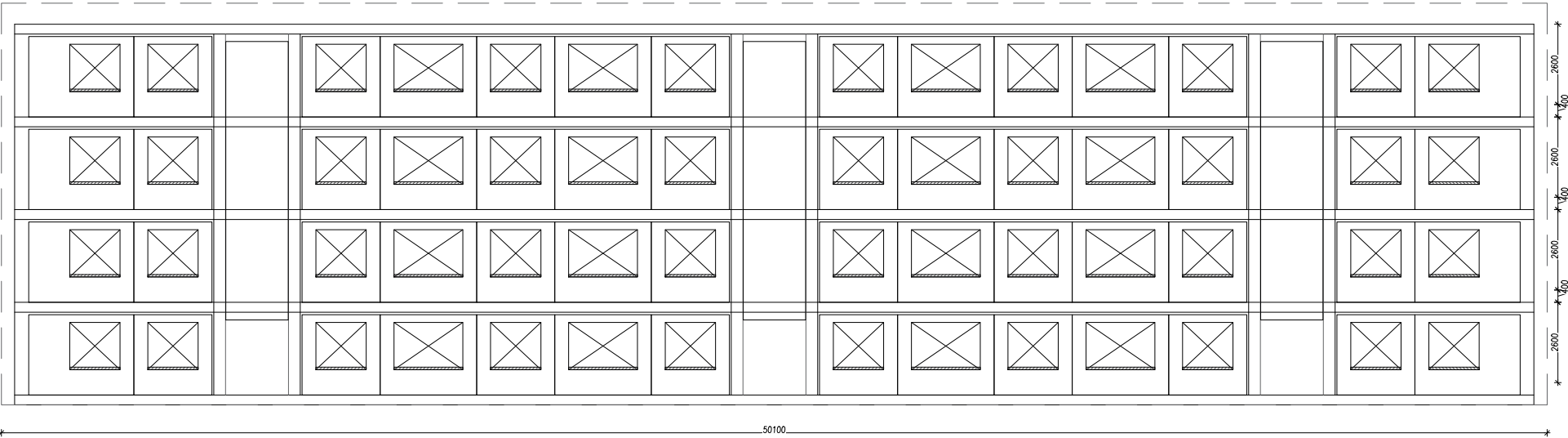
| Näitaja         | Katsemeetod  | Tulemus  | Ühik     |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| Kloor (Cl)      | EN 15408     | 0,013    | % (m/m)  |
| Fluor (F)       | EN 15408     | 0,030    | % (m/m)  |
| Broom (Br)      | EN 15408     | < 0,0025 | % (m/m)  |
| Elavhõbe (Hg) * | STJnrMU84-2  | 0,01     | mg/kg KA |
| Arseen(As)      | EVS-EN 15411 | < 3      | mg/kg    |
| Kaadmium (Cd)   | EVS-EN 15411 | < 1      | mg/kg    |
| Kroom (Cr)      | EVS-EN 15411 | < 1      | mg/kg    |
| Vask (Cu)       | EVS-EN 15411 | 1,1      | mg/kg    |
| Plii (Pb)       | EVS-EN 15411 | 2,6      | mg/kg    |
| Tsink(Zn)       | EVS-EN 15411 | 46,5     | mg/kg    |

\* näitaja(d) on analüüsitud EKUK keskkonna- ja analüütilise keemia osakonnas

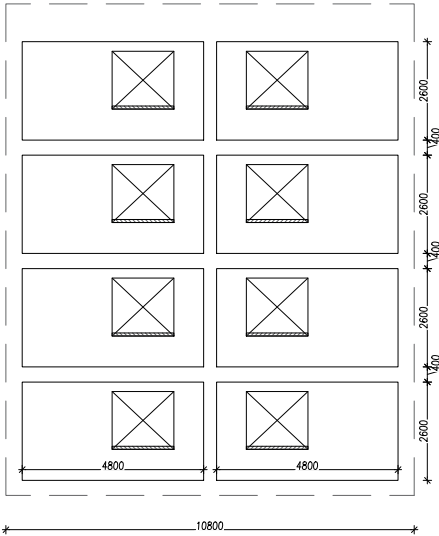
**Kinnitas:** keemik Liisi Lapp /

08.12.2021

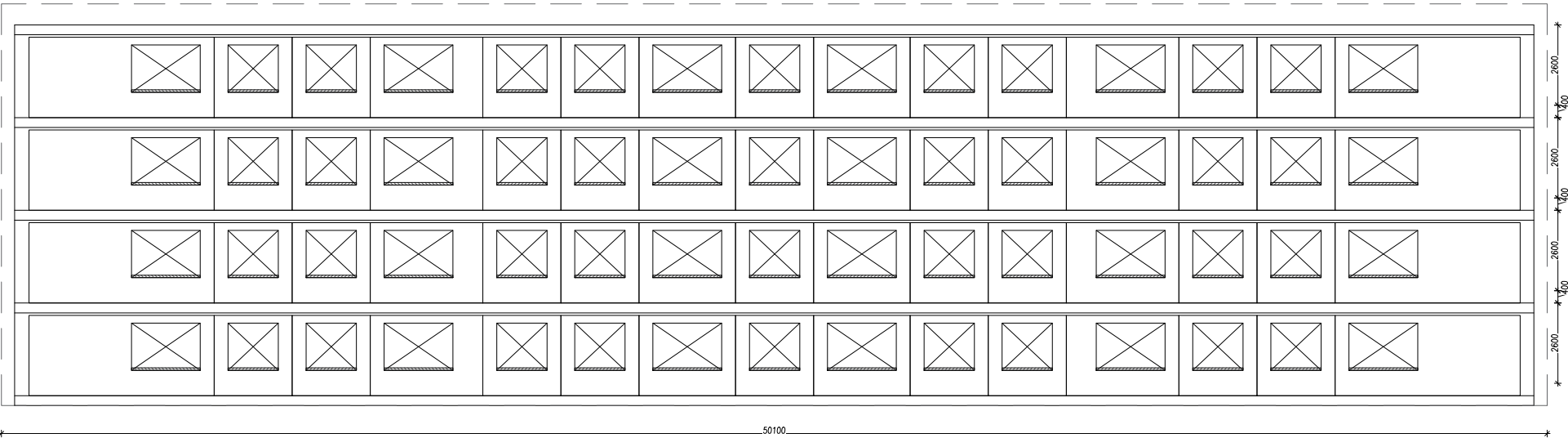
Käesolev dokument on kinnitatud elektroonselt ja kehtib ilma allkirjata.



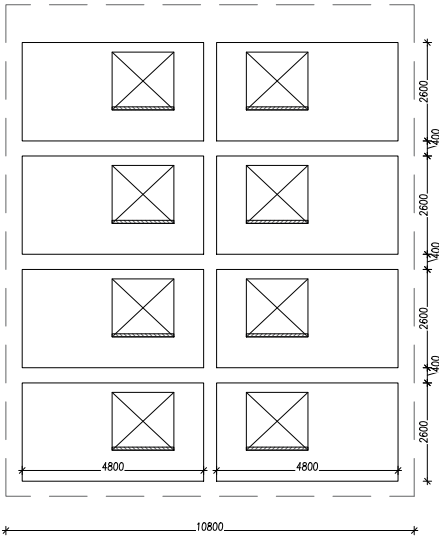
VAADE ESIFASSAADILE



VAADE OTSAFASSAADILE



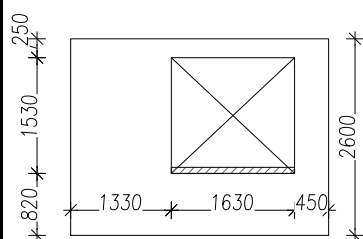
VAADE TAGAFASSAADILE



VAADE OTSAFASSAADILE

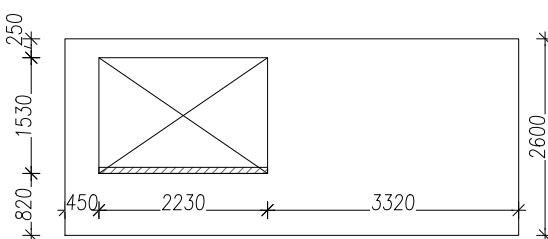
|                                                                                       |                                                                                                        |                                                                                                                           |                     |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|  | <b>Tallinna Tehnikaülikool</b><br>Ehituse ja arhitektuuri instituut<br>Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086 | Objekt:<br>TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL<br>TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA<br>RINGLUSSEVÕTU RAKENDUSUURING |                     | Töö nr:             |
|                                                                                       |                                                                                                        | Objekti aadress: Keskpuiestee 43, Kiviõli, 43122 Ida-Viru maakond                                                         |                     |                     |
|                                                                                       |                                                                                                        | Joonise nimetus:<br>HOONE JAGAMINE MOODULITEKS                                                                            |                     | Mõõtkava:<br>M1:200 |
|                                                                                       |                                                                                                        | Stadium: Eskiis                                                                                                           | Kuupäev: 21.02.2022 | Joonise nr.         |
| Autor:                                                                                | S. Ilomets, K. Rebane                                                                                  | Faili nimi: Pilootprojekt_hooldekodu_21022022                                                                             |                     |                     |

Nurgatuba (esifassaad)  
2x4=8tk



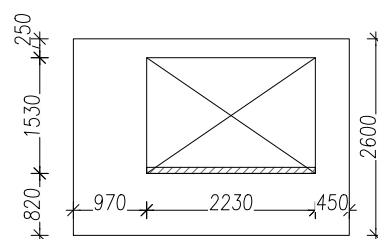
3410

Nurgatuba (taga)  
2x4=8tk



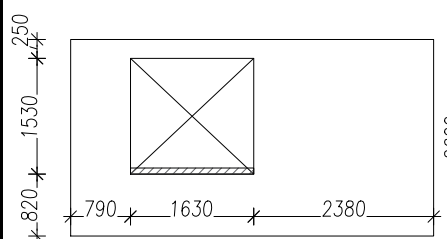
6000

S.tuba (taga)  
4x2=8tk



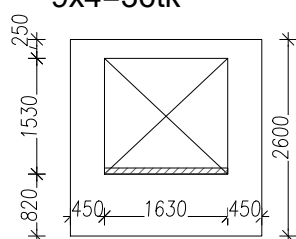
3650

Küljefassaad  
2x4x2=16tk



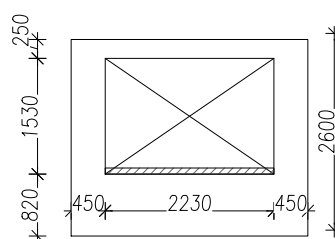
4800

Köök/ m.tuba  
8x4=32tk  
9x4=36tk



2530

S.tuba  
4x4x2=32tk



3130



**Tallinna Tehnikaülikool**  
Ehituse ja arhitektuuri instituut  
Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086

Objekt:  
TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL  
TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA  
RINGLUSSEVÖTU RAKENDUSUURING

Töö nr:

Objekti aadress: Keskpuiestee 43, Kiviõli, 43122 Ida-Viru maakond

Joonise nimetus:  
MOODULITE MÕÕDUD JA KOGUSED

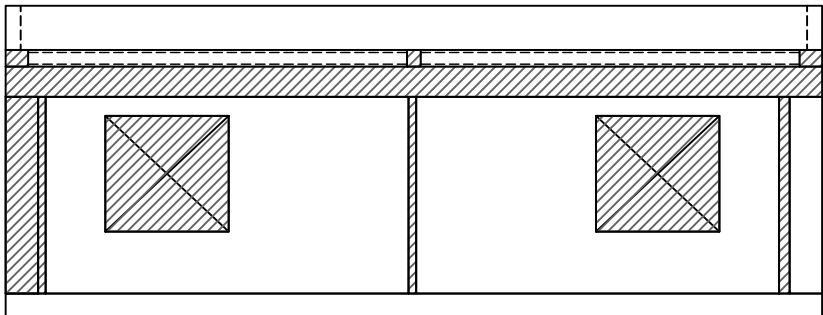
Mõõtkava:  
M1:100

Staadium: Eskiis Kuupäev: 21.02.2022

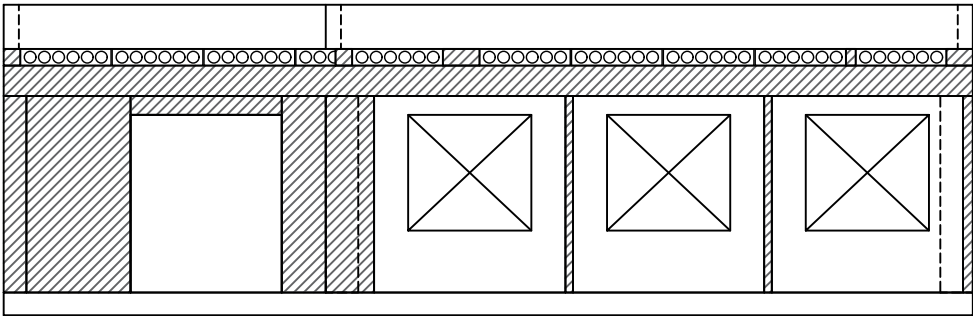
Joonise nr.

Autor: S. Ilomets, K. Rebane

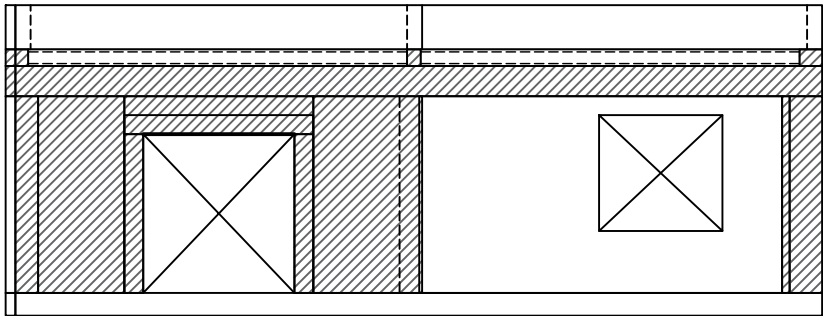
Faili nimi: Pilootprojekt\_hooldekodu\_21022022



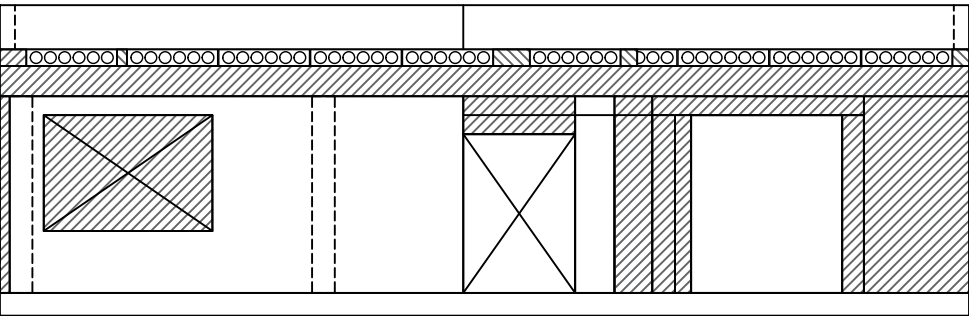
VAADE 1



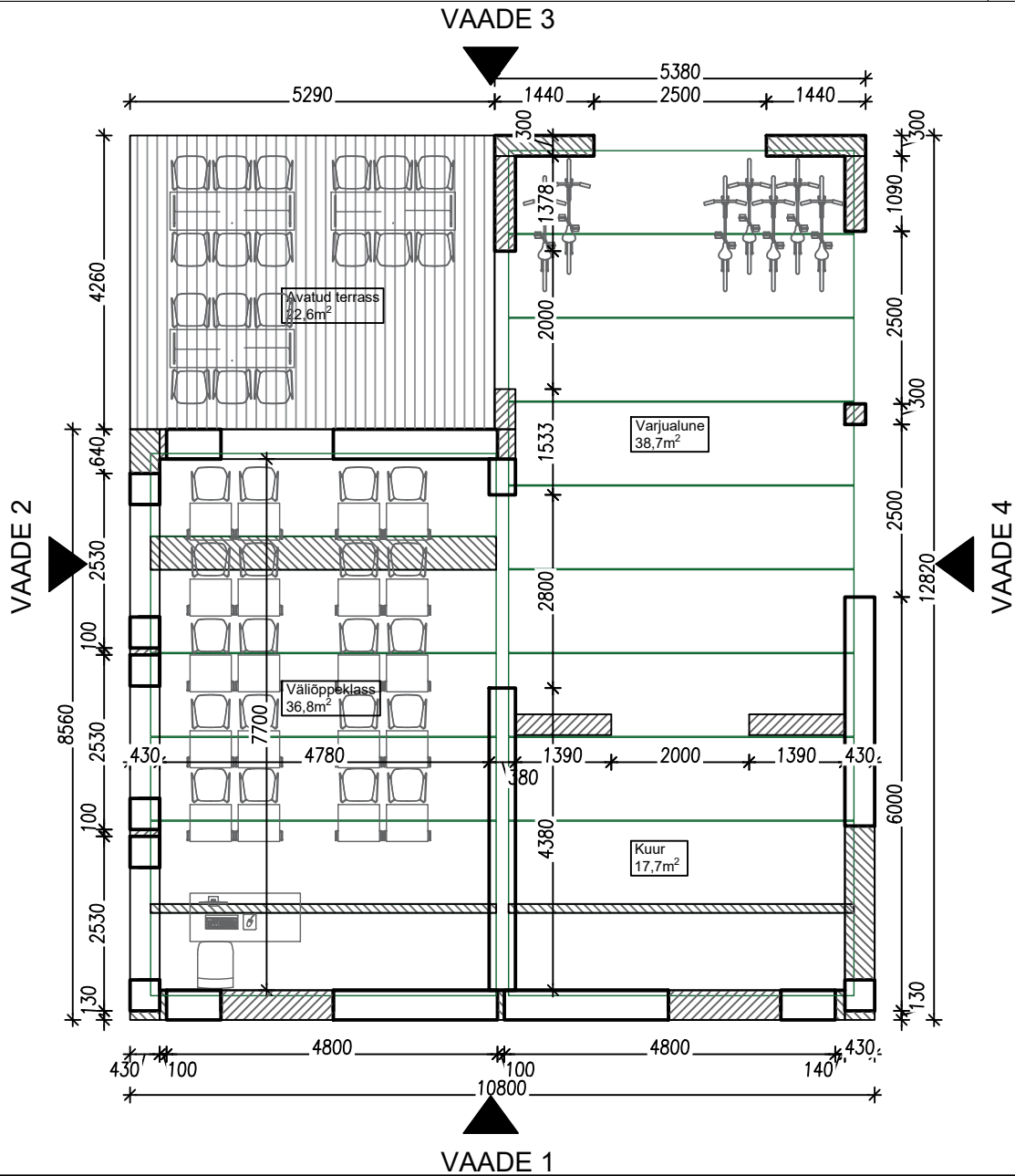
VAADE 2



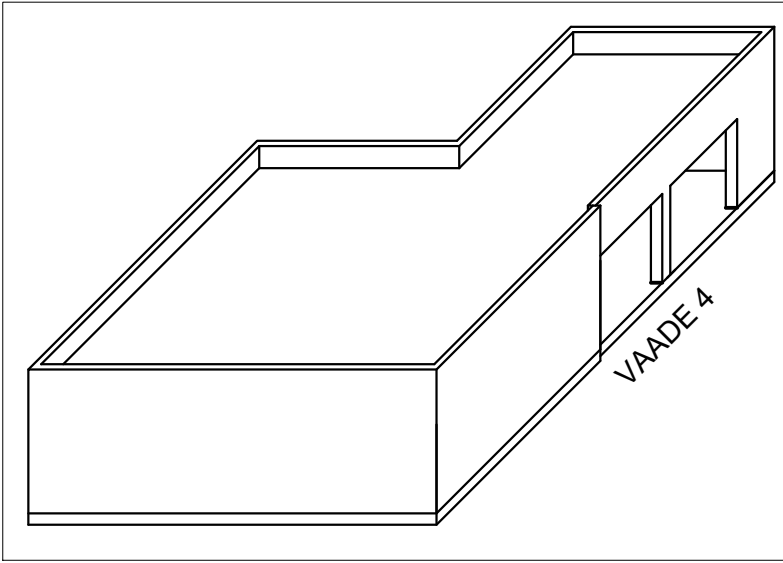
VAADE 3



VAADE 4

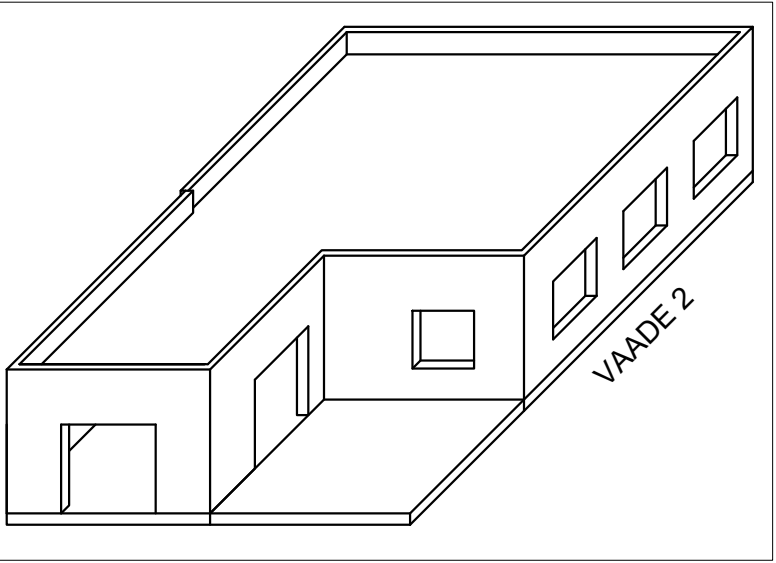


M1:200



VAADE 1

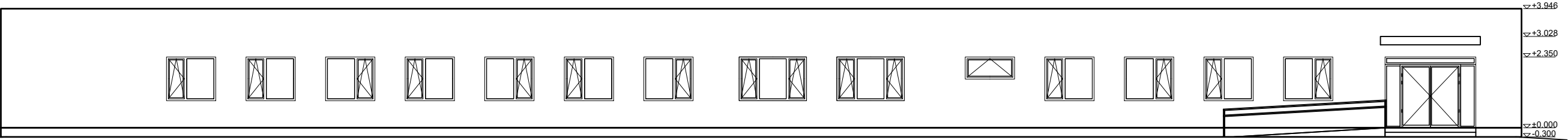
M1:200



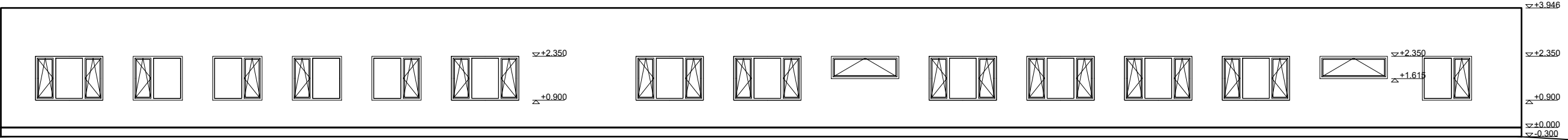
VAADE 3

|                                                                                       |                                                                                                        |                                                                                                                           |                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
|  | <b>Tallinna Tehnikaülikool</b><br>Ehituse ja arhitektuuri instituut<br>Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086 | Objekt:<br>TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL<br>TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA<br>RINGLUSSEVÕTU RAKENDUSUURING |                     | Töö nr:              |
|                                                                                       |                                                                                                        | Objekti aadress: Viru 14, Kiviõli, 43125 Ida-Viru maakond                                                                 |                     |                      |
|                                                                                       |                                                                                                        | Joonise nimetus:<br>ÕUESÕPPEKESKKOND. PLAAN. VAATED                                                                       |                     | Mõõtkava:<br>M 1:100 |
|                                                                                       |                                                                                                        | Stadium: Eskiis                                                                                                           | Kuupäev: 20.02.2022 | Joonise nr.          |
| Autor:                                                                                | S. Ilomets, K. Rebane                                                                                  | Faili nimi: Kiviõli I KK_20022022                                                                                         |                     |                      |

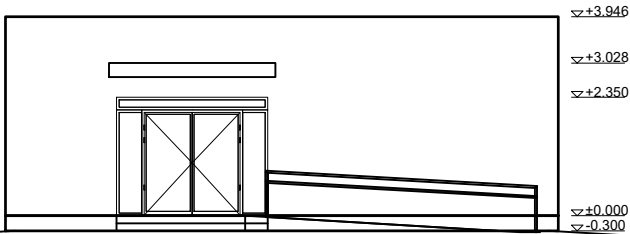
VAADE 1



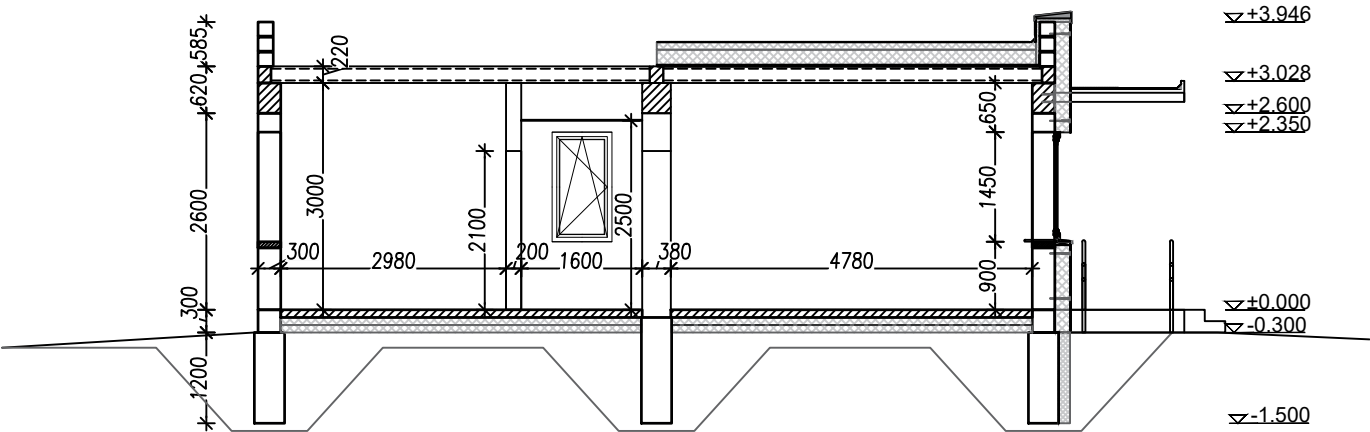
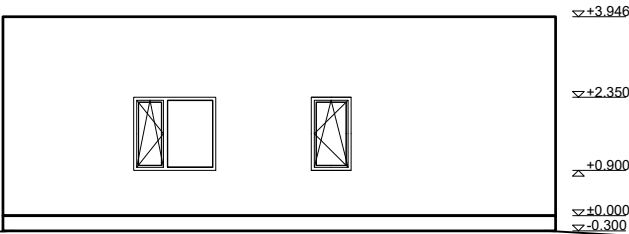
VAADE 3



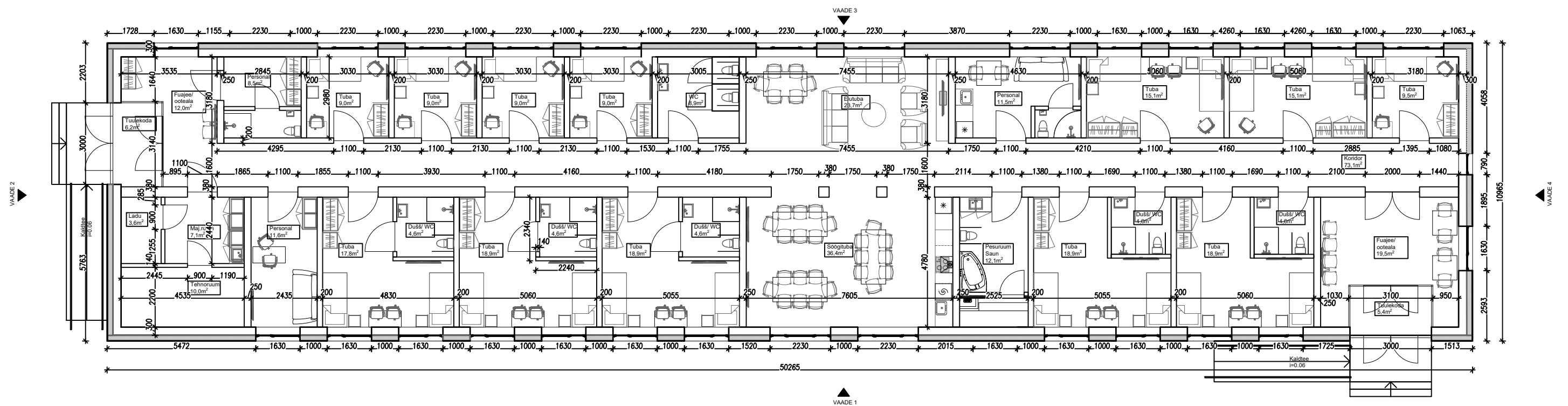
VAADE 2



VAADE 4

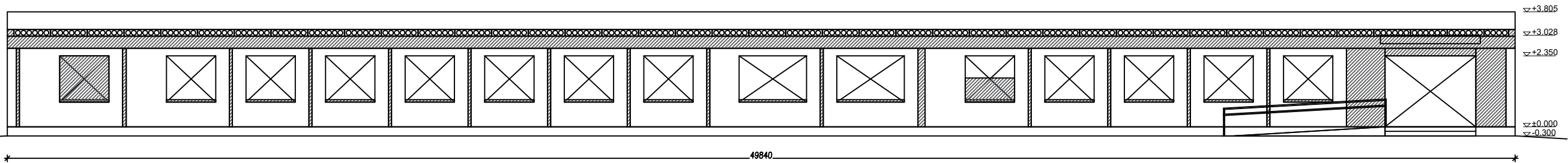


|                                                                                       |                                                                                                        |                                                                                                                           |                     |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|  | <b>Tallinna Tehnikaülikool</b><br>Ehituse ja arhitektuuri instituut<br>Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086 | Objekt:<br>TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL<br>TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA<br>RINGLUSSEVÖTU RAKENDUSUURING |                     | Töö nr:             |
|                                                                                       |                                                                                                        | Objekti aadress:                                                                                                          |                     |                     |
|                                                                                       |                                                                                                        | Joonise nimetus:<br>HOOLDEKODU. VAATED. LÕIGE                                                                             |                     | Mõõtkava:<br>M1:150 |
|                                                                                       |                                                                                                        | Stadium: Eskiis                                                                                                           | Kuupäev: 21.02.2022 | Joonise nr.         |
| Autor:                                                                                | S. Ilomets, K. Rebane                                                                                  | Faili nimi: Pilootprojekt_hooldekodu_21022022                                                                             |                     |                     |

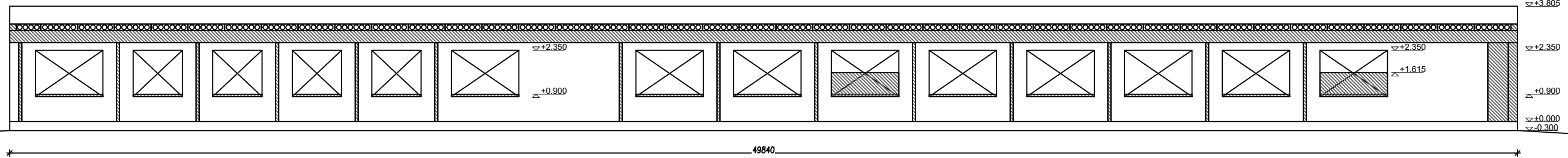


|                                                                                       |                                                                                                               |                                                                                                                                  |                            |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  | <b>Tallinna Tehnikaülikool</b><br><b>Ehituse ja arhitektuuri instituut</b><br>Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086 | <b>Objekt:</b><br>TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL<br>TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA<br>RINGLUSSEVÕTU RAKENDUSÜÜRING |                            | <b>Töö nr:</b>             |
|                                                                                       |                                                                                                               | <b>Objekti aadress:</b>                                                                                                          |                            |                            |
|                                                                                       |                                                                                                               | <b>Joonise nimetus:</b><br>HOOLDEKODU. KORRUSEPLAAN                                                                              |                            | <b>Mõõtkava:</b><br>M1:150 |
|                                                                                       |                                                                                                               |                                                                                                                                  |                            |                            |
|                                                                                       |                                                                                                               | <b>Stadium:</b> Eskiis                                                                                                           | <b>Kuupäev:</b> 21.02.2022 | <b>Joonise nr.</b>         |
| <b>Autor:</b>                                                                         | S. Ilomets, K. Rebane                                                                                         | <b>Faili nimi:</b> Piloitprojekt_hooldekodu_21022022                                                                             |                            |                            |

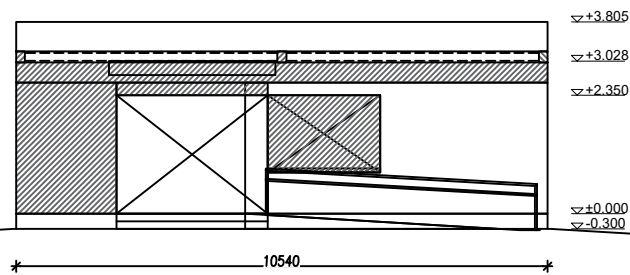
VAADE 1



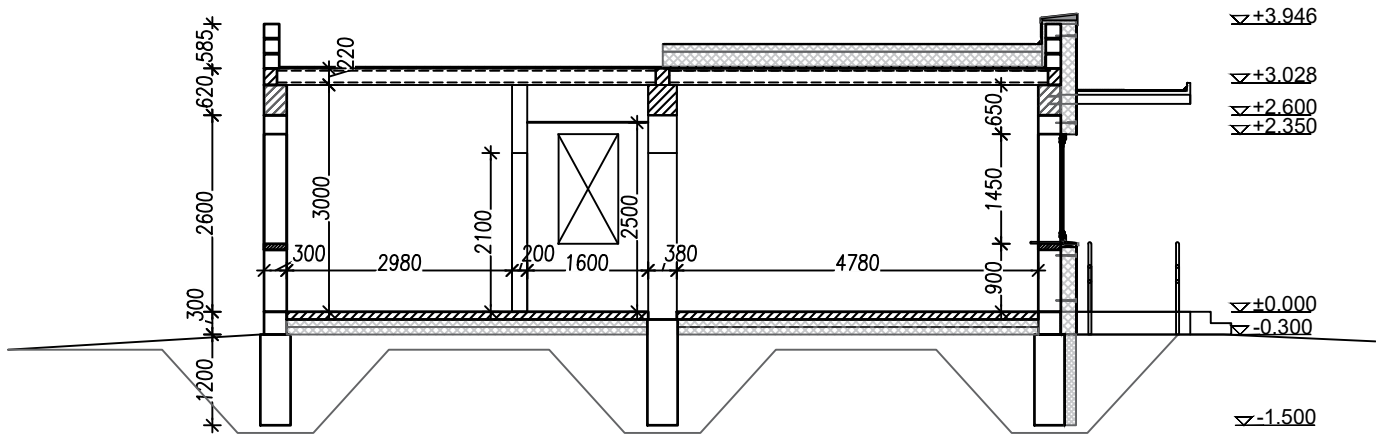
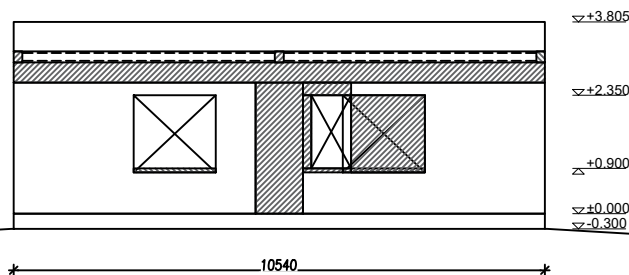
VAADE 3



VAADE 2



VAADE 4



|        |                                                                                                        |                                                                                                                           |                                               |                     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|
|        | <b>Tallinna Tehnikaülikool</b><br>Ehituse ja arhitektuuri instituut<br>Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086 | Objekt:<br>TÜHJENENUD KORTERELAMU LAMMUTAMISEL<br>TEKKIVATE MATERJALIDE KORDUSKASUTUSE JA<br>RINGLUSSEVÖTU RAKENDUSUURING |                                               | Töö nr:             |
|        |                                                                                                        | Objekti aadress:                                                                                                          |                                               |                     |
|        |                                                                                                        | Joonise nimetus:<br>HOOLDEKODU. VAATED. LÕIGE                                                                             |                                               | Mõõtkava:<br>M1:150 |
|        |                                                                                                        | Stadium: Eskiis                                                                                                           | Kuupäev: 21.02.2022                           | Joonise nr.         |
| Autor: | S. Ilomets, K. Rebane                                                                                  |                                                                                                                           | Faili nimi: Pilootprojekt_hooldekodu_21022022 |                     |



Lisa 7 - Stsenaariumite koondtabel

**STSENAARIUMITE KOONDTABEL**

| Nr | Stsenaariumi nimetus                              | Selgitus                                                          | Projekteeri mine | Lammutamine/<br>Selektiivne demontaaž | Ehitusmaterja lide müük | Ehitusjäätmete transport ja utiliseerimine | Elementide transport objektile | Elementide monaaž | Muud ehitustööd | Maksumus KM-ga (€) |
|----|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| 1  | Tavapärane lammutamine                            | Materjale taaskasutatakse peamiselt tagasitäiteks                 | 1 800,00 €       | 47 250,00 €                           | -14 180,50 €            | 28 285,99 €                                | 0,00 €                         | 0,00 €            | 0,00 €          | 63 155,49 €        |
| 2  | Hooldekodu Kiviõlis: uutest materjalidest         | Stsenaarium, mille korral pole vanast hoonest kasutatud materjale | 58 800,00 €      | 0,00 €                                | 0,00 €                  | 0,00 €                                     | 0,00 €                         | 0,00 €            | 1 181 650,20 €  | 1 240 450,20 €     |
| 3  | Hooldekodu Kiviõlis: taaskasutatud materjalidest  | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale          | 64 680,00 €      | 114 687,09 €                          | -9 516,40 €             | 28 285,99 €                                | 1 600,00 €                     | 26 560,00 €       | 1 102 315,80 €  | 1 328 612,47 €     |
| 4  | Hooldekodu Rakveres: taaskasutatud materjalidest  | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale          | 64 680,00 €      | 114 687,09 €                          | -9 516,40 €             | 28 285,99 €                                | 3 200,00 €                     | 26 560,00 €       | 1 155 748,80 €  | 1 383 645,47 €     |
| 5  | Hooldekodu Tallinnas: taaskasutatud materjalidest | Vanast hoonest on ühe hoone jagu ära kasutatud materjale          | 64 680,00 €      | 114 687,09 €                          | -9 516,40 €             | 28 285,99 €                                | 11 200,00 €                    | 26 560,00 €       | 1 173 748,80 €  | 1 409 645,47 €     |
| 6  | 4 hooldekodu taaskasutatud materjalidest          | Vanast hoonest on 4 hoone jagu ära kasutatud materjale            | 62 900,00 €      | 249 459,09 €                          | -6 376,90 €             | 28 285,99 €                                | 17 600,00 €                    | 106 240,00 €      | 4 534 129,20 €  | 4 992 237,37 €     |