



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**MOODULRÕDUDE KASUTAMISE MAJANDUSLIKU
TASUVUSE ANALÜÜS KORRUSMAJA EHITAMISEL**

**ANALYSIS OF MODULAR BALCONY USAGE IN
CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY APARTMENT
BUILDINGS WITH ECONOMIC VIABILITY**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Priit Pichen

Üliõpilaskood 231071EAEI

Juhendaja: Erki Soekov

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

26. märts 2023

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

"....." 20.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Priit Pichen,**

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Moodulrõdude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel,**

mille juhendaja on Erki Soekov

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

26.03.2023

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **PRIIT PICHEN**Üliõpilaskood **231071EAEI**Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitustehnika

Lõputöö teema:

**MOODULRÕDUDE KASUTAMISE MAJANDUSLIKU TASUVUSE ANALÜÜS
KORRUSMAJA EHITAMISEL**

Analysis of modular balcony usage in construction of multi-storey apartment buildings with economic viability

Juhendaja: **Lektor Erki Soekov**

Erki.Soekov@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja Kontakt (e-post või telefon)	Allkiri ja kuupäev
Perekonnanimi	

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Hinnata moodulrõdude kasutamise kuluefektiivsust
2. Hinnata moodulrõdude kasutamise mõju ehitusgraafikule

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Teostatud ja tulevaste projektide rõdu andmete koondamine
2. Turul enamlevinumad rõdu lahendused, analüüs
3. Lähteülesande defineerimine analüüsiks
4. Tüüpse moodullahenduse ettepanek (funktsionaalsus, suurus, kuju), mis kataks võimalikul suure mahu tuleviku rõdu vajadusest, esialgse eskiisi koostamine
5. Kandekonstruksiooni dimensioneerimine
6. Arhitektuurse lahenduse ettepanekud, konstruksiooni täiendamine
7. Võimalike rõdu tootjate ja töövõtjatega lahenduse optimeerimine
8. Eskiisi koostamine analüüsi tulemuste hindamiseks
9. Majandusliku ja ajalise mõju hindamine
10. Tulemuste süstematiseerimine ja ülevaatlikuse esitamiseks jooniste, tabelite täiendamine
Kokkuvõtte eesti keeles	11.05.2023
Kokkuvõtte inglise keeles	11.05.2023

Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks 11.05.2023

Peale ülevaatus saab teha väiksemaid korrekture ja üles laadida töö Moodle keskkonda plagiaadi kontrolliks.

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: A1 joonised

Kirjeldus	Tähtaeg
1	10.05.2023
2	10.05.2023
3	10.05.2023
4	10.05.2023
5	10.05.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 22. mai 2023

Lõputöö ülesanne välja antud: 20.02.2023

Juhendaja: **Lektor Erki Soekov**

Ülesande vastu võtnud: **nimi**

Avalikustamise tingimused: piirangu puuduvad

SISUKORD

Eessõna	8
Tabelite loetelu	9
Jooniste loetelu	10
Sissejuhatus	11
1. Ehitusturg	12
1.1. Ehitusturu hetkeseis	12
1.2. Riskid	12
2. Analüüsi meetodikad	14
2.1. Analüüsi etapid	14
2.2. Kulu- ja võrdlusmeetod rõdude hinnastamisel	15
2.3. Kvantitatiivne meetod garantiiprobleemide kaardistamisel	15
3. Olemasolev rõdu lahendus	16
3.1. Levinumad rõdu tüübid elamuarenduses	16
3.2. Protsessi kirjeldamine	17
3.3. Ehitustehnilised lahendused	19
3.4. Olemasolevate rõdude hinnavõrdlus	19
3.5. Mõju graafikule	22
3.6. Peamised kvaliteediprobleemid	23
3.7. Lähtepunkt analüüsiks	24
4. Efektiivsuse otsimine	25
4.1. Andmete kogumine, näiteid elamuturult	25
4.2. Efektiivsuse püüdmine laiemalt	28
4.2.1. Kredex kortermajade tehaseliste elementidega soojustamine	28
4.2.2. Mustermaja EKA PAKK	28
4.2.3. Julgus olla innovaatiline	29
4.3. Moodullahenduse riskid	29
4.4. Muudatuste juhtimine	30
5. Tootearendus	31

5.1. Esimesed tulemused	31
5.2. Projekteerimine	33
5.3. Valmis projekteeritud lahendus	34
5.4. Valmis lahenduse sobivus erinevates projektides	35
5.5. Tehnoloogilised ja majanduslikud erinevused	36
6. Moodulkonstruktsioonide tulevik	40
6.1. Moodulmajatootjate valmisolek	40
6.2. Peatöövõtjate valmisolek moodulkonstruktsioonide ehitamiseks Eestis	41
Kokkuvõte	42
Summary	43
Kasutatud kirjandus	44
LISAD	46
Lisa 1 Lähtematerjalina kasutatud rõdu konstruktsioonid	47
Lisa 2 Analüüsi tulemusel projekteeritud moodulrõdu	49

EESSÕNA

Käesolevas magistritöös on teostatud majandusliku tasuvuse analüüs moodulrõdude kasutamisest kortermajade ehitamisel. Töös on analüüsitud nii materjali, tööjõu, objekti üldkulu maksumusi ning mõju ehitusgraafikule. Lõputöö eesmärgiks on leida uuringu tulemusel kuluefektiivne standardlahendus rõdude ehituseks.

Moodulrõdude näide on valitud kahel põhjusel:

- Esiteks mõju ehitusgraafikule ning eelarvele, mis on selgelt märgatavad.
- Teiseks lükata ümber mõttemall, et lahendus on võimalik ainult tüüpsetel hoonetel. Tegelikult on moodulkonstruktsioone võimalik kasutada pea kõigil hoonetel kui jätta välja väga äärmuslikud erilahendused.

Algandmeteks kasutati perioodil 2018-2022 Bonava Eesti OÜ poolt ehitatud kortermajasid. Aluseks võeti projektid Tasandi 8, Liikuri 18A/B/C, Võidujooksu 7, Aiandi 5, 7, 8, 9.

Autor soovib tänada lõputöö koostamisel abiks olnud juhendajat, Erki Soekovi ning konsultante Bonava Eesti kollektiivist eelarvestuse- ja hankeosakonna juhti Taavi Kongat ning konstruktorit Rene Berežini, Projekt O2 konstruktorit Allar Staškevitši.

Võtmesõnad: Moodulkonstruktsioonid, moodulrõdud, kuluefektiivsus, tootearendus, ehitusprotsess, magistritöö

Võtmesõnad inglise keeles: modular structures, modular balconies, cost efficiency, product development, production process, master's theses

TABELITE LOETELU

Tabel 3.1: Postidele toetatud rõdu hind	20
Tabel 3.2: Konsoolse rõdu hind	20
Tabel 3.3: Tasandi 8 rõdu ehitamise kulu osakaal kogu eelarvest	21
Tabel 3.4: Liikuri 18C/Võidujooksu 7 rõdu ehitamise kulu osakaal kogu eelarvest	22
Tabel 5.1: Rõdu hinna muutus 2019-2021	37
Tabel 5.2: Konsoolse rõdu hind, Aiandi 8	37
Tabel 5.3: Aiandi 8 objekti kestusest sõltuvad üldkulud	38
Tabel 5.4: Hinnavõrdlus varasema lahendusega, Aiandi 8	39

JOONISTE LOETELU

Joonis 2.1: Analüüsi etapid	14
Joonis 3.1: Prantsuse rõdu, lodža ja hoone gabariidist välja ulatuvad rõdud	16
Joonis 3.2: Postidele toestatud ja konsoolised rõdud	16
Joonis 3.3: Liikuri A/B/C ja Võidujooksu 7 hoonete fassaadilahendus	17
Joonis 3.4: Aiandi 5 hoonete fassaadilahendus	18
Joonis 3.5: Esialgne konsoolne rõdu terasraami lahendus	18
Joonis 3.6: Tasandi 8 rõdu postidel, Liikuri 18 konsoolne rõdu	21
Joonis 3.7: Postidele toestatud rõdult tekkivad niiskuskahjustused	23
Joonis 3.8: Konsoolse rõdu katuse liite kahjustused	24
Joonis 4.1: Taani elamuarendaja lahendus	25
Joonis 4.2: Leedu elamuarendaja lahendus	26
Joonis 4.3: Teraspiirdega rõdu Tallinnas	26
Joonis 4.4: Terasraami ja tõmbiga kinnine rõdu Tallinnas	27
Joonis 4.5: Teraskonstruksioonil konsoolne rõdu Tallinnas	27
Joonis 5.1: Esialgne rõdu eskiis	31
Joonis 5.2: Kinnine rõdu terasraamil tõmbiga	32
Joonis 5.3: Konstruktori poolt koostatud terasraami mudel	34
Joonis 5.4: Aiandi 8 rõdud peale paigaldust	35
Joonis 5.5: Aiandi 7 rõdud	36
Joonis 5.6: Võimalik ajaline kokkuhoiud ehitusgraafikul	38

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärk on otsida võimalus ehitushinna alandamiseks ja aja kokkuhoiuks. Magistritöö teemaks on valitud moodullahenduse tasuvuse analüüs korruselamute rõdudele, mis võimaldaks paigaldust peale fassaaditöid. Kokkuvõtvalt on kõik ehitussektori ettevõtjad surve all. Järjest enam panustatakse tootearendusele ja efektiivsuse leidmisele. Ei mõelda pelgalt digitaliseerimise peale, kus mõni rakendus lahendab ühe väikse infoedastuse või haldamise kitsaskoha. Järjest enam on vaja vaadata suuremat pilti, mis võimaldaks hinnatõuse kompenseerida.

Töös kasutatakse garantiiprobleemide analüüsiks kvantitatiivset uurimisviisi, mis põhineb dokumendi- ja visuaalsete materjalide analüüsil. Moodullahenduse välja töötamiseks nii kvantitatiivseid kui ka kvalitatiivseid uurimismeetodeid. Rõdude hinnastamisel lähtuti nii kulumeetodit kui ka võrdlust. Algandmed ja tulemused on esitatud arvuliselt ja läbi visualiseerivate jooniste.

Magistritöö on jaotatud seitsmeks peatükiks. Esimeses peatükis lahatakse ehitusturul valitsevat olukorda, kus viimastel aastatel on hinnad jätkanud kiiret tõusu nii COVID-19, Ukraina-Vene sõja kui ka inflatsiooni mõjul. Teises osas on välja toodud kasutatud meetodikate kirjeldus. Kolmandas osas antakse ülevaade analüüsi aluseks olevate projektide ning rõdu lahenduse valikust analüüsi eesmärkide püstitamiseks.

Neljandasse, viiendasse ja kuuendasse osasse on koondatud kogu tootearenduse protsess, andmete kogumisest, turul pakutavate lahenduste välja toomisest kuni konstruktiivse arvutuse, tööjooniste ja tulemuste arvutamiseni. Viimases ehk seitsmendas peatükis hinnatakse turu valmisolekut moodulkonstruksioonidest ehtiamiseks.

Lisadena on välja toodud projektjoonised hoonetest ning rõdudest.

Projektide kohta sai autor andmeid arendusettevõtte esindajatelt. Uute võimalike lahenduste kohta koguti infot erinevatelt töövõtjatelt ja konstruktoritelt. Turuolukorra kaardistamiseks töötati läbi erialaseid artikleid ning teostati struktureeritud ekspertintervjuud.

Võtmesõnad: Magistritöö, efektiivsus, tootearendus, hinnatõus, elamuarendus

1. EHITUSTURG

1.1 Ehitusturu hetkeseis

Praeguses majanduskeskkonnas ei ole elamispindade turul kahte võimalikku liikumise suunda. Kõik nooled näitavad kindlameelselt üles.

Statistikaameti andmetel tõusis tööstustoodangu tootjahinnaindeks, mis iseloomustab Eestis nii koduturule kui ka ekspordiks valmistatud tööstustoodete hindade muutust, 2022. aastal võrreldes 2021. aastaga 26,8% [1].

Ehitushinnaindeks tõusis 2022. aastal võrreldes aasta varasemaga 17,8% [2] ning käib justkui inflatsiooniga sama jalga. Eesti Konjunktuuriinstituut pakub korralikke numbreid. Ehitusvõimsuste rakendatus püsib 85%-l, mis on märksa kõrgem kui 2021. aastal (73%). Selgub ka, et paljudel ettevõtetel on ehitusvõimsused rakendatud maksimaalselt ja peamine häiriv tegur on tööjõupuudus (40% ettevõtetel). [3]

Financial Times kirjutab, et euroala rekordiline inflatsioonimäär tekitab kartusi, et hüppeline hinnatõusud on muutumas tavaliseks. Mitmed EKP nõukogu liikmed on hoiatanud, et kõrge inflatsioon jätkub veelgi, kuna rohkem tarbijaid ja ettevõtteid eeldab, et see püsib kõrgel tasemel. [4]

2021. aastal kasvas ehituses miljonieurose käibega ettevõtete arv 54 võrra, samas kui koondkasum kahanes teist aastat järjest, mis näitab, et sisendkulude kasv on tulnud ettevõtetel tasuda kasumi arvelt. 2022. statistilisi andmeid töö koostamise hetkeks ei ole veel kokku arvestatud.

Valdkonna müügitulu kasvas üle-eelmise aastaga võrreldes 9,3%. Viie aastaga on valdkonna müügitulu kasvanud 23%. Samas koondkasum kahanes aasta varasemaga võrreldes 11,8%. Koondkasum kahanes teist aastat järjest. Kasumi kahanemine müügitulu kasvust hoolimata näitab, et sisendkulude kasv on ettevõtetel endil tulnud kasumi arvelt tasuda. Käiberentaablus oli eelmisel aastal 3,1% ja see on viimase viie aasta madalaim. [5]

1.2 Riskid

Kõige olulisemate mõjuritena nimetavad juhid sõda ja hindade tõusu. Kommentaarides märgiti, et sanktsioonid Venemaale ja Valgevenele on mõjutanud materjalide ja toorme kättesaadavust. Vastanud juhtide sõnul on hinnatõus kaudse mõjurina jõudnud kõikjale ning muutnud ebakindlaks nii tarbijad kui ka arendajad. Materjalide kättesaadavuse

tagamiseks on ettevõtted muutnud või muutmas oma tarneahelaid, paraku toob seegi tihti kaasa hinnatõusu. [6]

Seoses jätkuvate tarneprobleemidega, inflatsiooni ja energiahindade kallinemisega ei ole ehitajate ja arendajate tegevuses midagi lihtsamaks muutumas.

Tõsine kriis on käes juba väga paljudes sektorites ja lähitulevik on sünge. Kui tahad aga viie aasta pärast pildil olla, tuleb investeringutega jätkata, rääkisid ettevõtjad ja juhid majanduskonverentsil Äriplaan 2023. [7]

Nii riigile kui ka pidevalt ehitusteenust vajavatele ettevõtjatele oleks pikas perspektiivis kasulik, kui rohkem ehitajaid elus püsiks ja säiliks mõõdukas konkurents. Samas ei piisa siin soovmõtlemisest. Nii riik kui ka eratellijad peaksid olema avatud muutustele ning välja töötama uusi koostöömudeleid, mis võimaldaksid ebastabiilsest majanduskeskkonnast tingitud riske turuosaliste vahel õiglasemalt jagada. [8]

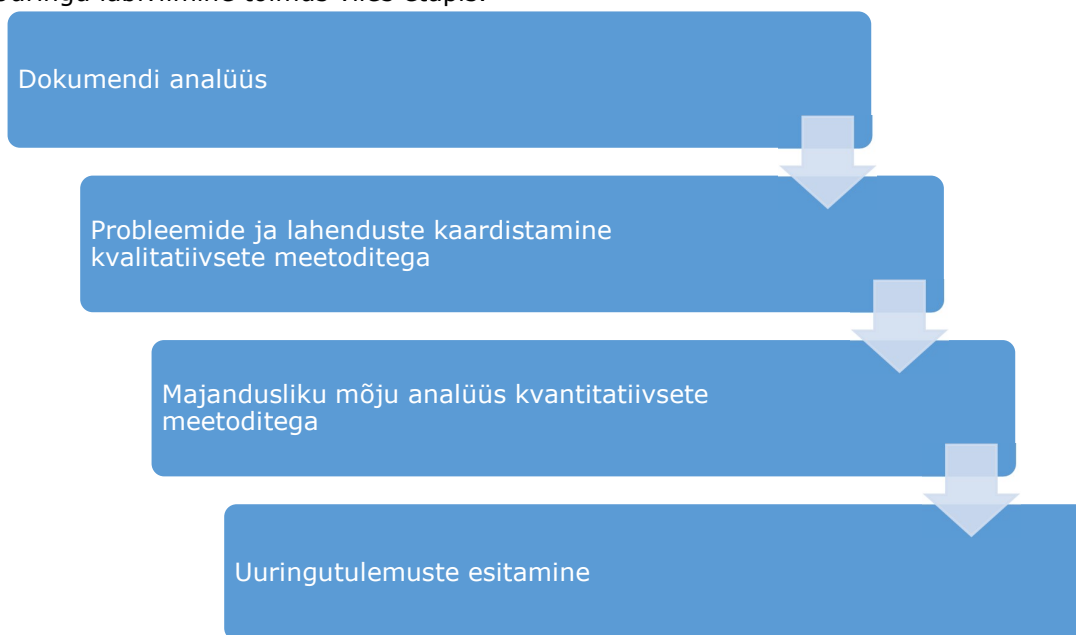
Põhilise takistusena näevad kinnisvaraarendajad liigselt kõrget ehitushinda, mille tulemusena valmivad varad ei ole valdavale osale ostjaskonnast taskukohased. Arendajate osas on viimase tõttu olnud täheldada käitumismalli, mille raames viiakse suletud netopinnad väiksemaks ning elumajade eelkõige eramute puhul asendatakse kivikonstruktsioon puitsõrestikuga. Turule on lisandunud üha enam ka moodul- ja elementmajade lahendusi. [9]

2. ANALÜÜSI METOODIKAD

2.1 Analüüsi etapid

Eesmärkide täitmiseks vajalike teadmiste kogumiseks ja analüüsimiseks kasutati nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid andmekorje- ja uuringu meetodeid.

Uuringu läbiviimine toimus viies etapis.



Joonis 2.1: Analüüsi etapid

Dokumendianalüüsi käigus kogutud informatsioon oli alusteadmiseks uuringu lähteülesande koostamiseks. Esiteks koguti kokku viimastel aastatel teostatud projektide rõdu lahendused, grupeeriti arhitektuurse lahenduse ja funktsionaalsuse järgi. Teiseks koostati sarnastel alustel statistika tulevastele projektidele prognoosimaks tuleviku rõdude vajadust.

Teises etapis toimus olemasolevate lahenduste probleemide kaardistamine ning lahenduste otsimine töörühmades, kuhu oli kaasatud nii projekteerijad, objektimeeskondade kui ka töövõtjate esindajad. Töö kava hõlmas teemasid:

- Moodulkonstruktsioonile üleminekuga kaasnevad riskid
- Konstruktsiooni valik
- Külmasildade vältimine
- Moodulrõdu paigaldus, liite lahendus
- Tulepüsivus

- Eeltoodetud mooduli valmidusaste
- Materjalide kokkuhoiukohad

Ekspertide osalusel toimunud töörühmadest kogutud andmete põhjal koostati lähteülesanne projekterijatele, rõdu tootjatele ja objektimeeskonnale paigalduseks.

Kolmanda sammuna keskenduti moodullahenduse majanduslikule mõjule tagamaks piisava hulga partnereid. Konkurentsi säilitamine võimaldab hoida hinda kontrolli all nii projekteerimisfaasis kui ka ehitamisel. Võrdlusanalüüsi eesmärgiks oli hinnata lahenduse sobivust lähiriikides: Läti, Leedu ja Soome.

Viimasena koostati eelmiste etappide jooksul kogutud teadmiste abil ettepanek tootearenduseks.

2.2 Kulu- ja võrdlusmeetod rõdude hinnastamisel

Magistritöös võrreldud projektid on arhitektuurselt erinevad, rõdu mõõdud ei kattu ja teostused on toimunud muutunud hinnatasemega perioodidel. Üks väljakutse oli leida tehnoloogiliselt sobiv lahendus rõdule, teine oli kuluefektiivsuse arusaadav esitamine, mis vastaks ka reaalsele mõjule.

Rõdud hinnastati kulumeetodil. Kõige täpsemaks meetodina kasutati analüüsis hetke ühikhindasid. Tegemist küll oluliselt ajamahukama arvutusega, kui indekseid kasutamine, samas andis oluliselt paremini võrreldava tulemuse.

2.3 Kvantitatiivne meetod garantiiprobleemide kaardistamisel

Ehituslike lahenduste jätkusuutlikuse tõstmiseks teostati garantii statistika kogumine, mille alusel koostati sagedusuuring. Kõige sagedamini ja kulukaimad defektid kaardistati ning tuvastati põhjused. Tulemused integreeriti tootearenduse käigus juba moodullahendusse.

3. OLEMASOLEV RÕDU LAHENDUS

3.1 Levinumad rõdutüübid elamuarenduses

Magistritöös on analüüsitud elamuarenduse rõdu lahendusi. Üldiselt saab liigitada rõdud kolme gruppi (joonis 3.1):

- prantsuse rõdud,
- sisse ulatuvad rõdud ehk lodžad ja
- hoone gabariidist välja ulatuvad rõdud.



Joonis 3.1: Prantsuse rõdu, lodža ja hoone gabariidist välja ulatuvad rõdud.

Analüüs ei hõlma esimest kahte rühma. Nende ehitus ei mõjuta ehitusgraafikut ehk neid töid saab teostada teiste tööde ajal paralleelselt ilma lõpptähtaega mõjutamata. Kolmanda rühma rõdud mõjutavad nii fassaadi valmimist kui ka hoone perimeetril tehtavate tööde teostust.

Hoone gabariidist välja ulatuvad rõdud jagunevad omakorda postidele toetatud või konsoolseteks konstruktsioonideks. Töös keskendutakse eelkõige viimasele.



Joonis 3.2: Postidele toetatud ja konsoolsed rõdud

3.2 Protsessi kirjeldamine

Töö koostamiseks ja analüüsi tegemiseks töötati läbi erinevaid arendusobjekte.

Rõdulahendused projekteeriti arhitektide ja konstruktorite poolt üldjuhul oma äranägemise järgi. Lähtutakse tulevase hoone kontseptsioonist: rõdu suurus, kas rõdu peaks olema metall- või klaaspiiretega, kas täielikult klaasitud ja kinnine, mis materjal katab rõdu põrandat. Valdavalt on iga projekt erinev, sellest tulenevalt ka kandekonstruktsioon.

Lähtutakse lihtsast loogikast: kui on vaja soodsama müügihinnaga projekti, siis toestatakse rõdu postidele. Kui tekib vajadus näidata hoonet kallimana või tuua sisse konkurentidest erinevat lisandväärtust, kasutatakse konsoolseid rõdusid. Veel kallima lahenduse puhul lisatakse klaaspiirded.



Joonis 3.3: Liikuri A/B/C ja Võidujooksu 7 hoonete fassaadilahendus

Analüüsi aluseks valisin Liikuri 18A/B/C ja Võidujooksu 7 hooned rõdu paigutuse ja lahenduse tõttu, kus rõdud ei asunud samadel kõrgustel ja kohakuti. Fassaaditöödeks kasutati spetsiaalseid reguleeritavaid tellinguid, mis tähendas sisuliselt topeltkulu tellingutele võrreldes teiste objektidega. Kaasasin analüüsi lisaks Liikuri arendusele ka Aiandi objektid, sest Aiandi 8 projekti oli planeeritud paigaldada esimesed moodulrõdud.



Joonis 3.4: Aiandi 5 hoonete fassaadilahendus

Olemasoleva lahenduse järgi kinnitati kogu rõdu terasest kandekonstruktsioon betoonist vahelae külge. Kandva raami konsoolne osa ulatus hoonest välja. Esialgseks lõppeesmärgiks on leida moodullahendus, mille puhul kinnitatakse rõdu hoone karkassist välja ulatuv osa hoone külge hiljem. See tähendaks valmis rõdu paika tõstmist koos kõigi viimistluskihtide ja piiretega. Arendatava mooduli konstruktsioon peaks katma võimalikult palju erineva funktsionaalsuse ja arhitektuurilise lahendusega rõdu tüüpe.



Joonis 3.5: Esiadne konsoolne rõdu terasraami lahendus

Töö lähtematerjalina kasutatud rõdude konstruktsioonid on välja toodud Lisas 1.

3.3 Ehitustehnilised lahendused

Postidele toestatud rõdu koosnes teraspostidest ja tehases eeltoodetud raudbetoon rõduplaadist. Montaaž teostati enne fassaaditöid.

Ehituslikult paigaldati konsoolse rõdu kandev terasraam peale õõnespaneelide paigaldust vahelae külge. Betoneerimise käigus monolitiseeriti raam betoonosa külge.

Ülejäänud rõdu ehitati peale fassaaditöid tellingute pealt. Tellingud püstitati kogu hoone perimeetrile selliselt, kus rõdu raamid jäid tellingute vahele. See tingis vajaduse tellingute postidele, millel on võimalik kõrgust reguleerida. Tavapärastel alumiiniumtellingutel seda võimalust pole.

Lisaks tootis teraskonstruksiooni ja ehitas rõdu igas projektis erinev töövõtja. Kvaliteet sõltus nii projekterija, objektimeeskonna kui ka alltöövõtja pädevusest. Mis tähendas väga suurt hinna- ning kvaliteeditaseme kõikumist erinevate projektide vahel.

3.4 Olemasolevate rõdude hinnavõrdlus.

Rõdusid hinnastati ühe komplekti hinnaga sisuliselt kuni lõpuni. Hiljem kulusid jälgides alles tõdeti, kas õnnestus rõdu eelarvelise hinnaga ära ehitada või mitte. Tähelepanu kõitsidki just Liikuri arenduse rõdud, mis olid varasematest keeruakamad. Esialgse hinnangu tõttu ei olnud tegelike kulude ja ehituseelarve vahe suur, aga arvestamata jäeti kõik muud kõrvalkulud (näiteks tellingud).

Järjepidevus ja analüüs tegelike hindade võrdlemiseks eelarvega puudus. Järgmist projekti eelarvestades korrigeeriti lihtsalt ühikhinda teadmata kust ja miks see kõrgem hind tuli.

Tabelis 1 ja 2 on välja toodud analüüsi lähteülesandeks võetud rõdude hinnad. Rõdu suuruseks arvestati 3,5 m² ja piirdeks teraspiire.

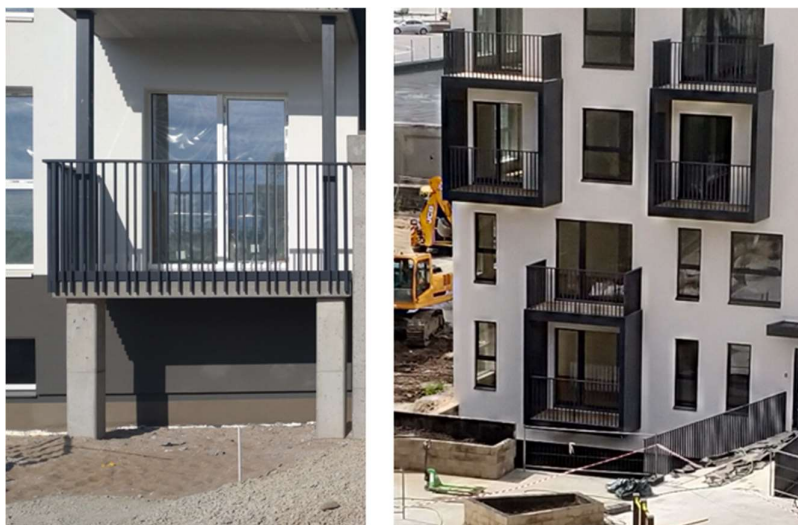
Tabel 3.1: Postidele toetatud rõdu hind, Tasandi 8. [10]

Kululiik	Ühik	Maht	Ühiku hind	Maksumus
Väljakaaved rõdude roostvõrgile	m3	4.97	8.00	39.75
Tagasitõied liivaga	m3	3.97	20.00	79.49
Roostvõrgi alune killustik. Arvestatud h-200mm	m3	0.66	38.00	25.17
Monoliitne roostvõrk	m3	0.26	355.00	93.43
R/B postid	m3	0.51	645.00	326.23
Postide paigaldus	tk	0.94	115.00	108.10
R/B plaat	m3	0.89	595.00	529.98
R/B plaatide paigaldus	tk	0.54	115.00	61.77
Välisseina paneelid	m2	3.13	85.00	266.32
Välisseina paneelide paigaldus	tk	0.67	120.00	80.57
Rõdu betoonipaneelide värvimine, seinad ja laed (osaline pahteldamine, krutimine, värvimine)	m2	16.56	16.00	264.98
Rõdu paneelide krohvimine (deformatsiooni profiil, armeering, krunt, krohv)	m2	7.79	35.00	272.59
Teraspiirded	jm	2.87	284.00	815.08
MAKSUMUS KOKKU			Kokku:	2963.46

Tabel 3.2: Konsoolse rõdu hind, Liikuri 18. [11]

Kululiik	Ühik	Maht	Ühiku hind	Maksumus
Konsoolne rõdu terasraam	kg	258.60	5.30	1370.58
Teraspiirded	jm	2.70	213.00	575.10
Komposiitplaat, sh kinnitusvahendid	m2	13.30	29.00	385.70
Komposiitplaadi paigaldus	m2	13.30	54.00	718.20
Rõdu põrandate ehitus (puitkarkass, vineer, SBS, terrassilauad)	m2	3.50	145.00	507.50
Plekkide paigaldus	kmpl	1.00	122.00	122.00
Kinnitusvahendid ja transport	kmpl	1.00	35.00	35.00
MAKSUMUS KOKKU			Kokku:	3714.08

Paremaks ettekujutuseks on lisatud joonistele 3.6 konkreetsete projektide visuaalsed lahendused.



Joonis 3.6: Tasandi 8 rõdu postidel, Liikuri 18 konsoolne rõdu

Rõdude maksumuse osakaal vastavate hoonete ehitismaksumusest on välja toodud tabelites 3.3 ja 3.4. Tasandi 8 projektis kokku 32, Liikuri 18 C/Võidujooksu 7 130 rõdu.

Tabel 3.3: Tasandi 8 rõdu ehitamise kulu osakaal kogu eelarvest. [10]

	Kulugrupp	EUR	
0	Arenduskulud	496,115.10	17%
	<i>Infra kinnistult väljas (lisaks)</i>	200,935.80	7%
1	Maatööd	203,282.96	7%
	Varikatused ja õuealad (lisaks)	<i>puudub</i>	
	Hoonete ehitus	1,723,921.55	58%
2	Vundamendid	220,044.77	7%
3	Karkassi ehitus	366,660.59	12%
4	Üldehitus (v.a. vund., karkass, viimistlus)	322,521.17	11%
4.4	Rõdud, piirded	94,830.72	3%
5	Viimistlustööd	370,713.94	12%
6	Mööbel ja lisatellimused	21,987.81	1%
7	Eriosad	421,993.27	14%
	Üld- ja kasutuskulud kokku	394,299.95	13%
	KOKKU	2,989,018.52	100%

Tabel 3.4: Liikuri 18C/Võidujooksu 7 rõdu ehitamise kulu osakaal kogu eelarvest. [11]

	Kulugrupp	EUR	
0	Arenduskulud	1,767,811.50	18%
	Infra kinnistult väljas (lisaks)	242,018.01	2%
1	Maatööd	<i>puudub</i>	
	Varikatused ja õuealad (lisaks)	594,391.59	6%
	Hoonete ehitus	6,174,274.54	64%
2	Vundamendid	399,248.24	4%
3	Karkassi ehitus	1,394,003.02	14%
4	Üldehitus (v.a. vund., karkass, viimistlus)	1,492,059.55	15%
4.4	Rõdud, piirded	482,830.40	5%
5	Viimistlustööd	1,314,342.03	14%
6	Mööbel ja lisatellimused	10,616.64	0%
7	Eriosad	1,564,005.07	16%
	Üld- ja kasutuskulud kokku	1,054,002.69	11%
	KOKKU	9,697,089.74	100%

Konsoolsete rõdude ehituskulu Liikuri projektis moodustab 5% kogu ehituseelarvest, võrreldes postidele paigaldatud rõdude ehituse kuluga Tasandi 8 hoones, kus osakaal 3%. Postidele toetatud rõdu ongi üldiselt üks odavamaid lahendusi. 2% vahe Liikuri ehituseelarvest on ligi 194 tuh €. Sellest lähtudes võeti moodulrõdude analüüsi eesmärgiks osakaalu vähendamine vähemalt 1% võrra tagades funktsionaalsuselt ja visuaalselt samaväärne lahendus.

3.5 Mõju ajagraafikule

Ajagraafiku järgi kestis ehitusprotsess kokku 16 kuud. Hoone konstruktiivse karbi ehitus sellest 5 ja järgnenud fassaaditööd koos rõdudega 6 kuud. Viimased 4 kuud teostati hoone siseviimistlustöid ning platse ja õuealaid. Varasemalt ei olnud võimalik varikatuste ja õuealade töid teostada tellingute tõttu. Viimane kuu on graafikus ette nähtud ülevaatusteks ja parandustöödeks.

Nii postidega kui ka konsoolse rõdu kandekonstruktsioon ehitati valmis enne fassaaditöid. Sellest tulenevalt algasid juba rõduga seotud tööd konstruktsiooni ehituse algaasis kolmandal kuul ja lõppesid rõdu viimistlemisega koos fassaaditöödega ja tellingute demonteerimisega 11. kuul. Rõduga seotud töid teostati kaheksa kuu jooksul. Täiendavalt ei saa tellingute ja lõpetamata rõdude tõttu teha hoone perimeetril töid.

Moodulrõdu lahenduse analüüsi eesmärgiks seati võimaliku ajalise kokkuhoiu otsimine. Tellingute varajasem demontaaž võimaldaks töid hoone perimeetril alustada varem, st ka lühendada hoone ehitusperioodi.

3.6 Peamised kvaliteediprobleemid

Postidele toestatud rõdude puhul esines ainult ühte tüüpi probleeme. Samas esinemuse sagedus oli kõrge ja kahjustused suured.

Rõdu postide ja hoone vundamendid ei olnud omavahel seotud. Vundamentide vajumid olid üldjuhul erinevad, mis tingis olukorra, kus erinevalt rõdudele toimusid hoonetel eksploatatsiooni käigus vajumid. Esialgsed hoonest eemale ehitatud rõdu raudbetoonplaadi kalded vajusid vastupidiseks. Rõdule sattunud sademed voolasid hoone poole. Olukorda võimendas tuul. Projekteeritud betoon ja krohvfaassaadi liide ei olnud piisavalt ajas kestev pideva seisva vee jaoks. Alates kahe-aastastel fassaadidel tekkisid niiskuskahjustused (joonis 3.7). Olukord oli pigem reegel kui erand.

Rõdu kalde probleemi on võimalik vältida suurema esialgse kalde projekteerimisega. Küll aga esineb probleem endiselt tuulega avatud hoonete külgedel. See tingib järjest enam eelistama konsoolset rõdu lahendust.



Joonis 3.7: Postidele toestatud rõdult tekkivad niiskuskahjustused. [12]

Konsoolse rõdu puhul esines sarnaseid probleeme just rõdu katuste liidetes. Tagajärjed olid sarnased. Niiskuse pääses SILS õhekrohvüsteemi taha ning tekkisid fassaadi praod. Katuste puhul oli aga põhjuseks üldjuhul silikooni või mastiksi kasutamine, mis ei püsi ilmastikukindlad UV kiirguse käes rohkem kui kaks aastat. Muid läbivaid probleeme ei esinenud.



Joonis 3.8: Konsoolse rõdu katuse liite kahjustused.

3.7 Lähtepunkt analüüsiks

Analüüsiks valiti konsoolse rõdu oluliselt kallima ehitusmaksumuse, mõningaste kvaliteedi küsimuste ja efektiivsema ehitusperioodi tõttu.

Esialgne eesmärk sõnastati:

- Leida moodullahendus rõdude paigaldamiseks peale fassaaditöid kogu hoone ehitusperioodi lühendamiseks.
- Vähendada rõdu ehituslikku maksumust. Osakaalu vähendamine kogu ehituseelarvest vähemalt 1% võrra.

Täiendava lisandväärtust loovaks ülesandeks seati rõdu ja krohvfaasadi liite kestvuse probleemidele lahenduse leidmine.

4. EFEKTIIVSUSE OTSIMINE

4.1 Andmete kogumine, näiteid elamuturult

Andmete kogumiseks uuriti turul levinud lahendusi, sh teistes lähiriikides eelkõige Baltimaad. Üheks esimeseks sisukaimaks lähtepunktiks saadi kontakt Taani elamuarendajaga, kes jagas oma aastatepikkust kogemust, sh projektdokumentatsiooni ja tootmisjooniseid (joonis 4.1).



Joonis 4.1: Taani elamuarendaja lahendus

Lahenduse tugev külg on kindlasti nii konstruktiivne kui ka ehituslik lihtsus. Rõdu kinnitatakse neljast punktist, mis jaotab koormuse ilma seinale suuri toemomente tekitamata. Samuti ei vaja lahendus diagonaaltõmbi.

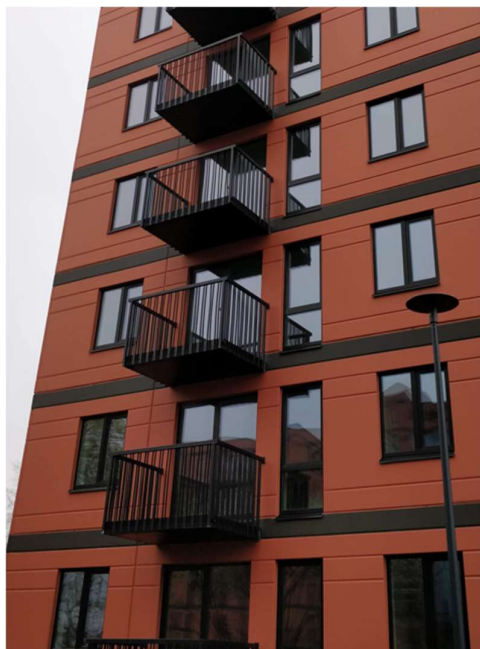
Lahendus välistab kahjuks õõnesplokksaina, mida Eesti turul kasutatakse väiksemate kortermajade puhul laialdaselt.

Leedu turult leidsime kohaliku betoonelementide tootja tüüplahenduse konsoolsele monteeritavast raudbetoonelemendist rõdule (joonis 4.2). Kohalikul turul on lahendus laialt levinud. Uuringu käigus selgus lahenduse olemasolu ka Eesti turul. Samas siinsel turul ei ole tegemist laialt levinud tootega. Üheks põhjuseks paigaldus konstruktiivsete tööde ajal, mis ei taga ei ajalist ega ka kuluefektiivsust.



Joonis 4.2: Leedu elamuarendaja lahendus

Raudbetoon sandwich elementide külge ehitatavaid konsoolseid rõdu lahendusi leiab mitmeid (joonis 4.3 ja 4.4).



Joonis 4.3: Teraspiirdega rõdu Tallinnas



Joonis 4.4: Terasraami ja tõmbiga kinnine rõdu Tallinnas. [11]



Joonis 4.5: Teraskonstruktsioonil konsoolne rõdu Tallinnas. [12]

Need ainult mõned näited, aga välja arendatav lahendus peaks võimaldama kõiki neid ehitada eeltoodetud moodulitena. Täna massilist arenduste kaupa sellist lahendust ei tähendatud.

4.2 Efektiivsuse püüdmine laiemalt

4.2.1 Kredex kortermajade tehaseliste elementidega rekonstrueerimine

Lisaks erasektorile, suunab avalik sektor kasutama ajaefektiivsemaid lahendusi. Kredexi elementidest korrusmajade rekonstrueerimise meetmele panustatakse järjest enam.

Korteriühistud saavad taotleda KredExist tüüpprojektide järgi ehitatud kortermajade uutmoodi rekonstrueerimiseks toetust. Tööde tulemusel saab maja kaasaegse välimuse, saavutatakse märkimisväärne küttekulude kokkuhoid ja hea sisekliima.

Tehaselise renoveerimise eelis on ennekõike kiiruses. Täiendava eelisenä on tehaselised elemendid koostatud siseruumides, kus on ehitusmaterjalid kaitstud ilmastikumõjude eest. [15]

Kliimaeesmärkide saavutamiseks on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium kinnitanud rekonstrueerimise pikaajalise strateegia. Enne 2000. aastat ehitatud hoonefondi rekonstrueerimine C klassi tasemele aastaks 2050. Hinnanguline korda tegemist vajavate korterelamute maht 14 000 hoonet. [16]

Ainult objektile ehitades ei ole sellise mahu teenindamine teostatav.

4.2.2 Mustermaja EKA PAKK

EKA Puitarhitektuuri Kompetentsikeskus PAKK alustas koostööd Elektrileviga, et projekteerida madala süsiniku jalajäljega, modulaarne, tehases toodetav ja ringmajanduslikke põhimõtteid järgiv puidust õppehoone, kasutades EKA PAKKus arendatavat Mustermaja projekteerimissüsteemi. Ehitushanke võitjaks osutus Estnor OÜ, kelle juhtimisel valmib esimene Mustermaja Kiili vallas 2024. aastal.

Mustermaja kontseptsiooni soovib kasutusele võtta ka Tallinna linn uute lasteaedade rajamiseks 2025. aastal. [17]

4.2.3 Julgus olla innovaatiline

Ühe äärmuslikuma näitena sai Nordecon Teadus- ja ärilinnaku Tehnopol korraldatud tehisintellekti ehk AI kahepäevases töötoas oma projektide väljatöötamiseks rahastuse.

Nordecon soovib lahendada küsimust, kuidas võimalikult efektiivselt saada visuaalne ja terviklik ülevaade ehitusplatsil toimuvast ning kuidas kogutavaid andmeid ehitustegevuse operatiivsel juhtimisel kasutada.

Nordeconi digilahenduste projektijuht Risto Vahenurm sõnas, et nende ambitsioon on olla andmepõhise juhtimise turuliider ehitussektoris. "AI töötuba aitab hoida fookust olulisimal ja annab meile täiendava võimaluse innovaatilisi lahendusi katsetada," ütles ta. [18]

4.3 Moodullahenduste riskid

- Juriidiline risk – Detailplaneeringud võivad mitte lubada rõdusid ehitada hoone perimeetrist väljapoole. Sel puhul töös käsitletud moodulrõdusid kasutada ei saa.
- Kvaliteedi risk – Moodullahenduse puhul on hilise ja kiire paigalduse puhul ülioluline täpsus. Projekteerimise ja tootmise kvaliteet peab olema piisav, et detailid omavahel kokku läheks või peavad olema tolerantsid piisavad montaaži katkestuste vältimiseks. Objektile ümber tegemine teeb lahenduse koheselt ebaefektiivseks.
- Tururisk – Spetsiifiline tehases eeltoodet lahendus tingib väiksema partnerite valiku. Riskide maandamiseks on soovitatav sõlmida pikaajalisi kokkuleppeid või sõlmida kokkulepped piisava aja varuga.
- Likviidsusrisk – Tehaseline ette tootmine võtab aega. Seega on vajalikud materjalid oluliselt varem ette varuda. Võivad tekkida likviidsusprobleemid kui on suur maht ette toodetud, aga ei ole veel hoone külge paigaldatud. Finantsasutused on üldiselt valmis katma alles valmis ehitatud mahtu.
- Transpordirisk – Tehases toodetud valmis toode võib transpordi käigus deformeeruda või saada kahjustada, mis võib paigaldust takistada.

- Juhtimisrisk – Nii objekti kui ka tootmise juhtimise kvaliteet peab olema kõrge. Objektidel ehitades on võimalik tulemust kohe näha ning vajadusel korrigeerida. Moodulrõdu puhul ehitatakse hoone koos paigalduseks vajalike kanduritega valmis ja rõdu kaugemal tehases teineteisest sõltumata. Efektiivsus on tagatud ainult juhul kui hoone on ehitatud ja rõdud toodetud õigesti.

4.4 Muudatuste juhtimine

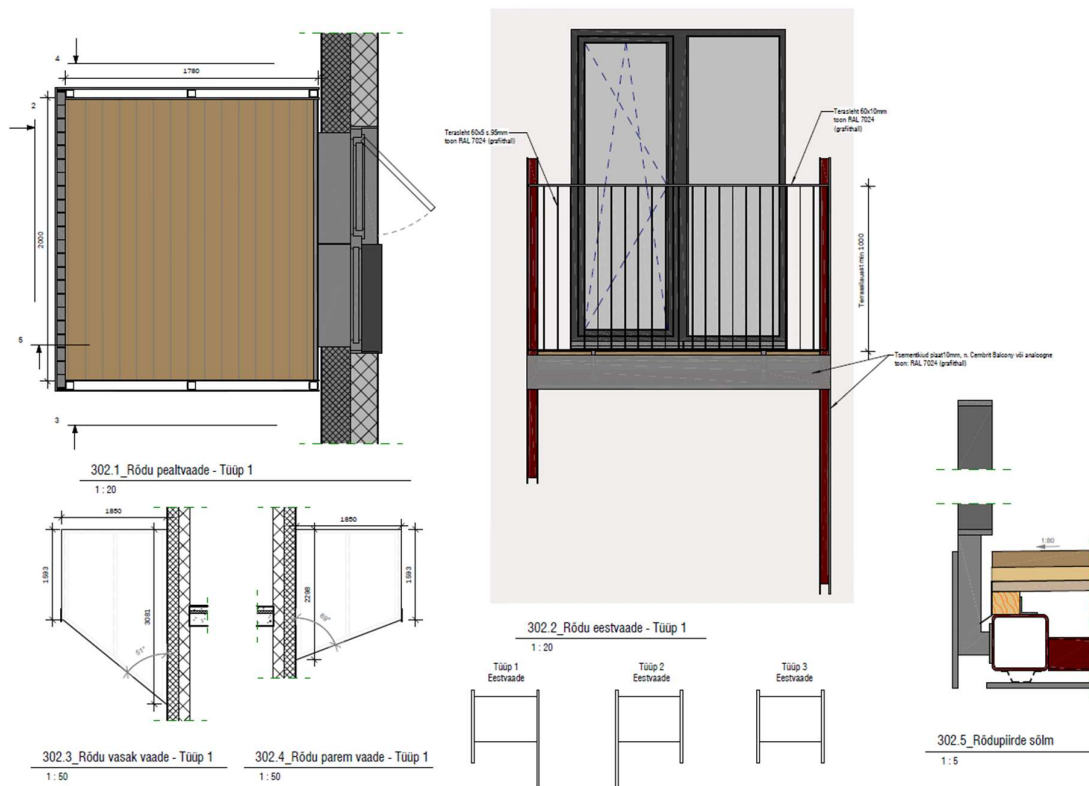
Tootearendamistel on oluline roll muudatuste juhtimise oskuses. Kui kaasata analüüsi või juurutamise töörühmadesse liikmeid, kes igapäevaselt peavad tulevikus välja töötatud lahendust projekteerima, hinnastama või ehitama, siis saab kindlasti esiteks lahendus parem, teiseks läheb ka hilisem kasutuselevõtt lihtsamalt. Meeskonnad on osaliselt juba infoga kursis ning ollakse valmis uue lahenduse peale üle minema.

Varajane meeskonna kaasatus aitab kollektiivil muudatusi kiiremini omaks võtta, mis omakorda tagab suurema tõenäolisusega projekti plaanipärase elluviimise.

5. TOOTEARENDUS

5.1 Esimesed tulemused

Lõplike lahendusteni jõudmine võttis aega kokku poolteist aastat. Lahendusteni liiguti samm-sammult. Esimese suurema otsusena koondati rõdulahenduste valik viieks erinevaks tüüpseks rõduks. Ühesuguse rõduga ei olnud võimalik kõigi projektide vajadusi rahuldada. Edasine töö kulus projektlahenduste ühtlustamisele. Kõigi viie tüübi koormuslahendus pidi olema samasugune. Hoone betoonosa ei tohtinud sõltuda rõdu tüübist, vaid pidi jääma standardseks. Sama kehtiks piirete kohta.



Joonis 5.1: Esialgne rõdu eskiis

Eskiisiga hinnati kõigepealt: rõdu suurust, kasutatavaid materjale, kinnitusviise ja -vahendeid. Konsulteriti nii erinevate materjalide tootjate kui ka edasimüüjatega, kuniks sai paika eskiislahendus.

Seejärel püstitati konstruktoritele väljakutse. Rõdu peab olema võimalik valmis ehitada tehastes või ehitusplatsil hoone kõrval. Seejärel piisavalt kujupüsiv paika monteerimiseks. Järeleandmisena oldi nõus klaaspiirdeid paigaldama peale montaaži.

Korduvalt sai konstruktoritega eskiislahendus kõrvale lükatud ja nullist alustatud. Peamiseks küsimuseks oli eesmärgiks seatud konstruktsiooni materjalide mahu optimeerimine. Konsooli asemel moodulina rõdu kinnitamine vajas lisasidet terasraami ristlõike vähendamiseks. Raudbetoon õõnesplokksinale aga horisontaalseid koormuseid sellises mahus lisada ei olnud võimalik. Samuti ei olnud aktsepteeritav diagonaalsidemete viimine rõdu piirdest kõrgemale ülemise korruse vahelae tasapinda. Konsulteeritud sai erinevate metallkonstruktsioonide tootjatega, arhitektide ja konstruktoritega.

Kinniste rõdude lahenamine läks lihtsamalt, kuna hoone külge on võimalik fikseerida rõdu nii põranda kui ka katuse tasapinnas. Täiendavaid momente raudbetoon seinale ei teki. Konstruktori ülesanne oli optimeerida terasraami ristlõige ning tööprojekti lisada kõik vajalikud lisaelemendid täiendavate rõdukihtide kinnitamise ettevalmistamiseks vältimaks kohapealseid puurimisi ja keevitustöid. Optimeerimise käigus lisati täiendav diagonaalside teraskonstruktsiooni kergema ristlõike saavutamiseks. Diagonaalside kinnitati ülemise korruse vahelae konstruktsiooni.



Joonis 5.2: Kinnine rõdu terasraamil tõmbiga

Nende rõdude põhjal sai sõnastatud esimesed eesmärgid kuluefektiivsuse saavutamiseks. Vara oli veel rääkida suurest pildist ja mõjust ehitusgraafikule. Esimesteks sõnastatud eesmärkideks oli rõdu omahinna alandamine ja fassaaditööde lihtsustamine rõdude hilisema paigalduse näol.

Otsustati jätta kõrvale Taani üksuse poolt edastatud variant, sest lahendus mõeldud ainult raudbetoon seintega hoonetele. Lahenduse keerukus seisneb ainult seina külge kinnitatava terasdetaili konstrueerimises.

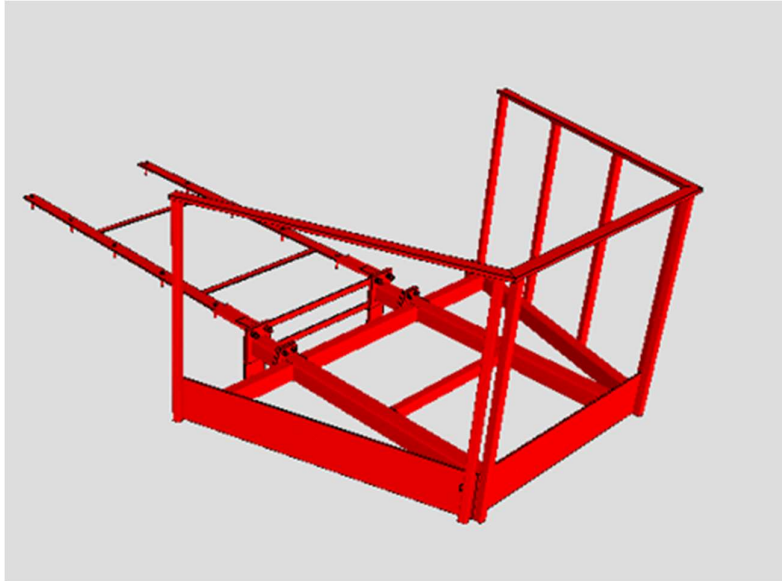
Standardsema lahenduse eesmärgil ühendati nii konsoolse rõdu kui terasraamiga rõdu lahendus. Terasraami katus oleks ülemise korruse rõdu põrand. Konstruktiivselt ja tehnoloogiliselt oleks toode sama, erinevuseks jäi katuse viimistlusmaterjal. Kui tegemist rõdu põrandaga nähti ette viimistluskihiks Protan kate, kui katus, siis SBS bituumenkate.

Kontseptuaalne nägemus sai sellega paika. Edasiseks eesmärgiks sai teraskonstruktsiooni lahendamine ning tootejooniste koostamine.

5.2 Projekteerimine

Projekteerimise protsessi hindamiseks viidi läbi ekspertintervjuu hoone konstruktori Allar Staškevitšiga inseneribüroost Projekt O2.

Esiagne lahenduse eskiis anti lähteülesandena edasi, seega eraldi ajurünnakut konstruktor tegema ei pidanud. Lähtepunktiks võetigi juba kasutusel olnud konstruktsioon, millele lisandus poltliide. Seega jäid koormusolukorrad ja - kombinatsioonid samaks. Täiendav kontroll tuli teha moodulina monteeritava rõdu tõstmise olukord. Rõdu kaal ja gabariitmõõtmed on suhteliselt väikesed, seega kogu rõdu konstruktsioonile tõste olukord määravaks ei saanud. Eelnevalt oli juba tootearenduse analüüsi käigus tehtud otsus monteerida plaat ning klaaspiirded peale mooduli montaaži.



Joonis 5.3: Konstruktori poolt koostatud terasraami mudel

Analüüsi kaasatud hooned olid liigitatud üldjuhul tulepüsivusklassi TP1. Nõuetest tulenevalt pidaski konstruktor just liite tulepüsivust kõige kriitilisemaks kohaks, kuna poltliite kandevõime väheneb temperatuuri tõustes drastiliselt.

Ehitusplatsi tagasiside alusel oli paigaldusel suurimaks takistuseks poldiavade klappima saamine. Pilootprojekt Aiandi 8 puhul nägi konstruktor ette objektil kandurite teostusmöödistuse enne rõdude tootmist. Tegelikuses seda ei tehtud. See tingis olukorra, kus poldiavad tuli kohapeal üle puurida ning paigaldada suurema läbimõõduga poldid. Järgnevate objektide puhul parandati tootmisjooniseid ning arvestati paigalduse kõrvalekaldeid.

Tulevikku vaatasid kõik osapooled eesotsas konstruktor Allar Staškevitšiga positiivselt. Nähakse mitmeid võimalike parendamise kohti. Esimeseks järgmiseks sammuks võiks näiteks kasutusele võtta meetmed külmasilla vähendamiseks.

5.3 Valmis projekteeritud lahendus

Valmis projekteeritud ja analüüsitud lahendust piloteeriti Aiandi 8 projektis. Joonised hoonest ja rõdu terasraamist on esitatud Lisas 2.

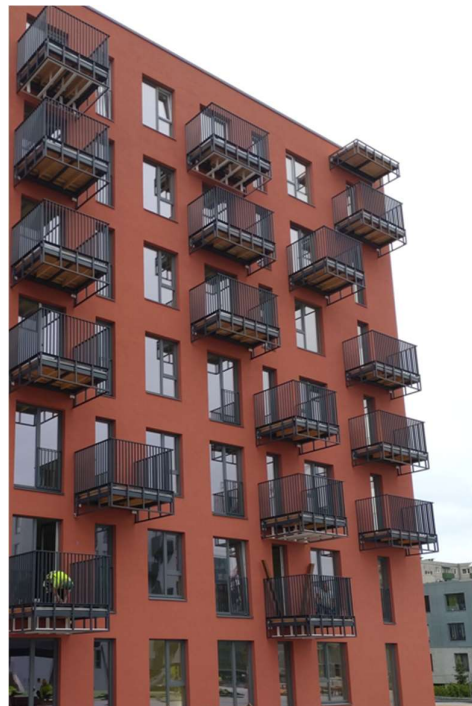
5.4 Valmis lahenduse sobivus erinevates projektides

Eesmärk katta moodulrõdu konstruktiivse lahendusega võimalikult palju erineva visuaalse ja funktsionaalse lahendusega, sai täidetud. Tänapäevaks on kasutatud lahendust kolmel erineval arendusel.

Täiendavate võitadena lahendati sõlmjooniste koostamisel rõdude kestusprobleemid ajas. Järeldused tehti Pärnaõue, Sinimäe, Ketraja ja Kolde pst arendustelt kogutud info põhjal [12]. Fassaadikahjustuste riski vähendamiseks vähendati oluliselt liitepinda. Ainukeseks läbiviiguks jäid teraskandurite tarilapid.

Konsoolse rõduga on välistatud erinevate vajumite probleem, mis esineb postidele toetatud konstruktsioonil. Sellest tulenevalt ei ole ka piirdematerjali või piirete kinnitusvahendite purunemise ohtu.

Esimesed standardiseeritud ja monteeritavad rõdud paigaldati Aiandi 8, 10, 12 projektidesse.



Joonis 5.4: Aiandi 8 rõdud peale paigaldust

Aiandi 7 ja 9 ehitati juba modifitseeritud ja parandatud lahendusega, kus parandati juba rõdu pinnalt vee voolamine fassaadidele, mis esines esimestes projektides. Tugevate vihmadega jooksis mööda rõdukonstruktsiooni vesi fassaadile määrides pikema aja jooksul heledamat tooni fassaadid.



Joonis 5.5: Aiandi 7 rõdud

Jätkuvaks arengu kohaks on poltliide ja selle töötamine väsimusele. Tänapäevane lahendus tugineb konstruktori arvutusel, mis omakorda on mitme inseneri poolt üle hinnatud. Samas on võimalik 5-10 aasta pärast hinnata tegelikku olukorda, mille põhjal võimalik parandusettepanekuid teha.

5.5 Tehnoloogilised ja majanduslikud erinevused

Arendusobjektide võrdlemisel on tegemist erinevate lahendustega, mis omakorda on ehitatud erinevatel aegadel ja erinevates turutingimustes perioodil 2018-2022. Kõige tõesema tulemuse andis ajakohaste ühikhindadega vanema lahenduse üle arvutamine. Seda tehes on võrdlusanalüüs töömahukam, kuna vaja hinna saamiseks rida-realt materjalide ja tööde maksumusi uuendada. Kõik teised variandid ei andnud meie hinnangul õiget tulemust.

Ehitushinnaindeksit kasutades ei saanud tõest tulemust. Näiteks kui võrrelda 2019 aasta projekti 2021 aastaga. Ehitushinnaindeks on selle ajaga tõusnud 9.7% [2]. Samas kui arvestada ühikhindadega tuli rõdu 20% kallim. Võrreldud tulemused on lisatud tabelis 5.1 [11,19].

Tabel 5.1: Rõdu hinna muutus 2019-2021.

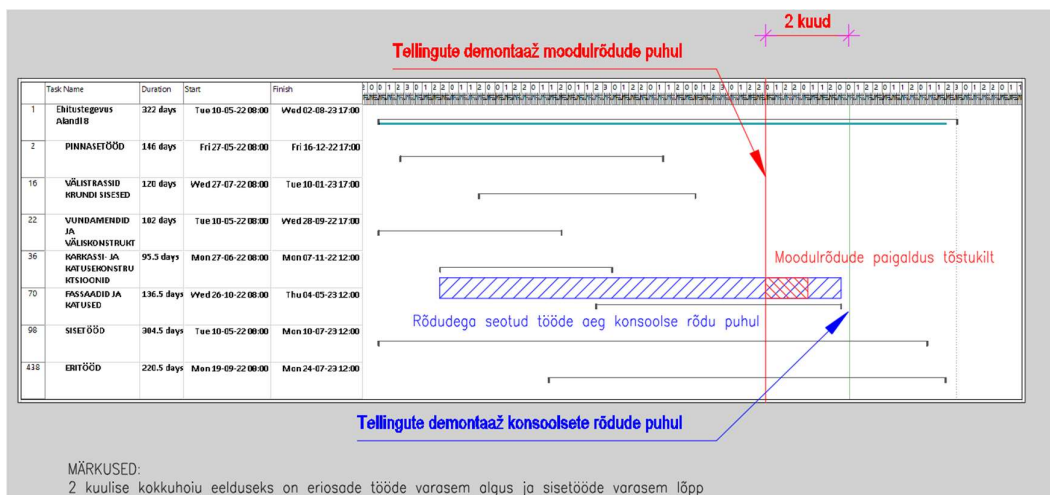
Projekt	Hind ehituse hetkel	Hind 2021 ühik-hindadega	Muutus	Hind 2021 ehitushinna indeksi kaudu	Muutus 2019-ga
Liikuri 18C/ Võidujooksu 7	3095.07 € (2019)	3714.08 €	619.01 € (+20%)	3395.29 €	300.22 € (+9.7%)
Aiandi 5	2415.17 € (2019)	2898.20 €	483.03 € (+20%)	2649.44	243.27 € (+9.7%)

Monoliitse rõdu konstruktsiooni suudeti oodatust vähem optimeerida (Tabel 5.2). Hinnavõit võrreldes aluseks võetud Liikuri 18C/Võidujooksu 7 projekti rõdukonstruktsioonidelt 7 277 €, st 94.5 € rõdu kohta. Kokku oli Aiandi 8 projektis 77 rõdu.

Tabel 5.2: Konsoolse rõdu hind, Aiandi 8.

Kululiik	Ühik	Maht	Ühiku hind	Maksumus
Konsoolne rõdu terasraam	kg	243.35	5.30	1289.81
Teraspiirded	jm	2.70	213.00	575.10
Komposiitplaat, sh kinnitusvahendid	m2	13.30	29.00	385.70
Komposiitplaadi paigaldus	m2	13.30	54.00	718.20
Rõdu põrandate ehitus (puitkarkass, vineer, SBS, terrassilauad)	m2	3.50	145.00	507.50
Plekkide paigaldus	kmpl	1.00	122.00	108.27
Kinnitusvahendid ja transport	kmpl	1.00	35.00	35.00
MAKSUMUS KOKKU			Kokku:	3619.58

Ajaline võrdlus varasema lahendusega on esitatud joonisel 5.6 [20]. Ajaline kokkuhoid ehitusgraafikus saavutatakse puhtalt tellingute demontaaži nihkumisest kaks kuud varasemaks. Hoone perimeetri ja õuealade töödega on võimalik alustada varem. Lõpptähtaja mõjutamiseks on vajalik planeerida õuealade tööd „kriitilisele teele“. Seega kokkuhoiu eelduseks on siseviimistlustööde kiirem lõpetamine, st tööde teostamine näiteks suurema meeskonnaga. Lisaks on vajalik eriosade paigaldusega alustada varem või samuti teostada suurema meeskonnaga.



Joonis 5.6: Võimalik ajaline kokkuhoid ehitusgraafikul

Võttes arvesse, et Aiandi 8 objekti kestusest sõltuvad üldkulud on 1490 €/päev [21] ja ehitusperioodi lühendamise võimalus on 2 kuud, siis täiendav kokkuhoid moodulrõdude kasutamisest üldkuludele on 65 560 € (Tabel 5.3). Kogu projektis saavutatud kuluefektiivsus analüüsi tulemusel projekteeritud rõdudega on $65\,560 + 7\,277 = 72\,837$ € (tabel 5.4).

Tabel 5.3: Aiandi 8 objekti kestusest sõltuvad üldkulud

OBJEKTI KASUTUSKULUD			
Ajutised ehitised objektil- soojakud	kuu	16	7 149 €
Pesusoojak	kuu	16	1 714 €
Piirdeaed (rendikulu)	kuu	16	3 480 €
Ehitiste kaitse - pindade katmised, avade sulgemised	kuu	16	18 812 €
Objekti kasutusmaterjalid ja tarvikud	kuu	16	9 406 €
Ehitusaegne elektri tarbimine 1 kuu	kuu	16	33 861 €
Ehitusaegne vee ja kanalisatsioonitarbimine 1 kuu	kuu	16	2 257 €
OBJEKTI ÜLDKULUD			
Palgakulu	kuu	16	356 564 €
Kontorikulud	kuu	16	6 584 €
Proovid, katsetused, ülevaatused, mõõdistuse (geodeesia)	kuu	16	7 525 €
Valvekulud	kuu	16	38 564 €
Objekti ruumide korrashoid	kuu	16	941 €
Ehitise koristus, konteinerid	kuu	16	37 624 €
Aiandi 8 ÜLDKULUD KOKKU			524 480 €

Tabel 5.4: Hinnavõrdlus varasema lahendusega, Aiandi 8.

	Kulugrupp	Konsoolne rõdu, EUR	Moodulrõdu, EUR
0	Arenduskulud	679 521.96	679 521.96
	<i>Infra kinnistult väljas (lisaks)</i>	175 500.00	175 500.00
1	Maatööd		
	Varikatused ja õuealad (lisaks)	611 707.99	611 707.99
	Hoonete ehitus	4 008 758.18	4 001 009.10
2	Vundamendid	246 370.63	246 370.63
3	Karkassi ehitus	1,168 367.02	1 168 367.02
4	Üldehitus (v.a. vund., karkass, viimistlus)	828 524.76	820 775.69
4.4	<i>Rõdud, piirded</i>	285 984.16	279 764.87
5	Viimistlustööd	826 355.18	826 355.18
6	Mööbel ja lisatellimused	36 752.04	36 752.04
7	Eriosad	902 388.54	902 388.54
	Üld- ja kasutuskulud kokku	733 898.81	668 338.81
	KOKKU	6 521 223.63	6 448 387.06
	Analüüsiga saavutatud kuluefektiivsus		72 836.57

6. MOODULKONSTRUKTSIOONIDE TULEVIK

Analüüsi tulemus viitab selgelt kui oluliseks on muutumas Eesti turul ajakulu. Suure tippspetsialistidest koosneva meeskonnaga kuluefektiivsuse otsimine on ise kulukam kui rõdude analüüsist saavutatav võit materjali kokkuhoiust.

Kui kasutada võrdlustes ajas sõltuvaid objekti- ja ettevõtte kulusid, muutub tulemus oluliselt. Seega koondades piisavalt ressursse ettevalmistuse faasi, on märgatav ajaline kokkuhoiud ehitusplatsil võimalik. Nagu analüüs näitas, ainuüksi rõdudega on kaks kuud lühem ehitusperiood saavutatav. Käesoleva töö tulemus näitab selgelt kui palju on võimalik efektiivsust tõsta kui kiirendada „kriitilise tee“ töid nagu näiteks hoone konstruktsiooni ehitus, millest sõltuvad kõik edasised tööd.

6.1 Moodulmaja tootjate valmisolek

Magistritöö teostusel küsiti ekspertarvamust Eestis ja välisturgudel tegutsevate moodulmajatootjate esindajatelt hinnangut hetkeolukorrale. Ekspertintervjuu andsid:

- Sven Mats, Matek AS tegevjuht. AS Matek on teostanud koostöös TTÜga ühiselamu renoveerimisel näidisprojekti, mille põhjal koostati hilisem Kredexi tehaselementidega renoveerimise toetuse meede.
- Airon Voolaid, Estnor OÜ müügijuht. Estnor OÜ võitis EKA PAKK mustermaja ehitamise hanke
- Tõnis Vaiksaar, Timbeco Woodhouse OÜ müügijuht/juhatuselise liige. Timbeco Woodhouse OÜ on tänaseks renoveerinud mitmeid kortermaja tehases eeltoodetud elementidega.

Kõik osapooled kinnitasid, et näevad just moodul- ja elementkonstruktsioonide populaarsuse tõusust kui avalik sektor on teerajaja. Eelkõige nähakse moodulkonstruktsioonide populaarsuse tõusu kortermajade ehitamisel kui rakendatakse nõue CO2 jalajälje arvutamine ehitusel.

Täna takistab moodulitest kortermaja ehitamist paljuski Päästeameti nõuded puitkonstruktsiooni tulepüsivusele. Majatootjad usuvad optimistlikult juba leebemate nõuete saabumist lähiaastatel (2030-2035). See avab võimaluse oluliselt objektil ehitamise aega vähendada ning teha mugavamaks ehitamise väljaspool suuri keskusi.

6.2 Peatöövõtjate valmisolek moodulkonstruktsioonide ehitamiseks Eestis

Praeguses turusituatsioonis likvideeritakse ettevõtetes üldiselt kõiksugused toetavad positsioonid, mis otseselt tulu ei too. Uurimise käigus küsiti peatöövõtuettevõtete juhtidelt nende nägemust, kuidas sellises olukorras hinnatõusudega võideldakse. Kas tootearendus ja kuluefektiivsuse otsimine jääb tagaplaanile või kompenseeritakse see olemasoleva tööjõuga ja igapäevatöö kõrvalt.

Ekspertintervjuu andsid:

- Tarmo Roos, Mapri Ehitus OÜ tegevjuht. Mapri Ehitus on Eesti üks suurimaid peatöövõtuettevõtteid. Tütarettevõtte Reterra Estate OÜ arendab nii Tartus kui Tallinnas aktiivselt elukondlikku kinnisvara. Mapri Ehitus osaleb aktiivselt ka Kredex elementidest kortermajade renoveerimise hangetel.
- Lauri Männiste, Arco Tarc OÜ tegevjuht. Arco Vara tütarettevõtte, kes peatöövõtu korras arendab emaettevõttele elukondlikku kinnisvara
- Märt Mõistus, Ehitusfirma FIDELE OÜ tegevjuht. Aastatepikkune kogemus nii peatöövõtu kui ka kortermajade renoveerimises, sh üks suurimaid kortermajade renoveerijaid Eestis.

Lühemas vaates nähti kulu kokkuhoiu kohana kiireid või ühishankeid. Alternatiivina ehitusliku lahenduse optimeerimist.

Moodulrõdusid ollakse oma projektides valmis kaaluma, kui annab oodatud kokkuhoiu. Ehitusfirma FIDELE ka juba kasutab mõningates Kredexi projektides. Suuremasse puitkonstruktsioonist moodulmajade levikusse vaadatakse skeptiliselt ja pigem ainult juhul kui avalik sektor oleks teerajaja.

Nii majatootjate kui ka peatöövõtu ettevõtete esindajad hindasid suurimaks riskiks moodulkonstruktsioonide populaarsuse tõusul kompetentsi puudumist. Ammendavad teadmised väljaspool majatehaseid sisuliselt puuduvad: alltöövõtjad, projekteerijad, omanikujärelevalved, objektijuhid ja ka tellijad.

KOKKUVÕTE

Analüüsi tulemusel välja töötatud konsoolse rõdu moodullahendust on võimalik kasutada erinevates projektides olenemata visuaalsest disainist või rõdu funktsionaalsusest. Rõdu paigaldatakse hoone külge juba lõppviimistlusega, ainult terrassilaudis ja klaaspiirded paigaldatakse peale montaaži.

Uuringu lähteülesandes seatud kulukokkuhoiud saavutati. Pilootprojektis Aiandi 8 puhul on võimalik sääst 1.1 %, mis on 6 521 223 € maksva projekti puhul 72 837 € (7 277 € rõdudelt, 65 560 € üldkuludelt) . Küll aga ei saavutatud kokkuhoiude esialgu planeeritud rõdukonstruktsiooni optimeerimisest vaid objekti üldkulude pealt, kui suudeti tellingute varajasema demontaaži tõttu säästa 2 kuud ehitusperiodist.

Täiendavalt suudeti moodulrõdu projekterida hoonest eemale, mis välistab varajasemaid rõdusid saatvad niiskusprobleemid.

Peamine avastamine kuluefektiivsuse otsimisel oli ajakulu olulisus. Vähemoluline ei ole ka selle jälgimine. Analüüsi tulemus kaotab oma mõtte, kui planeeritud ajakasutusest kinni ei peeta. Rakendub koheselt juhtimisrisk.

Ehitushinnad Eestis on jõudmas sarnasele tasemele nagu Skandinaavias. Viimase aasta hinnatõus andis sellele omakorda suure tõuke. Objekti üldkulud on muutumas osakaalult väga mõjukaks. Enam ei saa kergekäeliselt lükata valmimisi päevade kaupa edasi. Iga ära antud päev, nädal või kuu mõjutab projekti kasumlikkust oluliselt. Sarnaselt mõjutab iga säästetud päev, nädal või kuu tootearenduse tulemust kuluefektiivsuse otsimisel.

SUMMARY

The modular solution of the free hanging balcony developed as result of the analysis can be used in various projects regardless of the visual design of the functionality of the balcony. Module balcony is assembled on the building already with the final finishing. Only the terrace boards and glass railings are installed after assembly.

The cost effectiveness set in the targets were achieved. In the pilot project Aiandi 8, savings of 1.1% are possible, which is 72 837 € from the total budget 6 521 223 € (7 277 € from balconies, 65 560 € from site general costs). However, the savings weren't achieved from the initially planned optimization of the balcony structure. Most of the outcome were reached by shortening the construction period by 2 months.

In addition main quality issue were fixed during the development process. Connection with facade is improved to reduce the risk of moisture problems.

A key discovery in the analysis was the importance of time. Also follow-up is essential. The result of the development loses its meaning if the planned time use is not adhered to. Management risk applies immediately.

Construction prices in Estonia are reaching a similar level as in Scandinavia markets. In turn the price increase of the last years gave it a big boost. The general costs of the construction project are becoming very influential in terms of proportion. It is no longer acceptable to light handedly postpone completion for days. Every single day, week or month given away has a significant impact on the profitability of the whole project. Similarly, every day, week or month saved affects the outcome of product development in the search for cost efficiency.

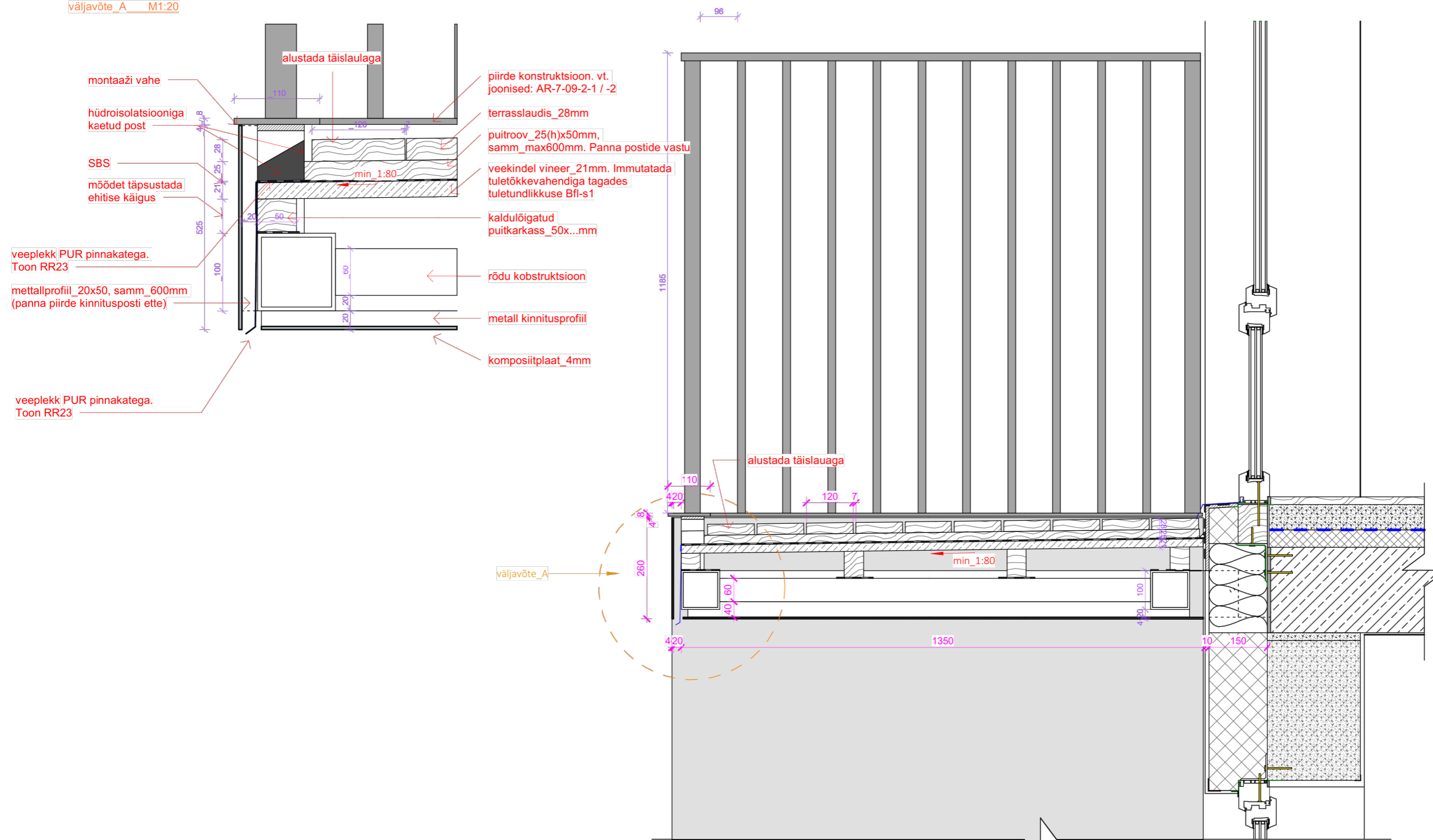
KASUTATUD KIRJANDUS

1. Statistikaameti koduleht [WWW] <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/rahandus/hinnad/toostustoodangu-tootjahinnaindeks>, (06.05.2023)
2. Statistikaameti koduleht [WWW] <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/rahandus/hinnad/ehitushinnaindeks>, (06.05.2023)
3. T. Roos, Mapri Ehituse tegevjuht, „Ehitushind ei ole kõrge, vaid õiglane“, avaldatud [WWW] www.ehitusuudised.ee, 13.09.2022
4. Äripäev, „Eesti inflatsioon kasvas augustis üle 25 protsendi“ [WWW] www.ehitusuudised.ee, 31.08.2022
5. S. Kõiv, T. Rimmelg „Ehitusfirmade TOP 50: eelmisel aastal ületati käiberekord“ [WWW] www.ehitusuudised.ee, 14.09.2022
6. S. Kõiv „50 materjalitootjat: eelseisev talv valmistab muret“ [WWW] www.ehitusuudised.ee, 12.08.2022
7. B. Must, N. Korv, K. Kurg „Ettevõtjad olukorrast: kriis on käes, kuidas jääda ellu?“ [WWW] www.aripaev.ee, 02.10.2022
8. I. Alliksaar „Ekspert ehitajatele: vältige soovmõtlemist – püsige elus!“ [WWW] www.ehitusuudised.ee, 13.09.2022
9. M. Eliste, Arco Vara Kinnisvarabüroo analüütik „Ehitusobjektide valmimine lükkub edasi ja turule lisandub spekulante“ [WWW] www.aripaev.ee, 25.07.2022
10. Bonava Eesti eelarvestuse osakonna poolt koostatud Tasandi 8 ehituseelarve, 06.10.2020
11. Bonava Eesti eelarvestuse osakonna poolt koostatud Liikuri 18C/Võidujooksu 7 ehituseelarve ja kuluproгноos, 04.12.2019
12. E. Roosimägi, SIA DAW Baltics (Caparol), poolt koostatud objektiraport Bonava Eesti OÜ tellimisel objektidele Tähistaeva 6,8, Noorkuu 5,7,9,10,12 (juuni-juuli 2019)
13. Merko Ehitus AS koduleht [WWW] <https://group.merko.ee/project/tartu-mnt-50a-ari-ja-eluhoone/> (11.05.2023)
14. Arco Vara AS koduleht [WWW] <https://arcovara.com/arendus/lammi-6/?portfolioCats=17#> (11.05.2023)
15. T. Reinsalu, Kredexi eluaseme- ja energiatõhususe osakonna juht, „Korterimaja saab uudsel moel korda senisest kiiremini“, Pärnu Postimees, (30.03.2023)
16. MKM ja Kredexi poolt avalikustatud „Rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“ [WWW] https://kredex.ee/sites/default/files/2020-10/Rekonstrueerimise%20pikaajaline%20strateegia_MKM.pdf, (01.10.2010)
17. Andres Lõo, EKA PAKK kodulehel [WWW] <https://www.artun.ee/eesti-saabendale-esimese-mustermaja-susteemis-projekteeritud-hoone/> (31.03.2023)

18. Tehnopol „Tehnopoli AI töötuba rahastab ligi 260 000 euroga kaheksa tootmisettevõtte tehisintellekti projekti“, [WWW] <https://www.tehnopol.ee/tehnopoli-ai-tootuba-rahastab-ligi-260-000-euroga-kaheksa-tootmisettevotte-tehisintellekti-projekti/>, 27.03.2023
19. Bonava Eesti eelarvestuse osakonna poolt koostatud Aiandi 5 ehituseelarve ja kuluproгноos, 06.09.2019
20. Aiandi 8 objektimeskonna poolt koostatud ehitusgraafik
21. Bonava Eesti eelarvestuse osakonna poolt koostatud Aiandi 8 ehituseelarve, 14.02.2020

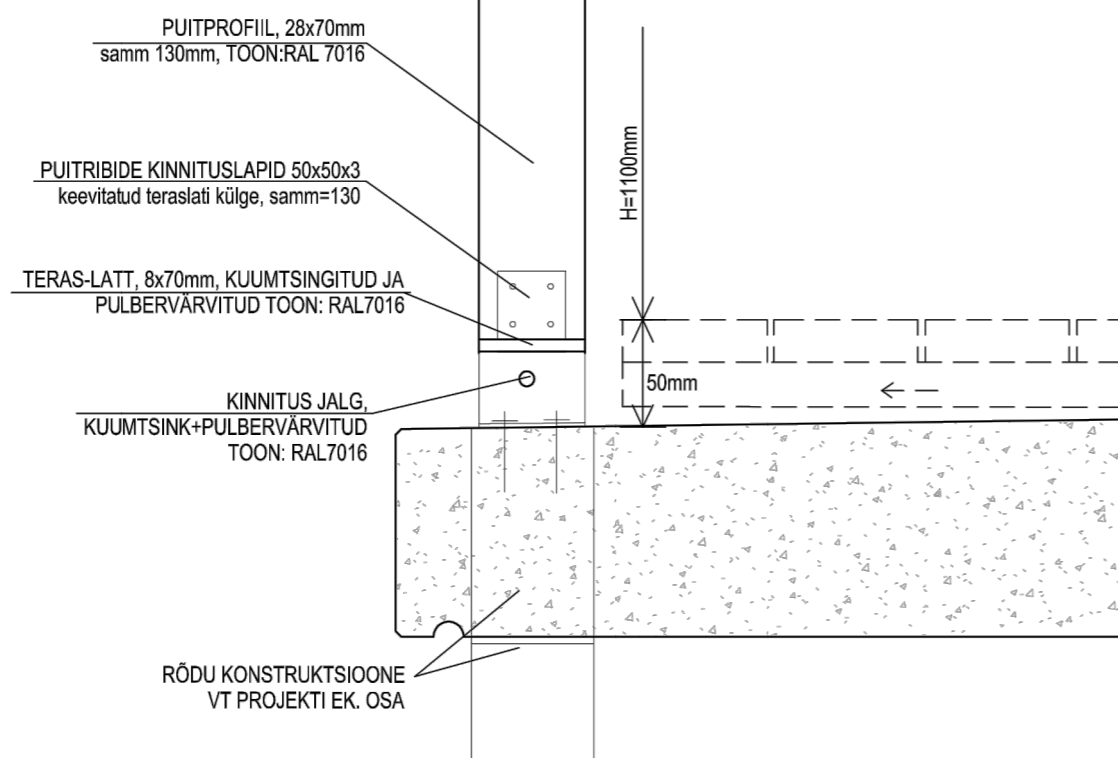
LISAD

väljavõte_A M1:20

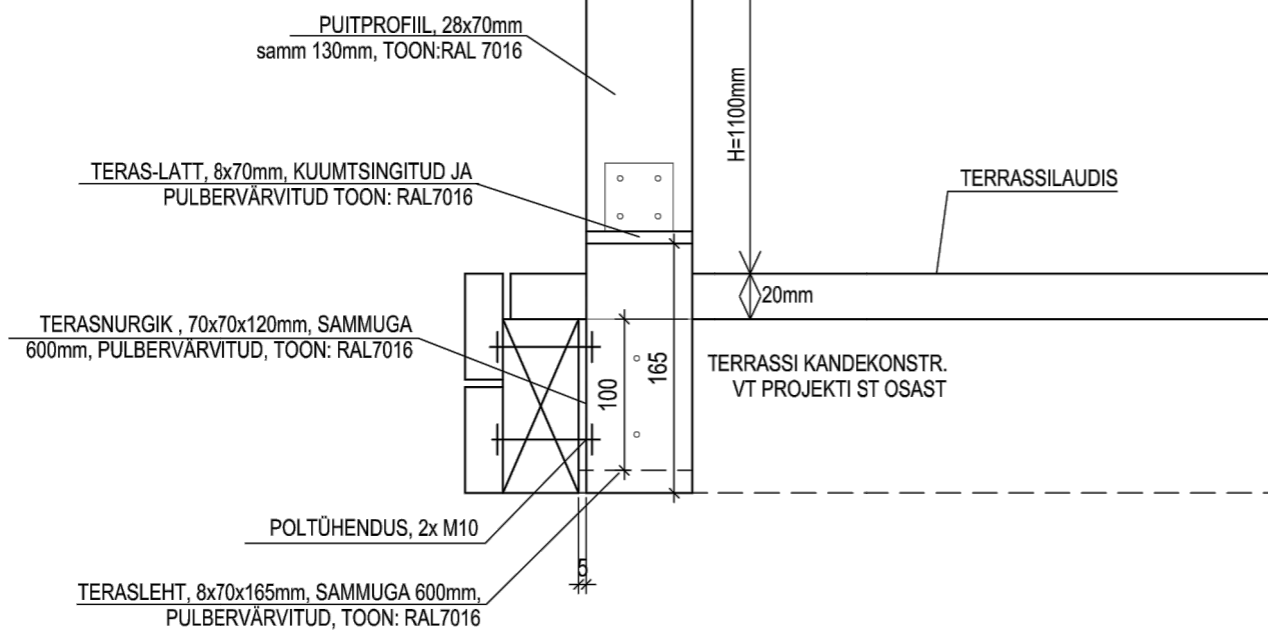


TAL TECH TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht / Lehti: 1 / 2
Koostaja:	Priit Pichen	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023	LISA 1: Konsoolse rõdu konstruktsiooni lõige
Juhendaja:	Erki Soekov	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023	
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Moodulrõdude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel	

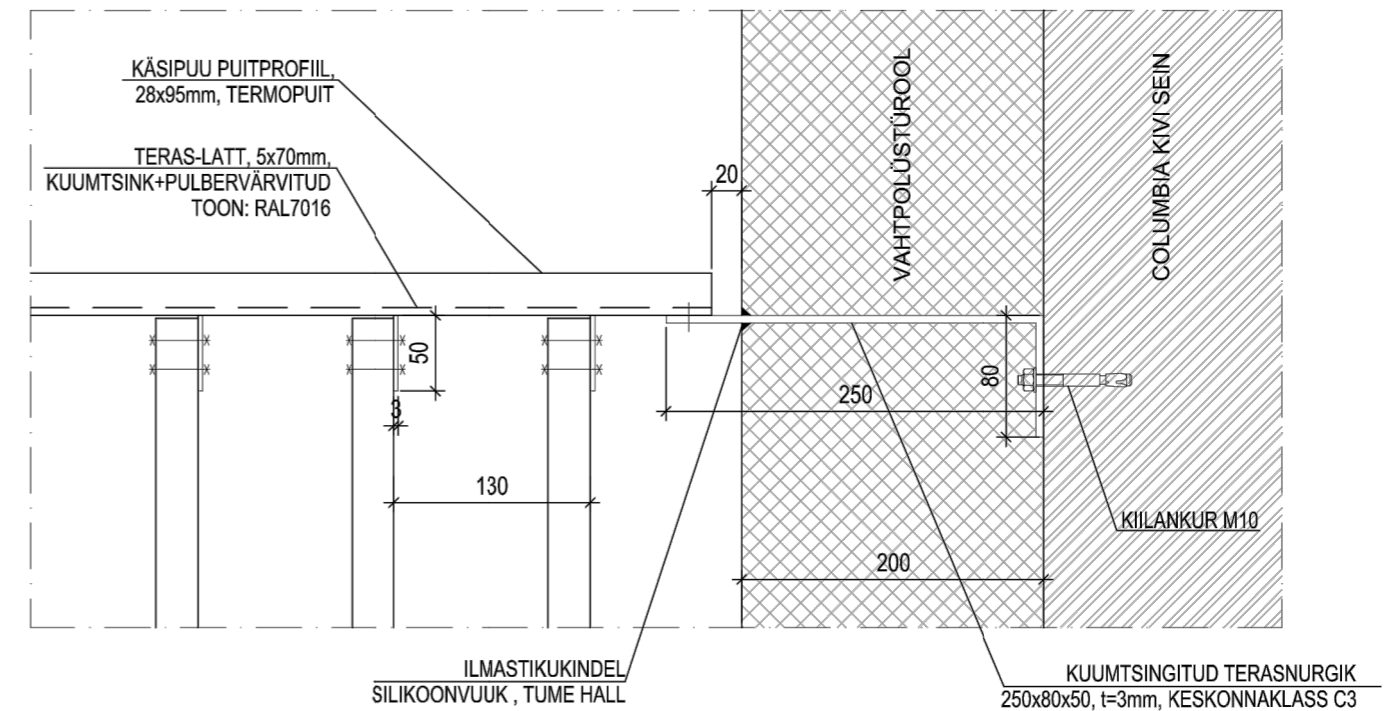
RÕDU PIIRDE KINNITUS SÕLM



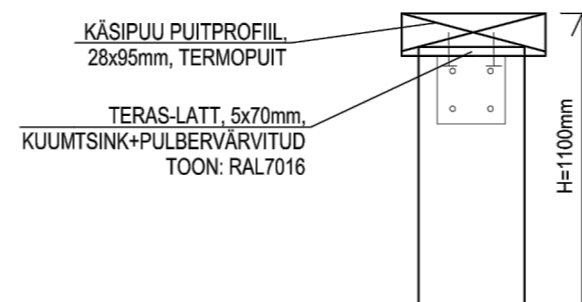
TERRASSI PIIRDE KINNITUS SÕLM



PIIRDE KINNITUS SÕLM SEINALE



PIIRDE KÄSIPUU SÕLM



**TAL
TECH**

TTÜ INSENERITEADUSKOND

Magistritöö

Leht / Lehti:

2 / 2

Koostaja:

Priit Pichen

Allkiri ja kuupäev:

08.05.2023

Juhendaja:

Erki Soekov

Allkiri ja kuupäev:

08.05.2023

LISA 1: Postidele toetatud rõdu paigaldus-sõlmed

Ehituse ja arhitektuuri instituut

Moodulrõdude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel



- Muudatusprojekti tingimärgid:**
- Lisatud aknad —
 - EP järgne asukoht ----
 - Muudetud materjale ja/või värvitoone —

- Viimistlus:**
1. Krohvitud, värvitud sein, toon Caparol "Fassade A1" Magma 100
 2. Komposiitplaat, toon Caparol "Fassade A1" Granit 40 (hall)
 3. Rõdu metallpiire, toon RAL 7024 (tumehall)
 4. PVC aknaraam/klaasiga metalluks/metalluks/suitsueemaldusaken/välisrest, toon RAL 7024 (tumehall)
 5. Krohvitud, värvitud sein, toon Caparol "Fassade A1" Granit 20 (tumehall)
 6. Betoonpost, toon Caparol "Fassade A1" Moos 15 (hall)
 7. Aknaplekid RR23 (tumehall)
 8. Parapeti plekk tsingitud, värvitud RAL7012 (tumehall)

Fassaadi valgustus:

1. Seinapealne valgusti, valgusvihk suunatud alla. N. ASTRO "CHIOS" 80x68x93mm, toon "Textured Grey" (tarnija Moodne Valgustus)

Märkused

1. Hoone ±0.00 = abs. +9.600m
2. Käesolev joonis tühistab kõik sama joonise numbriga varasema kuupäevaga joonised
3. Kõik muudatused tuleb kooskõlastada arhitektiga
4. Käesolevat joonist vaadata koos sisearhitektuurse-, konstruktiivse-, KV-, VK-, KVV-, EL- ja NV- projekti vastava osa joonistega. Lahknevuste korral pöörduda arhitekti poole õigete juhiste saamiseks.
5. Konstruktsioonitüübid vastavalt EK osadele.
6. Ruumide siseviimistlus ja ripplaud vastavalt SA projektile.



TTÜ INSENERITEADUSKOND

Magistritöö

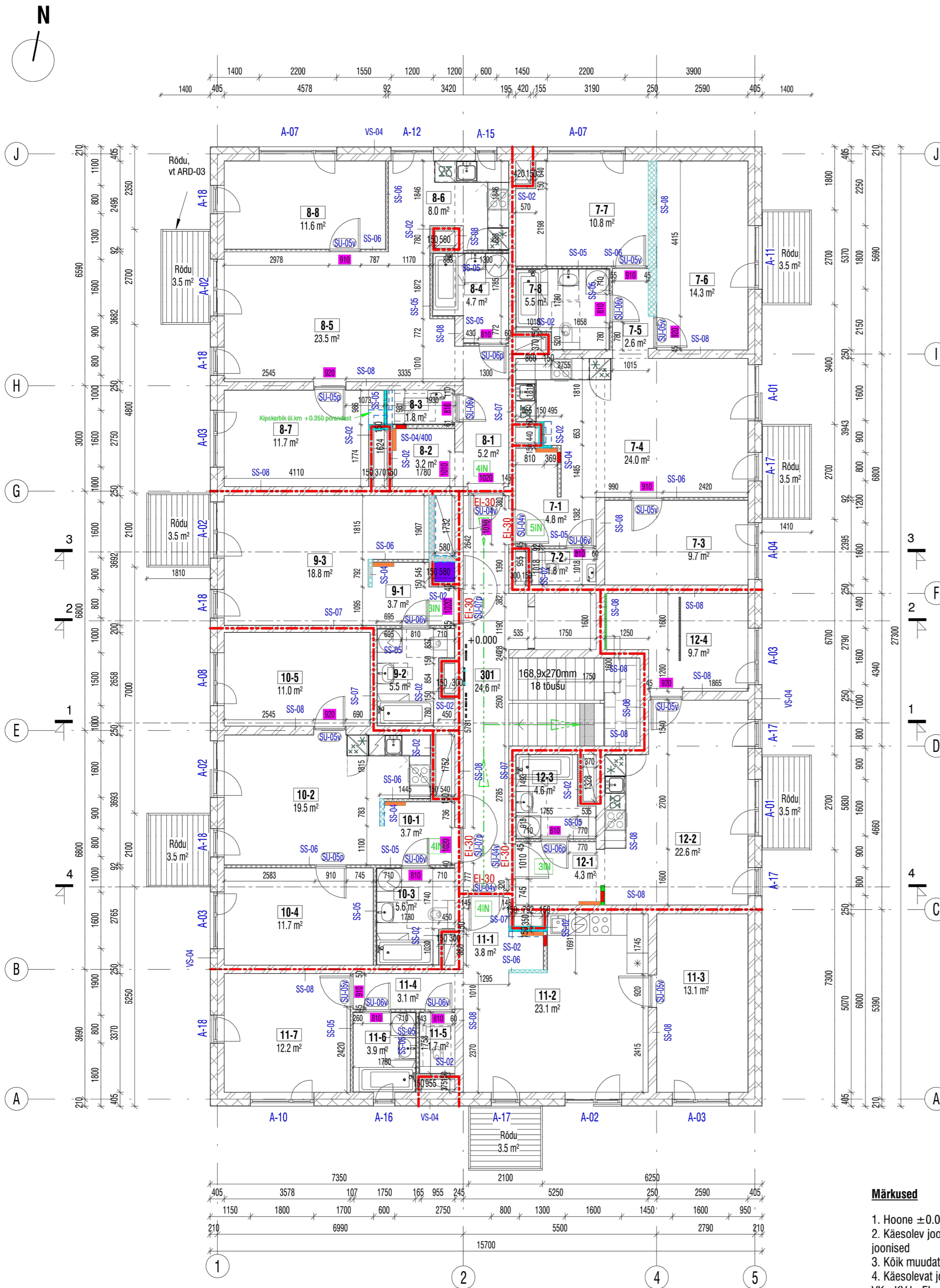
Leht / Lehti:
1 / 4

Koostaja:	Priit Pichen	Allkiri ja kuupäev:	08.05.2023
Juhendaja:	Erki Soekov	Allkiri ja kuupäev:	08.05.2023

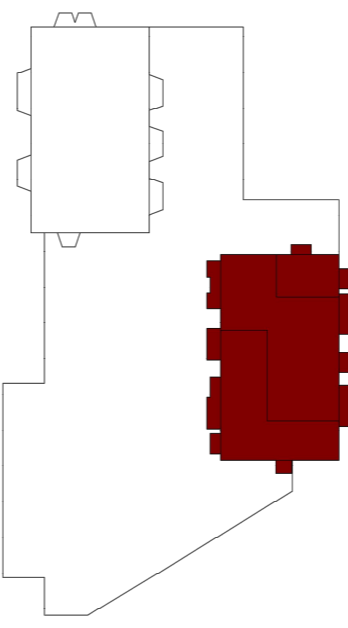
LISA 2: Plootprojekti Aiandi 8 vaated

Ehituse ja arhitektuuri instituut

Moodulrõudude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel



Aiandi tn 8 hoone skeem:



NR.	RUUMI NIMETUS	S. NETO m ²
KORTER NR 7		
7-1	Esik	4.8 m ²
7-2	WC	1.8 m ²
7-3	Magamistuba	9.7 m ²
7-4	Elutuba	24.0 m ²
7-5	Koridor	2.6 m ²
7-6	Magamistuba	14.3 m ²
7-7	Magamistuba	10.8 m ²
7-8	Vannituba	5.5 m ²
		73.5 m ²
KORTER NR 8		
8-1	Esik	5.2 m ²
8-2	Garderoob	3.2 m ²
8-3	WC	1.8 m ²
8-4	Vannituba	4.7 m ²
8-5	Elutuba	23.5 m ²
8-6	Köök	8.0 m ²
8-7	Magamistuba	11.7 m ²
8-8	Magamistuba	11.6 m ²
		69.7 m ²
KORTER NR 9		
9-1	Esik	3.7 m ²
9-2	Vannituba	5.5 m ²
9-3	Elutuba	18.8 m ²
		28.0 m ²
KORTER NR 10		
10-1	Esik	3.7 m ²
10-2	Elutuba	19.5 m ²
10-3	Vannituba	5.6 m ²
10-4	Magamistuba	11.7 m ²
10-5	Magamistuba	11.0 m ²
		51.5 m ²

NR.	RUUMI NIMETUS	S. NETO m ²
KORTER NR 11		
11-1	Esik	3.8 m ²
11-2	Elutuba	23.1 m ²
11-3	Magamistuba	13.1 m ²
11-4	Koridor	3.1 m ²
11-5	WC	1.7 m ²
11-6	Vannituba	3.9 m ²
11-7	Magamistuba	12.2 m ²
		60.9 m ²
KORTER NR 12		
12-1	Esik	4.3 m ²
12-2	Elutuba	22.6 m ²
12-3	Vannituba	4.6 m ²
12-4	Magamistuba	9.7 m ²
		41.2 m ²
RÕDU		
7-9	Rõdu	3.5 m ²
7-10	Rõdu	3.5 m ²
8-9	Rõdu	3.5 m ²
9-4	Rõdu	3.5 m ²
10-6	Rõdu	3.5 m ²
11-8	Rõdu	3.5 m ²
12-5	Rõdu	3.5 m ²
		24.5 m ²
ÜLD		
301	Üld	24.6 m ²
		24.6 m ²
		373.9 m ²

Tingmärgid:

- Tuletõkkeseksioon EI-60
- Trepikäigu ja mademe tulepüvisus R30
- Evakuatsioonitee / in. arv
- Tuletõkkeuks / -aken
- Tulekustuti
- Konstruksioonitüüp, vt. EK osa
- Ruumi number
- Põrandakütte kollektor
- Korteri elektrikilp
- Elektrisait
- Betoonsein / post
- Õonesbetoonplokk müüritis
- Fibo plokkmüritis
- Kergsein
- Tala
- Post

Muudatusprojekti tingmärgid:

- Nihkunud sein / objekt
- Uus sein / objekt
- Muudetud seinatüüp
- EP järgne asukoht
- Ukseavad on tehtud laiemaks

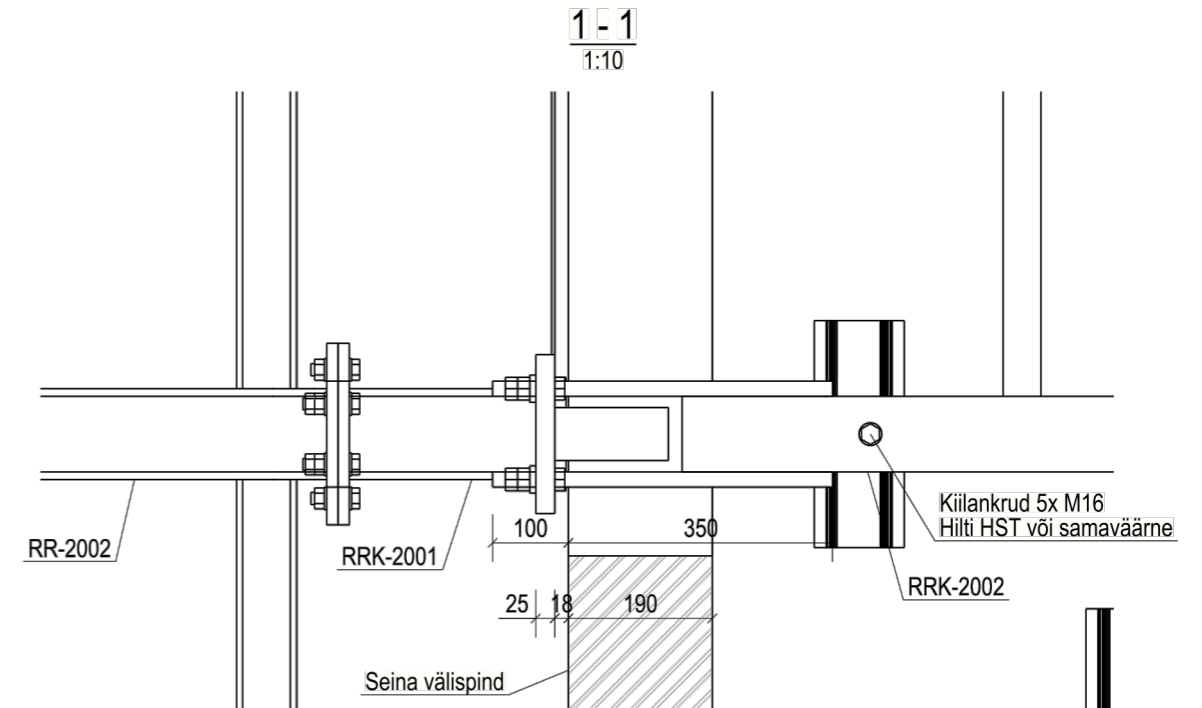
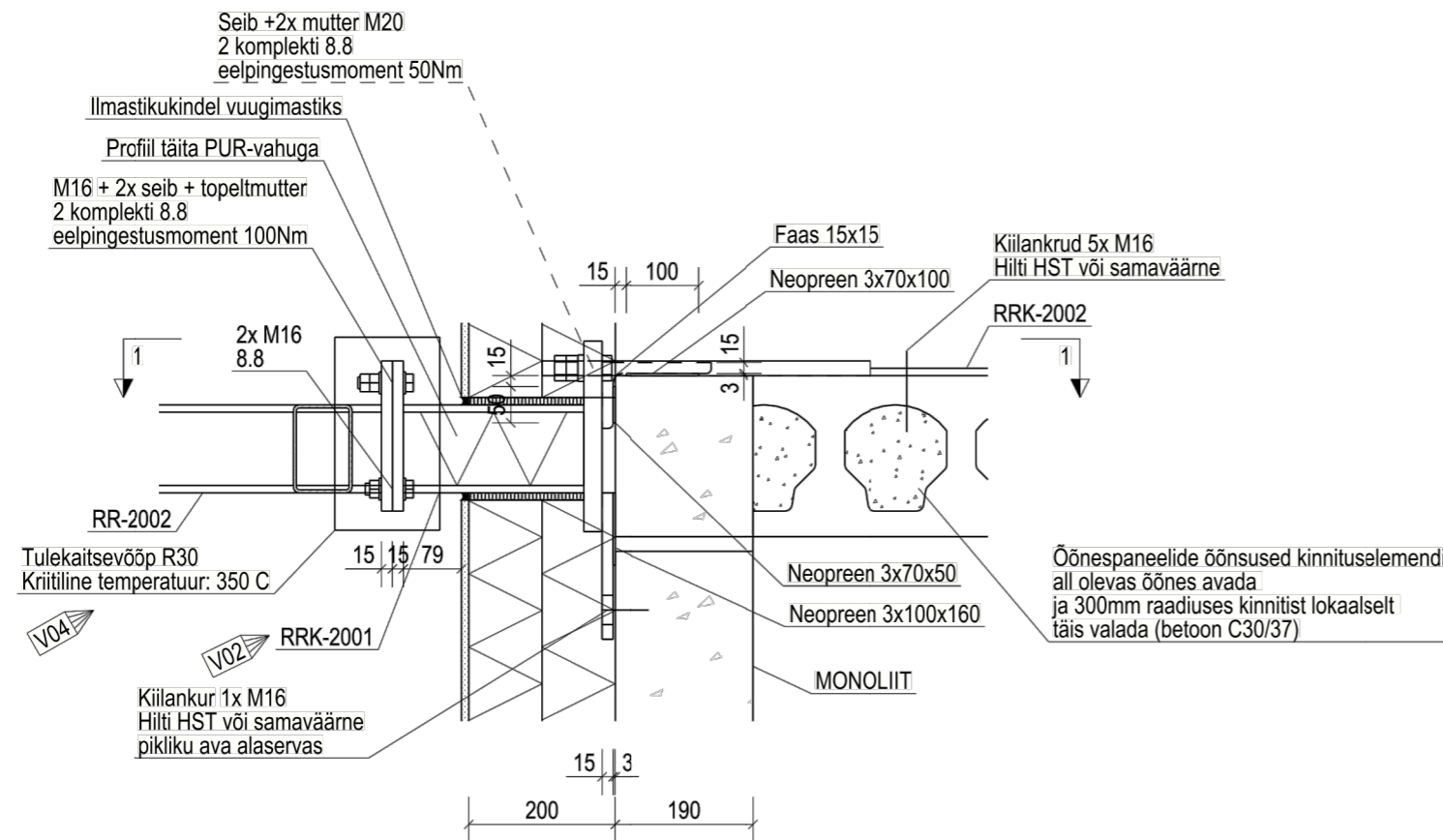
Märkused

1. Hoone ±0.00 = abs. +9.600m
2. Käesolevat joonist tühistab kõik sama joonise numbriga varasema kuupäevaga joonised
3. Kõik muudatused tuleb kooskõlastada arhitektiga
4. Käesolevat joonist vaadata koos sisearhitektuurse-, konstruktiivse-, KV-, VK-, KVV-, EL- ja NV- projekti vastava osa joonistega. Lahknevuste korral pöörduda arhitekti poole õigete juhiste saamiseks.
5. Konstruksioonitüübid vastavalt EK osadele.
6. Ruumide siseviimistlus ja ripplaud vastavalt SA projektile.

TAL TECH TTÜ INSENERITEADUSKOND Koostaja: Priit Pichen Juhendaja: Erki Soekov		Magistritöö LISA 2: Plootprojekti Aiandi 8 korruse plaan		Leht / Lehti:
				2 / 4
Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023		Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023		
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Moodulrõudude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel		


Rõduraami kinnitussõlm

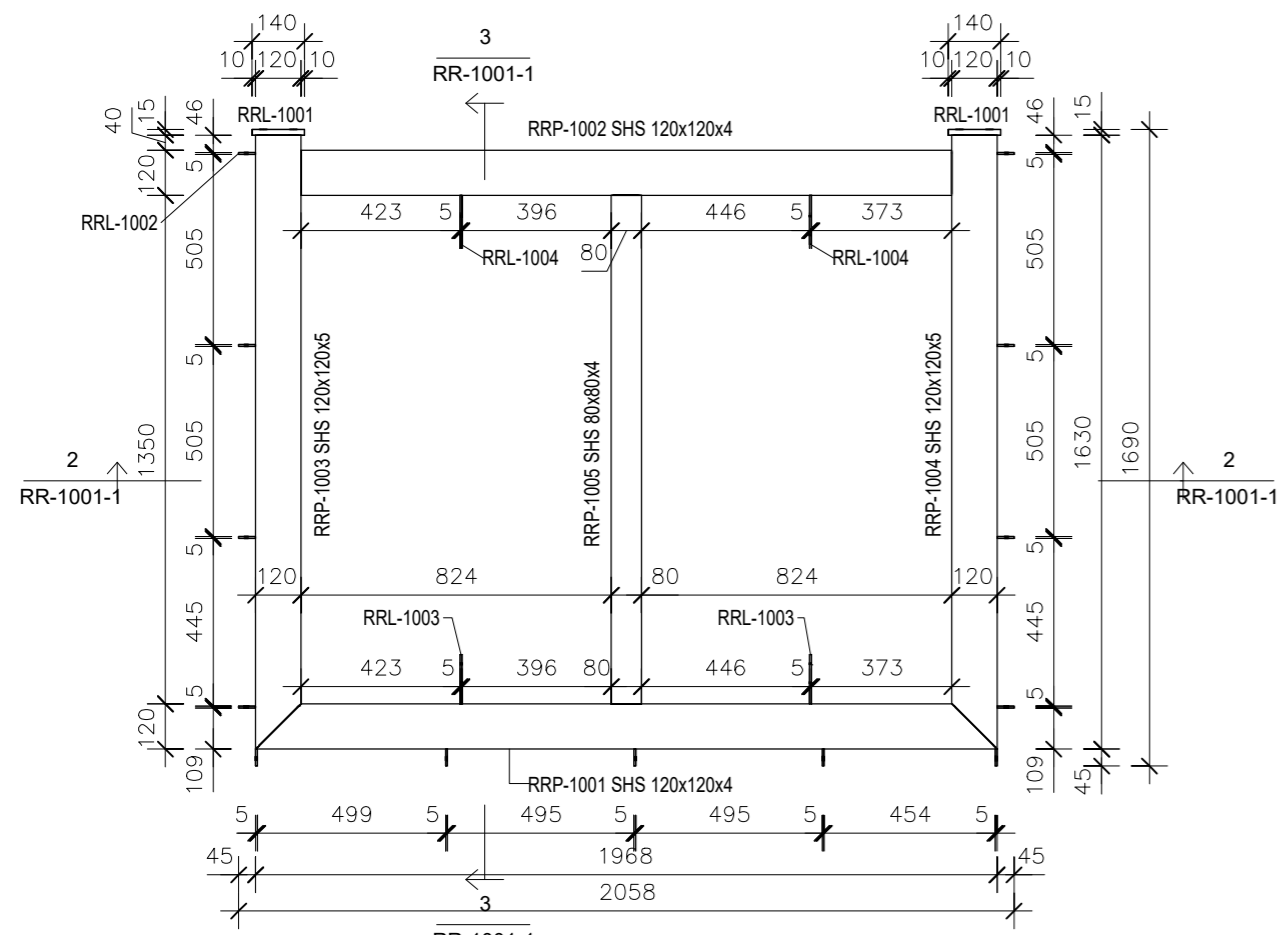
1:10



TÖÖDE JÄRJEKORD MONTAAŽIL

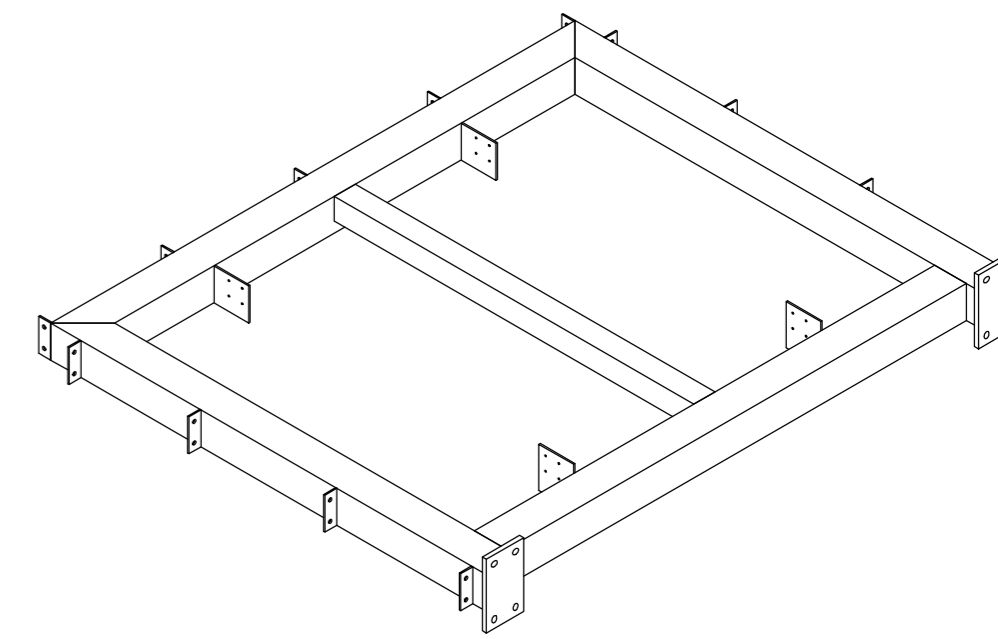
- Märkida vahelaele kinnituselementide asukohad (RRK-2002).
- Faasida vahelae serv rõdu toetuspunktides ~150mm pikkuselt.
- Vahelae paneelide õõned igast kinnitist (kiilankrust) min 300mm raadiuses avada ja kohtselt täis betoneerida (C30/37).
- Paigaldada kinnituselement RRK-2002 ja fikseerida kummaltki poolt 3 kaugema kiilankruga.
- Rihtida ja paigaldada kinnituselement RRK-2001, mutrid kergelt pingutada.
- Fikseerida kinnituselement RRK-2001 kiilankrutega seina külge.
- Pingutada mutrid eelpingestusmomendini 50Nm
- Paigaldada ülejäänud kiilankrud.
- Pärast hoone soojustus- ja fassaaditoid paigalda rõduraam (RR-2002) poldid pingutada eelpingestusmomendini 100Nm.
- Montaažil kasutada tsingitud või roostevabast terasest kinnitusvahendeid.
- Üldisi nõudeid vt. projekti seletuskirjast.
- Projekti erinevate osade lahknemisel konsulteerida projekteenijaga.

 TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht / Lehti: 3 / 4
Koostaja:	Priit Pichen	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023	LISA 2: Pilotprojekti Aiandi 8 rõdu terasraami paigaldussõlm
Juhendaja:	Erki Soekov	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023	
Ehituse ja arhitektuuri instituut			Moodulrõdude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel

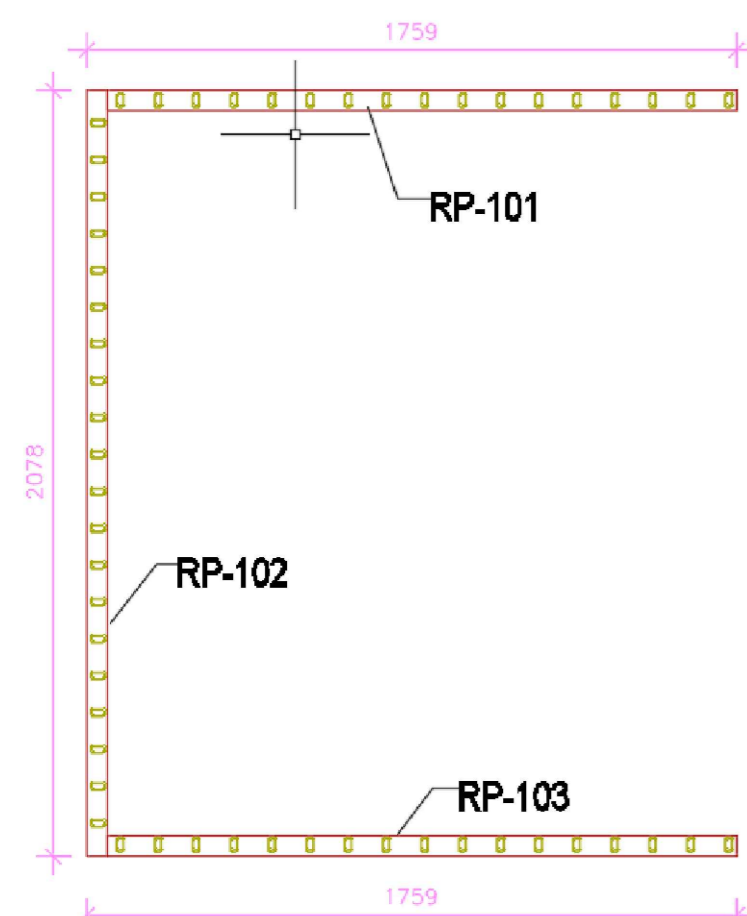


1 Pealtvaade

Alamkoostud ja osad				Koostude kogus 20tk	
Tähis	Profiil	Kogus	Materjal	Pikkus [mm]	Kaal [kg]
RRL-1001	240x140x15	2	S355J2	-	7.92
RRL-1002	45x120x5	13	S235J2	-	2.73
RRL-1003	120x130x5	2	S235J2	-	1.22
RRL-1004	150x130x5	2	S235J2	-	1.54
RRP-1001	SHS 120x120x4	1	S355J2H	1968	28.14
RRP-1002	SHS 120x120x4	1	S355J2H	1728	24.71
RRP-1003	SHS 120x120x5	1	S355J2H	1630	28.69
RRP-1004	SHS 120x120x5	1	S355J2H	1630	28.69
RRP-1005	SHS 80x80x4	1	S355J2H	1350	12.72
				24	136.36

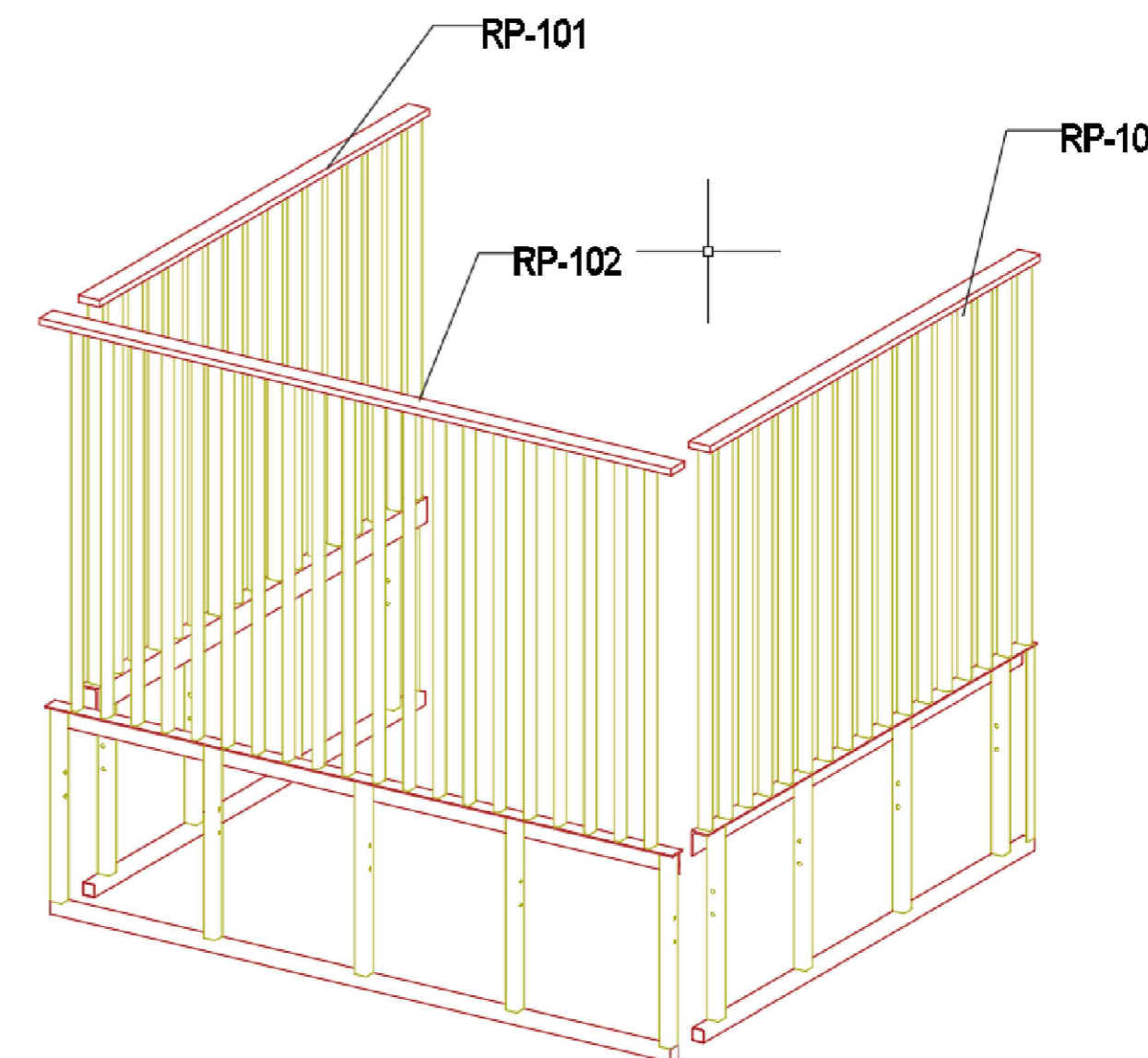


13 3D Vaade



1 Pealtvaade

Alamkoostud ja osad				Koostude kogus 20tk	
Tähis	Profiil	Kogus	Materjal	Pikkus [mm]	Kaal [kg]
RPL-1001	70x20	2	S235	1704	38.16
RPL-1002	70x20	1	S235	2093	23.44
RPL-1003	40x40x3	2	S235	-	0.08
RPP-1001	RHS 40x20x2	54	S235J2H	1151	104.22
RPP-1002	SHS 40x40x2	13	S355J2H	583	18.85
RPP-1003	SHS 40x40x2	2	S355J2H	1709	8.48
RPP-1004	SHS 40x40x2	1	S355J2H	2052	5.09
RPP-1005	L 75x55x5	2	S355J2	1704	16.86
RPP-1006	L 75x55x5	1	S355J2	2078	10.29
RPP-1007	L 40x20x3	2	S235	583	1.58
				80	227.05



7 3D Vaade

MÄRKUSED:

1. Tulepüsisusklass R30. Tulepüsisus tagatakse terase ristõikega.
2. Kõik detailid ühendada keevisõmblustega maksimaalsel võimalikul pikkusel.
3. Rõdu küljed tarnida eraldi detailidena.
4. Joonisel näitamata keevisõmbluse kõrgus $a=t*1,0$ (S355), kus t on õhema elemendi paksus.
5. Keevitamisel võtta elektroodide tüüp vastavalt terase margile.
6. Terastarindite korrosioonikaitse vastavalt keskkonnaklassile C3 (EVS-EN ISO 12944-2:2017).
7. Kasutatava terase koostis peab võimaldama elemendi kuumtsinkimist.
8. Teraselemendid kuumtsinkida ja pulbervärvida, toon vastavalt AR osale. Tsingikihi paksus määrata vastavalt ehitise kasutuseale 50 aastat ja keskkonnaklassile C3.

TAL TECH TTÜ INSENERITEADUSKOND Koostaja: Prit Pichen Juhendaja: Erki Soekov	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023	Magistritöö LISA 2: Pilooprojekti Aiandi 8 rõdu raam ja piire	Leht / Lehti: 4 / 4
	Allkiri ja kuupäev: 08.05.2023		
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Moodulrõdude kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs korrusmaja ehitamisel	