



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Ehituse ja arhitektuuri instituut

## **EESTI PUITKORTERELAMUTE TÜPOLOOGIA ARENDAmine**

### **DEVELOPMENT OF A TYPOLOGY FOR ESTONIAN WOODEN APARTMENT BUILDINGS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Viktoria Tukmatsova

Üliõpilaskood 182200EAEI

Juhendaja: Ergo Pikas  
Elisa Iliste

Tallinn 2024

# 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.

20. mai 2024

Autor: Viktoria Tukmatsova  
.....  
/ 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, **Viktorija Tukmatsova**,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

## **Eesti puitkorterelamute tüpoloogia arendamine,**

mille juhendaja on Ergo Pikas

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.

.....(kuupäev)

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **VIKTORIA TUKMATSOVA**

Üliõpilaskood **182200**

Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitiste projekteerimine

Lõputöö teema:

### **EESTI PUITKORTERELAMUTE TÜPOLOOGIA ARENDAMINE**

Development of a typology for Estonian wooden apartment buildings

Juhendaja: **Ergo Pikas**  
**Elisa Iliste**

[ergo.pikas@taltech.ee](mailto:ergo.pikas@taltech.ee)  
[elisa.iliste@taltech.ee](mailto:elisa.iliste@taltech.ee)

Lõputöö konsultandid:

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

---

---

---

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Hinnata ehitisregistri puitkorterelamute andmete kättesaadavust ja usaldusväärsust
2. Luua puitkorterelamute tüpoloogia

Töö keel: eesti keel

## Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Lõputöö eesmärkide ja ülesannete püstitamine	13.02.2023
2. Kirjanduse ülevaade ja analüüs	13.11.2023
3. Algandmete kogumine ja analüüs, meetodite välja töötamine	12.02.2024
4. Tüpoloogia loomine	22.04.2024
5. Lõputöö tulemused ja järeldused	01.05.2024
6.	
Kokkuvõtte eesti keeles	03.05.2024
Kokkuvõtte inglise keeles	03.05.2024

### Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

06.05.2024

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1 Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid	06.05.2024

### Lõputöö esitamise tähtaeg:

20. mai 2024

Lõputöö ülesanne välja antud: 08.02.2023

Juhendaja: **Ergo Pikas**

Ülesande vastu võtnud: **Viktorija Tukmatsova**

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

# SISUKORD

EESSÕNA .....	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	9
SISSEJUHATUS .....	10
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	13
1.1 Renoveerimise tähtsus ja strateegia .....	13
1.2 Eesti elamufondi ülevaade .....	16
1.3 Puitkorterelamute arengulugu Eestis.....	19
1.3.1 Kõige vanemad säilinud puitmajad .....	20
1.3.2 Tööliselamu tekkimine.....	22
1.3.3 Vabrikuasulad .....	25
1.3.4 Suurte korteritega elamud.....	26
1.3.5 Tallinna maja ja teised puidust korterelamud.....	27
1.3.6 Puidust korterelamud pärast 1940. aastat.....	29
1.4 Tüüpilised puitkonstruktsioonid.....	30
1.4.1 Välisseinte konstruktsioonid.....	30
1.4.2 Vahelae ja põranda konstruktsioonid .....	36
1.4.3 Katuste konstruktsioonid.....	37
1.4.4 Vaheseinte konstruktsioonid .....	38
1.4.5 Aknad ja ukсед.....	38
1.5 Kirjanduse analüüsi tulemuste süntees.....	40
2. MEETODID JA ANDMEALLIKAD.....	43
2.1 Hoonevalimi määramine, andmehõive ja kvaliteedi kontroll.....	44
2.2 Tüpoloogia loomine .....	46
3. TULEMUSED .....	48
3.1 EHR sisendandmete kättesaadavus, terviklikus ja kvaliteet .....	48
3.1.1 VALIM 1: Andmete analüüs 174 korterelamute EHR'i väljavõtte põhjal .....	48
3.1.2 VALIM 2: Andmete analüüs 174 korterelamute parandatud ja täiendatud andmete põhjal.....	51
3.2 Puitkorterelamute tüpoloogia loomine ja vajadus.....	53
3.2.1 Tüpoloogia koostamise eeldus.....	53
3.2.2 Valim 2 kirjeldus ja visuaalselt koostatud tüpoloogia .....	56
3.2.3 Puitkorterelamute tüpoloogia .....	60

3.3	Meetodi katsetus tüpologia tüübi määramiseks.....	63
4.	HINNANG TULEMUSTELE.....	69
	KOKKUVÕTE .....	72
	SUMMARY.....	74
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	76

## **EESSÕNA**

Käesoleva lõputöö teema on valitud selle aktuaalsuse tõttu. Lõputöö teema pakkus välja TalTech'i Ehituse ja arhitektuuri instituudi abiprofessor Ergo Pikas. Magistritöö põhilised andmed on saadud riiklikust andmekogust - ehitisregistrist.

Autor avaldab tänu lõputöö valmimisele kaasa aidanud Ergo Pikasele ja Elisa Iliste.



## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

EHR Ehitisregister, [www.ehr.ee](http://www.ehr.ee)

UBEM Renoveerimis strateegia tööriist (Urban Building Energy Modelling)

ÜRO Ühinenud Rahvaste Organisatsioon

ETA Energiatõhusus arv

KEK Kaalutud energiakasutus, kWh/(m<sup>2</sup>a)

RESTO Renoveerimis strateegia tööriist (REnovaion Strategy TOol)

EKE Eesti Kolhoosiehitus

U Piirdetarindi soojusläbivus, W/(m<sup>2</sup>K)

YOLO Objektivastustehnoloogia (You Only Look Once)

## SISSEJUHATUS

Täna on üks maailma suurimaid probleeme kliimamuutus. Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni aruandes on näidatud seost inimtegevuse ja kliimakriisi vahel, mis tähendab, et inimeste tegevuste tõttu tulenevad kasvuhoonegaaside heitkogused on põhjustanud kliima olulist soojenemist ning toonud kaasa kiired muutused meie atmosfääris, ookeanides, krüosfääris (Maa süsteemi külmunud vee osa) ja biosfääris. Vaatamata korduvatele hoiatustele ja rakendatud meetmetele, jätkuvad heitmed kasvamist [1].

Vastavalt Eurobaromeetri kliimamuutuste eriuuringule usub Euroopa Liidu elanikkond, et kliimamuutused on väga tõsine probleem ja sellega edukalt võitlemiseks on vajalik, et kõik maailma riigid tegutseksid koos [2]. Valitsustevahelise Kliimamuutuste Nõukogude raport kinnitab, et lähitulevikus globaalne soojenemine jätkab kasvamist [1]. Esimest korda ületas globaalne temperatuur soojenemise piiri 1,5°C (rahvusvaheliselt kokkulepitud Pariisi kokkuleppel 2015. aastal) kogu 12-kuulise perioodi jooksul, veebruarist 2023 kuni jaanuarini 2024, olles 1,52°C kõrgem kui eelindustriaalne keskmine temperatuur perioodil 1850–1900. Vaatamata 1,5°C ületamisele 12-kuulise perioodi vältel, maailm pole veel ületanud Pariisi kokkuleppe eesmärki, mis puudutab keskmist ülemaailmset temperatuuri aastakümnete jooksul, kuid edasise soojenemise tõsidus sõltub heitmetest tulevastel aastakümnetel [3].

Gloobalse soojenemise peatamiseks ja kliimamuutuste mõjude vähendamiseks on tarvis viia ülemaailmsed kasvuhoonegaaside heited nulli. Seetõttu on vajalik, et maailm saaks kliimanetraalseks ja kliimamuutustele vastupidavaks, et kiirendada üleminekut puhtale energiale ja suurendada energiatõhusust. Euroopa Liit teeb otsustavaid samme, et vähendada netoheidet vähemalt 55% võrra aastaks 2030 ja saavutada kliimanetraalsus aastaks 2050 [1]. Seega on ka Eestil välja töötatud oma madala süsinikusisaldusega strateegia, mis liigub pikaajalise heitkoguste vähendamise eesmärgi poole.

Eesti pikaajalise strateegia peamine eesmärk on vähendada CO<sub>2</sub> emissioone aastaks 2050 80% võrreldes 1990. aasta tasemega [4]. Vastavalt Euroopa Liidu rohelise kokkuleppele moodustavad hooned ühe suurima energiatarbijate rühma Euroopas, kasutades 40% kogu energiast ja tekitades 36% kasvuhoonegaaside heidetest [5], millest Euroopa Komisjoni hinnangul 75% on tingitud energiaraiskamisest. Sellepärast on oluline keskenduda hoonete energiatõhususe parandamisele, mis tähendab

hoonete renoveerimist. Eesti hoonete rekonstrueerimise pikaajalise strateegia põhiline eesmärk on saavutada hoonete energiatõhususe klass C aastaks 2050 [6].

Hetkel renoveeritakse Eestis umbes 1% hoonetest aastas, kuid strateegia soovitud tulemuste saavutamiseks vastavalt TalTech'i ehitus- ja arhitektuuriinstituudi uuringu andmetele tuleks uuendada rohkem kui pooled tänasest hoonetest, mis omakorda tähendaks renoveerimise mahukuse vähemalt 5-kordset suurendamist [7]. Oodatavate eesmärkide saavutamiseks on kindlasti vajalikud uuenduslikud meetodid, mis kergendaksid renoveerimise planeerimist ja protsessi ennast.

Eesti omavalitsuste ja kinnisvara suurhaldajate ees ootava renoveerimislaine väljakutse lihtsustamiseks loodi TalTech'is renoveerimisstrateegia tööriista UBEM, mille eesmärk on koguda mitmest erinevast andmebaasist, nagu ehitusregister (EHR), Maa-ameti loodud Eesti digikaksik jne, andmeid konkreetse piirkonna hoonete kohta, et analüüsida nende energiatõhusust ja teha ettepanekuid nende parandamiseks. Lisaks sellele aitab loodud tööriist leevendada planeerijate ja projekteerijate puudust. Peamiseks teabeallikaks, millele digitaalne tööriist tugineb, on ehitusregistri andmebaas, kuid sageli on need andmed puudulikud ja ei peegelda tegelikku olukorda [7]. Seetõttu on vajalikud täiendavad uuringud ja andmeanalüüs, et luua hoonete tüpologia, mille abil oleks hoonete energiatarbimise arvutamine lihtsam ning kiirem renoveerimisplaanide koostamine.

Digitaalse tööriista parema toimimise eesmärgi saavutamiseks jagatakse renoveerimist vajavad puitkorterelamud tüüpideks. Need on rühmitatud ühiste omaduste alusel, mis on aluseks hoone tüpologia loomiseks. Mõiste „hoonete tüpologia“ kirjeldab hoonete rühmitamist vastavalt valitud omadustele, mis antud juhul on seotud hoone energiatõhususega. Hoone energiatarbimine sõltub mitmetest teguritest, sealhulgas välispiirete konstruktsioonist, välistest ilmingimustest, hoone suurusest ja vanusest [8].

Pikka aega oli peamine välispiirete konstruktsioon puit, sest võrreldes kivihoonetega oli puitehitis odavam ja kättesaadavam metsarohketes piirkondades [9]. Hiljem, alates 1950. aastate keskpaigast, puitkorterelamute ehitamine Eestis praktiliselt peatus. Selleks, et säilitada selliseid ajalooliselt meeldejäävaid ja Eesti kultuurile olulisi hooneid, mis on mänginud suurt rolli kaasaegse eestikeelse linnaühiskonna kujunemisel, on paljudes Eesti linnades tekkinud piirkonnad, kus on kehtestatud piirangud planeerimisele ja ehitustegevusele. Selliseid alasid nimetatakse miljööväärtuslikeks aladeks [10]. Selleks, et tagada, säilitada ja ka pikendada

puitkorterelamute kasulikku eluiga ja kaasajastada nende seisukorda on vaja neid hooneid renoveerida.

Käesoleva lõputöö peamiseks eesmärgiks on koostada Eesti puitkorterelamute tüpologia, et võimestada digitaalsete tööriistade arendamist energiatõhususe arvutuste teostamiseks piirkonna ja hoonefondi tasemel. Eesmärgi saavutamiseks uuritakse lõputöö raames järgmisi küsimusi:

1. Milline on Eesti puitkonstruktsioonidega korterelamute ehitustehniliste lahenduste ajalugu?
2. Millistel alustel tuleks puitkorterelamuid rühmitada erinevatesse gruppidesse?
3. Milliseid parameetreid on vaja tüpoloogias kirjeldada, et arvutada hoonete energiatarbimist?
4. Kuidas on loodud tüpologia kasulik puitkorterelamute renoveerimisvajaduse hindamiseks ja planeerimiseks?

Magistritöö on jagatud viieks põhiosaks: (1) lõputöö eesmärkide ja ülesannete püstitus, (2) kirjanduse ülevaade, (3) andmete kogumine ja analüüs, (4) tüpologia loomine ning (5) tüpologia tulemuste hindamine. Esimese etappi käigus määratleti lõputöö peamised eesmärgid ning püstitati konkreetset uurimisülesandeid. Seejärel viidi lõputöö käigus läbi kirjanduse ülevaade, milles käsitleti puitkonstruktsioonide tekkelugu Eestis, et saada põhjalikum ülevaade puidu ajaloost kui ehitusmaterjalist, uurida säilinud puitkonstruktsioonide erinevaid lahendusi ning tuvastada tüüpilisi konstruktsioonilahendusi. See aitab luua teoreetilise aluse uurimistööks ja arendada esialgset hoonete klassifikatsiooni. Edasi koguti andmed ja määrati hoonevalim, mille põhjal viiakse läbi edasised analüüsid. Andmete analüüsi etappi eesmärgiks on EHR'ist saadud andmete kvaliteedi ja kättesaadavuse hindamine, et tagada uurimistulemuste usaldusvärsus ja täpsus. Eelviimaseks etapiks on puitkorterelamute tüpologia koostamine kirjanduse ülevaade ja analüüsi käigus saadud tulemuste alusel. Viimases osas hinnatakse loodud tüpologia täpsust ja kasulikkust eesmärgiga määrata selle sobivus renoveerimise planeerimiseks.

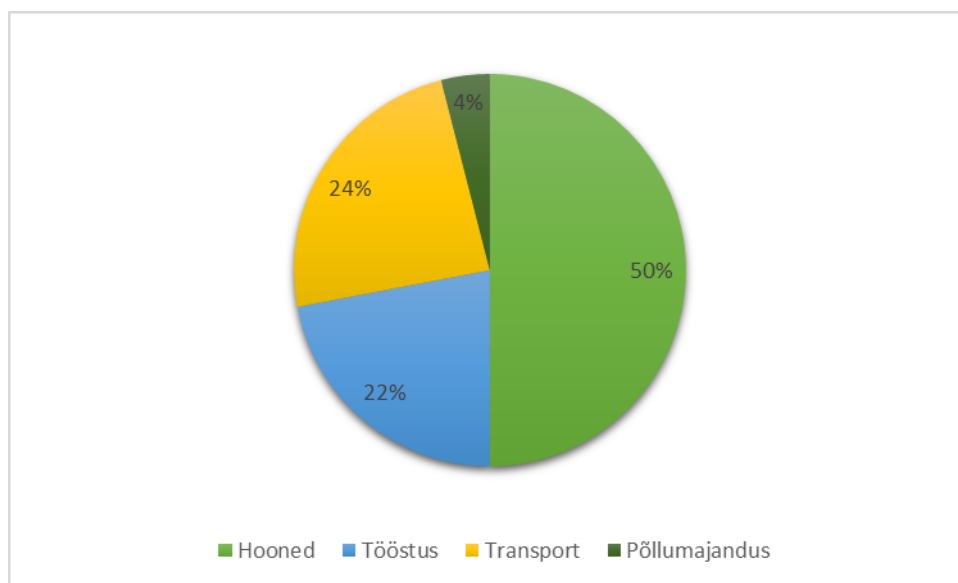
# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Kirjanduse ülevaade annab ülevaate renoveerimise olulisusest, Eesti riiklikest renoveerimise eesmärkidest ja võimalikest strateegiatest, mis suurendaksid renoveerimismahtusid. Järgnevalt esitatakse ülevaade tüüpsetest puitkorterelamute konstruktsioonide ajaloost Eestis ja nende omadustest. Tüüpkonstruktsioonide analüüs on oluline puitkorterelamute rühmitamiseks tüüpideks ning nendele vastavad näitajate väärtuste määramiseks.

## 1.1 Renoveerimise tähtsus ja strateegia

Kliimamuutused mõjutavad juba Euroopat erinevates vormides, olenevalt piirkonnast. Need võivad põhjustada bioloogilise mitmekesisuse vähenemise, metsapõlenguid, põllukultuuride saagikuse langemist ja kõrgemaid temperatuure. Samuti võivad need mõjutada inimeste tervist. Euroopa Liit on oluline osaleja Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) kliimamuutuste läbirääkimistes ning on allkirjastanud Pariisi kokkuleppe. Kõik Euroopa Liidu riigid on samuti allkirjastanud lepingu, kuid nad kooskõlastavad oma seisukohti ja seavad ühiseid eesmärke heitkoguste vähendamiseks Euroopa Liidu tasandil [11].

Joonis 1.1 on näha, et ehitiste energiavajadus moodustab 50% Eesti koguergiatarbimisest, seega on ehitiste energiatarbimise vähendamine üks peamisi prioriteete kliima- ja energiapoliitikas [12].



**Joonis 1.1** Energiatarbe osakaal Eestis

Hoonete rekonstrueerimise pikaajalise strateegia eesmärgi ehk hoonefondi täielikuks dekarboniseerimiseks, mille tulemusena saavutatakse vähemalt energiatõhususklass C, on Eestis vaja täielikult rekonstrueerida 14 000 korterelamut kogupindalaga 18 mln m<sup>2</sup>. Hoonete tervik renoveerimisega võib keskmiselt saavutada umbes 50% soojusenergia kokkuhoidu. Strateegial on äärmiselt oluline sotsiaalne aspekt, mis väljendub umbes 80% Eesti elanikkonna elu- ja töötingimuste paranemises. Eluasemete ja töökohtade renoveerimine aitab muuta eluasemefondi ohutumaks, esteetiliselt kvaliteetsemaks ning tervisesõbralikumaks [13].

Samuti on vanade majade renoveerimine majanduse seisukohalt väga oluline, sest EL'i energiahind saavutas 2022. aastal rekordtaseme ning suve 2022. aasta kuumalained on avaldanud lisapinget energiaturgudele, suurendades nõudlust energiatarbimiseks jahutamiseks [14]. Eesti näitel on korterelamu renoveerimise tulemusena võimalik saavutada energiamärgise klass C, mis tagab kütteenergia säästu 65% ja vähendab soojus- ning elektrikulusid 50% [6].

„Hoonete energiatõhusust väljendatakse energiatõhususarvuga (ETA), mis kirjeldab hoone summaarset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks. Energiatõhususarv on arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiatega kaalutud erikasutus [15].“

Kaalutud energiaerikasutus ehk KEK on hoone aastane energiakasutus kilovatt-tundides kätava pinna ruutmeetri kohta, mis on läbi korrutatud energiakandjate kaalumisteguritega. Kaalutud energiaerikasutuse arvutust kasutatakse olemasolevate hoonete energiatõhususe tõendamisel [15].

Hoone energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiaerikasutuse (KEK) klassi skaala valitakse vastavalt hoone kasutusotstarbele [16]. Korterelamute klassi skaala on näha Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Korterelamu energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiaerikasutuse (KEK) klassi skaala [16]

ETA või KEK, kWh/(m <sup>2</sup> a)	Klass
ET või KEK ≤ 100	A
101 ≤ ET või KEK ≤ 120	B
121 ≤ ET või KEK ≤ 150	C
151 ≤ ET või KEK ≤ 180	D
181 ≤ ET või KEK ≤ 220	E
221 ≤ ET või KEK ≤ 280	F
281 ≤ ET või KEK ≤ 340	G
ET või KEK ≥ 341	H

Eesti kogu hoonefond on üle kantud kolmemõõtmelisele kaardile, ning samuti on loodud ehitisregister ehk hoonete digitaalne logiraamat, mis on avalik ja kõigile kättesaadav ning sisaldab lisaks muule ehitustehnilisi andmeid [17]. Maa-ameti 3D kaksik on „veebipõhine visualiseerimisrakendus, milles saab kuvada ehitisi ja nendega seotud andmeid koos ümbritseva ehitatud keskkonnaga ruumilises 3D vaates, erinevate kaardi-/andmekihtide põhjal [18].“

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi Ehitisregister on „andmekogu, mille eesmärk on hoida, anda ja avalikustada teavet kavandatavate, ehitatavate ja olemasolevate ehitiste ning nendega seotud menetluste kohta [19].“ Digitaalsed andmeteenuused, mida pakuvad Maa-amet ja EHR, võimaldavad automatiseerida andmete kogumist, töötlemist ja kasutamist ehitiste energiatarbimise hindamiseks ning renoveerimismeetmete planeerimiseks [20]. Kuid mitte kogu registrist saadud teave ei ole usaldusväärne, seetõttu toimub hetkel EHR'i täiendav arendamine andmete kvaliteedi ja kättesaadavuse parandamiseks [17].

Eesti 3D-mudelitega kaardil on praegu saadaval kaks erinevat detailsuse taset: LOD1 (detailsuse tase 1) ja LOD2 (detailsuse tase 2). Need mudelid saab kasutada näiteks automatiseeritud hoone geomeetriliste andmete kogumiseks. LOD1 on LOD0 taseme pinna ekstrudeerimisel saadud kasti-kujulise vormiga hoonemudel. See mudel kujutab hoonet lameda katusega ning selle kõrgus vastab hoone maksimaalsele kõrgusele. LOD2 on lihtsustatud katusekujuga mudel, kus tavalise kasti asemel eristatakse näiteks katuse ja välisseina väljaulatuvaid osi [21]. Joonis 1.2 on illustreeritud viis erinevat detailsuse taset.



**Joonis 1.2** Hoonete detailsuse tasemed alates LOD0 kuni LOD4 [21]

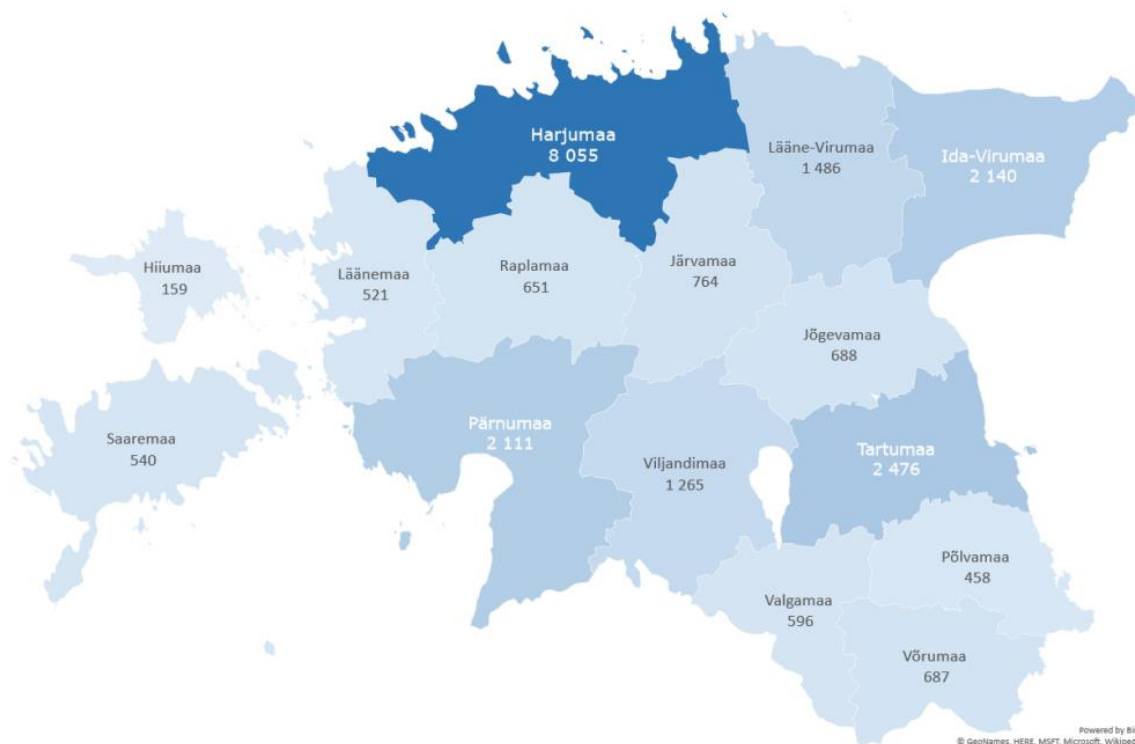
2022. aasta alguses alustati pilootprojekti, mille raames Võru linna, FinEst Targa Linna Tippkeskuse, TalTech'i ehituse ja arhitektuuri instituudi ning tarkavarateaduse instituudi koostöös loodi kohalikele omavalitsustele piirkondlike strateegia koostamise digivahend RESTO [7]. „RESTO võimaldab linnadel ja kinnisvara suuromanikel lihtsamalt määrata, luua, simuleerida ja analüüsida nende hoonete ja linnaosade renoveerimise stsenaariume piirkondlikul tasemel ning teha selle baasil mõistlikke

otsuseid tuleviku eesmärkide täitmiseks. Tööriist kombineerib rohepöörde ja digipöörde lahendused, et optimeerida vajalikke investeeringuid nende hoonetesse [22].“

## 1.2 Eesti elamufondi ülevaade

Üle poole Eesti hoonestikust ehitati nõukogude ajal, ja umbes 80% praegustest hoonetest nii Eestis kui ka Euroopas jäävad tõenäoliselt kasutusse ka 30 aasta pärast. Ehitise eluea teooria kohaselt on hoone keskmine eluiga 50–70 aastat. Seega, et säilitada elukeskkonda ja tagada, et tänapäeva hooned oleksid endiselt kvaliteetsed ja elamiskõlblikud tulevikus, on vajalik suuremahuline rekonstrueerimine [6].

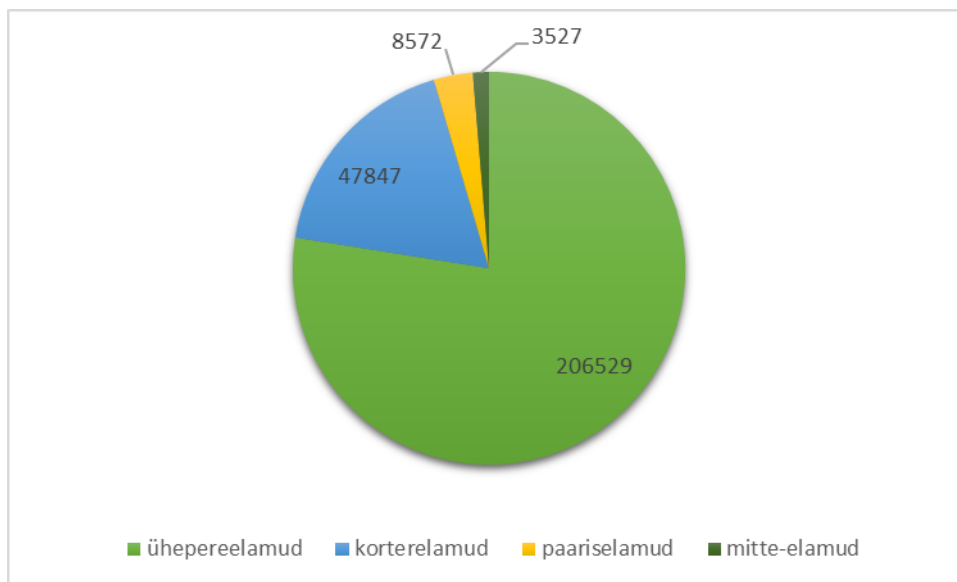
Ehitisregistri andmetel on kokku 22 600 korterelamut, millel on teadaolev pindala ja mis võeti kasutusele enne aastat 2000 (kaasa arvatud). Joonis 1.3 saab näha maakondliku jaotuse, millest saab aru, et umbes kolmandik kortermajade kogu korterelamute arvust asub Harjumaal. Enam-vähem võrdselt on korterelamuid ehk 2000 ja enam korterelamut Tartumaal, Ida-Virumaal ja Pärnumaal. Rohkem kui 1000 korterelamut on Lääne-Virumaal ja Viljandimaal. [13].



**Joonis 1.3** Enne 2000. aastat ehitatud ja kasutusel olevad korterelamud (andmed 2019 haldusjaotuse seisuga) [13]

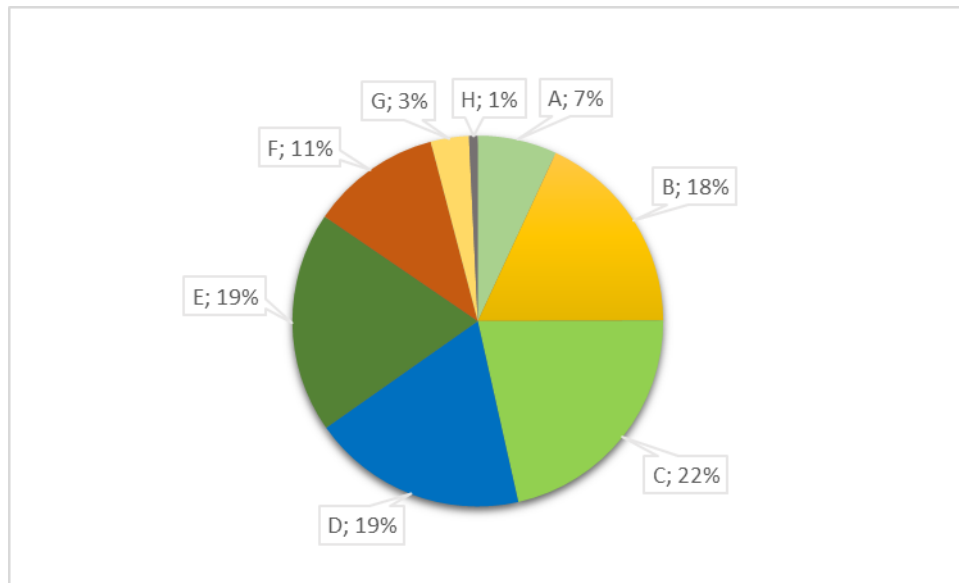


2021. aasta rahva- ja eluruumide loenduse andmetel on Eestis kokku 266 475 elamiseks ettenähtud hoonet, kuigi need andmed ei ühti EHR andmetega. Vastavalt Joonis 1.4 kõige rohkem neist on ühepereelamud (77,5%), 18% moodustavad korterelamud, 3,1% paariselamud ja 1,3% mitte-elamud, kus asub vähemalt üks eluruum [23].



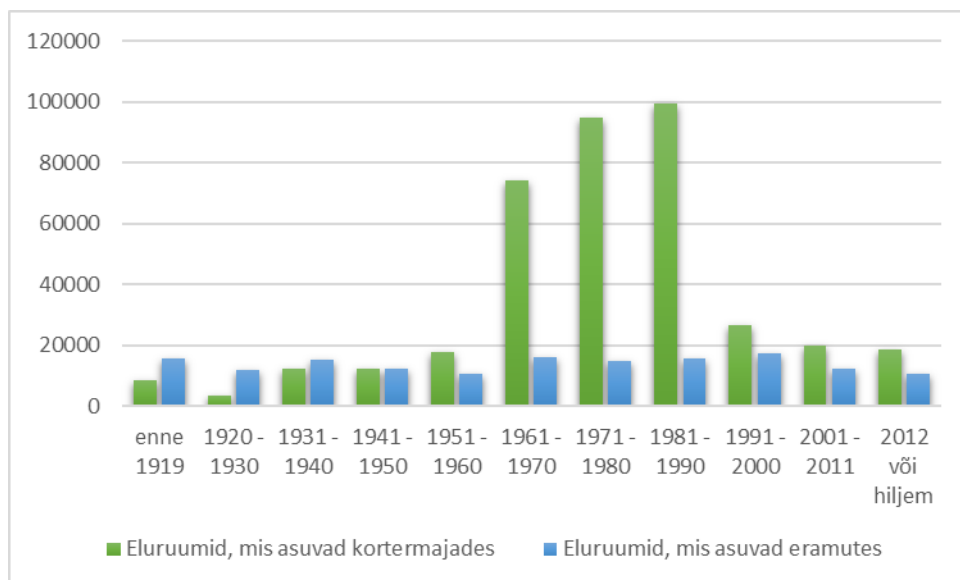
**Joonis 1.4** Eestis elamiseks mõeldud hoonete jagamine (2021. aasta rahva- ja eluruumide loenduse andmetel)

Ehitisregistri andmete põhjal on Eestis 273 715 elamiseks sobivat hoonet, millest 31 999 on kahe või mitme korteriga elamud [24]. See võib tähendada, et EHR andmed võivad olla mitte kvaliteetsed, eriti andmed hoonete peamise kasutamise otstarbe kohta. Andmed energiamärgise kohta on registris kättesaadavad ainult poolel Eesti korterelamutel (16 509) [24]. Joonis 1.5 on näha, et suurim osa korterelamutest kuulub C energiaklassi. Enam-vähem sarnane kogus hoonetest on B, E ja D energiamärgise klaasiga.



**Joonis 1.5** Korterelamute jagunemine vastavalt energiamärgise klassidesse

Joonis 1.6 on esitatud 2021. aasta rahva- ja eluruumide loenduse andmetel eramute ja korterite eluruumide arv Eestis ehitusaasta järgi erinevatel ajaperioodidel, ulatudes aastast 1919 kuni 2012 ja edasi. Kõige suurem eramute ehitusaktiivsus oli enne 1919. aastat, kuid nendest on praeguseks suur osa jäänud asustamata. Kortermajade puhul on selgelt näha, et nende ehituse kõrgeaeg oli 1961.–1990. aastatel, st nõukogude aja kesk- ja lõpuaastatel [23].



**Joonis 1.6** Asustatud tavaeluruumide jaotamine hoone tüübi ja ehitusaaja järgi (2021. aasta rahva- ja eluruumide loenduse andmetel)

EHR andmete alusel ehitati kõige rohkem elamuid perioodil 1991-2000, mille jooksul ehitati 35242 elamuid. Kõige rohkem kortermaju ehitati aga 1971-1980 aastatel (4557) [24].

### **1.3 Puitkorterelamute arengulugu Eestis**

Suurem osa inimkonna ajaloost on puit olnud laialdaselt kasutusel ehitusmaterjalina tänu selle headele mehaanilistele omadustele, väikesele kaalule ja lihtsusele töötlemisele. Eriti populaarne on puit olnud metsarikastes piirkondades tänu selle lihtsale kättesaadavusele. Kiire ehitustööstuse arengu ja kulude minimiseerimise soovi tõttu on esile tõusnud muud ehitusmaterjalid [25].

Puidust konstruktsioonide peamiseks puuduseks on tuleohtlikkus, mistõttu kehtestati keskajal 14. sajandil keeld ehitada puitehitisi Tallinna vanalinna müüri sissepoole ning 15. sajandil anti korraldus lammutada kõik, mis oli säilinud vanadest aegadest. Seega oli kivimaterjalil keskaegadel domineeriv positsioon. Tallinna kesklinn oli kivist, kuid ümbritsevad linnaosad olid ikkagi peamiselt puidust, mis hävitati rünnakuohu korral [9].

Kivi kasutamine konstruktsioonide ehitamisel oli tingitud ka muudest põhjustest, näiteks, puitkonstruktsioonid lagunevad kiiremini kui kiviehitised [26] ning puit ei ole vastupidav kahjurite mõjule, mis omakorda tähendab üksikute elementide üsna sagedast väljavahetamist. Samuti loodusliku puidu tugevus ei ole ühtlane igas suunas [27].

Liimpuidu kasutuselevõtt 20. sajandil taastas puidu konkurentsivõime. Eesti EKE (Eesti Kolhoosiehitus) Tehnokeskus tõi liimpuidu esmakordselt riiki. Liimpuidus erineb ristkihtpuidust selle poolest, et kõigis kihtides on puidukiudude suund ühesugune ja igas kihis esineb vaid üks laud või pruss [26].

Eesti linnades hakkas korterelamu hoonetüübina eriti arenema 19.sajandi keskpaigas, kui rahvaarv hakkas kiiresti kasvama ja mitmed varasemad eramud muudeti mitme korteriga elamuteks. Eestis, kus on pikaajaline ajalooline traditsioon ehitada puitkonstruktsioone, hakkasid levima suures koguses puitelamuid, mida võib pidada oluliseks Eesti linnade ruumilise identiteedi kujundamisel kuni 20. sajandi keskpaigani [10].

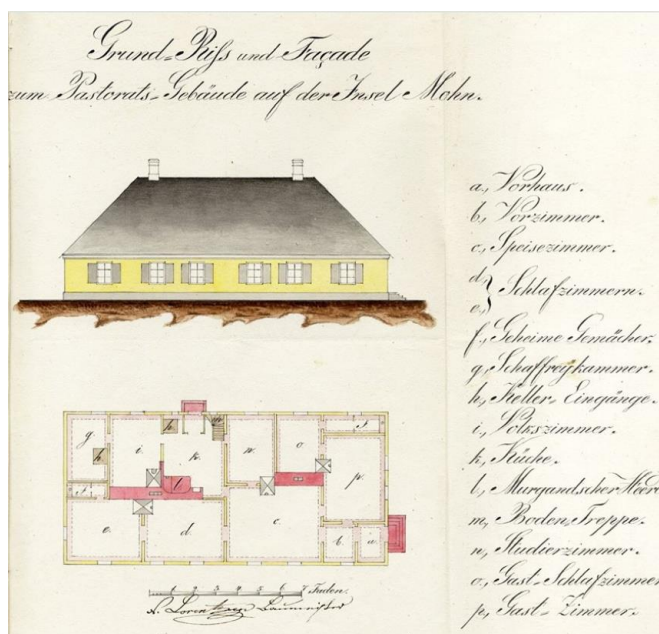
Tallinnas, kui suures linnas, võib leida mitmesuguseid puitasumite vorme, sealhulgas kuurortpiirkondi, üürimajadega eeslinna, töölisasulaid ning samuti hubaseid

aedlinnaalasad ja esinduslikke elamupiirkondi kesklinnas. 1860. aastate keskpaigaks oli Tallinnas 1706 eluhoonet, millest 1257 paiknesid eeslinnades ja 1179 oli puitkonstruktsiooniga, millest 54% eeslinnakorteritest olid ühetoalised [9].

Aastatel 1870-1917 ehitati Tallinnas umbes 8000 uut hoonet, millest ligi 7000 olid puithooned ning üle poole neist moodustasid elamud. Ainult umbes veerand uutest korteritest oli suuremad kui ühetoalised, ja nende osakaal eeslinnades suurenes pidevalt. Hoolimata sellest elas aastal 1881 vaid veidi üle poole elanikkonnast ühetoalises korteris, teistel oli rohkem tube [9].

### 1.3.1 Kõige vanemad säilinud puitmajad

Eesti vanim, teadeolev puithoonetüüp on urbaltische Haus (tõlge urbaltisch-maja). Tüübi nime populariseeris baltisaksa päritolu mõisaurija Heinrich Pirang ning seda on eesti keelde tõlgitud mitmel moel, näiteks vanabalti, ürgbalti või põlisbalti elamutüüp [26]. Need on pikad ühekorruselised hooned, millel on riskülükukujuline põhiplaan (Joonis 1.7), kõrge pool- või murdkelpkatus ja sageli kui on säilinud nende keskel mantelkorsten. Algupäraselt olid aknad tihti ruudukujulised, kuid sageli muudeti neid juba 19. sajandil püstipidi piklikeks kuue ruuduga akendeks, mis on tüüpiline hilisematel puitelamutel [10].



**Joonis 1.7** Muhu muinsuskaitse all olev vanabalti tüüpi pastoraadi peahoone, ehitatud 18. sajandi teisel poolel või 19. sajandi algul [28]

Välisviimistluses kasutati tavaliselt lai rõht- või püstlaudist, mille kinnitamiseks kasutati suuri käsitsi valmistatud sepanaelu. Mõned varasemad hooned võisid olla

ilma laudiseta, kuid alates 18. sajandist muutus linnades tavaliseks puitmajade katmine laudisega. Sarnase hoonetüübiga nagu vanabalti majad on ehitatud köstrimaju, pastoraate, koole, mõisahooned ja vanemaid taluhäärbereid, samuti mõisate moonakatemaju linnade väljaspool. Algselt olid sellise tüübi hooned linnades peamiselt ühepereelamud, kuid hiljem on enamus neist muudetud korterelamuteks. Vanimad neist pärinevad 17.sajandist, kuid suurem osa on ehitatud 18. sajandi teises pooles ja 19.sajandi alguses, väiksemates linnades ehitati mantelkorstnaga maju veel 1860. aastatelgi [10]. Vaatamata oma barokset päritolu, levitas see stiil end edukalt kogu 18. sajandi jooksul ja isegi veel 19. sajandi alguses, mil klassitsism oli juba toonud kaasa uued esteetilised suundumused [26].

Järgmisena ilmusid klassitsistlikud ehitistüübid, mille laiemale levikule aitasid kaasa näidifassaadide albumid [10] ning millest kinnipidamine oli tsaariimpeeriumis kohustuslik [9]. Enamasti on klassitsismiajastu puitkorterelamud ühe- või poolteistkorruselised. Varasemad neist on sageli algselt ehitatud ühele perele ja hiljem ümber kohandatud mitme korterite jaoks. Hilisemad korterelamud projekteeriti juba algusest peale vastavalt vajadusele väiksemate üürikorterite järele, sest linnades tekkis nende järele suurenenud nõudlus [10].

Klassitsismi esteetika nõudis vajaduse sileda fassaadipinna, mis tõi kaasa horisontaallaudise kasutamise [11]. Üheks sagedasemaks variandiks on tänavapoolse suunatud otsafassaadiga, pikad kitsad hooned (Joonis 1.8). Neid hooned katab kahepoolne viilkatus, seega moodustub tänava poole kolmnurkne otsaviil. Tänavapoolse fassaadi akende arv võib varieeruda 1-3, harvemini 4-5 aknani, ja mõnikord on hoone taga ka abihoone, mis on ühendatud peahoonega ühise katuse all [10].



**Joonis 1.8** Tänavapoolse suunatud otsafassaadiga hoone Tallinnas Google tänavavaatest

Teine oluline hoonetüüp, mis sel ajal Eesti linnades levis, on majad, kus pikem külg on suunatud tänavapoole (Joonis 1.9). Neid iseloomustab sageli kõrgem, kahekorruseline keskosa, millel on kolmnurkvill. Need hooned võivad varieeruda suuruse ja kaunistuse poolest, samuti võib erineda nende sisemise struktuur. Kuigi tänavapoolne fassaad võib olla rangelt klassitsistlik ja enamasti sümmeetriline, on hoovipool sageli ebasümmeetrilise põhiplaani kujuga. Hiljem arenes sellest hoonetüübist välja nn. trempel- või nivendseinaga variandid, kus esimese korruse ja katusekorruse vahelagi ei paikne mitte hoone räästajoone kohal, vaid on madalam [10], umbes katuseräästast meetri võrra allpool, tekitades rohkem avarust pööningul [26]. See stiil muutus populaarsemaks 19. sajandi keskpaigas ja lõpus, võimaldades mugavamalt korraldada eluruume katusekorrusel [10].



**Joonis 1.9** Pikema küljega tänavapoole suunatud hoone Tartus Google tänavavaatest

Eelmainitud elamutüübid on tüüpselt rõhtpalkehitised, sageli väga madala vundamendiga ja tihti ilma keldrita. Sarnaselt maamajadele on neil tuulutavat põrandat. Selliseid elamuid rajati üksteise kõrvale, moodustades pikad tihedad read tänava ääres. Sellist tüüpi tänavaseinu hakati nimetama Slobodaa-tüüpi (sloboda – vene küla, vene agul [29]) hoonestuseks, sest selline tänavavaade sarnanes vene ridaküla omaga. 19. sajandi eeslinnades muutus populaarsemaks ka segaehituse stiil, kus hooned olid osaliselt kivist ja osaliselt puidust, eriti levinud oli see hoovimajade ehitamisel [10]. Maja esimene korrus on ehitatud kivist, samal ajal kui teine korrus on puidust. See ehitusviis, mis omab juuri keskajast, oli 19. sajandi Tallinnas levinud [9].

### **1.3.2 Tööliselamu tekkimine**

Tööstusliku muutuse ja kiire linnastumise tõttu hakkas 19. sajandi viimastel kümnenditel Eesti linnades elavate inimeste sotsiaalne koosseis kiiresti muutuma. Traditsiooniliste kaupmeeste, käsitöölise ja teenindavate ametite esindajate kõrval ilmus suures koguses tööstusproletariaat, kes töötasid vabrikutes. Uue hoonetüübina ilmusid linnapilti kahel korrusel olevad töölikasarmud (Joonis 1.10), kus olid väikesed üürikorterid. Selliseid töölistmajade ehitati kõige rohkem Tallinnas ja Tartus, kus

moderniseerumine ja rahvastiku kasv olid kõige kiiremad. Varasemad lihtsamad kahekorruselised elamud esindasid sageli ühekorruseliste arengut, kus olemasolevale ühekorruselisele hoonele lihtsalt lisati teine korrus. Need elamud võisid olla suunatud tänavapoolle nii pikema kui ka lühema küljega [10].



**Joonis 1.10** Kahekorruseline töölikasarm Tartus Google tänavavaatest

Vanimad (enamasti 1860. ja 1870. aastatest pärit) kahekorruselised elamud, mis on suunatud pikema küljega tänava poole, on põhiplaani poolest enamasti sarnased. Sageli puudub neil tänavapoolne sissepääs, majad on justkui linna suhtes selja pööranud, ning kogu liikumine ja elu toimub tagahoovis [26].

Tallinnas arenes välja eelnevalt mainitud varasemate kahekorruseliste agulimajade edasise arengu tulemusena massiliselt ehitatud elamutüüp, mida tuntakse kui Lenderi elamut. See elamutüüp on saanud oma nime insener Voldemar Lenderi järgi, kes projekteeris mitmeid neist hoonetest ja hiljem, saades Tallinna esimeseks eestlastest linnapeaks, toetas nende ehitamist [10].

Lenderi maja on kahe korrusega ehitis (Joonis 1.11), kus kasutatakse rõhtpalkkonstruktsiooni, paekivist sokliosa, ja madal kaldkatus on kaetud tõrvapaberiga. Seda tüüpi maja kaunistavad sageli vertikaalsed laudised, sepistatud varikatus ja dekoratiivne välisüks [9]. Sellisel elamul on välisüks tänavapool hoone keskel, mida rõhutab dekoratiivne sepiskonsoolidel varikatus, sageli kaasas ka kolmnurkfrontoon elamu katuseräästa kohal [10].

Hoones on keskel tänavaga risti asetsev koridor, mida vanemates elamutes kasutati algselt korruse korterite ühise kööginä, kuid hiljem kadus see tava uute tuleohutuse eeskirjade tõttu. Tuletõrje eeskirjadele vastavalt nõuti ka teist treppi, mis tavaliselt asub keskses koridoris ja on pikk, järsu ühemarsilise kujuga. Tänapäeval on endiste selliste hoonete kohandamine kaasaegseteks elamuteks sageli kõige keerulisem, eriti olukordades, kus algseid väikekortereid ei ole õnnestunud ühendada suuremateks üksusteks [10].



**Joonis 1.11** Lenderi maja elamutüüp Tallinnas Google tänavavaatest

Lenderi majade enamikul on paekivist vundament ja kelder. Sõltuvalt piirkonnast võib leida nii madalate kui ka suhteliselt kõrgete soklitega maju. Varasemate hoonete puhul on tavaliselt madalam sokkel. Keldri ja esimese korruse vahelagi võib olla erinevat tüüpi, kasutades puittalasid ja liivatäidet, metalltalasid tellisvõlviga või raudbetooni, samuti metallist I-talasid (kas võlvitud või lamedal kujul). Puitvahelagesid kasutati tõenäoliselt rohkem 19. sajandi lõpus. Tellisvõlvi ja raudbetooni hakati kasutama 20. sajandi alguses, kui majade kelderdatud korrused muutusid tavaliseks [9].

Seinad olid traditsioonilises rõhtpalkkonstruktsioonis. Palkide vahed tihendati nii seest kui ka väljast, et suurendada seina õhulekkekindlust. Kuna palkmaja, isegi kui see ehitati kuivast palgist, kipub "mängima" (kuivama erinevalt eri osades), paigaldati laudis hoonele aasta või paar hiljem, et vältida palkmaja vajumisest ja kuivamisest tingitud kahjustusi viimistlusele. Samuti täideti tekkinud palgipraad. Seetõttu oli sajandivahetuse tänavapildile iseloomulik paljude fassaadide voodrilaudade puudumine. Selleks, et tagada fassaadi tuulutamine, kinnitati laud seinakonstruktsioonile peenikeste puidust liistude abil, mitte otseselt seina pinnale [9].

1843. aastal hakati J. W. Donati paberivabrikus toodetud katusepappi kasutama katusekattematerjalina. Agulimajade katustel hakkas alates 1870. aastatest domineerima katusepapp, asendades varasemad kattematerjalid, nagu lauad, sindlid ja laastud. Üldiselt iseloomustab nn Lenderi majasid lihtne madalakaldeline viilkatus. Tänapäeval on nn Lenderi majadele omase valtspleki paigaldamine peamiselt pärit Eesti Vabariigi ajast. Nähtavad saelõikelised sarikaotsad on pigem dekoratiivsed elemendid, mis ei täida funktsionaalset eesmärki, vaid lisatakse majale välimuse ilmestamiseks. Sarikaotsad on tavaliselt kinnitatud sarika külge poldi või naeltega [9].



Lenderi majade liigitamine kindlateks tüüpideks osutub keeruliseks, sest leidub palju erinevate tunnustega variante ja mitmeid erandeid. Tüüpilised omadused ei sõltu niivõrd kindlast ajastuperiодidist, arhitektuurstiilide vaheldumisest, omanike taustast, asukoha iseärasustest või projekteeija isikust, vaid rohkem kinnistu ja asukoha eripäradest [9].

Lenderi maju võib iseloomustada nende teljelisuse alusel, mis tuleneb esifassaadil asuvate avade paigutusest. Keskne trepikoda koos välisuksega moodustab ühe telje, samal ajal kui korteriaknad korrustel asetsevad kohakuti teiste akendega, moodustades ülejäänud teljed. Enamik Lenderi maju on kesktelje suhtes sümmeetrilised, neil võib olla 3, 5, 7 või harvemini 9 või 11 telge, kuigi leidub ka ebasümmeetrilisi variante. Kõige tavalisemad Lenderi majad on 5-teljelised [30].

Selle maja tüübi katuse eripära on nn lahtine räästas, mis tähendab, et neid hoonetel puudub räästa- ehk tuulekast. Majad on ehitatud lintvundamendile. Maapealne soklioson on ehitatud spetsiaalselt valitud paekividest ja siledaks krohvitud. Selle kõrgus varieerub tavaliselt 0,3 – 1m. Üks korrus suutis majutada neli kuni kaheksa korterit (tuba) [30].

Teistes linnades tekkis 20. sajandi alguseks osaliselt sarnane kompaktse mahuga kahekorruline puidust töölistmaja, mis üldjoontes meenutab Tallinna Lenderi maju, kuigi ei ole täpselt samasugused. Neid iseloomustab sageli madalam sokkel, laiem laudisega viimistlus ja erinev detailikäsitus võrreldes Tallinna töölistmajadega [10].

Sellel ajastul olid konstruktsioonide poolest levinumad rõhtpalkelamud, kuid harva võib kohata ka püstpalkmaju ning tsaariaja lõpu poole juba ka sõrestikhooneid. Välisviimistlusena kasutati rõhtlaudist, millel on püstlaudisest vahevööd ja karniisid. 20.sajandi alguses muutuvad kasutatavad voodrilauad esmalt Tallinnas ja seejärel teistes linnades võrreldes eelnevaga märgatavalt kitsamaks ja õhemaks [10].

### **1.3.3 Vabrikuasulad**

19. sajandi lõpus ja 20. sajandi alguses vajasid kiiresti kasvavad tööstusettevõtted suurt hulka tööjõudu. Uued töölistad värvati maalt, kus talurahvas otsis linnas paremat elu. Kuna kõik töölistad ei suutnud piisavalt kiiresti leida kortereid eraomanikele kuuluvates elamutes, kavandati terviklikke elamurajooni tootmisterritooriumi lähedusse. Need elamud ei kuulunud eraomanikele, vaid olid tööstusettevõtte omandis, ja neid anti töölistele kasutamiseks soodsate tingimustega. Lisaks tööliste elamutele rajati sellistesse vabrikulinnakutesse sageli ka kvaliteetsemad kortereid

ametnikele, inseneridele ja meistritele ning mõnikord isegi ettevõtte juhtkonnale. Nendesse asundustesse kuulusid omal ajal ka koolid, haiglad, seltsimajad, kirikud jne., seega oli võimalik läbida kogu inimeste elu lahkumata sellest asulast [10].

Eraldi saab välja tuua raudteetöötajate elamuid. Nende seas on suuremaid kahekorruselisi maju, kuid enamik neist on pikad ühekorruselised hooned, millel on madal sokkel ja sageli mitu sissepääsu. Raudteemajad, mis järgivad üle Venemaa kasutatavat tüüpprojekti, kujutavad endast sageli vene mõjutust ehitustehnikas, kasutades ehitamiseks tahumatuid ümarpalkmaterjale [10].

### **1.3.4 Suurte korteritega elamud**

Mitte kõik puitkorterelamud ei olnud vaesemale elanikkonnale suunatud. 19. sajandi lõpul ja 20. sajandi alguses kerkis ka palju suurte esinduslike korteritega puitelamuid, mis olid suunatud kõrgematele keskklassidele. Tsaariaegsed suured korterid olid avarad, sageli 5-6-toalised. Mõned avarate korteritega puitkorterelamud kuulusid nn. linnavilla tüüpi, kus igal korrusel oli ainult üks suur korter, samas kui teised säilitasid klassikalise korterelamule omase trepikojapõhise planeeringu, kus ühel korrusel võis olla kaks-kolm korterit [10].

Puitkorterelamud võisid historitsismi ajastul järgida nii puit- kui ka kivehitusviisi. Viimane tähendas, et püüti jäljendada kiviarhitektuuri proportsioone ja detailikäsitlust, sealhulgas välisviimistluse dekoorelemente nagu akende keeruliste profiilidega raamistused, akende alused kassetid või seinapindu liigendavad rikkalikult profileeritud vahekarniisid. Puitehitusviis võimaldas kasutada just puidule omaseid elemente. Selle stiili kaunistustena levis rohkelt saelõikepitsi, eriti aknapealsetel ja viiluväljadel [10].

Puitehituses eristati teoreetilistes käsitlustes ja eeskujuraamatustes šveitsi, vene ja norra stiile, kuigi sageli esinesid need segunenult ning üldiselt tunti neid lihtsalt „puitehitusstiili“ all [10]. Šveitsi stiili levikut soodustas oluliselt 19. sajandi jooksul kiiresti leviv kuurordikultuur. Mõisaarhitektuuris järgiti ka Šveitsi stiili, nii peahoonetel kui ka kõrvalhoonetel [26]. Historitsismi ajastule oli iseloomulik ka kiindumus silmapaistvate nurgalahenduste vastu (Joonis 1.12): tänavanurkadele kerkisid majad, millel olid efektsed tornid, erkerid ja rõdud [10]. Kõige levinum neist oli nurgaerker teravatipulise tornikiivriga [26].



**Joonis 1.12** Nurgalahendusega hoone Haapsalus Google tänavavaatest

Kui eelnevad historitsistliku stiiliga puitkorterelamud on tavaliselt üsna kompaktsed üldmahult ning fassaadikompositsioonilt pigem sümmeetrilised, siis juugendstiili hooned on tihti asümmeetrilise kompositsiooniga. Juugendiperioodile iseloomulik on erikujuliste akende sagedane kasutamine. Juugendi ajal muutub populaarseks ka puithoonete krohviga katmine. Inspireerituna Saksa talupojaarhitektuurist imiteeriti mõnikord hoonete fassaadidel vahvärkkonstruksiooni, hoolimata asjaolust, et meil puudus kohalik vahvärkehitud traditsioon. Enamasti oli see pelgalt dekooriks: need ei ole tegelikult sõrestikkonstruksiooniga majad, vaid rõht- või püstpalkehitised, millele on vahvärkkonstruksiooni imiteerivad dekoratiivsed laud lihtsalt krohvipinnale "kleebitud" [10].

### **1.3.5 Tallinna maja ja teised puidust korterelamud**

Kuigi arhitektuuriringkondades ja toonastes ajalehtedes räägiti palju vajadusest ehitada Tallinna eeslinnades ja teistes Eesti linnades rohkem kivimaju, jätkus puitelamute ehitamine hoogsalt isegi pärast Eesti Vabariigi iseseisvumist [10]. Põhiline hoonetüüp eeslinnades sai olla puitelamu, millel oli kivitrepikoda. Ehkki ehitusseaduses pakuti kivitrepikoja alternatiivina kahte puittrepikoda, võimaldas ühe trepikoja ära jätmisega saavutada lisapinda. Lisaks oli kohaliku kivimaterjali hind soodsam ja kivitrepikoja hooldamine lihtsam [9].

"Tallinna majaks" nimetatakse 1920. - 1940. aastatel Tallinnas ehitatud korterelamu tüüpi, mida iseloomustab keskne kivist trepikoda, ülejäänud hoone on ehitatud puitkonstruktsiooniga (Joonis 1.13). Kivitrepi kasutuselevõtt oli tingitud uutest tuleohutusnõuetest, kuigi üksikuid puumaju kivitreppidega ehitati juba tsaariajal, muutus see nüüd laialdaselt levinuks. Need majad olid peamiselt kahekorruselised,

kuigi lühikese perioodi jooksul lubati ehitada ka kolmekorruselisi "Tallinna maju" [10] kuni keelustamiseni 1935. aastal [9].

Enamasti olid need siiski kahekorruselised, millele lisandus katusekorrus, millele püüti sageli anda kõrge mansardikuju, võimaldades mahutada sinna praktiliselt terve täiskorrus. Enamik Tallinna maju on kaetud laudisega, kuigi mõned neist on ka krohvitud. Konstruktsioonilt on need peamiselt püstpalk- või püstprusskonstruktsiooniga, harva kasutatakse ka sõrestikkonstruktsiooni [10].



**Joonis 1.13** Kivitrepijaga Tallinna maja tüüpi puitelamu Tallinnas Google tänavavaatest  
Tallinna maju on varem liigitatud kolme kategooriasse vastavalt nende välisilmele: hilisjuugendlikud, vernakulaarsed ja funktsionalismimõjulised. Uuringualustes majades dateerimise lihtsustamiseks võib need jagada kolme rühma, alustades tsaariaja kivitrepikojaga majadest ja lõpetades 1930. aastate lõpuni:

- 1) Varajased majad - kivitrepikojaga majad kuni 1918. aastani
- 2) Kõrgperioodi majad - aastad 1918-1935
- 3) Hilised Tallinna majad - aastad 1935-1940

Võrreldes varase perioodi Tallinna majadega, mille sokli kõrgus oli 0,5 meetrit, olid kõrg- ja hilisperioodi majadel paekivist lintvundamendi sokli kõrgus keskmiselt 1,5-1,7 meetrit. Sokliosade oli tavaliselt krohvitud, kuid võis olla ka kaunistatud dekoratiivse klombitud paekivilaoga. Kõrg- ja hilisperioodi majadel oli keldrikorruse lagi terastaladel ja betoonist. Esimesel, teisel ja kolmandal korrusel olid alt krohvitud puitvahelaed, mida tavaliselt täideti liivaga. Põrandad koosnesid peamiselt punnlaudadest, kuid jõukamates ja hilisemates majades kasutati ka parketti [9].

1920. aastate lõpus toimus puithoonete karkassi konstruktsioonis üleminek rõhtpalkkonstruktsioonilt topelt püstplank seinatüübile. Varasemad puithooned olid kõik rajatud rõhtpalksüsteemis. Püstplankseinaga muudeti ehitusprotsess kiiremaks,

sest sellega vähenes ehitusjärgne vajumine. Pärast seinte ja katuse valmimist oli võimalik kohe alustada püsiva siseviimistlusega. Katuse, mis oli ehitatud prussidest sarikatele, kaeti tavaliselt tsingitud plekiga [9].

Kui varasemad Tallinna majad olid sageli madala kaldkatusega kelp- või viilkatusega, siis kõrgperioodil hakati kasutama ka mansardkatust, kõrget viilkatust ja murtud kelpkatust. Need uued katusetüübid võimaldasid pööningut muuta eluruumideks. Mansardkatusega Tallinna majad võib hinnanguliselt pidada sellel perioodil kõige levinumaks, kuid perioodi lõpus muutus madal kelpkatuse järjest sagedamini kasutatavaks, eriti funktsionalistlike vormivõtete leviku tõttu [9].

Tallinna majade uurimisel võib märgata teatavaid sarnasusi projekteerijate vahel. Samas on nende liigitamine kindlateks tüüpideks keeruline, kuna esineb mitmeid erinevaid tunnuseid ja palju erandeid. Tüüpilised omadused võivad olla seotud nii konkreetse ajastu ja stiilieelistustega kui ka omanike tausta, asumi iseärasuste või kinnistu eripäradega [9].

Tallinna tüüpi hoonetel oli tavaliselt ühel korrusel neli kahetoalist korterit või kaks kolmetoalist ja kaks kahetoalist korterit. Tubade suurus jäi vahemikku 12–15 ruutmeetrit [31].

1930. aastatel tõi puitarhitektuuris endaga kaasa modernistliku arhitektuurikeele. Modernistlikud puitkorterelamud võivad esineda nii krohvituna, et neid on isegi esmapilgul raske eristada kivihoonetest, kui ka laudisega viimistletuna. Viimase puhul võib tegemist olla nii püst- kui ka rõhtlaudisega, kuid laudade laius on märgatavalt väiksem võrreldes varasemate historitsismi- ja juugendiajastu elamutega. Konstruksioonitüübilt on peamiselt tegemist sõrestikhoonetega, mida toona nimetati tädisseintega elamuteks, kus soojustusmaterjalina kasutati sõrestiku tädiseks lisatud saepuru [10].

Perioodil 1918–1939 ehitatud Tallinna elamutest oli ainult 574 ehk 21% valmistatud püsिमaterjalist, samas kui ülejäänud 2184 ehk 79% olid puidust [9].

### **1.3.6 Puidust korterelamud pärast 1940. aastat**

Nõukogude Eestis aastal 1940 võeti suund töölisklassi elamistingimuste parandamisele. Praktiliselt tähendas see "Tallinna maja" hoonetüübi edasiarendus. Sarnaste korterelamutega jätkati ka pärast sõda, kui tekkinud oli korterikriis, kuid siis juba Vene tüüpprojektide alusel. Nendele projektidele lisandusid detailid, nagu

paarisaknad, ja stalinistlikule arhitektuurile iseloomulikud detailikäsitlused [26]. Peamiselt kasutati monteeritavaid puitkilpmaju või puitsörestikmaju, harva esines ka püstplank- või püstprusskonstruktsiooniga hooneid [10].

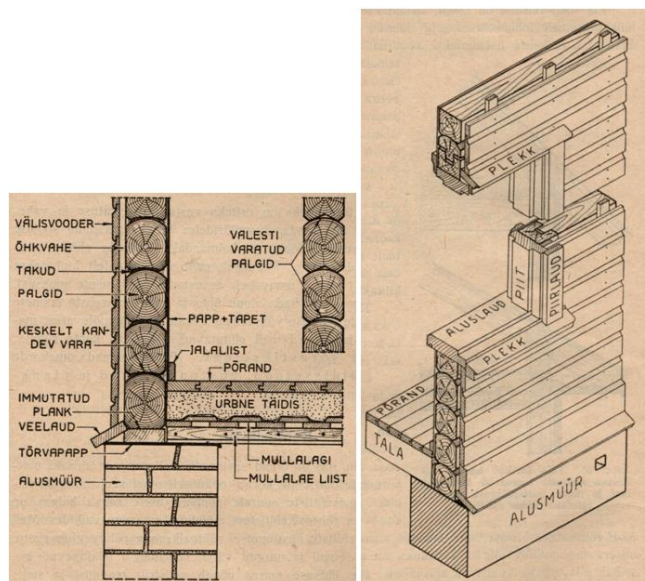
Pärast 1950. aastate keskpaika ei ehitatud Eestis praktiliselt enam puidust korterelamuid. Tänapäeval võib leida uusehitisi, eriti miljööväärtuslikeks tunnistatud piirkondades, kus välisviimistluses on kasutatud puitu, et integreerida uut hoonet paremini ajaloolisse ümbruskonda. Kahjuks piirdub enamikul juhtudel puitu kasutamine vaid fassaadi katva välimise kihiga, ja kandvat puitkonstruktsiooni kohtab harva [10].

Eramuehituses säilitas puit ehitusmaterjalina oma populaarsuse, jätkates esteetiliselt 1930. aastate traditsionalismiga - kõrge viilkatus, horisontaalne laudis ja suured aknad. Ent 1970.-1980. aastatel toimus suundumus taganemiseks kivimaterjalide kasuks [26].

## **1.4 Tüüpilised puitkonstruktsioonid**

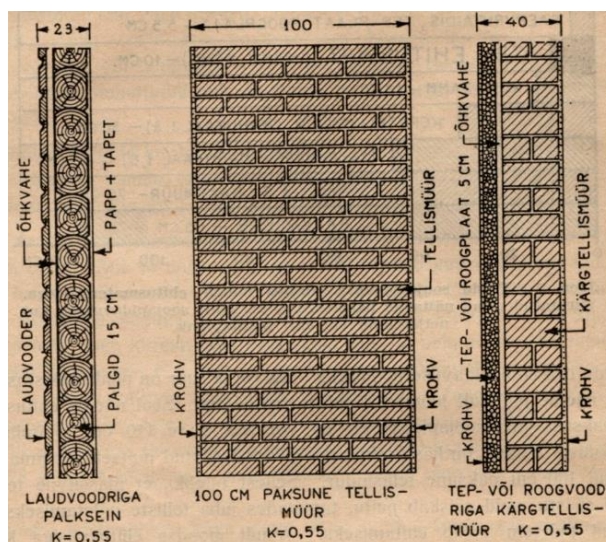
### **1.4.1 Välisseinte konstruktsioonid**

Eesti territooriumil levis rõhtpalkkonstruktsioonide (Joonis 1.14) kasutamine alates nooremast pronksiajast (1100-500 eKr) ja on püsinud tänaseni. Palkhoone ehitamine võttis mitu aastat aega. Tavaliselt oli üks talv pühendatud vundamendi asetamisele. Pärast talvist metsamaterjali langetamist kooriti palgid kevadel. Seinte püstitamise järel toimus nende vertikaalne vajumine, kuna palgid kuivasid kokku. Vajumisruumi arvestati salapunnide ja tenderpostide puhul. Seetõttu ei olnud võimalik seinu enne paari aastat viimistleda ega katta laudisega ning samuti ei olnud võimalik kohe avatäiteid vormistada, kuna kõrgus muutus [26].



**Joonis 1.14** Rõhtpalkseina lõige ühes alusmüüri ja põrandaga (vasakul), aknapiirde rõhtvoodriga seinas (paremal) [27]

Üldiselt arvatakse, et palkseinad säilitavad hästi soojust, mis on tõsi vaid mõnes mõttes, kuna palkseinad on kiviseintest soojapidavamad. Joonis 1.15 on näha, et on toodud kolm erineva paksusega seina, millel on võrdne soojapidavus. Siiski võib öelda, et palkseinad on endiselt suhteliselt soojaraiskavad. Näiteks puitsõrestiksein, millel on 15 cm paksune saepurutäide, on 20 cm paksuse rõhtpalkseinaga võrreldes kaks korda parema soojapidavusega [32].

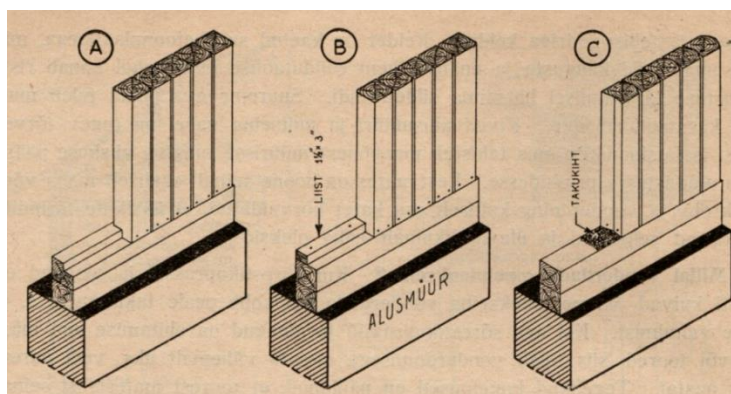


**Joonis 1.15** Erineva konstruktsiooniga seinad võrdse soojapidavusega [27]

20. sajandi vanad puitmajad konstruktsioonide puhul peamiselt kasutatud kahte varianti: rõht- või püstpalkmaja [26].

Juba aastasadu domineerinud rõhtpalkehitusviis osutus üsna keerukaks ja aeganõudvaks, sest kuigi seinapaksuse saab palkide küljelt lamedaks töötlemisega ühtlustada, vajab palkide erinev läbimõõt nende omavahelist kohandamist ning lisaks vajub rõhtpalksein palkide kuivades märgatavalt, mistõttu majad seisid pikka aega ilma välisviimistluseta. Kõik see tõi märgatava eelise püstpalk- ja sõrestikkonstruktsioonile (Joonis 1.16), mis hakkas levima juba enne Esimest maailmasõda ja muutus Tallinnas, teistes linnades vähemal määral ka, domineerivaks 1920. aastatel [26].

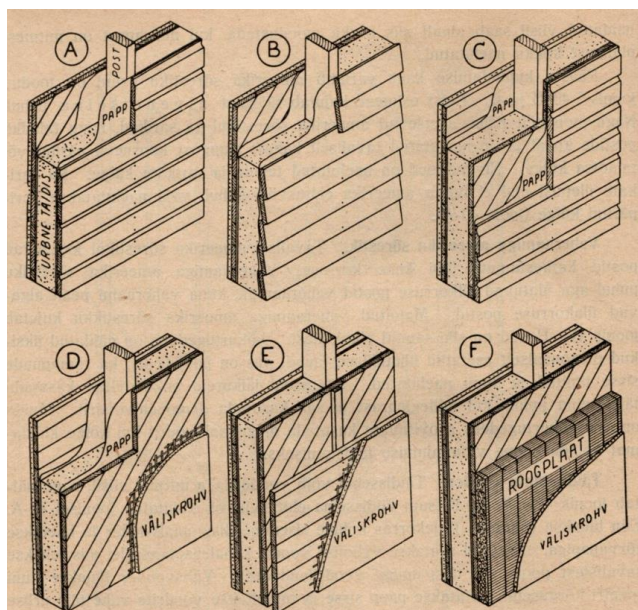
Maapiirkondades ehitati enamasti endiselt traditsioonilise rõhtpalkkonstruktsiooniga [26]. Püstpalkidest seinu ehitati harva. Need valmistati ainult siis, kui kasutati vanade lammutatud majade palkmaterjali või neid palke, mis ei olnud sobivad rõhtpalkseinade ehitamiseks. Püstpalkseinade peamiseks puuduseks peeti seda, et aja jooksul kuivavad palgid ja nende vahed hakkavad laskma läbi tuult ja külma [32].



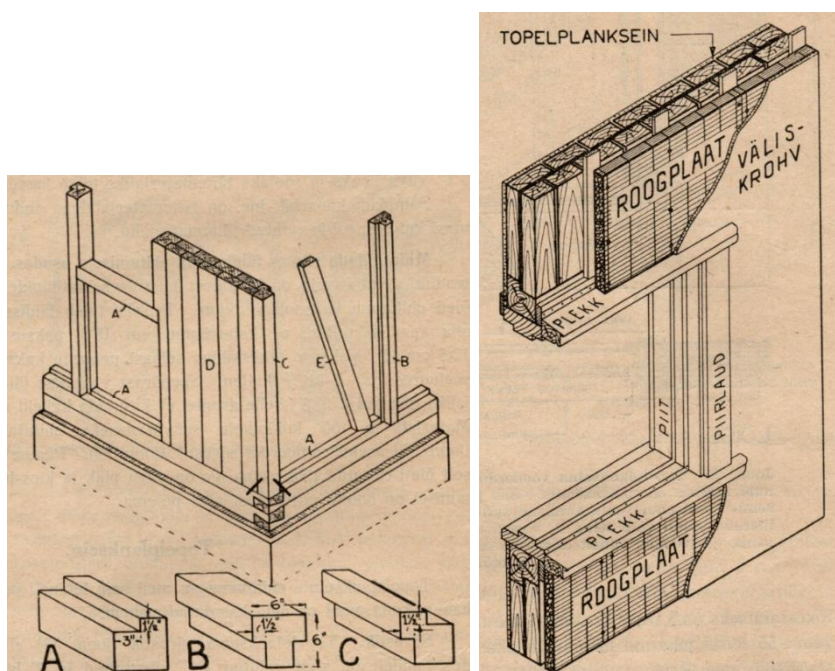
**Joonis 1.16** Püstpalkseina ehitus (A – palkide kinnitamine poolsoonega raamprussi; B – palkide kinnitamine liistuga raamprussi; C – varatud püstpalgid) [27]

Sõrestikseinu hakati ehitama juba enne Esimest maailmasõda. Avad sõrestikus (Joonis 1.17) võib täita erinevate materjalidega, mis määrab seina tüübi: täidis-, püstpalk-, plank- või topeltplanksein. Sõrestik on kõigil variantidel sarnane, postide vahemaa on üks meeter ja ühendused raamtalade ning kallaktoedega on tapitud. Sõrestiku avade täitmine saepuruga on keeruline, kuna kallaktoed ja ülemine vöötala segavad saepuru tihendamist. Püstpalkide või plankude kinnitamine avadesse on oluliselt lihtsam, mistõttu topeltplanksein (Joonis 1.18) oli pikka aega populaarne, ehkki saepurutäidisega sein on odavam ja parema soojapidavusega [26]. Pärast plankseinade ehitamist võidi neid kohe seestpoolt krohvida, kuna polnud vaja oodata seina vajumist, nagu rõhtpalkseinade puhul [32].





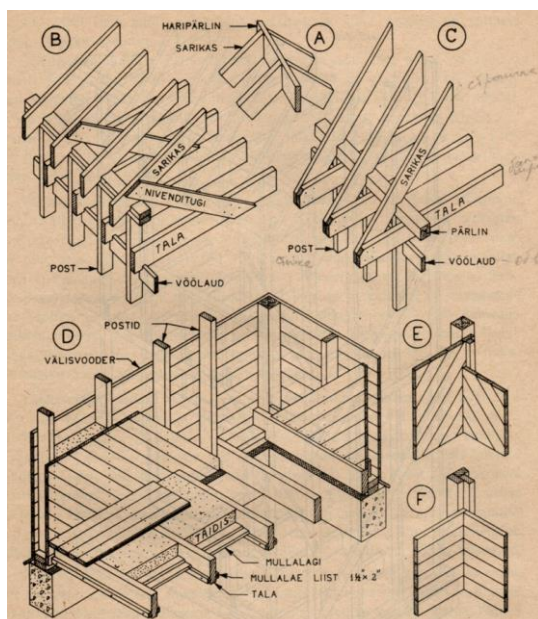
**Joonis 1.17** Sõrestiktädisseinte voorderuse ehitamise võimalusi [27]



**Joonis 1.18** Topelplankseina nurk ühes poolsooneliste sõrestikuprussidega (vasakul), topelplankseina voorderus roogplaatidega (paremal) [27]

Lisaks tavalisele sõrestikule kasutati ka nn Ameerika sõrestikku (Joonis 1.19), kus ruudukujulise ristlõikega pruss oli ainult nurgapostiks, ülejäänud postideks ja taladeks aga näiteks 50x150 mm pruss [26]. Ameerika sõrestikus asendatakse kõik tapid naelühendustega, mis võimaldab raami kiiremat ehitamist. Lisaks on Ameerika sõrestik tädisseinana soodne, kuna tädis saab seina vahele paigutada ilma, et ülemised raampuud seda takistaksid [27]. Sellist tüüpi seina kasutati peamiselt ühes levinumast iseseisvusaegsest puitmaja tüübist - kivitrepikojaga Tallinna maja puhul

[26]. Selline konstruktsioon on Põhja-Ameerikas siiani üsna levinud; seda nimetatakse "two by four" sõrestikuks ja see ehitatakse peamiselt 50x100 mm ristlõikega plankudest [32].



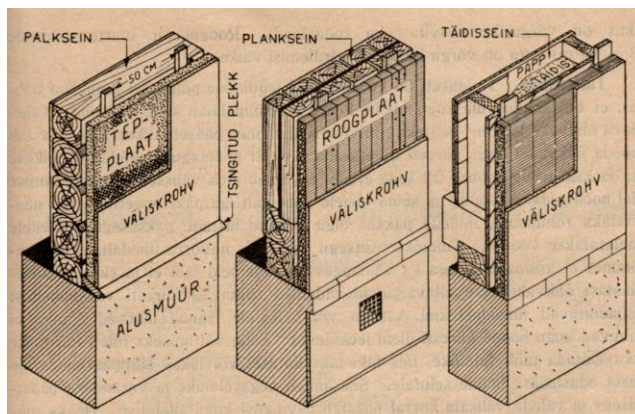
**Joonis 1.19** Ameerika sõrestiku detailid [27]

Nõukogude ajal ei toonud kaasa märgatavaid edusamme puitkonstruktsiooni arengus. Ehkki sõjajärgsetel aastakümnetel ehitati alguses suures osas puidust, jätkus see peamiselt senise populaarse sõrestikehitusviisi ja üllatavalt ka varasemast rohkem rõhtpalkehitiste kasutamise. Tegelikult olid Peipsi tagant pärit vene ehitajad enamasti harjunud tundma rõhtpalkehitist kui ainus puitkonstruktsioonitüüp [26].

1930. aastate ehitusmääruste kohaselt nõuti ehitatavate elamute välisseinte soojusjuhtivusena  $U \leq 1,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ja samuti elamu välisseinte jaoks saab leida  $U \leq 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . 1937. – 1939. aastatel insenerkoja välisseinte uurimise komisjoni poolt läbiviidud uuringu kohaselt oli toonaste puitseinte soojusjuhtivus vahemikus  $0,54 \dots 0,92 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . On oluline teada, et püstplanksein ja sõrestiksein olid märgatavalt vähem õhukindlad, mis tõstis ruumide küttekulu. Enamik Eesti vanemaid puitkorterelamuid rajati üldjuhul rõht- või püstpalkseintega ning ilma välisseinte täiendava soojustusega. Samuti esines korterelamuid, kus kasutati sõrestikseintega konstruktsiooni [10].

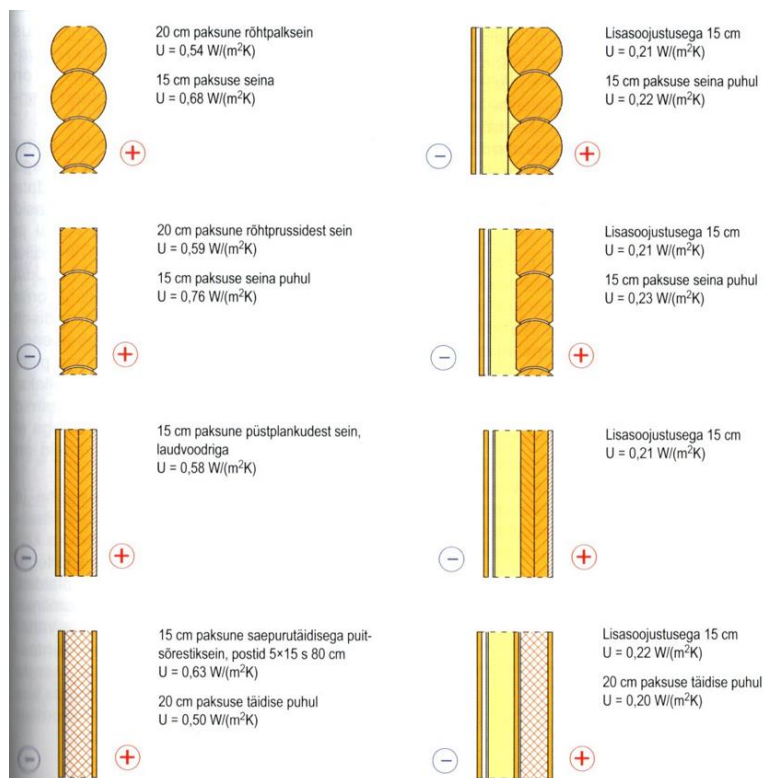
Enamasti on välisseinad kaetud laudvoodriga, kuid esineb ka krohvitud palkseinte (Joonis 1.20) ning tõrvapapi või ruberoidiga kaetud välisseinu. Viimast lahendust tuleks pidada ebasobivaks puitseinte jaoks, sest see materjal on veeauru tihedusega ning vihmavesi või toaniiskus, mis on sattunud tõrvapapi või ruberoidi taha, ei saa

kuivada. Seestpoolt võivad välisseinad olla kaetud papiga, ehitusplaadiga või krohvitud [10].



**Joonis 1.20** Plaatsoojustusega krohvitud puitseinad [27]

Tarindi soojusjuhtivus  $U$  ( $W/(m^2K)$ ) on peamine omadus, mis on aluseks hoone soojakadude arvutamisel. Enne Esimese maailmasõja ehitatud hoonete välisseinad on vähe soojapidavad, näiteks 15 cm paksuse rõhtpalkseina soojusjuhtivus  $U=0,80$   $W/(m^2K)$  [33]. Joonis 1.21 on näha erinevat tüüpi puitseinte soojusjuhtivuse enne ja pärast lisasoojustatust. Kõige levinumad vanad tüüpi seinad olid rõhtpalksein, rõhtprussidest sein, püstplankudest sein ja saepurutäidisega puitsõrestiksein.



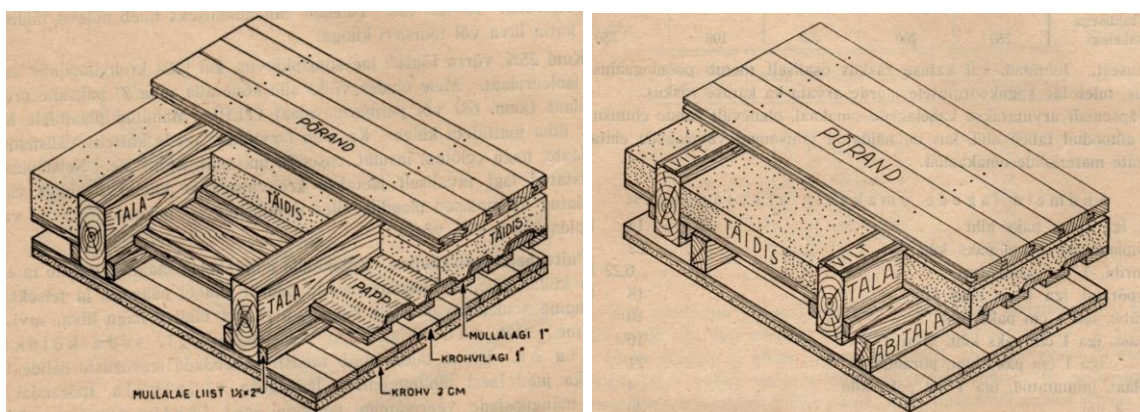
**Joonis 1.21** Levinumaid vanu puitseinatüüpe algselt ja lisasoojustusega [33]

## 1.4.2 Vahelae ja põrand konstruktsioonid

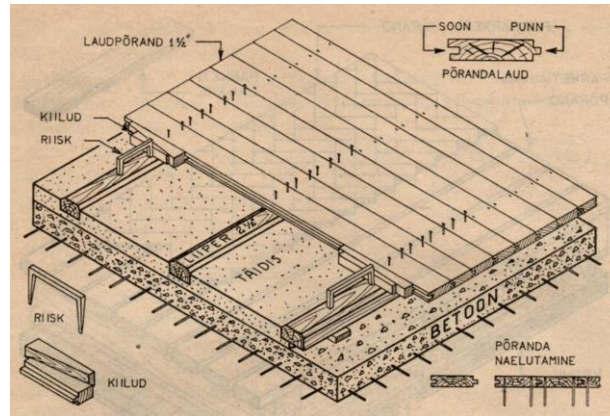
Enamik väikemajade vahelaid ehitati kuni sõjajärgse ajani peamiselt puidust ja puittaladel. Puitvahelagedega on ehitatud ka enamik sõjaeelseid mitmekorruselisi elamuid ja muid hooneid. Lihtsama konstruktsiooni korral (Joonis 1.22) kinnitati hõõveldamata laudadest lagi otse talade alla, mida seejärel krohviti, ja talade peale paigutati põrandalauad. Kui sooviti heliisolatsiooni paremat tulemust, ei kinnitatud laelaudist otse talade külge. Selle asemel paigaldati mullalaega allapoole lisatalad, mis toetasid laelaudist, ja need paigutati kandetalade vahele. Põrandalauade ja kandetala vahele asetati vildiriba või toetati põrandat mitte talade, vaid laagide kaudu täidisele [32].

Oluline on tagada, et lagi oleks piisavalt soojustatud. Kui lagi pole piisavalt soojustatud, võib soojus liikuda ruumist põõningule või ülakorrusel asuvasse korterisse [27]. Põõninguvahelae täiteaine pidi olema soojapidav, kusjuures peamiselt kasutati sae- või turbapuru. Täidisekihi paksuseks võeti ligikaudu 15 cm. Tulekindluse ja heliisolatsiooni parandamiseks kaeti täidis liiva- või savikihiga, mille paksus võis ulatuda kuni 5 cm [32].

Üle-eelmise sajandi lõpu poole hakkasid talumajadesse ilmuma laudpõrandad (Joonis 1.23), kus oli kaks võimalust: kas toetada põrandalaudu kandvad puitlaagid otse pinnasele või ehitada talastik kõrgemale pinnasest ja teha põrand samamoodi nagu vahelagi. Põrandatalad toetati mõnikord kividele või tellispostikestele, tänu millele võisid nad olla väiksema ristlõikega kui laetalad [32].



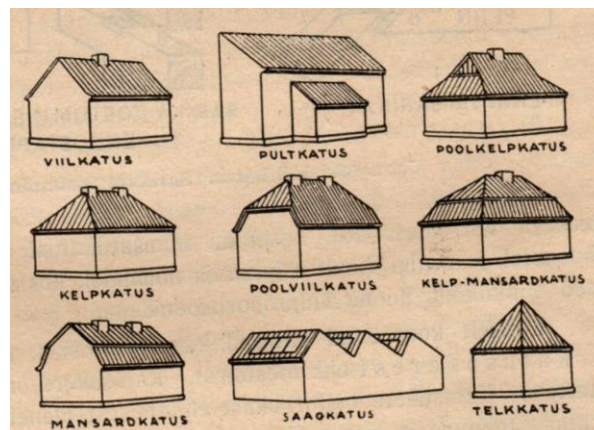
**Joonis 1.22** Tavalise puitvahelae ehitus (vasakul), abitaladega kõlakindla puitvahelae ehitus (paremal) [27]



**Joonis 1.23** Laudpõranda ehitamine [27]

### 1.4.3 Katuste konstruktsioonid

Sõltuvalt kasutatavast kattematerjalist, nagu õled, roog või laastud, ehitati elamute katused peamiselt umbes 45-kraadise kaldenurgaga. Kaldkatused olid ehitatud kaldu paiknevatest sarikatest, pennidest ja roovlattidest moodustatud kandetarindusega. Selleks, et vältida kaldsarikate laiuli vajumist, tuli nende alaosa toetada külgsuunas. Puitmajades toetati neid ülemisele seinapalgile, mis omakorda ankurdati laetalade külge. Need laetalad pidid olema suunatud sama suunas kui sarikad [32]. Joonis 1.24 on esitatud mitmeid tüüpilisemaid katuse väliskujusid. Eestis on levinumad katusetüübid puitsarikatel viilkatus ja kelpkatus [27].

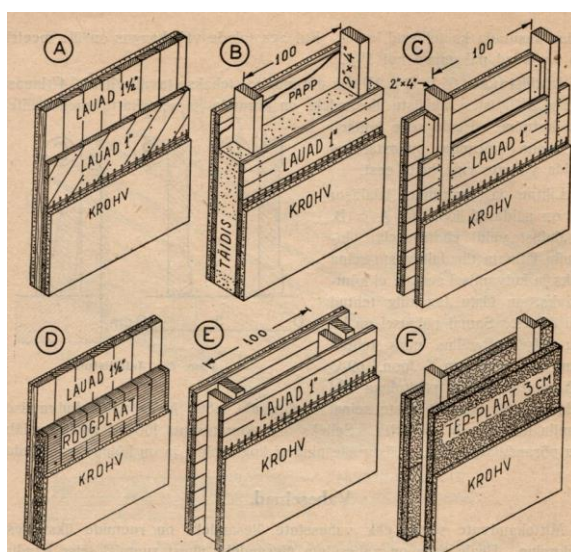


**Joonis 1.24** Katuse väliskujud [27]

Tavaliselt koosnevad katused kahest põhiosast: katusekattest ja katusekonstruktsioonist. Katusekonstruktsioon toimib alusena katusekatele ning selle õigesti ehitamine mõjutab oluliselt katuse tugevust ja vastupidavust [27]. Katusekatteks oli bituumenpapp. Väikemajades ehitati puittarindusega katuslagesid, mille soojajuhtivus on ligikaudu  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [33].

### 1.4.4 Vaheseinte konstruktsioonid

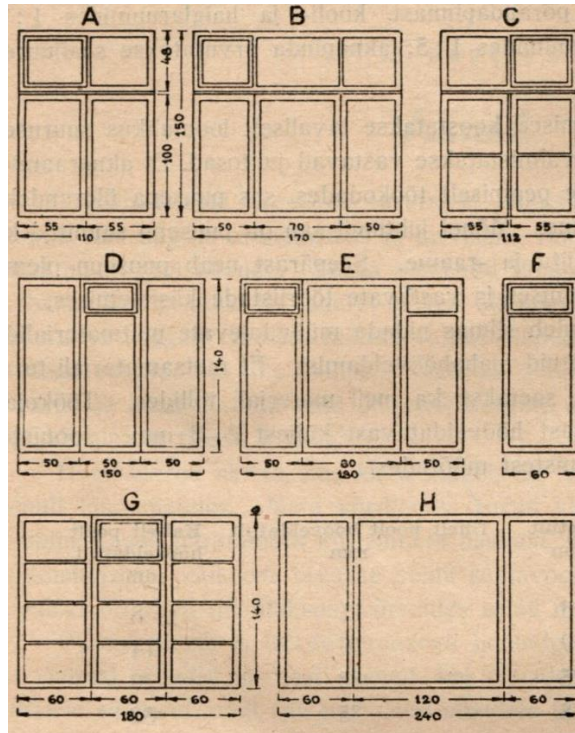
Mittekandvad seinad ehk vaheseinad on mõeldud ruumide eraldamiseks. Lisaks sellele on nende eesmärk takistada helide kandumist ühest ruumist teise [27]. Puitvaheseinu ehitati kas lattkarkassiga või ilma. Karkassita laudvaheseinad ehitati kahekihilisena: püstlaudadele naelutati diagonaallaudade kiht ja sein krohviti. Vaheseina postid toetati laetaladele, samas kui laudvahesein võis olla toetatud ka mullalaele. Helipidavuse tagamiseks soovitati täita vaheseinu, mis eraldavad näiteks vannituba ja klosetti, raske täidisega, nagu räbu või kuiv liiv. Puitkarkassiga vaheseinu tehti ka ilma kattelaudise ja margkrohviteta, kasutades selle asemel kipsplaate. Joonis 1.25 on kujutatud erinevaid eluruumide vaheseinte tüüpe.



**Joonis 1.25** Puitvaheseinad (A – kahekordne laudvahesein; B – laudadega vooderdatud sõrestikvahesein; C – sõrestikupostide vahele löödud laudvahesein; D – roogplaadiga kaetud laudvahesein; E – eraldatud sõrestikuga vahesein; F – TEP-plaatidega vooderdatud sõrestikuvahesein) [27]

### 1.4.5 Aknad ja ukсед

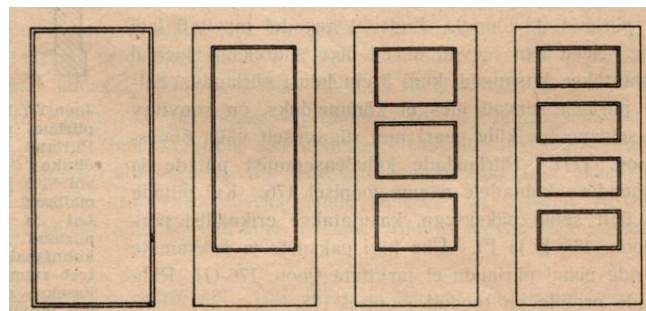
Välismaal on mõnes piirkonnas akende kujud standardiseeritud, samas kui Eestis sõltub akende kuju peamiselt ehitaja või arhitekti esteetilisest eelistustest ja maitsest. Joonis 1.26 on kujutatud Eestis sagedamini kasutatavaid aknaid. Rõhtvaltspuudega elamuakende kõrgus varieerub tavaliselt vahemikus 130-160 cm, samas kui ilma valtspuudeta akende kõrgus on 125-150 cm. Tavalise lahtikäiva raami laius on 50-65 cm, kahe poolega akna laius on seega 100-130 cm ning kolme poolega akna laius on tavaliselt 140-250 cm [27].



**Joonis 1.26** Akende väliskujusid [27]

Alguses olid klaasid väikesed, kuna suuri klaase ei toodetud ja nende transportimine ning paigaldamine oli keeruline [32]. Puitkorterelamutel paigaldati peamiselt kaheklaasilisi aknaid, kuigi juba tol ajal mõeldi ka kolmeklaasiliste ja neljaklaasiliste akende kasutamisest. Kahe klaasiga akna soojusjuhtivus (olenevalt raami lahendusest) jääb üldiselt vahemikku 2,7 kuni 2,9  $W/(m^2 \cdot K)$  [10]. Akende soojakadu on 3-4 korda suurem kui välisseintel, seega mida suuremat ala aknad hõlmavad välisseinast, seda suuremad on soojakaod [33].

Uks koosneb sarnaselt aknaga piidast, mis on kinnitatud seinte külge, ning lahtikäivast raamist, mis on selle külge kinnitatud. Joonis 1.27 on kujutatud Eestis laialdaselt kasutatavaid siseuksi. Välisüksed peaksid olema soojapidavamad kui siseüksed [27].



**Joonis 1.27** Enamkasutatavad siseuste tüübid [27]

## 1.5 Kirjanduse analüüsi tulemuste süntees

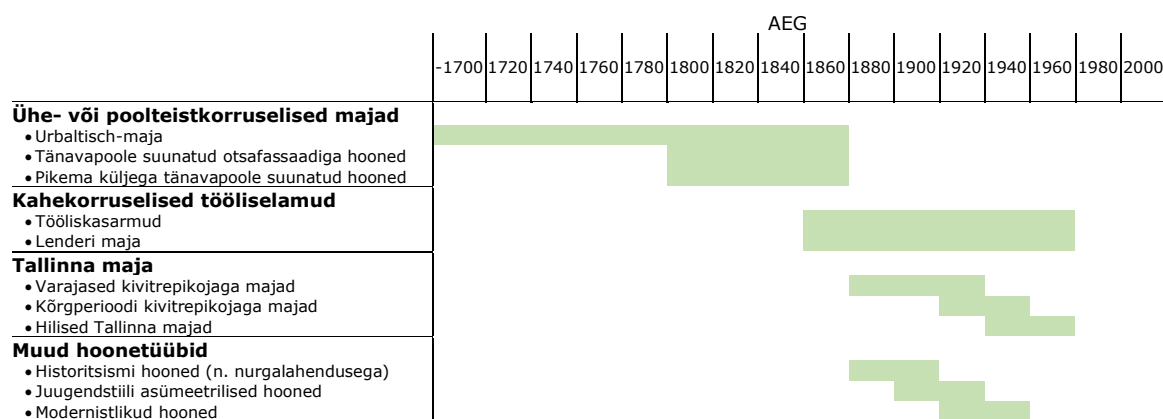
Kirjanduse analüüs käsitles renoveerimise tähtsust, andis ülevaate Eesti elamufondist ning puitkorterelamute tekkimisest Eestis ja nende tüüpilistest konstruktsioonidest.

Seoses kliimamuutustega seotud probleemidega ja Euroopa kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamise strateegiaga ning ka asjaoluga, et enamik hooneid Eestis ületavad juba oma eluea kestust, teoorias 50-70 aastat, peaks hoone renoveerimise tempo kasvama ja muutuma tõhusamaks.

Renoveerimiskava loomise lihtsustamiseks on üks kasulik viis tüpologia koostamine ja kasutamine. Varasemas lõputöös on juba loodud selline tüpologia tehiskivi korterelamutele. Käesolev uurimistöö keskendub Eesti puitkorterelamutele. Paremate tulemuste saamiseks tuleb hooneid liigitada, mistõttu kirjanduse analüüsi alusel jagati hooned kindlatesse rühmadesse.

Kirjanduse abil koostati Tabel 1.2 tüüpsetest Eestis ehitatud puitkorterelamutest erinevatel aegadel. Tabelis on puitkorterelamud jagatud põhitüüpideks, millest igauhest toodi välja ka levinumad hoonetüübid. Tabelist on näha, millal mis tüüpi hooned ehitati. Majatüüpide rühmad loodi kirjandusest saadaolevatele andmete alusel, et edaspidi proovida leida seoseid ehitamise aja ja konkreetse majatüübi vahel tüpologia loomiseks. On näha, et suur puitkorterite ehitamine sai alguse just suure ülerahvastatuse ajal (19. sajandi viimastel kümnenditel), kui paljud inimesed hakkasid maapiirkondadest suurlinnadesse kolima. Linnades avati esimesed vabrikud, tööstusettevõtete kiire kasvamine tekitas vajaduse lisa tööjõu jaoks, seetõttu tekkis ka vajadus uute elamispindade järgi. Nii ehitati need maju tööliste jaoks kuni kortermajade puidust konstruktsiooniga ehitamise praktilise peatumiseni Eestis 1950. aastate keskpaigani.

**Tabel 1.2** Kirjanduse analüüsi andmetel levinud hoonetüübid aastate lõikes





Kirjanduse analüüsi andmete põhjal tehti algne jaotus puitkorterelamute nelja peamisse rühma hoone tüübi järgi tulevase tüpologia loomise eesmärgil. Puitkonstruktsiooniga korterid otsustati jagada nendesse põhigruppidesse, kuna need tüübid on kõige levinumad, need on ehitatud pika aja jooksul ja just need majatüübid on tänaseks enim säilinud, ning samuti kirjanduse analüüsis oli nende hoonete kohta kõige rohkem andmeid, mille põhjal oli võimalik koostada omaduste tabel. Nagu võib näha Tabel 1.3, peamisteks puitkorteremajade tüüpideks on need kolm põhitüüpi hooned: töölikasarmud, Lenderi maja tüüpi ja Tallinna maja tüüpi korterelamud, neljas rühm aga kogub kokku kõik ülejäänud majad, nii ühe- kui ka poolteistkorruselised ning kahekorruselised ja kolmekorruselised majad.

Nagu saab kirjanduse analüüsist näha, on Lenderi maja ja Tallinna maja tüüpi puitkorterelamud on kõige levinumad. Eestis võib kohata suurt hulka selliseid majatüüpe, millel on enam-vähem tüüpiline projekt, seega on nende majade kohta palju rohkem kättesaadavat teavet, kui teiste puitkonstruktsiooniga majatüüpide kohta. Esmapilgul on need majad omadustelt väga sarnased. Klassifitseerimise teeb siiski keeruliseks väikesed detailide erinevused ja erandid. Kui vaadata teised puitkonstruktsiooniga korterelamud, siis need erinevad üksteisest väga palju, kuna puudub konkreetne tüüpiline projekt ja need on kõik erinevad projekteerijalt projekteerijale. Seetõttu on raske konkreetset teavet leida ja puuduvad omaduste tabelis paljud andmed nende kohta.

Omadused olid valitud kättesaadavuse ja kirjandusest leidu järgi ning need pakuvad olulist teavet puudust korterelamute erinevuste kohta, et edasi oleks võimalus need hooned rühmitada tüpologia loomiseks. Teised hooneomadused on samuti olulised, kuid nende andmete puudumine või vähene kättesaadavus piiras nende kasutamist selles analüüsis.

Tabel 1.3 on võimalik näha erinevaid omadusi erinevate puumajade tüüpide kohta. On näha, et varasemad majad olid kõik rõhtpalkkonstruktsiooniga, 1920. aastate lõpus toimus puithoonete karkassi konstruktsioonis üleminek topelt püstplank seinatüübile ning 1930. aastatel konstruktsioonitüübilt on peamiselt tegemist sõrestikhoonetega, mida toona nimetati tädisseintega elamuteks. Samuti saab märgata, et enamikul puitkorterelamutel on üks trepikoda, harvem esinevad majad kahe trepikojaga. Kaks trepikoda leidub rohkem vanemates puitkonstruktsiooniga majades, kui tehti muudatusi tuleohutuse eeskirjades ja puudust majadel oli kohustuslik omada kaks trepikoda. Kuid edasise arengu käigus leiutati lisapinda saamiseks alternatiiv kahele puudust trepikodale ning majadel hakati ehitama ühe kivitrepikoja.

Enamikul vanadel puitkorterelamutel kasutati rõhtpalkkonstruktsioone ning puitsõrestikkonstruktsioone. Palkide vahel võivad tekkida praod või lüngad, mis võivad mõjutada hoone soojapidavust. Sõrestikkonstruktsioonid võivad olla tavaliselt parema õhutihedusega ja seega energiatõhusamad. Palkkonstruktsioonidel võib olla veidi suurem soojusjuhtivus võrreldes sõrestikkonstruktsioonidega, kuna palkide vahel olev õhk võib pakkuda vähem isolatsiooni kui tihedamalt kokkupressitud soojustusmaterjal, mis on tüüpiline sõrestikkonstruktsioonide puhul. Nende konstruktsioonide soojusjuhtivus seinapaksusega 15 cm on vastavalt 0,68 W/(m<sup>2</sup>K) ja 0,63 W/(m<sup>2</sup>K). Erinevus nende konstruktsioonide vahel ei ole suur, vaid ca 8%. Seega ei ole soojuslähivuse erinevuse mõju energiatõhususele väga suur. Seetõttu ei ole välisseina konstruktsioon puitkorterelamutel nii võrd oluline näitaja kui kivikonstruktsiooniga hoonetel.

**Tabel 1.3 järg 1** Puitkorterelamute jagumine ja omadused kirjanduse andmete põhjal

Omadused	1	2	4
	Tööliskasarmud	Lenderi maja	Muud hoonetüübid
Kasutuselevõtu aastad	19. - 20. sajand	19. - 20. sajand	17. - 19. sajand
Maapealsete korruste arv	2	2	1-3
Trepikodade arv	1-2	1-2	1
Katuse tüüp	kahepoolne viilkatus	madalaladeline viilkatus	pool- või murdkelpkatus, kahepoolne viilkatus
Sokli kõrgus	-	0,3-1m	-
Hooneosade arv korrusel	-	4-8 korterit (tuba)	-
Toa pindala	-	-	-
Välisseina liik	rõhtpalkkonstruktsioon	rõhtpalkkonstruktsioon	rõhtpalkkonstruktsioon, puitsõrestikkonstruktsioon
Välisseina viimistlus	vertikaalne laudvooder	horisontaalne laudvooder	lai vertikaalne või horisontaalne laudvooder
Välisseina soojuslähivus ilma lisasoojustuseta (15cm paksune sein)	0,68 W/(m <sup>2</sup> K)	0,68 W/(m <sup>2</sup> K)	0,63-0,68 W/(m <sup>2</sup> K)
Välisseina soojuslähivus lisasoojustusega (15cm paksune sein)	0,22 W/(m <sup>2</sup> K)	0,22 W/(m <sup>2</sup> K)	0,22 W/(m <sup>2</sup> K)

**Tabel 1.3 järg 2** Puitkorterelamute jagumine ja omadused kirjanduse andmete põhjal

Omadused	3		
	Tallinna maja		
	Varajased majad	Kõrgperioodi majad	Hilised majad
Kasutuselevõtu aastad	kuni 1918. aastani	1918-1935	peale 1935. aasta
Maapealsete korruste arv	2	2-3	2
Trepikodade arv	1	1	1
Katuse tüüp	madalaladeline kelp- või viilkatus	lisandusid mansardkatused, kõrged viilkatused ja murtud kelpkatused	
Sokli kõrgus	umbes 0,5m	keskmiselt 1,5-1,7m	keskmiselt 1,5-1,7m
Hooneosade arv korrusel	enamasti 4 kahetoalist või 2 kolmetoalist ja 2 kahetoalist korterit		
Toa pindala	12-15m <sup>2</sup>		
Välisseina liik	rõhtpalkkonstruktsioon	topelt püstplankkonstruktsioon	topelt püstplankkonstruktsioon
Välisseina viimistlus	laudis	laudis või krohv	laudis või krohv
Välisseina soojuslähivus ilma lisasoojustuseta (15cm paksune sein)	0,68 W/(m <sup>2</sup> K)	0,58 W/(m <sup>2</sup> K)	0,58 W/(m <sup>2</sup> K)
Välisseina soojuslähivus lisasoojustusega (15cm paksune sein)	0,22 W/(m <sup>2</sup> K)	0,21 W/(m <sup>2</sup> K)	0,21 W/(m <sup>2</sup> K)

## 2. MEETODID JA ANDMEALLIKAD

Järgnevalt esitatakse ülevaade lõputöös kasutatud meetoditest ja andmeallikatest tüpologia koostamiseks. Lõputöö koosneb järgmistest etappidest:

1. Lõputöö eesmärgi ja ülesannete püstitus
2. Kirjanduse analüüs ja süntees esialgse liigituse loomiseks
3. Hoonevalimi määramine, andmehõive ja kvaliteedi kontroll
4. Tüpoloogia loomine
5. Lõputöö tulemused, arutelu ja järeldused

Lõputöö kaks esimest etappi põhinesid kirjanduse ülevaatel ja teooria kogumisel. Kirjanduse ülevaade oli aluseks lõputöö eesmärgi ja ülesannete sõnastamisel. Samuti kasutati kirjanduse ülevaadet lõputöö põhieesmärgi saavutamiseks, milleks analüüsiti olemasoleva kirjanduse alusel Eesti puitkorterelamute ja nende tüüpsetest konstruktsioonide ajalugu ja ehitustehnoloogia traditsioone. Selle käigus koguti teavet erinevate puitkorterelamute tüüpide kohta, samuti nende ehituslike omaduste ja erinevuste kohta. See oli oluline samm lõputöö eesmärgi saavutamiseks, kuna see andis põhjaliku arusaama puitkorterelamute mitmekesisusest ja ajaloost ning võimaldas luua tugeva aluse järgnevateks uurimisetappideks.

Teises etapis rakendati statistilist lähenemist Eesti puitkorterelamute EHR andmete kättesaadavuse ja kvaliteedi määramiseks. See etapp oli oluline sammuks kirjanduse analüüsi alusel tuvastatud informatsiooni kinnitamiseks ning täiendavate teadmiste saamiseks puitkorterelamute kohta. Selleks koostati puitkorterelamute valim ja kõrvutati EHR-järgseid andmeid ehitusprojekti ja vaatlusandmetega. See võimaldas tõhusalt hinnata andmete usaldusväärsust ja täpsust ning tagas uurimistöö objektiivsuse ja usaldusväärsuse.

Lõputöö neljandas osas koostati tüpologia, mis põhines varasemates etappides kogutud andmetel ja analüüsil. Tüpoloogia loomisel võeti arvesse mitmeid tegureid, sealhulgas puitkorterelamute erinevaid tüüpe, ehitusperioode ja konstruktsioonilisi omadusi. Järgnevalt on detailsemalt kirjeldatud lõputöö kahe peamise etapi tegevusi ja kasutatud andmeid, et anda ülevaade töö läbiviimise protsessist ning selle tulemustest ja järeldustest.

## **2.1 Hoonevalimi määramine, andmehõive ja kvaliteedi kontroll**

Lõputöö käigus hinnati põhjalikult EHR'i andmete kättesaadavust, täielikust ja kvaliteeti. EHR'i andmete analüüs viidi läbi kahe valimi alusel:

- 1) VALIM 1: 174 puithoone väljavõtte EHR'ist töötlemata andmetega (hoonete peamine kasutusotstarve: Muu kolme või enama korteriga elamu (11222)).
- 2) VALIM 2: samad 174 puithoonet parandatud ja täiendatud andmetega (andmete täpsust kontrolliti Google tänavavaate, Maa-ameti kaldaerofotode, renoveerimise ehitusprojektide ja kohapeal vaatluse alusel).

Valimite alusel kontrolliti peamiselt andmete kättesaadavust ning õigsust ja kvaliteeti. Lisaks viidi läbi võrdlus eelneva Elisa Iliste lõputöö käigus tehtud analüüsiga, kus kasutati 2022. aasta EHR'i väljavõtet tehiskivikorterelamu kohta.

Lõputöö alguses oli tabelis rohkem hooned, kuid kasutusotstarbe ja visuaalse vaatamise Google tänavavaatluse tõttu jäeti mõned hooned kohe nimekirjast välja. Põhjused olid erinevad, näiteks, mõned hooned ei vastanud põhilisele kasutusotstarbele „Muu kolme või enama korteriga elamu (11222)”. Näiteks võisid olla üksikelamud või büroohooned. Mõned hooned osutusid kiviehitisteks, mis ei vastanud uurimise eesmärgile. Selle tulemusena jäi põhitabelisse alles 174 kortermaja, mis vastasid uurimise kriteeriumidele.

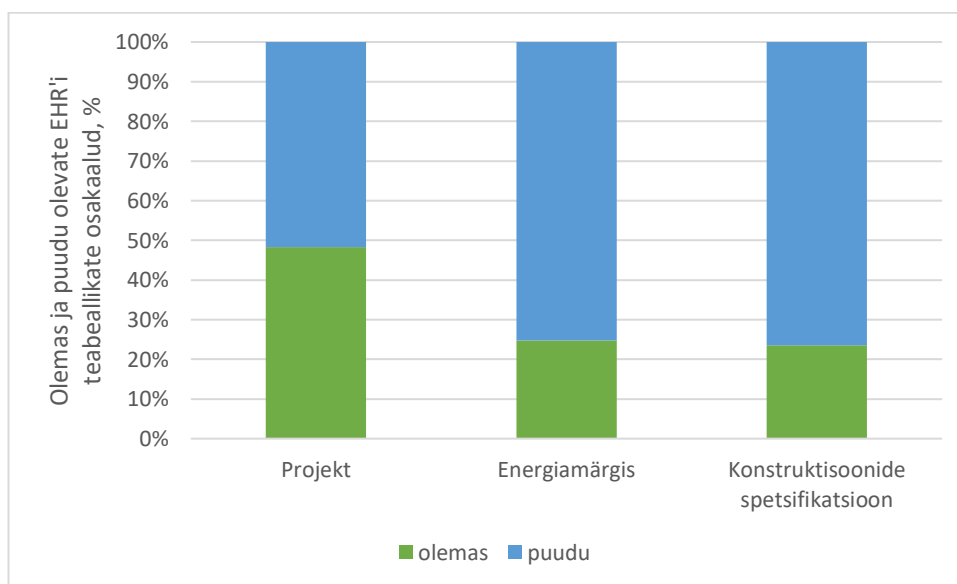
Valim 1 oli koostatud 174 hoonete alusel, mille kohta olid kõik andmed saadud ehisregistriväljavõttega. Iga hoone kohta uuriti valitud näitajaid, et teha kindlaks, kas antud näitaja on olemas või puudub. Puudevaks loeti olukord, kus vastav lahter oli tühi. Numbriliste näitajate puhul loeti puudevaks juhul, kui lahtri väärtus oli 0. Teksti sisaldavate näitajate korral loeti puudevaks ka lahtrid, mille väärtus oli „muu”, „info puudub” või „puudub”. Lisaks loeti teksti väärtus määramatuks, kui lahtris oli rohkem kui kaks erinevat väärtust, kuna suurema hulga väärtuste põhjal ei ole võimalik õiget väärtust tuvastada.

Samuti kontrolliti hoone kasutusotstarbe õigsust. Kuna lõputöö käigus luuakse korterelamute tüpologia ja kasutusotstarve on oluline näitaja, kontrolliti selle usaldusväärsust. Tüpoloogia moodustatakse eraldi korterelamutele ja eramutele, seega on vajalik usaldusväärne alus kahe kasutusotstarbe eristamiseks. Kõik valimisse kuuluvad hooned loeti eelnevalt korterelamuteks, seega kontrolliti korterite

arvu põhjal nende sobivust uurimiseks. Kui korterite arv oli väiksem kui kaks, eeldati, et hoone kasutusotstarve on vale. See lähenemine tagas uurimistöö usaldusväärsuse ning aitas kindlustada, et analüüs keskendub vaid sobivatele korterelamutele.

Selleks, et saada nende hoonete kohta võimalikult täpseid andmeid tüpoloogia loomiseks, viidi läbi andmete põhjalikum analüüs registriväljavõttest saadud andmete parandamiseks või puuduva info täiendamiseks. Selle käigus kontrolliti EHR'i parameetrid, arvutustel põhinevad energiamärgised ning projektide dokumentatsioon, kui see oli kättesaadav. Andmeid kontrolliti ja täiendati ehitisregistri kättesaadavate energiamärgise, projektide ja konstruktsioonide spetsifikatsioonide abil. Joonis 2.1 on näha, millised dokumendid olid andmete kontrollimiseks saadaval. Ligikaudu pooltel hoonetel (48 %) oli juurdepääs projektile. Vähematel hoonetel oli juurdepääs energiamärgisele (25 %) ja konstruktsiooni spetsifikatsioonile (24 %).

Projektide olemasolu võimaldab hoone kohta puuduolevaid andmeid hankimist ning põhjalikumate andmete kontrolli läbiviimist. Näiteks saab teada saada esialgsed pinnad või olemasoleva hoone korruste arvu enne renoveerimist või juurdeehitust. Kui hoonel on energiamärgis saadaval, siis on võimalik saada andmeid piirdetarindite kohta, nagu välisseinte ja akende pindalad. Samuti saab konstruktsioonide spetsifikatsioonist leida teavet tarindi soojusjuhtivuse kohta ja näha, millistest kihtidest konstruktsioon koosneb. Andmete kvaliteedi hindamiseks võrreldi esialgse ja parandatud tabeli väärtusi. Lisaks lisati igale hoonetele tabelist ka vastav hoonetüüp visuaalse vaatluse saadud tulemuste põhjal.



**Joonis 2.1** EHR'ist kättesaadavate dokumentide osakaalud

## 2.2 Tüpoloogia loomine

Lõputöö peamine eesmärk oli puitkonstruktsiooniga korterelamutele tüpoloogia koostamine. Selleks, et luua tüpoloogiat, on kõigepealt vaja mõista, miks see üldse vajalik on ja kas see on teostatav puidust korterelamute jaoks. Tüpoloogia peamine eesmärk seisnes andmepuuduste likvideerimises energiatarbimise arvutuste teostamiseks. Lisaks selle vajadus seisneb selles, et tüpoloogia abil saab renoveerimiskava koostamise protsess märkimisväärselt lihtsustada ning sellega saavutatakse hetkel vajalik renoveerimise kiiruse suurendamine, et strateegilise plaani täitmist teostada. Tüpoloogia loomine on protsess, mis võimaldab klassifitseerida ja analüüsida hooned nende omaduste järgi. Tüpoloogia loomine koosneb järgmistest etappidest:

1. Visuaalne vaatlusanalüüs ühiste aluste määramiseks
2. Tüpoloogia loomine parandatud valimi näitajate põhjal
  - a. geomeetria näitajate alusel
  - b. ehitusfüüsikaliste näitajate alusel

Esiteks viidi puitkorterelamute tüpoloogia koostamiseks läbi kvalitatiivne vaatlusanalüüs visuaalse tööruumi MIRO keskkonnas, et saada täpsemalt aru, kas ja kuidas puitkorterelamuid on võimalik jagada kategooriatesse. Hoonete kohta andmete kogumiseks kasutati Google Street View platvormi, et edaspidi kasutada neid hoonete rühmitamiseks ja saada täpsem ülevaade hoonete väljanägemisest ning asukohast. Alguses otsustati puitmajad liigitada ainult väljanägemise järgi, et saada aru, mis tüüpi puitkorterelamud üldiselt eksisteerivad ja kui erinevad või sarnased need on. Seejärel jagati majad ka asukoha ja esmase kasutuselevõtu aasta järgi kategooriatesse, et avastada võimalikke seoseid.

Asukoha alusel jaotati korterelamud esmalt linnade järgi. Kuna Tallinnas asub suurem hulk valimi maju, otsustati hooned edasi jagada linnaosadeks, et saada üksikasjalikum ülevaade eri piirkondades asuvatest hoonetest. Ehitusaastate järgi liigitati puitkorterelamud 10-aastate intervallide kaupa, mis võimaldas näha, kuidas erinevad hooned ajas paiknesid ja millal need ehitati. Selline üksikasjalik liigitamine võimaldas paremini mõista puitkorterelamute mitmekesisust ja struktuuri ning oli aluseks tüpoloogia koostamisele.

Lisaks koguti Google Street View visuaalse analüüsi käigus andmeid akende ja välisuste arvu kohta erinevatel majade külgedel. Selle analüüsi protsess hõlmas

mitmete hoonete vaatlust, fokusseerides tähelepanu konkreetsetele välisseintele, et määrata, kui palju aknaid ja uksi nendel külgedel esineb. See tegevus oli vajalik selleks, et mõista, kui suur osa hoonete välisseinapinnast on kaetud avatäidetega, nagu aknad ja uksed, et leida fassaadi pindala ja akende pindalade suhe. Veel prooviti visuaalse jaotuse alusel määrata kindlaks välisseina konstruktsiooni tüüpi, kuid puitkorterelamutel on see keeruline, kuna majad on kaetud puitlaudisega või krohvitud. Samuti koguti visuaalse analüüsi abil andmeid katuse kujutüüpide kohta.

Visuaalse analüüsi protsessis võivad esineda mitmesugused probleemid, mis võivad analüüsi segada või raskendada. Üks selline probleem võib tekkida siis, kui hoone ei asu põhimaanteede lähedal, mistõttu ei pruugi see olla Google Street View platvormil nähtav. Sellisel juhul on vajalik kasutada alternatiivseid allikaid, näiteks Maa-ameti kaldaerofotode andmebaas, et saada ülevaade hoone välisilme kohta. Kuigi sellel võib olla ebapiisav pildi kvaliteet, mis muudab objektide tuvastamise ja eristamise keeruliseks. Sellisel juhul võivad detailid olla udused või liiga väikesed, mis takistab täpsete andmete kogumist.

Lisaks võivad probleemid tekkida ka analüüsitavate objektide osalise nähtavuse tõttu. Näiteks, kui objektid on osaliselt varjatud või blokeeritud, nagu näiteks puude, reklaamplakatite või muude takistuste taga. Teine väljakutse võib olla hoone tagakülje vaate puudumine, mis on sageli vajalik täielikuks analüüsiks. Samuti probleemiks võib olla ka see, et pole võimalik kindlaks teha, kas hoone on säilinud oma algupärasest seisukorras, või on sellel tehtud juurdeehitusi või muudatusi, nagu uute akende lisamine või vastupidi olemasolevate eemaldamine.

Tüpoloogia koostamiseks valiti näitajad, võttes aluseks EHR'i analüüsi ning 174 hoone parandatud valimit. Järgmiselt teostati geomeetrilisi näitajate analüüsi parandatud valimi andmete statistika alusel. Selleks jagati hooned tüüpide järgi ning leiti näitajate keskmised väärtused. Olemasolevatest hoonete projektidest saadi ka täiendavaid andmeid, nagu korruse kõrgus, sokli kõrgus ja räästa väljaulatus. Kui projektid sisaldasid konstruktsioonide spetsifikatsioone, siis nende abil oli võimalik määrata välisseina konstruktsiooni tüübi ja teada saada ka soojusjuhtivuse väärtuse kohta. Geomeetrilised näitajad nagu hoonete pikkused ja laiused olid saadud 3D digikaksikust.

Üheks probleemiks võiks olla see, et projekt võiks olla juba muudetud hoone jaoks, kuna EHR andmebaasis pole esmast projekti. See tähendab, et andmebaasis ei ole saadaval hoone algseid tehnilisi jooniseid ega dokumentatsiooni, mis näitaks hoone esialgset seisu ja struktuurilisi omadusi enne ümberehitusi või renoveerimist.

## **3. TULEMUSED**

### **3.1 EHR sisendandmete kättesaadavus, terviklikus ja kvaliteet**

Lõputöö käigus tehti põhjalik uurimus EHR'i andmete kättesaadavusest, täielikkusest ja kvaliteedist. Selleks kasutati kahte erinevat valimit, mille eesmärgiks oli saada ülevaade sisendandmete kvaliteedist. Andmete kvaliteedi hindamiseks viidi läbi erinevaid analüüse ja võrreldi erinevaid parameetreid ja tunnuseid, nagu hoonete tehnilisi andmeid, ehitusaegu, kasutusotstarbeid ja muid asjakohaseid näitajaid. Valimite põhjal tehtud analüüsid võimaldasid saada ülevaade sellest, kuidas erinevad hoonetüübid ja -omadused on esindatud EHR'i andmetes ning millised võivad olla piirangud või puudused, mis võivad mõjutada tüpologia koostamist ja usaldusväärsust.

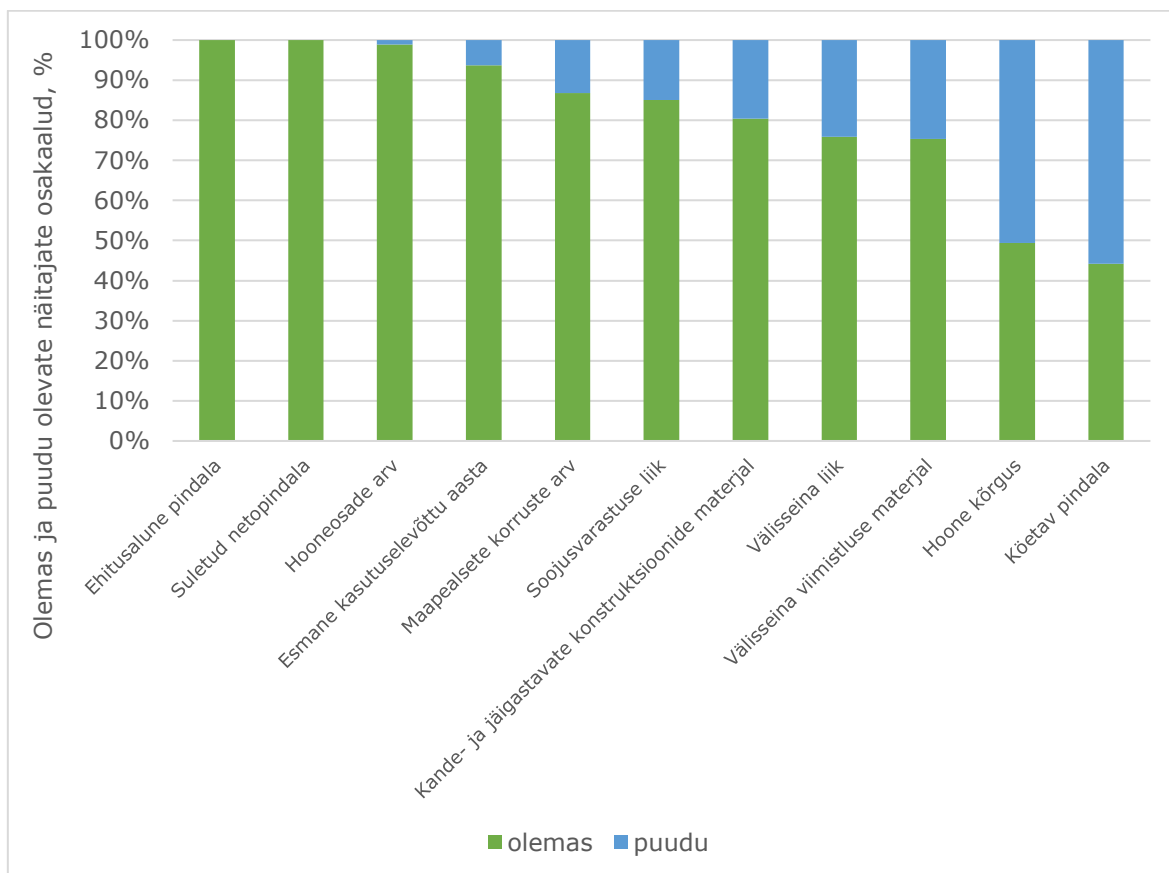
#### **3.1.1 VALIM 1: Andmete analüüs 174 korterelamute EHR'i väljavõtte põhjal**

Kõigepealt kasutati 174 hoonega parandamata EHR'i väljavõtet, et kontrollida andmete täielikkust. Andmete analüüsi tulemused on toodud Joonis 3.1. Sellest on võimalik näha, et ehitusalune pindala ja suletud netopindala andmed on täielikult kättesaadavad, ning hooneosade arv on esitatud 99 % hoonetest. Siiski selgus, et kõige vähem on kättesaadavaid andmeid EHR'i väljavõtte tulemusena on näitajal köetav pindala, mille kohta on olemas ainult 44 % andmetest. Köetav pindala on üks olulisemaid näitajaid, kuna see on energiatõhususarvutustes kasutatav parameeter. Kui köetava pinna teavet pole saadaval, siis hoone suletud netopindala on lähim näitaja, mille alusel saab köetava pinda tuletada. Seetõttu on oluline, et kõigil hoonetel oleks suletud netopindala saadaval.

Samuti selgus, et suure puuduolevate andmetega näitaja on hoone kõrgus (49 %). Hoone geomeetria puhul kõrgus on väga oluline näitaja. Kui hoonel puudub kõrguse näitaja, tähendab see, et sellel hoonel pole LOD1 mudelit. Kuid see ei pruugi olla suur probleem, sest on kasutusel ka LOD2 mudelid ning vanemate hoonete puhul on kõigil olemas LOD2 mudel. Raskusi võivad tekitada uuemate majade puhul, mis on ehitatud pärast viimast LOD2 mudeli tegemist, kuna neil puudub selle pärast mudel. Ülejäänud näitajad on rohkem kui 75 % hoonetel olemas. See näitab, et kuigi mõned olulised



andmed on kättesaadavad enamikes hoonetes, on teatud oluliste näitajate osas puudujääke, mis võivad mõjutada tüpologia koostamise täpsust ja usaldusväärsust.



**Joonis 3.1** 174 hoone parandamata valimi puudu- ja olemasolevad näitajad

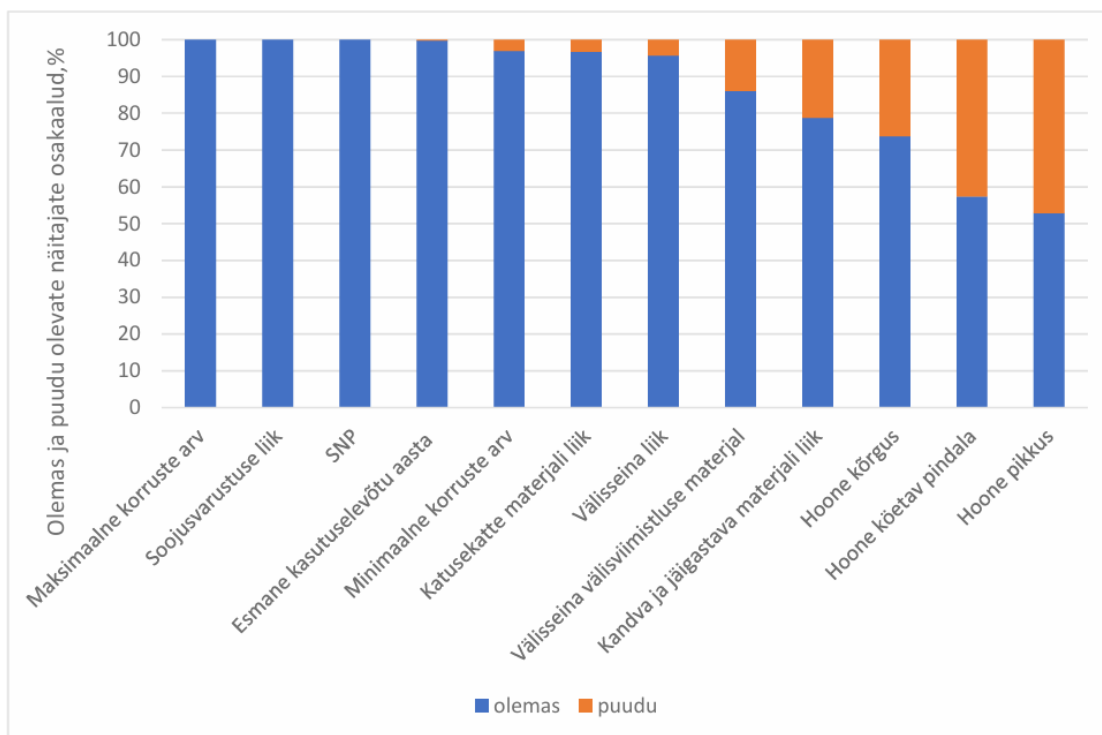
Võrreldes Elisa Iliste 2022. aasta EHR väljavõtte andmetega tehiskivi korterelamute kohta on näha, et on sarnasus EHR väljavõtte puitkorterelamute saadud andmetega. Samuti nagu kivimajadel, puitkonstruktsiooniga korteritel on suletud netopindala täielikult saadaval. See tähendab, et enamikus korterelamutes on olemas täpne teave suletud netopinna kohta.

Veel on näha, et esmase kasutuselevõtu aasta andmed on peaaegu võrdselt kättesaadavad nii 2022. aasta, kui ka 2024. aasta EHR väljavõttel, vastavalt 99% ja 94%. See näitab, et enamikul hoonetel on ehitamise aasta kohta olemas teave. Kuigi enamikul hoonetel on kasutuselevõtu aasta olemas, ei pruugi need andmed alati täpne olla. Samas seda teavet on raske kontrollida.

Siiski on nii tehiskivi korteritel kui ka puitkorterelamutel on vähesel määral saadavad köetava pindala andmeid, on olemas ainult vastavalt 57% ja 44% andmetest. See

võib viidata sellele, et köetava pinna teave ei pruugi olla täielik ja võib mõjutada energiatõhususe hindamist.

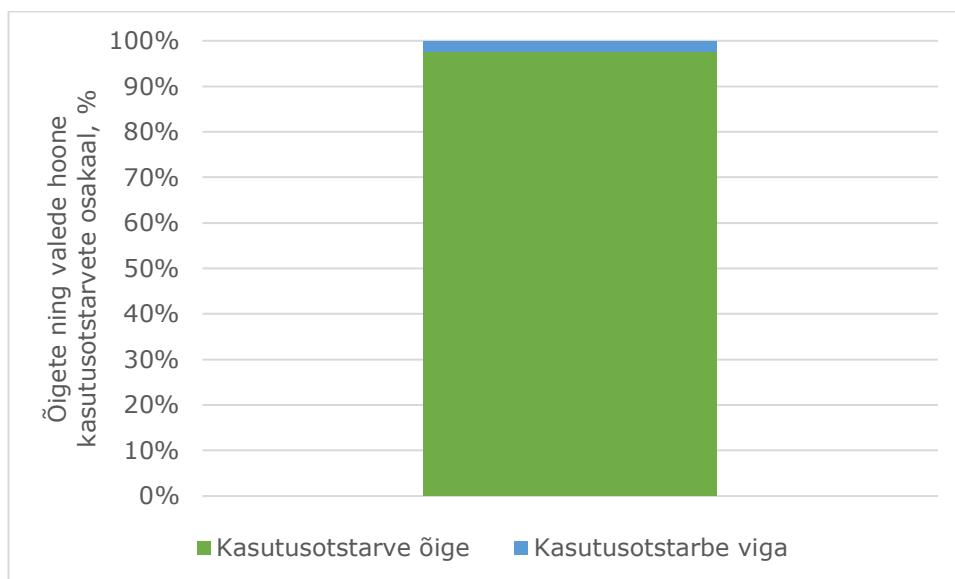
Lisaks, puitkonstruktsiooniga korterelamute väljavõtte tulemusena on näitajal hoonete kõrgus on saadavad vaid 49% andmetest, samal ajal kui tehiskivi kortermajade puhul on see aga 74%. Joonis 3.2 on näha Elisa Iliste analüüsi saadud tulemust tehiskivihoonete kohta.



**Joonis 3.2** Elisa Iliste lõputöö raames tehtud 2022 a. väljavõtte valimi puudu- ja olemasolevad näitajad [34]

Kontrolliti hooneosade arvu alusel ka kasutusotstarvet. Tulemus on toodud Joonis 3.3. EHR'i väljavõtte põhjal leiti, et kasutusotstarve on valesti määratud ainult 2 % uuritud hoonetest.

See tähendab, et enamikus hoonetest oli kasutusotstarve õigesti määratletud vastavalt EHR'i väljavõtetele. Siiski on oluline märkida, et isegi väike protsent valesti määratletud kasutusotstarvet võib mõjutada andmete täpsust ja seega ka tüpologia loomise protsessi. Sellepärast on oluline hinnata ja parandada kõiki leitud ebatäpsusi ning tagada võimalikult täpsete andmete kasutamine tüpologia koostamisel.

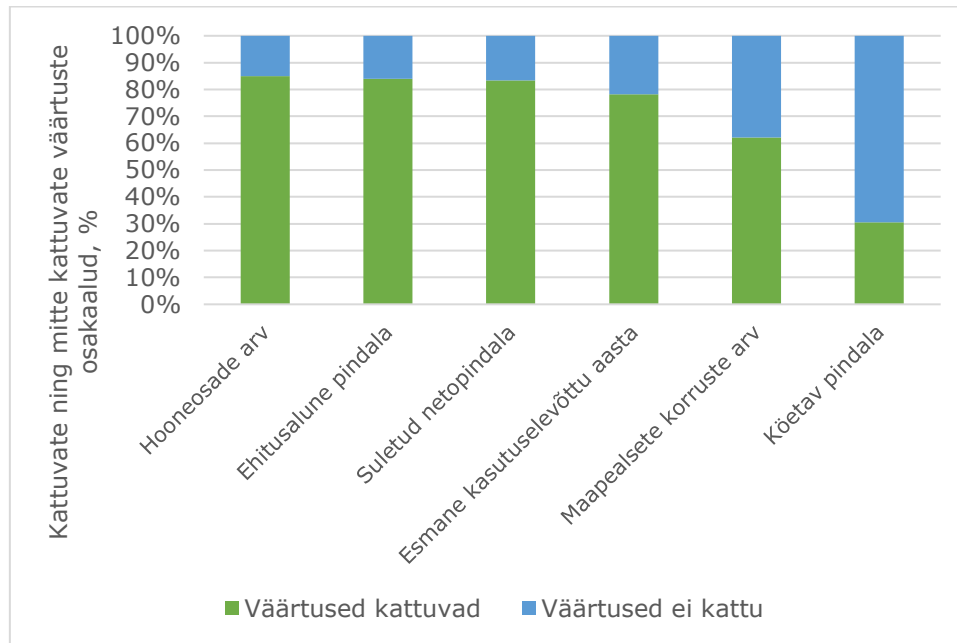


**Joonis 3.3** 174 hoonete kasutusotstarve õigsus

### **3.1.2 VALIM 2: Andmete analüüs 174 korterelamute parandatud ja täiendatud andmete põhjal**

EHR'i näitajate täpsust hinnati võrreldes esialgset väljavõtet ja 174 hoone parandatud valimi põhjal kodutud andmetega. Joonis 3.4 on esitatud kattuvate ja mitte kattuvate väärtuste osakaalud erinevate näitajate puhul.

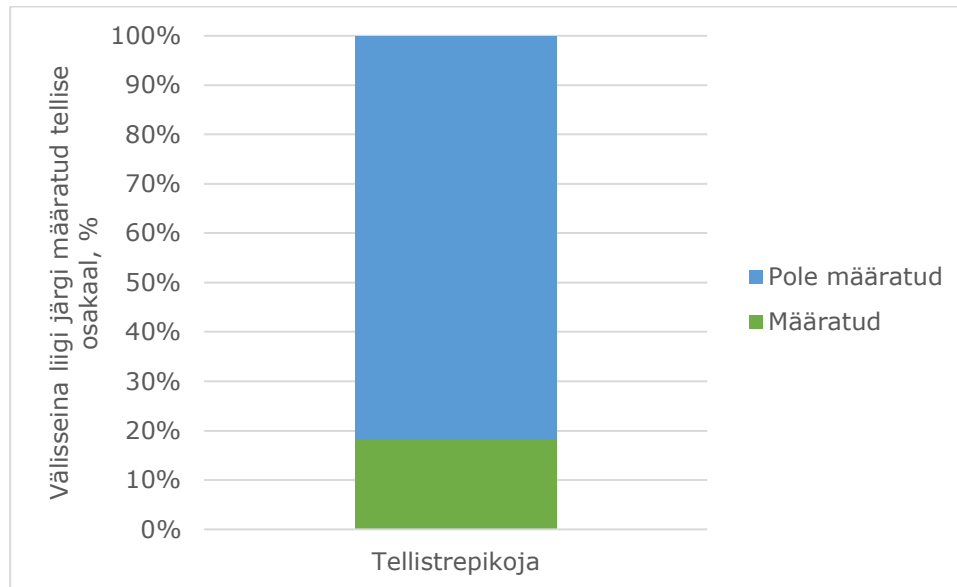
Kõige suurem hulk mitte kattuvaid väärtusi oli köetaval pinna (70 % väärtustest ei kattunud) ja maapealsete korruste arvu (38 % väärtustest ei kattunud) näitajate puhul. Samas esmase kasutuselevõttu aasta väärtused kattuvad 78 %. Teiste näitajate väärtused näitasid üle 80 % kattuvust, mis viitab sellele, et need andmed olid üsna täpsed ja kooskõlas algse väljavõttega võrreldes parandatud valimiga.



**Joonis 3.4** EHR'i algse väljavõtte ja parandatud andmetega näitajate väärtuste võrdlus

Lõputöös tehti katse määrata ka hoone tüübi saadud EHR'ist välisseina liigi järgi. Kuna Tallinna maja tüüpi korterelamutel on kivitrepikoda, seega vaadati, millises osakaalus saab seda tüüpi maja välisseina liigi põhjal kindlaks teha. Kui välisseina liigina oli mainitud tellis, siis eeldati, et tegemist võib olla Tallinna maja tüüpi hoonetega. Joonis 3.5 on esitatud tulemused, mis näitavad, et EHR'i alusel suudeti ainult 18% hoonetest tuvastada tellistrepikoja, mistõttu ei olnud võimalik Tallinna maja tüüpi hoonet välisseina liigi järgi määratleda.

See tulemus viitab sellele, et enamikul hoonetel ei olnud välisseina liigi järgi võimalik kindlaks teha nende hoone tüüpi. Selline olukord võib tuleneda mitmetest teguritest, sealhulgas ehitusmaterjalide mitmekesisusest või andmete puudulikkusest täpsusest. See meetod välisseina tüübi määramiseks pole eriti efektiivne ja võtab palju aega, et käsitsi kontrollida kõiki hooneid.

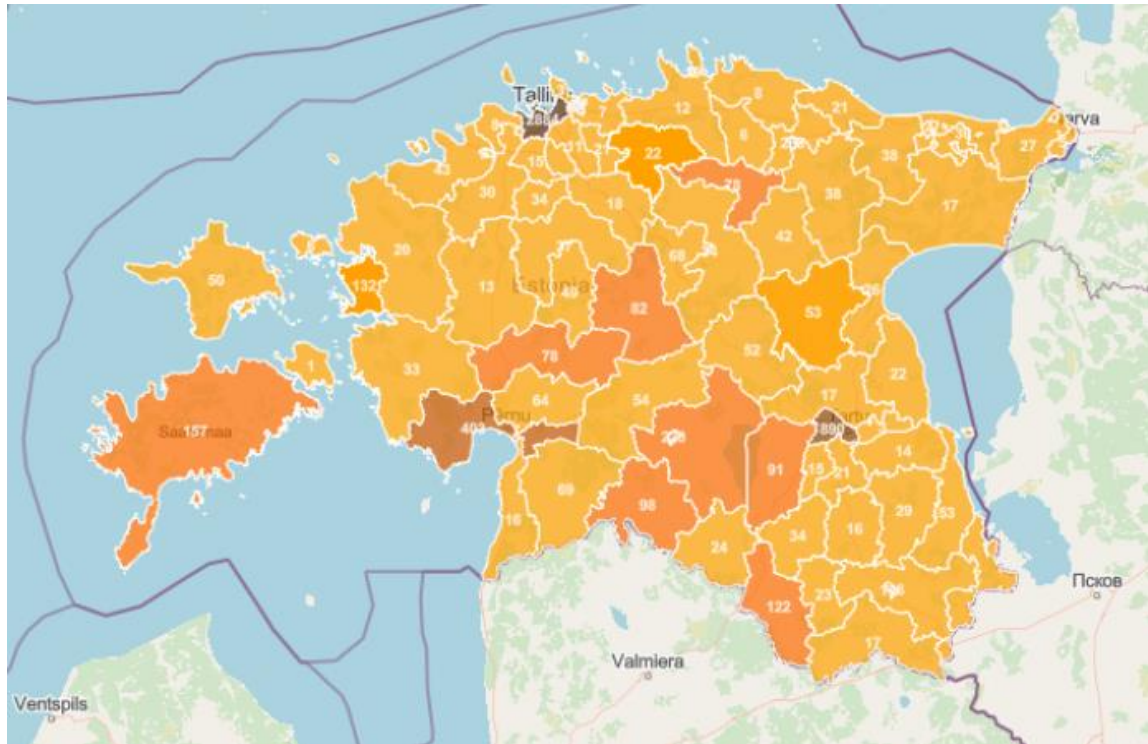


**Joonis 3.5** Tellistrepikoja määramine välisseina liigi järgi

## **3.2 Puitkorterelamute tüpoloogia loomine ja vajadus**

### **3.2.1 Tüpoloogia koostamise eeldus**

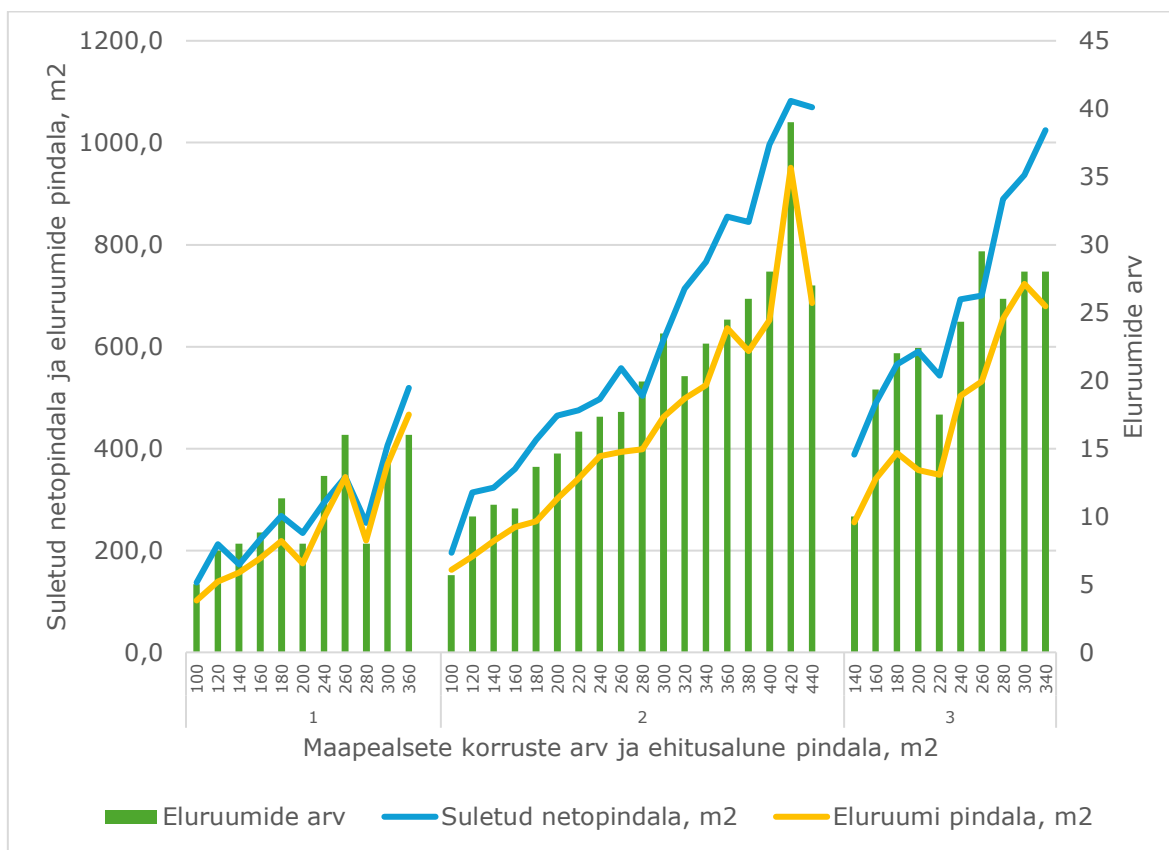
Suure tabeli alusel, milles on esitatud üle 7 tuhande puithoone, uuriti ka nende hoonete jaotamist asukoha põhjal. Joonis 3.6 on näha, et kõige rohkem puitkonstruktsioone Eestis asub Tallinnas (2884), Tartus (890) ja Pärnus (403). Teistes omavalitsustes on puitelamud jaotunud järgmiselt: Viljandi (218), Saaremaa (157), Valga (122), Mulgi (98), Elva (91), Türi (82), Tapa (78), Põhja-Pärnumaa (78).



**Joonis 3.6** Puitkorterelamute hoonete jagunemine Eestis vastavalt asukohale

Lõputöö peamine eesmärk oli luua tüpologia puitkorterelamutele, mis võimaldab määrata energiatõhususe arvutusteks vajaminevad sisendandmed. Puidust konstruktsioonidega hoonete tüpologia loomise võimalust saab näha Joonis 3.7, kus on selge, et on olemas sõltuvus suletud netopindala, eluruumide pindala, ehitusalune pindala, eluruumide arvu ja maapealsete korruste arvu vahel. Ehk puitkonstruktsiooniga korterelamute puhul eksisteerib samuti oluline standardiseeritus, mis on eelduseks, et luua tüpoloogiat. Standardiseeritusele viitab asjaolu, et korterelamute näitajate vahel eksisteerib ühe suunaline lineaarne seos, mis näitab mustrit või ühtset trendi. Sellest johtuvalt võib eeldada, et tüpologia loomisel on väärtus.

Analüüsidest graafikut, on selge, et kui ehitusalune pindala suureneb, suurenevad ka suletud netopindala ja eluruumide pindala ning samuti suureneb eluruumide arv. On näha, et nii ühe-, kahe- kui ka kolmekorruseliste puitkorteremajade näitajad kasvavad paralleelselt. Standardiseeritus viitab siin sellele, et korterelamud on projekteeritud ja ehitatud sarnaste põhimõtete järgi, mille tulemusena on saavutatud ühtlane suurenemine korterite ja hoonete üldpindalas. See muster võimaldab teha järeldusi ja prognoose hoonete kohta, aidates nii luua energiatõhususe arvutusteks vajalikku tüpoloogiat.



**Joonis 3.7** Puitkorterelamute näitajate tendents maapealsete korruste arvu ja ehitusalune pindala järgi

Samuti kasutati statistilist tööriista – korrelatsioonimaatriksi, mis kujutab korrelatsioonikordajaid erinevate muutujate paaride vahel ja annab ülevaate sellest, kui tugevad on seosed erinevate muutujate vahel ning millises suunas need seosed kulgevad (positiivne või negatiivne korrelatsioon). Maatriksi diagonaalil on tavaliselt ühikud, kuna muutuja korrelatsioon iseendaga on alati 1. Selle abil saab uurida, millised muutujad on omavahel tihedalt seotud ning millised mitte, mis võimaldab paremini mõista andmekogumi struktuuri ja seoseid.

Maatriksi tulemused on toodud Tabel 3.1. On näha, et muutujate vahel on päris tugev positiivne korrelatsioon. „Eluruumi pindala“ on tugevalt seotud „Suletud netopindala“ (korrelatsioonikordaja 0,96746682) ja „Ehitusalune pindala“ga (korrelatsioonikordaja 0,883751842), mis näitab, et hoone kogupindala ja suletud pindala on tihedalt seotud eluruumide kogupinnaga. Samuti on „Eluruumide arvu“ ja „Suletud netopindala“ vahel tugev positiivne korrelatsioon (korrelatsioonikordaja 0,942675557), mis viitab sellele, et mida suurem on hoone pindala, seda rohkem on seal ruume. Veel „Suletud pindala“ ja „Ehitusalune pindala“ vahel on tugev positiivne korrelatsioon, mis tähendab, et mida suurem on ehitusalune pindala, seda suurem on ka suletud pindala. Korrelatsioon „Maapealsete korruste arvu“ ja teiste muutujate vahel („Suletud

netopindala", „Eluruumide arv“ ja „Eluruumi pindala“) on natukene üle keskmise ja jaotub nende kolme vahel võrdselt. Tüpoloogia loomiseks kasutatakse jaotus korruste arvu järgi, kuna see aitab esialgsel jaotamisel majatüüpideks. Muutujate väärtused on esitatud värvikodeeritult, mida tumedam on roheline, seda lähemal on väärtus 1-le, seda tugevam on korrelatsioon. Muud värvi selles tabelis pole, kuna puudub negatiivne korrelatsioon.

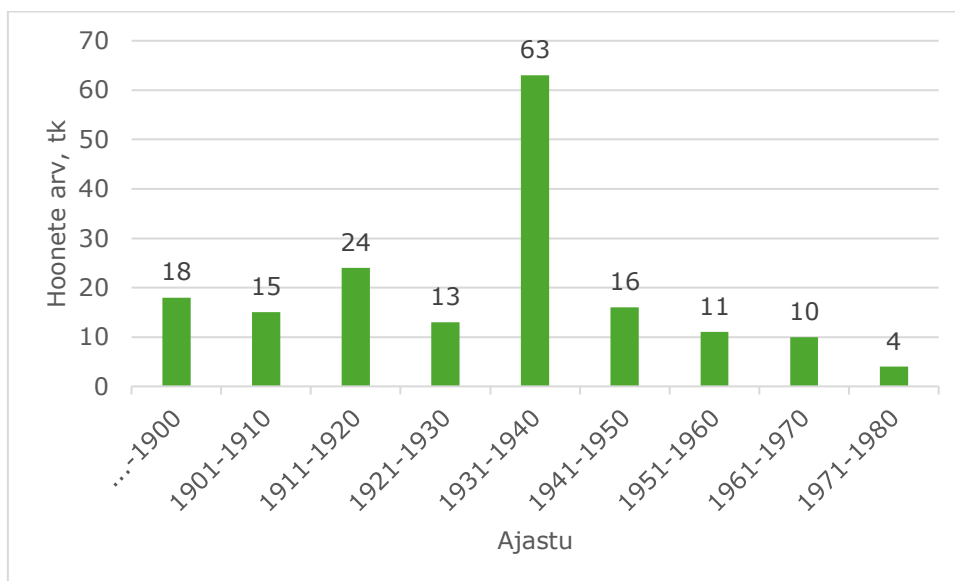
**Tabel 3.1** Korrelatsioonimaatriksi seosed erinevate muutujate vahel

	<i>Maapealsete korruste arv</i>	<i>Ehitusalune pindala n, m<sup>2</sup></i>	<i>Suletud netopindala, m<sup>2</sup></i>	<i>Eluruumide arv</i>	<i>Eluruumi pindala, m<sup>2</sup></i>
Maapealsete korruste arv	1				
Ehitusalune pindala n, m <sup>2</sup>	0,086160512	1			
Suletud netopindala, m <sup>2</sup>	0,55993182	0,826571349	1		
Eluruumide arv	0,571119229	0,775530581	0,942675557	1	
Eluruumi pindala, m <sup>2</sup>	0,440736535	0,883751842	0,96746682	0,954374945	1

### 3.2.2 Valim 2 kirjeldus ja visuaalselt koostatud tüpoloogia

Joonis 3.8 on näha 174 hoonete parandatud valimi põhjal jaotamist vastavalt nende kasutuselevõtule. Jooniselt näeb, et valim toetab kirjandusanalüüsi tulemusi. Ajavahemiku 1931-1940 hooneid on ka valimis enim. Kõige aktiivsem puitkorterelamute ehitamine toimus enne Teist maailmasõda, mis oli seotud suure rahvaarvu kasvuga suurlinnades. See periood oli tuntud aktiivse ehitustegevuse poolest ning paljud linnad kogesid kiiret urbaniseerumist ja linnastumist, mis nõudis uute elamispindade loomist. Pärast 1950. aastaid peatus praktiliselt puitkorterelamute ehitamine ja nende arv hakkas vähenema. Sellele võisid kaasa aidata erinevad tegurid, sealhulgas elamispindade nõudluse muutused, ehitusmaterjalide kättesaadavus ja vahetus ning majanduslikud muutused.





**Joonis 3.8** 174 hoonete jagunemine esmase kasutuselevõttu ajastu järgi

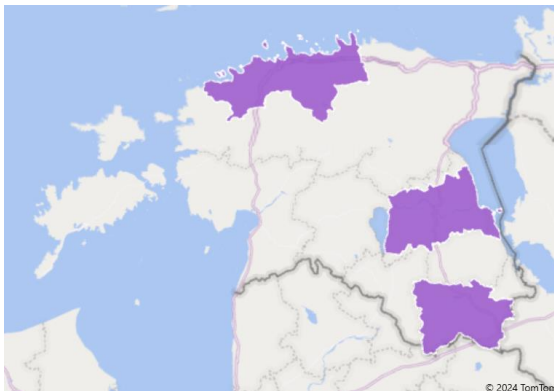
Lisaks uuriti 2. valimi puitkorterelamute paiknemist maakondade järgi, et saada ülevaade nende asukohast üle Eesti. Selgus, et hoonete jaotumine vastab ka kirjandusanalüüsis tuvastatud levikule. Hoonete asukoha levik valimi alusel on näidatud Joonis 3.9. On näha, et Tallinna maja ja Lenderi maja tüübi korterelamud asuvad peamiselt ainult Harju maakonnas, täpsemalt Tallinnas. Samuti võib märgata, et tööliskasarmud asuvad peamiselt suurlinnades, Tallinnas ja Tartus, mis ühtib kirjanduse analüüsi andmetega. Tööliselamu tekkimine toimus kõige rohkem just Tallinnas ja Tartus, kus moderniseerumine ja rahvastiku kasv olid kõige kiiremad. See näitab, et need hoonetüübid olid kõige populaarsemad suurtes linnades, kus tööstus ja linnastumine kiiresti arenesid.



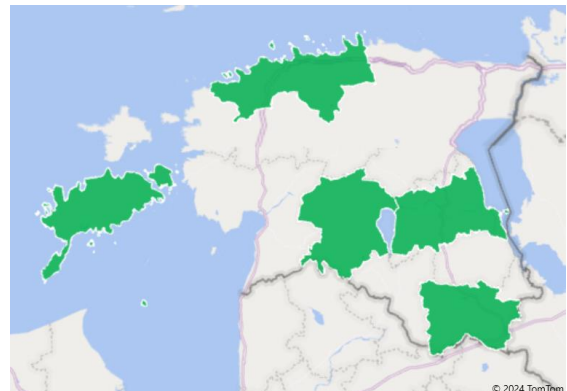
Tallinna maja tüüp



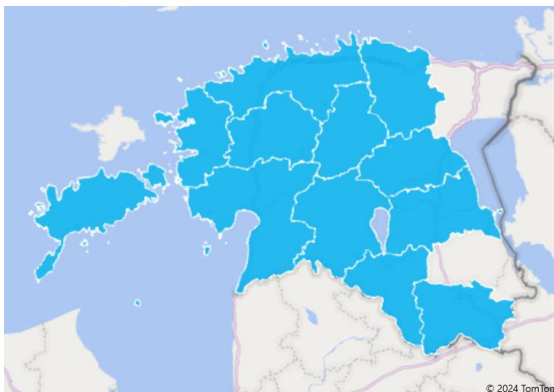
Lenderi maja tüüp



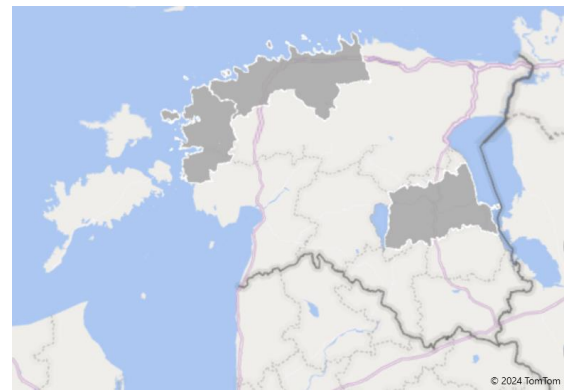
Tööliskasarmud



Kahekorruselised korterelamud



Ühekorruselised korterelamud



Muud

**Joonis 3.9** Hoonetüüpide jagunemine vastavalt asukohale

Visuaalse vaatlusanalüüsi tulemusel suudeti puitkorterelamud välimuse põhjal jagada kuueks põhigrupiks ehk hoonete seas tuvastati kuus hoonetüüpi: ühekorruselised korterelamud, kahekorruselised korterelamud, tööliskasarmud, Lenderi maja tüüp, Tallinna maja tüüp ja muud hooned. Joonis 3.10 on esitatud visuaalselt tuvastatud hoonetüübid, mis aitavad selgitada, kuidas erinevad puitkorterelamud välja näevad ja milliseid ühiseid tunnuseid neil võib olla.



Ühekorruselised korterelamud



Kahekorruselised korterelamud



Tööliskasarmud



Lenderi maja tüüp



Tallinna maja tüüp

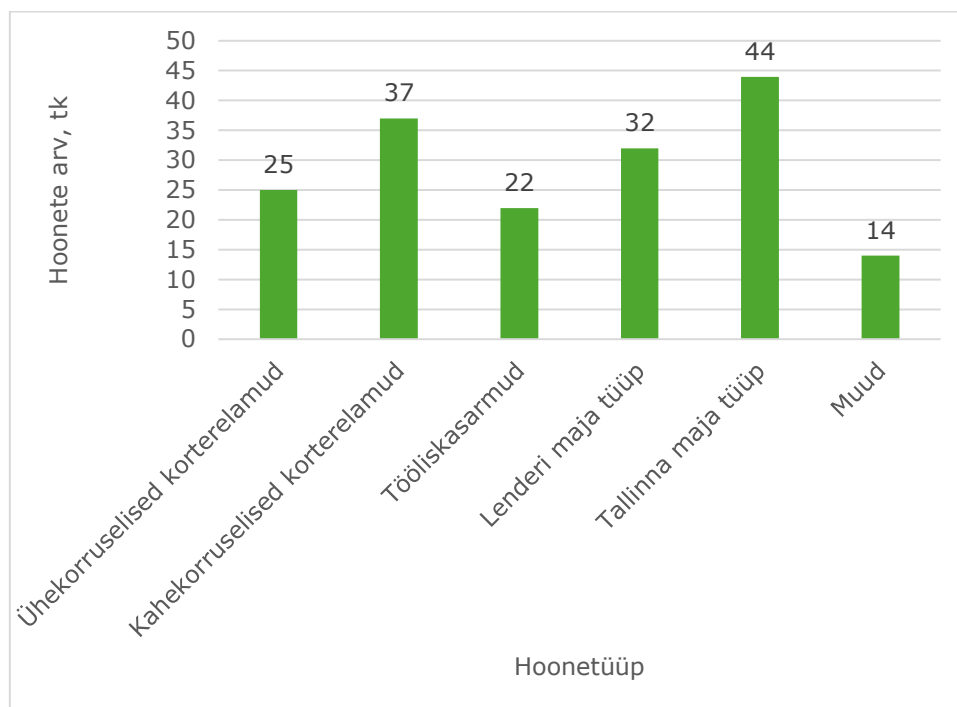


Muud

**Joonis 3.10** Visuaalselt määratud hoonetüübid

MIRO keskkonnas jagati need kuus põhirühma veelgi spetsiifilisematesse alagruppidesse, võttes arvesse rohkem arhitektuurilisi või konstruktsioonilisi omadusi. Näiteks Tallinna maja tüüpi hooned jaotati vastavalt nende ehitusperioodide ja korruste järgi. Vaatamata sellele otsustati lõputöös keskenduda just nendele kuuete peamisele hoonetübile, kuna need vastavad paremini töö spetsiifikale ning see valik lihtsustab analüüsimisprotsesse.

Kõikidele tabelis olevatele hoonetele lisati määratud hoonetüüp. Visuaalse hindamise käigus tuvastati hoonete seas kuus põhilist hoonetüüpi: ühekorruselised korterelamud, kahekorruselised korterelamud, tööliskasarmud, Lenderi maja tüüp, Tallinna maja tüüp ning kõik ülejäänud hooned määrati Muud tüüpi all. Joonis 3.11 on näha, et Tallinna maja tüübi korterelamud moodustavad veerandi kogu hoonete arvust. Järgmiseks suurimaks hoonetübiks, mis põhines 2. valimi järgi uuritud hoonete arvul, osutusid tavalised kahekorruselised korterelamud ja Lenderi tüüpi majad. See näitab, et Tallinna maja tüübi korterelamud on üks levinumaid hoonetüüpe ning kahekorruselised korterelamud ja Lenderi tüüpi majad moodustavad olulise osa uuritavast valimist.



**Joonis 3.11** 174 hoonete jagunemine hoonetüüpide järgi visuaalse hindamise käigus

### 3.2.3 Puitkorterelamute tüpologia

Hoonete andmete põhjalikumaks uurimiseks ja mingisuguse mustrite leidmiseks hoonete eristamiseks otsustati teha sarnane tabel, mis saadi kirjanduse analüüsist, ainult selle tabeli andmed saadi kasutades statistiliselt keskmistest väärtusest 2. valimi abil. 2. valimi hooned olid samuti jaotatud hoonetüüpideks esialgse visuaalse hinnangu käigus. Tulemused on esitatud Tabel 3.2. Tabelis on loetletud puitkorterelamute erinevad mõõtmed ja omadused esialgse jaotuse järgi, nagu ehitusalune pindala (m<sup>2</sup>), eluruumide arv, hoone kõrgus (m), pikkus (m), laius (m) ja teised. Iga hoone tüübi pindala kohta on toodud minimaalsed, maksimaalsed ja keskmised väärtused, mis annab võimaluse mõista iga tüübi variatiivsust ja üldisi omadusi.

Ühe olulise tähelepanekuna puitkorterelamute analüüsimisel tuleb välja, et suur osa neist on väiksekorruselised, piirdudes tavaliselt kahe või kolme korrusega. Ühekorruselised majad eristuvad selgelt, moodustades omaette kategooria. Tüpoloogilisel jaotamisel võiks seega luua kaks peamist gruppi: ühekorruselised ja mitmekorruselised majad. See lähenemine võimaldab teha selgeid eristusi, pakkudes praktilist süsteemi, mis toetab efektiivsemat hoonete klassifikatsiooni. Eriti oluline on see renoveerimisprojektide planeerimisel, kus hoone kõrgus võib mõjutada nii projekteerimisvajadusi kui ka energiatõhususe parandamise strateegiaid. Täpsem

jaotus mitmekorruseliste majade vahel võib hõlmata täiendavaid alamkategoriaid, näiteks kahe-, kolme- või enama korrusega hooned, mis võimaldab veelgi detailsemat lähenemist igale hoonele sõltuvalt nende spetsiifilistest omadustest ja vajadustest. Selline süstematiseeritud lähenemine aitab paremini mõista ja hinnata olemasolevaid hooned, mis omakorda toetab tõhusamat renoveerimisstrateegiat.

Samuti võib märgata, et hoonete kasutuselevõtu aastad toetavad suurel määral kirjandusest saadud informatsiooni, mis viitab sellele, et esialgselt ehitati vaid ühekorruselisi maju. Siis järgnesid sarnaste omadustega ehitised: kahekorruselised korterelamud, tööliskasarmud ja Lenderi tüüpi hooned, mis kõik olid ehitatud peaaegu samal ajaperioodil. Veelgi hiljem, seoses uute tuleohutusnõuete kehtestamisega, hakkasid ilmuma uued puitkonstruktsiooniga hooned, millel olid kivitrepikojad, mis on iseloomulikud Tallinna tüüpi majadele. Sellest järeldusest tuleneb, et võimalik luua süstemaatiline jaotus majadele, rühmitades need kategooriatesse nende ehitusaasta põhjal. Kuid selleks, et kinnitada konkreetset hoonetüüpi, on siiski vajalik hoone visuaalne ülevaatus.

Samuti on tabelist näha, et mitmed parameetrid ei erine märkimisväärselt. See osutab, et puitkonstruktsiooniga elamud on väga sarnased, eriti geomeetriliste näitajate osas. Seetõttu on nende hoonete omaduste põhjal tüpoloogiat koostada ja määrata keeruline. Ehk andmete ühtlane jaotus ja nende vähene varieeruvus hoonetüüpide vahel raskendab nende eristamist ja liigitamist.

**Tabel 3.2 järg 1** Puitkorterelamute omadused andmete keskmiste väärtuste põhjal

Omadused	Ühekorruselised korterelamud	Kahekorruselised korterelamud	Tööliskasarmud
Ehitusalune pindala, m2	190,0	227,2	244,3
Ehitusalune pindala MIN	93,8	95,0	127,4
Ehitusalune pindala MAX	358,0	356,4	336,0
Kasutuselevõtu aasta	1922	1932	1931
Maapealsete korruste arv	1	2	2
Hoone osade arv	5	8	8
Eluruumide arv	10	17	17
Suletud netopindala, m2	253,0	456,6	485,4
Suletud netopindala MIN	122,3	182,5	241,9
Suletud netopindala MAX	518,4	1033,3	774,6
Köetav pindala, m2	244,4	380,4	347,5
Köetav pindala MIN	101,8	96,6	96,4
Köetav pindala MAX	466,5	755,2	566,9
Eluruumide pindala, m2	212,6	350,1	356,1
Eluruumide pindala MIN	91,1	122,5	168,8
Eluruumide pindala MAX	466,5	784,8	499,1
Üldkasutatav pindala, m2	32,4	106,1	128,9
Üldkasutatav pindala MIN	10,0	6,6	23,6
Üldkasutatav pindala MAX	125,3	564,0	302,1
Korteri pindala, m2	42,5	43,8	44,5
Kõrgus, m	7,9	10,2	10,1
Pikkus, m	17,1	20,4	21,8
Laius, m	12,4	13,7	13,2
Ruumi kõrgus, m	2,6	2,8	2,7
Sokli kõrgus, m	0,5	0,7	0,6
Räästa väljaulatus, m	0,5	0,5	0,6

**Tabel 3.2 järg 2** Puitkorterelamute omadused andmete keskmiste väärtuste põhjal

Omadused	Lenderi maja tüüp	Tallinna maja tüüp	Muud
Ehitusalune pindala, m2	236,5	219,0	279,8
Ehitusalune pindala MIN	122,0	142,0	147,0
Ehitusalune pindala MAX	385,0	325,0	432,0
Kasutuselevõtu aasta	1925	1935	1926
Maapealsete korruste arv	2	2-3	2-3
Hoone osade arv	9	9	7
Eluruumide arv	16	20	19
Suletud netopindala, m2	553,2	555,1	631,9
Suletud netopindala MIN	277,4	379,5	323,2
Suletud netopindala MAX	950,1	936,7	1069,9
Köetav pindala, m2	386,3	405,6	443,3
Köetav pindala MIN	173,0	71,8	223,2
Köetav pindala MAX	950,1	889,5	651,8
Eluruumide pindala, m2	353,0	387,4	446,7
Eluruumide pindala MIN	110,0	245,0	223,2
Eluruumide pindala MAX	681,7	723,1	685,5
Üldkasutatav pindala, m2	187,4	136,9	146,1
Üldkasutatav pindala MIN	34,0	12,4	53,7
Üldkasutatav pindala MAX	345,2	279,3	344,5
Korteri pindala, m2	39,2	43,0	63,8
Kõrgus, m	10,7	12,0	11,0
Pikkus, m	20,4	18,2	22,8
Laius, m	14,3	12,4	14,8
Ruumi kõrgus, m	2,7	2,7	2,7
Sokli kõrgus, m	1,4	1,4	0,7
Räästa väljaulatus, m	0,5	0,5	0,5

Seoses sellega, et puidust korterelamud on enamasti kahekorruselised ja nende omadused nagu pindalad on üsna sarnased, osutub nende jagamine täpsetesse kategooriatesse ilma visuaalse analüüsita väga keeruliseks. Hoonete põhjalik

visuaalne läbivaatus võimaldab tuvastada erinevusi nende eripärases välimuses ja unikaalsetes omadustes. Näiteks on visuaalselt võimalik lihtsasti tuvastada kivitrepikojad, mis on iseloomulikud Tallinna tüüpi majadele, või Lenderi tüüpi hoonetel kolmnurkseid frontoone, mis asetsevad maja katuseräästa kohal. Sellised visuaalselt lihtsasti märgatavad tunnused aitavad paremini määrata puidust korterelamu tüüpi. Seega on vajalik leida selline meetod, mis võimaldaks puitkorterelamuid nende väliste omaduste põhjal selgelt eristada.

### **3.3 Meetodi katsetus tüpologia tüübi määramiseks**

Kuna EHR andmebaasist saadud andmete põhjal tüpologia määramine osutus oodatust keerukamaks, tekkis vajadus otsida alternatiivne lahendus puitkorterelamute tüpologia tüübi määramiseks. Seetõttu kaaluti erinevaid võimalusi, kuidas koguda ja kasutada erinevaid andmeallikaid, mis võiksid pakkuda piisavat informatsiooni ja toetada tüpologia efektiivset väljatöötamist. Uue lähenemisviisi eesmärk oli tagada, et tüpologia oleks usaldusväärne ja praktiliselt rakendatav, võimaldades paremini mõista puitkorterelamute eripärasid ja toetada nende renoveerimistöid.

Üheks selliseks meetodiks on ukse-akna tuvastamine, millel võiks rakendada arvutinägemise tehnoloogiat. See keskendub eelkõige selliste algoritmide ja süsteemide arendamisele, mis oleksid võimelised automaatselt tuvastama ja lokaliseerima uksi ning aknaid nii fotodel kui ka videomaterjalides. Selliste süsteemide rakendusala võivad olla mitmekesised, ulatudes turvasüsteemidest kuni arhitektuurilise disaini ja automaatse projekteerimiseni. Nende tehnoloogiate laialdaselt kasutamine areneb ka näiteks linnaplaneerimises ja ehitussektoris, kus need süsteemid võiksid tulevikus aidata parandada hoonete modelleerimise ja renoveerimisprojektide tõhusust. Arvutinägemisel põhinevate ukse- ja akna tuvastamise projektide arendus on hetkel dünaamiline ja oluline protsess, kuna selle kasutamine tulevikus võib oluliselt kiirendada ja parandada automaatset hoonete välimuse järgi tüüpideks jaotamist. Kuigi süsteemide algoritmid vajavad pidevat täiustamist, et parandada tuvastusvõimekust erinevates valgusoludes ning kohaneda mitmesuguste uste ja akende disainide ja eripäradega.

Hetkel on väljatöötamisel selline algoritm, mille eesmärk oleks kasutada pildituvastust, et määrata kindlaks hoone tüüp. Kasutades YOLO objektituvastustehnoloogiat, märgistatakse aknad väärtusega null, ukсед väärtusega kaks ja uksekäepidemed väärtusega üks. Kui algoritm tuvastab ukse, jätkub protsess

akende tuvastamisega, mis asuvad selle ukse kohal. Iga tuvastatud akna keskpunktist joonistatakse vertikaalne joon ülespoole, et tuvastada võimalikud ristumised teiste akendega samal trajektoorigil. Kui avastatakse ristumised, viiakse protsess läbi uuesti, kuni ristumist enam ei esine. Sarnast meetodit rakendatakse ka akende tuvastamiseks ukse mõlemal küljel, kuid erinevusega, et selle asemel, et joonistada sirged jooned igast aknast, keskendutakse ristumiste otsimisele alates ukse ülaosast.

Iga joonega tuvastatud akende arv salvestatakse ja edastatakse abifunktsioonile, mis võrdleb seda teiste hoonete sarnaste andmetega, et määrata, milline hoone vastab kõige enam antud aknapaigutusele. Selle analüüsi põhjal tehakse kindlaks kõige tõenäolisem hoone tüüp, millele akende arv ja paigutus vastab. Seda lähenemist peetakse veel arendusjärgus olevaks ja see ei ole laialdaselt kasutusel, kuid tulevikus võib see pakkuda tõhusat viisi erinevate hoone tüüpide eristamiseks. See meetod on illustreeritud Joonis 3.12. Selleks, et hinnata selle meetodi teostatavust, viiakse läbi uurimust, mis keskendub käsitsi tuvastusmeetodi abil akende ja uste mustrite analüüsile fassaadil. Uurimuse eesmärk on selgitada välja, kas see lähenemine võimaldab efektiivselt määrata hoonete tüüpi.



**Joonis 3.12** Illustreeriv näide uste ja akende tuvastamise algoritmi tööst arvutinägemise abil. Lõputöös otsustati põhjalikumalt uurida mõningaid maju, mille kohta olid projektdokumentatsioonid EHR andmebaasis olemas. Meetodi teostatavuse kontrollimiseks otsustati kasutada Lenderi tüüpi majad, Tallinna tüüpi majad ja tööliskasarmud, kuna need on puitkorterelamutest ühed levinumad ning neil osutusid ka väga sarnased saadud omaduste väärtused, mille järgi on neid raske eri tüüpi



majadeks jagada. Selleks kasutati AutoCAD tarkvara ja saadud projektidelt hoone vaadet.

Uuringu peamine eesmärk oli mõõta ja analüüsida uste ja akende vahelisi kaugusi, mis võiksid edaspidi toetada arvutinägemise tehnoloogiaid hoone tüübi automaatseks määramiseks. Selline lähenemine võimaldab detailsemalt aru saada, kuidas hoonete füüsilised karakteristikud, nagu ukse ja akna paigutus, võivad mõjutada nende klassifitseerimist ja tuvastamist, pakkudes väärtuslikku sisendit tulevastele automatiseeritud süsteemidele, mis tuvastavad ja kategoriseerivad hoonete tüüpe visuaalsete tunnuste alusel.

Tulemustest võib näha, et nii Lenderi tüüpi majadel, Tallinna tüüpi majadel kui ka tööliskasarmutel on akende paigutus enamasti sümmeetriline, mis peegeldab nende ajastu arhitektuurilisi põhimõtteid. Veel võib näha, et hoonete ukse kõrgeim punkt on maapinnast peaaegu samal kõrgusel, mis on keskmiselt 2,5 meetrit. Samuti võib märgata, et erineva tüüpi majade esimese ja teise korruse akende vaheline kõrgus keskmiselt 3 meetrit, mis kinnitab varasematest analüüsides saadud andmeid, et puitkorterelamutel on ruumikõrgus peaaegu sama.

Hoonete akende horisontaalsed kaugused aga osutusid erinevaks: Lenderi tüüpi majade akende keskmine kaugus osutus kõige väiksemaks, mis on 2,2 meetrit; tööliskasarmutel keskmine akende kaugus tuli välja 2,8 meetrit; Tallinna tüüpi majadel akende keskmine vahekaugus osutus pikim, mis on 3,5 meetrit. Tallinna tüüpi hoonetel ja tööliskasarmutel oli akende-uste vahekaugus keskmiselt 3,4 meetrit ning Lenderi tüüpi hoonetel see tuli välja 2,7 meetrit. Tulemused on esitatud Joonis 3.13, Joonis 3.14 ja Joonis 3.15.





**Joonis 3.13** Lenderi tüüpi majade vaated koos mõõtkettidega



**Joonis 3.14** Tallinna tüüpi majade vaated koos mõõtkettidega



**Joonis 3.15** Tööliskasarmude vaated koos mõõtkettidega

Analüüsi saadud tulemuste alusel võib järeldada, et selle arvutinägemist kasutatava meetodi tulemusena on üks peamisi saadavaid andmeid akende paigutuse sümmeetria kontrollimine, mis omakorda aitab sorteerida maju sümmeetriliste ja mittesümmeetriliste akendega hoonete tüüpidesse. Lisaks võib edasiseks tüüpideks eraldamiseks kasutada ka akende vahelist kaugust, millest saame järeldada, et väikese aknavahega majadel on ka kõige väiksemad ruumid.

Kuid majade täpsemaks tüüpideks jaotamiseks ei piisa ukse-akna tuvastamise projektist algoritmi abil saadud andmetest. Et see võimalik oleks, võiks algoritmi arendada edasi nii, et selle abil saaks tuvastada mitte ainult maja ukсед ja aknad, et algoritmi abil oleks võimalik määrata ka majade eristatavaid välisilme tunnuseid. Näiteks selliseid majade eripärad nagu Lenderi tüüpi majade puhul on kolmnurk frontoon või nagu Tallinna tüüpi majadel kivist trepikojad. Selliste elementide tuvastamine ja kategoriseerimine aitaks oluliselt parandada majade tüpologia loomise protsessi. Nende majade eripära tunnuste kujud on toodud Joonis 3.16 ja Joonis 3.17.



**Joonis 3.16** Lenderi tüüpi majad eristuva tunnusega – kolmnurk frontoon



**Joonis 3.17** Tallinna tüüpi majad eristuva tunnusega – kivitrepikoda

## 4. HINNANG TULEMUSTELE

Selle lõputöö oluliseks osaks on puidust korterelamute kohta käiva kirjanduse põhjalik uurimine ja analüüs. Töö käigus keskenduti Eesti elamufondi üksikasjalikule uurimisele, et mõista puitkorterelamute arengut ja tekkimise ajalugu Eestis. Lisaks analüüsiti korterelamute iseloomulikke konstruktsioonilahendusi, uurides nende konstruktiivseis eripärasid. Sel viisil saadi ülevaade, kuidas on puit konstruktsiooniga korterid ajas muutunud ja millised konstruktsioonitehnikad on olnud levinumad eri ajastutel.

Selle põhjaliku uurimuse käigus jõuti järeldusele, et enimlevinud ja kõige paremini säilinud elamutüübid on Lenderi ja Tallinna tüüpi majad. Samuti tuli välja, et puidust korterelamute massiline ehitamine sai alguse 19. sajandi viimastel kümnenditel, kui toimus oluline demograafiline muutus: inimesed kolisid suurtesse linnadesse maapiirkondadest. Uuring näitas ka, et varasemad puitkonstruktsioonid olid enamasti rõhtpalkkonstruktsiooniga, kuid 1920. aastateks toimus areng, mille käigus hakati kasutama topelt püstplank seinakonstruktsioone. 1930. aastateks muutusid peamiseks konstruktsioonilahenduseks sõrestikkonstruktsioonid, mis võimaldasid efektiivsemat ehitamist.

See kõik rõhutab puitkonstruktsiooniga elamute sügavat tähtsust Eesti kultuuripärandis. Need majad ei ole mitte ainult elukohad, vaid sageli ka ajaloolised mälestised, mis peegeldavad mineviku ehitusviise ja inimeste elu. Nende hoonete säilitamine on oluline, et säilitada nii arhitektuuriilu kui ka ajaloolise väärtuse. Seepärast ongi nende hoonete renoveerimine väga oluline nii ajaloolise kultuurimõistmise, kui ka energiatõhususe seisukohalt.

Lõputöö käigus loodi puidust korterelamutele mõeldud tüpologia, mille eesmärgiks oli leida energiatõhususarvutusteks vajalikud sisendid. Enamik andmeid selle loomiseks saadi ehitisregistri andmebaasist. Kuigi teises lõputöös oli juba kontrollitud tehiskivi korterelamute kohta ehitisregistrist saadud andmete usaldusväärsust, otsustati siiski läbi viia analüüs ka puitkorterelamute kohta, et hinnata nende andmete täpsust ja rakendatavust energiatõhususarvutuste kontekstis.

Lõputöö raames tehtud ehitisregistri andmete põhjalik analüüs näitas, et EHR andmete kvaliteet ja kättesaadavus pole ühtlane. Enamus olulisi näitajaid nagu ehitusalune pindala, suletud netopindala ja hooneosade arv on kõrge kättesaadavusega, enam kui 90 % juhtudest ning üle 80 % nendest andmetest on

usaldusväärsed. See viitab sellele, et EHR andmebaas on usaldusväärne allikas põhinäitajate osas. Samas kriitilised näitajad nagu köetav pindala ja hoone kõrgus on vähem kättesaadavad, vastavalt 44 % ja 49 %, mis võib mõjutada nende kasutamist energiatõhususe arvutustel. Köetava pindala väärtused on samuti ebausaldusväärsed, kuna 70 % väärtustes ei kattu hiljem lõputöös kontrollitud andmetega.

Samuti EHR'i analüüsi käigus tuvastati, et registri andmebaasis tavaliselt puudub info esialgse projekti kohta, mis võib märkimisväärselt suurendada ettevalmistava töö mahtu ja keerukust, mis on vajalik hoone renoveerimiseks. Ilma algse projekti andmeteta peavad spetsialistid kasutama alternatiivseid meetodeid hoone ajaloo ja tehniliste omaduste tuvastamiseks. Näiteks tuleb kasutada vanemaid aerofotosid, ajaloolisi andmeid, hoone varasemate renoveerimiste dokumente või teostada füüsilisi uuringuid hoone konstruktsiooni kohta. See võib samuti suurendada projekti kulusid ja pikendada projekti ajakava, kuna vajalik on lisauuringute tegemine.

Puitkorterelamute andmete põhjalikust analüüsist jõuti järeldusele, et hetkel ehitisregistris saadaolevad andmed ei võimalda luua täielikku ja tervislikku tüpoloogiat. Analüüs näitas, et puidust korterelamute omadused on üsna sarnased, mis tähendab, et on keeruline eristada ja rühmitada neid maju täpselt määratletud tüüpideks. Sarnasused, nagu hoonete pindalad ja korruste arv, on enamikus puitkonstruktsiooniga korterelamutes väga sarnased. Üheks võimalikuks jaotuseks võib olla hoone maapealsete korruste arv, mis võimaldab jagada majad ühekorruselisteks ja mitmekorruselisteks. Selline jaotus võimaldab eristada vanemaid ehitisi, kuna algupärased puidust elamud olid tavaliselt ühekorruselised. Kortrerelamute edasiseks jaotamiseks on vajalik visuaalne analüüs, mis võimaldab täpsemalt eristada hooneid nende välimuse ja unikaalsete omaduste põhjal.

Võrreldes varem uuringus loodud tehiskivi korterelamute tüpoloogiat, siis on näha, et see tüpologia jaotus põhineb välisseina liigil, trepikodade arvul, korruste arvul ning esmase kasutuselevõtu aastal. Selle vastandina on puitkorterelamute analoogne jaotamine on keerukam. Puidust korterelamutel ei ole trepikodade arv määrav, sest enamuse on ühe trepikojaga, mis ei võimalda selle alusel luua tüpoloogilisi jaotusi. Seetõttu ei ole võimalik neid kriteeriume kasutades luua selgeid ja üheselt mõistetavaid tüpoloogilisi liigitusi, erinevalt tehiskivi elamutest, kus need tunnused on määrava tähtsusega ja neil on märgatav erinevus EHR andmebaasis.

Puitkorterelamute tüpologia loomisel on vajalik rakendada metodikat, mis sisaldab endas mitte ainult andmete analüüsi, vaid ka hoonete põhjalikku visuaalset uurimist. Visuaalne analüüs võimaldab tuvastada ja eristada hooneid nende väliste tunnuste

järgi. Üheks võimalikuks viisiks sellise analüüsi teostamiseks on kasutada arvutinägemise tehnoloogiaid, nagu uste ja akende automaatne ära tundmine ja klassifitseerimine piltidelt või videomaterjalidelt. Selline lähenemine võimaldaks tuvastada hoonete ukсед ja aknad, mis omakorda võimaldaks määrata kindlaks hoone tüüp.

Puitkorterelamute puhul võimaldaks arvutinägemise meetod tuvastada akende paigutuse sümmeetrilisust, kuna paljud sellised hooned on projekteeritud sümmeetrilise aknapaigutusega. Sellise lähenemise abil saaks kindlaks teha, kas aknad on fassaadil ühtlaselt jaotunud, mis on iseloomulik paljudele traditsioonilistele ehitistele. Lisaks võimaldaks see meetod mõõta akende vahelisi kaugusi, mis aitab veelgi täpsemini määratleda hoone tüüpi ja stiili.

Tulevikus on vaja seda meetodit veelgi arendada, et algoritm ei piirduks ainult uste ja akende tuvastamisega. Selle asemel võiks see algoritm ära tunda ja klassifitseerida puidust korterelamute tüüpidele iseloomulikke unikaalseid arhitektuurilisi detaile. Näiteks võiks algoritm olla võimeline tuvastama kivitrepikojad, mis on tüüpilised Tallinna tüüpi hoonetele, või kolmnurkseid frontoone, mis on iseloomulikud Lenderi tüüpi elamutele.

## KOKKUVÕTE

Kliimamuutuste tagajärjel tõuseb igal aastal soojenemise piir uutele rekordtasemetele ning see mõjutab meie planeeti ja selle ökosüsteeme üha enam. Selle mõjude vähendamiseks on vajalik, et maailm saaks kliimaneutraalseks ja suurendaks energiatõhusust. Hooned moodustavad suure osa energiatarbimisest ja kasvuhoonegaaside heidetest, seega on oluline keskenduda hoonete energiatõhususe parandamisele renoveerimise kaudu. Siiski on praegune renoveerimismaht ebapiisav eesmärkide saavutamiseks. Enamik Eesti hoonetest on juba ületanud oma projekteeritava eluea kestuse. Seega on paljudel hoonetel vajadus läbida renoveerimist, et tagada vastavus tänapäevastele energiatõhususe standarditele. Selleks, et hoonete energiatõhusust paremini hinnata ja renoveerimisplaane koostada, on loodud digitaalne tööriist, mis kogub andmeid erinevatest andmebaasidest. Siiski on vaja täiendavaid uuringuid ja andmeanalüüsi, et täpsustada hoone energiatarbimist ja lihtsustada renoveerimisprotsessi.

Kirjanduse analüüs näitas, et enimlevinud ja kõige paremini säilinud Eesti puidust korterelamute tüübid on Lenderi ja Tallinna tüüpi majad. Massiline puidust elamute ehitus algas 19. sajandi lõpus, mil toimus oluline rahvastiku liikumine maalt linna. Varasemad rõhtpalkkonstruktsioonid asendusid 1920. aastatel topelt püstplankseinaga ja 1930. aastateks muutusid valdavaks sõrestikkonstruktsioonid, mis tõhustasid ehitusprotsessi.

Andmete kogumine ja analüüsimine, sealhulgas Eesti Ehitisregistri kasutamine, on oluline samm renoveerimisstrateegiate väljatöötamisel ja rakendamisel. Lõputöö raames viidi läbi EHR andmeallika analüüs, et hinnata algandmete kvaliteeti ja terviklikkust, mis on vajalikud energiatõhususe arvutusteks ning tüpologia loomiseks. Selgus, et andmete kvaliteet ja terviklikus on ebaühtlased ning kõige usaldusväärsemad näitajad on hoone osade arv, ehitusalune pindala, suletud netopindala ja esmane kasutuselevõtu aasta.

Lõputöö peamine eesmärk on koostada Eesti puitkorterelamute tüpologia, et hõlbustada piirkondlikul ja hoonefondi tasemel energiatõhususe arvutamist. Selle saavutamiseks uuritakse mitmeid küsimusi, sealhulgas puitkonstruktsioonide ajalugu, korterelamute rühmitamist, vajalikke parameetreid tüpoloogias ning selle kasutamist renoveerimisvajaduse hindamiseks ja planeerimiseks. Tüpologia koostamisel kirjeldatakse mitmeid olulisi parameetreid, nagu hoone üldised mõõtmed ja samuti



arvestatakse hoone korruste arvu ja ruumide kõrgust, mis mõjutavad oluliselt soojuskaod.

Puitkorterelamute tüpologia koostamisel ning ehitisregistri andmebaasist saadud andmete analüüsimisel selgus, et puitkonstruktsiooniga korterelamud on enamasti kahekorruselised ja nende pindalad on omavahel väga sarnased. Selline ühtsus muudab korterelamute tüpoloogilise rühmitamise EHR andmete põhjal ilma täiendava analüüsita keesuliseks. Hoone korruste arvu põhjal saab majad jagada ühekorruselisteks ja mitmekorruselisteks, mis aitab vanemaid ehitisi eristada, kuna esimesed puidust elamud olid enamasti ühekorruselised. Täpsemaks tüpoloogiliseks jaotamiseks on vajalik visuaalne vaatlus, mis võimaldab hooneid eristada nende väliste omaduste järgi.

Üks võimalikke meetodeid, mida kasutada puitkorterelamute tüpoloogilisel jaotamisel, on uste ja akende tuvastamine arvutinägemise tehnoloogia abil. See lähenemine võimaldaks hoone rühmitamist tüüpide järgi sõltuvalt nende uste ja akende paigutusest. Sellise süsteemi edasi arendades oleks võimalik ära tunda ja eristada hoonete tüüpe nende eripära tunnuste põhjal, pakkudes võimalust jaotada majad visuaalsete omaduste järgi, mis on oluline, kui teised andmed on piiratud või mittepiisavalt eristavad.

Loodud tüpologia andmed koos täiendava visuaalanalüüsi meetodiga võimaldab saada vajalikku informatsiooni, mis tulevikus aitaks tõhusamalt automatiseerida puidust korterelamute seisukorda ja renoveerimise vajaduste hinnanguid. Samuti soodustavad need andmed renoveerimistöörde planeerimise protsessi kiirendamist ja süstematiseeritavust, võimaldades täpsemalt määrata, millised hoonetüübid vajavad uuendust või parandust.

## SUMMARY

As a result of climate change, the threshold for global warming reaches new record levels each year, increasingly affecting our planet and its ecosystems. To mitigate these effects, it is necessary for the world to become climate neutral and increase energy efficiency. Buildings constitute a large portion of energy consumption and greenhouse gas emissions, therefore it is crucial to focus on improving the energy efficiency of buildings through renovation. However, the current volume of renovations is insufficient to achieve these objectives. Most buildings in Estonia have already exceeded their designed lifespan. Thus, many buildings need to undergo renovation to meet modern energy efficiency standards. To better assess building energy efficiency and prepare renovation plans, a digital tool has been created that collects data from various databases. Additional research and data analysis are still needed to refine building energy consumption estimates and simplify the renovation process.

Literature analysis showed that the most common and best-preserved types of Estonian wooden apartment buildings are Lender and Tallinn type houses. Mass construction of wooden buildings began in the late 19th century when there was significant population movement from rural areas to cities. Earlier log constructions were replaced by double vertical plank walls in the 1920s, and by the 1930s, frame constructions became predominant, which enhanced the building process.

Data collection and analysis, including the use of the Estonian Building Register, is an important step in the development and implementation of renovation strategies. Within the framework of the thesis, an analysis of the EHR data source was conducted to assess the quality and integrity of the initial data, which are necessary for energy efficiency calculations and typology creation. It was found that the quality and completeness of the data are inconsistent, and the most reliable indicators are the number of building parts, built-up area, closed net area, and the year of first use.

The main objective of the thesis is to create a typology of Estonian wooden apartment buildings to facilitate the calculation of energy efficiency at regional and building fund levels. To achieve this, several issues are explored, including the history of wooden constructions, grouping of apartment buildings, necessary parameters in the typology, and its use in assessing and planning renovation needs. In creating the typology, several important parameters are described, such as the general dimensions of the

building, as well as considering the number of floors and the height of rooms, which significantly affect heat losses.

In the process of creating a typology of wooden apartment buildings and analyzing data from the building registry, it was found that wooden apartment buildings are mostly two-storied and their floor areas are very similar to each other. Such uniformity makes the typological grouping of apartment buildings based on EHR data challenging without additional analysis. Based on the number of floors, buildings can be categorized into single-story and multi-story, which helps to distinguish older constructions as the first wooden residences were mostly single-story. For a more precise typological division, visual observation is necessary, which allows buildings to be distinguished based on their external features.

One possible method for typological categorization of wooden apartment buildings is the detection of doors and windows using computer vision technology. This approach would allow for the grouping of buildings by type based on the arrangement of their doors and windows. Further development of such a system could enable the recognition and differentiation of building types based on their distinctive features, providing an opportunity to categorize buildings by visual characteristics, which is crucial when other data are limited or not sufficiently distinctive.

The typology data, combined with an additional visual analysis method, allows for the collection of necessary information that will help more effectively automate the assessment of the condition and renovation needs of wooden apartment buildings in the future. Additionally, these data facilitate the acceleration and systematization of the renovation planning process, enabling a more precise determination of which building types require updates or repairs.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] 'Global panel of scientists publish their latest verdict on the climate crisis and how we must respond'. Accessed: Oct. 19, 2023. [Online]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/global-panel-scientists-publish-their-latest-verdict-climate-crisis-and-how-we-must-respond-2023-03-20\\_en](https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/global-panel-scientists-publish-their-latest-verdict-climate-crisis-and-how-we-must-respond-2023-03-20_en)
- [2] 'Overwhelming support from Europeans for collective global action on climate change'. Accessed: Oct. 19, 2023. [Online]. Available: [https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/overwhelming-support-europeans-collective-global-action-climate-change-2015-11-25\\_en](https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/overwhelming-support-europeans-collective-global-action-climate-change-2015-11-25_en)
- [3] 'Surface air temperature for January 2024 | Copernicus'. Accessed: Apr. 04, 2024. [Online]. Available: <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2024>
- [4] 'Estonian low carbon strategy until 2050, officially named "General Principles of Climate Policy until 2050" – Policies', IEA. Accessed: Oct. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/policies/6409-estonian-low-carbon-strategy-until-2050-officially-named-general-principles-of-climate-policy-until-2050>
- [5] 'Renovation and decarbonisation of buildings', European Commission - European Commission. Accessed: Oct. 20, 2023. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_21\\_6683](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_6683)
- [6] 'Renoveerimislaine | Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium'. Accessed: Oct. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/elamud-ja-hooned/renoveerimislaine>
- [7] 'Kuidas viia Eestis sujuvalt läbi renoveerimislaine? | TalTech'. Accessed: Oct. 23, 2023. [Online]. Available: <https://taltech.ee/uudised/kuidas-viia-eestis-sujuvalt-labi-renoveerimislaine>
- [8] E. G. Dascalaki, K. G. Droutsas, C. A. Balaras, and S. Kontoyiannidis, 'Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock', *Energy Build.*, vol. 43, no. 12, pp. 3400–3409, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.09.002.
- [9] L. Välja and Eesti Arhitektuurimuuseum, Eds., *Tallinna puitarhitektuur: = Wooden architecture of Tallinn*. Tallinn: Eesti Arhitektuurimuuseum, 2015.
- [10] T. Kalamees et al., 'Eesti eluasemefondi puitkorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga'. 2011.
- [11] 'EU measures against climate change | News | European Parliament'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180703STO07129/eu-measures-against-climate-change>
- [12] 'Eesti programm aastateks 2022-2025'. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2022.
- [13] 'Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia'. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Juuni 2020.
- [14] 'Energy price rise since 2021'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/energy-prices-2021/>
- [15] R.-J. Korterelamud, 'LIGINULLENERGIA ELUHOONED'.
- [16] 'Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele – Riigi Teataja'. Accessed: Apr. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107102016004>

- [17] 'Digitööriistad | Kliimaministeerium'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/buildest/digitooriistad>
- [18] 'E-ehituse platvormi ja 3D kaksiku arendus. Lähteülesanne.' Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ehitusja elamuosakond, 2020.
- [19] 'Ehitisregistri põhimäärus–Riigi Teataja'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/126062015013>
- [20] Maa-amet, 'Energiatõhus renoveerimine'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Kasutajate-lood/Energiatõhus-renoveerimine-p902.html>
- [21] F. Biljecki, H. Ledoux, and J. Stoter, 'An improved LOD specification for 3D building models', *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 59, pp. 25–37, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005.
- [22] 'Targa Linna Tippkeskus alustab kahe uue pilootprojektiga | TalTech'. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://taltech.ee/uudised/targa-linna-tippkeskus-alustab-kahe-uu-pilootprojektiga>
- [23] 'Eluruumid ja eluruumidega hooned | Statistikaamet'. Accessed: Nov. 17, 2023. [Online]. Available: <https://rahvaloendus.ee/et/tulemused/eluruumid-ja-eluruumidega-hooned>
- [24] 'Ehitisregister'. Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1/infoportal/buildingdata>
- [25] P. Townsend and C. Wagner, 'Timber as a Building Material - An environmental comparison against synthetic building materials'. National Association of Forest Industries Ltd.
- [26] L. Välja, Ed., *Puit Eesti arhitektuuris =: Wood in Estonian architecture*. Tallinn: EMPL, Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit, 2016.
- [27] A. Veski, *Puitehituse käsiraamat*. Tartu Eesti Kirjastus, 1943.
- [28] 'Arhitektuur', Muhu Pärandikool. Accessed: Nov. 18, 2023. [Online]. Available: <https://parandikool.ee/pastoraat/arhitektuur>
- [29] 'Tallinna miljööalad | Tallinn'. Accessed: Mar. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.tallinn.ee/et/ehitus/tallinna-miljooalad>
- [30] Reval, A. Martin, M. Sedrik, and J. Reidla, Eds., *Lenderi maja: hoonetüübi areng ja säästev uuendamine, 2.*, Parandatud trükk. Tallinn: Tallinna Kultuuriväärtuste Amet, 2011.
- [31] M. Sepp, Ed., *Tallinna maja: hoonetüübi areng ja säästev uuendamine, 2.*, Parand. trükk. Tallinn: Tallinna Kultuuriväärtuste Amet, 2010.
- [32] T. Masso, *Vanade väikemajade tarindid*. Autor ja EHITAME kirjastus, 2022.
- [33] T. Masso, *EHITUSFÜÜSIKA ABC. Soojus, niiskus, müra*. Autor ja EHITAME kirjastus, 2012.
- [34] E. Iliste, 'Ehitisregistri admete alusel elamupiirkonna energiatõhususe hindamise alused'. 2022.