

GUSTAV ADOLFI GÜMNAASIUM

SIIM RAUD

11. KLASS

KULUVUS GAG PEATREPI JA MUINSUSKAITSE AMETI MAJA TREPI NÄIDETEL

JUHENDAJA ERKKI SOIKA

SISSEJUHATUS

Gustav Adolfi Gümnaasiumi korruseid ühendab üks aukartust äratavalt vana trepp. Õpilased on sellel üles-alla sammunud üle sajandi. Selle tulemusena on trepile tekkinud suured lohud. Teemavalik tuleneski sellest, et nii kulunud treppi nähes tekkis autoril huvi uurida selle kuluvuse korrapära.

Teoriaosas antakse ülevaade sellest, millest trepi kuluvus sõltub. Uurimistöö põhieesmärk on mõõtmise teel välja selgitada, kuidas trepi kulumine on korruste vahel jaotunud.

Uurimistöö esimene osa on referatiivse iseloomuga, milles tutvustatakse paekivi liike, nende struktuuri ja omadusi. Käsitletakse erinevat liiki kulumisi ja antakse põgus ülevaade erinevatest kulumisega seotud uurimismeetoditest. Teises osas analüüsitakse mõõtmistulemuste põhjal treppide kulumist ja tõlgendatakse saadud tulemusi. Vaatluse alla on võetud Tallinnas Suur-Kloostri 16 asuva Gustav Adolfi Gümnaasiumi (GAG) peatrepp ja Pikk tänav 2 asuva Muinsuskaitseameti (MKA) maja trepp. Trepid valiti sellepärast, et need on samast ajastust, sarnasest materjalist ning treppidele oli juurdepääs mõõtmiseks. Mõlemad on valmistatud paekivist ja on muinsuskaitse all.

Allikatenä kasutatakse erinevaid referaate, raamatuid ja veebilehekülgi.

1. PAEKIVI LIIGID

Paekivi ehk paas on karbonaatsete kivimite üldnimetus. Nendeks on lubjakivi, dolokivi ja mergel. (Kübar, 2004, lk 4)

1.1. LUBJAKIVI

Lubjakivi on paekivi kõige levinum vorm. Lubjakivi on enamasti ühteaegu nii keemilise kui ka orgaanilise tekkega mereline settekivim. Paljud Eesti lubjakivid sisaldavad rikkalikult kivistisi. (Kübar, 2004, lk 4)

Lubjakivi on kaltsiumi süsihappesoolast (CaCO_3) moodustunud kivim. Puhas lubjakivi sisaldab 56% CaO-d ja 44% CO_2 . Looduses leidub sellist lubjakivi harva. Tavaliselt esineb lisanditena dolomiiti, savi, glaukoniiti, raudhüdroksiide. Olenevalt lisanditest on lubjakivi valge, kollakas, roosakas või hall. Raudoksiididest või lubiainesest koosnevate, umbes 1 mm läbimõõduga kerajate ooidide sisalduse korral kõneldakse ooidlubjakivist. (TTÜ, 2007, lk 8–9)

Lubjakivis on paekivi algne struktuur kõige parimini säilinud. Kivimi struktuur on tingitud koostisosade absoluutsest ja suhtelisest suuruselt. (TTÜ, 2007, lk 9)

Lubjakivi sisemine ehitus ulatub peitkristallilisest kuni jämedateraliseni. Koostisosade suuruse põhjal jaotatakse lubjakivi afaniitseks ehk peitkristalliliseks (alla 0,01 mm), mikrokristalliliseks (0,01–0,1 mm), peeneteraliseks (0,1–1mm) ja jämeteraliseks (üle 1 mm). Kui kristallide materjaliks on kaltsiit, siis terade materjaliks on kõige sagedamini erinevate organismide kodade purunemisel tekkinud detriit ja keemilise tekkega tombud. Lubjakivide põhimass on sagedamini mikrokristalliline. Tunduvalt väiksema levikuga on afaniitne lubjakivi, mille väliseks tunnuseks on karplik murre. (TTÜ, 2007, lk 8–9)

Koostisosade suuruse kõrval on oluline ka nende tekkeviis ja omapära. Kui lubjakivis on üle 25% purunemata kivistist, nimetatakse seda biomorfseks, rohke dertiidisalduse korral detriitseks. Vastavalt kivististe tüübile eristatakse karplubjakivi, korall-lubjakivi, onkoliitlubjakivi. (TTÜ, 2007, lk 9–10)

1.2. DOLOMIIT EHK DOLOKIVI

Erinevalt lubjakivist sisaldab dolokivi ehk dolomiit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ kuni 21,7% MgO-d, 30% CaO-d ja 48% CO_2 . Värvuselt on dolokivi lubjakivist kollakam ja hallikam. Suurem osa dolokivist on tekkinud lubjakivi dolomiidistumisel. Selle protsessi käigus moodustuvad kivimisse poorid ja tühimikud, sest kaltsiumi asendumine magneesiumiga põhjustab kivi

mahu vähenemise. Tühimike moodustumine toimub eelistatult fossiilide väljaleostumisel. (TTÜ, 2007, lk 10)

Dolokivi lähtematerjal on peamiselt laguunide setted, sest dolomiidiniimelise mineraali sadestumiseks vajalik kõrge magneesiumikontsentratsioon tekib vee aurumisel. See mineraal on dolokivi peamine komponent. Dolokivi sagedaimad lisandid on kaltsiit, kips, kvarts, kaltsedon, raudoksiid ja -hüdroksiidid. Purdmaterjali ja organismide jäänuseid on dolokivis vähem kui lubjakivis. (Kübar, 2004, lk 4)

1.3. MERGEL

Mergel on lubjakivi ja savi vahepealne lüli. Savi sisaldus on enamasti 25–50%. Kivim on hallika, roheka või kirju värvusega. (TTÜ, 2007, lk 10)

Eristatakse merglit (karbonaatseks materjaliks on peamiselt kaltsiit) ja domeriiti ehk dolomiitmerglit (sisaldab peale savimineraalide dolomiiti). Merglis leidub lisandina kvartsi, päevakivi, vilku, galukoniiti ja püriiti, domeriidis peale nimetatute veel kipsi jt mineraale. Mergel võib tekkida nii normaalse soolsusega meredes kui ka laguunides ning isegi magedaveelistes järvedes. Eesti karbonaatkivimite hulgas esineb merglit tihti õhemate või paksemate vahekihtidena lubjakivi või dolomiidi vahel. Savisisalduse tõttu puudub merglil ilmastikukindlus, mistõttu ta pole kasutatav ehitusmaterjalina. (Kübar, 2004, lk 4)

1.4. FÜÜSIKALIS-MEHAANILISED OMADUSED

Ehituskivina kasutatav paekivi peab vastu pidama ilmastikutingimustele, tugevale survele, löökidele ja kulumisele. Keemiline koostis, struktuurilised ja tekstuuriilised iseärasused mõjutavad ka paekivi füüsilis-mehaanilisi näitajaid. Eesti ehituslubjakivide survetaluvus on valdavalt 600–800 kg/cm², harva 400 või 1000, kuluvuse mark aga ulatub 1–3, kõige sagedamini on 2. Lubjakivide külmakindlus on enamasti 25 tsükli, harva 15 või 35. Veeimavus on ülekaalukalt 1–2%. Ehitusdolokivide omadused sarnanevad üldjoontes lubjakividele. Dolokivide veeimavus on nende poorsuse tõttu veidi suurem, survetaluvus aga ulatub mõningatel juhtudel kuni 1200 kg/cm². (TTÜ, 2007, lk 10–11)

2. KULUMINE

Kulumiseks nimetatakse hõõrdumisega kaasnevat detaili mõõtmete ja kuju järkjärgulise muutumise protsessi. Kulumise tagajärjel tekib kulum, mida mõõdetakse pikkus-, mahu-, või massiühikutes.

Füüsikalise-keemiliste protsesside järgi jaotatakse kulumine kolme põhiliiki:

1. mehhaaniline kulumine, kus on ülekaalus mehaanilised mõjurid.

2. korrosioonmehaaniline kulumine, tekib mehaanilistest mõjuritest, mida saadab materjali ja keskkonna vaheline keemiline või elektriline reaktsioon.
3. sööbe- ehk adhesioonkulumine on põhjustatud detailidevahelistest molekulaarjõududest, s-o molekulide vaheline tõmbejõud kokkupuutepinnas (molekulaarne hõõrdumine). (Ritslaid)

2.1 MEHAANILISE KULUMISE LIIGID

Kuna käesolev uurimistöö on kõige tihedamalt seotud just mehaanilise kulumisega, pole mõtet teistel kulumisliikidel pikemalt peatuda. Mehaanilise kulumise tähtsamad alaliigid on järgmised.

1. Abrasiivkulumine – abrasiivosakesed (liiv, tolm, metallikillud) hõõruvad ja lõikavad materjali pinda.
2. Erosioonkulumine – kulumist põhjustab tahkete osakeste, vedeliku- või gaasijuga.
3. Hüdroabarasiiivne kulumine – liikuv vedelikus sisalduvate abrasiivosakesed löövad vastu pinda.
4. Joaskulumine – pinda murendab selle vastu lendav abrasiiv.
5. Fretingkorrosioon – tekib istupinnas, kui kehad üksteise suhtes väikese amplituudiga (1...150 μm) võnguvad.
6. Kavitatsioonkulumine – vedelikes väikeste gaasimullide (kavernite) plahvatuslik sulgumise ja sellest põhjustatud väikeses ruumipiirkonnas rõhu ja temperatuuri tõusu poolt tekitatud kulumine.
7. Korrosioonmehaaniline kulumine – tekib korrodeerivate ainete ja elektrilise reaktsiooni toimel.
8. Lõikekulumine – toimub materjali pindkihist laastu lõikamise teel.
9. Pindväsimumskulumine – tekib detaili pinnakihi mikromahtude korduva deformeerimise tagajärjel. (Mehaaniline kulumine, 2011)

Käesolevas uurimistöös vaadeldavate treppide kulumine on põhjustatud enamasti kõndimisest ja pesemisest. See on abrasiivkulumine. Teised mehaanilise kulumise alaliigid on nende sisetreppide puhul väheolulised.

3. HINDAMISMEETODID

Tavaliselt kasutatakse neid meetodeid, et saada võrreldavaid numbrilisi tulemusi. Selliste testidega saab hinnata materjalivalikut enne ehitamist või ka hilisemal proovitüki võtmisel

olemasolevast ehitisest. Antud töö puhul aga neid meetodeid rakendada polnud võimalik, kuna kummastki trepist proovitükke ei võetud.

3.1. LOS ANGELES ABRASION TEST

Los Angeles Abrasion Machine (LAAM) on seade materjali kulumiskindluse ja löögitugevuse määramiseks (vt Joonis 1).

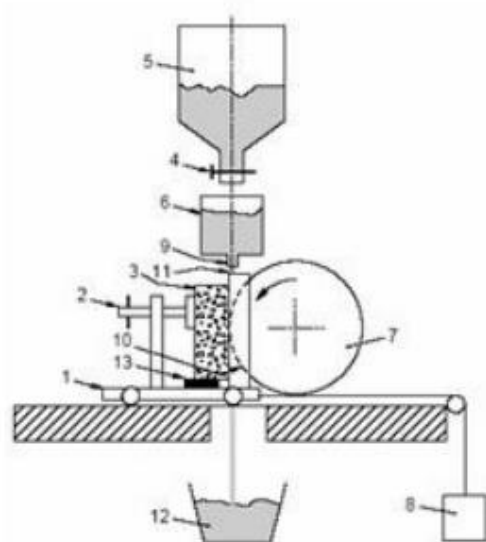
5000 g killustikku valmistatakse laboratooriumis täiteaine mahutis. Kiviklibu sõelutakse, et saada 2500 g 20 mm kuni 14 mm suuruseid osakesi ja 2500 g 14 mm kuni 10 mm suuruseid osakesi. Sõelumisaadused pestakse, kuivatatakse ja siis kaalutakse. Seejärel asetatakse kivid LAAMi koos 11 teraskuuliga. Seadme trummel seatakse pöörlema 500 täisringiks, kiirusega 30–33 pööret minutis. Kui trummel peatub, eemaldatakse saadud proov masinast. Järelejäänud näidis pestakse ja kuivatatakse. Lõpuks, kui näidis on saavutanud toatemperatuuri, kaalutakse see ära. Vaatlustulemused salvestatakse ja analüüsitakse. Kulumise protsent arvutatakse valemiga: $\text{Kulumise protsent (\%)} = \frac{\text{kaalu kadu}}{\text{algne kaal}} * 100$. (Kahraman jt, 2010, lk 501)



Joonis 1. LAAM (Expertsmind, 2013)

3.2. WIDE WHEEL ABRASION

Wide Wheel Abrasion (WWA) meetodi puhul võetakse kuubikukujuline näidistükk kivist. Seda kulutatakse keerleva rattaga. Näidistükk on kinnitatud ratastega käru külge, mida tõmmatakse raskuse abil vastu keerlevat kulutusratast. Samal ajal lastakse hõõrdumise ühtlustumiseks vedelikku ülevalt ratta ja kivi vahele. (vt Joonis 2)



1. Clamping trolley
2. Fixing crew
3. Specimen
4. Control valve
5. Storage hopper
6. Flowguidance hopper

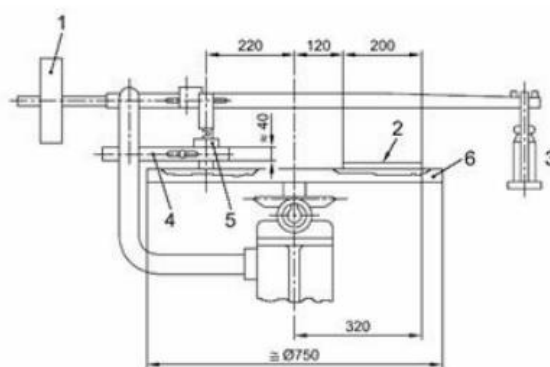


7. Wide abrasion wheel
8. Counterweight
9. Slot
10. Groove
11. Abrasive material flow
12. Abrasive collector
13. Wedge

Joonis 2. Wide Wheel Abrasion Testi seadeldis (Çobanoglu jt, 2010, lk 3400)

3.3. BOHME ABRASION TEST

See meetod on vanem kui WWA. Tööpõhimõttelt on need küllaltki sarnased. Bohme kuluvustestis keerleb kulutusketas horisontaalselt ja uuritavat kivi surutakse raskusega selle vastu. (vt Joonis 3)



1. Counterweight
2. Test track
3. Loading weight



4. Specimen holder
5. Specimen
6. Rotating disk

Figure 5. Bohme abrasion test device.

Joonis 3. Bohme kuluvustesti seadeldis (Çobanoglu, Çelik, & Alkaya, 2010, lk 3401)

4. TREPPIDE KULUVUS

4.1. GAGI PEATREPI KIRJELDUS

Taani kroonikute põhjal on püütud tõestada, et kloostri, kus nüüd asub Gustav Adolphi Gümnaasium, ehitamise alustamise aasta on 1249. Samuti on kooli asutamisaastaks märkinud 1249 Juhan Maiste, kuid selle kinnituseks esitatud illustratsioonil on 1240. aasta ürik, milles pole viidatud Miikaeili kloostri. Varaseim kloostrile viitav dokument, mille puhul pole arvatavasti tegu võltsinguga, pärineb 1. augustist 1267. (Tamm, 2009, lk 25)

Klooster muudeti gümnaasiumiks aastal 1631. Erinevatel aegadel on kooli vastavalt vajadusele ja majanduslikele võimalustele ümber ehitatud. Uuritava trepiga on seotud kaks ümberehitust.

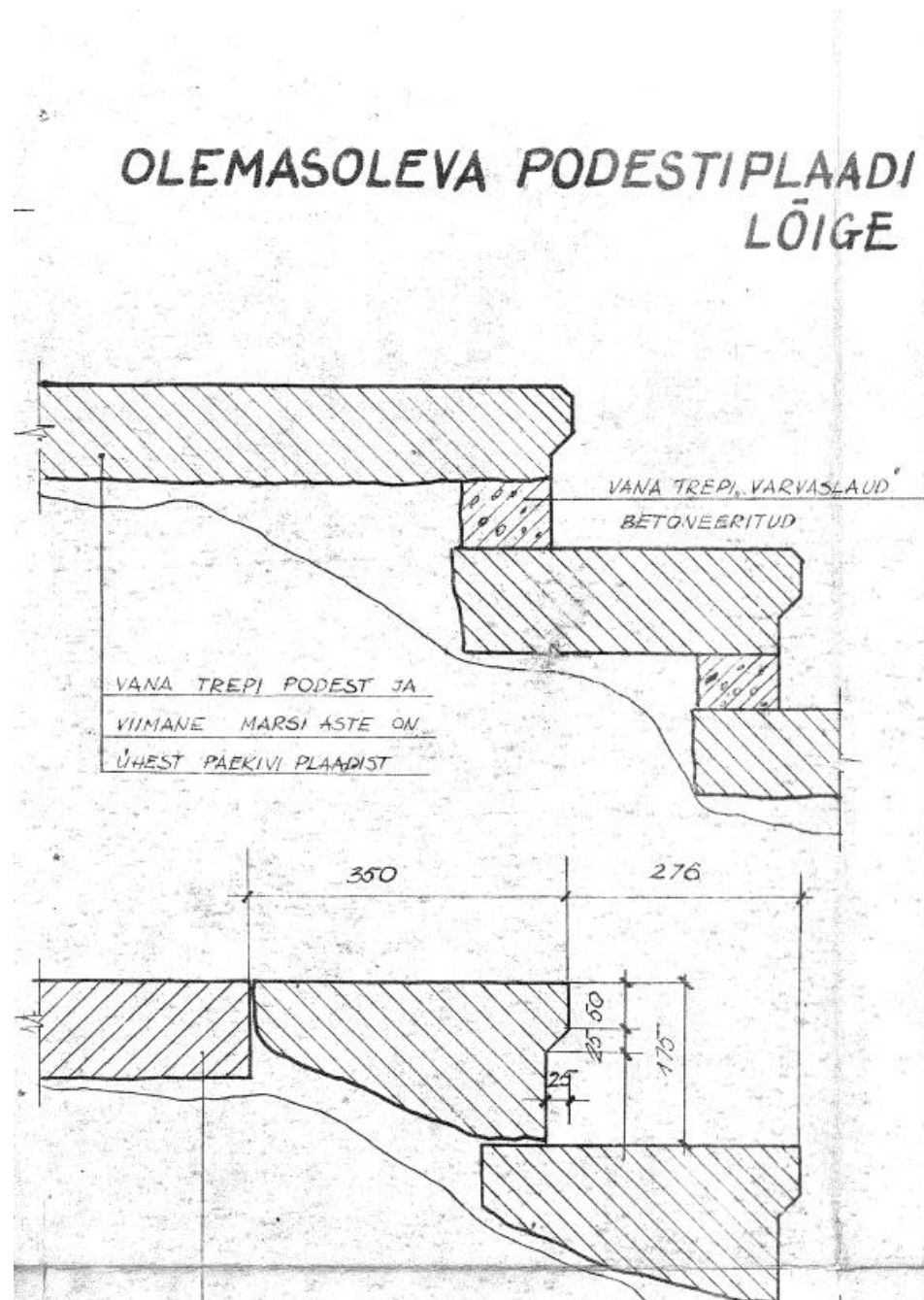
1841–1843 toimus Tallinna kubermangugümnaasiumis ümberehitus, mille käigus ehitati varasemate pööninguklasside asemele terve täiskorrus (Tamm, 2009, lk 158). Arvatavasti pärineb Gustav Adolphi Gümnaasiumi esimese ja teise korruse vaheline trepp just sellest ajast.

1908–1910 ümberehitusega ehitati koolile juugendstiilis ülemine korrus ja katus (Tamm, 2009, lk 165). Pööningukorrus korrastati hiljem, aga loogiline oleks, et trepp ehitati nende tööde käigus.

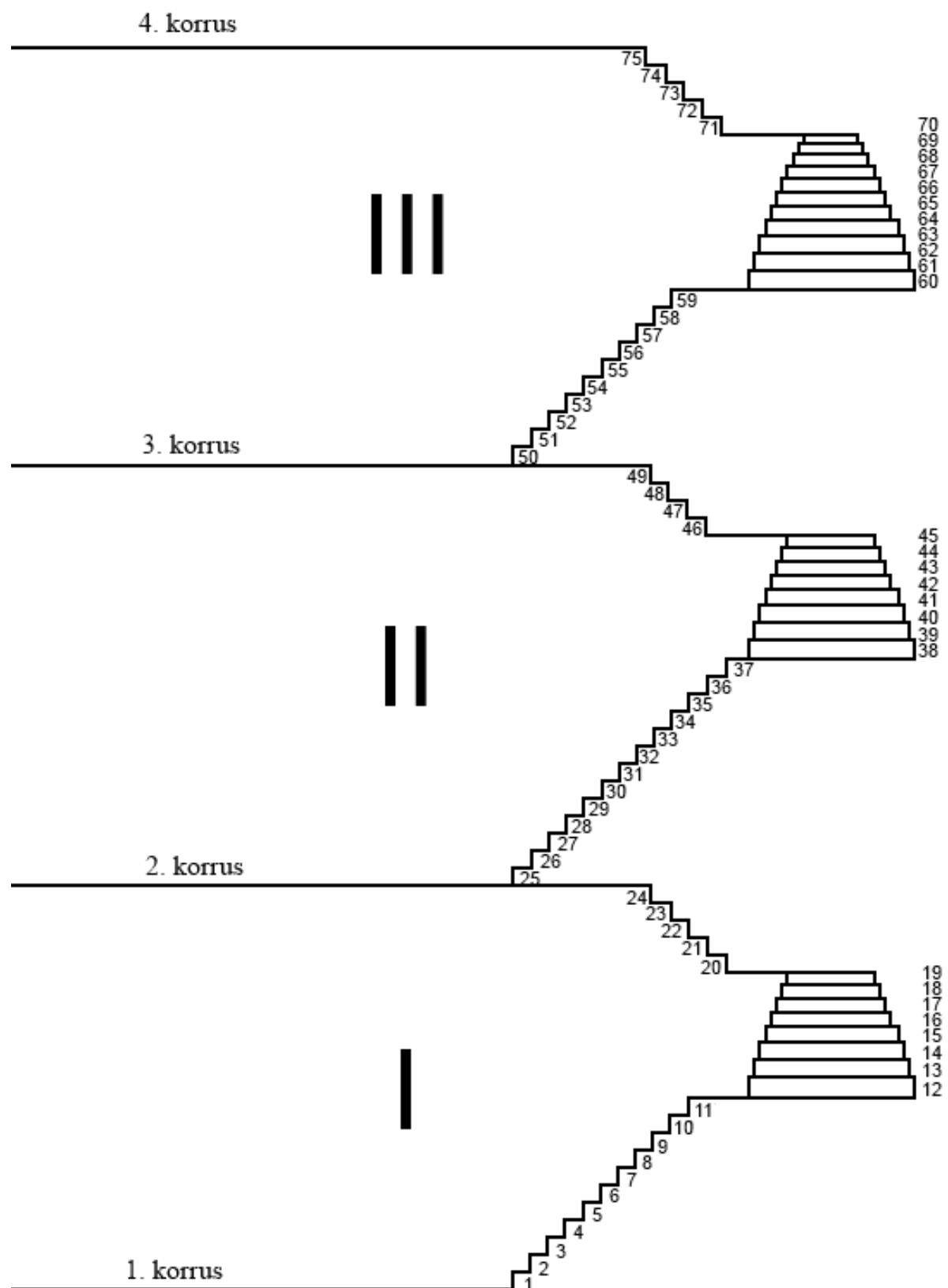
„Peatrepi kujundus hoones A tuleks säilitada kui olemasoleva arhitektuuriga orgaaniliselt seotud element. Astmeteks kasutada paekivi või mõnda muud looduslikku kivi. Betoontrepi materjalina ei ole olemasoleva arhitektuurse lahenduse puhul põhjendatud. Kivist astmeid kasutada ka hoones C.“ (Vabariiklik Restaureerimisvalitsus, 1970) GAGi peatrepp on muinsuskaitse all.

Trepp algab esimeselt korruselt ja lõppeb neljandal. Trepil vasakul ääres on käsipuu. Iga korruse vahel on trepp jaotatud kolmeks käiguks. Autor nummerdas astmed, alustades kõige alumisest. Korrustevahelised trepid on jagatud vastavalt I, II ja III. (vt Joonis 5)

Astmeplaadid on paigaldamise hetkel olnud 75 mm paksud (vt Joonis 4). Need on valmistatud looduslikust paekivist. Millise paekivi alaliigiga tegu on, ei ole teada. Kuna merglit ehitustöodes ei kasutata, siis on see kas lubjakivi või dolokivi. Tegemist võib olla ka lubja- ja dolokivi hübriidiga.



Joonis 4. Olemasoleva podestiplaadi lõige. (Eesti NSV MN Riikliku Ehituskomitee Vabariiklik Restaureerimisvalitsus, 1970)



Joonis 5. GAGi peatrepi astmete ja korrustevaheliste treppide nummerdamine

4.2. MUINSUSKAITSEAMETI TREPI KIRJELDUS

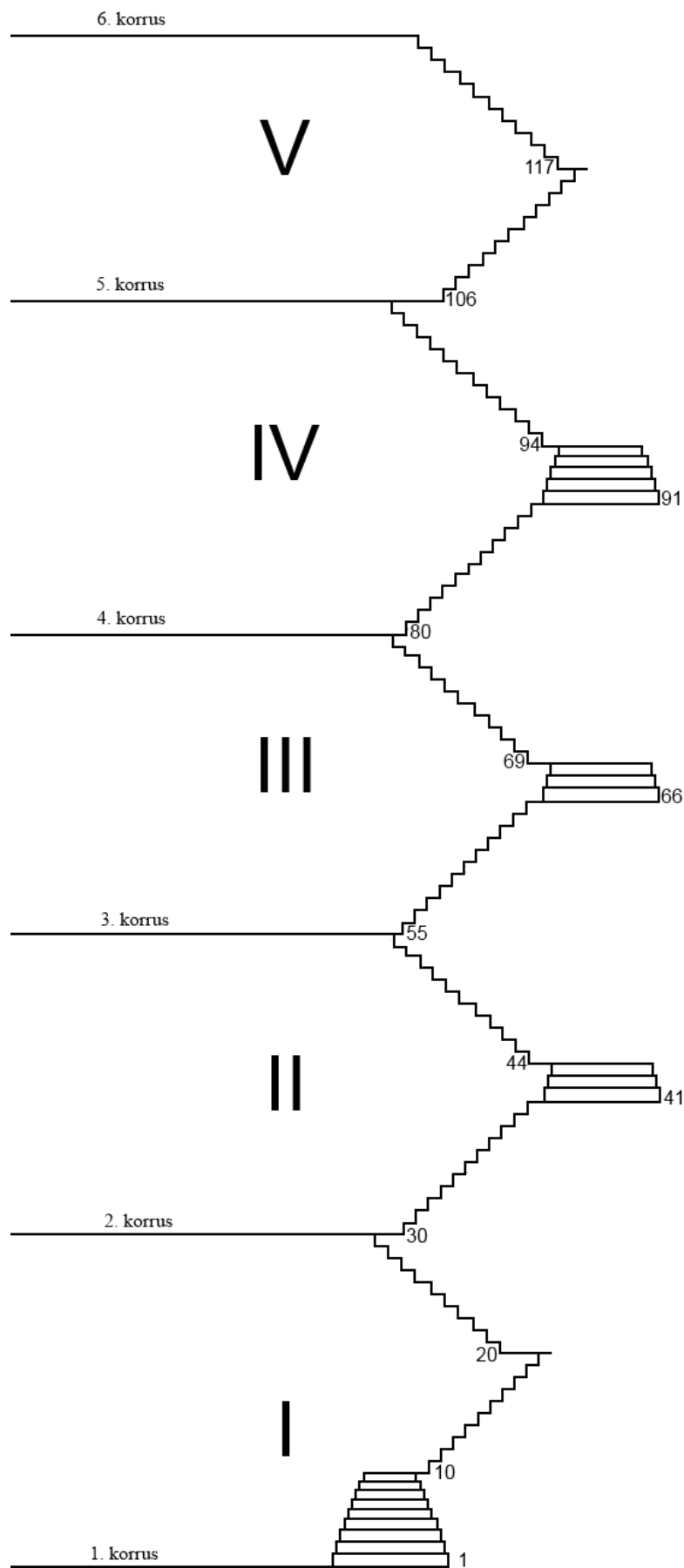
Muinsuskaitseameti hoone, mis asub Pikk tänav 2, on ehitatud aastatel 1921–1923 ja arhitektiks on Artus Perna (Pikk tänav, 2013). Seega on trepp vaid 13 aastat noorem GAGi II ja III trepist ning sobib võrdluseks hästi. Astmeplaadid sarnanevad välimuselt väga koolitrepi astmeplaatidele (vt Joonis 6 ja 7). Võib oletada, et tegemist on sama materjaliga. Trepil paremas servas on käsipuu. Majal on 6 korrust ja 127 trepiastet. Autor nummerdas astmed eelmise trepiga sama süsteemi alusel (vt Joonis 8).



Joonis 6. GAGi peatrepp



Joonis 7. Muinsuskaitseameti trepp



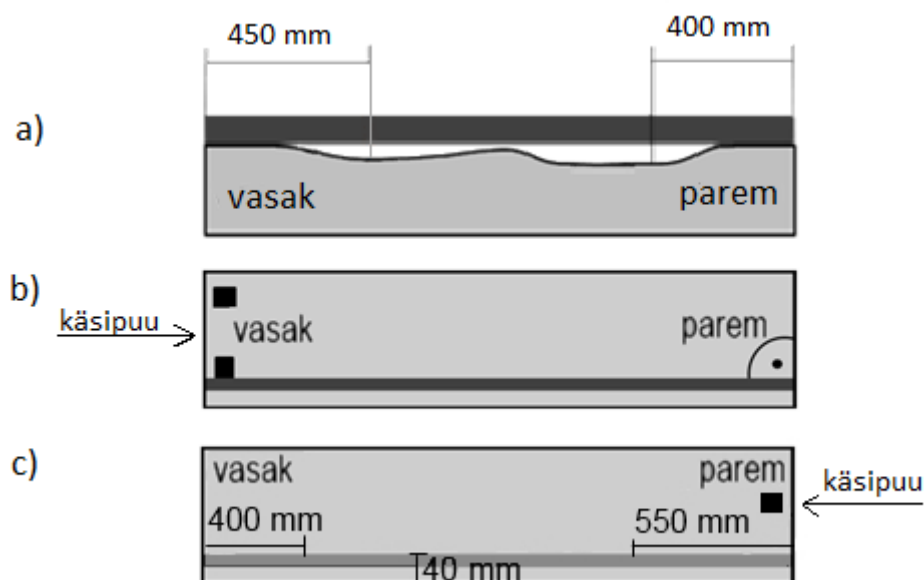
Joonis 8. Muinsuskaitseameti trepiastmete ja korrustevaheliste treppide nummerdamine

4.3. MEETODIKA

Käesoleva uurimustöö raames tehti uuring, et teada saada, kui palju on kulunud Gustav Adolfi Gümnaasiumi peatrepiastmed ja Muinsuskaitseameti maja trepiastmed.

Kuna kummastki trepist ei olnud võimalik proovitükki võtta, ei saanud autor 3. peatükis kirjeldatud meetoditest ühtegi kasutada. Autor mõtles koostöös juhendaga välja oma meetodi.

Nagu kolmandas peatükis öeldud, tekib kulumisel kulum, mida mõõdetakse. Autor otsustas mõõta kulumit pikkusühikutes (millimeetrites). Astmetelt mõõdeti kaks punkti. GAGi trepilt mõõdeti vasakpoolne punkt 450 mm kauguselt ja parempoolne 400 mm kauguselt astme servast (vt Joonis 9a). Muinsuskaitseameti hoone trepilt mõõdeti vasakpoolne punkt 400 mm kauguselt ja parempoolne 550 mm kauguselt (vt Joonis 9c). Punktid on valitud selle järgi, kus tundus olevat enamustel astmetel kõige sügavam koht.



Joonis 9. a) GAGi peatrepi eestvaade, b) GAGi peatrepi ülaltvaade, c) MKA trepi ülaltvaade

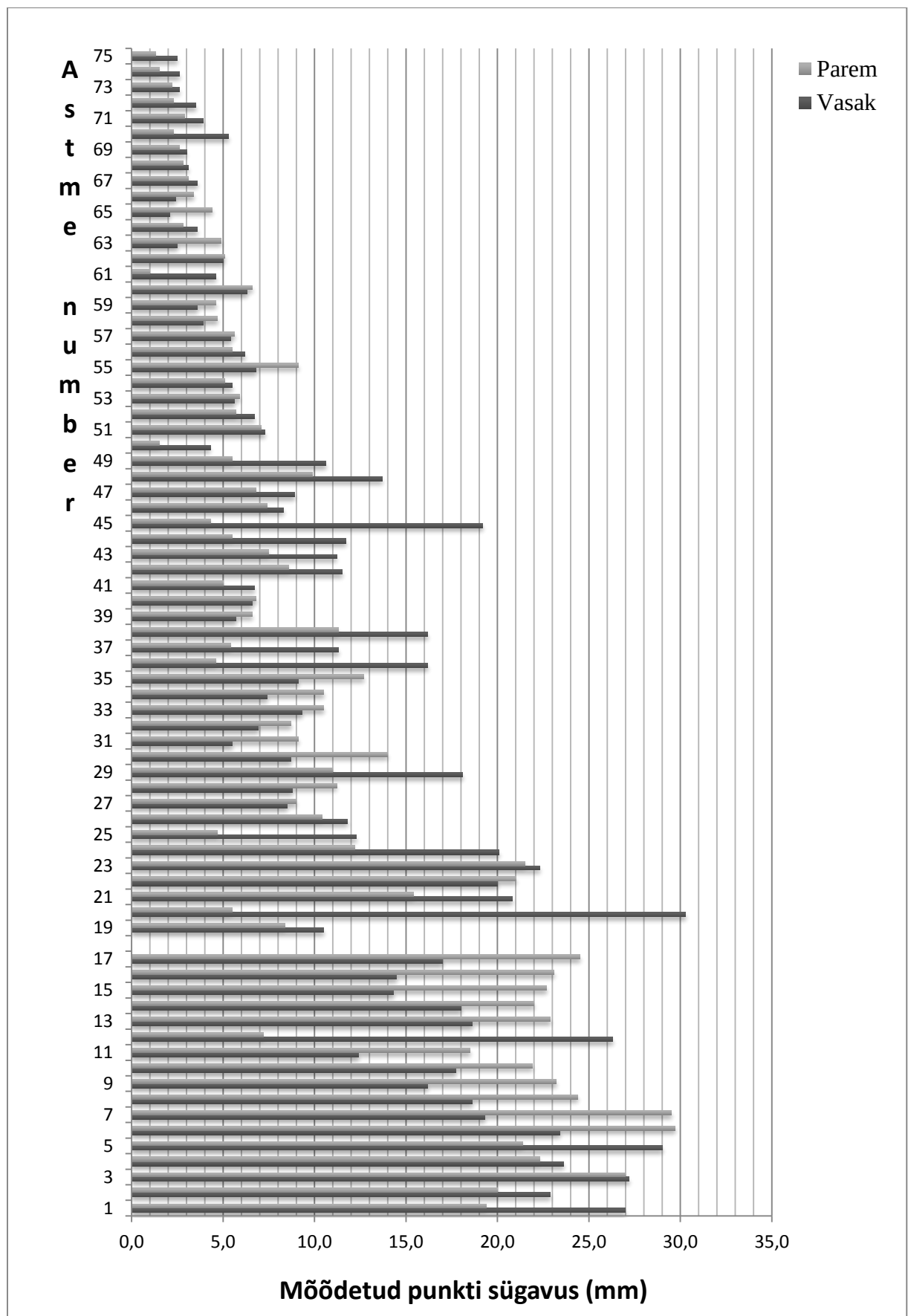
Mõõtmiseks kasutati sirget metall-latti ja nihikut. Kuna trepil käies ei astuta täiesti seinäärde, võib oletada, et servad ei ole kulunud. Mõõtmisel asetses metall-latt mõlemal pool kulumata serva peal. GAGi peatrepi puhul toetas latt vasakult poolt vastu käsipuu alumist posti ja paremalt hoiti seda seinaga risti (vt Joonis 9b). MKA maja trepi puhul asetati latt 40 mm trepi eesmisest servast ettepoole (vt Joonis 9c). Igal trepiastmel on kaks punkti mõõdetud nihikuga. Nihiku mõõtetäpsus on 0,10 mm. Mõõtmised korraldati 2013. aasta veebruaris ja oktoobris. Tallinna Tehnikaülikooli õppejõud Eneli Liisma tunnistas kirjeldatud meetodi adekvaatseks.

4.4. TULEMUSED JA ARUTELU

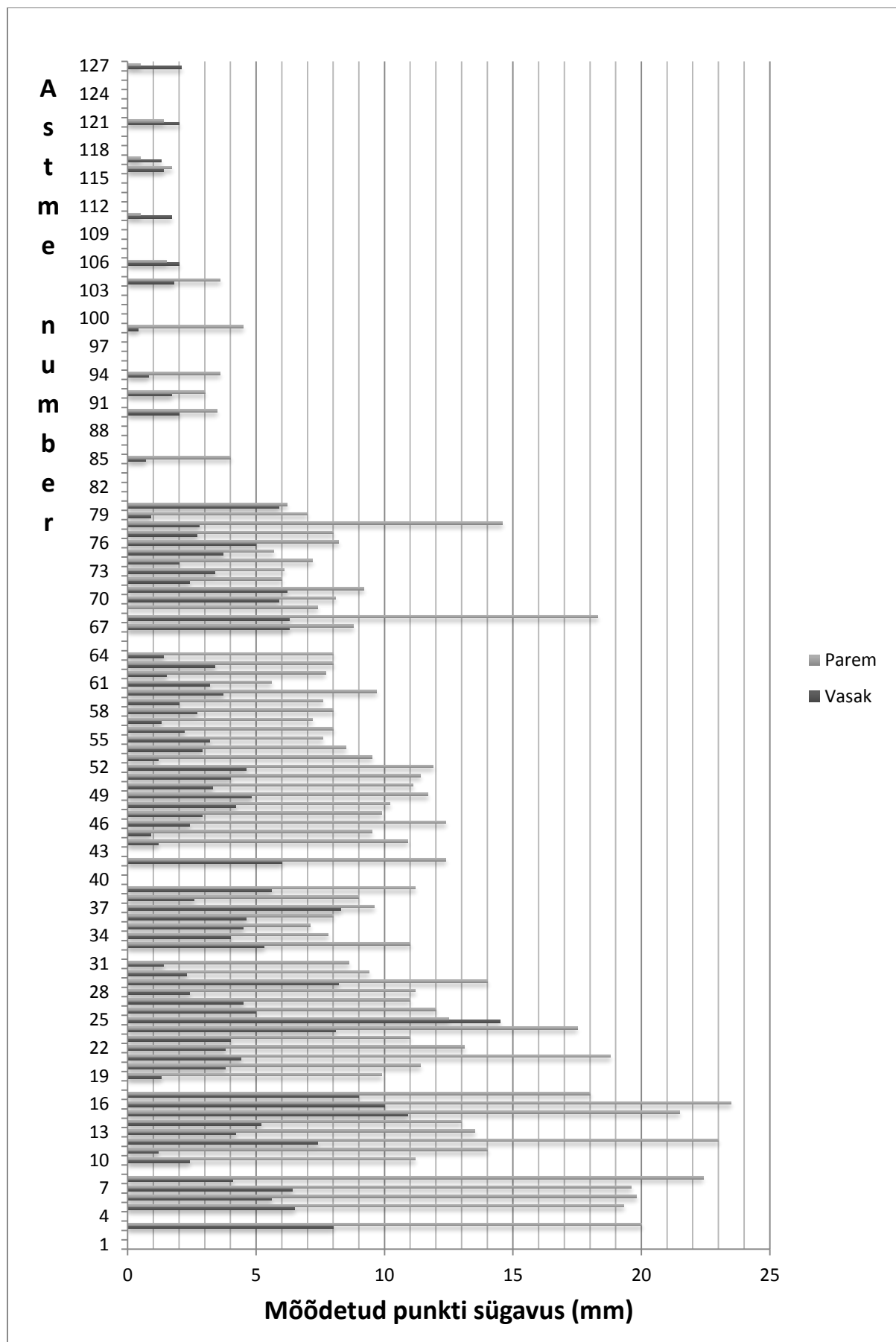
Algsetest mõõtmistulemustest on lati kõrgus maha arvestatud. Seega on järele jäänud kulunud koha ja kulumata koha vahe.

Tähelepanu tuleb pöörata asjaoludele:

- 1) GAGi peatrepi aste nr 18 jäi mõõtmata, sest sinna ei olnud võimalik metall-latti paigutada;
- 2) GAGi peatrepi aste nr 54 on mõõdetud esimese käsipuuposti asemel teise käsipuuposti tagantpoolt, sest metall-latt ettepoole ei mahtunud;
- 3) Muinsuskaitseameti hoone trepiastmed nr 1, 2, 4, 9, 18, 32, 40, 41, 43, 65, 66 jäid ruumipuuduse tõttu mõõtmata;
- 4) Muinsuskaitseameti hoone trepilt IV on mõõdetud ainult astmed nr 80, 85, 90, 92, 94, 99, 104 ja trepilt V astmed nr 106, 111, 116, 117, 121, 127.



Joonis 10. GAGi peatrepi kulumine astmete kaupa. 1. korrus: 1–24, 2. korrus: 25–49, 3. korrus: 50–75

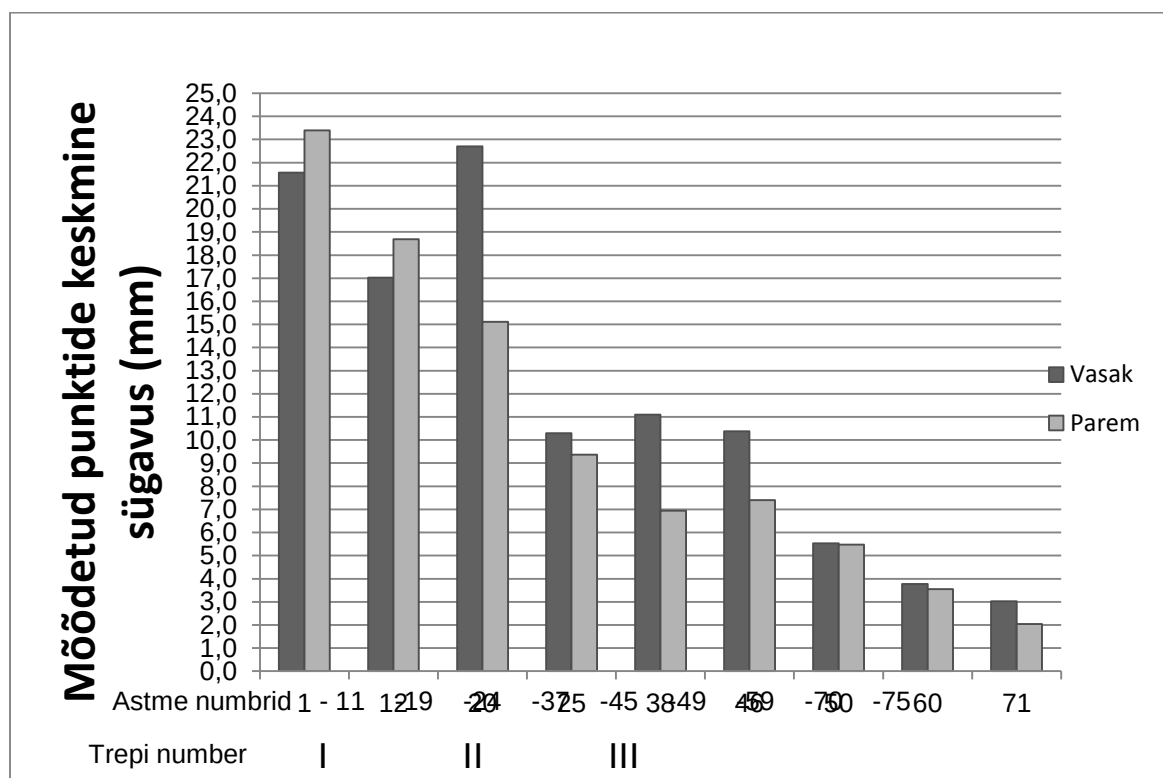


Joonis 11. MKA trepi kulumine astmete kaupa. 1. korrus: 1–29, 2. korrus: 30–54, 3. korrus: 55–79, 4. korrus: 80–105, 5. korrus: 106–127

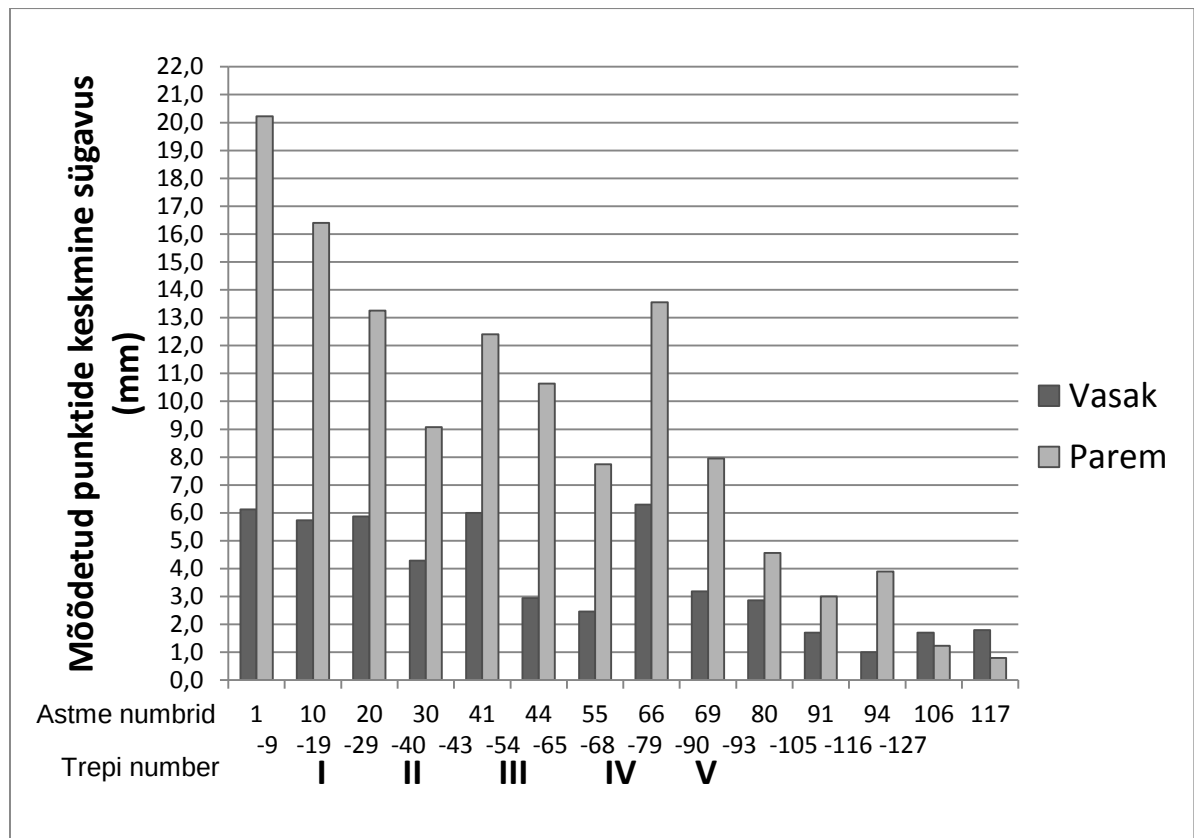
Jooniselt 10 on näha, et GAGi peatrepi kõige sügavam punkt vasakult poolt (30,3 mm) mõõdeti 20. astmelt ja paremalt kõige sügavam 6. astmelt (29,7 mm). Muinsuskaitseameti majas kõnnib inimesi trepil tunduvalt harvemini kui Gustav Adolfi Gümnaasiumi trepil. Mõõtmistulemused näitavad, et koolitrepi kulumid on enamasti sügavamad. Jooniselt 11 on näha, et muinsuskaitseameti trepi kõige sügavam punkt vasakult poolt (14,5 mm) mõõdeti 25. astmelt ja paremalt kõige sügavam 16. astmelt (23,5 mm).

Selleks, et oleks kergem mõõtmistulemusi analüüsida, arvutati trepikäikude keskmise kulumis sügavus vasakul ja paremal. See saadi trepikäigus olevate astmete kulumite aritmeetilise keskmisena (vt Joonis 12 ja 13).

Jooniselt 12 on näha, et enamasti on iga trepikäigu parema poole astmed järgmistest rohkem kulunud. Ka MKA maja trepikäikude parempoolsete kulunud lohku vahel võib sarnast seaduspära märgata (vt Joonis 13). Loogiline oleks, et igal trepil oleksid lõigud samapalju kulunud, sest tavaliselt inimesed kõnnivad ühelt korruselt teisele, mitte poole korruse kaupa. Samas võib selline nähtus olla tingitud mõõtmismeetodist, sest antud meetodiga uuriti ainult kahte punkti. Inimesed aga võivad kõndida kogu trepi ulatuses.

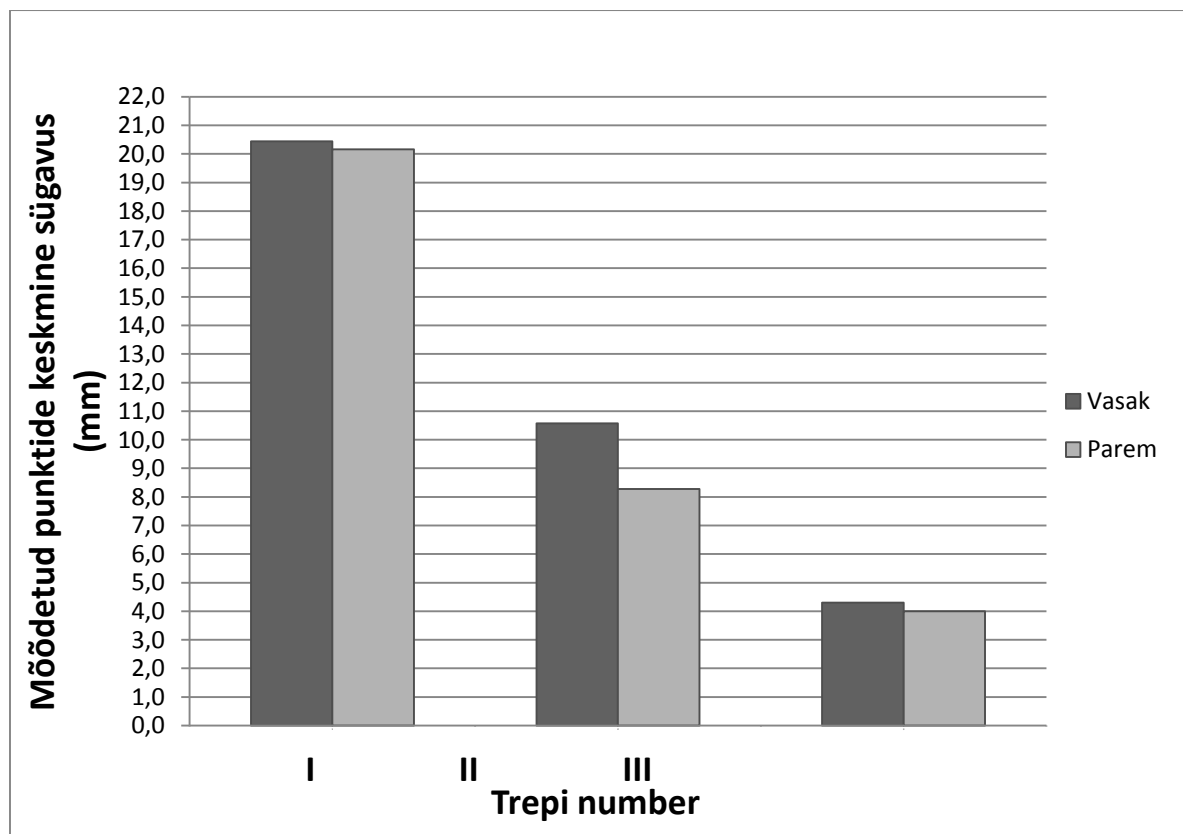


Joonis 12. GAGi peatrepi kulunud lohku keskmised väärtused trepikäikude kaupa



Joonis 13. Muinsuskaitseameti trepi kulunud lohku keskmine väärtused trepikäikude kaupa

Järgnevalt vaadeldakse kulumist korrustevaheliste treppide kaupa.



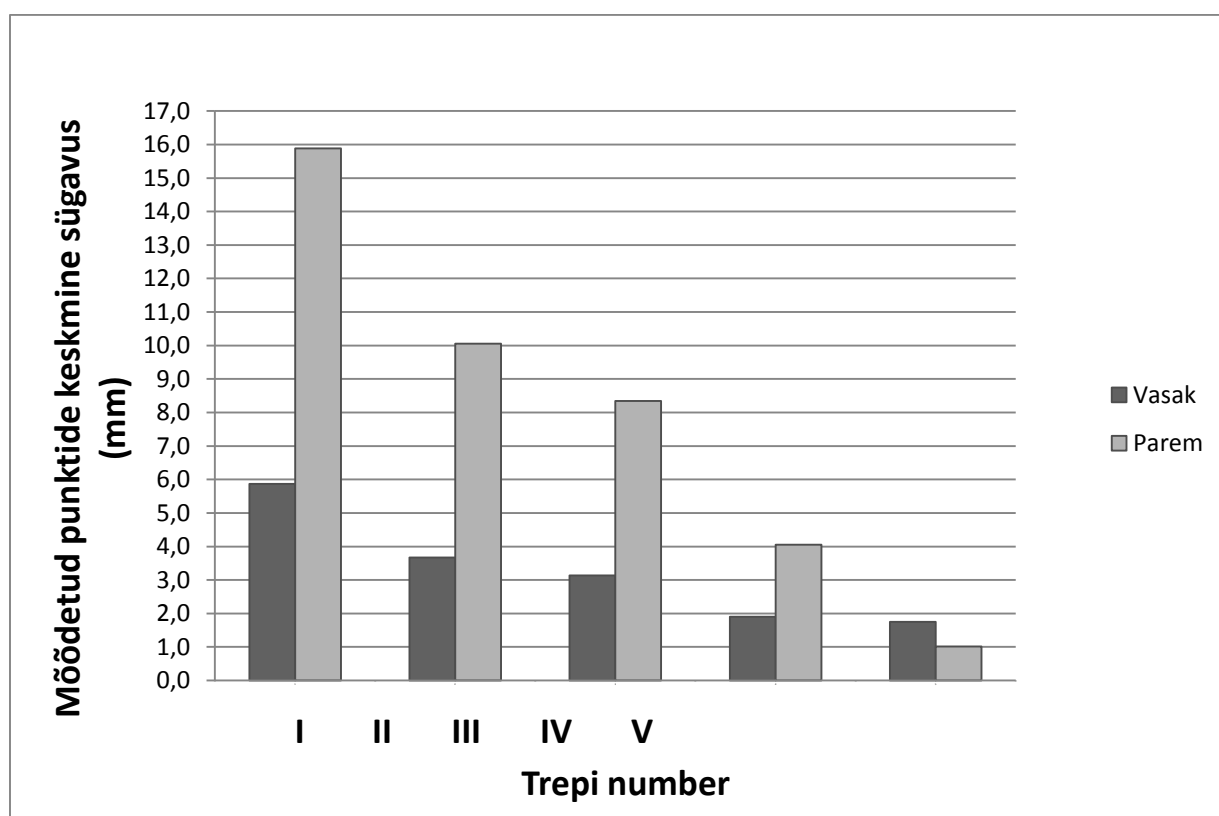
Joonis 14. GAGi peatrepi kuluvus treppide kaupa

$$\text{I JA II TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{20,4 + 20,2}{10,6 + 8,3} \approx 2,15 \approx 2$$

$$\text{II JA III TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{10,6 + 8,3}{4,3 + 4,0} \approx 2,28 \approx 2$$

GAGi peatrepi treppide keskmised kuluvused on saadud astmete 1–24, 25–49, 50–75 aritmeerilise keskmise meetodiga mõõdetud lohu sügavustest. Arvutustest tuleb välja, et iga järgnev trepp on järgmisest kaks korda vähem kulunud. Veel võib märgata, et keskmiselt on vasak treppipool, kus on käsipuu, kulunud rohkem kui parem. Mõõtmistulemustest lähtuvalt võib oletada, et inimestele meeldib kõndida rohkem käsipuu pool kui seina ääres.

Seda, et vasakpool on rohkem kulunud, võib märgata juba vaatlusega. Samuti on näha, et vasakul ulatuvad lohud rohkem trepi serva kui paremal. Tõenäoliselt tuleneb säärane kulumine asjaolust, et inimestele meeldib end käsipuust kinni hoides trepi astmetelt alla libistada. (vt Joonis 6)



Joonis 15. Muinsuskaitseameti trepi kuluvus treppide kaupa

$$\text{I JA II TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{5,9 + 15,9}{3,7 + 10,1} \approx 1,58 \approx 2$$

$$\text{II JA III TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{3,7 + 10,1}{3,1 + 8,3} \approx 1,21 \approx 1$$

$$\text{III JA IV TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{3,1 + 8,3}{1,9 + 4,1} = 1,90 \approx 2$$

$$\text{IV JA V TREPI KULUMITE SUHE: } \frac{1,9 + 4,1}{1,8 + 1,0} \approx 2,14 \approx 2$$

Muinsuskaitseameti korrustevaheliste treppide keskmised kuluvused on saadud astmete 1–29, 30–54, 55–79, 80–105, 106–127 aritmeerilise keskmisise meetodiga mõõdetud lohu sügavustest. Ka selle trepi puhul tuleb välja, et käsipuu poolel meeldib inimestele rohkem kõndida. Siin on vasaku ja parema punktide erinevused palju suuremad. Muinsuskaitseameti maja trepi peal kõnnib inimesi vähem. Selle asjaolu ja jooniste nr 13 ning 15 põhjal võib oletada, et inimesed kipuvad eelistama käsipuu pool liikumist ning teine pool valitakse siis, kui on vaja teistest mööduda. Arvutustest tuleb välja, et Muinsuskaitseameti maja korrustevahelised trepid III, IV ja V alluvad samuti reeglile „iga järgnev trepp on järgmisest kaks korda vähem kulunud“ üsna täpselt. Ka I ja II trepi suhte võib ühekohalisteni ümardamisel lugeda võrdseks kahega. II ja III trepisuhte puhul eelnimetatud reegel ei kehti. See võib olla tingitud trepi kasutuse ebaühtlasest intensiivsusest või materjali ebaühtlusest, kuna tegemist on loodusliku kiviga. Siiski võib kindlalt väita, et iga järgmine trepp on eelmisest vähem kulunud.

KOKKUVÕTE

Teooriaosa põhjal saab järeldada, et treppide kuluvus sõltub materjalist, kuid praktilise osaga ei saa seda kinnitada ega ümber lükata, sest mõlemad uuritavad trepid on eeldatavasti samast materjalist ja seega on nende füüsikalis-mehhaanilised omadused sarnased. Mõõtmistulemused kinnitavad, et trepi kulumine sõltub kasutuse intensiivsusest. Mõõtmistulemustest selgus, et korrustevaheliste treppide kuluvused moodustavad enamasti geomeetrilise jada. Gustav Adolfi Gümnaasiumis on iga trepp järgmisest kaks korda vähem kulunud. Muinsuskaitseameti trepi puhul tuleb samuti enamasti samasugune seaduspärasus välja. Uurimistöö käigus selgus veel, et inimesed eelistavad trepil liikuda rohkem käsipuu poolel.

Edasiste uuringute tegemisel võiks uurida inimeste liikumisharjumusi. Saaks uurida, miks ei ole kahe korruse vahelised trepikäigud võrdselt kulunud. Selleks tuleks võtta astmetel rohkem mõõtepunkte ja vaadata, kas trepikäikude astmetelt mõõdetud punktide summad on võrdsed või mitte. Võimaluse korral võiks astmete kulumit mõõta pikkusühikute asemel ruumalaühikutes.

Autor tänab järgmisi inimesi: Tallinna Tehnikaülikooli õppejõud Eneli Liismat, kes andis autorile head nõu ja oli abiks materjali leidmisel, klassivend Rain Mürkhai, kes oli abiks mõõtmistel, Munsuskaitseameti registriosakonna juhataja Urve Russowit, kes lubas mõõta Muinsuskaitseameti treppi ja aitas leida GAGi trepi kohta ajaloolist infot, ning õpetaja Erkki Soika, kes juhendas käesolevat uurimisööd.

KIRJANDUS

Eesti NSV MN Riikliku Ehituskomitee Vabariiklik Restaureerimisvalitsus 1970. I ja II korruse vahelise peatrepi restaureerimise tööjoonised. Tallinn.

ExpertsMind 2013. Los Angeles Abrasion Test. Allikas: <http://www.expertsmind.com/questions/los-angeles-abrasion-test-30129377.aspx>. (22. jaanuar 2013. a.)

Çobanoglu, I., Çelik, S. B., & Alkaya, D. 2010. Correlation between “wide wheel abrasion (capon)” and “Bohme abrasion” test results for some carbonate. Kinikli.

Kahraman, S., Fener, M., & Gunaydin, O. 2010. Estimating the Abrasion Resistance of Rock Aggregates. Nigde.

Kübar, R. 2004. Paekivi kasutus ja omadused Eestis. Tallinn.

Ritslaid, K. 2009. Määrdeõlide põhiomadused. Allikas: http://www.eava.ee/opiobjektid/mto/aerokytus/54_mrdelide_phiomadused.html

Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, Turu Ülikooli geoloogiaosakond 2007. Paekivi - Eesti rahvuskivi. Tallinn: MTÜ GEOGuide Baltoscandia.

Tamm, J. 2009. Tallinna Püha Miikaeli klooster . Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.

Vabariiklik Restaureerimisvalitsus 1970. Arhitektuuriajaloolised eritingimused tallinna vanalinna hoonete rekonstrueerimiseks. Tallinn.

Vikipeedia Vaba Entsüklopeedia. (10. aprill 2011. a.). Mehaaniline kulumine. Allikas: http://et.wikipedia.org/wiki/Mehaaniline_kulumine

Vikipeedia Vaba Entsüklopeedia. (8. august 2013. a.). Pikk tänav. Allikas: http://et.wikipedia.org/wiki/Pikk_t%C3%A4nav