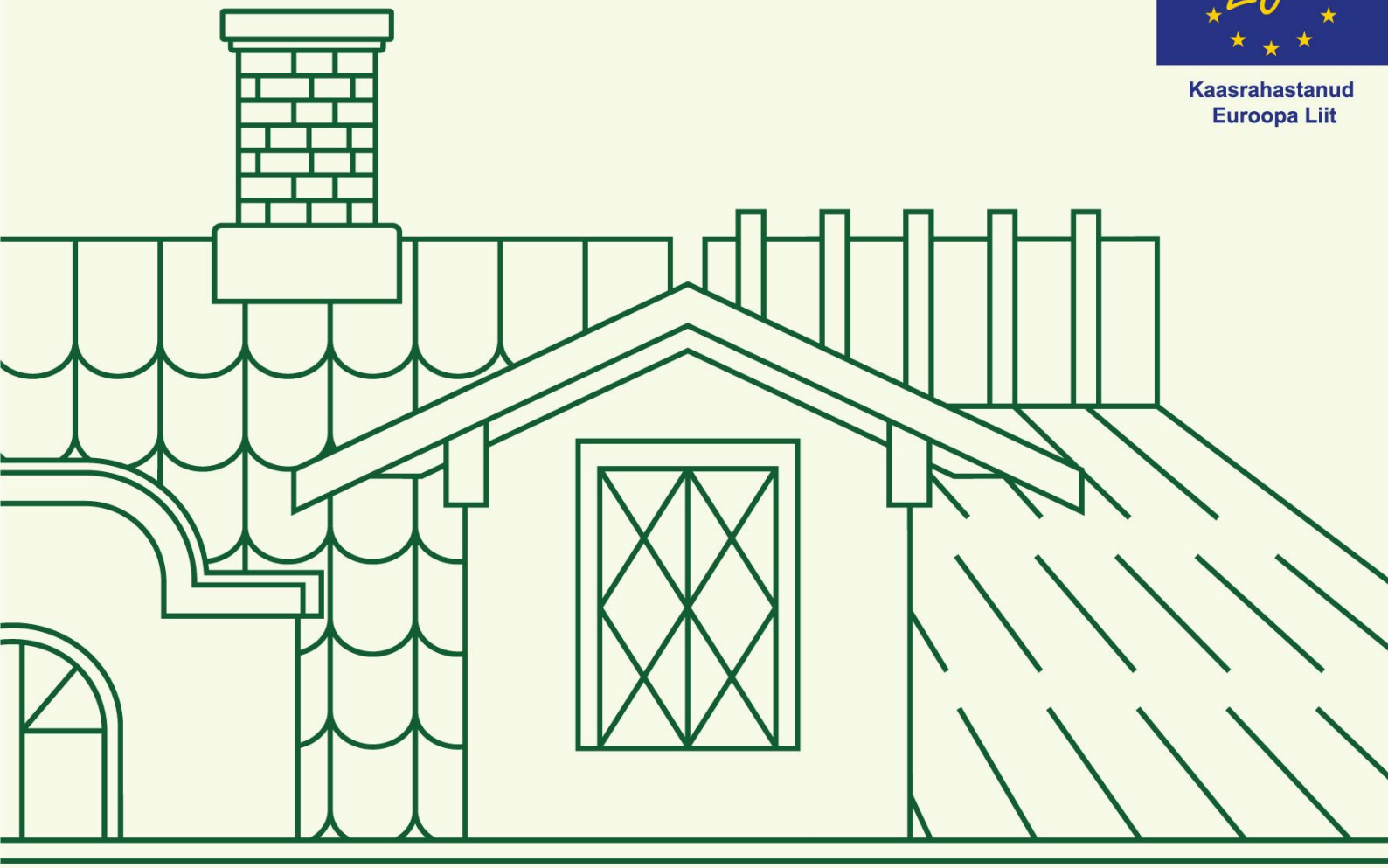
Kaasrahastanud
Euroopa Liit



Muinsuskodu renoveerimise teekond, lahendused ja kontseptsioonide valikukriteeriumid

Kateriin Ambrozevits, Üllar Alev, Endrik Arumägi, Jaanus Hallik, Laura Ingerpuu, Targo Kalamees, Kadri Kallast, Paul Klõšeiko, Katrin Koit, Toomas Kuris, Karin Mihkelsoo, Maris Mändel, Alois-Andreas Põdra

Projekti HeritageHome tegevuse T3.3
"Muinsushoonete puhtale energiale ülemineku uudsed renoveerimispaketid"
aruanne D3.3

muinsus KODU
renoveerimise teejuht

Sisukord

Sisukord 2

1 Sissejuhatus 4

2 Terminid 5

3 Muinsuskodu renoveerimise üldised põhimõtted 7

3.1.1 Hoone säilitamine 7

3.1.2 Erialane kompetents 7

3.1.3 Muinsuskodu jätkusuutlikkus 8

3.1.4 Olemasolevad piirdetarindid, tehnosüsteemid ja hoone osad 9

3.1.5 Kasutamine 9

3.1.6 Muinsuskodu kultuuriväärtuse tagamine projektijuhtimise kontekstis 9

4 Renoveerimise teekond 11

4.1 Projekti algatamine 11

4.2 Eeltööd, uuringud 12

4.2.1 Hoone üldteave 12

4.2.2 Väärtuse, säilitamisvõimaluste ja -piirangute kirjeldus 12

4.2.3 Hoone kasutamise analüüs 13

4.2.4 Hoone kandekonstruktsioonide, piirdetarindite, hoone osade ja tehnosüsteemide audit, kirjeldus ja hindamine 13

4.2.5 Sisekliima audit 14

4.2.6 Energiaaudit 14

4.2.7 Seespoolse lisasoojustuse võimalikkuse uuring 16

4.2.8 Energiatõhususe eesmärgi määramine 19

4.2.9 Vajalike tööde sisu ja ulatuse tuvastamine 19

4.3 Projektlahendi koostamine 21

4.4 Tootmine 23

4.5 Ehitamine 23

4.6 Kvaliteedikontroll, dokumenteerimine, käiku andmine 24

4.7 Haldamine ja hooldus 24

5 Renoveerimiskontseptsiooni välja töötamine, hindamine ja meetmete valik edasiseks projekteerimiseks 25

5.1 Üldised alused 25

5.2 Renoveerimismeetmete pikk nimekiri 25

5.3 Sobimatute meetmete kõrvaldamine 25

5.4 Allesjäänud meetmete (lühike nimekiri) hindamine 25

5.4.1 Meetmepakettide valimine 31

5.4.2 Eesmärkidega vastavusse viimine 31

6 Muinsuskodu puhtale energiale ülemineku uudsete renoveerimis-pakettide valiku tööriist 32

6.1 Renoveerimis-pakettide valiku tööriista alused 32
6.2 Esimene versioon 32
6.3 Teine versioon 33
6.3.1 Üldine tutvustus 33
6.3.2 Tööriista tööaknad 34
6.4 Kolmas versioon 42
7 Läbitöötatud renoveerimispakettide näiteid 43
7.1 Rõhtpalkseintega korterelamu 43
7.2 Püstplankseintega korterelamu 48
7.3 Krohvitud tellisseintega korterelamu 52
7.4 Krohvitud tellisseintega ja mansardkatusega korterelamu 56
7.5 Kergbetoonseintega korterelamu 64
7.6 Tellisfassaadiga korterelamu 69
8 Järeldused 70
9 Conclusions 71
10 Summary 72
11 Viitekirjandus 73

1 Sissejuhatus

Käesolevas aruandes kirjeldatakse muinsuskodu ehk muinsuskaitsealuse elamu ja selle abihoone renoveerimisteekonda, tehnilisi lahendusi ning renoveerimispakettide koostamise ja valiku põhimõtteid, mis põhinevad üksikute renoveerimismeetmete kombineerimisel (HeritageHome tegevus T3.2), eesmärgiga lihtsustada renoveerimisprotsessi. Aruande eesmärk on anda juhised, kuidas parandada ajalooliste hoonete energiatõhusust nii, et säiliks nende kultuuriväärtus. Juhised aitavad hoonete omanikel, ametiasutustel ja spetsialistidel leida tasakaalu energiatarbimise vähendamise, kasvuhoonegaaside heitmete vähendamise, olelusringi maksumuse ning muinsuskodu kultuuriväärtuse säilitamise vahel. Samuti selgitatakse, kuidas kavandada energiatõhususe lahendusi, arvestades kultuuriväärtuslike hoonete eripärasid. Juhis ei eelda, et kõik ajaloolised hooned vajavad energiatõhususe parandamist, vaid toetab iga juhtumi eraldi hindamist ja parima lahenduse leidmist.

Muinsuskodu renoveerimise teekonna, kontseptsioonide valikukriteeriumide ja meetmete väljatöötamisel oleme lähtunud muu hulgas standardi EVS-EN 16883 (2017) „Kultuuripärandi kaitse – ajalooliste hoonete energiatõhususe parandamise juhised“ põhimõtetest. Selle alusel on kirjeldatud renoveerimise teekond, mis toetab muinsuskodule sobivate meetmete valikut, võttes tasakaalustatult arvesse sisekliima ja energiatõhususe parandamist, hoone pikaajalist säilimist, olelusringi maksumust, keskkonnamõju ning kultuuriväärtuse säilitamist..

Kuna renoveerimismeetmete valik on mitme muutujaga ülesanne, võetakse lahenduste väljatöötamisel ja hindamisel arvesse erinevaid kriteeriume: kultuuriväärtus, tehniline sobivus, olelusringi maksumus, soojuskao muutus, sisekliima kvaliteet, heitmete teke, hoone hoone kasutamisega seotud aspektid. Arvesse võib võtta ka muid kriteeriume: hoone omaniku majanduslik suutlikkus, energiaostuvõimekus, hoone kasutusea pikendamine, turvalise elukeskkonna loomine, majanduslikult tasuv tulemus jne.

Renoveerimispaketid on koostatud põhimõttel, et nende rakendamisel on tagatud ehitisele esitatud oluliste nõuete (CPR, 2024; Ehitusseadustik, 2015) ning luuakse eeldused optimaalse sisekliima saavutamiseks. Näiteks vastab siseruumide õhuvahetus II sisekliima klassi nõuetele.

Renoveerimispakettide väljatöötamisel käsitleti hoonet terviklikuna, hõlmates peamisi hooneosi (välissein, katus, sokkel, põrand, aken), tehnosüsteeme ning taastuvenergia lahendusi.

Renoveerimismeetmete valiku toetamiseks on välja töötatud digitaalse tööriista prototüüp.

Uuringus osalesid Tallinna Tehnikaülikooli, Eesti Kunstiakadeemia ja Muinsuskaitseameti eksperdid.

2 Terminid

Termin on konkreetse eriala mõistet tähistav sõna või sõnaühend. Termin tähistab alati kindlat mõistet. Üks termin vastab ühele mõistele. Kui mõiste (kui kirjeldus) sisaldab terminile veel midagi muud, siis pole enam tegemist selle sama terminiga.

- **Konserveerimine** on tegevus, millega tõkestatakse mälestise, muinsuskaitsealal asuva ehitise või nende osade edasine hävimine, kindlustades tehniliselt selle konstruktiivseid, arhitektuurseid ja dekoratiivseid elemente säilitades eri ajastute väärtuslikud kihistused ning jättes puuduvad osad taastamata (Muinsuskaitseseadus, 2019). !!! Ei toimu restaureerimist, remontimist ega rekonstrueerimist.
- **Restaureerimine** on tegevus, millega fikseeritakse mälestise või muinsuskaitsealal asuva ehitise autentne seisund, eemaldades vajaduse korral vähem väärtuslikke ja ilmet rikkuvaid elemente ja kihistusi ning taastades puuduvaid ja kahjustunud osi teaduslikult põhjendatud kujul ja meetodil, tuginedes originaaldokumentidele ning uuringutele (Muinsuskaitseseadus, 2019). !!! Ei toimu konserveerimist, remontimist ega rekonstrueerimist.
- **Remontimine** on tegevus mälestise või muinsuskaitsealal asuva ehitise seisundi parandamiseks, millega ei muudeta mälestise või muinsuskaitsealal asuva ehitise ilmet, konstruktsioone, mahtusid ega detaile ning mille puhul kasutatakse algupäraseid materjale (Muinsuskaitseseadus, 2019). !!! Ei toimu konserveerimist, restaureerimist ega rekonstrueerimist.
- **Rekonstrueerimine** ehk ümberehitamine on ehitamine, mille käigus olemasoleva ehitise omadused muutuvad oluliselt, mille käigus: muudetakse hoone piirdekonstruktsioone; muudetakse ja asendatakse hoone kande- ja jäigastavaid konstruktsioone; paigaldatakse, muudetakse või lammutatakse tehnosüsteemi, mis muudab ehitise omadusi, sealhulgas välisilmet; muudetakse oluliselt ehitise tööparameetreid või kasutatavat tehnoloogiat; viiakse ehitis kooskõlla kasutusotstarbele vastavate nõuetega; taastatakse osaliselt või täielikult hävinud ehitis. Ümberehitamisena ei käsitleta olemasoleva ehitise üksikute osade vahetamist samaväärsete vastu (Ehitusseadustik, 2015). !!! Ei toimu konserveerimist, restaureerimist ega remontimist.
- **Renoveerimine** on korrastamine, taastamine ja uuendamine, et see oleks paremas seisukorras, mugavam, vastaks tänapäeva vajadustele või korrastatakse seda muul viisil soovitud suunas. Renoveerimine ei tähenda alati täiesti uue tegemist — sageli säilitatakse olemasolev osa ja parandatakse või korrastatakse seda. Renoveerimine on laiem mõiste, mille alla kuulub: kahjustuste likvideerimine, endise olukorra taastamine, konstruktsioonide, tarindite või ilme taastamine, täiendamine, muutmine, asendamine, uuendamine. Tulenevalt toote või tehnoloogia arengust ja uutest teadmistest võidakse kasutada uusi töövõtteid ja uusi tehnilisi lahendusi ja vältida vanu vigu. Samas võib renoveerimine muinsuskaitse kontekstis hõlmata ka rekonstrueerimise, remondi, konserveerimise ja restaureerimise töid.

Väga sageli ei ole mälestise või muinsuskaitse alal oleva hoonega tegelemise puhul tegu puhta konserveerimise, restaureerimise, remontimise või rekonstrueerimisega. Näiteks võib hoone autentse seisundi säilitamise ja taastamise käigus (restaureerimine) olla vajalik asendada vananenud elektrikaablid uutega, selle asemel, et olemasolevaid kaableid restaureerida. Seega ei ole tegemist enam restaureerimisega, vaid restaureerimisega ja rekonstrueerimisega. Samas, kui elektrikaablid või muud tehnosüsteemid asendatakse samaväärsete lahendustega, ei pruugi seda käsitada ka rekonstrueerimisena selle õiguslikus tähenduses. Kui eesmärk on parandada hoone seisukorda ilma selle ilmet, konstruktsioone, mahtusid, detaile ega materjale muutmata, on tegemist remondiga. Praktikas mõjutavad tehtavad tööd aga sageli ka hoone ilmet. Vana ja kulunud ilme uuenemine ei ole tööde remondiks kvalifitseerimise välistus. Nagu näha esineb praktikas harva olukordi, kus hoonega seotud tööd kuuluvad puhtal kujul ainult ühe tegevusliigi – konserveerimise, restaureerimise, rekonstrueerimise või remondi – alla. Nende erinevate tegevuste koosmõjul kujunevat terviklikku protsessi võib üldnimetusena käsitleda renoveerimisena.

- **Renoveerimiskava** on:
    - konkreetsele hoonele kohandatud selge tegevuskava etapiviisiliseks tervikrenoveerimiseks,

- mis aitab hoone omanikel ja renoveerimise rahastajatel kavandada parimat ajastust ja sekkumisvõimalusi.

Tavapäraselt projekteeritakse valmis renoveerimise projektlahend ja teostatakse see korraga. Kui ajaliselt, rahaliselt või muudel põhjustel pole võimalik ühe korraga hoonet renoveerida, tehakse seda etapiti. Etapiviisiline tervikrenoveerimine võib olla lahendus hajutada suurt alginvesteeringut ning võimaldada rakendada vähem häirivaid ja rahaliselt paremini kättesaadavaid meetmeid. Siiski tuleb sellist etapiviisilist tervikrenoveerimist hoolikalt kavandada, vältimaks, et varasem tegevus välistaks edasiste vajalike tööde tegemise. Ühekorraga teostatav tervikrenoveerimine on enamus juhtudel kokkuvõttes kulutõhusam ja põhjustab vähem väljakutseid kui etapiti tegutsemine.

EPBD recast (2024) tõlgib ingliskeelse termini *renovation passport* renoveerimispass'iks. See pole aga hea tõlge, kuna pass pole eesti keeles tegevuskava.

3 Muinsuskodu renoveerimise üldised põhimõtted

3.1.1 Hoone säilitamine

Kultuuriväärtuslike hoonete tervikrenoveerimise, sisekliima, energiatõhususe ja ajalise kestvuse parandamise kavandamisel lähtutakse ettevaatuspõhimõttest, mille kohaselt peavad muinsuskodule suunatud tegevused vähendama selle hävimise ohtu ja toetama väärtuste säilimist.

Iga muinsuskodu on omanäoline ja seda tuleb käsitleda kui erandjuhtumit. Liiga suur üldistamine ja lihtsustamine võib põhjustada kultuuriväärtuse kadumise. Hoone kultuuriväärtusena määratletud erinevate väärtuste (vanuseline, materjali-, kultuurilooline, arhitektuuriline, esteetiline, ansambliline, tüpoloogiline, uudsus-, Eestile olulise isikuga seotud jne) kombinatsiooni mõistmine ja hinnatavaks muutmine on oluline selle säilitamiseks. Muinsuskodu ja selle väärtuste säilitamiseks tehakse teadlikke ja kaalutletud otsuseid, lähtudes hoone väärtustest ja nende tähtsustest. Teadliku ja kaalutletud otsuse tegemiseks peavad erinevad lahendused olema võrreldavad ja/või kriteeriumite alusel mõõdetavad.

Projekteerimise eel või algetapis Muinsuskaitseameti antavad muinsuskaitse eritingimused määratlevad hoone väärtused ning säilitamist väärivad konstruktsioonid, hoone osad ja detailid. Eritingimuste andmisel kaalutakse kavandatavate muudatuste mõju hoone kultuuriväärtusele. Vajadusel tuleb läbi viia uuringud, kas enne eritingimuste andmist või projekteerimist ja neid vajadusel täiendada projekteerimise ja ehitamise ajal. Kultuuriväärtusliku hoone kõik renoveerimismeetmed peavad olema kooskõlas muinsuskaitse põhimõtetega, et kultuuriväärtuse säilimine oleks tagatud. Renoveerimismeetmed peavad tagama muinsuskodu pikaealisuse ja olema omanikule jõukohase hoolduskoormusega. Iga sekkumine ajaloolisse hoonesse peab austama selle iseloomulikke elemente, vormi, ruumijaotust ja materjalikasutust. Iga meedet, mis kahjustab neid elemente või põhjustab nende kadumist, tuleb vältida.

3.1.2 Erialane kompetents

Muinsuskodu renoveerimisprotsess on koostöine. Sõltuvalt keerukusest on vaja kaasata erinevate erialade esindajad: arhitekt, ehitusinsener, tehnosüsteemide projekteerija, ehitusfüüsika, energiatõhususe või tuleohutuse spetsialist, ehitusmaksumuse hindaja ja soovitav, et meeskonnas osaleb arhitektuuripärandi spetsialist. UNESCO maailmapärandi nimekirja kuuluvas Tallinna vanalinnas on arhitektuuripärandi spetsialisti / muinsuskaitse pädevustunnistusega valdkonna spetsialist kaasamine kohustuslik. Vastutavad ametiasutused (Muinsuskaitseamet, kohaliku omavalitsuse asjakohane osakond (näiteks Tallinna Linnaplaneerimise Ameti muinsuskaitse osakond, Tartu linna Kultuuriväärtuste teenistus jms) tuleb kaasata vastavalt riiklikele ja piirkondlikele regulatsioonidele.

Et tagada ehitise vastavus kõigile esitatud olulistele nõuetele (CPR, 2024; Ehitusseadustik, 2015) peab renoveerimiskontseptsiooni väljatöötamisel, projekteerimisel ja ehitamisel osalejatel olema põhjalikud ja piisavad teadmised, oskused ja kogemused vähemalt järgmistes valdkondades:

- Arhitektuur (arhitekt vastutab logistika, plaanilahenduse, liikuvuse, tervisekaitse, energiatõhususe, evakuatsiooni, insolatsiooni ja paljude teiste osade eest. Ka sisearhitekti abita on pea võimatu hakkama saada - keegi peab määrama, kus ja millised on san.sõlmed, köök, valgustus, pistikupesad, sisematerjalid, siseuksed jne. (Mutso, 2026));
- Muinsuskaitse (arhitektuuripärandi spetsialist, vajadusel muinsuskaitse pädevustunnistusega erineva valdkonna spetsialistid). Muinsuskaitseala või miljööala hoone korral ei ole arhitektuuripärandi spetsialisti või muinsuskaitse pädevusega spetsialisti kaasamine kohustuslik;
- Kandekonstruktsioonid (ehitusinsener (kompetents: hoone ehitusprojekti koostamine, ehitise audit, projekteerimise juhtimine)) ja piirdetarindid (ehitusinsener ja/või arhitekt);
- Tehnosüsteemid ja sisekliima tagamine (kütte-, ventilatsiooni- ja jahutuseinsener ning veevarustuse- ja kanalisatsiooniinsener);
- Energiatõhusus (energiatõhususe spetsialist, arhitekt (eramu puhul)) ja olelusringi jalajälg;

- Tugev- ja nõrkvool (elektriinsener, elektrik, päikeseelektrisüsteemide paigaldaja, automaatikainsener);
- Tuleohutus (tuleohutusspetsialist ja/või tuleohutuse ekspert kui seda vastutust ei kanna teise eriala spetsialist (näiteks arhitekt));
- Olelusringi maksumuse (alginvesteering, kasutamine, hooldamine, remont, jne) hindamine (ehitusinsener (kompetents ehitusmaksumuse hindamine), kinnisvarahaldur, kinnisvara haldusjuht, kinnisvarahooldaja);
- Ehitamine (ehitusinsener (kompetents: ehitustegevuse juhtimine), vastava töö oskustööline, ehitiste või selle osade (nt avatäited) restauraator / konservaator), remont, hooldamine, haldamine jne.

Meeskonna koosseis ja suurus sõltuvad renoveerimisprojekti keerukusest. Vähem keerukate / lihtsamate projektide ning väiksema sekkumisega meetmete puhul võib piisata väiksemast arvust spetsialistidest.

Tellija peab tagama, et kõik projekti osapooled mõistavad renoveerimise eesmärke ning teavad oma ülesandeid ja vastutusvaldkondi. Samuti peab tellija jälgima, et püstitatud eesmärgid saavad täidetud projekteerimise, ehitustoodete valmistamise, ehitamise ja järelevalve etappides. Tellija vastutab lähteülesande koostamise ja selle selge edastamise eest kõigile asjaosalistele. Sõltuvalt tellija erialastest teadmistest ja kogemustest võib olla otstarbekas delegeerida see vastutus renoveerimise valdkonnas pädevale esindajale: ehitusinsener (kompetents: ehitusjuhtimine), arhitekt, tehniline konsultant. Tehniline konsultant on spetsialist, kes omab teadmisi elamute renoveerimise tehnilistest ja korralduslikest aspektidest, tunneb asjakohast õigusruumi ning toetuste taotlemise tingimusi ja korda, omab üldisi teadmisi koduomaniku või korteriühistu tegevuspõhimõtetest ja osutab teenust sõltumatult ja isiklikult. Nõudeid tehnilisele konsultandile vt täpsemalt (MTMm nr. 81, 2021). Juhul kui koduomanik/tellija tehnilise konsultandi / projektijuhi kaasamisest loobub, tuleb tal endal täita neid ülesandeid. Sellisel juhul peab tellijal olema selleks vajalik erialane pädevus.

3.1.3 Muinsuskodu jätkusuutlikkus

Muinsuskodu renoveerimist tuleb vaadelda laiemas kontekstis, mis tagaks hoone pikaajalise säilimise, kasutamise ja säästliku haldamise:

- **Keskkondlik jätkusuutlikkus**: Hoone kogu olelusringi jooksul – alates ehitamisest kuni kasutamise, hoolduse, remondi, restaureerimise ja lammutamiseni – tuleb vähendada hoone energiavajadust ja eelistada taastuvaid ressursse ning lahendusi, mis tekitavad võimalikult vähe kasvuhoonegaaside heidet ja muid keskkonnamõjusid. Materjalide taas- ja korduskasutamine vähendab uute materjalide tootmise vajadust ja jäätmeteket. Energiatõhususe parandamine vähendab hoone kasutamisest tulenevat energiavajadust ja sellega seotud heidet. Kuna energiatõhususe meetmete mõju avaldub hoone kogu kasutusea jooksul, kaalub nende pikaajaline keskkonnakasu üles meetmete rakendamiseks vajalike materjalide kasutamisega kaasneva mõju. Näiteks annab piirdetarindite soojustamine kogu olelusringi vaates väiksema keskkonnakahju kui piirdetarindite soojustamata jätmine või üksnes materjalide taas- ja korduskasutusele tuginemine;
- **Majanduslik jätkusuutlikkus**: Renoveerimismeetmete valikul tuleb arvestada hoone kogu olelusringi kulusid, sealhulgas ehitusmaksumust, kasutus-, hooldus- ja remondikulusid. Lahendused peavad olema majanduslikult põhjendatud ning toetama muinsuskodu pikaajalist kasutamist ja säilitamist. Muinsuskodu säilimine on võimalik peamiselt tänu koduomaniku rahalisele panusele. Mida soodsamaks teha koduomanikule muinsuskodu ülalpidamine, seda paremini on võimalik kultuuripärandit pikaajaliselt säilitada.
- **Sotsiaalne jätkusuutlikkus**: Muinsuskodu peab pakkuma tervislikku, turvalist, kasutuskõlblikku ja võimalikult ligipääsetavat elukeskkonda ning toetama kohaliku kogukonna identiteeti ja elukeskkonna kvaliteeti ja olema ilus. Hoone kasutus, esteetiline väärtus ja sotsiaalne mõju peavad aitama kaasa piirkonna atraktiivsusele ja kogukonna sidususele;
- **Kultuuriline jätkusuutlikkus**: Kultuuriväärtuslikku hoonet tuleb hallata nii, et selle paigaidentiteeti hoidva olemuse ning ajastuomaseid arhitektuuri- ja ehitusvõtteid kandva ehituskehandi säilimine praegustele ja tulevastele põlvkondadele oleks tagatud. Korduvate sekkumiste vajaduse vähendamiseks peavad restaureerimis- ja renoveerimislahendused

olema tehniliselt kestlikud, hooldatavad ja pika kasutuseaga. Seejuures tuleb arvestada, et ajaloolised ehituslahendused on kujunenud oma aja teadmiste, materjalide ja kliimatingimuste põhjal ning nende tehniline toimivus ei pruugi tänapäevaste teadmiste ja muutunud kliimakoormuste tingimustes olla enam kõige kestlikum ega pikaajaliselt toimivaim. Ehituslahendused on läbi ajaloo teadmiste ja kogemuste arenedes pidevalt paranenud, täienenud ja muutunud. Ka endisaegsete töövõtete tunnused hoiavad hoone kultuuriväärtust. Mõnikord võivad endiseaegsed lahendused olla ka mitte toimivad aa lühendada hoone kestvust või halvendada koduomaniku elutingimusi. Seetõttu tuleb ka muinsuskodude renoveerimisel hinnata, millised lahendused väärivad säilitamist ning milliseid on põhjendatud täiustada või asendada tehniliselt toimivamate lahendustega, säilitades seejuures hoone kultuuriväärtuse.

Muinsuskodu säästval haldamisel tuleb arvestada kõiki nelja jätkusuutlikkuse aspekti, tagades nende vahel sobiva tasakaalu, mõistes nende vastastikust täiendamist ning ühtegi neist teisele eelistamata.

3.1.4 Olemasolevad piirdetarindid, tehnosüsteemid ja hoone osad

Enne renoveerimismeetmete kaalumist tuleb hinnata hoone piirdetarindite ja tehnosüsteemide seisukorda. Esmalt tuleb hooldada ja parandada kõik, mida on võimalik, ning asendada üksnes need osad ja süsteemid, mille parandamine ei ole tehniliselt või majanduslikult põhjendatud. Kui piirdetarindeid, tehnosüsteeme või hoone osi on vaja remontida, parandada või asendada, tuleks parandada ka nende energiatõhusust. See võimaldab energiatõhususe parandamise siduda vältimatute remondi- ja renoveerimistöödega, vältides hilisemaid eraldiseisvaid sekkumisi, vähendades seeläbi hooneomaniku kulusid. Vältimatuid remondi-, restaureerimise-, rekonstrueerimisetöid tuleb käsitleda võimalusena energiatõhususe parandamiseks. Hooldus-, remondi- ja rekonstrueerimistööde ühendamine energiatõhususe parandamisega on nii majanduslikult kui ka keskkonnahoiu seisukohalt kõige otstarbekam lahendus.

3.1.5 Kasutamine

Muinsuskodu elanikke tuleb teavitada nende endi tegutsemise ja käitumise mõjust hoone kestvusele, kultuuriväärtuse säilimisele, sisekliimale ja energiatõhususele, hoolduse vajadusele jne. Hoone energiatõhusust ja ajas vastupidavust on võimalik parandada ja hoolduse vajadust vähendada ka kasutajate teadliku käitumise kaudu, ilma hoonet ennast muutmata. Samuti sõltub renoveerimismeetmete tegelik mõju hoone kasutamisest. Kui kasutusharjumused muutuvad, ei pruugi energiatõhususe ja sisekliima parandamiseks kavandatud meetmed saavutada prognoositud tulemusi. Näiteks võib energiakasutus suureneda, kui eluruumides hoitakse kõrgemat sisetemperatuuri (näiteks eluruumides üle 22 °C) või õhutatakse kütteperioodil ruume pikemaajaliselt avatud akende kaudu. Seetõttu on hoone kasutajate teavitamine ja juhendamine renoveerimisprotsessi oluline osa.

3.1.6 Muinsuskodu kultuuriväärtuse tagamine projektijuhtimise kontekstis

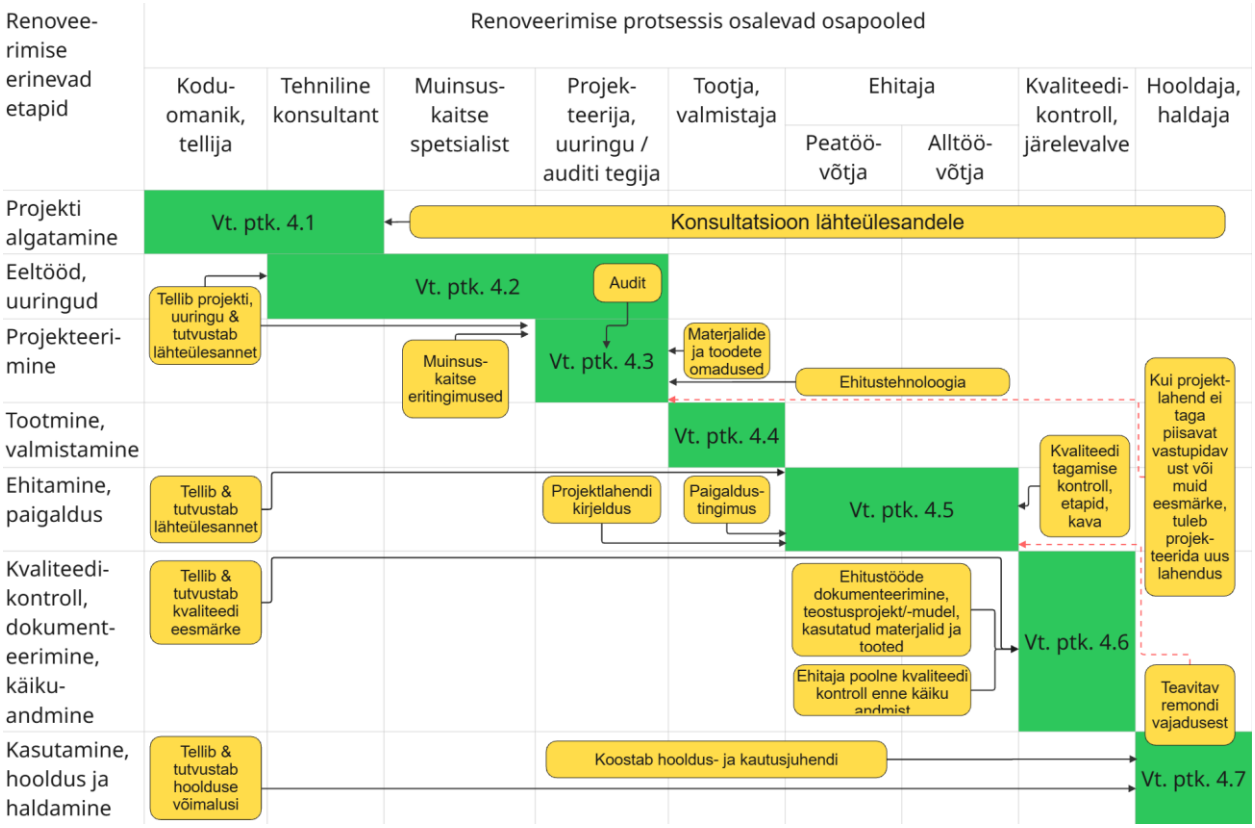
Projektijuhtimise kontekstis on oluline luua eeldused muinsuskodu kultuuriväärtuse säilimiseks kogu projekteerimise- ja ehitusprotsessi kestel. Selleks tuleb määrata kultuuriväärtuse säilimise eesmärgid, kehtestada nende täitmist võimaldavad jälgitavad mõõdikud ning hallata süsteemselt võimalikke riske. Kultuuriväärtuse säilimise tagamiseks tuleb tuvastada võimalikud peamised riskikohad ning kavandada nendele vastavad leevendusmeetmed. Levinumad riskid on ebapiisav teabevahetus projekti / protsessi osapoolte vahel, puudulik ülesannete ja vastutuse korraldus, ebasobivate materjalide või töövõtete kasutamine, töövõtjate vähene ettevalmistus ja teadlikkus kultuuriväärtuslike hoonete eripäradest, kõrvalekalded projektlahendusest, tegevusjuhiste puudumine kultuuriväärtuse säilitamise seisukohalt kriitiliste olukordade lahendamiseks ning ebapiisav või ebapädev kvaliteedikontroll ja järelevalve jne. Arhitektuuripärandi spetsialisti või muinsuskaitse pädevustunnistusega spetsialisti ülesanne on kaardistada kultuuriväärtuse säilimist ohustavad riskid, kavandada nende maandamise meetmed, teadvustada neid projekti / protsessi osapooltele ning ajakohastada riskihindamist kogu projekti / protsessi vältel.

Muinsuskodu kultuuriväärtuse säilitamiseks tuleb eeltööde ja projekteerimise etapis teha vähemalt järgmised tegevused:

- Koostöös omanikuga selgelt kaalutava ja/või mõõdetava kultuuriväärtuste säilitamise eesmärgi määramine kogu hoonele või selle üksikule hooneosale;
- Kultuuriväärtuste määratlemine ja selle säilitamise tagamiseks, omaniku soove arvestavate, piirangute ja kohustuste määramine muinsuskaitse eritingimustes (MET) ja projekteerimise ja ehitamise lähteülesandes ning tutvustada neid projekti osapooltele. Määrata projekti eesmärgid, hindamiskriteeriumid ning vahe- ja lõpphindamiste kord ning koostada kultuuriväärtuse säilitamise kava (tööplaan);
- Määrata projekteerimis-, ehitus- ja kvaliteedikontrolli meeskondades rollid ja vastutusalad, sealhulgas kultuuriväärtuse säilimise eest vastutavad esindajad projekteerija ja ehitaja poolel;
- Kaardistada koolitus- ja juhendamisvajadus ning koostada ja ajakohastada projekti kommunikatsiooniplaan (näiteks alltöövõtjate omavahelise suhtluse kord, suhtlus tellijaga, ametkondadega jms);
- Nõustada materjalide, toodete ja tehniliste lahenduste valikul ning hankimisel, et tagada nende sobivus, omavaheline ühilduvus ja vastavus kultuuriväärtuse säilitamise eesmärkidele.

4 Renoveerimise teekond

Käesolev muinsuskodu renoveerimise teekonna kirjeldus (Joonis 1) on loodud aitamaks teha igas konkreetses olukorras parim otsus. Seda kasutatakse ka muinsuskodu sisekliima ja energiatõhususe parendamise vajaduse ja sobivate renoveerimismeetmete tuvastamiseks. Renoveerimise ja selle ettevalmistamise teekond ei ole alati ühes suunas edasiminek, vaid parima ja optimaalseima tulemuse saavutamiseks võib olla vajadus tulla tagasi eelmiste etappide juurde.



Joonis 1 Muinsuskodu renoveerimise protsessi erinevates etappides osalevad osapooled. Üleval reas tegijad, vasakul tulbas tegutsemise etapid.

4.1 Projekti algatamine

Renoveerimise algatamine on kultuuriliste, sotsiaalsete, majanduslike, keskkondlike ja tehniliste andmete kogumine, analüüs ja dokumenteerimine tellija või kasutaja vajaduste ning renoveerimise eesmärkide määramiseks.

Muinsuskodu renoveerimist tuleks käsitleda terviklikult, arvestades kõiki ehitisele esitatavaid nõudeid. Näiteks, kui hoonet renoveeritakse selle halva seisukorra või kasutusotstarbe muutuse tõttu, tuleks samaaegselt teha ka sisekliima ja energiatõhususe parandused.

Muinsuskodu renoveerimise algatamine võib sisaldada järgmisi algatamise etappe:

- vajadusuuring: vajaduse väljaselgitamine ja esmase eesmärgi seadmine;
- teostatavusuuring: eesmärgi saavutatavuse hinnang ning piirangute, riskide, lahendusvõimaluste kaardistamine ja hindamine;
- projekti plaanimine: lõpliku eesmärgi seadmine, ehitisega seotuduuringute vajaduse selgitamine, kontseptuaalse lahenduse väljatöötamine, mõju- ning maksumushinnangu koostamine, andmete koondamine projekteerimise lähteülesandeks. Projekti plaanimine võib sisaldada ka eskiisprojekti koostamist.

Koostatakse vajalik projektimeeskond (vt ptk 3.1.2). Meeskonna koostöö tuleb kehtestada varajases etapis: kes mida teeb, kuidas teavet kogutakse, analüüsitakse ja esitatakse, kes vastutab hindamisprotsessi iga osa eest jne. Otsustusprotsess tuleb dokumenteerida.

Majanduslikud võimalused ja vajadused tuleb tuvastada juba varajases staadiumis. Selgitatakse välja lisakoolituse ja -juhendamise vajadus, koostatakse kommunikatsiooniplaan.

Käesolev juhis keskendub hoone renoveerimisele. Siiski tuleks arvestada ka piirkondlikku vaatenurka. Võib olla häid ühiseid lahendusi, näiteks kaugküte või taastuvenergia kollektiivne kasutamine. Võib seada energiatõhususe eesmärgi kogu piirkonnale, kus iga hoone eesmärk seatakse vastavat tema väärtusele, haavatavusele. Piirkonna kui terviku energiatõhususe eesmärk saavutatakse vastastikuse kompensatsiooni põhimõttel.

Tuleb korraldada hoone ühine kohapealne ülevaatus. Võib olla vajalik varajane koostöö tehnilise konsultandi, renoveerimise protsessis osalejatega, kohaliku omavalitsusega ja Muinsuskaitseametiga (vt ptk 3.1.2).

4.2 Eeltööd, uuringud

Hoone audit, olukorra tehniline, majanduslik ja sotsiaalne hindamine ning muinsuskaitse eritingimuste koostamine annavad vajaliku eelteabe, et teha teadlik otsus vajalike renoveerimismeetmete valikuks.

Uuring sisaldab:

- üldteave hoone kohta (vt ptk 4.2.1),
- hoone kultuuriväärtuse kirjeldust, säilitamisvõimalusi ja piiranguid (vt ptk 4.2.2),
- hoone kasutuse hindamist (vt ptk 4.2.3),
- kandekonstruktsioonide, piirdetarindite ja hooneosade seisukorra hindamist (vt ptk 4.2.4),
- energiaauditit (vt ptk 4.2.5),
- sisekliima auditit (vt ptk 4.2.5),
- vajalike tööde sisu ja ulatuse tuvastamist.

4.2.1 Hoone üldteave

Üldine hoone üldteave peab järgima vähemalt järgmist:

- Hoone tuvastamine:
  - Nimetus,
  - Aadress,
  - Ehitisregistri kood,
  - Kinnistu katastritunnus,
  - Hoone kasutusotstarve,
  - Ehitusaasta ja/või kasutuselevõtu aasta.
- Muinsuskaitse info:
  - Kultuurimälestiste registri number,
  - Mälestise tunnus, tüüp ja liik,
  - Muinsuskaitsealal paikneva hoone väärtusklass,
  - Kirjeldus.
- Õiguslik teave;
  - Kohaliku, piirkondliku või riikliku tasandi planeeringud,
  - Muud eeskirjad ja piirangu põhjused.

4.2.2 Väärtuse, säilitamisvõimaluste ja -piirangute kirjeldus

Analüüs peab hõlmama kõiki hoone konstruktsioone, tarindeid ja osi. Kirjeldatakse omaniku soove, eesmärke ja võimalusi. Kirjeldatakse kultuuriväärtuse säilimise tagamise eesmärgist tulenevaid võimalusi ja piiranguid. Tuleb käsitleda järgmisi valdkondi:

- Hoone, sh konstruktsioonide, tarindite, osade, tehnosüsteemide ajalugu ja areng, hõlmates nende algset kujundust, arengut ning hoone kasutusotstarbe muutust;
- Arheoloogiline kultuurkiht, kui see on asjakohane;
- Hoone kultuuriväärtuse kirjeldus;
- Kavandatava muutuse mõju hoone väärtustele;

- Võimalust taastada või taasavastada kadunud või peidetud elemente või suurendada nende väärtust;
- Omaniku või hoone kasutaja soovid, mis on seotud hoone renoveerimisega;
- Muinsuskaitse eritingimuste (MET) taotlemine ja väljastamine.

Analüüs ja dokumenteerimine peab olema sobiv ja võrdeline hoone, selle väärtuse ja töö eesmärgi suhtes. Kui renoveerimisega on plaanis ka energiatõhuust parandada, siis koostatakse MET välja koostöös energiaaudiitoriga, võimaldades juba MET koostamise käigus võrrelda erinevaid variante ja hinnata MET mõju hoone energiatõhususele.

Renoveerimisvariantide hindamiseks on ka muinsusväärtused kvantifitseeritud ehk mõõdetavalt väljendatud, mis aitab muuta abstraktseid või subjektiivseid nähtusi konkreetseteks andmeteks.

4.2.3 Hoone kasutamise analüüs

Hoone kasutusotstarve ja kasutuspotentsiaal on olulised lähtekohad kultuuriväärtuse säilitamisel ning sobivate renoveerimismeetmete valikul. Seetõttu tuleb kirjeldada ja hinnata:

- hoone ajaloolist kasutust;
- hoone praegust kasutust;
- kavandatud või planeeritud tulevast kasutust.

Samuti tuleb tuvastada hoone energiakasutust mõjutavad tegurid, näiteks elamistihedus (m²/inimene), kasutajate arv ja profiil ning hoone kasutusviis jms.

Hoone tulevast kasutust tuleb kriitiliselt hinnata, et teha kindlaks, kas ja kuidas saab hoonet kohandada tänapäeva ja tulevastele vajadustele, kahjustamata selle kultuuriväärtust. Kasutusotstarbe muutmine võib kaasa tuua täiendavate regulatiivsete nõuete täitmise vajaduse, mis omakorda võib eeldada ulatuslikke ümberehitusi ning mõjutada hoone kultuuriväärtuse säilimist. Sellisel juhul tuleb kaaluda, kas kavandatav kasutus ja/või selle muutus on hoonele sobiv või tuleks eelistada kasutusotstarvet, mis nõuab vähem sekkumisi ja võimaldab paremini säilitada hoone kultuuriväärtusi.

4.2.4 Hoone kandekonstruktsioonide, piirdetarindite, hoone osade ja tehnosüsteemide audit, kirjeldus ja hindamine

Hoone audit, selle seisundi kirjeldus ja hindamine koosneb järgmistest osadest:

- arhitektuuri ja konstruktsioonide kirjeldus;
- kõikide piirdetarindite seisukorra ülevaade koos lühikirjeldustega (konstruktsioonid, mõõtmed, ehitusmaterjalid, viimistlusmaterjalid ning soojuslikud (U, W/(m²·K); Ψ, W/(m²·K); χ, W/K, $f_{R_{si}}$, - jms) ja niiskuslikud omadused ja õhulekkearv (q_{E50}, m³/(m²·h), kriitiliste külmasildade esinemine; varasemad renoveerimised). Peamine fookus peaks olema nendel piirdetarinditel ja hoone osadel, mis vajavad renoveerimist ja/või millel on energiatõhususe või muude projekti eesmärkidega seotud mõju;
- kõikide tehnosüsteemide seisukorra ülevaade koos lühikirjeldustega;
- teave kohaliku keskkonna kohta: kliimatingimused ja piirkonna topograafilised tingimused; füüsiline koostoime naaberhoonetega ning muud välismõjud.

Vastavalt vajadusele tehakse kas

- tehnilise seisundi ülevaatus, mis on suunda andev hinnang hoone seisukorrast ja renoveerimisvajadusest;
- tehnilise seisundi uuring: eksperdi poolt asjakohaste meetoditega ja ulatuses uurides saadakse piisava täpsusega selgeks ehitise seisukord, lagunemismehhanismid, sobivad renoveerimismeetodid, ja –ajastus. Hinnatakse ehitise vastavust ehitisele esitatavatele olulistele nõuetele.

Hoone peab olema dokumenteeritud jooniste (plaanid, vaated, lõiked, sõlmed, tarindi tüübijoonised) ning fotode abil.

Ehitise auditi tegemise korda kirjeldavad määrus (MTMm nr. 61, 2020) ja standard EVS-EN 16096 (EVS-EN 16096, 2012).

4.2.5 Sisekliima audit

Sisekliima (siseõhu kvaliteet ja soojuslik mugavus) on enamiku hoonete puhul oluline eesmärk. Sisekliima peab sobima hoone praegusele ja tulevasele kasutusele. Halb sisekliima võib olla põhjuseks energiatõhususe parandamiseks. Sisekliima on oluline ka hoone ja selle kultuuriväärtuse säilitamiseks, sealhulgas sisustuse ja siseviimistluse kaitseks. Nõuded sisekliimale on esitatud: standardis (EVS-EN 16798-1, 2019).

Renoveerimiseelset sisekliimat tuleks dokumenteerida mõõtmiste ja kasutajauuringute abil. Nende abil on võimalik tuvastada sisekliima halvenemise põhjused ja välja töötada paranduslahendused. Et arvestada eri aastaaegade, kasutusviiside ja vajadustega, on hea teha mõõtmised vähemalt ühe aasta jooksul. Kui nii pikka mõõtmisperioodi ei ole võimalik tagada, on oluline mõõta sisekliima talvel, kuna küttekulu mõjutab hoone energiatõhusust kõige rohkem.

4.2.6 Energiaaudit

Energiaaudit baseerub hoone ülevaatusel, kogutud andmetel, varem mõõdetud tarbimisandmetel ja arvutuslikul analüüsil. Energiaauditi miinimumnõuded on kirjeldatud määruses (MTMm nr. 76, 2016) ja juhendis (Jõesaar and Hamburg, 2015).

- Esimene samm on hinnata renoveerimiseelset mõõdetud või arvutatud aastast tarnitud ja primaarenergia kogutarbimist, sealhulgas taastuvenergia kasutust, kui see on asjakohane. Kuna renoveerimislahenduste mõju hinnatakse arvutuslikult, on oluline, et arvutusmudel vastaks võimalikult hästi hoone olukorrale. Arvutusmudeli usaldusväärsuse suurendamiseks on soovitatav kasutada kalibreeritud arvutusmudelit. Selleks tehakse järgmised tegevused:
    - Kogutakse info hoone renoveerimiseelse tehnilise seisukorra kohta (vt ptk 4.2.4), tarbimisandmete (soojuse kasutus (ruumide küte, ventilatsiooniõhu soojendamine, tarbevee soojendamine), elektri kasutuse (eluruumid, üldkasutatavad ruumid, energiatõhususega mitteseotud elektrikasutus), gaasi kasutuse, sisekliima (temperatuur, õhuvahetus jne), hoone kasutusprofiili (elanike arv, kasutusaeg jne) kohta,
    - Koostatakse arvutusmudel hoone renoveerimiseelse olukorra kohta ja kalibreeritakse see mõõdetud andmetega (vt eelmine punkt),
    - Viiakse hoone standardkasutuse tingimustesse (MTMm nr. 58, 2019), mis võimaldab hinnata hoone renoveerimiseelse olukorra energiatõhusust ja tulemust klassifitseerida (MTMm nr 36, 2015);
- Teine samm on hinnata renoveerimismeetmeid:
    - Kui hoone kasutusprofiil pärast renoveerimist ei muutu, siis optimeeritakse renoveerimislahendused vastavalt renoveerimiseelsele olukorrale;
    - Kui hoone kasutusprofiil pärast renoveerimist pole ette teada, siis tehakse energiatõhususarvutus standardkasutuse tingimustes. Standardkasutuse tingimustes määratakse ka hoone energiatõhususarvu klass.
- Kolmas samm on hinnata, kuidas need parendused vähendavad kasvuhoonegaaside heitkoguseid, mis on seotud praeguse energiakasutusega. Tarnitud energia ja kasvuhoonegaaside heitkoguste seos sõltub kasutatavatest energiaallikatest ning see tuleb igal juhul määrata vastavalt riiklikele tavadele ja standarditele.

Renoveerimiskontseptsiooni väljatöötamiseks tehakse mõõtmised ja esmased energiaarvutused nii hoone tüüpses kasutuses (MTMm nr. 58, 2019) kui ka tegelikus kasutuses Tabel 1 järgmiste etappidena:

1. Renoveerimiseelse olukorra energia (elekter, soojus) andmed kogutakse, soovitavalt viimase kolme aasta kohta, kuid minimaalselt ühe täisaasta kohta, eraldi iga energiaallika kohta. Väliskliimast sõltuv energiakasutus (küte, ventilatsiooniõhu soojendamine) taandatakse kraadpäevade meetodil (*Kraadpäevad*, 2025) võrreldavaks. See tulemus kirjeldab hoone tegelikku kasutuse kohast energiakasutust keskmine väliskliima tingimustes. Kuna tegelik kasutus ei pruugi olla tüüpiline (hoone on alakasutuses (kõikides korterites ei elata, üksik inimene suures hoones, suure elamistiheduse tõttu), tavapärasest

suurem vee ja majapidamiselektri kasutus, tavapärasest kõrgem või madalam temperatuur vms) ei kajasta see keskmise pere elamistingimusi. Tüüpilisele energiakasutusele üleviimiseks tuleb muuta kasutajast sõltuvad tingimused tüüpiliseks. Seda tehakse arvutades;

2. Arvutusmudel kalibreeritakse vastavalt hoone tegeliku kasutuse kohase olukorraga: tegelik kasutus (elamistihedus, elanike tüüp, profiil (vt ptk 4.2.3), piirdetarindite omadused (U, W/(m²·K); Ψ, W/(m²·K); χ, W/K; q_{E50}, m³/(m²·h) (vt ptk 4.2.4), sisekliima (sh. temperatuur, õhuvahetus jms) (vt ptk 4.2.4), ressursikasutus (tarbeelekter, soe vesi) jms. Kui hoone tegeliku kasutuse kohane arvutuslik energiakasutus vastab mõõdetule (etapp 1), siis võib loota arvutuse õigsusele. Lisaks lõppkasutuse sarnasusele on oluline, et ka sarnasus esineks iga energiaallika ja energiakasutuse võrdluses;
3. Kolmandas etapis muudetakse tegelik kasutus tüüpseks kasutuseks. Sellega saame teada, milline võiks olla hoone energiakasutus kui hoones elab ja seda kasutab keskmine perekond;
4. Renoveerimislahendi väljatöötamisel peab otsustama, kas renoveerimislahend optimeeritakse renoveerimiseelsele kasutusele (sh. vastavusega heale sisekliimale) või tüüpilisele kasutusele. Kui hoone kasutus jääb ka pärast renoveerimis sarnaseks renoveerimiseelse olukorraga töötatakse renoveerimislahend arvestades renoveerimiseelset kasutust. Tegeliku kasutuse alusel ei saa määrata energiatõhususarvu eha energiatõhususarvu klassi;
5. Renoveerimislahendile antakse energiamärgis ja energiatõhususarvu klass välja tüüpse kasutuse tingimustes. Arvutuslik energiamärgise klass kehtib kaks aastat;
6. Pärast renoveerimist tehakse sisekliima- ja energiakasutuse mõõtmised (vt ptk 4.2.5 ja 4.2.6) ning uus energiamärgis antakse välja kaalutud energiakasutuse (KEK) andmete alusel. Kui hoone kasutus ei ole muutunud võrreldes renoveerimiseelse olukorraga ja ehitatud on vastavalt projektlahendile, siis on etappide 6 ja 4 energiakasutus sarnane. Kui hoone kasutus on enne ja pärast renoveerimist sama, aga erinevus eksisteerib energiakasutuses tuleb erinevuse põhjust otsida ehituskvaliteedis (kas on ehitatud vastavalt kvaliteetsele projektlahendile).

Tabel 1 Energiatõhususe tuvastamise etapid.

Energiatõhususe hindamine	En.tõhususe hindamine		Hoone olukord		Hoone kasutus	
	Mõõt-mine	Arvutus	Reno-veerimis-eelne	Reno-veerimis-lahend	Tegelik kasutus	Tüüpne kasutus
1. KEK enne renoveerimist	x		x		x	
2. Arvutusmudeli kalibreerimine tegelikule olukorrale		x	x		x	
3. Tüüpne kasutus enne renoveerimist		x	x			x
4. Tegelik kasutus, hea sisekliima pärast renoveerimist (renoveerimislahendi optimeerimine)		x		x	x	
5. Tüüpne kasutus pärast renoveerimist ETA märgis		x		x		X
6. KEK pärast renoveerimist	x		x		x	

Sisekliima- ja energiaarvutuse tulemused esitatakse nii, et energiakasutuse jaotus oleks võimalikult detailselt teada, Tabel 2.

Tabel 2 Iga etapi energiakasutuse jaotus.

		Energiakasutus, kWh/(a m^2)											
		Enne renoveerimist						Pärast renoveerimist					
		Mõõdetud		Arvutatud				Arvutatud				Mõõdetud	
		Tegelik (KEK)		Tegelik		Tüüpne (ETA_{enne})		Tegelik		Tüüpne (ETA)		Tegelik (KEK)	
		1		2		3		4		5		6	
		El	Soojus	El	Soojus	El	Soojus	El	Soojus	El	Soojus	El	Soojus
Tarnitud	Küttesüsteem Ruumide küte Vent.õhu soojend. Tarbevee soojendamine Vent.süsteem Jahutussüsteem Valgustus, seadmed												
	Summa (tehnosüsteemide summaarne energiakasutus)												
Kaalutud	Energiatõhususarv / kaalutud energiakasutus Energiatõhususarvu klass (A – H)												

4.2.7 Seespoolse lisasoojustuse võimalikkuse uuring

Enne tarindi seespoolse lisasoojustuse soovitamist renoveerimislahendiks (nii muinsuskaitse eritingimustes kui ka projektlahendis) peab olema kindel selle toimivuses. Varasemad katselised uuringud mitmetel objektidel on näidanud protsessi, mille abil võib seespoolne lisasoojustamine õnnestuda:

- Ehitusauditi abil tuvastatakse olemasolevate tarindite ja liitekohtade lahendused. Koostatakse detailsed joonised olemasoleva olukorra kohta (tarindid ja sõlmed). Soojuslikud ja niiskuslikud kliimakoormused mõõdetakse sisekliimaauditiga (vt ptk 4.2.7.1);
- Laboratoorsete katsetega määratakse tarindites kasutatavate materjalide soojuslikud ja niiskuslikud omadused (vt ptk 4.2.7.2);
- 1D ja 2D arvutussimulatsioonide abil teostatakse arvutused ja valitakse tarindid, arvestades sobivaimat lisasoojustamise lahendust (vt ptk 4.2.7.3);
- Kuni viiele seespoolse lisasoojustuse lahendusele tehakse toimivuse mõõtmine enne kogu hoone renoveerimist. Lisasoojustatud tarindi kriitilisimasse punkti paigaldatakse temperatuuri-, suhtelise niiskuse ja materjali niiskussisalduse andurid ja mõõdetakse selle soojuslikku ja niiskuslikku toimivust vähemalt ühe aasta pikkusel perioodil. Paralleelselt mõõdetakse ka sise- ja väliskliimat (sh kaldvihm seinale) (vt 4.2.7.4);
- Mõõtmistulemuste alusel kalibreeritakse arvutusmudel. Täpsustatud arvutusmudeli abil tehakse arvutused arvutuslikel ääretingimustel ning veendutakse tarindi toimivuses (vt ptk 4.2.7.3);
- Tõendatud toimivustega lahendust kasutatakse hoone välisseinte seespoolsel lisasoojustusel. Lisasoojustatud seina toimivust jälgitakse ka hoone kasutuse ajal mõõteandurite abil (vt. 4.2.7.4).

4.2.7.1 Ehitusaudit tarindilahenduste, materjaliomaduste ja niiskussisalduste väljaselgitamiseks

- Puuraugud ~Ø 30-50mm ja uuring endoskoobiga (tarindite väljaselgitamiseks): igal korrusel vähemalt 3-st kohast (erinevatelt fassaadidelt ja ehitusjärkudest)
- Terved tellised ja puurkärnid (~Ø 84mm) seina põhilisest kivist/mördist (materjaliomaduste ning niiskussisalduse määramiseks): igal korrusel ühest kohast.
- Tööprojekti sõlmejoonised olemasoleva olukorra kohta:

I korrus	Katusekorrus	Keldrikorrus
Välissein-sisesein (hor.)	Välissein-sisesein (hor.)	Välissein-sisesein (hor.)
Välissein-avatäide (hor.)	Välissein-avatäide (hor.)	Välissein-avatäide (hor.)
Välissein-avatäide (vert, ülemine ja alumine)	Välissein-avatäide (vert, ülemine ja alumine)	Välissein-avatäide (vert, ülemine ja alumine)
Välissein-põrand / soklisõlm (vert.)	Välissein-vahelagi (vert.)	Välissein-vahelagi (vert.)
Välissein-vahelagi (vert.)	Räästasõlm (vert.)	Nurk (hor.)
Nurk (hor.)	Viilu sõlm	…
…	…	…

- Seespoolselt lisasoojustatavate välisseintega kokkupuutuvate ruumide planeeritav kasutusotstarve (soojus- ja niiskuskoormuse määramiseks soojustuslahenduse modelleerimisel).

Auditi võib teostada koos hoone kandekonstruktsioonide, piirdetarindite, hoone osade ja tehnosüsteemide auditiga (vt pkt 4.2.4).

4.2.7.2 Materjaliomadused

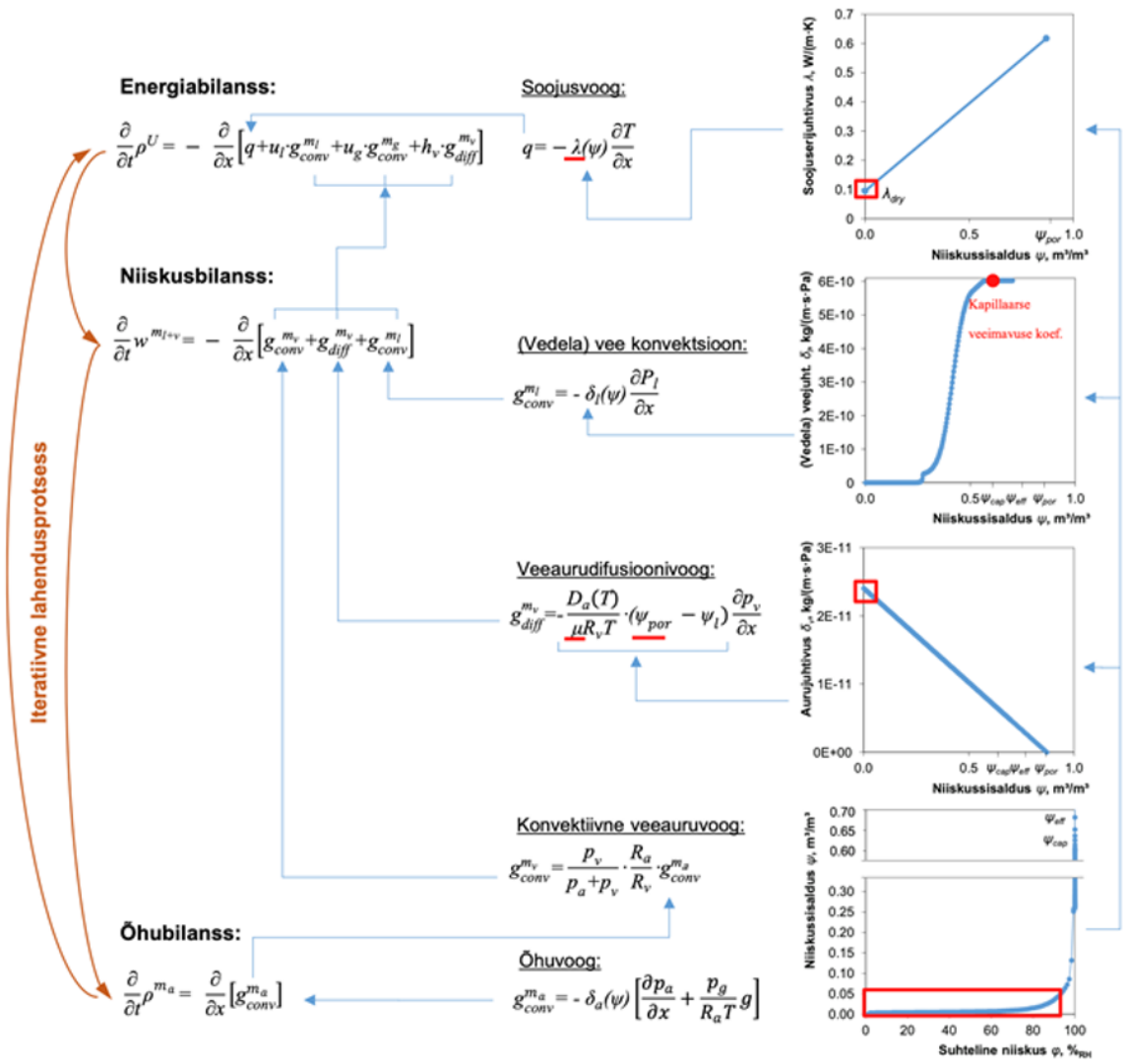
Seespoolne lisasoojustus on keerukas, sest seal on materjali külmem pool niiske (ülehügroskoopses alas) ja ühtlasi toimub neis korraga nii veeauru- kui vedela vee ülekanne (muuhulgas suurema osa ajast vastassuundades).

Seespoolse lisasoojustuse lahenduse väljatöötamiseks ja modelleerimiseks on vaja järgmisi omadusi nii olemasolevate materjalide kui ka lisasoojustusmaterjalide kohta, Joonis 2:

- tihedus ρ, kg/m³;
- poorsus ψ, %
- materjali niiskussisalduse sõltuvus ümbritseva õhu suhtelisest niiskusest - sorptsioonkõver,
  - hügroskoopses piirkonnas (0…ca 95%RH) (EN ISO 12571, 2021)
  - ülehügroskoopses piirkonnas (ASTM C1699-09, 2023)
- veeimavus A_w, (nt (EVS-EN 15801, 2010), (EN ISO 15148, 2003))
- veeaurudifusioonitakistustegur μ (materjali erinevatel niiskussisaldustel), (EN ISO 12572, 2016);
- soojuserijuhtivus λ, W/(m·K) (materjali erinevatel niiskussisaldustel) (EVS-EN 12664, 2001), (EN ISO 22007-2, 2022)
- kuivamiskatse. Viited:
  - (EN 16322, 2013)
  - (Scheffler and Plagge, 2005)
- kapillaarkondensaadi ümberjaotumiskatse (Binder et al., 2014; Klõšeiko et al., 2023).

Seespoolseks soojustamiseks kasutatavate materjalide jaoks on üks olulisemaid katseid viimane (kapillaarkondensaadi ümberjaotumise katse): ilma selleta on eeldatud materjaliomadused kahjuks liiga optimistlikult hinnatud. Samas ainult sellest ei piisa.

Kui süsteemis on ka plokiliim / paigaldussegu, siis ka selle omadusi tuleks vähemalt mingil määral määrata. Toimivusdeklaratsioon paraku vajalikku infot ei anna. Lisaks on vaja teada, kui märg võib materjal olla ilma külmumisel katkiminemata. Võib küll eeldada mingeid konservatiivseid toimivuspiire aga kui juhtub, et modelleerimistulemused ületavad konservatiivseid väärtusi, siis oleks järeldus, et süsteem ei toimi (kuigi reaalselt võib toimida).



Joonis 2 Arvutusprogrammi Delphin põhimõtteline arvutusskeem programmi Delphin andmebaasist pärit autoklaavitud poorbetooni (Ytong, kuivtihedusega 390 kg/m³) omaduste näitel.

4.2.7.3 Soojus- ja niiskuslevi modelleerimine ja soojustuslahenduse arendamine

- Esialgse lahenduse valik põhineb 1D soojuse, õhu ja niiskuse liikumise modelleerimisel muutuvate kliimaparameetrite ja materjaliomaduste tingimustes tarkvaras IBK Delphin. Erinevatest materjalidest ja lahendustest valitakse soojusliku ja niiskusliku toimivuse ning teostatavuse põhjal sobivaim.
- Seejärel tehakse põhjalikumad arvutused ehitusfüüsikaliselt toimivate sõlmlahenduste väljatöötamiseks. Töölõik on sisend projekteerijale tööjooniste koostamiseks. Jälgitakse, et eeltööde käigus väljaselgitatud olemasolevate liidete toimivus oleks pärast soojustustöid optimaalseim.
  - Soojusliku toimivuse (külmasildade joonsoojusläbivuste) ja hallitusriski hindamiseks tarindi sisepinnal kasutatakse statsionaarset 2D soojusülekande modelleerimise tarkvara THERM (LBNL, 2019).
  - Tarindite sees toimuva hindamiseks kasutatakse dünaamilist soojus- ja niiskuslevi modelleerimise tarkvara IBK Delphin (Grunewald et al., 2015).
- Arvutused tehakse lähtudes standarditest ja juhendmaterjalidest: (EN ISO 10211, 2017; EVS-EN 15026, 2007; EVS-EN ISO 6946, 2017; EVS-EN ISO 13788, 2012; WTA Merkblatt 6-4, 2016; WTA Merkblatt 6-5, 2014).

4.2.7.4 Soojustuslahenduse projekteerimiseelne ja ehitusjärgse toimivuse uuring

Eelnevalt valitud kriitilisse asukohta (nt 1D sein, 2D liitekoht) paigaldatakse andurid, et mõõta temperatuuri ja niiskust (õhu suhteline niiskus, materjali niiskussisaldus, soojusvoog), ning jälgitakse ruumi sisekliimat ja tarindi käitumist. Mõõtmised on sisendiks arvutusmudeli võrdlemisel reaalsusega ning annavad kindluse tarindi pikaajalise toimivuse osas.

Salvestussüsteem peab võimaldama andmete salvestust 1h sammuga, andmetele ligipääsu üle interneti ja võimaldama seina andureid liita ka ühtsesse hoone automaatika- ja salvestussüsteemi.

4.2.7.5 Ressursivajadus

Tuginedes varasemale kogemusele on minimaalne ajavajadus:

- audit ~1-2 kuud;
- materjaliomaduste mõõtmine: ~2-6 kuud;
- 1D piirdetarindite renoveerimislahenduse väljatöötamiseks 2-4 nädalat;
- 2D liitekohtade renoveerimislahenduse väljatöötamiseks 5-7 nädalat;
- välja töötatud renoveerimislahenduse soojusliku ja niiskusliku toimivuse mõõtmine: 1 aasta;
- täpsustatud kordusarvutused 2-3 nädalat;
- teostatud renoveerimislahendi toimivuse mõõtmine: 2-3 aastat.

Rahastusvajadus sõltub ajakulust, paigaldatavatest anduritest, kasutatavatest mõõteseadmetest jne.

4.2.8 Energiatõhususe eesmärgi määramine

Üldine eesmärk on saavutada võimalikult suur energiatõhususe paranemine, säilitades samal ajal hoone kultuuriväärtuse. Energiatõhususe projekteerimise eesmärke võib olla erinevaid, näiteks:

- Energiakasutuse vähenemine: näiteks saavutada soojusenergialt X % energiasäästu;
- Tarindite soojusläbivuse saavutamine: soojustada fassaadipiirded soojusläbivusega $U \leq$ X W/(m^2·K);
- Energiatõhususe tase: saavutada energiamärgise klassi X ($\leq$ X kWh/(m²·a));
- Vähendada hoonest tulenevat keskkonnamõju: CO_2 heitmed;
- Vähendada kulutusi energiale X %, X €.

Iga parandusmeetme juures tuleb hinnata ka hoolduse ja remondi vajadust.

4.2.9 Vajalike tööde sisu ja ulatuse tuvastamine

Tabel 3 esitab loetelu võimalikest renoveerimistöödest, mille seast tuvastatakse eeluuringute käigus vajalikud.

Tabel 3 Vajalikud tööd.

Vajalik töö	Jah / Ei
Hoonevälised tööd	
Välistrepi renoveerimine / uue ehitus	
Sillutisriba (killustik, kivi, betoon, vms) renoveerimine / uue ehitus	
Sademevee hoonest kaugemale juhtimine, hoone ümbruse planeerimine	
Varikatuse renoveerimine / uue ehitus	
Tuulekoja renoveerimine / uue ehitus	
Käsipuu välistrepile	
Kaldtee välistrepile	

Vajalik töö	Jah / Ei
Lifti rekonstrueerimine / uue ehitus	
Prügimaja ehitus või renoveerimine	
Rattaparkla ehitamine	
Parkla renoveerimine / uue parkla ehitus	
Tehnovõrkudega seotud tööd	
Kaugkütte ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Veevarustuse ühenduse renoveerimine / uue ehitus	

Vajalik töö	Jah / Ei
Olmekanalisatsiooni ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Sademeveekanalisatsiooni ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Elektrivarustuse ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Sidevarustuse ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Gaasivarustuse ühenduse renoveerimine / uue ehitus	
Drenaaži renoveerimine / uue ehitus	
Piirdetarindite ja kandekonstruktsioonidega seotud tööd	
Sokli renoveerimine (sh. hüdroisolatsioon, lisasoojustus) / viimistlemine	
Vundamendi / keldriseina renoveerimine (sh. hüdroisolatsioon, soojustus)	
Tehnoruumide renoveerimine / uue ehitus	
Olemasolevate keldribokside renoveerimine / uute ehitus	
Välisseina välisviimistluse renoveerimine / uue ehitus	
Välisseina kandekonstruktsiooni / piirdetarindi osade renoveerimine	
Välisseina tihendamine / lisasoojustamine	
1. korruse põranda renoveerimine (sh. hüdroisolatsioon, soojustus)	
Rõdu renoveerimine / uue ehitus	
Rõdu / lodža piirete vahetamine / klaasimine	
Lodžade kinni ehitamine soojustatud piirdega / soojustamine kinni ehtimata	
Katusekatte renoveerimine / uue ehitus	
Katuse kandekonstruktsiooni renoveerimine / uue ehitus	
Sademeveesüsteemid (renn, toru hoonel) renoveerimine / uue ehitus	
Katuse- või pööninguluugi renoveerimine / uue ehitus	
Katusele või pööningule pääsuteede renoveerimine / uue ehitus	
Katuslae / pööningu põranda tihendamine / lisasoojustamine	
Ol.oleva akna restaureerimine	
Seni vahetamata akna vahetamine	
Kõikide akende vahetamine	
Päikesekaitse klaasi paigaldus	
Aknad paigaldatakse soojustuse tasapinda	
Soojustatakse täiendavalt aknapaled (aknaid soojustuse tasapinda ei tõsteta)	

Vajalik töö	Jah / Ei
Eluruumi akna avatavus (kõik aknad avatavad, vähemalt 50% akna pinnast avatav)	
Trepikoja ja keldri akna avatavus	
Aknaava serva lõikamine (lõigatakse välised „randid“, lõigatakse allapoole suuremaks)	
Uue akna suurus (aknad võivad olla ol.olevast avast igast küljest väiksemad kuni 2 cm)	
Trepikoja välisukse renoveerimine / vahetamine	
Korteriukse renoveerimine / vahetamine (turvalisus, heliisolatsioon, tulepüsivus)	
Üldkasutatavate ruumide lukkude sarjastamine	
Aknalaua renoveerimine / vahetamine	
Niiske / märja ruumi viimistluse renoveerimine / vahetamine	
Niiske / märja ruumi piirdetarindi renoveerimine / ehitamine (veetõke, kalle jms)	
Niiskuskahjustuse ja nende põhjuste likvideerimine	
Trepikoja siseviimistluse (sein, põrand, lagi) renoveerimine / vahetamine	
Trepikoja uus käsipuu	
Trepi viimistluse renoveerimine / vahetamine	
Lodžade siseviimistluse (seinad, põrand, lagi) renoveerimine / vahetamine	
Keldri siseviimistluse (seinad, põrand, lagi) renoveerimine / vahetamine	
Keldri aknapalede viimistluse renoveerimine / vahetamine	
Keldri, tehnoruumide jms ukse renoveerimine / vahetamine	
Keldri lae renoveerimine (sh. soojustamine)	
Keldri põranda renoveerimine (sh. hüdroisolatsioon, soojustus)	
Korstna renoveerimine / ehitamine	
Kandekonstruktsiooni / tuletõkkesektsiooni moodustava tarindi tulepüsivuse tagamine	
Ruumide vaheliste piirdetarindite heliisolatsiooni tagamine	
Tehnosüsteemidega seotud tööd	
Tulekolde (ahi, pliit, kamin vms) renoveerimine / ehitamine	
Soojusallika renoveerimine / uue ehitus	
Soojussõlme renoveerimine / uue ehitus	
Kütte jaotussüsteemi renoveerimine / uue ehitus	

Vajalik töö	Jah / Ei
Pesuruumi siugtoru renoveerimine / uue ehitus	
Soojusvarustuse ja küttetorustike isoleerimine	
Kütteallikale termostaadi paigaldus	
Ventilatsiooni süsteemi renoveerimine / uue ehitus tagamaks vajaliku õhuvahetuse	
Ventilatsioonile soojustagastuse rajamine	
Evakuatsioonitee suitsuärastuse renoveerimine / uue ehitus	
Õhuvahetuse tagamine trepikojas, keldris, tehnoruumis ja mujal mitteeluruumides	
Jahutussüsteemi renoveerimine / uue ehitus	
Ventilatsiooni sissepuhkeõhu jahutuse renoveerimine / uue ehitus	
Veemõõdusõlme renoveerimine / uue ehitus	
Külmaveetorustiku (sh. püstik, magistraal) renoveerimine / uue ehitus	
Soojaveetorustik (sh. püstik, magistraal) renoveerimine / uue ehitus	
Korteri veemõõtja vahetus (uus arvesti kaugloetav)	
Olmevee kanalisatsioonitorustiku renoveerimine / uue ehitus	
Sademevee kanalisatsioonitorustiku renoveerimine / uue ehitus	

Vajalik töö	Jah / Ei
Elektriauditi tegemine	
Peakilbi renoveerimine / uue ehitus	
Jaotuskilbi renoveerimine / uue ehitus	
Magistraalliinide renoveerimine / uue ehitus	
Maanduspaigaldise renoveerimine / uue ehitus	
Korteri elektriarvesti vahetus (uus arvesti kaugloetav)	
Avaliku ruumi (trepikoda, kelder, pööning vms) valgustuse renoveerimine / uue ehitus	
Evakuatsioonivalgustuse renoveerimine / uue ehitus	
Välisvalgustuse renoveerimine / uue ehitus	
Hoones pistikupesa paigaldamine	
Hoonest välja (sh. rõdule/lodžale) pistikupesa paigaldamine	
Hooneautomaatika süsteemi renoveerimine / uue ehitus	
Fonoluku renoveerimine / uue ehitus	
Elektriautode laadimistaristu rajamine	
Soojussõlme välise elektritoite võimaluse loomine	
Päikesepaneelide (elektri tootmiseks) renoveerimine / uue ehitus	
Päikesekollektorite (soojuse tootmiseks) renoveerimine / uue ehitus	
… (loetelu võib täiendada vastavalt olukorrale)	

4.3 Projektlahendi koostamine

Renoveerimise projekt sisaldab kogu asjakohast teavet nii ehitusloa või ehitusteatise väljastamiseks kui ka ehitamiseks. Muinsuskodu korral on detailne projektdokumentatsioon eriti oluline, mitte ainult praegusele omanikule ja kasutajale, vaid ka ajaloo talletamiseks tulevastele põlvkondadele. See on halb praktika, kui konstruktsioone ei uurita ning see põhjustab enamasti projektlahenduse muutmise tööde käigus. Seda praktikat tuleb vältida ja muuta. Lisaks tavapärasele (EVS 932, 2017; KulMm, 2019; MTMm nr. 97, 2015) kirjeldusele, kirjeldatakse muinsuskodu renoveerimise projektlahendis ka projektlahendi valiku aluseid.

Kui projekteerimise käigus tekib vajadus renoveerimiskontseptsiooni muuta, siis tehakse seda koostöös kontseptsiooni välja töötanud meeskonnaga. Projekti muutmine on alati täiendav aja ja raha kulu ning maksumust võib lisada ja ehitamise peatamisega seotud kulud. Kuigi projektdokumentatsiooni muudetakse, peab enne ehitamist ikkagi alati olemas valmis ja terviklik projektdokumentatsioon (tööprojekti staadium).

Muinsuskodu renoveerimislahend, sh energiatõhususe, õhupidavuse ja niiskusturvalisuse tagamise põhimõtted ning soojuslikult ja niiskuslikult toimivate piirdetarindite lahendused, töötatakse välja hoone arhitektuuriosa, ehituskonstruktsioonide osa, kütte- ja ventilatsiooni-, jahutuse osa ning energiatõhususe osa koostajate koostöös (EVS 932, 2017). Projekteerimistööde korraldusega otsustakse, millises ehitise projekti osas ja kuidas need projektlahendid esitatakse ja milline osapool on vastutav lõpptulemuse eest. Oluline on, et ehitamise aluseks olevas projektis on kogu vajalik info esitatud.

Muinsuskodu renoveerimislahendus esitatakse vähemalt kahes projekteerimise staadiumis:

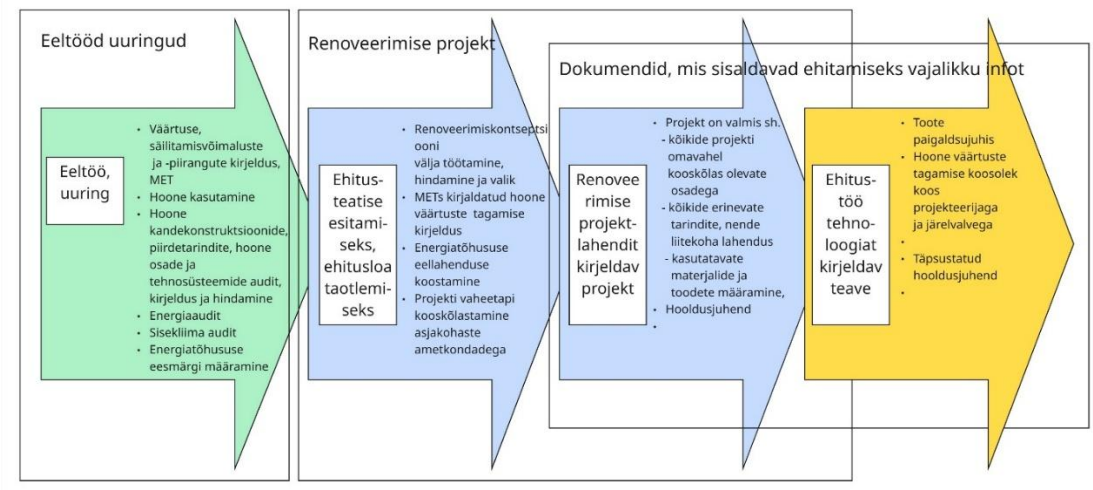
- 1. ehitusteatise esitamiseks või ehitusloa taotlemiseks esitatavas projektis (eelprojekt) ja
- 2. ehitamise aluseks olevas projektlahendit kirjeldavas projektis (tööprojekt).

Kui projekteerimisel rakendatakse rohkem vahestaadiume, siis esitatakse ka nendes projektlahendused vastavalt projekteerimise lähteülesandele ja lepingulisele kokkuleppele.

Põhiprojekt on ehitise projekti staadium, milles esitatakse ehitise arhitektuuri ja insenertehnilised lahendused sellise detailsusega, mis võimaldab määrata ehitise eelarvelise maksumuse, korraldada ehitushanke ning koostada hinnapakkumused ehitamiseks. Kui Muinsuskaitseameti eesmärk on hinnata ehitushanke lähtealuseid, rahastada renoveerimist või kontrollida ehitamiseks koostatavate hinnapakkumuste aluseks olevaid lahendusi, võib põhiprojekti esitamise läbivaatamise nõue olla põhjendatud. Kui aga eesmärk on hinnata lahendusi, mille alusel ehitustöid tegelikult ellu viiakse, on selleks sobiv valmis projekt ehk projekti staadiumiks tööprojekt, kuna just selles määratakse lõplikud tehnilised lahendused, materjalid, sõlmed ja tööde teostamise põhimõtted. Kui muinsuskaitse eritingimustes nõutakse põhiprojekti koostamist ja kooskõlastamist, võib see vähendada motivatsiooni koostada kvaliteetne tööprojekt, kuna põhilised otsused ja kooskõlastused tehakse juba varasemas projekteerimisetapis. Selle tulemusena võib kujuneda olukord, kus ehitamine toimub puudulikult läbi töötatud või ehitamise käigus oluliselt täpsustatavate lahenduste alusel. Seetõttu ei ole põhjendatud käsitleda põhiprojekti kooskõlastamise alusena või lõpliku projekteerimislahendusena.

Kultuuriväärtuse säilimise seisukohalt on oluline, et Muinsuskaitseamet hindaks ja kooskõlastaks lahendusi sellises detailsuses, mis vastab tegelikult ehitamisel rakendatavatele tehnilistele lahendustele. Tööprojektis esitatakse konserveerimis-, restaureerimis- ja ehitustööde tegemiseks vajalikud detailide joonised ja selgitused, vajadusel antakse tehnoloogilised erinõuded ja juhised tööde tegemiseks, juhised olemasolevate tarindite kontrollimiseks ja säilitamiseks, vajadusel asendamiseks, koos detailide joonistega, nõuded kasutatavatele materjalidele, nende kvaliteedile, omadustele ja koostisele, kandetarindite joonised, sealhulgas müüriseotiste, puiduseotiste, liidete ja külgnemiste kohta, isolatsioonide paiknemine ja materjal, nõuded tarindite pinnatöötlusele ja viimistlusele (KulMm, 2019). Kui seda infot ehitajal ei ole pole projektlahend piisavalt detailne, et selle alusel ehitada. Kui seda infot pole, pole ka piisvalt infot, et järelevalvel tulemust kontrollida. Seetõttu on oluline, et restaureerimiseks, ehitamiseks tegevuskava alusel tegutsemiseks on alati olemas tööprojekti staadiumis projektlahend (ka siis kui Muinsuskaitse poolt on kooskõlastuseks küsitud vaid põhiprojekti staadiumis projektlahend).

Tuleb arvestada, et projektdokumentatsioon kirjeldab eelkõige ja peaasjalikult ehitise projektlahendit. Ehitustöö tehnoloogiat kirjeldab ehitise projekt minimaalselt, kui üldse. Lisaks on vaja kavandada ka ehitustööde tehnoloogia, Joonis 3. Projekteerija poolt koostatud projekt koos ehitaja poolt koostatud ehitustöö tehnoloogiaga moodustab „ehitamiseks vajaliku teabe“.



Joonis 3 Renoveerimise etapiline protsess.

On soovitatav, et projektlahendi väljatöötamise meeskonnas olev arhitektuuripärandi / muinsuskaitse spetsialist koostab üldise hoone väärtuste tagamise plaani, mis käsitleb lähteülesandest tulenevaid eesmärke ning määratleb protsessijuhtimise põhimõtted, mille kaudu tagatakse väärtuste säilimine projekteerimise ja ehituse vältel ja on sisendiks projekteerijatele, töövõtjatele ja järelevalvele, kes peavad koostama oma tegevusplaani väärtuste tagamiseks.

Projekteerimisettevõttel peab olema ettevõttesisene kvaliteedikontroll. Keerulisematel töödel kaastakse täiendav kontroll väljastpoolt ettevõtet – projektlahendile teostatakse ekspertiis (MTMm nr 62, 2015) projektlahendis.

Projekteerija määrab, millised katsetused ja kontrollid tuleb teha kvaliteedi tagamiseks ja toimivuse kindlustamiseks.

Paralleelselt renoveerimislahendi väljatöötamisega tuleb määrata hooldustegevused ja hinnata nende maksumus. See on vajalik, et juba projekteerimise staadiumis langetatakse teadlikud otsused arvestades tulevasi hooldustegevusi ja -kulusid. Riskantselt toimiv renoveerimislahend võib vajada ülemäärast hooldust ja selle kasutamise korral võib hoone hakata lagunema.

4.4 Tootmine

Projekteerija seab kriteeriumid renoveerimisel kasutatavatele ehitusmaterjalidele ja toodetele ja/või valib ehitusmaterjalid ja -tooted vastavalt nende sobivatele omadustele. Ehitustoote või -materjali tootja ülesanne on tõendada projektis, tootestandardis, tootmisohjes või muus sellises dokumendis kehtestatud nõuetele vastavust.

Näiteks avatäidete osas peab tootja või restauraator deklareerima järgmised tooteomadused (EVS-EN 14351-1, 2006; MKMm nr 49, 2013):

- Soojusläbivus (EVS-EN ISO 10077, 2017; EVS-EN ISO 12567-1, 2001). Soojapidava akna soojusläbivus on U_a≤0,8…1,0 W/(m²·K) ja klaasiosa soojusläbivus on U_g≤0,6…0,8 W/(m²·K).
- Veepidavus (EVS-EN 12208, 2003). Tavapärases olukorras peab aken vastama klassile 7. Ukse veepidavus peab vastama kuni 8 korruseni klassile 2 ja kaheksandast korrusest kõrgemal klassile 3,
- Vastupanu tuulekoormusele (EVS-EN 12210, 2016). Tavapärases olukorras peab vastama klassile C2 kuni 8 korruseni ja C3 >8 korrust. Uks peab vastama klassile C1 kuni 8 korruseni ja C2 >8 korrust;
- Akna õhuläbilaskvus (EVS-EN 12207, 2016). Tavapärases olukorras peab aken vastama klassile 4. Ukse õhuläbilaskvus peab vastama klassile 3;
- Tööprojektis esitatud täiendavad nõudmised: tehnoloogilised erinõuded ja juhised tootmiseks, juhised olemasolevate avatäidete kontrollimiseks ja säilitamiseks, nõuded kasutatavatele materjalidele, nende kvaliteedile, omadustele ja koostisele, nõuded tarindite pinnatöötlusele ja viimistlusele, ajalisele kestvusele, hooldusele jne.

4.5 Ehitamine

Oluline on ehitustööd korraldada nii, et kavandatud renoveerimiseesmärgid saaks täidetud ja hoone kultuuriväärtus säiliks. Ehitaja vastutab renoveerimise eesmärkide saavutamiseks kriitiliste etappide tuvastamise, planeerimise, koordineerimise ning tööplaani koostamise ja järgimise eest. Tellija nõudmisel tuleb esitada tööde tehnoloogia, enesekontrolli ja mõõtmise plaan, tulemused jne. Ehitaja koostab ehitustöö korraldamise kava ja muud ehitustöö tegemiseks vajalikud ehitustehnoloogia dokumendid, et kompetentsed ja kvalifitseeritud (kutsetunnistusega tõendatud kvalifikatsioon) oskustöölised oskaks pädeva ehitustegevuse juhi juhendamisel ehitada ehitise projekti alusel valmis nii, et kõik ehitisele esitatavad nõuded on täidetud.

Töövõtted ja abinõud kvaliteedi tagamiseks:

- Kvaliteetsed materjalid: Paigaldatavate materjalidena ja toodetena kasutada ainult neid, mis on testitud , töökorras ja usaldusväärsed. Iga ehitustootega peab kaasas olema teave selle omaduste ning kasutusala ja -viiside kohta (MKMm nr 49, 2013). Koduomanikule kui lõpptarbijale on oluline, et ka vanad ja taaskasutatavad materjalide omadused on usaldusväärselt teada;

- Pidev koolitus: Tagada ehitusmeeskonna teadlikkus ning regulaarne koolitamine;
- Tööplaani järgimine: Hoiduda tööde läbiviimisel kiirustamisest, mis soodustab vigade tekkimist, ning pidada kvaliteedijuhistest kinni igas ehituse etapis;
- Dokumenteerimine: Kõik tööd tuleb dokumenteerida, et hiljem oleks võimalik tõendada kasutatud materjale, tooteid ja tööde kvaliteeti (MTMm nr 3, 2020).

4.6 Kvaliteedikontroll, dokumenteerimine, käiku andmine

Ehitustöid tegeval ettevõttel peab olema ettevõtte sisene kvaliteedikontroll. Kvaliteetselt teostatud ehitustöö dokumenteeritakse (MTMm nr 3, 2020) ja antakse käiku järelevalve käigus (MTMm nr 89, 2015). Tehnosüsteemidele tehakse komplekskatsetused. Kaetud töö akt koostatakse ehitise selle osa kohta, mis kaetakse järgmisel ehituse etapil ning millega seoses puudub hilisem võimalus mõistliku pingutuse ja kuluga selle vahetuks ülevaatamiseks (ETÜ, 2013).

4.7 Haldamine ja hooldus

Mälestise ja muinsuskaitsealal asuva ehitise hooldamiseks ja remontimiseks ei ole vaja Muinsuskaitseameti kirjalikku luba ning tööde tegijal ei pea olema muinsuskaitselist pädevustunnistust.

Kasutus- ja hooldusjuhend tuleb koostada selliselt, et sellest juhindudes on võimalik mõistliku kulu ja pingutusega ehitist kasutada, tuvastada ehitise ja selle osade omadused ning nende säilitamiseks vajalik tegevus kogu ehitise kasutusea ajal. Kuna projektlahenduse koostamise käigus hinnatakse ehitise tulevase olelusringi maksumust, on selleks vaja juba projekteerimisetapis määrata hooldustegevused ja nende maksumus. Lõplik hooldusjuhend koostatakse lähtudes ehitusprojektist, ehitusprojektiga seonduvalt koostatud esmasest hooldusjuhendist ning ehitamisel saadud teabest.

Hooldusjuhendis sisalduvad ehitisse paigutatud materjali, seadme või toote tootja poolt ettenähtud kasutamis- ja korrashoiunõuded, arvestades ehitise kasutamisega seonduvat eripära (Ehitusseadustik, 2015). Hooldusjuhendi koostab ehitise projekteerinud, ehitanud või muu selleks pädev isik. Kui ehitises tehakse muudatusi, tuleb vajaduse korral hooldusjuhendit muuta. Kuna ehitusseadustik ei sea hooldusjuhendi olemasolu üldjuhul kohustuslikuks, aga praktikas on seda muinsuskodu kultuuriväärtuste ja pikaelulisuse säilimiseks kindlasti vaja, siis tuleb selle esitamise nõue kirjutada sisse projekteerimise ja ehitamise töövõtulepingutesse.

5 Renoveerimiskontseptsiooni välja töötamine, hindamine ja meetmete valik edasiseks projekteerimiseks

5.1 Üldised alused

Renoveerimismeetmed töötatakse välja projekteerimise käigus ja vormistatakse projektiks või tegevuskavaks. Energiatõhususe parandamise meetmed võivad hõlmata hoone piirdetarindite, tehnosüsteeme, soojuse ja elektri varustuse ja -juhtimise süsteeme ning suuniseid hoone kasutajate käitumise parendamiseks ja muutmiseks.

Renoveerimiskontseptsiooni väljatöötamine toimub etapilise protsessi kaudu, milles osaleb interdistsiplinaarne meeskond (vt ptk 3.1.2):

- koostatakse renoveerimismeetmete pikk nimekiri (vt ptk 5.2);
- välistatakse sobimatud meetmed (vt 5.3);
- hinnatakse allesjäänud meetmeid (lühike nimekiri) (vt 5.4);
- valitakse renoveerimismeetme paketid (vt 5.4.1);
- hinnatakse vastavust seatud eesmärkidele (vt 5.4.2).

5.2 Renoveerimismeetmete pikk nimekiri

Renoveerimismeetmete pikk nimekiri on üldine loetelu, mis ei arvesta konkreetse hoone omadusi ja eripära. Selline loetelu sõltub kliimast, ehitustavadest, kultuurilisest kontekstist jne. Loend hõlmab meetmeid hoone piirdetarinditele ja tehnosüsteemidele ning ettepanekuid kasutajate käitumise muutmiseks.

5.3 Sobimatute meetmete kõrvaldamine

Valikuprotsessi esimene samm on kõrvaldada need meetmed, mis on selgelt sobimatud. Pika nimekirja alusel teeb ekspertide meeskond kiire hindamise eelkõige eksperthinnangute alusel. Kui meeskond nõustub, eemaldatakse ebasobivad meetmed. Iga otsuse jaoks tuleks anda põhjendus. Selle sammu tulemuseks on lühike nimekiri meetmetest, mida peetakse potentsiaalselt sobivaks. Meetmete kõrvaldamise põhjused võib kirjeldada muinsuskodu renoveerimise projektlahendis projektlahendi valiku aluste peatükis.

5.4 Allesjäänud meetmete (lühike nimekiri) hindamine

Selles etapis hinnatakse eelmises etapis (pikk nimekiri) sõelale jäänud renoveerimismeetmeid, et selgitada välja konkreetsele hoonele kõige sobivamad lahendused. Hindamisel võrreldakse meetmete eeliseid, puudusi, riske ja kasu. Selleks kasutatakse nii kvantitatiivseid kui ka kvalitatiivseid hindamismeetodeid ning vajaduse korral viiakse läbi täiendav tehniline, kultuuriväärtuse säilimise ja majanduslik hinnang. Hindamine võib hõlmata nii üksikuid hooneosi kui ka kogu hoonet.

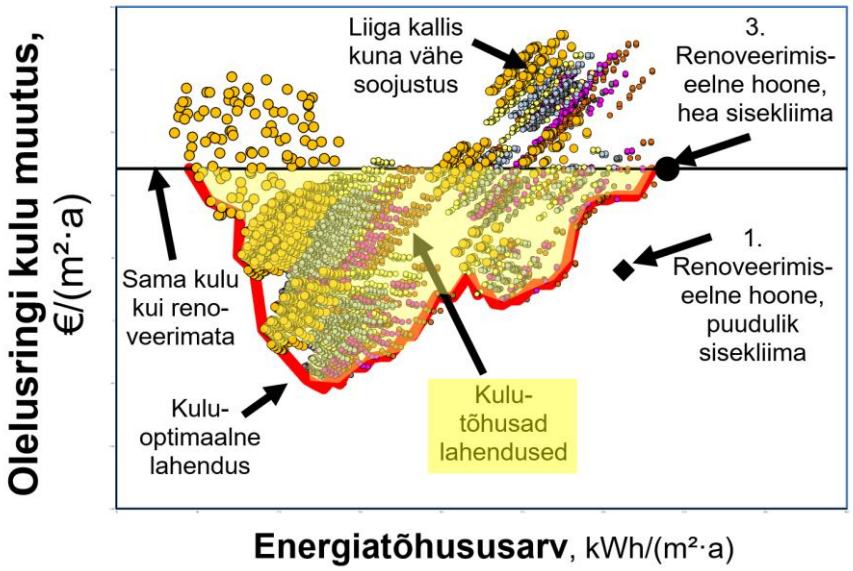
Mõju hindamisel tuleb hinnata kavandatavate meetmetega seonduvate muudatuste kumuleeruvat kogumõju. Hindamise tulemuste põhjal tuvastatakse riskide ja eeliste osas kõige sobivamad meetmed. Meetmete hindamisel tuleb tasakaalustatult arvestada kõiki nelja muinsuskodu jätkusuutlikkuse mõõdet: keskkondlikku, majanduslikku, sotsiaalset ja kultuurilist jätkusuutlikkust. Renoveerimislahendust ei saa pidada jätkusuutlikuks, kui see täidab ainult osa eesmärkidest. Näiteks ei ole lahendus jätkusuutlik, kui kultuuriväärtus küll säilib, kuid hoone ei ole enam turvaline, kasutuskõlblik, ligipääsetav või ilus, kui lahendus põhjustab põhjendamatult suurt keskkonnamõju või kui kasutus-, hooldus- ja remondikulud kujunevad nii suureks, et hoone pikaajaline kasutamine ei ole majanduslikult võimalik.

Hindamine sisaldab vähemalt Tabel 4's toodud kategooriaid. Kirjeldatud meetod põhineb riski-kasude skeemil, et tuvastada parimad ja kõrvaldada sobimatud meetmed. Seda meetodit ei tohiks käsitleda kui mehaanilist tööriista, mis annab lõpliku vastuse; pigem on see mõeldud läbipaistva hindamise ja koostöise dialoogi võimaldamiseks, mis on vajalik selleks, et tuvastada sekkumised, mis kõige paremini sobivad konkreetsele muinsuskodule.

Tabel 4 Muinsuskodu ja selle renoveerimismeetmete jätkusuutlikkuse hindamine.

EVS EN 16883	Suurepärane High benefit	Hea Low benefit	Neutraalne Neutral	Halb Low risk	Väga halb High risk
Pärandi olulisus – mõju kultuuri-väärtusele	Hoone algupärane olemus, materjalid, viimistlus ja geomeetria on säilinud võimalikult suures ulatuses oma väärikalt vananenud kujul. Sekkumised on piirdunud säilitavate ja taastavate töödega ning uusi muudatusi on tehtud üksnes vältimatu vajaduse korral. Säilinud on kogu hoone kultuuriväärtust kandev ehitusaine ning tehtud sekkumised ei ole vähendanud kultuuri-väärtust, vaid toetavad hoone säilimist ja loovad sellele lisandväärtust. Tööde teostamisel on kasutatud ajaloolisi ehitusvõtteid.	Hoone välisilme ning mälestise ja A-kaitse-kategooria hoone puhul ka siseilme ei ole mainimisväärselt muutunud. Algupärased nähtavad ehitusosad, mida ei ole olnud võimalik säilitada, on asendatud sama materjali, viimistluse ja võimalikult täpse ja/või hoone ehitusajale ja/või -stiilile omase geomeetriaga ja viimistlusega koopiatega. Hooneosade proportsioonid on säilinud algse lahendusega võrreldes praktiliselt muutumatuna (erinevus üldjuhul kuni 5–7 cm). Muudatused ei kahjusta hoone kultuuriväärtust. Tööde teostamisel on kasutatud ajaloolisi ehitusvõtteid või nendega kooskõlas olevaid lahendusi.	Hoone algupärane materjal, viimistlus ja geomeetria on asendatud hoone iseloomu ja kultuuriväärtusega kooskõlas olevaga. Hooneosade proportsioonid on muutunud märgatavalt, aga ei kahjusta oluliselt hoone terviklikku arhitektuuri. Muudatused on tagasipööratavad ning nende asendamine algupärasele lahendusele vastavate ehitusosadega on tehniliselt võimalik (näiteks plastakende, metallukse või imiteeriva katusekatte-materjali paigaldus).	Hoone algupärane materjal, geomeetria ja viimistlus on säilinud vaid vähesel määral. Hoone välisilme ning mälestise ja A-kaitsekategooria hoone puhul ka siseilme on oluliselt muutunud. Hooneosade proportsioonid erinevad märkimisväärselt ajaloolisest lahendusest ning algupärased materjalid ja viimistlus on asendatud hoone kultuuriväärtusega mittearvestavate lahendustega. Muudatused vähendavad hoone kultuuriväärtust ning ei ole tehniliselt tagasipööratavad või eeldavad algse lahenduse taastamiseks ulatuslikke sekkumisi.	Hoone algupärane materjal, viimistlus ja geomeetria asendatud hoone kultuuriväärtusega mittekooskõlas olevatega (nt teist tüüpi ebasobivate materjaliga). Hoone ilme on ajaloolisest või piirkonnale iseloomulikust lahendusest oluliselt muutunud. Muutus pole tagasipööratav.
Tehniline sobivus	Hoone tehniline toimivus paraneb oluliselt. Olemasolevad puudused kõrvaldatakse ning niiskus-, korrosiooni-, külmakerke-, deformatsiooni- ja muud tehnilised riskid	Hoone tehniline toimivus paraneb. Olemasolevad puudused vähenevad ning tehnilised riskid vähenevad.	Hoone tehniline toimivus ei muutu oluliselt. Niiskusohutus, kandevõime, kasutusohutus ja vastupidavus on tagatud ning uusi tehnilisi riske ei lisandu.	Hoone tehniline toimivus halveneb. Suurenevad niiskus-, korrosiooni-, deformatsiooni- või muud tehnilised riskid ning lahenduse pikaajaline tehniline toimivus on tagatud riskantsemate lahendustega.	Hoone tehniline toimivus halveneb oluliselt. Lahendus põhjustab olulisi tehnilisi riske või ei taga ehitise nõuetekohast toimivust, vastupidavust või ohutust.

EVS EN 16883	Suurepärane High benefit	Hea Low benefit	Neutraalne Neutral	Halb Low risk	Väga halb High risk
	vähenevad oluliselt.				
Olelusringi maksumus, vt ka Joonis 4	Kulu-optimaalne lahendus: väikseim olelusringi kulu.	Kulutõhus lahendus: olelusringi kulud on väiksemad kui ehitisele esitatavate olulistele nõuetele vastava hoone omad.	Olelusringi kulud on sama suured kui ehitisele esitatavate olulistele nõuetele vastava hoone omad.	Olelusringi kulud on natuke suuremad kui ehitisele esitatavate olulistele nõuetele vastava hoone omad.	Olelusringi kulud on palju suuremad kui ehitisele esitatavate olulistele nõuetele vastava hoone omad.
Soojuskao vähenemine ETA klass	70% A	60% B	50% C	40% D	20% F
Sisekliima kvaliteet	Siseõhu kvaliteet: ICC II. Ruumitemperatuuri suvel +25 °C ei ületata rohkem kui 150 Kh. Mehaaniline jahutus. Tehnosüsteemide tekitatud müratase peab vastama akustika klassile A2 (EVS 842, 2025), venilatsiooni müratase eluruumides peab jääma alla 25 dB(A) (sh mõõtemääramatus).	Siseõhu kvaliteet: ICC II. Ruumitemperatuuri suvel +26 °C ei ületata rohkem kui 150 Kh. Tehnosüsteemide tekitatud müratase peab vastama akustika klassile A2 (EVS 842, 2025), venilatsiooni müratase elu- ja magamistoas peab jääma alla 25 dB(A) (sh mõõtemääramatus).	Siseõhu kvaliteet: ICC II Soojuslik mugavus tagatud aasta läbi. Ruumitemperatuuri suvel +27 °C ei ületata rohkem kui 150 Kh. Tehnosüsteemide tekitatud müratase peab vastama akustika klassile A2 ((EVS 842, 2025)	Siseõhu kvaliteet: ICC III Soojuslik mugavus on kütteperioodil tagatud. Tehnosüsteemide tekitatud müratase peab vastama akustika klassile A3 (EVS 842, 2025)	Siseõhu kvaliteet: ICC IV Soojuslik mugavus pole tagatud. Tehnosüsteemide tekitatud müratase peab vastama akustika klassile A2 (EVS 842, 2025)
Mõju välis-keskkonnale	Suur vähenemine	Väike vähenemine	KHG heitmete vähenemine (EPBD nõue)	KHG heitmed püsivad samal tasemel	KHG heitmed kasvavad
Kasutuse aspektid	Korteri pindala ja kõrguse suurendamise võimalus **ja** tehnosüsteemide automaatne ja kasutaja poolne juhtimine	Korteri pindala, kõrguse suurendamise võimalus **või** tehnosüsteemide automaatne ja kasutaja poolne juhtimine	Korteri netopindala, kõrgus ei vähene Tehnosüsteemid on juhitavad kasutaja poolt	Korteri netopindala, kõrgus väheneb **või** süsteeme pole võimalik operatiivselt juhtida	Korteri netopindala, kõrgus väheneb **ja** süsteeme pole võimalik operatiivselt juhtida



Joonis 4 Olelusringi maksumuse põhimõtteline sõltuvus energiatõhususest.

Renoveerimislahendi maksumuse mõju saab analüüsida ka üksiku tarindi alusel. Muutes tarindi soojusläbivust, saab hinnata selle mõju küttekulule. Soojusläbivuse vähenemisega suureneb renoveerimismaksumus, aga väheneb maksumus küttele. Kuluoptimaalne lahendus on kogu olelusringi jooksul väikseim kulu.

Piirdetarindite renoveerimislahendustele (vt. tegevuse T3.2 aruanne) koostati renoveerimismaksumused, mille arvutas professionaalset ehituseelarvestuse teenust pakkuv ettevõte (üle 20 aasta eelarvestuse kogemust) koos tarindipõhise konsultatsiooniga peatöövõtjate ja ehitustööde tegijatega. Kogu olelusringi (≥ 50 aastat) saadi kui liideti algmaksumus (sh. energiatõhusust olulisel määral mitte mõjutavad tegevused nagu krohviparandused, viimistlus, alumise palgi vahetus / plommimine, puuduva hüdroisolatsiooni paigaldus jne) ja hoolduskulud (näiteks puitlaudise värvimine), Joonis 5. Soojusläbivuse ja alginvesteeringu sõltuvusgraafikut (Joonis 6) kasutati renoveerimiskontseptsiooni pakettide tööriista lähteandmeina.

Röhtpalksein ja püstpalk/palksein väljast poolt karkass + soojustus + tuuletõke + hor. Puitlaudis

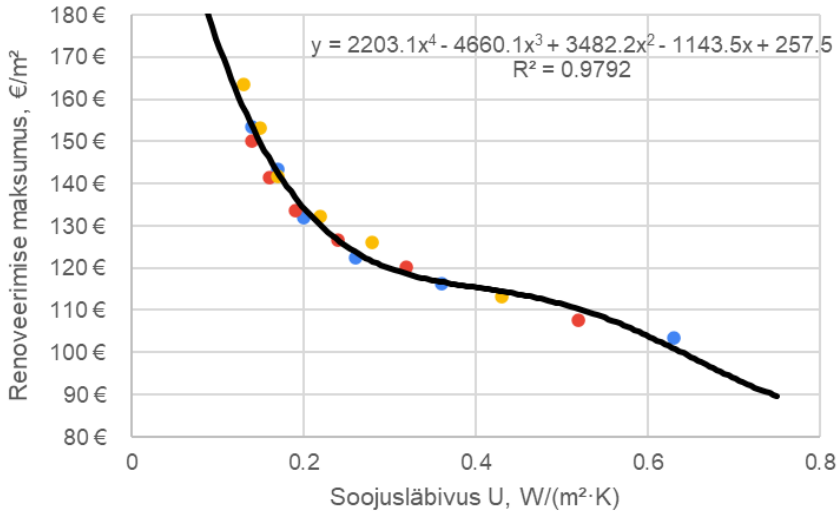
50% 5 10 50

tuuletõkkeplaat 30mm-see tabelli variant summerrub e U, W/(m²·K) 0.52 A, m² 340.4

Materjal	Kogus	Ühik	Ühiku hind (i	Summa	Töö	Kokku	Restaure rimine, remont, hooldus	Energia-tõhusus	Küte	Kokku
hüdroisolatsioon	0.21	jm	2.42 €	0.51 €	0.42 €	1 €	0.93 €			
uus palk (kaks alumist palki)	0.45	jm	19.50 €	8.78 €	10.80 €	20 €	19.58 €			
õhutõkkekangas	1.00	m2	1.44 €	1.44 €	2.00 €	3 €	3.44 €			
puitpruss	-	jm		- €		- €		- €		
met. nurgikud	-	tk/m2		- €		- €		- €		
soojustus 0mm	-	m2		- €		- €		- €		
tuuletõkkeplaat 30mm RKL 31	1.00	m2	11.47 €	11.47 €	2.80 €	14 €		14.27 €		
liitekohtade tihendus teibiga	2.67	jm	0.98 €	2.62 €	1.80 €	4 €	4.42 €			
vertikaalneroov 28x70mm	1.67	jm	1.10 €	1.83 €	4.00 €	6 €	5.83 €			
välisvoodrilaud 18x145mm, tehase kr	6.90	jm	3.40 €	23.45 €	25.00 €	48 €	48.45 €			
välisvärv	0.35	L	10.33 €	3.62 €	7.00 €	11 €	53.08 €			
				54 €	**54 €**	**108 €**	**89 €**	**7 €**	41 450	**kWh/a**
Pellet			0.08 €				**110 €**	**9 €**	**461 €**	**580 €**
Kaugküte			0.08 €				**110 €**	**9 €**	**471 €**	**590 €**
ÕV soojuspump			0.09 €				**110 €**	**9 €**	**541 €**	**661 €**

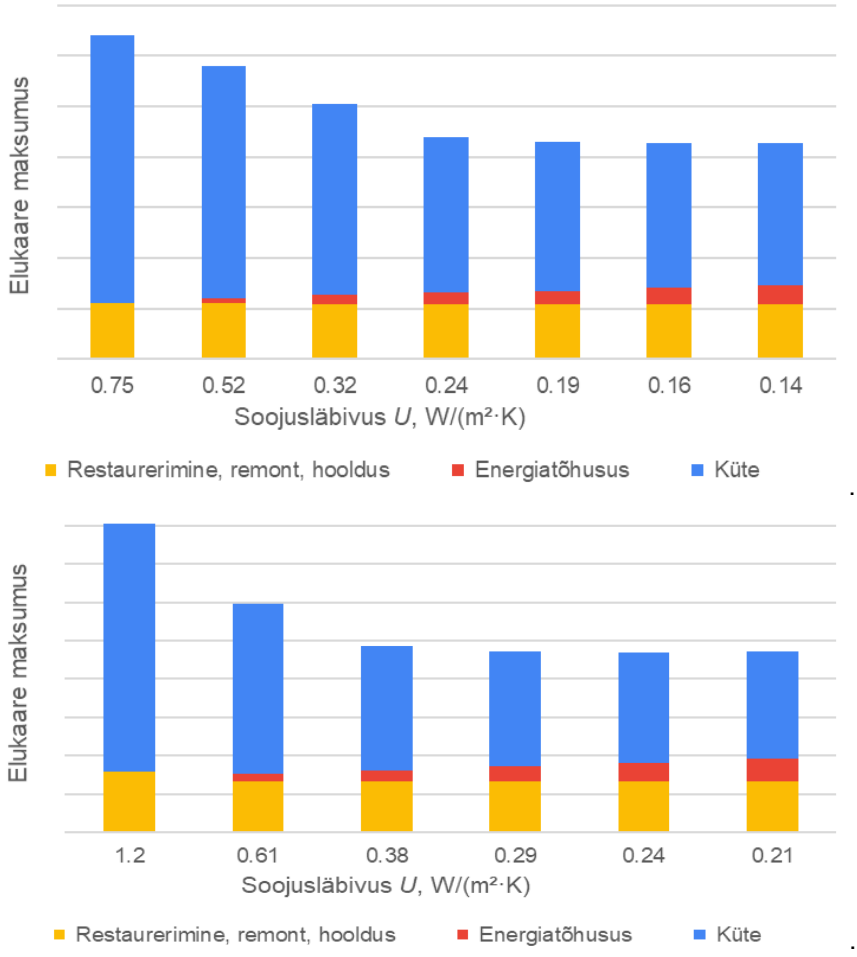


Joonis 5 Näide palkseina lisasoojustuse olelusringi maksumuse arvutusest.



Joonis 6 Näide palkseina lisasoojustuse maksumuse ja soojusläbivuse suhtest.

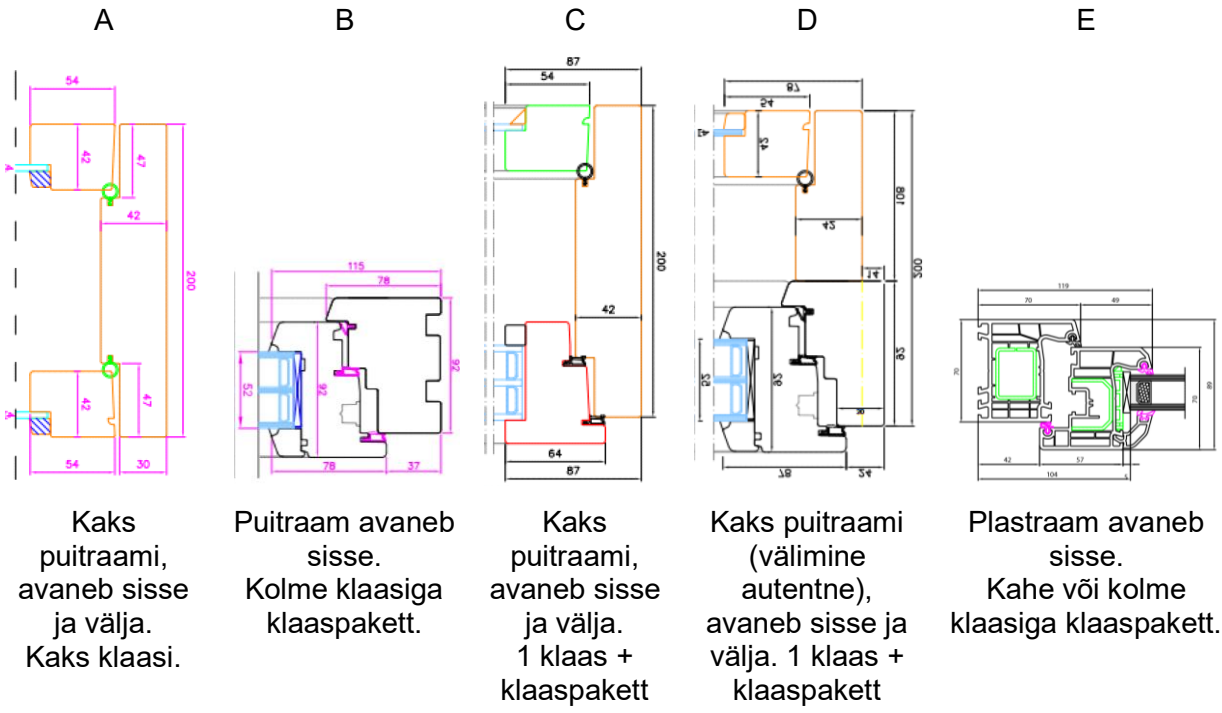
Kogu olelusringi kulust moodustavad kõige suurema osa küttekulud Joonis 7. Suuruselt teine on restaureerimise, remondi ja hoolduse kulu (kõik kulu, mis ei mõjuta seina soojusläbivust ja hoone energiatõhusust). Kulutus seina soojusläbivuse vähenemisele ja energiatõhususe parandamisele (soojustusmaterjal ja selle paigaldamiseks vajalik puitkarkass) on võrreldes teiste kuludega väike. Kuluoptimaalne lahendus sõltub ka renoveerimistoetusest ja on soojusläbivuse vahemikus *U* 0,14 – 0,19 W/(m²·K). Restaureerimise korral on olelusringi kulud kõige suuremad, kuna suurt alginvesteeringut ei kompenseeri energiatõhususe paranemisest tekkiv püsikulude vähenemine ruumide küttele.



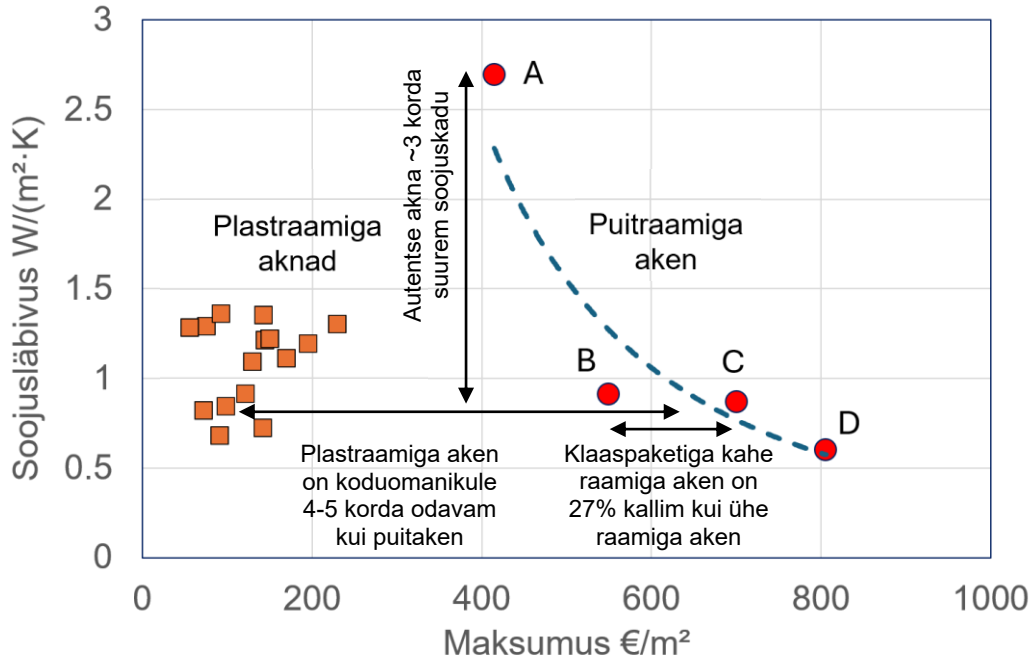
Joonis 7 Erineva soojusläbivusega renoveeritud palkseina (ülal) ja krohvitud tellisseina (all) olelusringi kulude võrdlus.

Akende ja nende maksumuse võrdlus tehti viie lahenduse võrdluses, Joonis 8. Puitaknad osteti Tehnikaülikooli laboriuuringu jaoks. Plastakna maksumus saadi tootjate kodulehe pakkumusest. Akende maksumuse võrdlus (Joonis 9) näitab, et:

- Kahe raamiga akna, mille sisemises raamis on klaaspakett on ≈27 % kallim kui ühe puitraamiga kolme klaasiga klaaspaketiga aken;
- Autentne, kahe puitraamiga ja kahe klaasiga aken on küll ≈24 % odavam kui ühe puitraamiga klaaspaketiga aken, aga on ka ≈300 % suurema soojuskaoga;
- Plastaken on puitaknast 4 – 5 korda odavam. See võib olla ka põhjuseks, miks miljöö- ja muinsuskaitsealadel on plastakna kasutamine levinud (Liiva et al., 2024; Pettai, 2023)

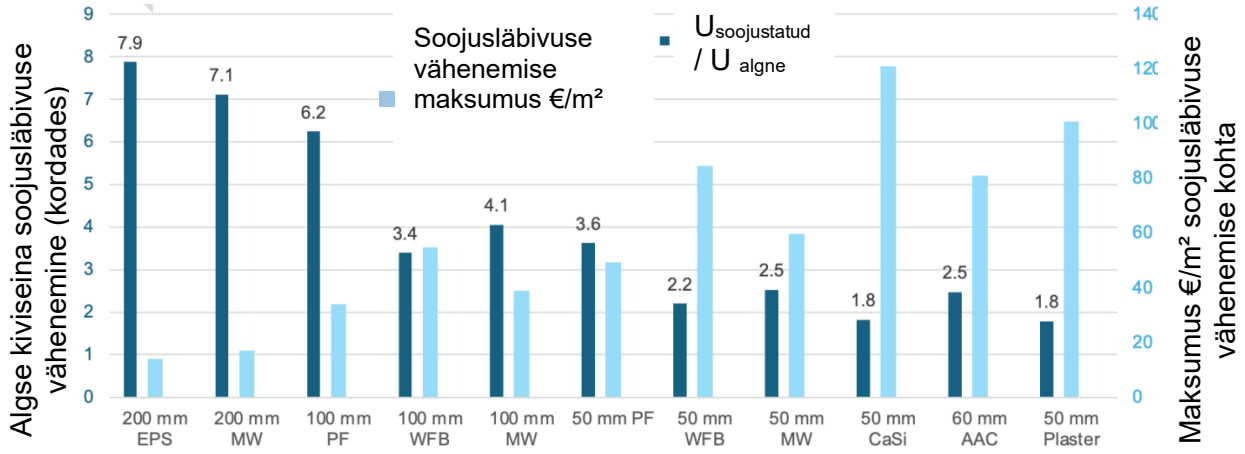


Joonis 8 Võrreldud akende lahendused.



Joonis 9 Akende soojusläbivuse ja maksumuse võrdlused.

Kiviseina soojustuste võrdluses näitab seespoolne lisasoojustus kõige kallimat lahendust ja kõige väiksemat mõju soojusläbivuse muutusele, Joonis 10



Joonis 10 Soojustatud kiviseina (sh. seespoolne lisasoojustus) efektiivsuse ja maksumuse võrdlused (EPS – vahtpolüstüreen, MW – mineraalvill, PF – fenoolvaht, WFB – puitkiudplaat, CaSi – kaltsiumsilikaat, AAC – mullbetoon, plaster – krohv).

5.4.1 Meetmepakettide valimine

Mõned meetmed võivad omavahel olla seotud nii, et üksikute meetmete mõju ei saa lihtsalt liita. Kokkuvõttes paketti lisamisel hinnatakse kombineeritud mõjusid ning erinevate kombinatsioonide mõju hinnatakse tervikuna.

5.4.2 Eesmärkidega vastavusse viimine

Selles etapis hindab interdistsiplinaarne projektimeeskond meetmepaketi vastavust varem seatud eesmärkidele ja kohendab lahendust nii, et eesmärgid saavad täidetud.

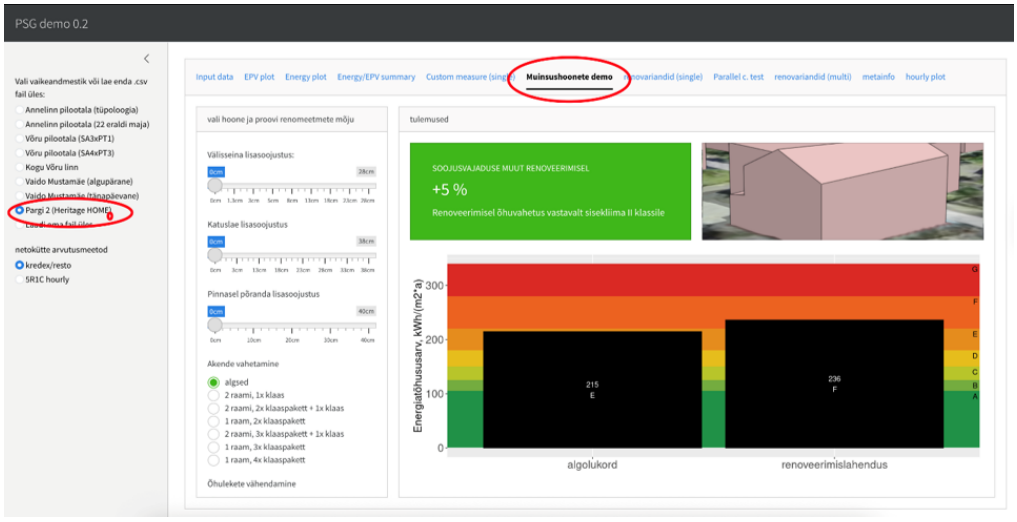
6 Muinsuskodu puhtale energiale ülemineku uudsete renoveerimis-pakettide valiku tööriist

6.1 Renoveerimis-pakettide valiku tööriista alused

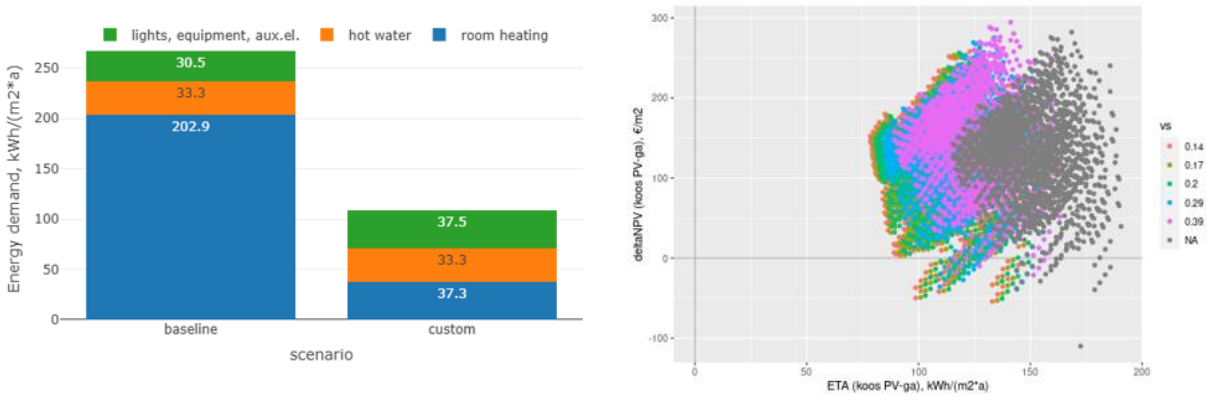
Et üksikuid renoveerimismeetmeid (sisend HeritageHome tegevusest T.3.2) kombineerida pakettideks ja lihtsustada renoveerimisprotsessi, loodi digitaalse tööriista prototüüp, mis aitab välja töötada lõpliku renoveerimiskontseptsiooni ja aitab paremini koostada muinsuskaitse eritingimused. Arvesse saab võtta hooneomanike erinevaid hoiakuid, kultuuriväärtuse säilitamist, energiasäästu ja heitkogused ja hinnata majanduslikku mõju. Tööriist võimaldab arvutada tervikrenoveerimise pakettide energiasäästu: alates 25–30 % kuni ≥40–60 %. Renoveerimispaketid koostatakse põhimõttel, et tagatakse ehitisele esitatud oluliste nõuete täitmine ja luuakse koduomanikele optimaalne sisekliima kvaliteet. Näiteks vastab siseruumide õhuvahetus II sisekliima klassi nõuetele. Renoveerimismeetmete valikul arvestatakse peamiste hooneelementidega (sein, katus, sokkel, põrand, aken), tehnosüsteemidega ja etapilise renoveerimise vajadusega.

6.2 Esimene versioon

Renoveerimispakettide valiku tööriista esimene versioon loodi ühe kahekorruselise korterelamu hoone arhetüübi (geomeetria Pargi 2, Kuressaares) alusel. Kasutaja sai muuta piirdetarindite soojusläbivuse või soojustuste paksusi ja akna lahendusi, saades tulemuseks energiakulu muutuse (Joonis 11) ja majandusliku mõju (Joonis 12). Kalkulaator võimaldas luua ja kombineerida ~7000 renoveerimispaketti ning võrrelda nende mõju.



Joonis 11 Renoveerimispakettide valiku tööriista esimese prototüübi töölaud.



Joonis 12 Üksiku renoveerimismeetme võrdlus renoveerimiseelse olukorraga (vasakul) ja meetmete kombinatsioonide mõju olelusringi maksumusele (paremal).

Hoone geomeetriale lisaks on vaja täiendavat infot akende kohta. HeritageHome tegevuses T2.2 töötati Muinsuskaitseameti juhtimisel välja muinsuskodu detailsem hoonetüpoloogia, mis esindas paremini ajaloolist hoone geomeetriat (3D ja meetri skaala), detaile (2D ja sentimeetri skaala), konstruktsioone (1D ja millimeetri skaala) ja tehnosüsteeme. Lisaks hoone kujule kasutati hoone tasandil tüpoloogia loomiseks ka teisi parameetreid: funktsioon/kasutus, omandiõigus, vanus jne.

6.3 Teine versioon

6.3.1 Üldine tutvustus

Kui esimeses versioonis kasutati ühe hoone geomeetriat, siis teises versioonis kasutatakse konkreetse hoone Maa-Ameti poolt loodud hooneteisiku geomeetriat. Selle abil liikuda arhetüübilt edasi konkreetse hoone arvutusele. Sellega täidetakse paremini eesmärki, et igat unikaalset muinsuskodu saaks hinnata individuaalselt.

See rakendus võimaldab dünaamilist kuueastmelist töövoogu muinsushoonete algseisundi energiatarbimise hindamiseks ja renoveerimismeetmete tasuvusanalüüsiks:

- Hoone;
- Piirdetarindid;
- Tehnosüsteemid;
- Baasolukord;
- Renoveerimine;
- Kuluanalüüs.

Rakendus kasutab kahte ReST taustateenust:

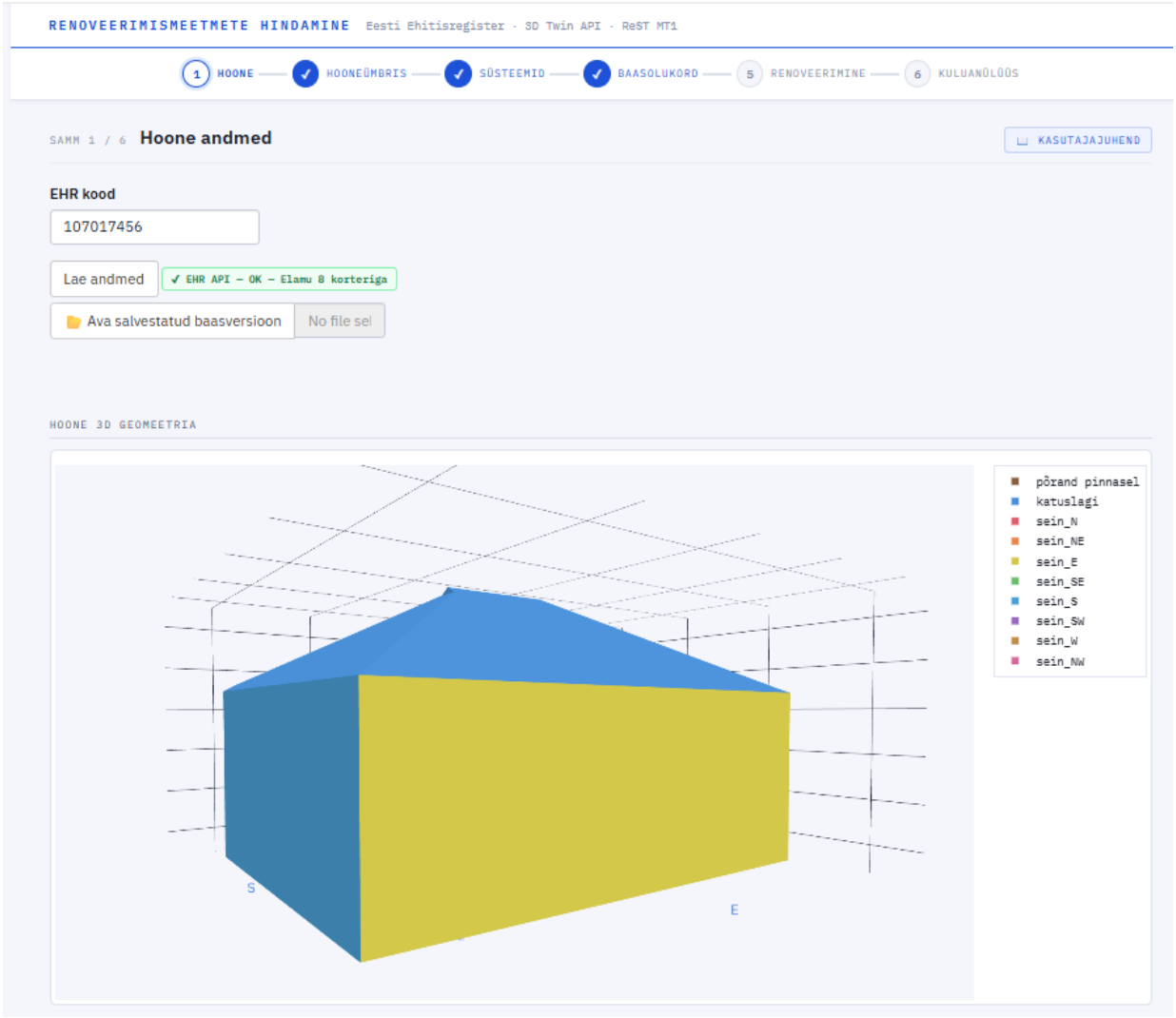
- ReST MT1 API - arvutab hoone aastase energiatarbimise ja sellega seotud muutujate tunniväärtused ja aastasummad (kWh/ m^2·a) ning määrab indikatiivse energiaklassi (A-H);
- ReST MT4 API - arvutab renoveerimismeetmete tasuvuse: nüüdisväärtuse muutu (ΔNPV, €/m², käibekulude kokkuhoidu ja investeeringu suurust ilma ja koos toetustega.

Lähtutakse järgmistest eeldustest:

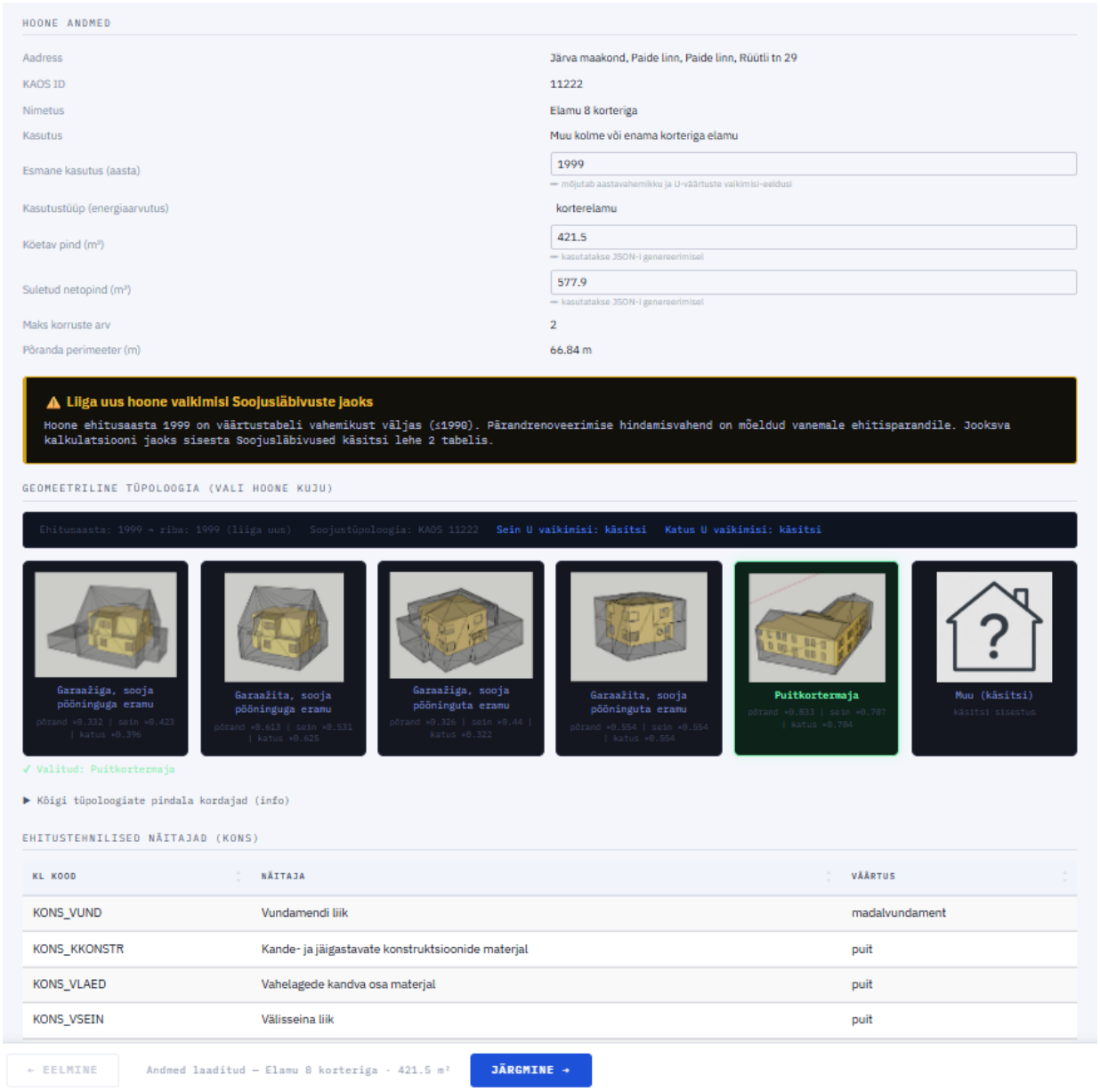
- Hoone peab olema registreeritud EHR-is (Ehitisregister) ja omama KAOS koodi ühest toetatud kategooriast: eramaja, ridaelamu, korterelamu;
- Hoone ehitusaasta peab olema ≤1990. Uuematel hoonetel automaatne soojusläbivuse loomine puudub ja kasutaja sisestab andmed ise;
- LOD2 geomeetria peab olema EHR-is saadaval - rakendus laeb kolmemõõtmelise kujundi automaatselt, pindalasid ja soojusläbivusi saab hiljem käsitsi muuta koos tehnosüsteemide parameetrite valiku ja täpsustamisega.

6.3.2 Tööriista tööaknad

Samm 1 – Hoone. Sisestades hoone ehitusregistri koodi laetakse ehitusregistrist andmed (ID, nimetus, kasutus, köetav pindala jne) (Joonis 13). Pärast andmete laadimist kuvatakse hoone LOD2-põhine 3D-vaade ja tüpoloogiakaardid. Kasutaja saab valida hoone lahenduse, mis kõige paremini kirjeldab hoone kuju (nt „Lihtne kast“, „L-kuju“, „T-kuju“) ja suunab korruste jaotuse arvutust (Joonis 14). Kui 3D-vaade ei kuva geomeetriat, võib olla, et EHR-is pole LOD2 mudel registreeritud.

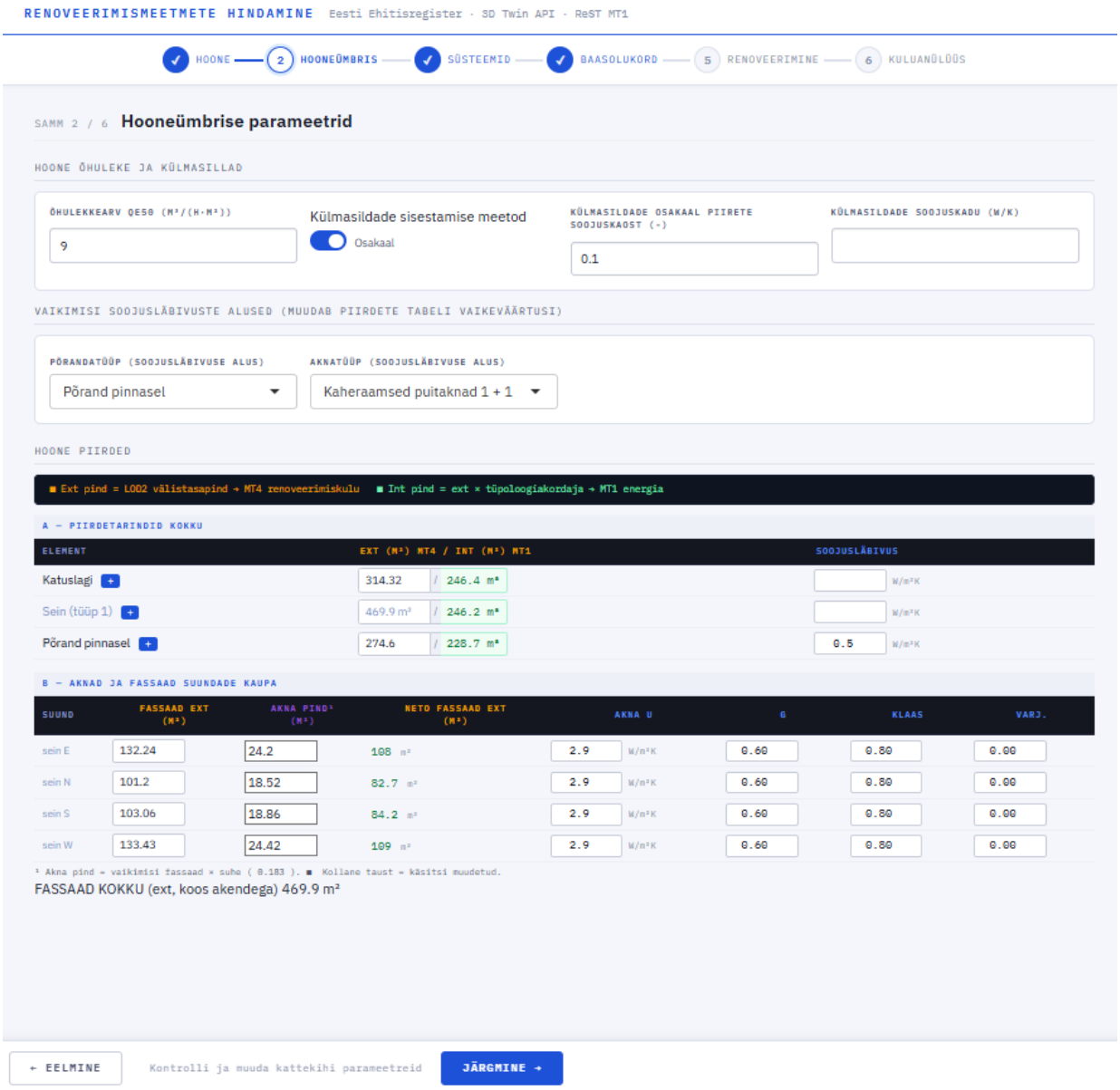


Joonis 13 Samm 1 – Hoone töölauavaade (ülemine osa).



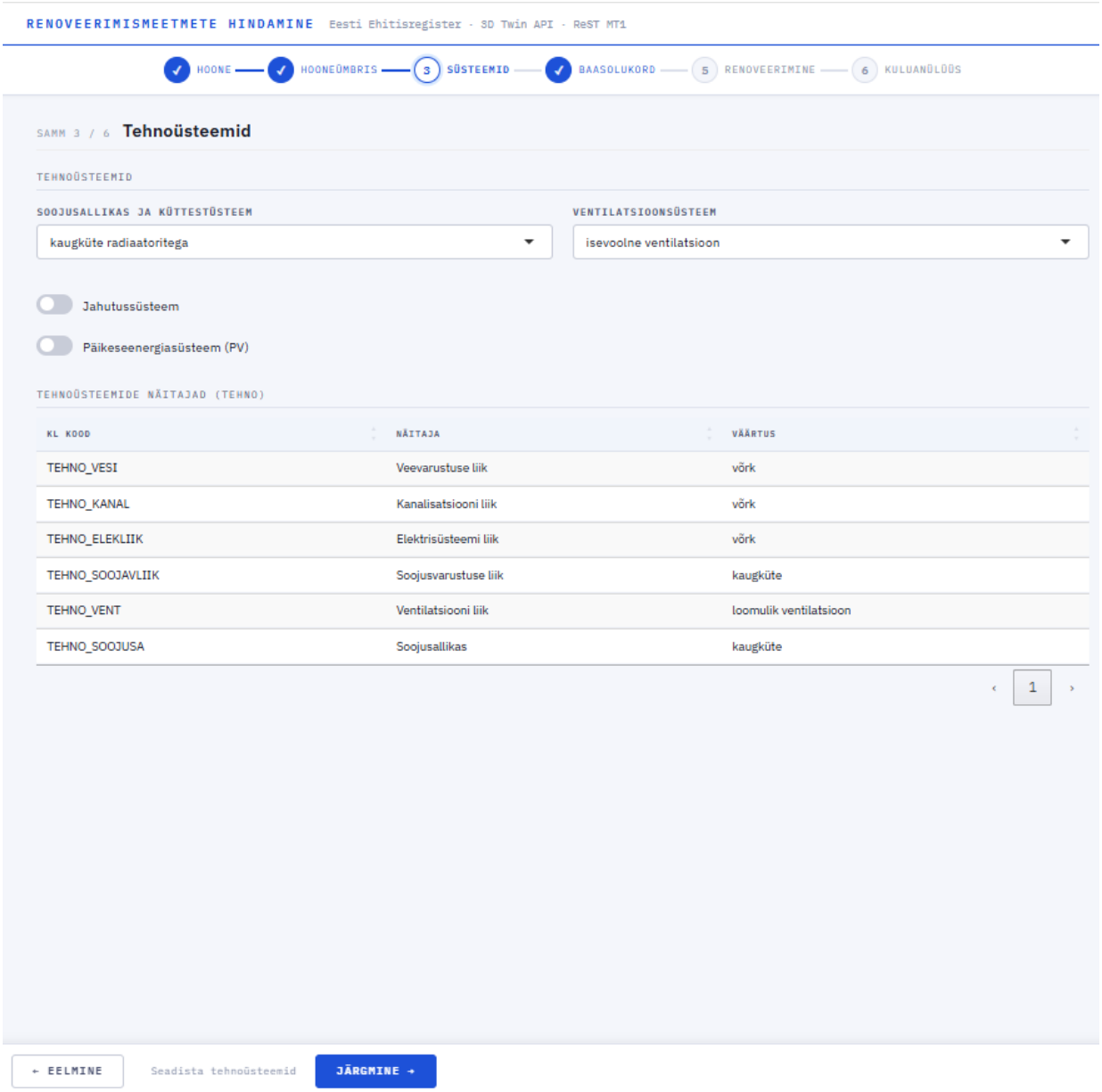
Joonis 14 Samm 1 – Hoone töölauavaade (alumine osa).

Samm 2 – Piirdetarindid. Kasutaja kinnitab ja vajadusel muudab hoone piirdetarindite pindalad, soojusläbivused ja akna tüübid (Joonis 15). Aknad on arvestatud seintele kaheksasse ilmakaarde. Kui muudetakse fassaadi pindala ja aken ei ole käsitsi lukustatud, skaleerub akna pindala automaatselt proportsionaalselt.



Joonis 15 Samm 2 – Piirdetarindid töölauavaade.

Samm 3 – Tehnosüsteemid. Kasutaja sisestab hoone olemasolevate tehnosüsteemide parameetrid: soojusallikas, küttesüsteem, ventilatsioonisüsteem, tarbevee soojendamise süsteem, jahutus, kohapealne elektri tootmine taastuvenergiaallikatest (võimalik mitu paneeli gruppi ja akut) (Joonis 16).

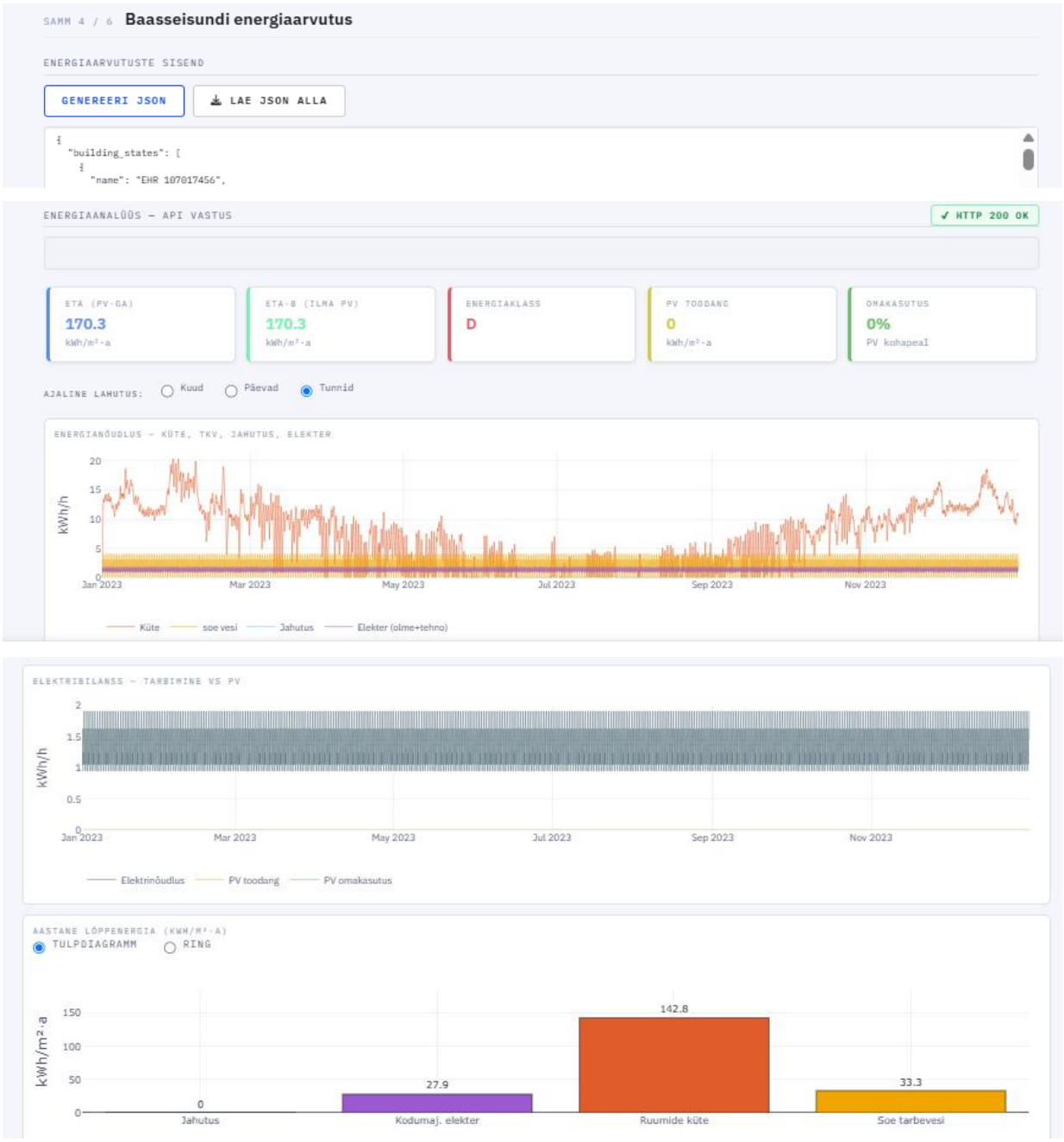


Joonis 16 Samm 3 – Tehnosüsteemid töölauavaade.

Samm 4 – Baasolukord (renoveerimiseelne olukord)**.** Luuakse hoone andmefail ja selle abil tehakse sisekliima- ja energiatõhususe arvutus. Arvutustulemustes kuvatakse (Joonis 17):

- Energiatõhusus arv PV-toodanguga (ETA (PV-ga)), kWh/(m²·a);
- Energiatõhusus arv ilma PV-ta (ETA-B (ilma PV)), kWh/(m²·a);
- Energiatõhususarvu klass (A → H);
- Omakasutus PV omakasutuse osakaal (%).

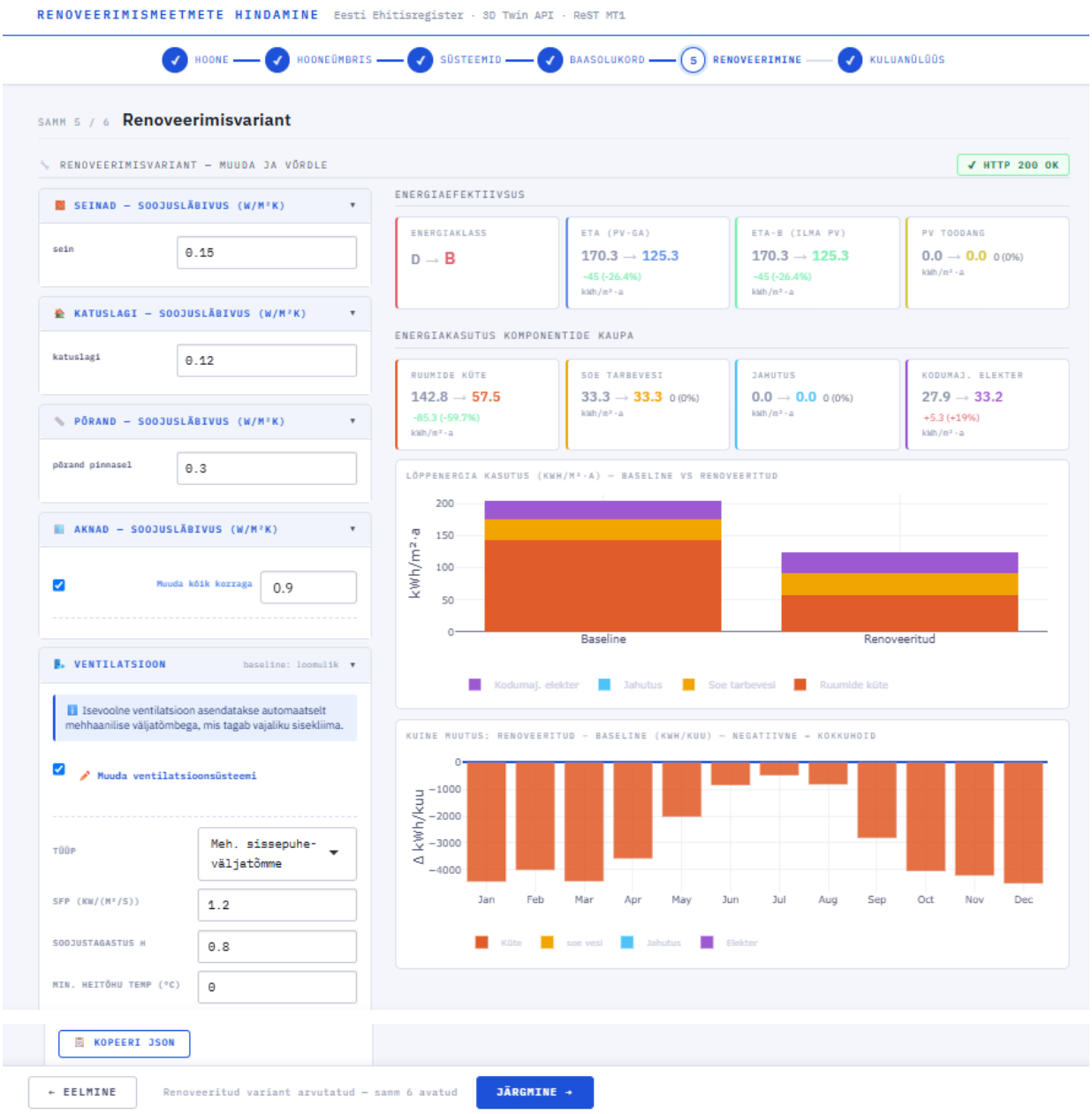
Graafikutel kuvatakse kuine energiakasutus komponentide kaupa, aastane energiakasutuse jaotus ning elektri toodang vs tarbimine tunnisammus.



Joonis 17 Samm 4 – Baasolukord töölauavaade (ülemine osa).

Samm 5 – Renoveerimine. Kasutaja koostab renoveerimismeetmete paketi ja võrdleb energiatarbimist baasolukorraga. Määratakse renoveerimismeetmete lahendused (W/(m²·K)), algmaksumused (€/m²), hoolduskulud, järjekord ja etapi teostamise aeg. Iga süsteemi (ventilatsioon, kütmine, jahutus, PV) kõrval on valik „Muuda,mille aktiveerimisel avaneb redigeerimispaneel. Renoveerimisvariant pärib algsüsteemi ja kasutaja muudab soovitut. Pindalakulude valemid võivad olla korrigeeritud ehitushinnaindeksiga (vaikimisi 1.0 = baastase

2021. a hinnatase). Indeksi suurendamine tõstab kõigi elementide arvutuslikke kulusid proportsionaalselt. Tulemused kuvatakse võrdlustabelis: energiaklass, ETA baas -+ ETA renoveeritud, ruumiküte, tarbevee soojendamine, jahutus, kodumajapidamise ja valgustuse elekter kWh/(m²·a). Graafikutel kuvatakse aastane energiakasutus baas vs renoveeritud ja kuine sääst komponentide kaupa, Joonis 18.



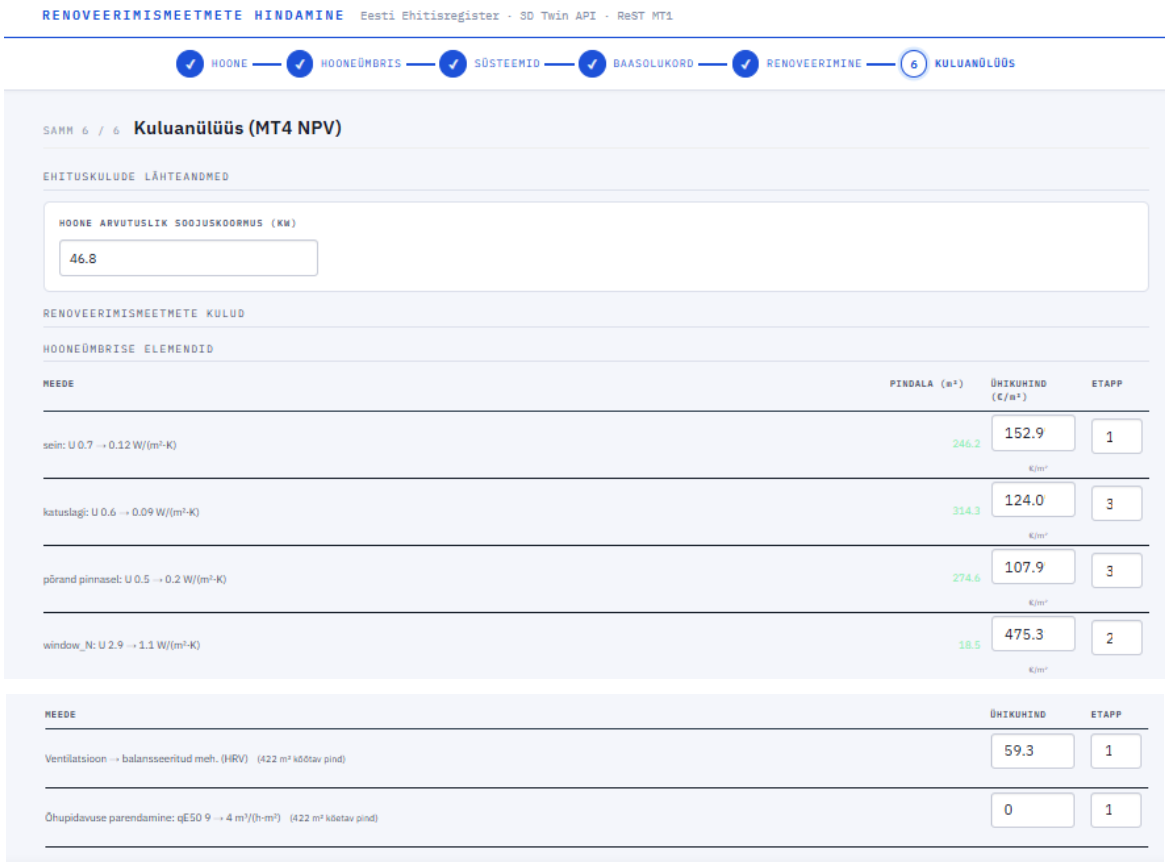
Joonis 18 Samm 5 – Renoveerimine töölauavaade.

Samm 6 – Kuluanalüüs.

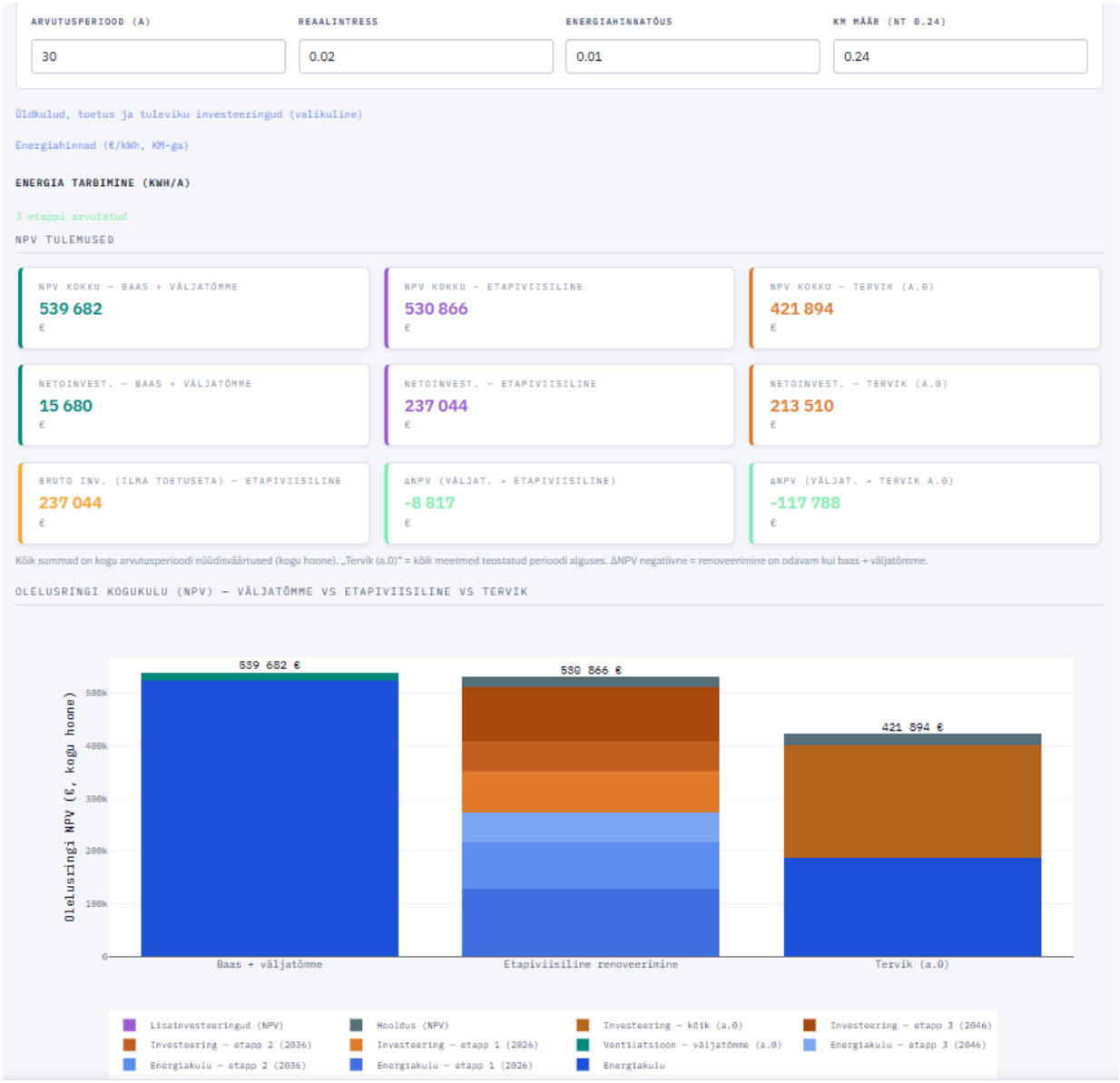
Tulemus võimaldab hinnata renoveerimise rahalist tasuvust nüüdisväärtuse (*Net Present Value*, NPV) meetodil (30 aastat, reaalintressi määr 2 %, energiahinna tõus 1 %, käibemaks 24 %, üldkulu ja toetuse osakaalud), sealhulgas etapilise renoveerimise stsenaariumide kaupa (Joonis 19, Joonis 20). Renoveeritud variandis võib soojuse hinda muuta, kui plaanitakse vahetada küttesüsteemi (nt kaugküttelt soojuspumbale).

Kasutaja saab alla laadida *.pdf formaadis aruande, mis sisaldab:

- 1. Baasolukord - hoone üldandmed, kütte- ja ventilatsioonisüsteem, hooneümbris, külmasillaandmed, õhulekkearv, energiatarve;
- 2. Renoveerimise etapid - iga etapi meetmed, energiatarve pärast etappi, kumulatiivne investeering ja NPV;
- 3. Kokkuvõte - lõplik energiatarve, kogu investeering, ETA vs ΔNPV trajektoorgraafik.
- Lisad - arvutuse põhiparameetrid, üldkulud/toetus, energiahinnad.



Joonis 19 Samm 6 – Kuluanalüüs (ülemine osa: renoveerimismeetmed).



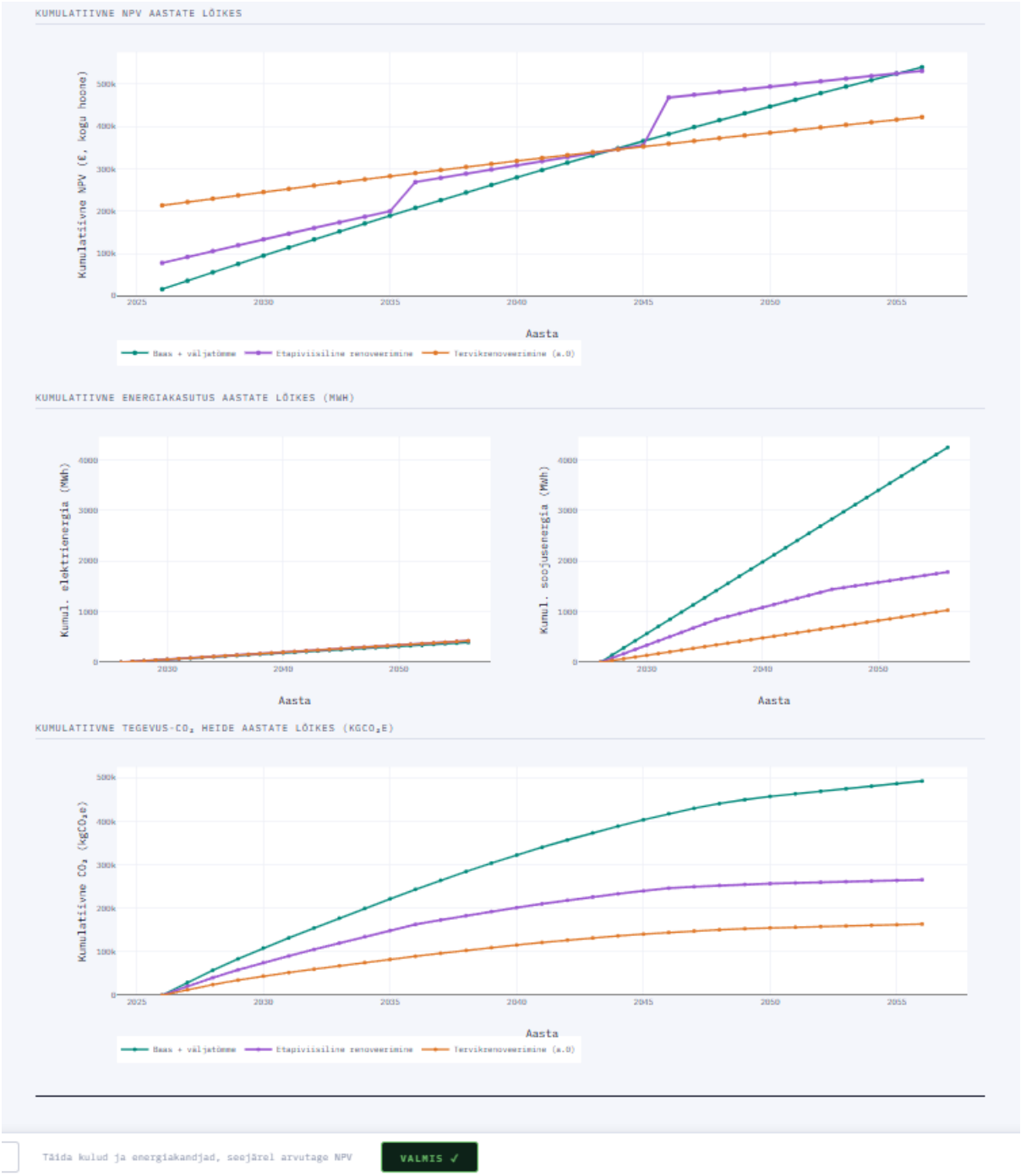
Joonis 20 Samm 6 – Kuluanalüüs (alumine osa: arvväärtused ja tulpdiagrammid).

6.4 Kolmas versioon

Kolmanda versiooni arendustöö keskendus:

- kasutajakogemuse käigus tuvastatud arendustöö vajadusele ja
- renoveerimisetappide arvestamisega ja ajastamisega.

Tulemus võimaldab hinnata etapilise renoveerimise etappide mõju olelusringi maksumusele, energiakasutusele ja heitmete tekkimisele (Joonis 21).



Joonis 21 Samm 6 – Kuluanalüüs (keskmine osa: kumulatiivne maksumuse (ülal), energia (keskel) ja heitmed B6 (all).

7 Läbitöötatud renoveerimispakettide näiteid

Järgnevalt on esitatud valik läbitöötatud renoveerimispakettide näiteid. Kogu valikut ja siin esitatud hoonete põhjalikumat käsitlust vaata hoonete renoveerimiskavade aruandes (HeritageHome tegevus T.5.1 Muinsuskodude renoveerimiskavade piloteerimine). Kasutatud hoonetel võis juba olla osa renoveerimistöid juba projekteeritud/teostatud läbi töötatud lahendused ei pruugi nendega kattuda. Eesmärk oli analüüsida, hinnata ja näidata muinsuskoduomaniku energiakulu kokkuhoiu potentsiaali ilma hoone kultuuriväärtusi kahjustamata.

7.1 Rõhtpalkseintega korterelamu

Algselt kuurordiarhitektuuri järgiv kahekorruseline puithoone ehitati 19. sajandi lõpul. Hoone on algselt olnud detailide rohke ja ilmeka fassaadikujundusega, kuid mitmete ümberehituste käigus on enamik neist kaduma läinud.

Korterelamu välisilme enne ja pärast tervikrenoveerimist vt. Joonis 22.



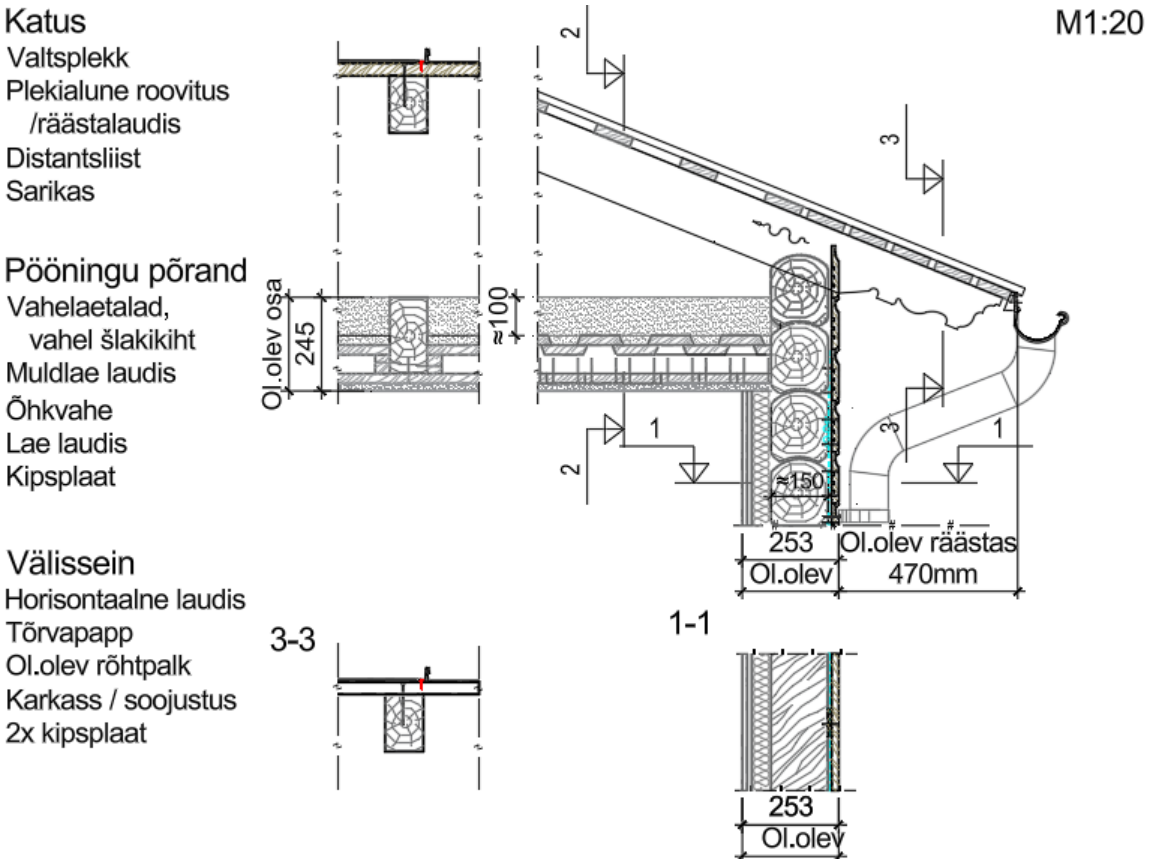
Joonis 22 Hoonest olukord enne (vasakul) ja visioon pärast (paremal) tervikrenoveerimist.

Enne renoveerimist on energiatõhususarv 237 kWh/(a m^2) ja energiatõhususarvu klass “F“. Hoone standardkasutuse ja sisekliima nõuetele vastav energiatõhususarv on 273 kWh/(a m^2) ja energiatõhususarvu klass “G“ (lisandunud on energiakulu nõutud õhuvahetuse tagamiseks ilma soojustagastuseta).

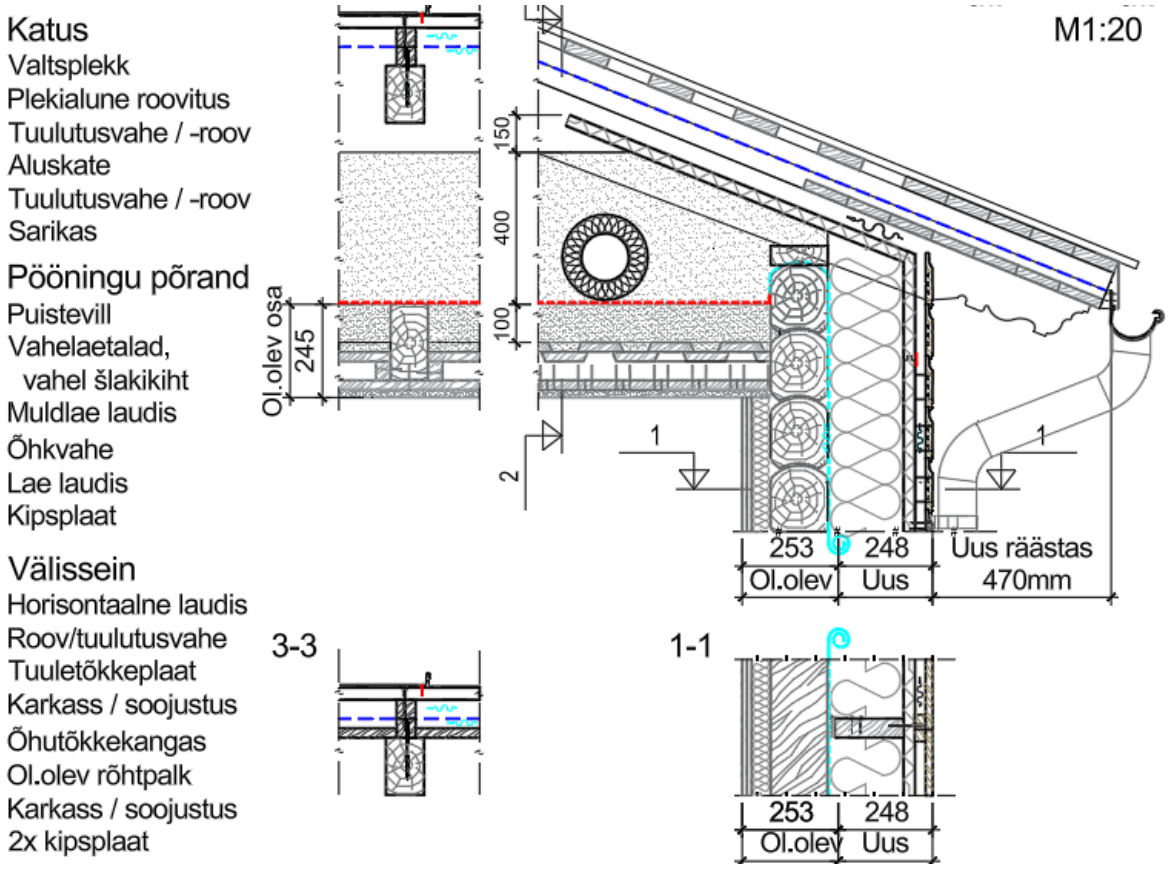
Energiast kulub soojusele 90 % ja elektrile 10 %. Soojusest kulub ruumide küttele ja infiltratsiooniõhu soojendamisele 88 %, tarbevee soojendamisele 12 %. Soojuskadusid põhjustavad enim avatäited (aknad, välisuksed) ja välisseinad. Suurimate soojuskadude minimeerimisega saab hoone soojuskadu kõige paremini vähendada.

Järgnevatel joonistel on esitatud välisseina ja katuse liitekoha lahendus räästas renoveerimiseelse (Joonis 23) ja renoveerimisjärgse (Joonis 24) olukorrana; välisseina vundamendi ja esimese korruse põranda liitekoht soklis renoveerimiseelse (Joonis 25) ja renoveerimisjärgse (Joonis 26) olukorrana ning välisseina ja akna liitekoht enne ja pärast tervikrenoveerimist (Joonis 27). Fassaadi proportsioonide ja figuuri, materjali ja viimistlusesäilimine tagab, et Tabel 4 kohaselt kultuuriväärtuse säilimise saab hinnata heaks. Kui

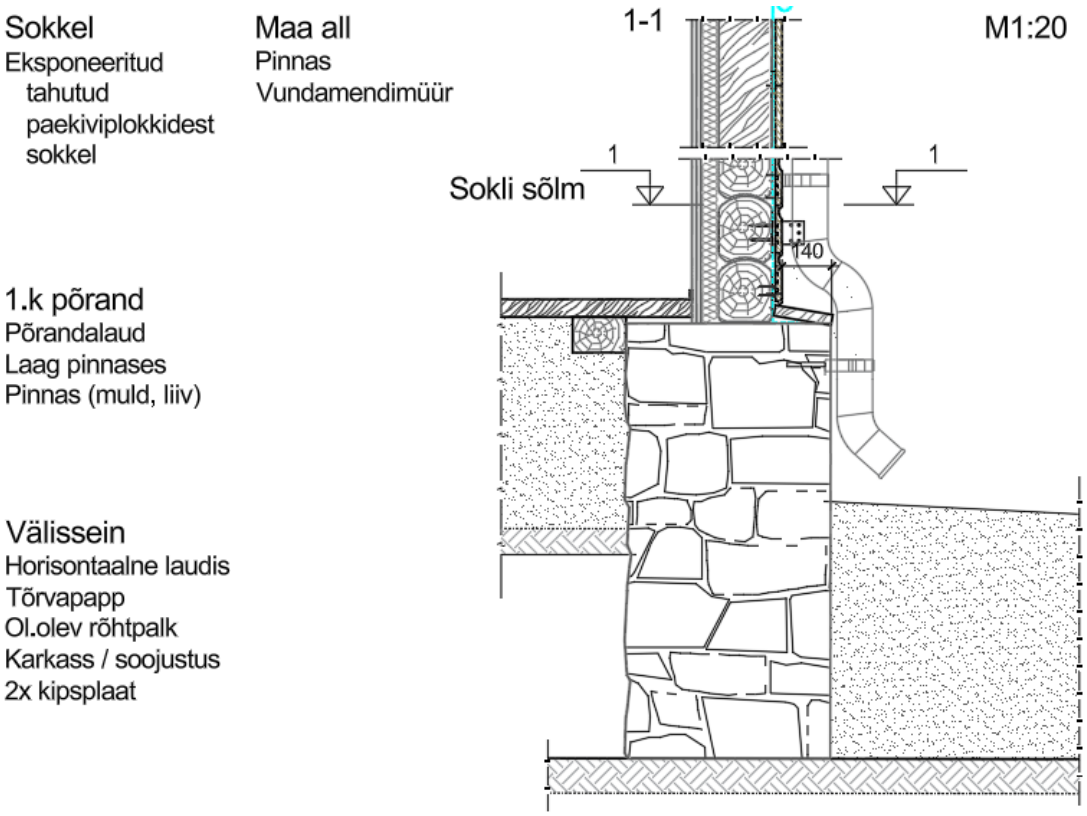
säilitada olemasolev laudis (Joonis 22) võiks kultuuriväärtuse seisukohalt tulemus olla väga hea. Samas muinsuskaitse eritingimused ei keelanud laudist vahetada.



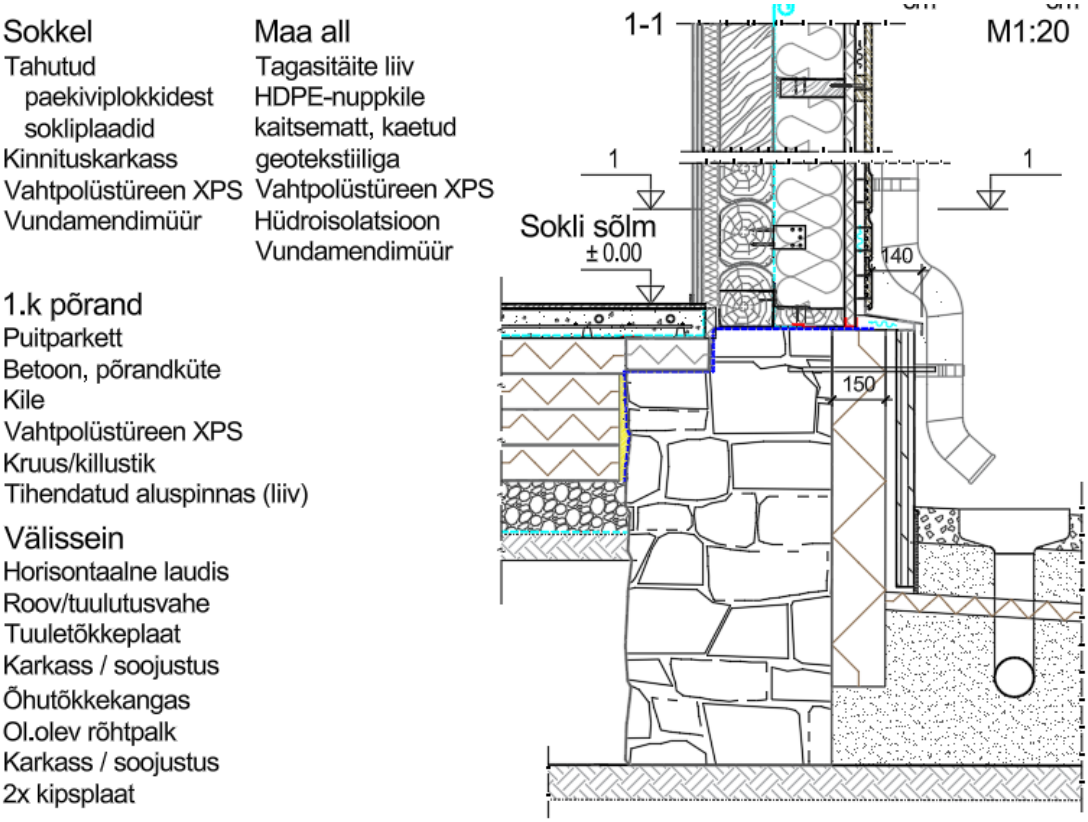
Joonis 23 Räästa sõlm enne renoveerimist.



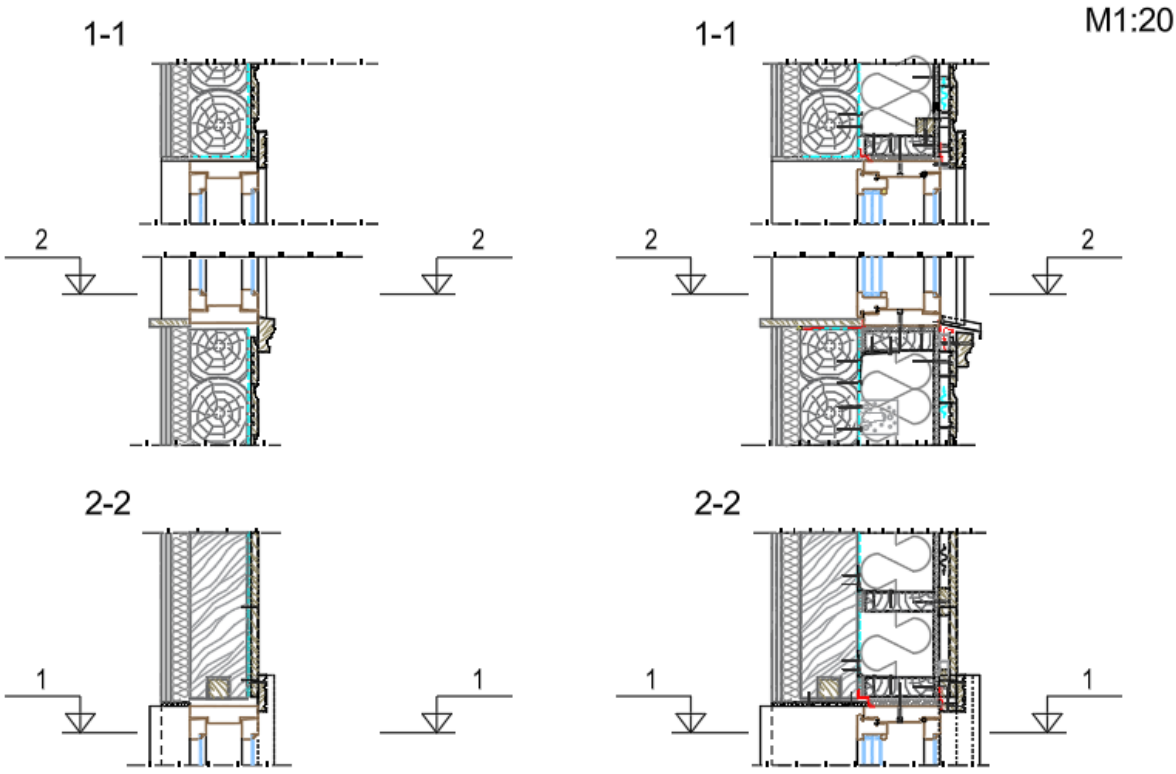
Joonis 24 Tervikrenoveerimise kohane räästa sõlm (lõpptulemus).



Joonis 25 Sokli sõlm enne renoveerimist.



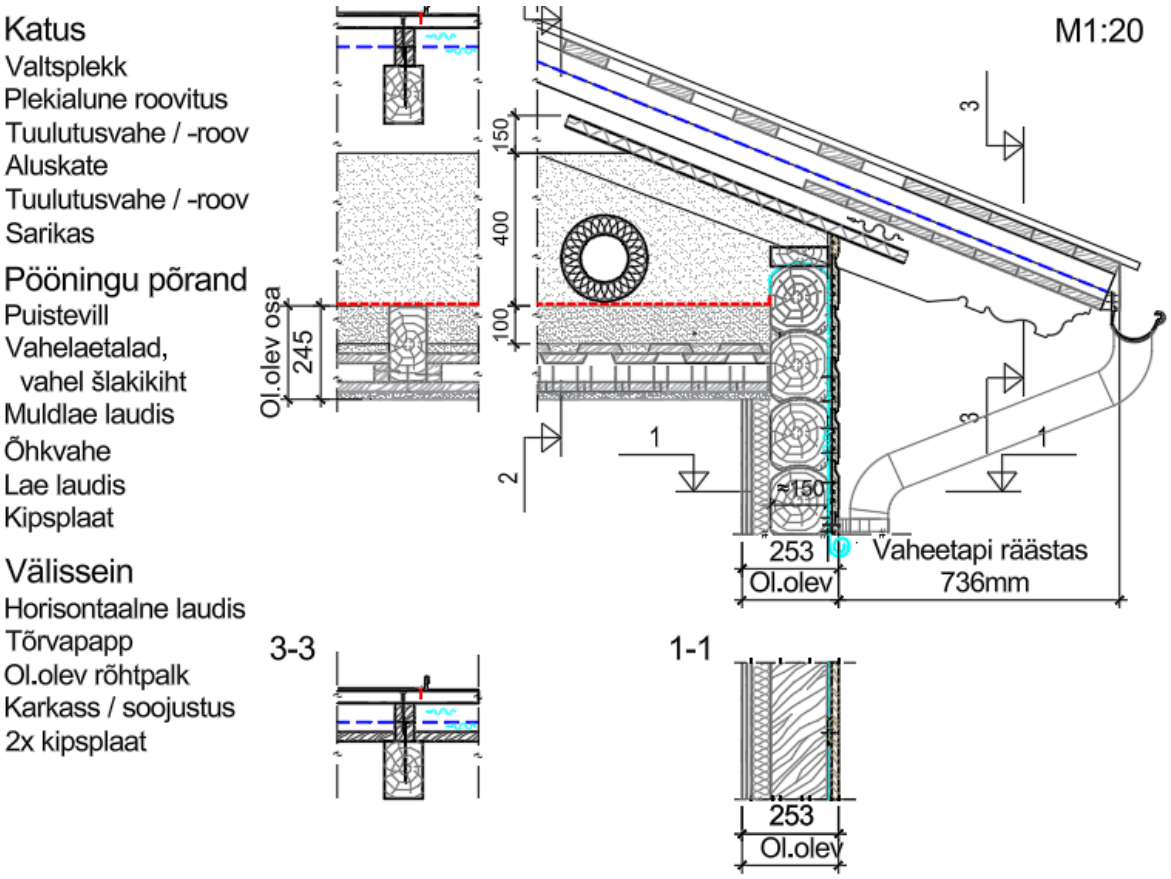
Joonis 26 Tervikrenoveerimise kohane sokli sõlm.



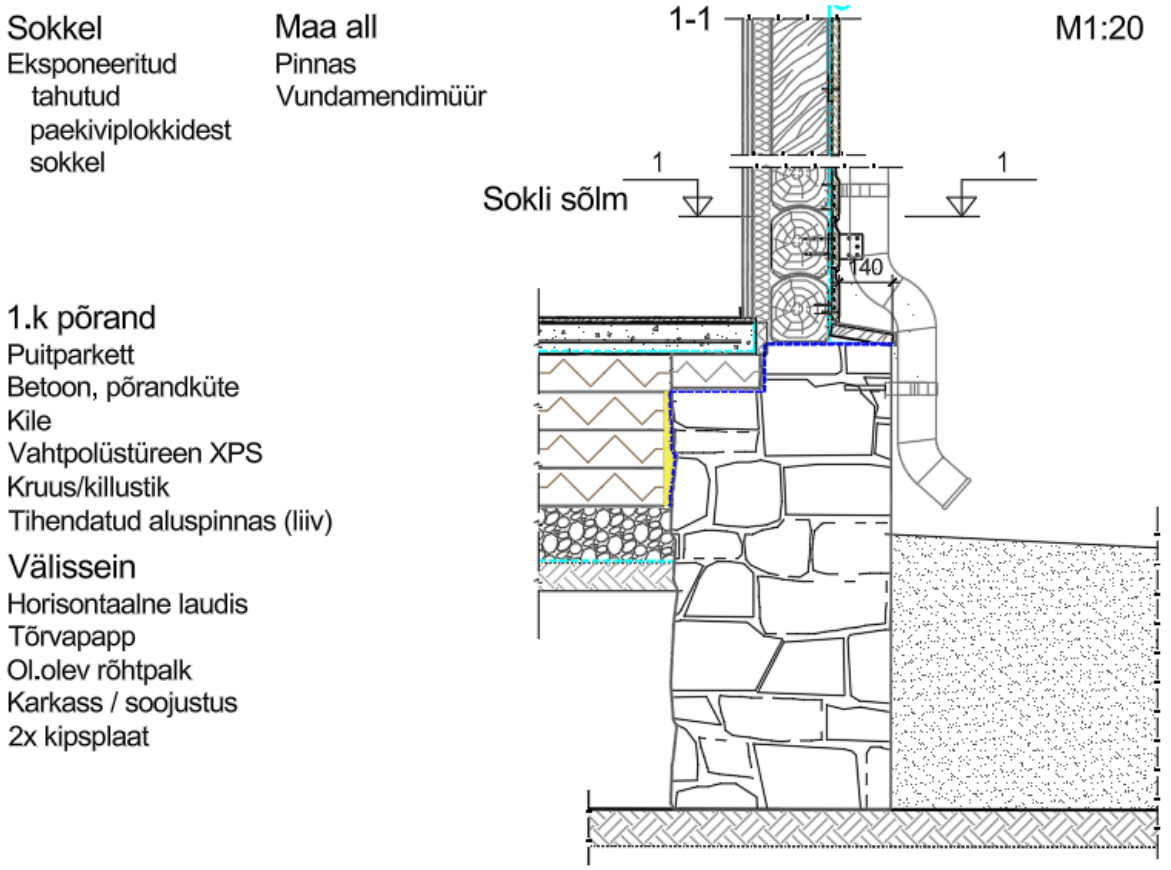
Joonis 27 Akna ja välisseina liitumine enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).

Etapiti tervikrenoveerimise lahendused:

- Esimese renoveerimisetapi peaeesmärk on likvideerida võimalik avariioht, vastavus ehitisele esitatud olulistele nõuetele;
- Teises renoveerimisetapis parandatakse hoone energiatõhusust ja sisekliimat soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamisega, pööningu põranda soojustamisega ja 1. korrusele uue soojustatud põranda ehitamisega. Hoone fassaadi figuur on räästa ja sokli sõlmedes Joonis 28 ja Joonis 29 kohane.
- Kolmandas renoveerimisetapis parandatakse hoone energiatõhusust välisseina ja sokli lisasoojustamisega ning uute akende paigaldamisega (vt. Joonis 23, Joonis 24, Joonis 25, Joonis 26, Joonis 27).



Joonis 28 Räästa sõlm pärast 2. renoveerimisetappi.



Joonis 29 Sokli sõlm pärast 2. renoveerimisetappi.

7.2 Püstplankseintega korterelamu

Keldriga kahekorruseline kivist trepikodadega puithoone on pikliku põhiplaaniga ja kesktelje suhtes sümmeetrilise fassaadiga. Fassaadi keskosas on massiivne, külgedest kahe kivist trepikojaga piiratud keskrisaliit. Hoone külgtiibade risaliidid on vähearenenud. Tagasihoidlikku fassaadidekoori täiendavad keskrisaliidi katusekorruse ümaraknad ja trepikodade kaarsillustega aknad ja jõulise rustikaga sissepääsude raamistused.

Korterelamu välisilme enne ja pärast tervikrenoveerimist vt. Joonis 30.

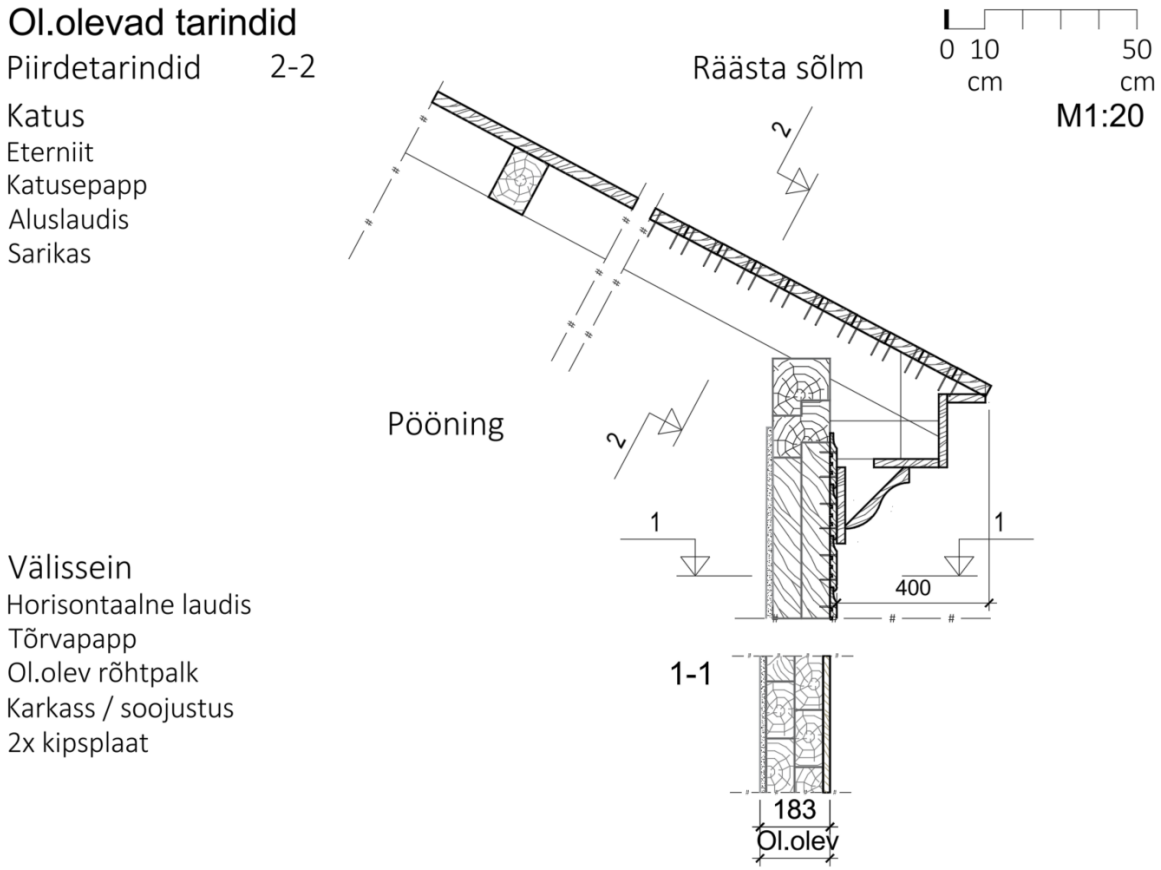


Joonis 30 Hoonest olukord enne (vasakul) ja visioon pärast (paremal) tervikrenoveerimist.

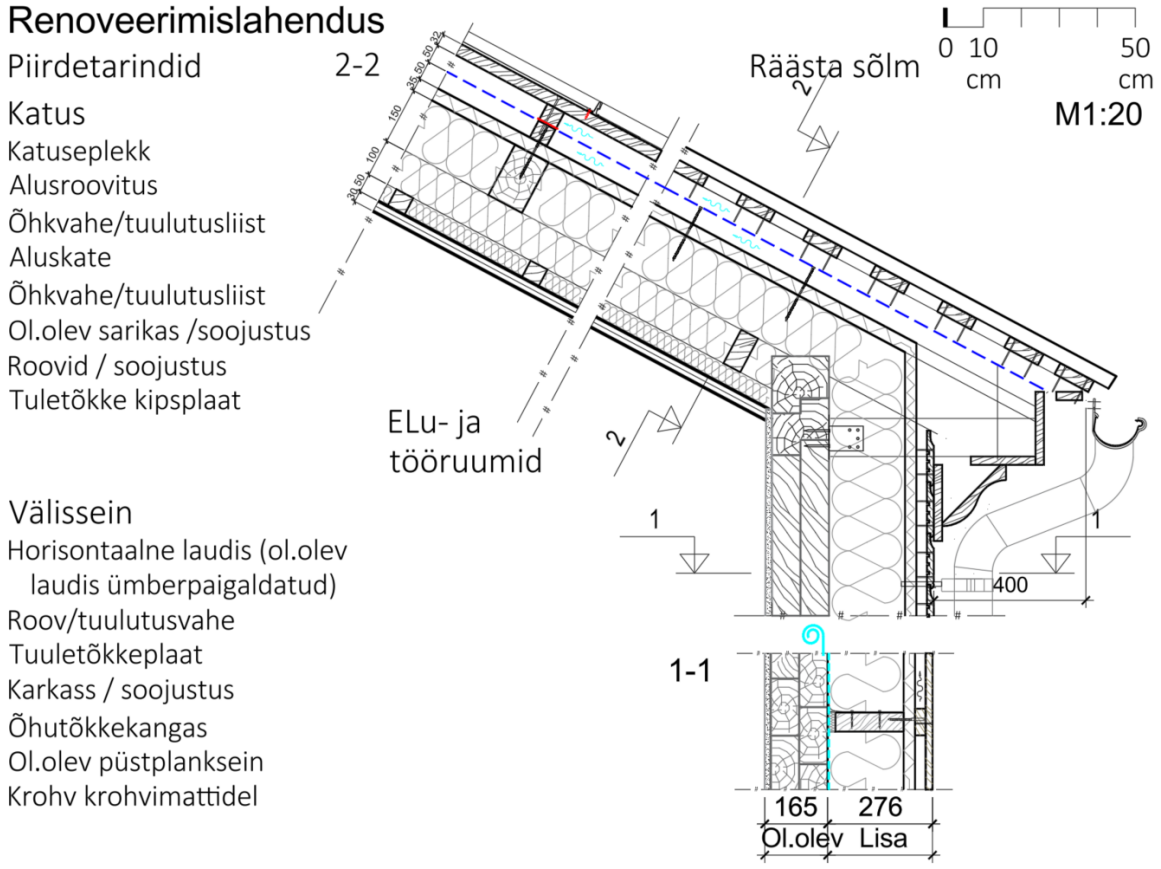
Enne renoveerimise järgmist etappi on energiatõhususarv 151 kWh/(a·m^2) ja energiatõhususarvu klass “D“. Energiast kulub soojusele 82 % ja elektrile 18 %. Soojusest kulub ruumide ja infiltratsiooniõhu soojendamisele 84 %, tarbevee soojendamisele 16 %. Soojuskadusid põhjustavad enim avatäited (aknad, välisuksed) ja välisseinad. Suurimate soojuskadude minimeerimisega saab hoone soojuskadu kõige paremini vähendada.

Järgnevatel joonistel on esitatud välisseina ja katuse liitekoha lahendus räästas renoveerimiseelse (Joonis 31) ja renoveerimisjärgse (Joonis 32) olukorrana; välisseina vundamendi ja esimese korruse põranda liitekoht soklis renoveerimiseelse (Joonis 33) ja renoveerimisjärgse (Joonis 34) olukorrana ning välisseina ja akna liitekoht enne ja pärast tervikrenoveerimist (Joonis 34) ja trepikoja krohvitud fassaadi renoveerimislahendus (Joonis 36). Fassaadi proportsioonide ja figuuri, materjali ja viimistluse säilimine tagab, et Tabel 4 kohaselt kultuuriväärtuse säilimise saab hinnata heaks. 2006. aasta restaureerimise käigus hoone laudis säilitati ja värviti. 2013. aastal tuvastati hoonel rida ehituslikke puudusi ning tõsisemaid defekte, mis takistasid elamu normaalset kasutamist ning nõudsid korteri omanikelt lisakulutusi nende kõrvaldamiseks (Lainsalu, 2013). Välisseinte osas tõdeti madalat soojapidavust ja lokaalsete niiskuskahjustuste esinemist. Fassaad oli värvitud linaõlivärviga, mis juba kolme aasta pärast oli mitmes kohas lõunafassaadil laudiselt lahti koorunud. Samuti koorus värv karniisidel ja piirdelaudadel. Värvi laboriuuring andis tulemuseks:

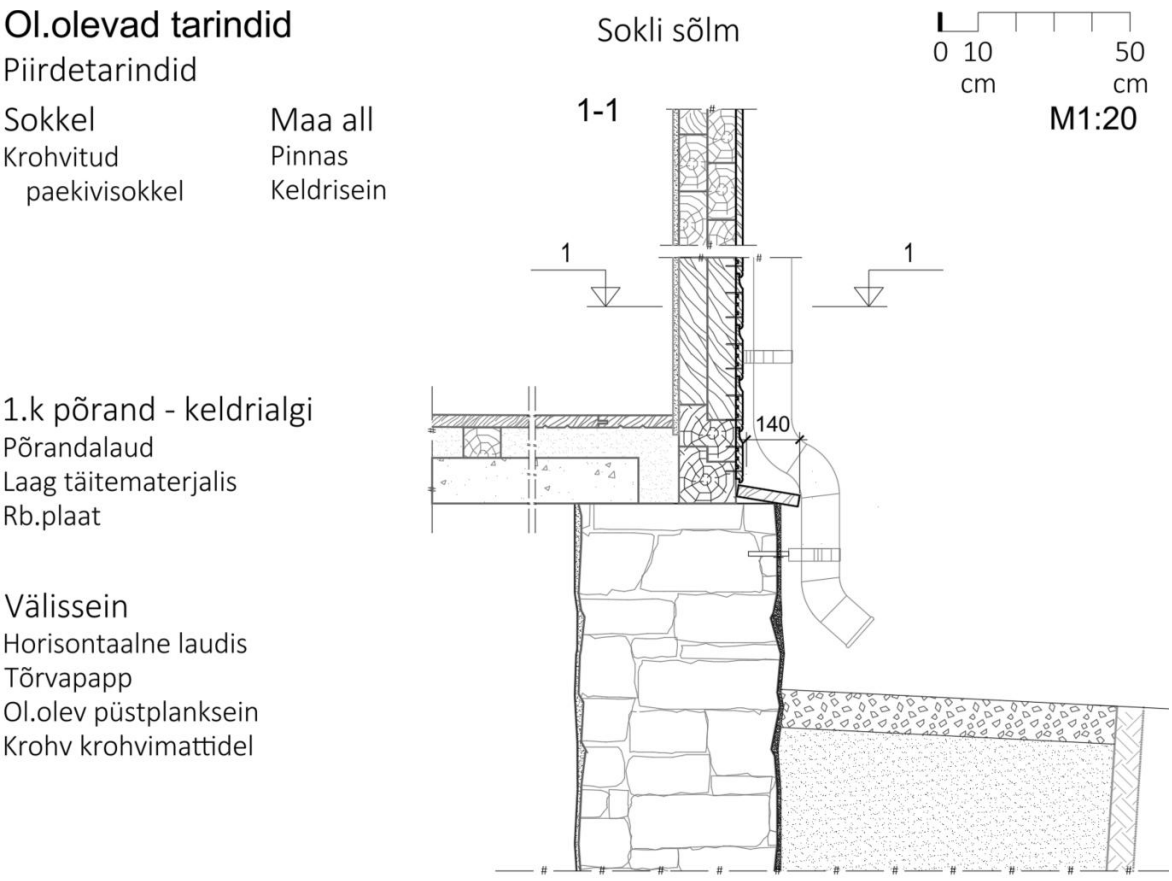
- hoone välisfassaadi remondil uue puidu ehk väljavahetatud puitelementide värvimisel on kasutatud värv puiduga hästi nakkunud;
- vana ehk hoone olemasoleva ja allesjäänud laudvoodri värvimisel värvinake alusega praktiliselt puudub.



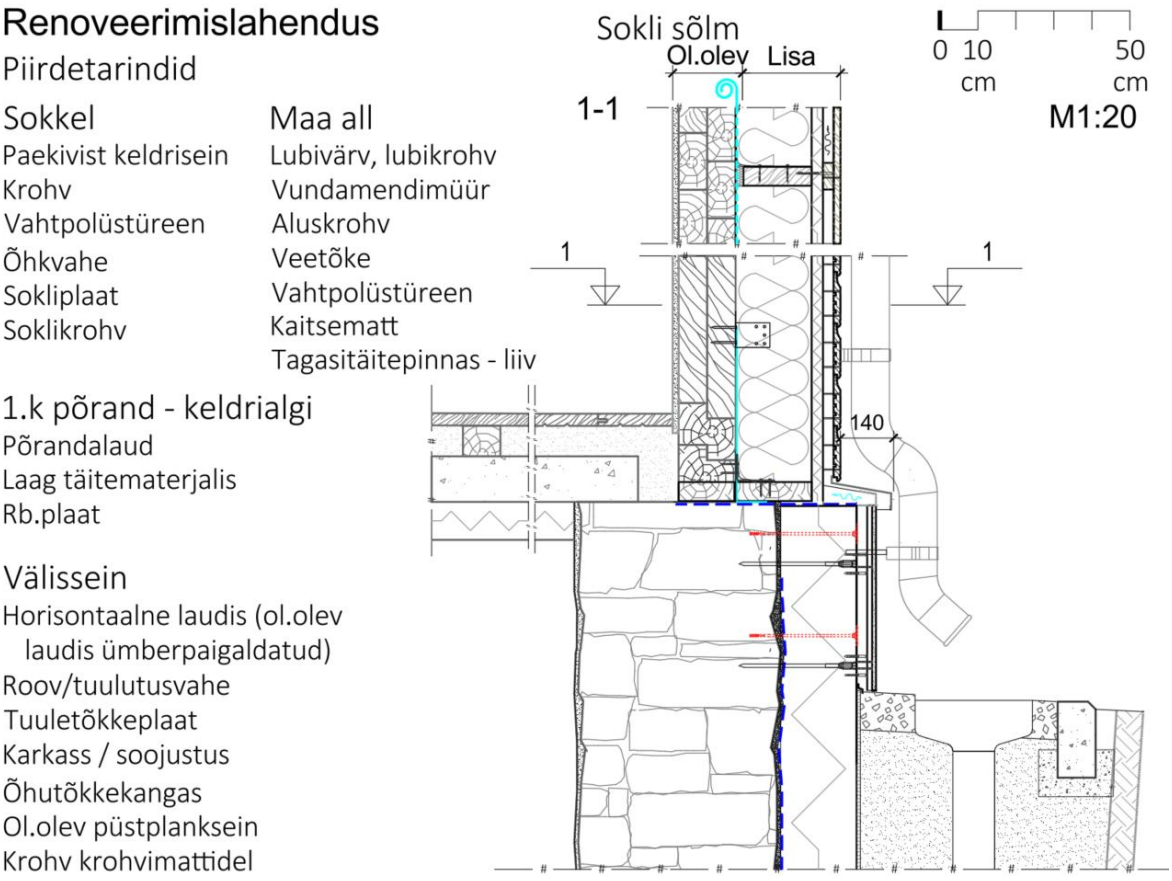
Joonis 31 Räästa sõlm enne renoveerimist.



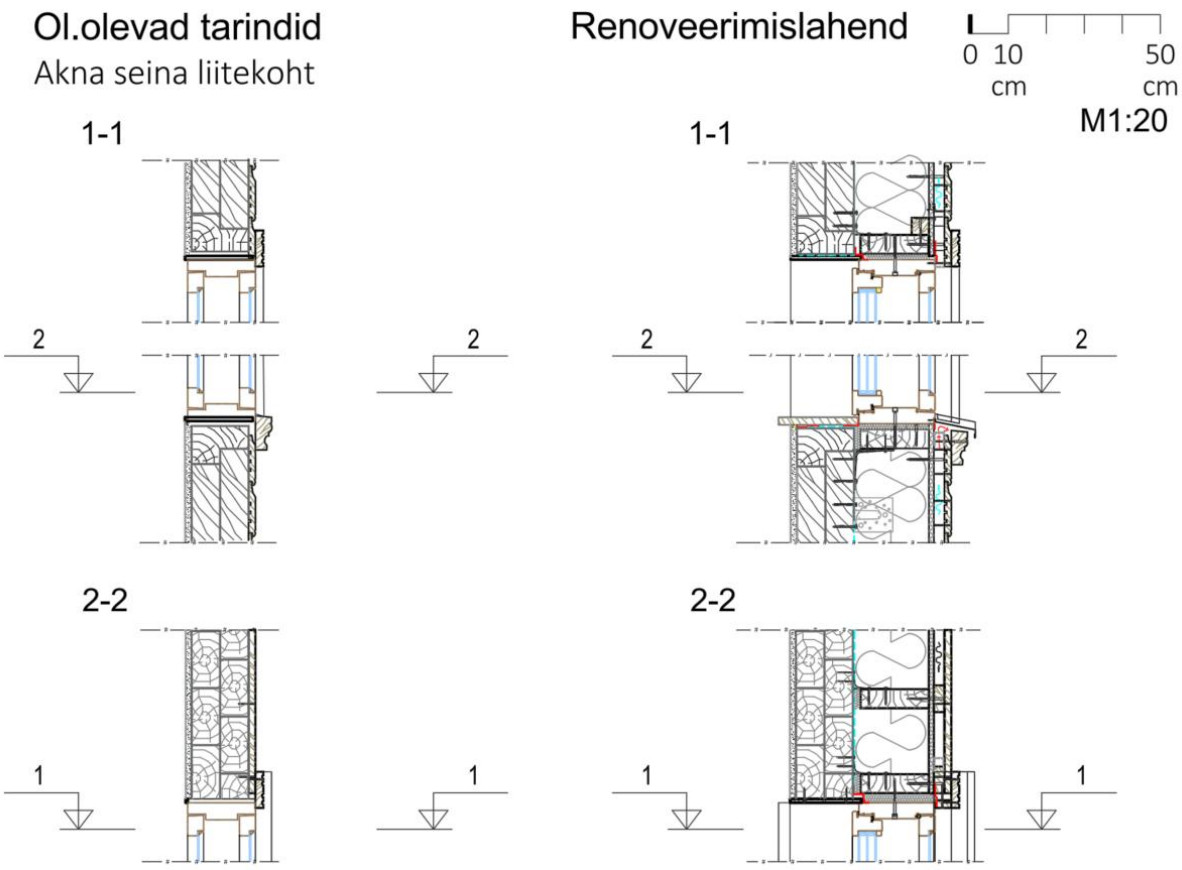
Joonis 32 Tervikrenoveerimise kohane räästa sõlm (lõpptulemus).



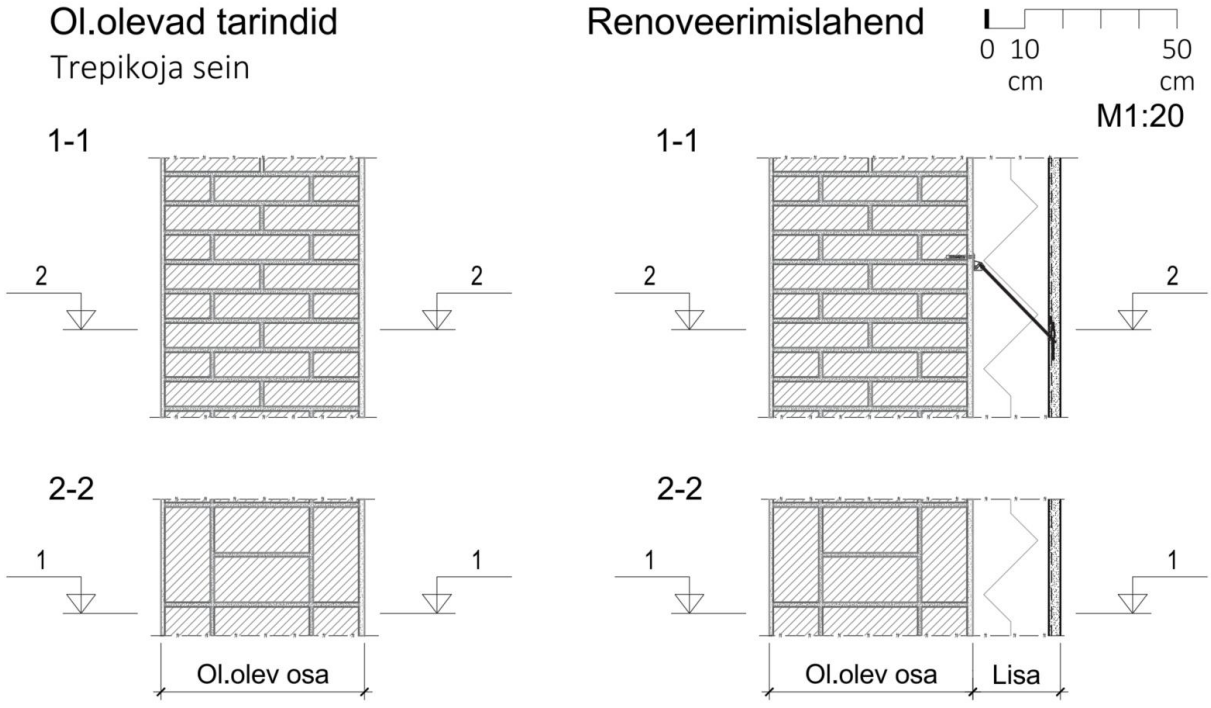
Joonis 33 Sokli sõlm enne renoveerimist.



Joonis 34 Tervikrenoveerimise kohane sokli sõlm.



Joonis 35 Akna ja välisseina liitumine enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).



Joonis 36 Trepikoja välissein enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).

7.3 Krohvitud tellisseintega korterelamu

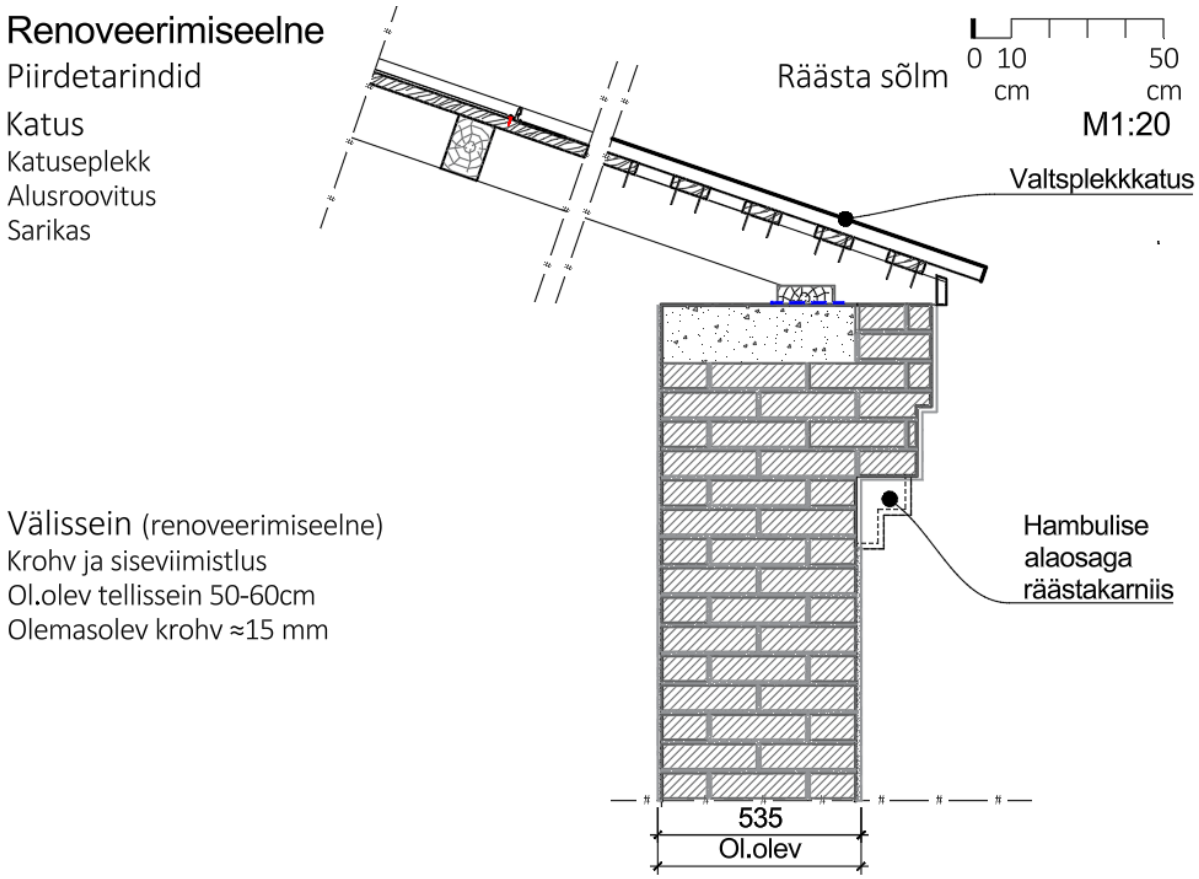
Hoone esindab Eestis mitte eriti laialt levinud kroonuhistoritsismi arhitektuuri. Kohaliku arhitektuuri kontekstis esindab hoone vormilt kõrgprofessionaalset Vene Impeeriumi kroonuarhitektuuri musternäidet selle viimastes ilmingutes.

Hoone oli enne renoveerimist kasutuseta, Joonis 37. Enne renoveerimist on energiatõhususarv 192 kWh/(m²·a) ja energiatõhususarvu klass “E“. Energiast kulub ruumide küttele 74 %, tarbevee soojendamisele 14 % ja elektrile 12 %,

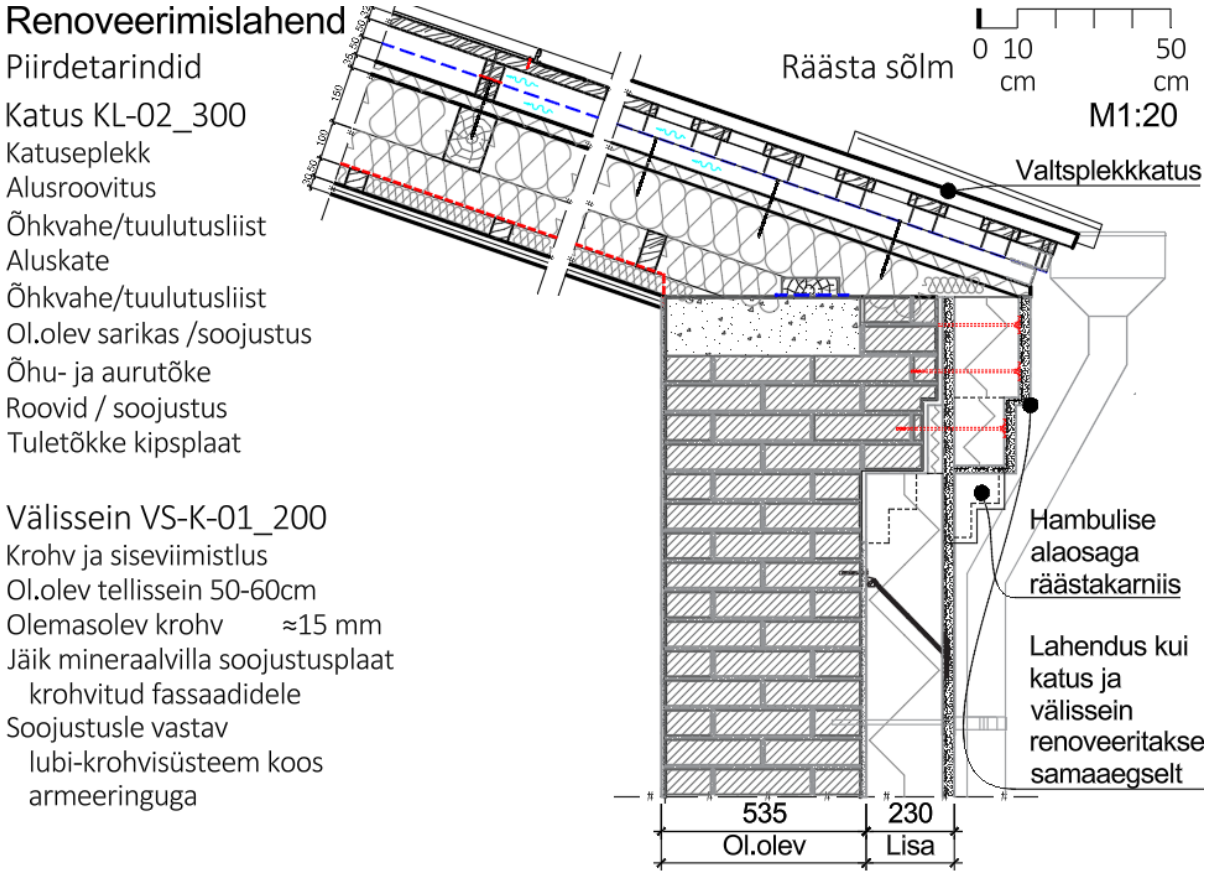


Joonis 37 Hoone fassaad enne (ülal) ja pärast (all) tervikrenoveerimist.

Järgnevatel joonistel on esitatud välisseina ja katuse liitekoha lahendus räästas renoveerimiseelse (Joonis 38) ja renoveerimisjärgse (Joonis 39) olukorrana; välisseina vundamendi ja esimese korruse põranda liitekoht soklis renoveerimiseelse(Joonis 40) ja renoveerimisjärgse olukorrana (Joonis 41) ning välisseina ja akna liitekoht enne ja pärast tervikrenoveerimist (Joonis 42). Fassaadi proportsioonide ja figuuri ning materjali ja viimistluse (seinal krohv, soklil paas) olemasolu tagab, et Tabel 4 kohase kultuuriväärtuse säilimise saab hinnata heaks.



Joonis 38 Räästa sõlm enne renoveerimist.



Joonis 39 Tervikrenoveerimise kohane räästa sõlm (lõpptulemus).

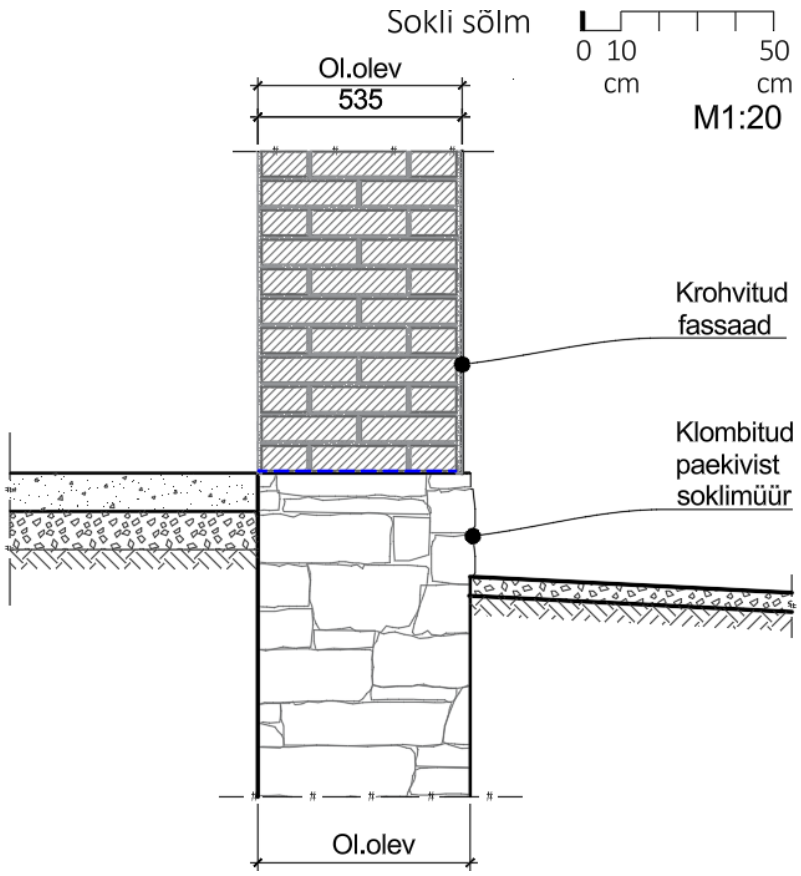
Renoveerimiseelne

Piirdetarindid

Välissein (renoveerimiseelne)
Krohv ja siseviimistlus
Ol.olev tellissein 50-60cm
Olemasolev krohv ≈15 mm

Põrand
Betoonpõrand
Liivalus
Tihendatud aluspinnas

Sokkel
Eksponeeritud paekivisokkel
Paekivist vundamendimüür



Joonis 40 Sokli sõlm enne renoveerimist.

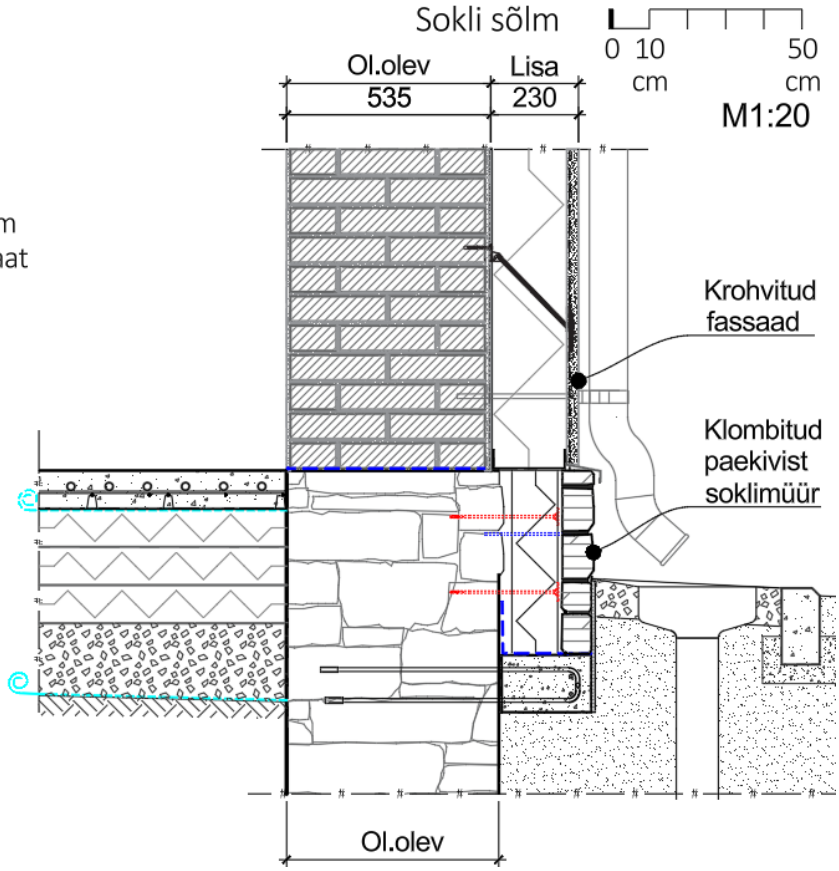
Renoveerimislahend

Piirdetarindid

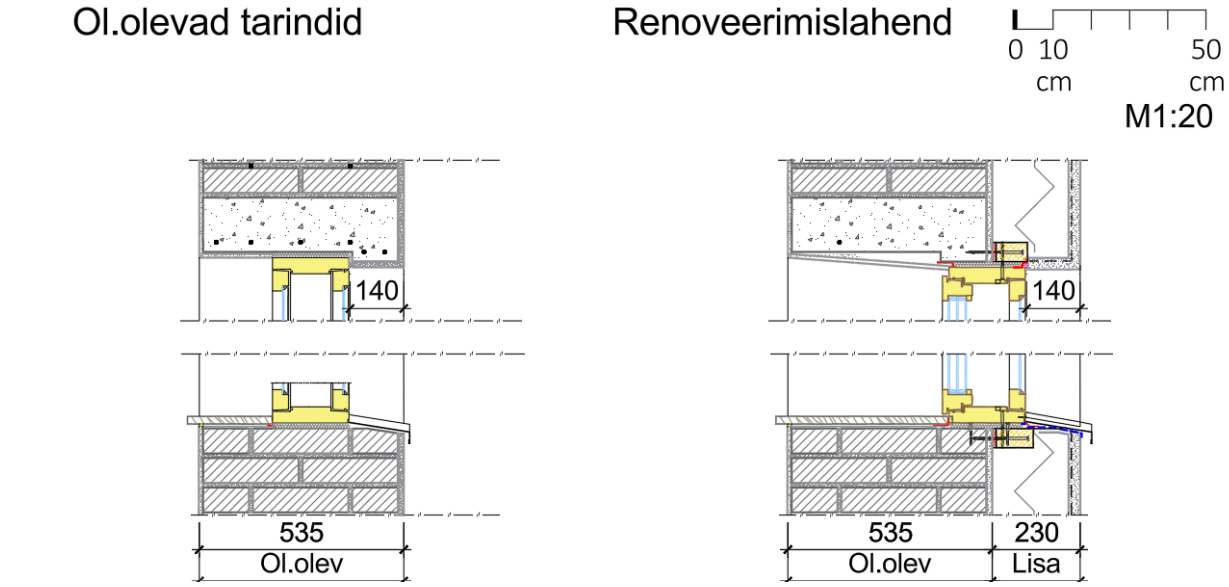
Välissein VS-K-01_200
Krohv ja siseviimistlus
Ol.olev tellissein 50-60cm
Olemasolev krohv ≈15 mm
Jäik mineraalvilla soojustusplaat krohvitud fassaadidele
Soojustusle vastav lubi-krohvisüsteem koos armeeringuga

Põrand PP-02_300
Betoonpõrand, kilel
Ekstrudeeritud / paisutatud vahtpolüstüreen XPS/EPS
Kruusa- või killustikukiht
Filterkangas
Tihendatud aluspinnas;

Sokkel VS-K-04_100
Eksponeeritud paekivisokkel
Soojustus
Paekivist vundamendimüür



Joonis 41 Tervikrenoveerimise kohane sokli sõlm.



Joonis 42 Akna ja välisseina liitumine enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).

7.4 Krohvitud tellisseintega ja mansardkatusega korterelamu

Kolmekorruseline täiskeldrikorrusega elamu, mille ülemine korrus on mansardkorrus (Joonis 43). Hoonet katab kõrge murdkelpkatus, mis algselt oli projekteeritud kivikatusena, praegu on katusekatteks tsingitud terasplekk. Seinad on krohvitud, säilinud on välisseinte algupärane silekrohvviimistlus, räästa all ja mõlemal otsaküljel krohvkarniisid, esiküljel ukseava raamistus ja muud krohvdekoori elemendid. Säilinud on trepikoja algupärased avatäited nii hoone esi- kui tagaküljel, ning mõned keldriaknad. Korterite aknad mõne üksiku erandiga on vahetatud uute plastraamidega akende vastu.



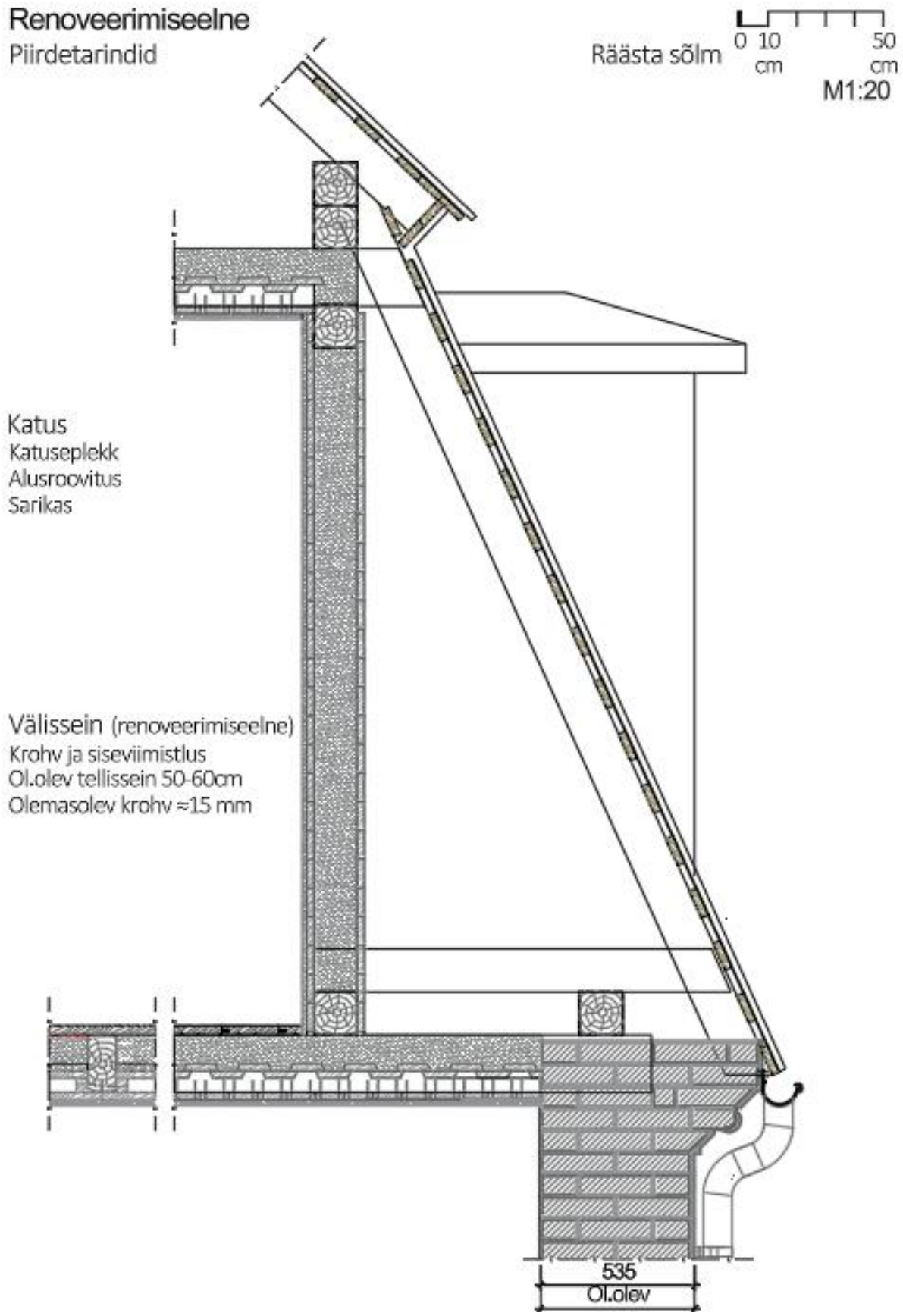
Joonis 43 Hoone olukord enne renoveerimist.

Järgnevatel joonistel on esitatud välisseina ja katuse liitekoha lahendus räästas renoveerimiseelse (Joonis 44) ja renoveerimisjärgse (Joonis 45) olukorrana, kus ka katusekate on taastatud algsele projektlahendile vastavaks – katusekiviks. Joonis 46 esitab katuse ja seina liitekoha vaheetapis, kus katuslae renoveerimisega kaetakse osa katust katusekividega kuna pööningu osa katusekatte vahetus jääb ootama plekkkatuse tehnilise kasutusea lõppu.

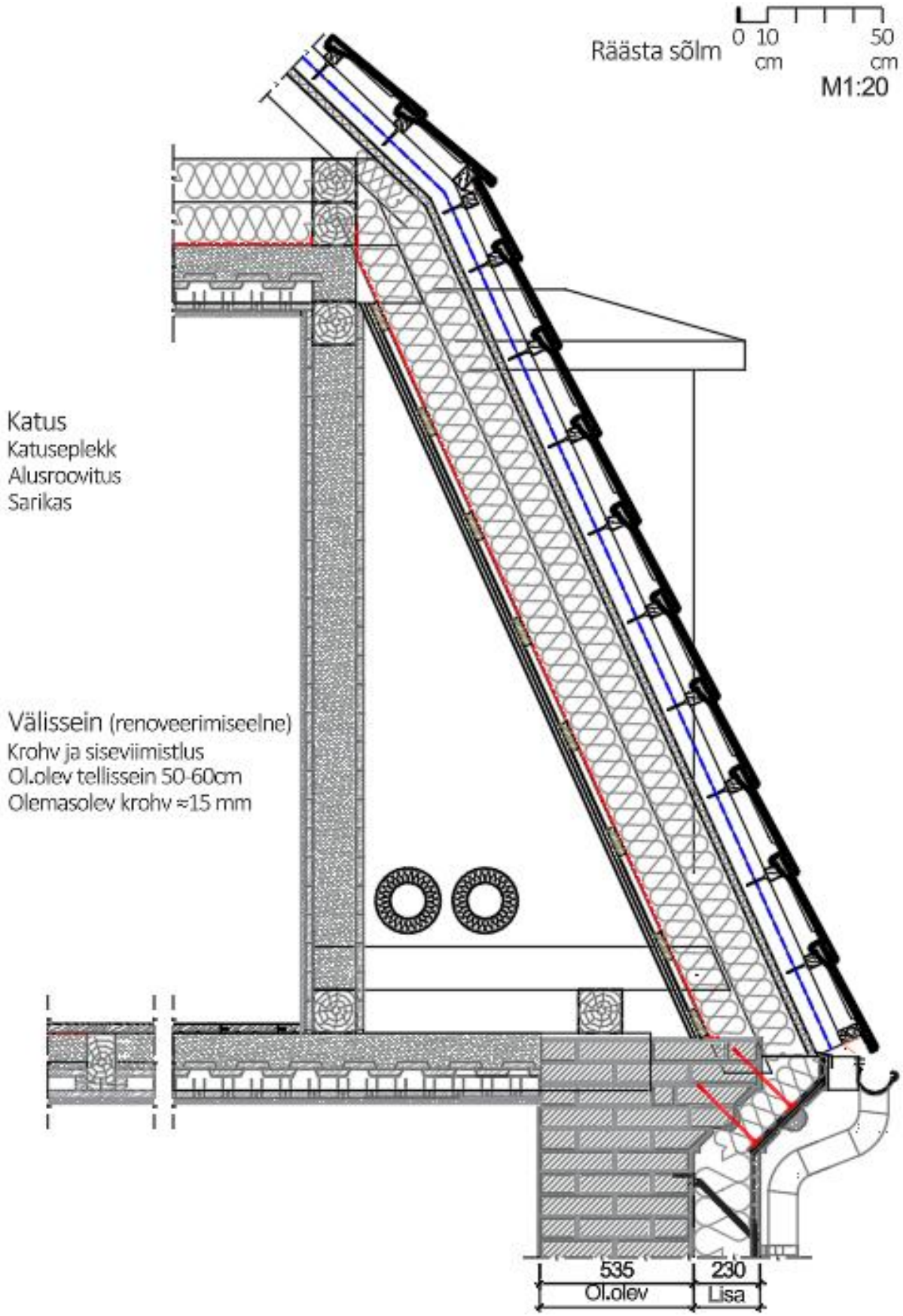
Välisseina vundamendi ja esimese korruse põranda liitekoht soklis on esitatud renoveerimiseelse (Joonis 47) ja renoveerimisjärgse (Joonis 48) olukorrana. Joonis 49 esitab akna ja välisseina liitumise enne renoveerimist ja pärast renoveerimist.

Selle hoone puhul on kõige keerulisem ukse ümber oleva dekoratsiooni lahendamine. Joonis 50 esitab renoveerimiseelse olukorra, Joonis 51 esitab olukorra, kus ukse ümber olevad dekoratiivpüramiidid eemaldatakse seinast (näiteks saagimine vms) ja paigaldatakse tagasi renoveeritud seinale. Joonis 52 esitab lahenduse, kus ukse ümber olevad detoratiivpüramiide ei puututa üldse ja õhema kihiga lisasoojustus algab kaugemalt. Joonis 53 ja Joonis 54 visualiseerivad seda lahendust.

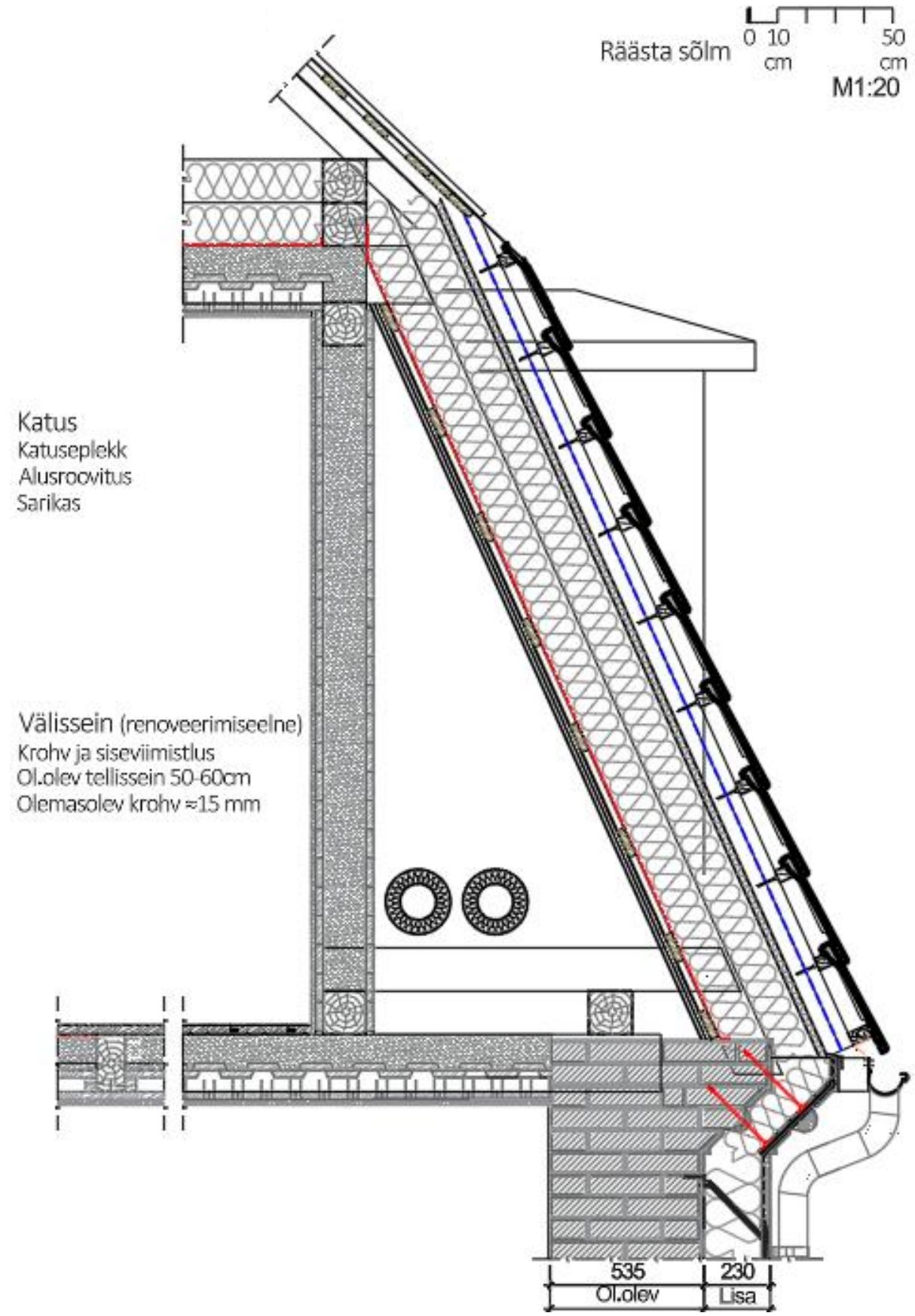
On näha, et on erinevaid lahendusi, mis võimaldavad nii taastada algupärast praegu mitte eksisteerivat välisviimistlust (plekkkatuse vs kivikatus) ja tagada praeguse fassaadimaterjali ja -viimistluse (krohv) säilimise. Ka lokaalseid dekoratiivelemente on võimalik eksponeerida.



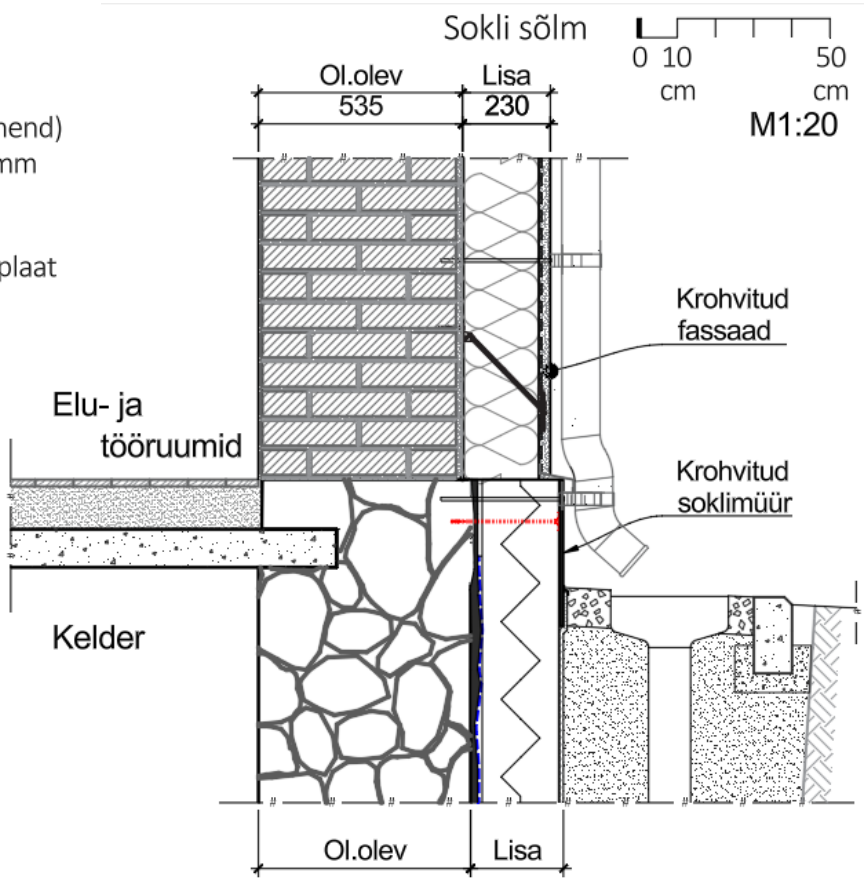
Joonis 44 Räästa sõlm enne renoveerimist.



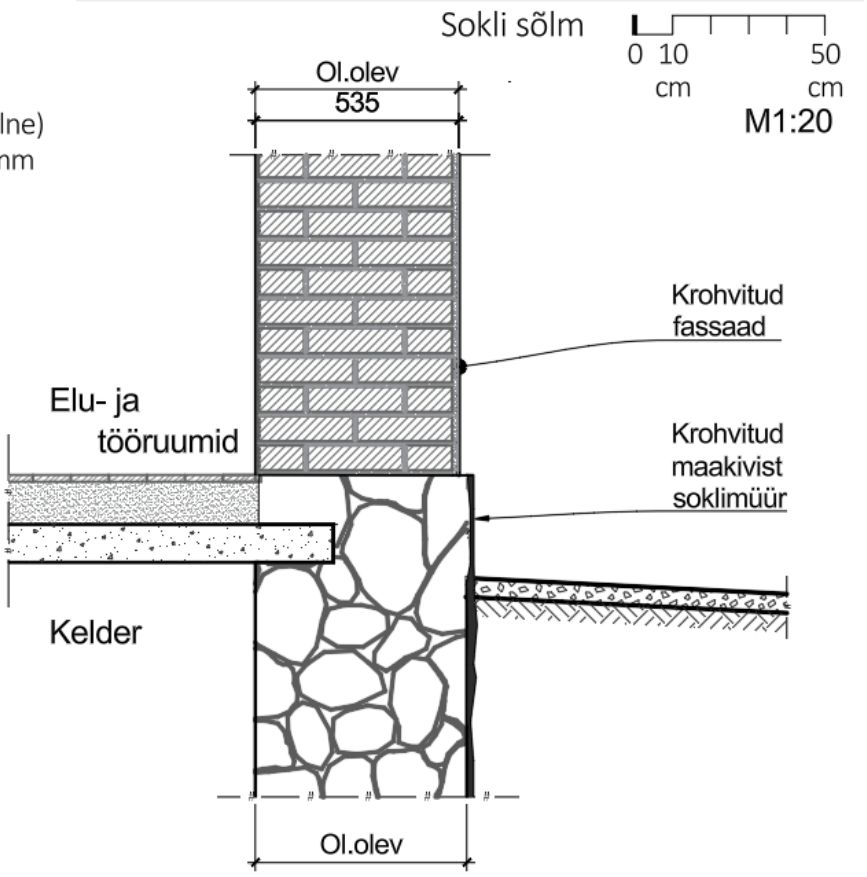
Joonis 45 Tervikrenoveerimise kohane räästa sõlm (lõpptulemus).



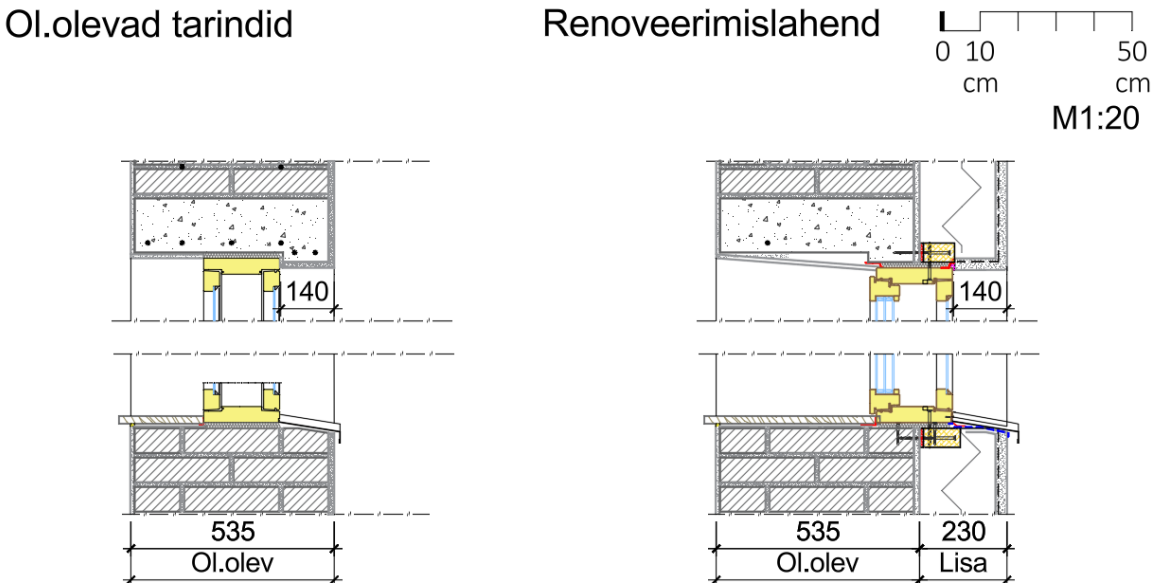
Joonis 46 Vaheetapi kohane räästa sõlm (vahetulemus).



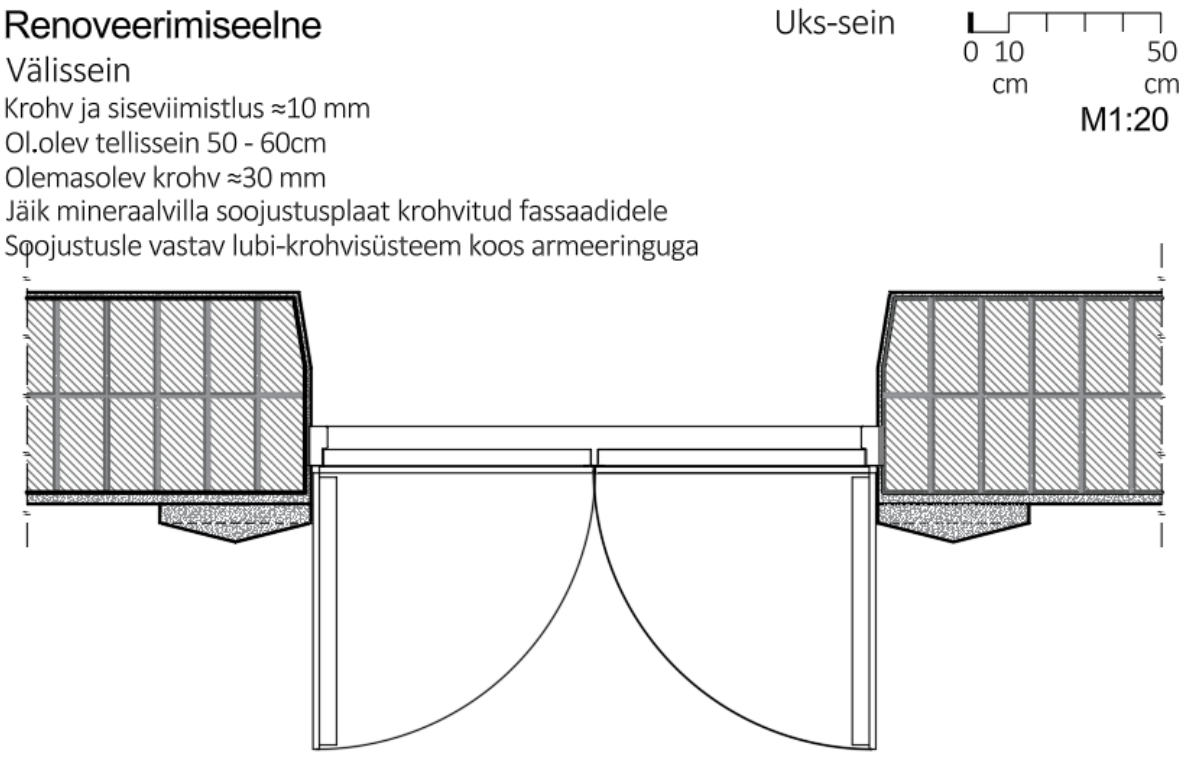
Joonis 47 Sokli sõlm enne renoveerimist.



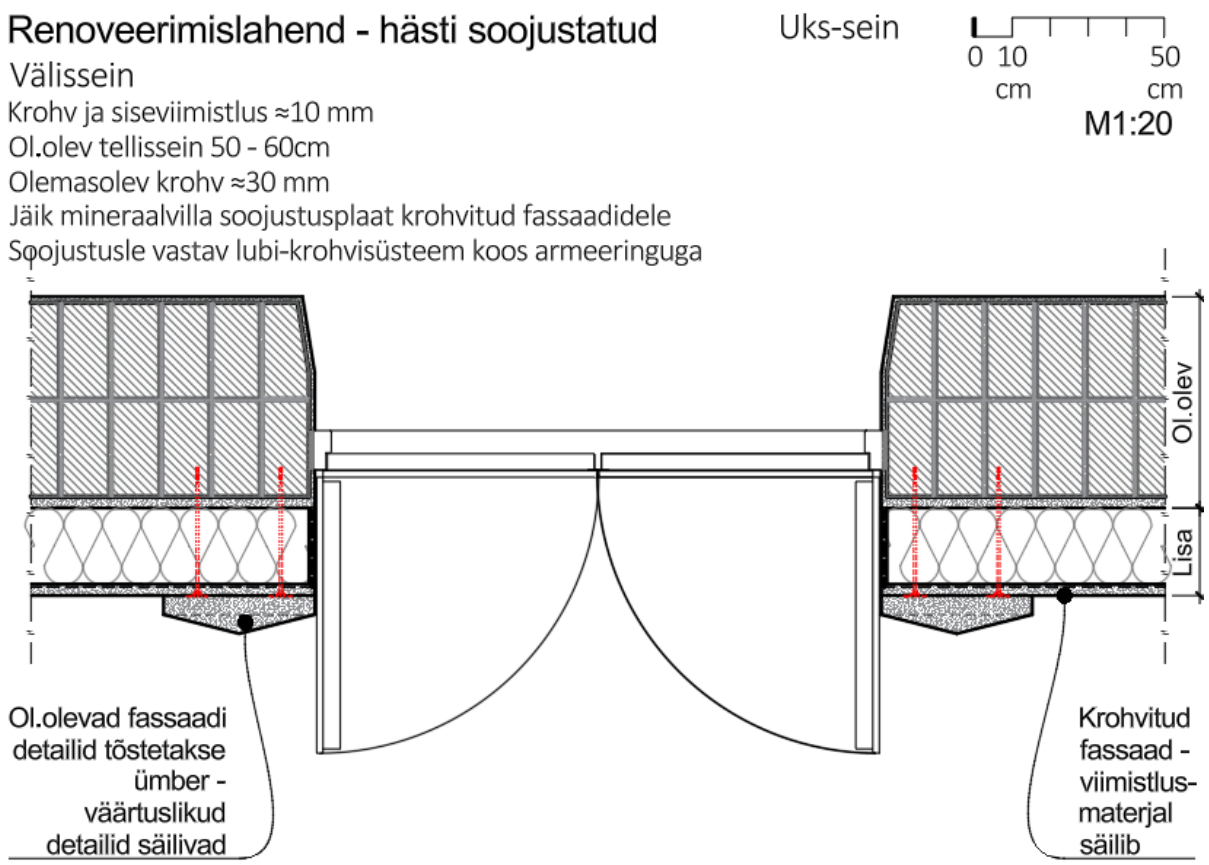
Joonis 48 Tervikrenoveerimise kohane sokli sõlm.



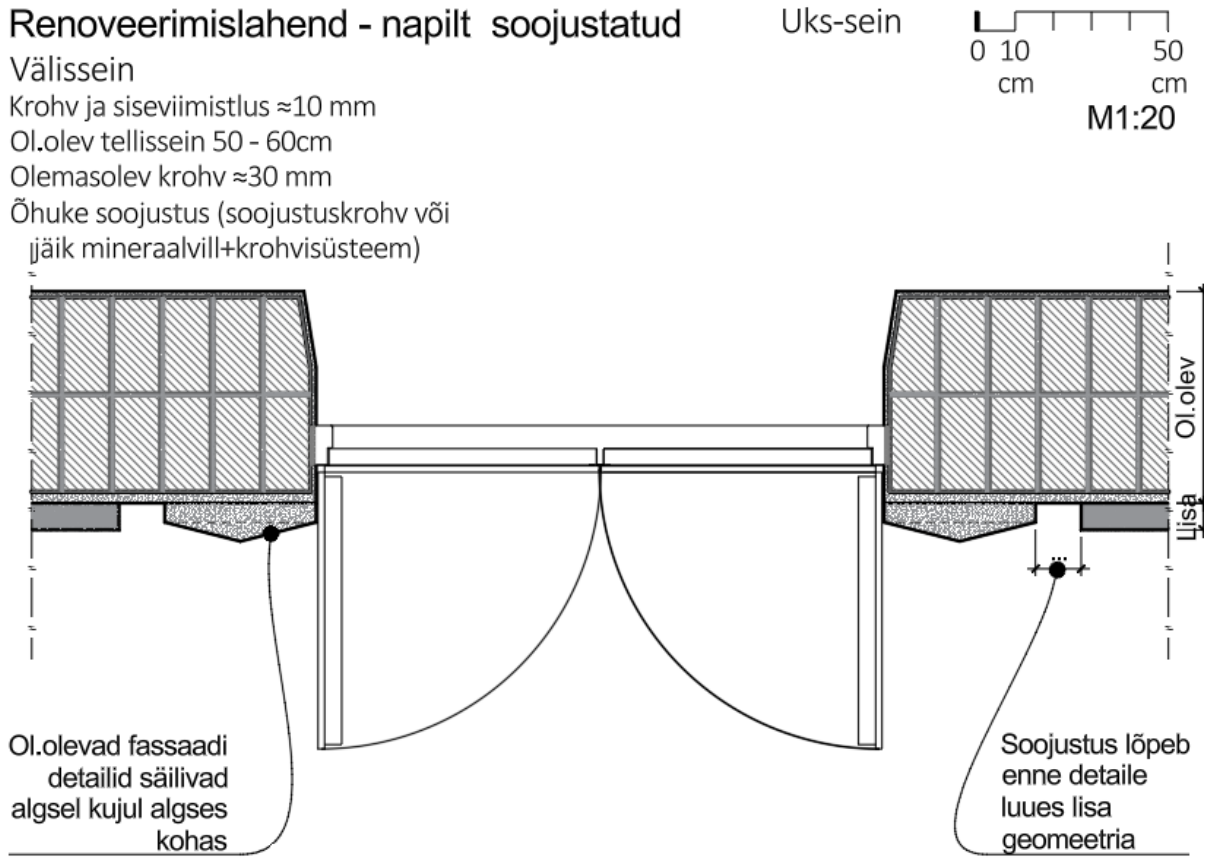
Joonis 49 Akna ja välisseina liitumine enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).



Joonis 50 Ukse ja välisseina liitumine enne renoveerimist.



Joonis 51 Ukse ja välisseina liitumine pärast renoveerimist – hästi soojustatud välissein.



Joonis 52 Ukse ja välisseina liitumine pärast renoveerimist – napilt soojustatud välissein.



Joonis 53 Viirutatud ala ei soojustata.

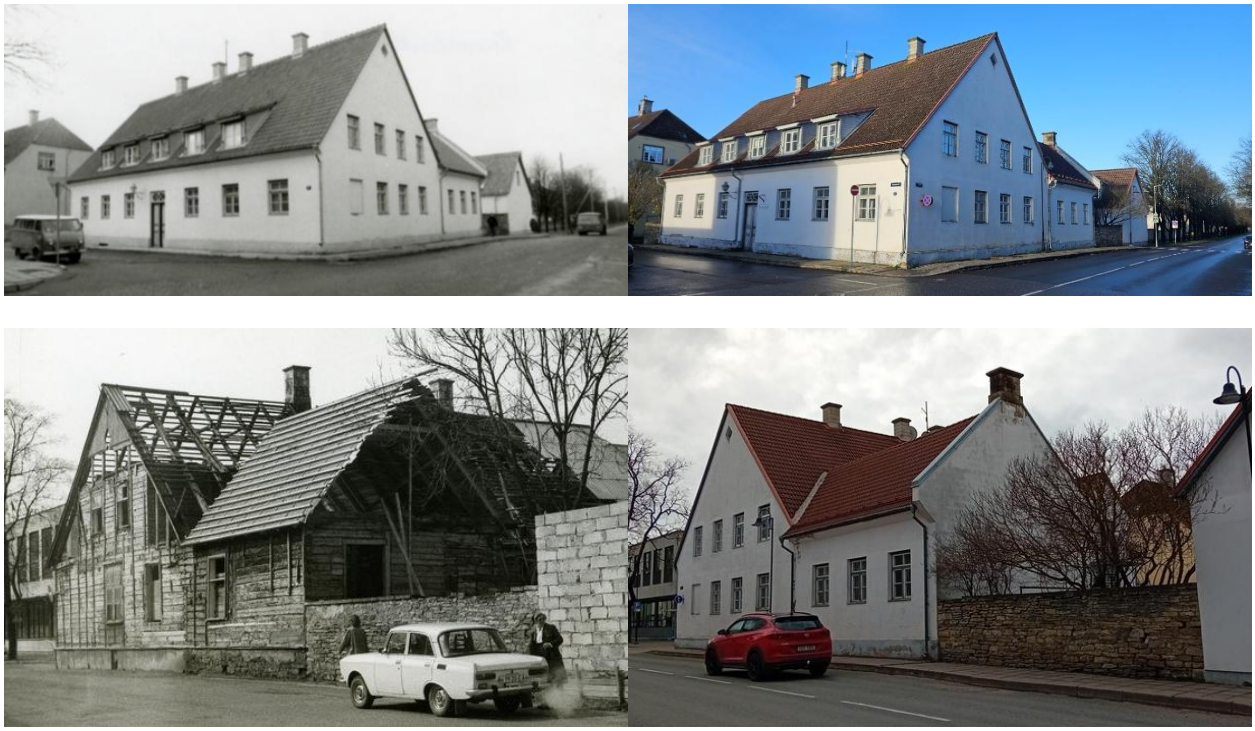


Joonis 54 Ukseäärsete dekoratiivpüramiidide säilitamise lahenduse visualiseering.

7.5 Kergbetoonseintega korterelamu

Praegune L-tähe kujuline viilkatusega elamu jälgib varasema puitvoodriga palkehitise mahtu, kuid on tegelikkuses moonutatud proportsiooniga ajaloolises stiilis 1980ndate ehitis (Joonis 55). Hoone kandekonstruktsioonideks on raudbetoonist vundament, välisseinad on gaaskukeroon plokkidest, vahelaed on monteeritavast raudbetoonpaneelidest, katusekatte materjal on katusekivi. Hoone on hiljem renoveerimata ja kajastab 1980 aasta ehituslahendust.

Ehitis asub muinsuskaitsealal nr 27011 ja kaitsekategooria on B. Hoonel on nõukogudeaegse restaureerimispraktika detailikäsitlus. 2021. aastal konkursi “Kaunis Eesti kodu” kauneima kortermaja kategooria nominent, 2019. aastal EKÜL tiitel „Oaas keset linna“.



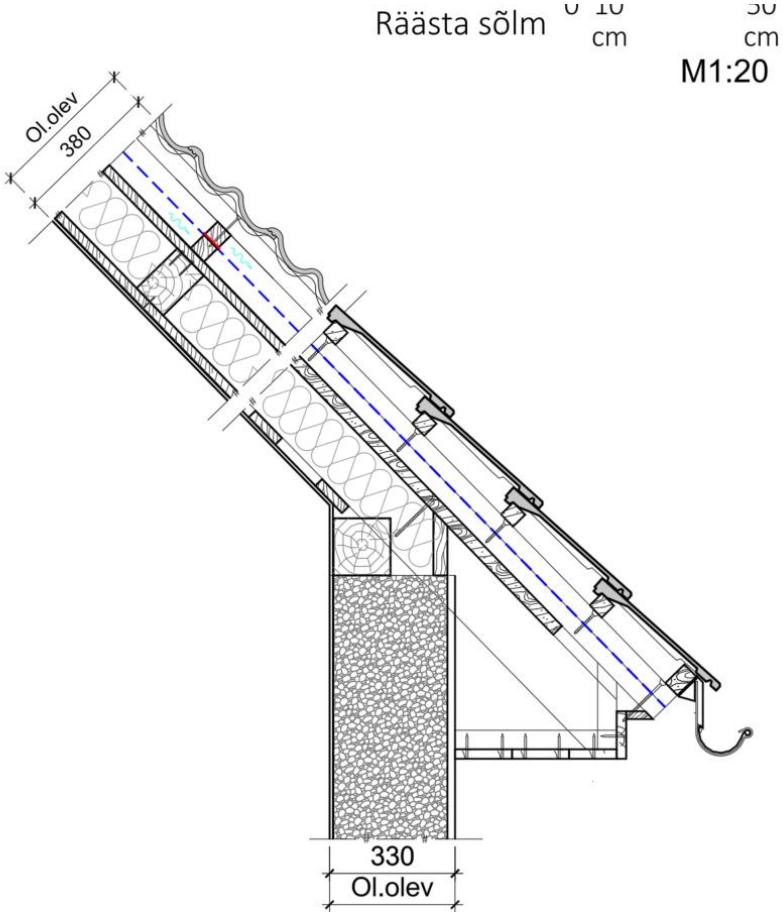
Joonis 55 Hoone olukord 1985-89 (vasakul) ja 2026 (paremal).

Järgnevatel joonistel on esitatud välisseina ja katuse liitekoha lahendus räästas renoveerimiseelse (Joonis 56) ja tervikrenoveerimise järgse (Joonis 57) olukorrana. Etapiline renoveerimine mõjutab räästa laiust sõltuvalt sellest, kas renoveerida katus enne välisseina (Joonis 58) või välissein enne katust (Joonis 59). Välisseina vundamendi ja esimese korruse põranda liitekoht soklis on esitatud renoveerimiseelse (Joonis 60) ja renoveerimisjärgse (Joonis 61) olukorrana. Joonis 62 esitab akna ja välisseina liitumise enne renoveerimist ja pärast renoveerimist.

Piirdetarindid

Katus
Katusekivi
Alusroovitus
Tuulutusvahe, aluskate, tuulutusvahe
Laudis
Sarikas, soojustus ≈150 mm
Õhu- ja aurutõke
Roovid
Siseviimistlusplaat

Välissein (renoveerimiseelne)
Krohv ja siseviimistlus ≈10 mm
Ol.olev poorbetoonsein 30cm
Olemasolev krohv ≈20 mm

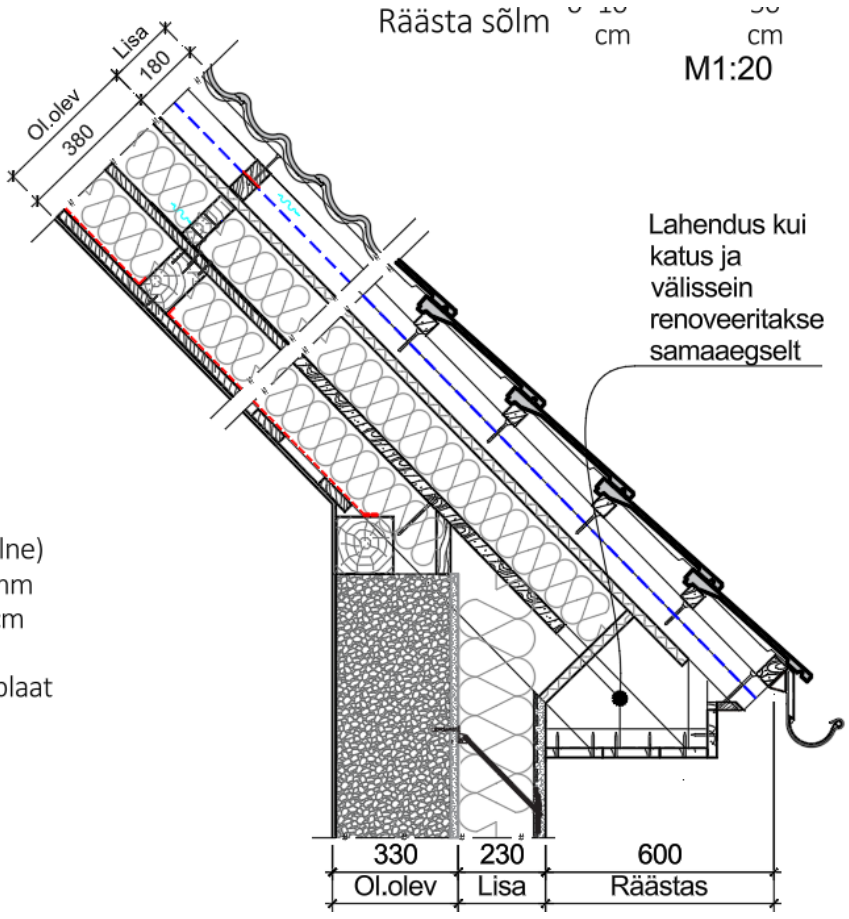


Joonis 56 Räästa sõlm enne renoveerimist.

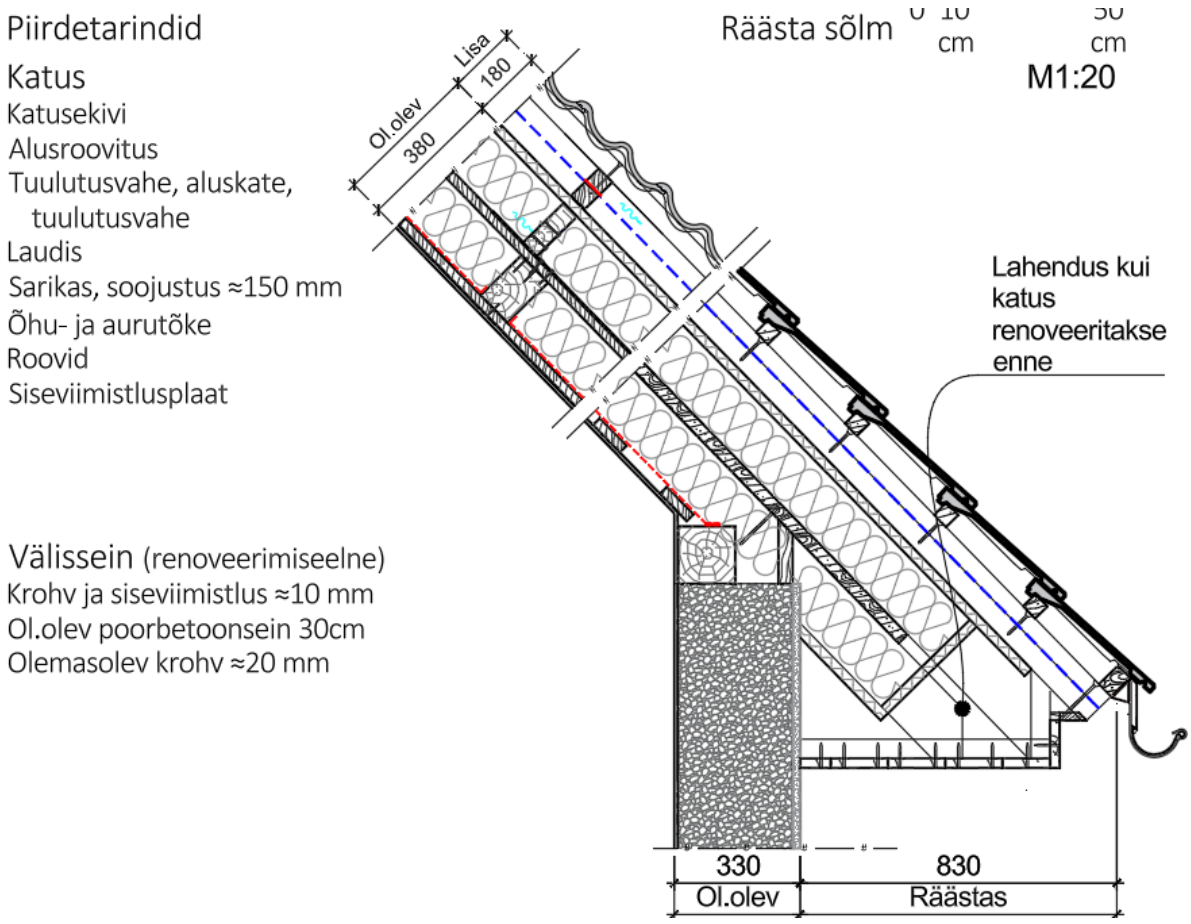
Piirdetarindid

Katus
Katusekivi
Alusroovitus
Tuulutusvahe, aluskate, tuulutusvahe
Laudis
Sarikas, soojustus ≈150 mm
Õhu- ja aurutõke
Roovid
Siseviimistlusplaat

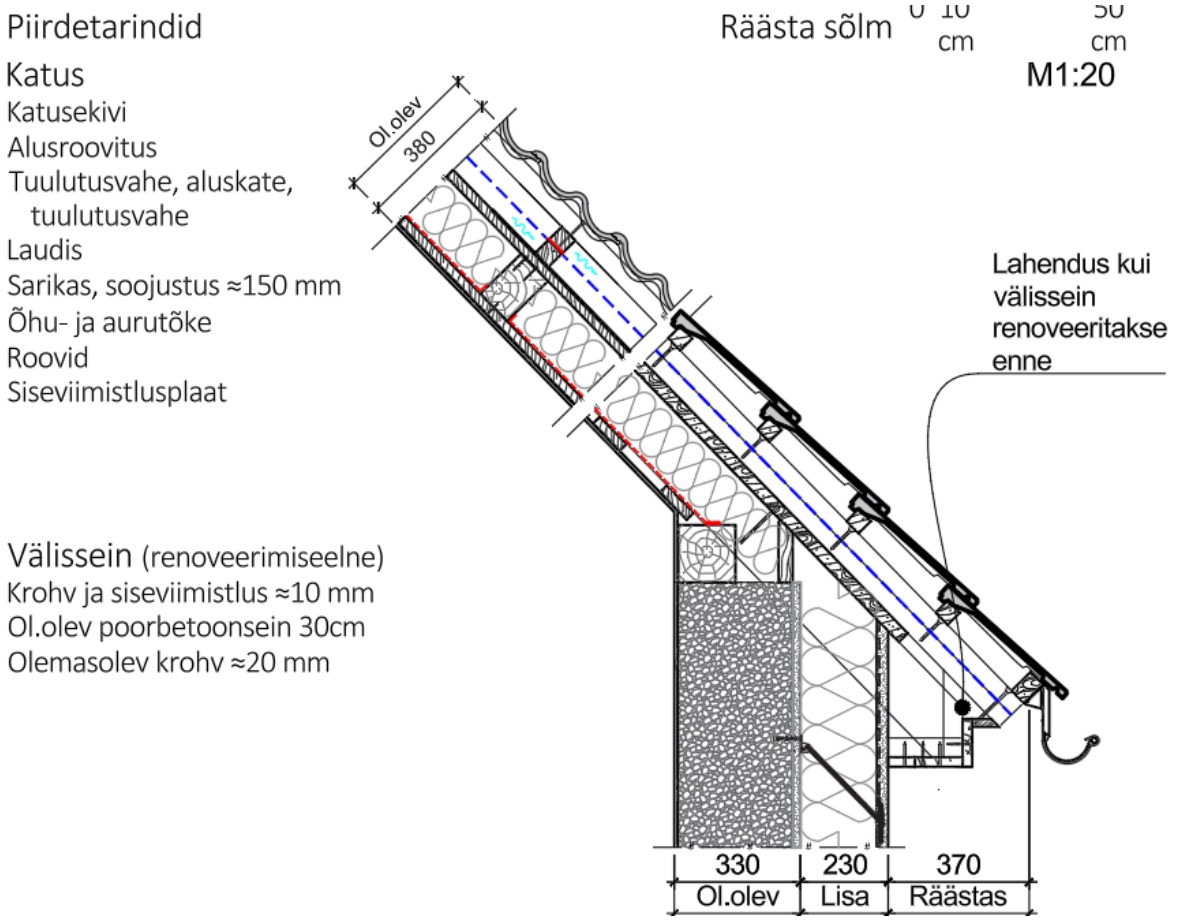
Välissein (renoveerimiseelne)
Krohv ja siseviimistlus ≈10 mm
Ol.olev poorbetoonsein 30cm
Olemasolev krohv ≈20 mm
Jäik mineraalvilla soojustusplaat krohvitud fassaadidele
Soojustusle vastav lubi-krohvisüsteem koos armeeringuga



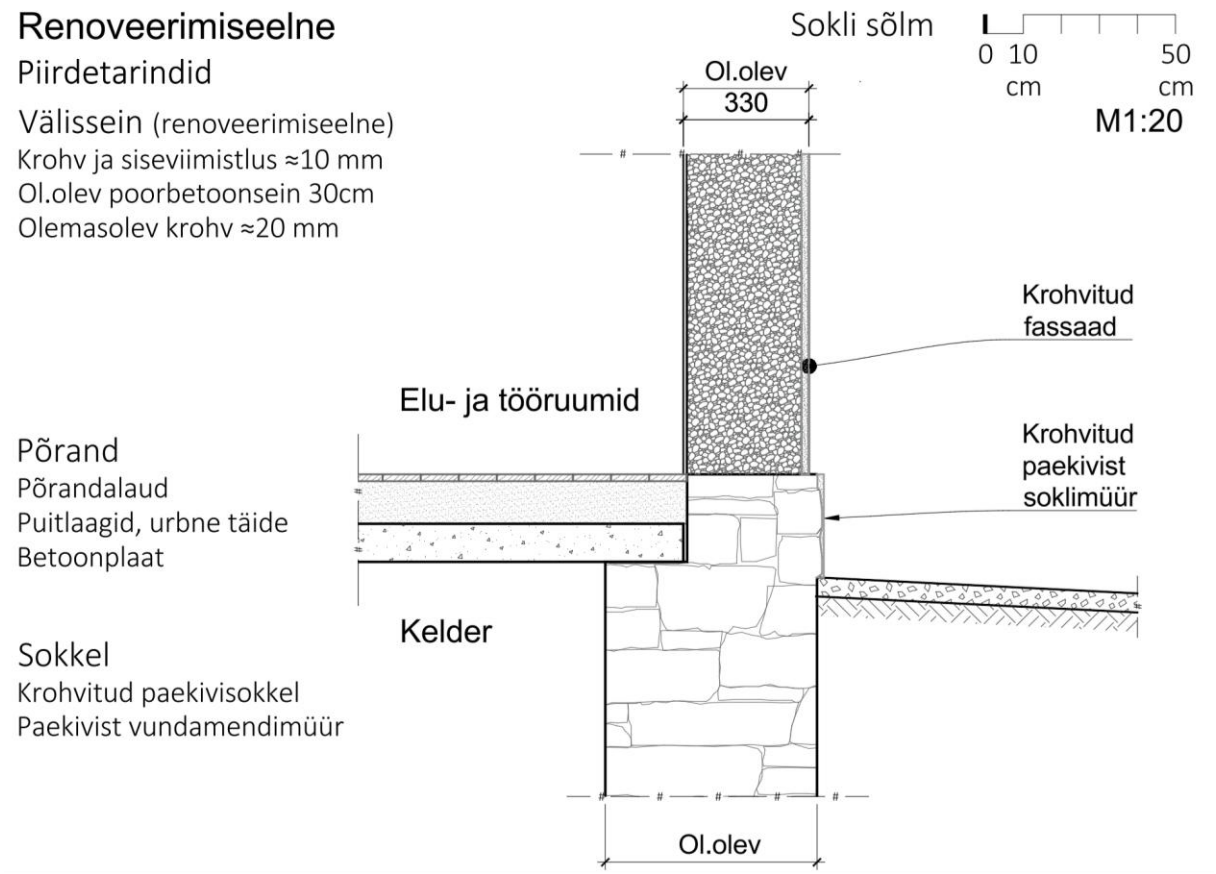
Joonis 57 Tervikrenoveerimise kohane räästa sõlm (lõpptulemus).



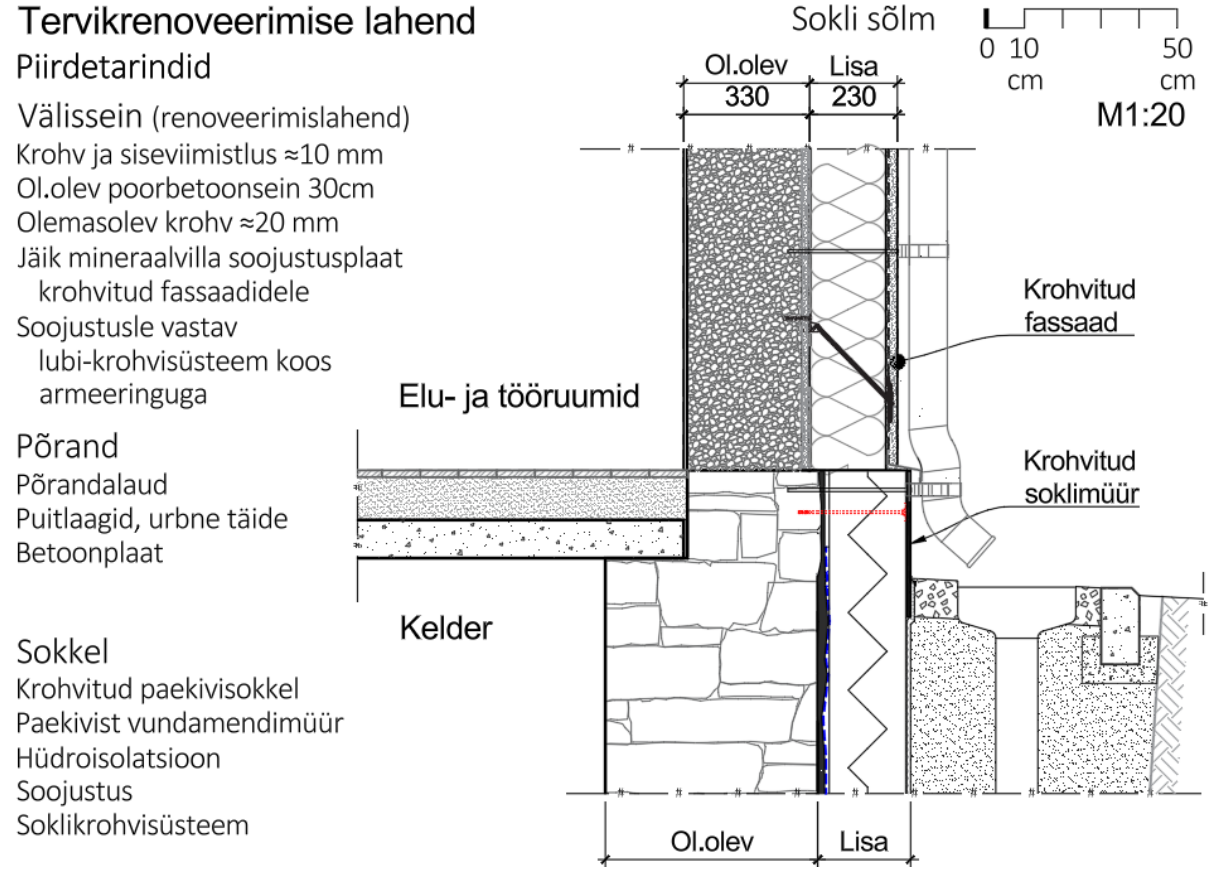
Joonis 58 Etapilise renoveerimise lahend - katus enne seina.



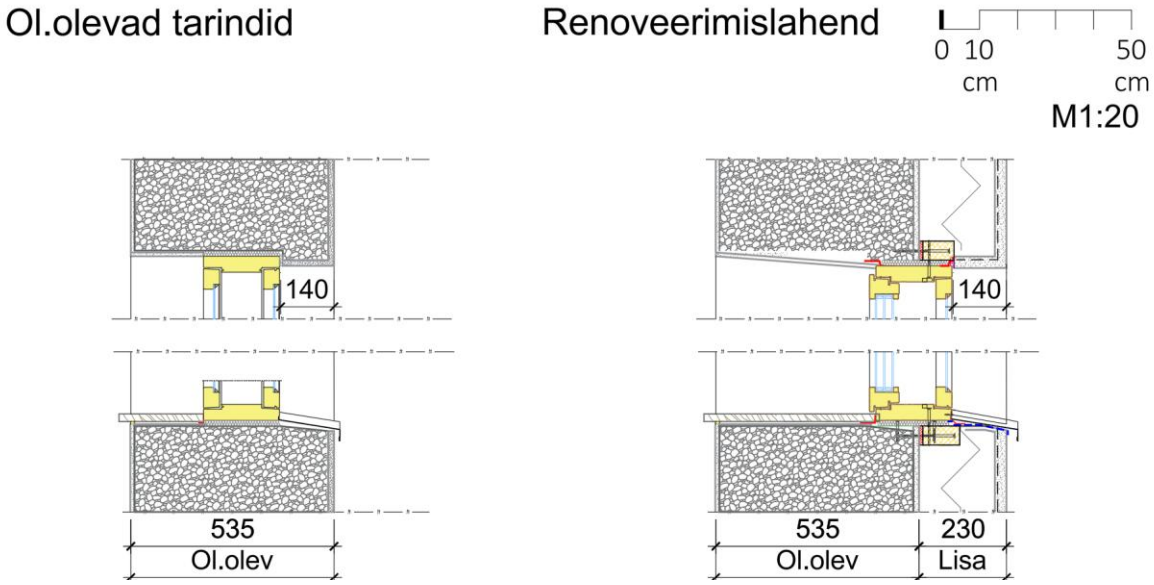
Joonis 59 Etapilise renoveerimise lahend - sein enne katust.



Joonis 60 Sokli sõlm enne renoveerimist.



Joonis 61 Tervikrenoveerimise kohane sokli sõlm.



Joonis 62 Akna ja välisseina liitumine enne renoveerimist (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).

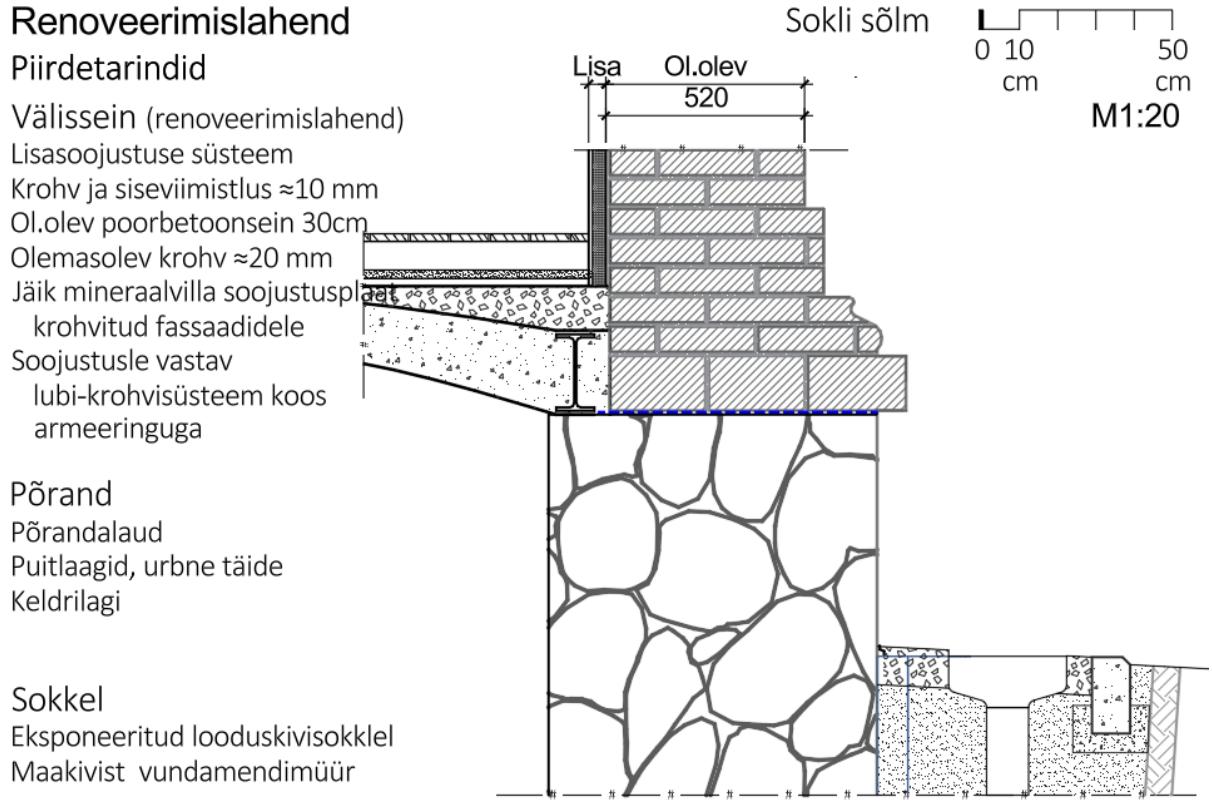
7.6 Tellisfassaadiga korterelamu

Hoone on historitsistlikus stiilis endine esinduslik elumaja (Joonis 63), mille ajalugu ulatub 19. sajandi alguse aastatesse. Peahoone ajaloolise põhimahu fassaadil domineerib punakates toonides savitellis.



Joonis 63 Hoone välisvaade enne (vasakul) ja pärast (paremal) renoveerimist.

Renoveerimislahenduse kohaselt tellisfassaad säilitatakse oma praeguse lahendusena. Välisseina soojuskadude vähendamiseks kaalutakse seespoolset lisasoojustust. Selleks viiakse läbi uuring (vt ptk 4.2.7). Renoveerimiskava tegemist jätkatakse pärast uuringu tulemuste selgumist.



Joonis 64 Võimaliku renoveerimislahendi kohane soklisõlm.

8 Järeldused

Käesoleva tegevuse eesmärk oli välja töötada muinsuskodude renoveerimise kontseptsioonid, nende valikukriteeriumid, renoveerimispakettide koostamise põhimõtted ja renoveerimise teekond, mis võimaldavad ühendada üksikud renoveerimismeetmed (HeritageHome projekti tegevus T3.2) terviklikeks lahendusteks ning muuta renoveerimisprotsessi koduomanike, projekteerijate ja ametiasutuste jaoks lihtsamaks, läbipaistvamaks ja usaldusväärsemaks.

Töö tulemusena loodi metoodiline raamistik, mis võimaldab hinnata ja võrrelda erinevaid renoveerimismeetmeid mitme kriteeriumi alusel. Renoveerimispakettide väljatöötamisel arvestati kultuuriväärtuse säilitamist, hoone kasutusea pikendamist, sisekliima kvaliteedi parandamist, kasutajate eelistusi, olelusringi maksumust, energiatõhususe suurendamist ning kasvuhoonegaaside heitmete vähendamist.

Uuring kinnitas, et ajalooliste hoonete renoveerimine on olemuselt mitmekriteeriumiline otsustusülesanne, mille puhul ei ole olemas universaalset lahendust. Koduomanike eesmärgid võivad olla erinevad – alates autentse arhitektuuri maksimaalsest säilitamisest kuni energiasäästu, heitmete vähendamise või majandusliku tasuvuse maksimeerimiseni. Väljatöötatud renoveerimispaketid lähtuvad põhimõttest, et renoveerimise tulemusena peavad olema tagatud nii kultuuriväärtuste säilimine kui ka ehitisele esitatavate oluliste nõuete täitmine ning hoone kasutajatele kvaliteetse elukeskkonna loomine. Tähelepanu pöörati siseõhu kvaliteedi tagamisele eesmärgiga saavutada vähemalt sisekliima II klass.

Renoveerimispaketid võimaldavad saavutada erinevaid energiatõhususe tasemeid. Pakettide koostamisel lähtuti eesmärgist võimaldada nii mõõdukat energiasäästu kui ka tervikrenoveerimist. Samal ajal pöörati tähelepanu sellele, et energiatõhususe parandamine ei kahjustaks hoone arhitektuuri terviklikkust ega kultuuriväärtust ning ei tekitaks renoveerimislukke.

Renoveerimispakettide väljatöötamisel käsitleti hoonet terviklikuna, hõlmates peamisi hooneosi (välissein, katus, sokkel, aken), tehnosüsteeme ning taastuvenergia lahendusi. Juhul kui tervikrenoveerimist ei ole võimalik ellu viia ühekorraga, võimaldab välja töötatud renoveerimisteekond kavandada etapilist renoveerimist selliselt, et vältida renoveerimislukke, kultuuriväärtuse kahjustamist või tulevaste energiatõhususmeetmete rakendamise takistamist.

Renoveerimismeetmete analüüs näitas, et kultuuriväärtuse säilimise, koduomaniku kulude, kogu energiatarbimise ja kasvuhoonegaaside heitmete seisukohast annab parima tulemuse võimalikult varajane tervikrenoveerimine ühe etapina. Mida kauem renoveerimist edasi lükata, seda suuremaks kujunevad püsikulud hoone energiatarbimise katmiseks ning seda suuremaks muutub olelusringi kogumaksumus.

Etapilise renoveerimise korral tuleb esimeses etapis teha ära avariitööd ja viia hoone vastavusse kehtivate ehitistele esitatavate oluliste nõuetele, sealhulgas kandevõime, tuleohutuse, niiskusturvalisuse ja sisekliima nõuetega. Visuaalse terviklikkuse säilitamiseks on soovitatav renoveerida välisseinad ja aknad ühes etapis, eelistatavalt renoveerimise varasemates etappides, kuna need meetmed pakuvad suurimat energiasäästu ja seeläbi ka märkimisväärset rahalist kokkuhoidu küttekuludelt.

Renoveerimisotsuste läbipaistvuse ja kulutõhususe suurendamiseks täiendati meetmeid maksumuse ja kulutõhususe näitajatega. See võimaldab hooneomanikel ja otsustajatel hinnata erinevate lahenduste investeerimisvajadust ning nende eeldatavat mõju energiasäästule, sisekliimale ja hoone pikaajalisele väärtusele.

Käesoleva töö peamiseks väljundiks on muinsuskodude renoveerimise terviklik otsustusraamistik, mis hõlmab renoveerimise teekonda, renoveerimispakettide koostamise metoodikat, valikukriteeriume ning digitaalse tööriista prototüüpi, mida on võimalik digitaalse ühtse kontaktpunkti töölaua loomisel ministeeriumi ja Muinsuskaitseameti poolt edasi arendada.

Kokkuvõttes võib järeldada, et muinsuskodude renoveerimisel on võimalik saavutada märkimisväärne energiatõhususe ja sisekliima paranemine, säilitades samal ajal hoonete kultuuriväärtuse. Selle eelduseks on terviklikult läbimõeldud ja teostatud renoveerimisprotsess, valdkondadeülene koostöö ning otsuste tegemine, mis arvestab hoone väärtusi, tehnilist toimivust ja pikaajalist kestlikkust.

9 Conclusions

The objective of this activity was to develop renovation concepts for heritage homes. This included defining selection criteria, principles for compiling renovation packages, and a renovation pathway. These elements were designed to integrate individual renovation measures (developed in project activity T3.2) into cohesive solutions, making the renovation process simpler, more transparent, and more reliable for homeowners, designers, and public authorities.

The work resulted in a methodological framework for evaluating and comparing different renovation solutions based on multiple criteria. The development of renovation packages considered several factors: preserving cultural heritage value, extending the building's service life, improving indoor environmental quality, user preferences, life-cycle costs, enhancing energy performance, and reducing greenhouse gas emissions.

The study confirmed that renovating historic buildings is inherently a multi-criteria decision-making task with no universally applicable solution. Homeowners may have diverse objectives, from maximizing architectural authenticity to achieving maximum energy savings, emission reductions, or economic benefits. The developed renovation packages are based on the principle that renovation outcomes must both preserve cultural heritage values and comply with essential building requirements, while providing a high-quality living environment for occupants. Particular attention was paid to achieving at least Indoor Climate Class II for indoor air quality.

The renovation packages allow for various levels of energy performance, supporting both moderate energy savings and comprehensive deep renovations. Simultaneously, care was taken to ensure that improvements in energy performance would not compromise the building's architectural integrity or cultural heritage value, nor create renovation lock-ins that could hinder future enhancements.

The renovation packages were developed using a holistic building approach, encompassing main building components (external walls, roof, plinth/foundation base, and windows), building service systems, and renewable energy solutions. When comprehensive renovation cannot be implemented in a single phase, the developed renovation pathway allows for phased planning that avoids renovation lock-ins, loss of cultural heritage value, or barriers to future energy-efficiency measures.

Analysis of renovation solutions indicated that, from the perspectives of cultural heritage preservation, homeowner costs, total energy consumption, and greenhouse gas emissions, the best results are achieved through comprehensive renovation undertaken as early as possible and completed in a single phase. Postponing renovation leads to higher costs for covering the building's energy consumption and increased overall renovation expenses.

In phased renovations, the first stage should bring the building into compliance with current regulatory requirements, including structural safety, fire safety, and indoor environmental quality. To preserve visual integrity, it is recommended that external walls and windows be renovated at the same stage, preferably in earlier phases, as these measures yield the greatest energy savings and, consequently, the most significant financial benefits.

To improve the transparency and cost-effectiveness of renovation decisions, cost and cost-effectiveness indicators were included. This enables homeowners and decision-makers to assess the investment requirements of different solutions and their expected impacts on energy savings, indoor environmental quality, and the long-term value of the building.

The main output of this work is a decision-making framework for heritage home renovation. The framework includes a renovation pathway, a methodology for developing renovation packages, selection criteria, and a prototype digital tool that can be further developed by the ministry and the Heritage Board, when setting up the digital one-stop-shop for heritage homeowners.

In conclusion, the study demonstrates that significant improvements in both energy performance and indoor environmental quality can be achieved in heritage homes while preserving their cultural heritage value. This requires a holistic renovation process, cross-sectoral cooperation, and decision-making that considers the building's heritage values, technical performance, and long-term sustainability.

10 Summary

The report is structured into several thematic chapters that together describe the development of a renovation pathway and decision-support framework for heritage homes.

Chapter 2 defines the terminology used throughout the report and clarifies the relationships between conservation, restoration, repair, reconstruction and renovation. It also introduces the concept of a renovation roadmap for heritage buildings.

Chapter 3 establishes the general principles for heritage home renovation, including heritage value preservation, multidisciplinary cooperation, sustainability considerations, assessment of existing building elements and technical systems, user behaviour, and project management approaches for safeguarding cultural values during renovation projects.

Chapter 4 presents the heritage home renovation pathway. It describes the full renovation process from project initiation and preliminary investigations to design, construction, quality assurance, commissioning, operation and maintenance. Particular attention is given to building surveys, heritage assessments, indoor climate audits, energy audits, internal insulation assessment methodologies and the identification of renovation needs.

Chapter 5 introduces the methodology for developing and selecting renovation concepts and renovation packages. The chapter describes how individual measures are identified, screened and evaluated using heritage, technical, environmental, economic and user-related criteria. It also presents the multi-criteria assessment framework used to compare alternative renovation solutions and support transparent decision-making.

Chapter 6 describes the development of a digital renovation package selection tool. The chapter documents the evolution of three prototype versions and explains how building geometry, envelope characteristics, technical systems, energy performance, life-cycle costs and staged renovation scenarios can be incorporated into the assessment process. The tool was developed to support homeowners, designers and public authorities in selecting appropriate renovation solutions.

Chapter 7 demonstrates the practical application of the methodology and renovation packages through worked examples representing six common heritage residential building typologies found in Estonia. For each typology, alternative renovation packages, technical solutions and renovation sequences are analysed in relation to energy performance, indoor climate improvement, life-cycle costs and heritage conservation objectives.

Chapter 8 summarises the main findings and lessons learned from the development of the renovation pathway, the assessment methodology and the decision-support tool. It highlights key recommendations for implementing energy renovations in heritage homes while maintaining cultural heritage values.

Chapter 9 is an English translation of Chapter 8.

Chapter 10 is a summary of the report in English.

11 Viitekirjandus

ASTM C1699-09 (2023) *Standard Test Method for Moisture Retention Curves of Porous Building Materials Using Pressure Plates*. American Society for Testing and Materials.

Binder A, Zirkelbach D and Künzel HM (2014) Keeping risks at bay – improving a test method to reliably quantify the capability of capillary active interior insulation. In: *NSB 2014, 10th Nordic Symposium on Building Physics : 15-19 June 2014, Lund, Sweden*, 2014, pp. 1061–1068.

CPR (2024) *Ehitustoodete ühtlustatud turustusreeglid*. Määrus (EL) 2024/3110. Brüssel: Euroopa Parlament ja Nõukogu. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng (accessed 8 December 2025).

Ehitusseadustik (2015). Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/112052026003 (accessed 20 June 2026).

EN 16322 (2013) *Conservation of Cultural Heritage - Test methods - Determination of drying properties*. Brussels: European Committe for Standardizartion. Available at: https://www.dinmedia.de/en/sport-events-consumer-goods/BVFR140 (accessed 20 June 2026).

EN ISO 10211 (2017) *Thermal bridges in building construction -- Heat flows and surface temperatures -- Detailed calculations*. Brussels: European Committe for Standardizartion.

EN ISO 12571 (2021) *Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of hygroscopic sorption properties (ISO 12571:2021)*. Brussels: European commitee for standardization.

EN ISO 12572 (2016) *Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties - Cup method (ISO 12572:2016)*. Brussels: European commitee for standardization.

EN ISO 15148 (2003) *Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water absorption coefficient by partial immersion*. Brussels: European Committe for Standardizartion. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-15148-2003 (accessed 20 June 2026).

EN ISO 22007-2 (2022) *Plastics - Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity - Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method (ISO 22007-2:2022)*. Brussels: European Committe for Standardizartion. Available at: https://www.evs.ee/en/evs-en-iso-22007-2-2022.

EPBD recast (2024) *Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast)*. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401275.

ETÜ (2013) *Ehituse töövõtulepingute üldtingimused*. Juhendmaterjal. Eesti Standardikeskus. Available at: https://www.evs.ee/images/uploaded/juhendmaterjalid/Juhendmaterjal_101_Ehituse_t%C3%B6%C3%B6v%C3%B5tulepingute_%C3%BCldtingimused.docx.

EVS 842 (2025) *Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest*. Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-842-2003.

EVS 932 (2017) *Hoone ehitusprojekt*. Tallinn: Standardikeskus.

EVS-EN 12207 (2016) *Aknad ja uksed. Õhuläbilaskvus. Klassifikatsioon*. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-12207-2016 (accessed 24 February 2025).

EVS-EN 12208 (2003) *Aknad ja uksed. Veepidavus. Klassifikatsioon*. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-12208-2003.

EVS-EN 12210 (2016) *Aknad ja uksed. Vastupanu tuulekoormusele. Klassifikatsioon*. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-12210-2016 (accessed 24 February 2025).

EVS-EN 12664 (2001) *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance*. Brussels: European Committe for Standardizartion. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-12664-2001.

EVS-EN 14351-1 (2006) *Aknad ja uksed. Tootestandard, toodete omadused. Osa 1: Aknad ja välisuksed*. Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/en/evs-en-14351-1-2006-a2-2016-consolidated.

EVS-EN 15026 (2007) *Hygrothermal performance of building components and building elements - Assessment of moisture transfer by numerical simulation*. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN 15801 (2010) *Conservation of cultural property - Test methods - Determination of water absorption by capillarity*. Brussels: European Committe for Standardizartion. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-15801-2010 (accessed 20 June 2026).

EVS-EN 16096 (2012) *Muinsuskaitse - ehituspärandi seisukorra uuring ja aruanne (Conservation of cultural property - Condition survey and report of built cultural heritage)*. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ. Available at: https://www.evs.ee/en/evs-en-16096-2012 (accessed 22 June 2025).

EVS-EN 16798-1 (2019) *Hoonete energiatõhusus. Hoonete ventilatsioon. Osa 1: Sisekeskkonna lähteandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust keskkonnast, valgustusest ja akustikast.* Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-16798-1-2019 (accessed 22 June 2025).

EVS-EN 16883 (2017) *Kultuuripärandi säilitamine – Juhised ajalooliste hoonete energiatõhususe parandamiseks (Conservation of cultural heritage - Guidelines for improving the energy performance of historic buildings)*. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ.

EVS-EN ISO 6946 (2017) Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method. Geneva, Switzerland: Eesti Standardikeskus. Available at: https://www.evs.ee/tooted/evs-en-iso-6946-2017.

EVS-EN ISO 10077 (2017) *Akende, uste ja luukide soojuslik toimivus. Soojusläbivuse arvutus*. Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 12567-1 (2001) *Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 1: Complete windows and doors*. Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-12567-1-2001 (accessed 26 July 2026).

EVS-EN ISO 13788 (2012) *Hoone elementide ja piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus. Kriitilise pinnaniiskuse ja elemendisisese kondenseerumise vältimine.*

Arvutusmeetodid. Tallinn: Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus. Available at: https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-13788-2012 (accessed 7 May 2026).

Grunewald J, Nicolai A, Ruisinger U, et al. (2015) Delphin software materials and climate database. The Institute for Building Climatology at Dresden University of Technology.

Jõesaar T and Hamburg, A (2015) *Korterelamute energiaauditite koostamise juhend*. Tallinn: Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus, Tallinna Tehnikaülikool. Available at: https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Korterelamute%20energiaauditite%20koostamise%20juhend.pdf.

Klõšeiko P, Valk T, Põldaru M, et al. (2023) Capillary condensation redistribution (CCR) test: measurement results of 5 materials and comparison to modelling. *Journal of Physics: Conference Series* 2654(1). IOP Publishing: 012047.

Kraadpäevad (2025) Kliimaministeerium. Available at: https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/energiatohusus-ja-keskkonnasaast/hoone-energiatohususe-tooriistad#normaalaasta-kraadpa (accessed 20 June 2026).

KulMm (2019) *Kinnismälestise ja muinsuskaitsealal asuva ehitise konserveerimise, restaureerimise, ehitamise ja teisaldamise ehitusprojekti koostamise nõuded ja kord*. RT I, 18.06.2019, 26. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/118062019026.

Lainsalu Ü (2013) *Ekpserthinnag Magasini tn. 29a, Tallinn asuva kosterelamu ehitusliku sisukorra kohta*. Tallinn.

LBNL (2019) THERM Two-Dimensional Building Heat-Transfer Modeling. Available at: https://windows.lbl.gov/software/therm.

Liiva E, Rummo H, Ambrozevits K, et al. (2024) Assessment of the Renovation Need, Material Authenticity, and the Cultural and Environmental Value of Historic Apartment Building Neighbourhoods. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering* 35(2). 2: 53–67.

MKMm nr 49 (2013) *Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord-*. RT I, 03.10.2025, 21. Riigi Teataja. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/130072013002?leiaKehtiv.

MTMm nr 3 (2020) *Ehitamise dokumenteerimisele, ehitusdokumentide säilitamisele ja üleandmisele esitatavad nõuded ning hooldusjuhendile, selle hoidmisele ja üleandmisele esitatavad nõuded*. RT I, 27.12.2024, 20. Riigi Teataja. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/127122024020.

MTMm nr 36 (2015) Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele. *RT I, 06.05.2015, 2*. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/127082025013.

MTMm nr. 58 (2019) Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika. *RT I, 09.06.2015, 21*. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/127082025010.

MTMm nr. 61 (2020) *Ehitise auditi tegemise kord*. RT I, 20.10.2020. Riigi Teataja. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/120102020004 (accessed 22 June 2025).

MTMm nr 62 (2015) Nõuded ehitusprojekti ekspertiisile. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/109062015025?leiaKehtiv.

MTMm nr. 76 (2016) Energiaauditi miinimumnõuded. RT I, 20.11.2020, 5. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/123122016003?leiaKehtiv (accessed 22 June 2025).

MTMm nr. 81 (2021) *Korterelamute rekonstrueerimise toetamine*. RT I, 23.12.2021, 31. Riigi Teataja. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/117122025009.

MTMm nr 89 (2015) Omanikujärelevalve tegemise kord. Available at: https://www.riigiteataja.ee/et/akt/103072015027.

MTMm nr. 97 (2015) *Nõuded ehitusprojektile*. RT I, 27.12.2024, 25. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007?leiaKehtiv.

Muinsuskaitseseadus (2019) RT I, 19.03.2019, 13. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/119032019013?leiaKehtiv.

Mutso M (2026) Haridustempel või sigala, mis seal vahet. Vallandame arhitektid! *Nädalalõpuleht LP* 25(713): 26–27.

Pettai T (2023) *F.R.Kreutzwaldi tänava, Karja ja Liiva tänavate vaheliste hoonete välisilme materjal ja originaalsuse inventuur*. Muinsuskaitseamet.

RT I, 05.03.2015, 1 (2015) Ehitusseadustikuus. Available at: https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv.

Scheffler GA and Plagge R (2005) Bestimmung des Trocknungsverhaltens von Baustoffen unter definierten Randbedingungen. *Bauphysik* 27(6).

WTA Merkblatt 6-4 (2016) *Internal thermal insulation according to WTA I: Planning guide*. Deutsches Institut für Normung. Available at: https://www.dinmedia.de/en/building/BVFR000 (accessed 20 June 2026).

WTA Merkblatt 6-5 (2014) *Interior insulation according to WTA II: Evaluation of internal insulation systems with numerical design methods*. Deutsches Institut für Normung. Available at: https://www.dinmedia.de/en/building/BVFR000 (accessed 20 June 2026).