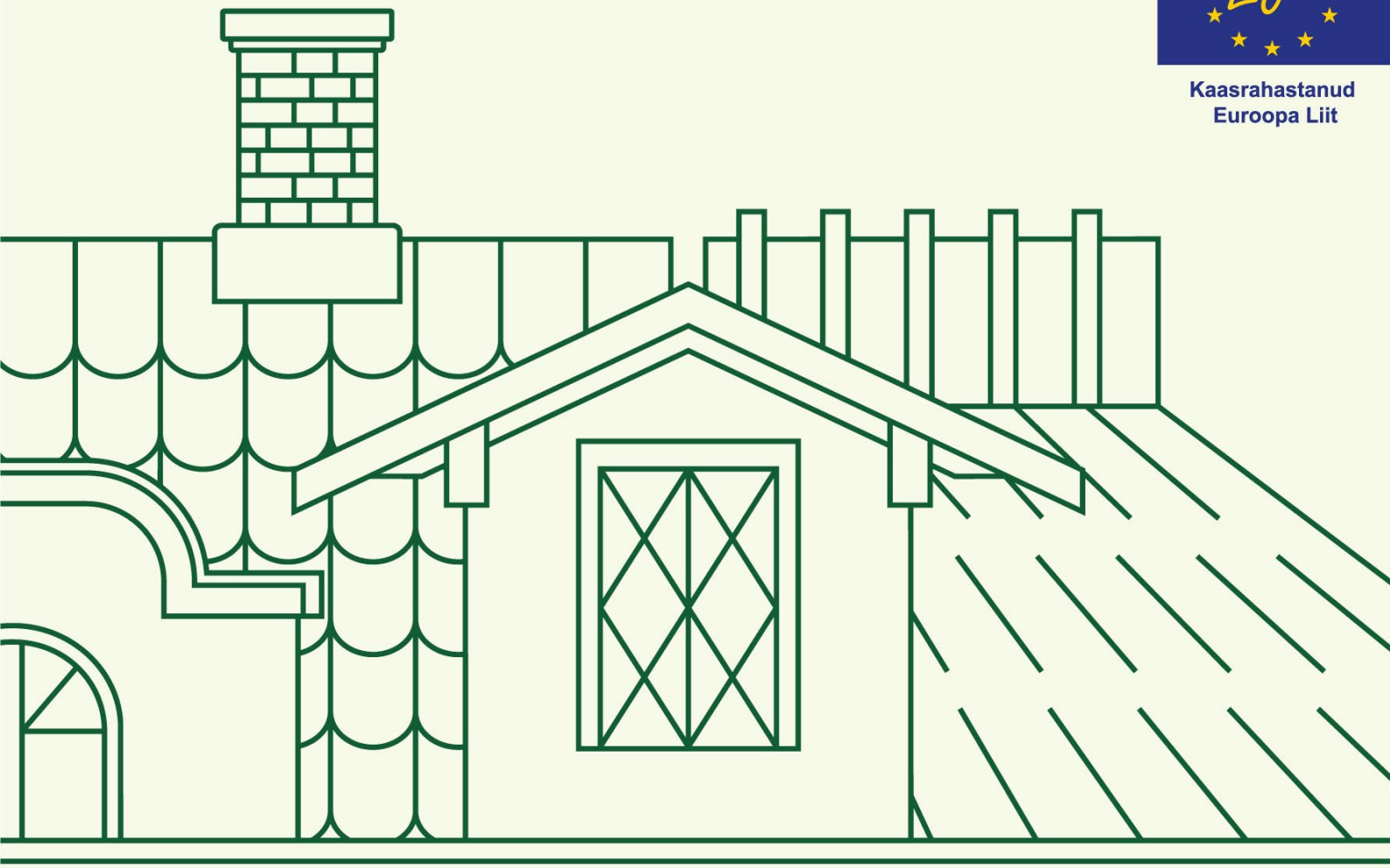
Kaasrahastanud
Euroopa Liit



Muinsuskodude piirdetarindite ja tehnosüsteemide renoveerimislahendused

Targo Kalamees, Endrik Arumägi, Marit järviste, Alois Andreas Põdra, Hendrik Kala, Paul Klõšeiko, Kadri-Ann, Kertsmik

Karin Mihkelsoo, Henry Kuningas

Üllar Alev, Katrin Koit, Laura Ingerpuu

Projekti HeritageHome tegevuse T3.2
"Technical report on the renovation solutions" aruanne D3.2

muinsus KODU
renoveerimise teejuht

Sisukord

Sisukord 2

1 Sissejuhatus 3

2 Piirdetarindite renoveerimislahenduste üldised põhimõtted 5

2.1 Renoveerimislahenduste valiku alused 5

2.2 Massiivpuitsein 6

2.3 Puitkarkasssein 8

2.4 Kivisein 9

2.5 Katuslagi 13

2.6 Pööningu põrand 15

2.7 1. korruse põrand 16

3 Tehnosüsteemid 18

3.1 Ventilatsioon 18

3.1.1 Ventilatsiooni roll renoveerimisel 18
3.1.2 Eramu soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon 18
3.1.3 Korterelamu hoonepõhine soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon 18
3.1.4 Korterelamu korteripõhine soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon 19
3.1.5 Ventilatsioonisüsteemi valik ning kasutuselevõtt ja hooldus 19

3.2 Küte 19

3.2.1 Küttesüsteemi valiku lähtekohad 19
3.2.2 Põrandküte betoonpõrandas 20
3.2.3 Põrandküte puitpõrandas 20
3.2.4 Radiaatorküte 20
3.2.5 Juhtimine ning kvaliteedi tagamine 20

3.3 Tehnosüsteemide isoleerimine, juhtimine ja mõõtmine 21

3.3.1 Tehnosüsteemide toimivuse ühised eeldused 21
3.3.2 Tehnosüsteemide isoleerimine 21
3.3.3 Tehnosüsteemide juhtimine ja mõõtmine 22

3.4 Soojusallikas 22

3.4.1 Soojuspumba valiku lähtekohad 22
3.4.2 Maasoojuspump 22
3.4.3 Õhk-vesi soojuspump 23
3.4.4 Vastuvõtt ning hooldus ja lõplik valik 24

3.5 Taastuvenergialahendused 24

3.5.1 Päikeseelektri roll ja lahenduste erinevus 24
3.5.2 Päikesepaneelid plekk-katusel 24
3.5.3 Päikesepaneelid kivikatusel 24
3.5.4 Katusepealsed päikesepaneelid 25
3.5.5 Ühised eeltingimused ning tasuvuse hindamine 25
3.5.6 Kasutuselevõtt ja pikaajaline toimivus 25

4 Kokkuvõte 26

5 Summary 27

6 Viitekirjandus 28

1 Sissejuhatus

Käesolevas aruandes kirjeldatakse muinsuskodu ehk muinsuskaitsealuse elamu ja selle abihoone renoveerimislahendusi. Aruande eesmärk on anda renoveerimislahendused, kuidas parandada ajalooliste hoonete energiatõhusust nii, et säiliks nende kultuuriväärtus. Lahendused aitavad hoonete omanikel, ametiasutustel ja spetsialistidel leida lahendusi renoveerimiseks ja renoveerimislahenduste edasiarendamiseks ja kohandamiseks konkreetsele hoonele.

Kultuuriväärtuslike hoonete renoveerimise lähtekohaks on ennekõike ajaloolise hoone väärtuste säilitamine, mistõttu eelistatakse olemasolevate väärtuslike konstruktsioonide ja detailide hooldamist, parandamist ning osalist proteesimist; asendamine on põhjendatud üksnes ulatuses, milles säilitamine ei ole tehniliselt, finantsiliselt või muudel põhjustel võimalik. Võimaluse korral kasutatakse algupäraseid materjale, traditsioonilisi töövõtteid ja hoone ehitusajale sobivaid lahendusi. Iga sekkumine kavandatakse hoonepõhiselt ning kooskõlastatakse enne tööde alustamist omanikuga, kohaliku omavalitsusega, muinsuskaitseametiga ja muude asjakohaste instantsidega.

Kokku töötati välja 57 erinevat renoveerimislahendust järgmises jaotuses:

- Massiivpuitsein (rõhtpalksein, topeltplanksein, püstpalksein), 4 lahendust:
  - VS-P-01 Soojustatud massiivpuitsein. Tuuletõkkega soojustus ja horisontaalne puitlaudis
  - VS-P-02 Soojustatud massiivpuitsein. Tuuletõkkega soojustus ja vertikaalne puitlaudis
  - VS-P-03 Soojustatud massiivpuitsein. Tuuletõkkega soojustus ja krohvisüsteem
  - VS-P-09 Seest poolt soojustatud rõhtpalksein. Isolatsiooniplaat ja horisontaalne puitlaudis
- Puitkarkasssein, 5 lahendust:
  - VS-P-04 Soojustatud puitkarkasssein. Tuuletõkkega soojustus ja horisontaalne puitlaudis, karkassi samm ≈600mm
  - VS-P-05 Soojustatud puitkarkasssein. Tuuletõkkega soojustus ja horisontaalne puitlaudis, karkassi samm ≈800mm
  - VS-P-06 Soojustatud puitkarkass-sein. Tuuletõkkega soojustus ja tellis komposiitplaat
  - VS-P-07 Soojustatud puitkarkass-sein. Tuuletõkkega soojustus ja tellisfassaad
  - VS-P-08 Soojustatud puitkarkass-sein. Puistevillaga soojustus ja horisontaalne puitvooder
- Tellissein, 3 lahendust:
  - VS-K-01 Soojustatud tellissein. Jäik soojustus ja krohvisüsteem
  - VS-K-02 Soojustatud tellissein. Jäik soojustusplaat ja komposiitplaat
  - VS-K-03 Soojustatud tellissein. Jäik soojustusplaat ja krohvisüsteem
- Looduskivisein, 3 lahendust:
  - VS-K-04 Soojustatud looduskivisein. Pehme või jäik soojustusplaat ja looduskivist fassaad
  - VS-K-05 Soojustatud looduskivisein. Jäik soojustusplaat ja krohvisüsteem
  - VS-K-06 Soojustusega tellissein. Süstitav soojustus ja tellisfassaad
    VS-K-07 Tellissein. Soojustuskrohvisüsteem krohvitud pinnale.
- 1. korruse põrand, 5 lahendust:
  - TP-01 Alt tuulduv põrand. Soojustuse vahetus ruumi poolt
  - TP-02 Alt tuulduv põrand. Soojustuse vahetus põrandaaluse ruumi poolt
  - TP-03 Alt tuulduv põrand. Soojustuse vahetus põrandaaluse ruumi poolt
  - PP-01 Puitpõrand. Soojustus pinnasel
  - PP-02 Betoonpõrand. Soojustus pinnasel
- Pööningu põrand, 2 lahendust:
  - PL-01 Pööningu põrand. Vana täite eemaldamine, lisasoojustuse ja õhu-aurutõkke paigaldus
  - PL-02 Pööningu põrand. Vana täite säilitamine, lisasoojustuse paigaldus
- Katuslagi, 3 lahendust:
  - KL-01 Katuslagi. Soojustamine õue poolt
  - KL-02 Katuslagi. Soojustamine toa poolt

    - KL-03 Katuslagi. Soojustamine toa ja õue poolt
- Akna – seina liitekoht, 8 lahendust:
    - A-P-01 Kahe raamiga 3+1 klaasiga puitaken puitseinas. Vertikaallõige
    - A-P-01 Kahe raamiga 3+1 klaasiga puitaken puitseinas. Horisontaallõige
    - A-P-02 Ühe raamiga 3-4 klaasiga puitaken puitseinas. Vertikaallõige
    - A-P-02 Ühe raamiga 3-4 klaasiga puitaken puitseinas. Horisontaallõige
    - A-P-03 Kahe raamiga 3/4+1 klaasiga puitaken puitseinas. Vertikaallõige
    - A-P-03 Kahe raamiga 3/4+1 klaasiga puitaken puitseinas. Horisontaallõige
    - A-K-01 Kahe raamiga 3+1 klaasiga puitaken kiviseinas
    - A-K-02 Ühe raamiga 3-4 klaasiga puitaken kiviseinas
- Soklisein, 6 lahendust:
    - SS-01-1 Soklimüür lintvundamendil. Kivid seotud mördiga, pinnasele toetuv betoonpõrand
    - SS-02-1 Soklimüür lintvundamendil. Kivid seotud mördiga, pinnasele toetuv puitpõrand
    - SS-03-1 Soklikrohv soojustusel, lintvundamendil. Kivid seotud mördiga, alt tuulduv puitpõrand
    - SS-04-1 Looduskivist soklivooder, keldriseinal. Puidust keldrilagi
    - SS-05-1 Soklikrohv soojustusel, keldriseinal. Betoonist keldrilagi
    - SS-06-1 Termokrohv ja soojustus lintvundamendil. Pinnasele toetuv puitpõrand
- Keldrisein, 5 lahendust:
    - V-01-1 Soojustatud ja veetõkkega keldrisein. Taldmikul hüdroisolatsioon teadmata. Pinnaseniiskus, töö- ja eluruumid keldris
    - V-02-1 Soojustatud ja veetõkkega keldrisein. Taldmikul hüdroisolatsioon. Muutuv pinnaseveetase, töö- ja eluruumid keldris
    - V-03-1 Soojustatud ja veetõkkega keldrisein. Pinnaseniiskus, tehnilised ruumid keldris
    - V-04-1 Soklikrohv soojustusel, keldriseinal. Puitkeldrilagi. Püsiv pinnaseveetase kuni 0,5m vundamendist, elu- ja olmeruumid keldris
    - V-05-1 Soojustatud keldrisein, veetõkkega. Taldmikul hüdroisolatsioon. Muutuv pinnaseveetase, töö- ja eluruumid keldris
- Tehnosüsteemid, 13 lahendust:
    - IK1 Eramu soojustagastusega ventilatsioon
    - IK2 Korterelamu hoonepõhine ventilatsioon
    - IK3 Korterelamu korteripõhine ventilatsioon
    - JM1 Tehnosüsteemide juhtimine ja mõõtmine
    - PK1 Põrandküte betoonpõrandas
    - PK2 Põrandküte puitpõrandas
    - PV1 Päikesepaneelid plekk-katusel
    - PV2 Päikesepaneelid kivikatusel
    - PV3 Päikesepaneelid katusepealsed
    - RK Radiaatorküte
    - SP1 Maasoojuspump
    - SP2 Õhk-vesi soojuspump
    - TI Tehnosüsteemide isoleerimine

Lisaks spetsialistile suunatud *.dwg ja *.pdf vormis tarindite renoveerimislahendustele on esitatud ka koduomanikule suunatud renoveerimislahendused *.pdf vormis, millel on lisatud täiendab mõõde (1D $\rightarrow$ 2D, 2D $\rightarrow$ 3D).

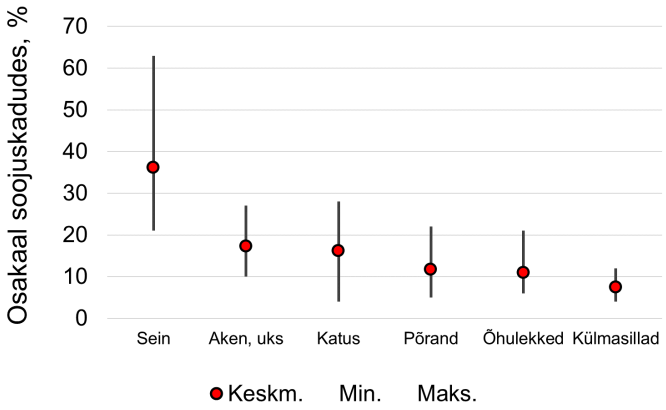
Renoveerimislahendused valmisid Tallinna Tehnikaülikooli, Eesti Kunstiakadeemia ja Muinsuskaitseameti koostöös.

2 Piirdetarindite renoveerimislahenduste üldised põhimõtted

2.1 Renoveerimislahenduste valiku alused

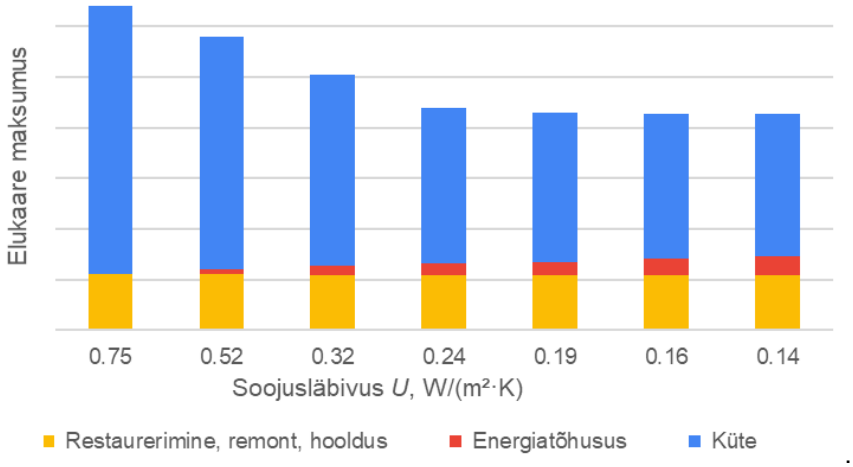
LIFE heritageHOME projekti raames Eesti muinsuskaitsealuste ja miljööväärtuslikena kaitstud elamute analüüs näitas, et kõige suurem – üle poole – soojuskadu toimub läbi välisseinte ja akende, Joonis 1. Sealt, kus on kõige suurem soojuskadu, saab ja on mõistlik seda ka kõige rohkem vähendada. Horisontaaltarindite – põranda ja katuse – soojuskadu kokku on üle kahe korra väiksem kui soojuskadu välisseinte ja akende kaudu kokku. Hoonete vertikaaltarindite soojustamine annab suurema energiasäästu kui horisontaalne soojustamine. Välisseinte lisasoojustamist, kui ühte efektiivseimat renoveerimismeedet, on näidanud ka paljud varasemad uuringud [1–4], mistõttu seda võimalust tuleks senisest enam kaaluda ka mälestistel ja muinsuskaitsealadel.

Muinsuskaitsealuse hoone puhul ei saa renoveerimise vajadust ega ulatust määrata üksnes energiatõhususe või kuluoptimaalsuse alusel. Lahendus valitakse hoonepõhiselt, arvestades [5] „Kultuuripärandi kaitse – ajalooliste hoonete energiatõhususe parandamise juhised“ põhimõtteid: selle kultuuriväärtust, säilitatavaid konstruktsioone ja detaile, ajaloolisi proportsioone ning kasutatavate materjalide sobivust, tehnilist sobivust, olelusringi maksumust, soojuskao vähenemist, energiatõhusust, sisekliima kvaliteeti, mõju väliskeskkonnale/KHG heitmeid ja kasutuse aspekte. Arvestades kõiki aspekte valitakse konkreetsele hoonele sobivaim lahendus.



Joonis 1 Piirdetarindite soojuskadude osakaal enne renoveerimist [6,7].

HeritageHome projekti raames, Eesti muinsuskodude näitel, renoveerimise teekonna, lahenduste ja kontseptsioonide valikukriteeriumite analüüs [8] näitas, et kogu olelusringi kulust moodustavad kõige suurema osa kulud sisekliima tagamiseks ja energia kasutamiseks Joonis 2. 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. Seega on tark alati mõelda ka energiatõhususe parandamisele ja piirdetarindite lisasoojustamisele – soojustamata või vähe (≤10 cm) soojustatud sein on koduomanikule palju kallim lahendus kui hästi soojustatud sein.



Joonis 2 Erineva soojusläbivusega renoveeritud palkseina olelusringi kulude võrdlus.

2.2 Massiivpuitsein

Massiivpuitseina puhul võib tegemist olla nii rõhtpalkseinaga, püstpalkseinaga või topeltplankseinaga. Välisseina välimisel soojustamisel säilib siseviimistlus, juhul kui ükski palk pole kahjustunud. Üldiselt on kõige kahjustunumad palgid seina kõige alumised palgid ja akende all olevad palgid. Soklis on suurem niiskuskoormust maapinnast tulevast niiskusest, kaldvihmast ja puudulikust hüdroisolatsioonist vundamendi või palgi vahel. Kahjustuste korral tuleb kahjustunud puit asendada.

Renoveerimisel tuleb säilitada hoone välisilme, fassaadi proportsioonid, iseloomulik liigendus ja ajaloolised detailid. Soojustuskihi paksus ning akende, räästa ja sokli sõlmed lahendatakse hoonepõhiselt, lähtudes väärtuslikest konstruktsioonidest ja algupärastest proportsioonidest. Akende või muude detailide nihutamine on põhjendatud ainult siis, kui see säilitab või taastab ajaloolise ilme ega nõua väärtuslike osade põhjendamatut eemaldamist. Katuseharja ja räästa kõrgust ning kuju tuleb võimaluse korral säilitada (Joonis 3).



Joonis 3 Puitfassaadiga seina renoveerimiseelne autentne olukord (vasakul) ja pärast renoveerimist (paremal).

Sageli on vana palk kaetud väljast poolt bituumenpapiga või ruberoidiga, mis suure veeaurutakistuse tõttu ei sobi tarindi väliskihtidesse. Vana laudvoodri eemaldamine võimaldab saada ülevaate seina tervisest, tehnilisest olukorrast ja renoveerimisvajadusest (Joonis 4).



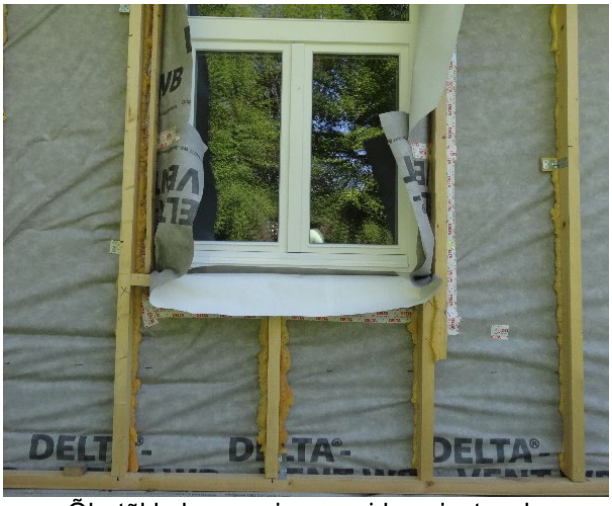
Enne renoveerimist, originaalne fassaad



Eemaldatud laudvooder, kahjustused palkidel



Asendatud kahjustunud palgid



Õhutõkkekangas ja prussid soojustusele



Tuuletõkkeplaat ja laudise roovid



Laudvooder

Joonis 4 Palkseina renoveerimise etapid.

Palkseina läbipuhutavuse vähendamiseks paigaldatakse palkide välispinnale veeauru piisavalt juhtiv õhutõkkekangas. Kõik ühenduskohad tuleb hoolikalt tihendada. Tegemist ei saa olla liiga

aurutiheda materjaliga, sest palgi tasakaalu niiskuse väljakuivamine toimub väliskeskkonna suunas, mida aurutihe kiht hakkab takistama ja kuivamine võtab aega liiga kaua.

Pärast õhutõkke paigaldamist, rajatakse puitkarkass, mille vahele paigaldatakse lisasoojustus ja peale tuuletõkkeplaat. Puistevilla märjalt paigaldada ei tohi kuna normaalse paksuse korral võtab niiskuse välja kuivamine liiga kaua aega. Juhul kui karkassi posti ja palgi vahele jääb õhutühimik, siis tuleb see villaribaga täita. Soojustuse ja tuuletõkkeplaadi paksus valitakse vastavalt soovitavale soojusläbivusele. Tuuletõkkeplaadi soojustakistuse suurendamine parandab seina niiskuslikku toimivust, kuna tõstab tuuletõkkeplaadi sisepinna temperatuuri ning sellega langeb suhteline niiskus. Soojustuse ja karkassi kihis tehakse fassaadi sirgeks rihtimine.

Tuuletõkke peale tuleb paigaldada vertikaalne roov, mis tagab õhu liikumise soojustuse ja fassaadi vahel, et hoonest ja kaldvihmadest tulenev niiskus tuulduks välja sokli, akende ja räästa sõlmede kaudu. Vertikaalse laudvoodri korral tehakse topelt roovitus, et tagada õhu liikumine laudise kinnitusroovide tagant. Väikeses ulatuses võib lahendada õhu liikumise ka horisontaalroovi freesitud õõnsuste kaudu.

2.3 Puitkarkasssein

Puitkarkassseina tüüpiline posti mõõt oli 50×100…150 mm ja karkassi vahe oli tüüpiliselt täidetud termoliidiga (saepuru – lubja segu). Seina läbipuhutavuse vähendamiseks pidi mõlemal pool soojustust olema ehituspapp või soojustusest sees tõrvapapp, aga selle olemasolu praktikas varieerub.

Renoveerimise jaoks on vaja eemaldada väljast kõik kihid kuni välimise horisontaal- või diagonaallaudiseni (hoonele jäikuse andmiseks). Kindlaks tuleb teha seinas paikneva vana õhutõkke asukoht. Kui vana puit on kahjustunud, siis see tuleb asendada (Joonis 5). Karkassist välimise laudise peale paigaldatakse veeauru juhtiv õhutõkkekangas koos liitekohtade tihendamisega ühtse terviku õhutõkkekihi tagamiseks. Vana hoone karkassipostide samm võib varieeruda ja olla suurem kui tänane nominaalmõõt (60 cm), mistõttu võib olla vajadus paigaldada täiendab horisontaalsetest puitprussidest vahekiht.

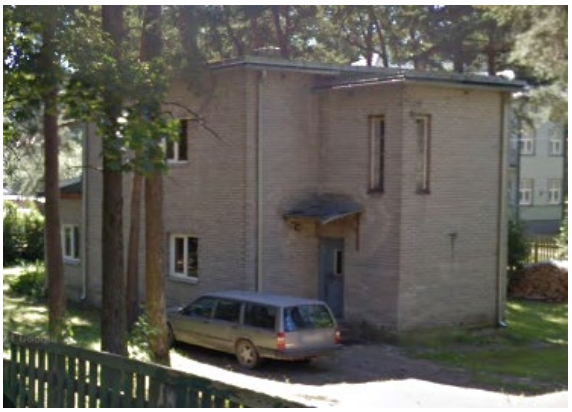
Pärast õhutõkke ja vastavalt vajadusele horisontaalvööde rajamist, paigaldatakse puitkarkass, mille vahele paigaldatakse lisasoojustus ja peale tuuletõkkeplaat. Soojustuse ja karkassi kihis tehakse fassaadi sirgeks rihtimine. Juhul kui karkassi posti ja palgi vahele jääb õhutühimik, siis tuleb see villaribaga täita. Soojustuse ja tuuletõkkeplaadi paksus valitakse vastavalt soovitavale soojusläbivusele. Tuuletõkkeplaadi soojustakistuse suurendamine parandab seina niiskuslikku toimivust, kuna tõstab tuuletõkkeplaadi sisepinna temperatuuri ning sellega langeb suhteline niiskus. Vastavalt tööde ulatusele võib kaaluda ka vana soojustusmaterjali välja vahetamist.



Joonis 5 Puitkarkassseina renoveerimisel võib olla vajadus asendada ka postide kahjustunud, peamiselt alumised, osad [9,10].

Fassaadikate valitakse vastavalt hoone arhitektuurile ja restaureerimiskontseptsiooni lahendusele. Tellisfassaadiga viimistletud puitkarkassseina (Nõmme seina) väljast poolt renoveerides on põhimõtteliselt võimalik ka algupärane tellisfassaad demonteerida, paigaldada

lisasoojustus ja laduda uus tellisfassaad samadest tellistest. Sellisel juhul tuleb laiendada olemasolevat vundamenti, et tellismüüritis oleks alt toetatud. Tellised seotakse karkassiga vastavate metallankrutega, ilmastikukindluse jaoks peavad need olema tsingitud või roostevabast terasest. Tellisfassaadi puhul tuleb jätta soklis teise või kolmanda telliserea püstvuugid tühjaks, need toimivad õhu sissepääsu avadeks fassaaditaguse tuulutuseks.



Renoveerimiseelne olukord, 2022



Renoveerimiseelne olukord, 2022



Tellis on eemaldatud, sein on soojustatud ja kaetud tuuletõkkeplaadiga, 2023



Tellisfassaadi laotakse tagasi, 2024-2026

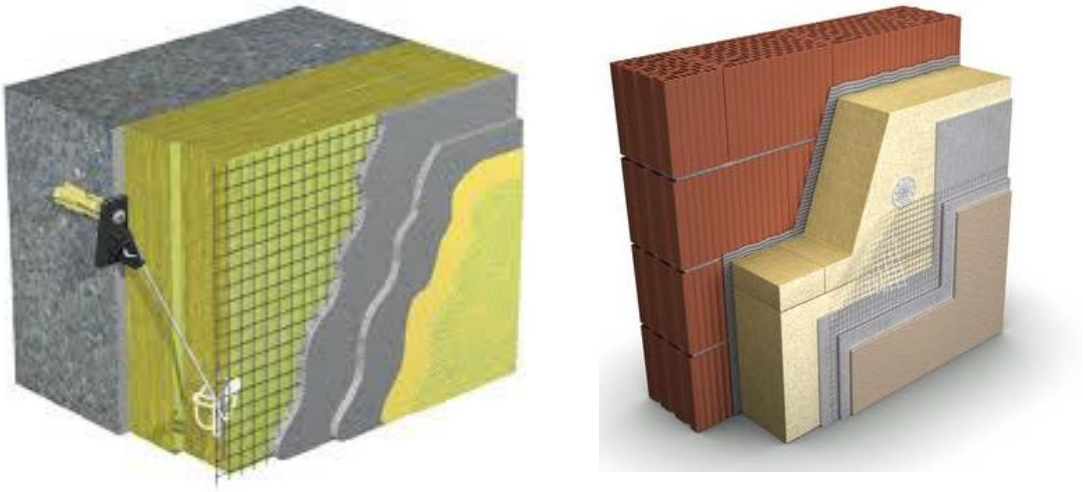
Joonis 6 Puitkarkassseina välimine renoveerimine tellisfassaadi eemaldamisega ja tagasi ladumisega (VS-P-06).

2.4 Kivisein

Krohvitud kiviseina puhul on autentne välisviimistlus krohv, mida on võimalik kanda ka soojustusele. Soojustuse liitsüsteem on kompleksne lahendus, mille on välja töötanud süsteemi tootja. Projektlahendusega tuleb ära määrata krohvi viimistlus. Lisasoojustamise jaoks on vajalik esmalt vana fassaad puhastada orgaanilisest ainest. Seejärel võib seinale paigaldada jäiga soojustuse plaadid, mis kinnitatakse liimiseguga ja mehaaniliselt tüübelankrutega. Selle peale tehakse soojustusele vastav krohvisüsteem koos armeeringuga. Sõltuvalt kohvi paksusest ja raksusest on tüüblid kas tõmbele või paindele töötavad. Krohv ja tema liitekohad peavad olema projekteeritud ja ehitatud veetihedaks. See vesi, mis paratamatult satub krohvi taha, peab suutma sealt välja kuivada ilma seina ja materjale kahjustamata.



Joonis 7 Krohvitud soojustusega müüritis.



Joonis 8 Soojustuse liitsüsteemi ja kinnitustüüblite näited [11,12].

Maapealse looduskivist välisseina renoveerimisel tuleb esmalt hinnata olemasoleva müüritise kultuuriväärtust, kandevõimet, vuukide ja kivide seisukorda ning niiskuskoormust. Säilitatav müüritis parandatakse võimalikult suures ulatuses algupäraste kivide ja olemasolevaga sobiva mördiga. Välispidine lisasoojustamine koos uue kivivoodriga on ulatuslik sekkumine, mida võib kaaluda üksnes hoonepõhise projekti alusel, kui lahendus ei kahjusta väärtuslikku algupärast välispinda ega hoone proportsioone. Soojustusplaadid ja uue kivivoodri ankurdus kavandatakse terviklahendusena; metallist sidemed peavad olema ilmastikukindlad ning soojustuse ja kivivoodri vahele jäetakse niiskuse väljakuivamist võimaldav õhkvahe. Uus vooder peab kasutatud kiviliigi, ladumisviisi, vuukide, nurkade ja avatäidete ümbruse kivimustri poolest lähtuma algsest müürist. Lahendus ja selle tagasipööratavus kooskõlastatakse omanikuga, kohaliku omavalitsusega, muinsuskaitseametiga, Päästeametiga ja muude instantsidega.

Sokli ja maa-aluse vundamendiseina renoveerimine kavandatakse maapealsest välisseinast eraldi. Enne renoveerimist selgitatakse välja niiskuse allikad, müüritise seisukord, vundamendi kandevõime, pinnasevee tase ning olemasoleva hüdroisolatsiooni ja drenaaži toimivus. Maa-aluses osas lahendatakse koos müüritise parandamisega veetõke, soojustus, kaitsekiht ja vajaduse korral drenaaž. Nähtava sokli puhul säilitatakse võimalikult suures ulatuses algupärane kivi, ladumisviis ja vuugistik. Kui soojustuse ette rajatakse uus kivivooder, peab selle asukoht, paksus, ankurdus ja liitumine välisseinaga olema projektis eraldi näidatud. Uus vooder peab kasutatud kiviliigi, ladumisviisi, vuukide, nurkade ja avatäidete ümbruse kivimustri poolest lähtuma algsest müürist..

Kivi mustrit on müürile visualiseeritud ka krohvile modelleeritud kivijäljendite abil, Joonis 11.



Enne renoveerimist



Hoonele on alla laotud uus vundament, paigaldatud soojustus ja kaetud graniidist välisvoodriga

Joonis 9 Looduskivist välisvoodriga vundament.



Graniitkivist vooder soojustuse sisepinnas.



Graniitkivist vooder sokli soojustuse välispinnas

Joonis 10 Soojustatud, looduskivist välisvoodriga välissein (vasakul) ja vundament (paremal).



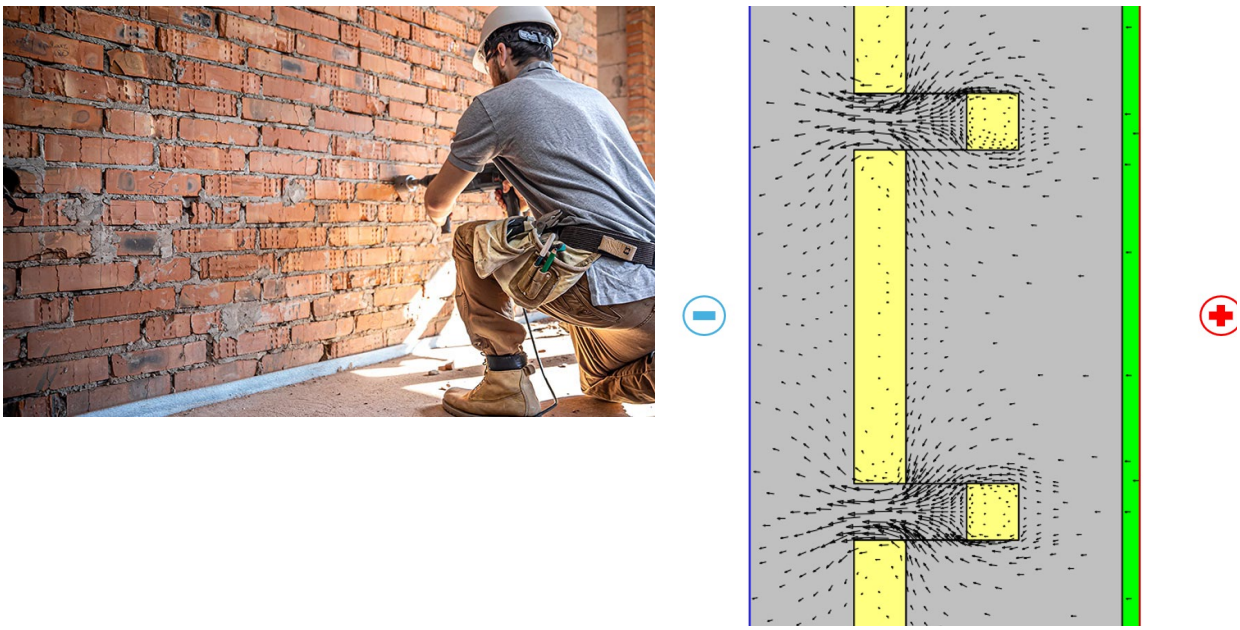
2014



2023

Joonis 11 Looduskivist vundamendil krohvile modelleeritud kivijäljendid Tallinna vanalinnas.

Kiviseina sisemiste tühimike täitmine süstitava soojustusmaterjaliga ei ole väärtusliku ajaloolise müüritise tavapärane renoveerimislahendus. Täitematerjali hilisem eemaldamine ei ole üldjuhul võimalik, selle levikut ja mõju olemasolevale mördile on keeruline kontrollida ning sidekividest soojussillad säilivad (Joonis 12). Lahendust võib kaaluda üksnes erandjuhul pärast müüritise ehituse, materjalide, niiskusrežiimi ja katselõigu uurimist ning muinsuskaitseasutusega kooskõlastamist.



Joonis 12 Kiviseina tühimike täitmisel soojustusega tuleb arvestada, et sidekivide tõttu säilivad soojasillad, mistõttu soojusläbivuse vähenemine on homogeensetest kihtidest tarindi soojusläbivusest oluliselt suurem.

2.5 Katuslagi

Katuslae renoveerimisel õue poolt (Joonis 13) saavad inimesed katusealuseid ruume renoveerimise ajal kasutada ja olemasolev siseviimistlus võib säilida. Muinsuskodude puhul on lahendus sobiv üksnes juhul, kui säilivad väärtuslik ajalooline katusekonstruktsioon, katuse kuju ning hoone iseloomulikud proportsioonid. Katusekatte vahetamisel kasutatakse võimaluse korral algupärast kattematerjali või hoone tüübi ja ehitusajaga sobivat analoogi. Välimise renoveerimisel korral eemaldatakse üksnes vajalikud kihid ning kahjustunud konstruktsiooniosad parandatakse või proteesitakse; täielik asendamine on põhjendatud vaid juhul, kui säilitamine ei ole tehniliselt, finantsiliselt või muudel põhjustel võimalik. Õhu- ja aurutõkke lahendus tuleb kavandada nii, et see ei kahjustaks säilitatavat konstruktsiooni ega siseviimistlust. Üks võimalik lahendus on paigaldada olemasolevate sarikate vahele PIR-plaat ning tihendada sarikate ja plaadi ühenduskohad õhu- ja aurutõkketeibi, mastiksi või muu asjakohase võttega. Kui olemasolevad sarikad on palgid või tahutud palgid, täidetakse ühendusvuugid esmalt lokaalselt soojustusega ja seejärel tihendatakse. Sarikate vahed täidetakse soojustusvillaga. Uute konstruktsiooniosade vajadus ja kinnitused määratakse kandevõime arvutusega, eelistades ajaloolise konstruktsiooni säilitamist. Tuuletõkke, tuulutusroovide, aluskatte, roovituse ja katusekatte paigaldamisel järgitakse asjakohaseid standardeid ning tootja juhiseid.

Kui hoone katusekate on töökorras, katusekatte all on korrektne aluskate ja muudel põhjustel ei vaja see kohest vahetamist, on võimalus katuslage lisasoojustada, tegutsedes toa poolt. Soojustamisel toa poolt säilib algne katusekate ning hoone välimised mõõdud ei suurene. Samas väheneb koduomaniku kasutatav ruum katuse all. Renoveerimistöödel eemaldatakse katuslae sisemised kihid. Alles jäävad sarikad, katuse alusroovid ja katusekate. Kahjustunud konstruktsioonid tulevad asendada. Kui katuse aluskate puudub, siis lihtsama geomeetriaga ja ilma neeludeta katuse korral võib selle paigaldamist kaaluda ka alt poolt. Sarikate külgedele paigaldatakse distantsroovid, mille külge kinnitatakse katuse aluskate, ühenduskohad teibitakse tihedaks. Aluskatte alla paigaldatakse teine tuulutusroov. Tuulutusroovi alla sarikate vahele paigaldatakse tuuletõkkeplaat, liitumiskohad vajadusel tihendatakse mastiksiga või teibiga. Vana sarika külge kinnitatakse sisse poole metallnurgikuga uus sarikas. Sarika mõõdud valitakse vastavalt soovitava lisasoojustuse paksusele. Suurema soojustuse paksuse korral paigaldatakse risti roovid uuele sarikale, et tagada piisav soojustuse hulk. Soojustuse toapoolsele kihile paigaldatakse õhu- ja aurutõke, mille liitekohad tihendatakse hermeetiliseks. Selle peale paigaldatakse puitroovid, et tekiks vahe, kuhu paigaldatakse kommunikatsioonid (kaablid jms), nii et õhu- ja aurutõket ei vigastata. Arvestada tuleb elektri harutooside sügavusega. Puitroovidele paigaldatakse kipsplaat või muu materjal koos uue siseviimistlusega.





Katusekate on eemaldatud. Roovide vahel on lauad või tuuletõkke tükid. Kuigi vana kivi- või eterniitkatus pole tuisutihe, puudus vanadel katustel tüüpiliselt aluskate.





Tuuletõkkeplaadid on eemaldatud. Soojustuseks on tüüpiliselt saepuru või termoliit, kuid laida võib ka muud kätte juhtunud täitematerjali



Õhu- ja aurutõkkekilet sarikate vahele ei saa korrektselt paigaldada kuna siseviimistlusplaadi naelad ulatuvad läbi laudise ja lõhuvad kile ära



Sarikate vahele on tihendatud õhu- ja aurutõkkeplaat



Uued sarikad vanade sarikate kohal vastavalt kandevõimele ja vajaliku soojustuse paksusele



Tuuletõkke, tuulutusroovide ja katuseroovide paigaldus

Joonis 13 Katuslae renoveerimine õue poolt.

2.6 Pööningu põrand

Pööningu põranda lisasoojustamine võib toimuda koos või ilma vana soojustuse eemaldamisega. Vana soojustuse eemaldamisel tekib rohkem ruumi uuele soojustusele. Vana täitematerjalide sisse võidi panna klaasikilde ning muid teravaid esemeid näriliste tõrjeks, mis võib muuta selle töö ohtlikuks.

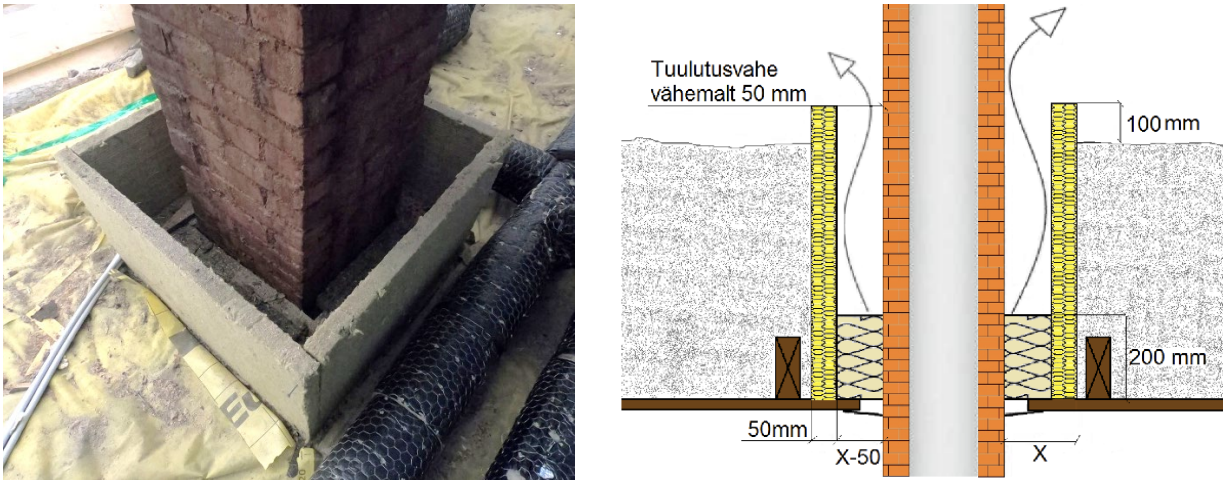
Levinud soojustus pööningu põrandale on puistevill. Paigaldamisel tuleb arvestada, et puistevill tiheneb ja vajub aja jooksul, mistõttu tuleb lõpliku paksuse saavutamiseks paigaldada seda esialgu 29% rohkem. Korstnate läbiviikude ümber tuleb ehitada tuletõkkelahendus ning selle ümber on madalam puistevilla tasapind [13].

Pööningul liikumise võimaldamiseks tuleb soojustuse kohale rajada puitkonstruktsioonist käigutee. Pööningu käiguteed tuleb rajada enne puistevilla paigaldust. Käigutee kõrgus ~5 cm puistevilla lõplikust tasapinnast üleval pool.

Räästa tsoonis tuleb sarikatele paigaldada tuulesuunajad, mis ulatuvad >0,3 m võrra kõrgemale, kui pööningu põranda soojustuse tasapind. Tuulesuunaja alumine osa tuleb kinnitada nii, et ei oleks võimalik tuisu lumel koguneda plaadile. Tuisulumi peab sulades hoonest välja voolama. Tuulesuunaja kohale peab jääma 50-100 mm (sõltuvalt katuse kaldele) ruumi õhkvahe.



Joonis 14 Pööningu põranda soojustamine [14,15].



Joonis 15 Korstna läbiviik pööningu põrandast. „X“ on korstna tootja nõutav isolatsioonikihi paksus tavapärase pikkusega (kuni 200 mm) läbiviigu puhul, müüritiskorstna puhul „X“ = 250 mm. Välimine mineraalvilla plaat peab ulatuma minimaalselt 100 mm üle soojustuse (hoidmaks ära puistevilla sattumist tuulutusvahesse). (EVS 812-3) [16].

2.7 1. korruse põrand

Põrandate renoveerimisel on suurimaks takistuseks olukord, kus põrandakate on muinsusväärtusega. Sellisel juhul tuleb alt tuulduva põranda töid teha põranda alt. Pinnasel oleva põranda puhul tuleb põrandakate peale uue põranda ehitamist tagasi paigaldada, selleks peab olema muinsuskaitse luba. Alt tuulduvate põrandate renoveerimisel tuleb tähelepanu pöörata põranda aluse ruumi kõrgusele. Põrandaaluse ruumi hooldamiseks ja õhu liikumise võimaldamiseks peab see olema piisavalt kõrge - (60) 80cm. Kui see on ebapiisav, on soovitatav rajada tuulduva põranda asemele alt tuulduv põrand.

Alt tuulduvate põrandate tüüpilised probleemid:

- Pinnasevesi valgub põranda alla.
- Maja ümber drenaaž puudub või ei toimi.
- Niiskuse aurumine pinnasest põrandaalusesse ruumi.
- Õhulekked põrandaaluse ruumi ja hoone siseruumide vahel.
- Põrandaaluse ruumi õhuvahetus ei ole piisav.
- Põrandaaluse ruumi suure soojusliku inertsi tõttu on selle soojenemine kevadel ja suvel aeglane ja ruum püsib kaua jahedam, mis tõstab ruumi suhtelist niiskust.
- Põrandaaluses ruumis on biolagunevat materjali.

Põrandaaluses ruumis on kõige niiskem periood kevad-suvi, kui suhteline niiskus on 85%-95%. 100% suhtelise niiskusega periood võib kesta mitu nädalat. Lisaks suureneb niiskustaset pinnasest auruv niiskus. Põrandaaluse ruumi õhuvahetuseks peab olema piisavalt palju ja piisavalt suured õhuavad vundamendi välismüüris ja ka sisemüüris. Tuulutusavadesse saab paigaldada 4-6 mm avadega metallvõre, et vältida näriliste ja muude loomade sattumist põrandaalusesse ruumi. Tuulutusavad peavad olema paigutatud nii, et ava alumine serv oleks ümbritsevast maapinnast vähemalt 15 cm kõrgemal ning alusmüüri kõrval olev taimestik ei kataks avasid. Tuulutusava vaba pindala vundamendi seinas 0,5 ‰ (tuulete avatud asukoht) - 1‰ (tavapärane hoone asukoht) põranda pindalast metallvõrgu vähendustegur ≈90%, katterestidel ≈60-30%, tuulutustorul ≈15%). Soklisein peab olema piisavalt soojustatud, et põrandaalune ruum ei jahtuks talvel liialt. Katmata pinnas hoiab põrandaaluse ruumi suhtelise niiskuse kõrge aasta läbi. Niiskuse kuivamist pinnasest, pinnase temperatuuri alandamist ja põrandaaluse ruumi soojusliku massiivsust (et saada kevadel-suvel põrandaalune ruumi võimalikult kiiresti sojaks) saab vähendada pinnase pealispinna soojustamisega (R 1,5 - 3 m²×K/W: 5 - 10 cm vahtpolüstüreeni või 15 - 30 cm keramsiitkruusa). Pinnasele paigaldatud kile vähendab ka pinnasest niiskuse aurumist ja võib olla kiirabimeede. Kile peab olema perforeeritud, et vesi ei koguneks kile pinnale vaid saaks valguda pinnasesse. Liiva ei või kilele laotada. Kile ei alanda põrandaaluse ruumi temperatuuri suvel, kuna ei isoleeri külma pinnast. Suvel on välisõhk oluliseks niiskuse allikaks. Kui seinad moodustavad olulise osa põrandaaluse ruumi piirdetarinditest võib ka seinu soojustada põrandaaluse ruumi poolt. Põrandaaluse ruumi pinnas on kaetud niiskuse kapilaartõusu tõkestav 20 cm paksuse kruusa või killustikukihtiga. Pinna on planeeritud ühtlase kaldega drenaaži suunas. Põranda õhulekkeid saab vähendada tarindi sisepinda paigaldatud õhutõkkega.

Pinnasele toetuvate põrandate puhul tuleb eemaldada kogu olemasolev põrand koos põranda alla jääva pinnasega nii et põranda alla jääb vähemalt 250 mm tihendatud kuiva killustikust aluspinnast, fraktsiooniga 6-32 mm, ja 50 mm killustiku fraktsiooniga 5-16 mm. Killustiku alla tuleb paigaldada filterkangas savise, mudase ja moreenise aluspinna korral. Vastavalt hoone asukohale tuleb killustiku peale paigaldada radoonitõke. Radooni tõkke peale paigaldatakse soovitud paksusega ekstrudeeritud vahtpolüstureeni ehk XPS-plaatidest soojustus. Paigaldada tihedalt ja liitekohad teipida, Joonis 16. Soojustuse peale toetatakse uus põrand. Betoonpõranda puhul kaetakse soojustuse kilega, mis on seinte äärest üles pööratud ning liitekohtadest teibitud. Selle eesmärk on vältida betoonipiima ära valgumist, mis omakorda vähendab põranda tugevust. Kile peale paigaldatakse betoonpõranda armatuur, mis tõstetakse kilest eemale distantspuksidega. Soovi korral on võimalik põranda armatuuri külge kinnitada põrandaküttetorustik. Seinte äärtesse tuleb paigaldada servaribad, mis tekitavad seina ja põranda vahele paisumisvuugi. Vahe- ega välisseinu ei tohi uputada betoonpõrandasse.



Pinnasele toetatud puitpõrand



Laagid on täitepinnase vahel ja lauad on vastu pinnast. Laudade all näriliste käiguteed.





Pinnasega kontaktis olevad laagid ja lauad on mädanenud (kuigi põrandalaud paistab pealt poolt ilus ja terve)





Põranda alune on kaevatud sügavamaks, täidetud kruusaga või killustikuga niiskuse kapilaartõusu takistamiseks ja tihendatud mehaaniliselt.

Tihendatud aluspinnasele paigaldatakse mitmes kihis ekstrudeeritud polüstüreenplaadid. Sulundliide aitab vähendada läbivate pragude teket.

Laudpõrand kinnitatakse soojustusele liimitud laiadele laagidele. Laagide vahe võib täita vähendamaks näriliste liikumisruumi.

Joonis 16 Pinnasele toetatud puitpõranda renoveerimise ettevalmistamise tööde käik.

3 Tehnosüsteemid

3.1 Ventilatsioon

3.1.1 Ventilatsiooni roll renoveerimisel

Ventilatsiooni ülesanne on tagada ruumides värske õhk. Praktika ja mõõtmised on näidanud, et isetoimeline, loomulik ventilatsioon ei ole piisav hea sisekliima tagamiseks kuna õhuvooluhulk on liiga väike [17,18], puudub soojustagastuse võimalus ja toimivuse juhuslikkus võib ebamugavust tekitada. Ruumide õhuvahetuse lahendus tuleb kavandada koos hoone soojustamise ja õhupidavuse parandamisega. Muinsuskodus on õhuvahetus sageli sõltunud aknapragudest, konstruktsioonide õhuleketest ja korstnalõõride tõmbest. Akende tihendamise ning välispiirete korrastamise järel väheneb juhuslik, isetoimeline õhuvahetus ja niiskus, süsihappegaas ja lõhnad jäävad hoonesse alles. Ebapiisav ventilatsioon halvendab sisekliimat ning suurendab kondensaadi, hallituse ja niiskuskahjustuste riski. Seetõttu käsitlevad kõik kolm infokaarti kontrollitud õhuvahetust renoveerimise lahutamatu osana.

Soojustagastusega sissepuhke ja väljatõmbe süsteem juhib filtreeritud välisõhu elu- ja magamistubadesse ning eemaldab kasutatud õhu köögist, pesuruumidest ja tualetist. Õhk liigub ruumide vahel siirdeõhuavade kaudu. Soojustagasti kasutab väljatõmmatava õhu soojust sissepuhkeõhu soojendamiseks, vähendades välisõhu soojendamisevajadust. Eesti külmas kliimas on välisõhu soojendamise energiakulu suurem kui ventilaatorite elektrikasutus. Projekteerimisel tuleb õhuhulgad määrata ruumide kasutuse, elanike arvu ja niiskuskoormuse järgi ning tagada sissepuhke ja väljatõmbe õhuvooluhulkade tasakaal. Seadme tõhusus üksi ei taga tulemust: olulised on ka kanalite rõhukadu, ventilaatorite elektrikasutus, jäätumiskaitse ja süsteemi tegelik töörežiim.

3.1.2 Eramu soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon

Eramus teenindab hoonet tavaliselt üks kompaktne ventilatsiooniseade. Sobiv asukoht seadmele võib olla tehnoruum, kelder, pööning või abiruum, kui tagatud on hooldusligipääs, vajalikud ühendused ning müra ja vibratsiooni piiramine. Torustiku paigutus tuleb lahendada koostöös ventilatsiooni projekteerijaga ja arhitektiga. Võimaluse korral võib kasutada olemasolevaid tehnilisi ruume ja kasutuseta lõõre. Kanalite peitmine ripplagede või kattekarpide taha sobib kohtadesse, kus see ei kahjusta väärtuslikke lae- ja seinadetaile. Ka puhastusluukide asukohad tuleb otsustada ja projektis määrata enne ehitamist.

Lahenduse eelis on kogu eramu pidev ja tagatud kvaliteediga õhuvahetus ning võimalus vähendada välisõhu soojendamisega seotud soojuse vajadust. Lahenduse sobivus sõltub eelkõige sellest, kas seadme, kanalite ja välisavade jaoks leidub hoonet säästev paigutus. Õhuvõtt ja heitõhk tuleb eraldada nii, et kasutatud õhk ei kanduks tagasi sisse ning avadesse ei satuks suitsu, sademeid või lund. Ahju, kamina ja pliidikubu kasutus nõuab rõhutasakaalu eraldi kontrollimist, et tugev väljatõmme ei põhjustaks suurt alarõhku ega häiriks tulekolde tõmmet. Tulekoldele kompensatsiooniõhu tagamine tuleb lahendada projektis.

3.1.3 Korterelamu hoonepõhine soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon

Hoonepõhises ventilatsioonisüsteemis teenindab kogu korterelamut, trepikoda või hooneosa üks või mitu ühist ventilatsiooniseadet. Keskne seade ühendatakse eluruumidega magistraalide, püstikute ja korterisiseste harudega. Selle lahenduse tugevus on ühine hoolduskorraldus ja väike välisavade arv, mis aitab säilitada ajaloolise fassaadi terviklikkust. Üks õhuvõtu- ja heitõhupaar võib teenindada suurt hooneosa, kuid suure õhuhulga tõttu võivad restid ja kanalid olla suured. Olemasolevate avade kasutamise võimalust tuleb kontrollida sisuliselt, mitte eeldada nende sobivust üksnes asukoha ja inventeerimisjooniste järgi.

Peamine piirang on kogu hoonet läbiva torustiku mahutamine. Uued šahtid, läbiviigud ja ripplaed võivad mõjutada kandekonstruktsioone ning väärtuslikke interjööre. Lisaks tuleb vältida müra,

lõhnade, tule ja suitsu levikut korterite vahel. Korteriühistul tuleb kokku leppida süsteemi hoolduse korraldus ja selleks korteritesse pääsemine. Lahendus sobib hästi terviklikuks renoveerimiseks, kui magistraalid saab paigutada olemasolevatesse lõõridesse või vähem tundlikesse ruumidesse.

3.1.4 Korterelamu korteripõhine soojustagastusega mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon

Korteripõhise lahenduse korral on igas korteris oma soojustagastusega ventilatsiooniseade ja korterisisesed kanalid. Kogu hoonet läbivaid sissepuhke- ja väljatõmbemagistraale ei ole vaja, mistõttu väheneb sekkumine ühiskasutatavatesse ruumidesse. Elanik saab kohandada õhuvahetust oma kasutusrežiimile ning ühe seadme rike ei peata teiste korterite ventilatsiooni. Mõnel juhul saab töid teha etapiliselt. Igas korteris tuleb siiski leida koht seadmele, mürasummutitele, hooldusele, elektriühendusele ja vajaduse korral kondensaadi äravoolule.

Suurim risk muinsusväärtustele võib olla õhuvõtu- ja heitõhuavade arv. Avad fassaadis on hea paigaldada süsteemselt, et juhuslikkus ei killustaks välisilmet. Kõigi avade asukoht, mõõt, toon ja rütm tuleb kavandada hoone terviklahendusena. Väljapuhkeavade arvu saab vähendada olemasolevate lõõride või ühiskanalitega, kuid siis tuleb kontrollida rõhukadusid, tagasivoolu, korterite vahelist õhuliikumist ja tuleohutust. Hoolduse kvaliteet sõltub palju iga omaniku hoolsusest; ühistu ühine hooldusleping aitab tagada filtrivahetuse ja seadmete kontrolli ühtlase taseme.

3.1.5 Ventilatsioonisüsteemi valik ning kasutuselevõtt ja hooldus

Kolme ventilatsioonilahenduse võrdluses tuleb hinnata korraga sisekliimat, energiakasutust, torustiku ruumivajadust, fassaadis välisavade mõju ja hooldatavust. Eramus on keskne seade põhjendatud, kui kanalitele leidub sobiv asukoht. Korterelamus soosib hoonepõhist süsteemi magistraalide paigaldatavus ja ühine hooldus. Korterelamu korteripõhist süsteemi tasub kaaluda siis, kui keskse torustiku rajamine oleks liiga ulatuslik. Ükski lahendus ei ole automaatselt muinsuskaitse seisukohalt parem ega halvem.

Vastuvõtul tuleb kontrollida ventilatsiooni kanalite puhtust ja tihedust, mõõta lõppelementide õhuhulgad, tasakaalustada süsteem ning katsetada automaatikat ja kaitsefunktsioone. Omanikule antakse teostusjoonised, mõõtmisprotokollid, seadistused ja hooldusjuhendid. Kasutajal tuleb osata valida töörežiime ja tõlgendada häireid. Filtreid vahetatakse juhendi või filtrivalve järgi, kontrollitakse soojustagastit ja kondensaadi äravoolu ning puhastatakse kanaleid. Energiakulu vähendamiseks võib kasutada vajaduspõhist õhuvahetust. Esimese kütteperioodi järel tehtav järelkontroll aitab avastada külma ilmaga avalduvaid puudusi.

3.2 Küte

3.2.1 Küttesüsteemi valiku lähtekohad

Küttesüsteemi ülesanne on anda soojusallikas toodetud soojus ruumidesse sellise võimsuse ja temperatuuriga, et ruumi temperatuur oleks ühtlane ning energiakasutus põhjendatud. Renoveeritavas hoones peab valik lähtuma ruumipõhisest soojusvajadusest, põrandate ja seinte väärtusest, konstruktsioonide seisukorrast ning kavandatavast soojusallikast. Põrandküte betoonis, põrandküte puitpõrandas ja radiaatorküte erinevad eelkõige ehitusliku sekkumise, soojusvõimsuse, reageerimiskiiruse ja vajaliku töötemperatuuri poolest. Nähtamatu küttelahendus võib nõuda ulatuslikumat ehitustööd (suurem sekkumine hoonesse) ja olla raskemini reguleeritav kui ruumis nähtav radiaator.

Madala temperatuuriline küttesüsteem toetab eriti soojuspumba tõhusat tööd. Vajalikku küttevõimsust ei tohi saavutada lihtsalt veetemperatuuri tõstmisega, kuna see võib kahjustada põrandakatet või vähendada soojuspumba soojustegurit. Enne süsteemi valikut tuleb arvutada soojuskaod renoveerimise lõppseisundis ja/või erinevate etappide lõpus, määrata tegelik köetav pind ning arvestada põrandakatte soojustakistust ja ruumi sisustust. Kui põrandküte ei kata ruumi koormust lubatud pinnatemperatuuril, tuleb vähendada soojuskadu või kasutada sobivat lisakütet. Erinevate temperatuuritasemetega kütteringid vajavad läbimõeldud hüdraulilist lahendust.

3.2.2 Põrandküte betoonpõrandas

Betoonpõrandas paiknev vesipõrandküte annab soojust konstruktsiooni sisse paigaldatud torude kaudu. Betoon jaotab ning salvestab soojust, mistõttu põranda pinnatemperatuur ja ruumi soojuslik mugavus püsivad stabiilsed. Madala soojustakistusega põrandakate, näiteks keraamiline plaat, võimaldab head soojusväljastust madala küttevee temperatuuriga. Lahendus sobib eelkõige püsivalt kasutatavatesse ruumidesse ja olukorda, kus põrand tuleb renoveerimisel niikuinii tervikuna uuendada. Märgruumides saab kütte ühendada uue põranda, hüdroisolatsiooni ja viimistluse terviklahendusega.

Peamised piirangud on lisanduv betooni mass, põranda kõrguse muutus, ehitusaegse niiskuse väljakuivamine ja tagasipööratavus. Vahelaele rajamisel on vaja kontrollida kandevõimet; kõigis ruumides tuleb hinnata mõju lävepakkudele, ustele, treppidele ja liistudele. Väärtuslikku laudist, mosaiiki või muud ajaloolist põrandat ei ole põhjendatud eemaldada üksnes kütte rajamiseks. Valukiht vajab korrektselt lahendatud vuuke, ääreisolatsiooni ja kuivamist. Suur soojusmaht tähendab aeglast reageerimisvõimet, mistõttu sobib ühtlane temperatuurirežiim paremini kui sage üleskütmine ja maha jahtumine. Torustiku remont eeldab betooni avamist ning muudab paigalduse kvaliteedi eriti oluliseks.

3.2.3 Põrandküte puitpõrandas

Puitpõrandas kasutatakse kerget kuivlahendust, kus küttetorud paiknevad süsteemiplaatides või konstruktsiooni vahel ja soojusjaotusplaadid parandavad soojuse ülekannet põranda kattele. Lahendus lisab vähem massi ja ehitusniiskust ning reageerib kiiremini kui betoonpõrand. Kihtide eemaldatavus on üldjuhul parem, mistõttu võib kuivlahendus olla ajaloolises hoones sobivam, eriti, kui põrand avatakse juba muudel põhjustel. Väiksema ehitusliku kõrgusega süsteemid võivad aidata säilitada uste ja lävede suhteid, kuid kogukõrgust tuleb hinnata koos isolatsiooni, kandeplaatide ja viimistlusega.

Puidu soojustakistus piirab soojusväljastust ning puit on temperatuuri ja niiskuse suhtes tundlik materjal. Põrandakatte tootja lubatud pinnatemperatuur ja süsteemi sobivus tuleb kinnitada enne paigaldamist. Liiga kõrge temperatuur ja kuiv siseõhk võivad põhjustada põrandakatte pragunemist, kokku tõmbumist või kõverdumist. Suure soojuskoormusega ruumis võib olla vaja lisakütet. Talade puurimine või sälkamine tuleb kooskõlastada ehitusinseneriga; isolatsiooni lisamine ei tohi takistada vajalikku kuivamist ega soodustada niiskuse kogunemist. Säilitatav laudis dokumenteeritakse enne lahti võtmist ning torude tegelik asukoht enne põranda sulgemist.

3.2.4 Radiaatorküte

Vesiradiaatorküte sobib eriti hästi hoonesse, kus põrandad tuleb säilitada avamata või kus olemasolevat küttesüsteemi saab korrastada. Radiaatorid ja torustik on valdavalt ligipääsetavad, vahetatavad ja eemaldatavad ning ruumide temperatuur reageerib juhtimisele suhteliselt kiiresti. See toetab ka perioodilise kasutusega ruumide kütmist. Radiaatori termostaatventiil võimaldab ruumipõhist reguleerimist ja vabasoojuse arvestamist. Olemasolevate väärtuslike malmradiaatorite taastamine võib olla väikseima sekkumisega lahendus, kui nende seisukord ja võimsus seda võimaldavad.

Piirang on radiaatorite ja nähtava torustiku mõju interjöörile. Seadmete kuju, mõõt, toon ja paiknemine tuleb sobitada akende, seinaviimistluse ja ajalooliste detailidega. Varjestus ja sügav nišš võivad vähendada soojusväljastust ning vajavad arvutuses arvestamist. Soojuspumbaga ühendamisel tuleb kontrollida radiaatorite võimsust madalamal temperatuurirežiimil: varem piisav radiaator ei pruugi uues režiimis ruumi ära kütta. Vajalik võib olla suurem radiaator või hoone soojuskadude vähendamine. Küttesüsteemi tervikrenoveerimisel on kahetorusüsteem paremini reguleeritav kui jadamisi ühendatud ühetorusüsteem.

3.2.5 Juhtimine ning kvaliteedi tagamine

Kõigi kolme küttesüsteemi lahenduse toimivus eeldab süsteemi hüdraulilist tasakaalustamist, sobivat ringluspumba seadistust ja soojusallikaga kooskõlas küttegraafikut. Põrandkütte kollektor peab jääma hooldatavaks ning toruringid paigaldatakse varjatud osas liitekohtadeta. Puidust

põrandakatte korral on temperatuuripiirang eriti oluline. Betoonpõrand vajab enne lõpliku katte paigaldamist nõuetekohast kuivamist ja dokumenteeritud kütmisprotseduuri; kuivlahenduse esmakütmine tehakse samuti temperatuur tõus järk-järgult. Ruumitermostaadid täpsustavad juhtimist, kuid ei korva valesti dimensioneeritud või tasakaalustamata süsteemi.

Vastuvõtul tuleb üle anda survekatse ja tasakaalustamise protokollid, tegelikke torutrasse kajastavad joonised, seadistused ning kasutus- ja hooldusjuhendid. Põrandkütte puhul kontrollitakse pinnatemperatuuri ja selle ühtlust, radiaatorkütte puhul ventiilide tööd ja ruumide soojenemist. Edasine hooldus keskendub rõhule, õhutamisele, pumpadele, ventiilidele ja automaatikale. Põrandakatte või sisustuse muutmine võib vähendada põrandkütte võimsust; radiaatorite lisamine või soojusallika vahetus nõuab tasakaalustamise ülevaatamist. Lõplik valik peab ühendama soojusvajaduse katmise ning väärtuslike põrandate, pindade ja konstruktsioonide säilitamise.

3.3 Tehnosüsteemide isoleerimine, juhtimine ja mõõtmine

3.3.1 Tehnosüsteemide toimivuse ühised eeldused

Isoleerimine, juhtimine ja mõõtmine puudutavad kõiki hoone tehnosüsteeme ning mõjutavad nende tegelikku energiakasutust ja töökindlust. Hea soojusallikas või õhuvahetuseseade ei aita saavutada kavandatud tulemust, kui torustik kaotab soojust, külmad pinnad koguvad kondensaati või automaatika juhib seadmeid vale teabe järgi.

Tehnoruumidesse ning olemasolevatesse šahtidesse paigutatud lahendused võivad säästa väärtuslikku viimistlust, aga ruumivajaduse kontrollimiselt tuleb arvestada ka isolatsiooni paksusega.

3.3.2 Tehnosüsteemide isoleerimine

Soojusisolatsioon vähendab kütte- ja tarbeveetorustiku ning ventilatsioonikanalite soovimatuid soojuskadusid. Kütmata keldris, pööningul või šahtis kaotatud soojus ei jõua vajalikku ruumi; köetavas ruumis võib isoleerimata toru põhjustada kontrollimatut ülekütmist. Külmade torude ja kanalite isolatsioon aitab vältida kondensatsiooni, korrosiooni ning ümbritsevate konstruktsioonide märgumist. Külma tarbevee puhul on eesmärk ka vältida vee liigset soojenemist soojade torude läheduses. Isolatsioon kaitseb ka kuuma pinna puudutamise eest ning heliisolatsioon koos sobivate kinnitustega aitab vähendada mürahäiringuid.

Isolatsioon ei ole üksnes materjalikiht, vaid koosneb materjalist, liidetest, aurutõkkest, kaitsekattest ja kandurite lahendusest. Materjal ja paksus valitakse töötemperatuuri, toru või kanali mõõdu, keskkonna niiskuse, paigalduskoha ning tuleohutusnõuete järgi. Mineraalvilla kasutatakse sageli soojusisolatsioonina, suletud pooridega elastomeerseid materjale külmaisolatsioonina; valik peab vastama konkreetsele süsteemile. Paksust tuleb määrata arvutusega, arvestades nii tehnilist toimivust kui kasutusaja energiakulu. Kondensatsiooniriski või veehügieeni kaitset ei saa otsustada ainult rahalise tasuvuse järgi.

Külmaisolatsiooni peamine nõue on pidev ja hermeetiline aurutõke kogu trassil, sealhulgas põlvede, liidete, ventiilide, riputite ja läbiviikude juures. Katkestus laseb niiskusel isolatsiooni koguneda ning tekitada varjatud kahjustuse. Metallkandurist tekkiv soojasild ja kokkusurutud isolatsioon vähendavad kaitset ka siis, kui materjal ise on õigesti valitud. Ventiilide, äärikute ja arvestite juures kasutatakse vajaduse korral avatavaid isolatsioonikarpe. Ligipääsetavates või väliskeskkonnas paiknevates lõikudes kaitseb kate isolatsiooni vigastuste ja ilmastiku eest.

Tuletõkketarindite läbiviigud lahendatakse katsetatud süsteemide alusel ning märgistatakse ja dokumenteeritakse. Vana isolatsiooni eemaldamise eel tuleb hinnata selle seisukorda ja võimalikku asbestisisaldust; kahtlase materjali koostis selgitatakse enne lõhkumist. Külmumisohtlikus tsoonis ei taga isolatsioon üksi lõputut kaitset, sest see aeglustab jahtumist. Vajaduse korral lisandub küttekaabel või muu kaitse. Korduvate tööde eel aitab kooskõlastatud näidispaigaldus fikseerida kvaliteedi, mida saab kogu objektil kontrollida.

3.3.3 Tehnosüsteemide juhtimine ja mõõtmine

Automaatika ühendab andurid, juhtkontrolleri, täiturid ja kasutajaliidese. Küttes saab juhtida ruumitemperatuuri, küttegraafikut ja paakide laadimist, ventilatsioonis õhuhulka CO_2 või niiskuse järgi ning jahutuses siduda töö päikesekaitsega. Valgustus võib järgida inimeste kohalolu või ajagraafikut. Päikesetoodangu jälgimine võimaldab ajastada tarbimist tootmistundidele. Veelekke-, suitsu- ja muud ohutusandurid annavad teavet ohu kohta. Eesmärk on süsteemide omavaheline kooskõla ja vajaduspõhine töö, et vältida tarbetut energiakasutust ja vastukäivaid juhtimisotsuseid.

Mõõtmise ja selle salvestuse väärtus seisneb võimaluses eristada kulu põhjuseid ja kontrollida tulemust. Hoone üldine elektrinäit ei selgita, kui palju tarbivad soojuspump, ventilatsioon või muud seadmed. Mõõteplaanis eristatakse vajalikud energiavood, näiteks küte, tarbevee soojendamine, elekter ja päikeseenergia toodang. Soojuspumba elektritarbimise ja toodetud soojuse koosmõõtmine võimaldab hinnata selle tegelikku tõhusust. Mõõtepunktid, arvestite tähendused ja andmete kasutamine tuleb määrata enne ehitamist; pelgalt andmete kogumine ei paranda süsteemi, kui nende põhjal seadistusi ei korrigeerita.

Lihtne lokaalne juhtimine sobib piiratud süsteemide arvuga hoonesse; keskne või integreeritud automaatika on põhjendatud siis, kui mitu süsteemi peavad koostööd tegema. Valik sõltub kasutusrežiimist, omaniku vajadustest ja hooldusvalmidusest. Automaatika ei korva hoone puudulikku soojustust, ebapiisavat ventilatsiooni ega valesti valitud kütteseadet. Kaabli- ja juhtmevabade lahenduste võrdluses tuleb arvestada töökindlust, paigaldusmõju ja hooldust. Juhtmevaba andur võib säästa väärtuslikku viimistlust, kuid vajab toiteallika jälgimist; kaabliga lahendus nõuab sobivat trassi.

Andur peab mõõtma tegelikku olukorda. Temperatuurianduri või CO_2-anduri vale asukoht annab eksitava sisendi ja põhjustab ebaõiget juhtimist. Nähtavad andurid, paneelid ja kilbid tuleb sobitada interjööriga ning võimaluse korral kasutada olemasolevaid paigaldusteid. Andmeside põhimõte mõjutab süsteemi laiendatavust ja hooldatavust. Vastuvõtul katsetatakse andurite näite, juhtimisrežiime, täitureid ja häireid koos teiste tehnosüsteemidega. Üle antakse skeemid, mõõtepunktide loend, juhtimisloogika, seadistused ja kasutusjuhendid. Isolatsiooni puhul kontrollitakse paksust, katkematust, aurutõket, katet ja läbiviike. Edasine korrashoid hõlmab isolatsiooni vigastuste parandamist, andurite kontrolli ning seadistuste ülevaatamist. Mõlema teema tulemus sõltub sellest, kas toimivus säilib kogu kasutusaja.

3.4 Soojusallikas

3.4.1 Soojuspumba valiku lähtekohad

Maasoojuspump ja õhk-vesi soojuspump kasutavad keskkonnast saadud soojust hoone kütmiseks ja tarbevee valmistamiseks. Elektrienergia abil tõstab kompressor külmaaine rõhku ja temperatuuri ning soojus antakse üle hoone veepõhisele küttesüsteemile. Tõhusus sõltub eelkõige soojusallika ja küttevee temperatuuride vahest: madalama pealevoolu temperatuuriga küttejaotus toetab paremat tulemust. Seetõttu tuleb soojusallika valik siduda hoone soojapidavuse parandamise ning põrandkütte või radiaatorite dimensioneerimisega. Soojuspumpa ei valita üksnes hoone pindala või vana kütteseadme võimsuse järgi.

Valiku alus on küttekoormuse arvutus renoveerimise lõppseisundile, tarbevee vajadus, elektrivarustuse võimalused ning olemasoleva küttesüsteemi seisukord. COP (*coefficient of performance*) kirjeldab toodetud soojuse ja kasutatud elektri suhet kindlates tingimustes, SCOP (*seasonal coefficient of performance*) arvestab seadme hooajalist tööd. Üksik kataloginäit ei kirjelda kogu hoone energiakasutust, sest tulemust mõjutavad ka abiküte, pumbad, seadistus ja tarbevee valmistamine. Süsteemi kui terviku hindamise juures on oluline investeering, hooldus, pikaajaline töökindlus, kasutuskulu ja mõju hoone väärtustele.

3.4.2 Maasoojuspump

Maasoojuspump kogub soojust pinnasesse paigaldatud horisontaalse maakollektori või puuraukude kaudu. Horisontaalne lahendus vajab piisavalt sobivat vaba maad ja arheoloogiliselt

väheväärtuslikku ala. Puuraukudega lahendus sõltub geoloogilistest tingimustest, rajamise võimalusest ja kooskõlastustest. Maapinnast saadava soojuse kogus peab vastama hoone pikaajalisele vajadusele. Alamõõdus kollektor või ebapiisav puuraukude maht võib maapinda liigselt jahutada ja vähendada süsteemi tõhusust. Välisosa tuleb dimensioneerida koos soojuspumba ja hoonega, sest hilisem parandamine või laiendamine tähendab uusi pinnasetöid.

Lahenduse tugevus on maapinna suhteliselt stabiilne temperatuur, mis tagab ühtlasema töö külma ilmaga. Õhk-vesi lahendusega võrreldes puudub välisõhu soojusvaheti ning sellega seotud sulatustsüklid ja hoovimüra. Hoone välisilme võib jääda peaaegu muutumatuks. Maakollektori või puuraukude kasutusiga on pikk ning nende kasutamine võib jätkuda soojuspumba vahetamise järel. Sobiva süsteemi korral saab maapinna jahedust kasutada ka passiivseks jahutuseks, kuid hoonesisene jaotus ja kondensatsioonikaitse tuleb selleks eraldi lahendada.

Peamine piirang on mõnevõrra suurem alginvesteering ja pinnasesse sekkumine. Kaevetööd või puurimine võivad mõjutada ajaloolist haljastust, hoovikatteid, juurestikku, vundamendi ümbrust ja arheoloogilist kultuurkihti. Nähtava välise seadme puudumine ei tähenda väikest muinsuskaitselist mõju. Enne valikut tuleb kaardistada krundi väärtused, tehnovõrgud ja ehitustehnika ligipääs ning selgitada maapinnatööde lubatavus. Hoones vajavad seade ja mahutid hooldatavat ruumi, sobivat elektriühendust ning müra ja vibratsiooni piiramist.

3.4.3 Õhk-vesi soojuspump

Õhk-vesi soojuspump kogub soojust välisõhust ventilaatoriga soojusvaheti kaudu ning annab selle üle hoone küttesüsteemile ja tarbeveele. Lahendus ei vaja maakollektorit ega puurauke, mistõttu on seda lihtsam paigaldada väikesele või tihedalt hoonestatud krundile. Algkulu on üldjuhul väiksem kui maasoojuspumbal, aga kasutuskulud on suuremad. Seade ja ühendused on suhteliselt hästi eemaldatavad. Paljudel seadmetel on jahutusvõimalus, kui hoonesisene süsteem seda toetab. Sobivus sõltub siiski nii küttekoormusest ja madala temperatuurilisest küttejaotusest kui ka välise seadme paigutatavusest.

Välisõhu temperatuuri langusega vähenevad seadme võimsus ja tõhusus ajal, mil hoone soojusvajadus suureneb. Külmal ajal lisanduvad soojusvaheti sulatustsüklid, mille mõju tuleb arvestada energiakasutuses ja soojusvarustuses. Varu- või lisakütte roll määratakse projektis valitud seadme andmete ning hoone küttekoormuse põhjal. Selleks võib kasutada elektrilist abikütet või sobivalt seotud olemasolevat soojusallikat. Elektriliitumine peab taluma ka abikütte koormust ning pikema elektrikatkestuse mõju tuleb läbi mõelda.

Välise seadme asukoht on ajaloolises hoones sageli otsustav küsimus. Eelistada tuleb avalikust ruumist vähem nähtavat paika, mis ei häiri magamistubade aknaid ega naabreid. Müra tuleb hinnata koos ümbritsevate pindade ja vahekaugustega, vibratsiooni piirata sobiva aluse ja ühendustega. Infokaart eelistab hoonest eraldatud maaraami. Seadme ümber peab jääma piisavalt vaba ruumi õhuringluseks ja hoolduseks; varjestus ei tohi takistada tööd. Sulamisvee äravool tuleb juhtida nii, et see ei märgaks soklit ega tekitaks jäätumist käiguteedel.

Soojuspumba lisamisel tuleb hinnata olemasolevat katelt, soojussõlme, torustikku, paake ja juhtimist. Madalam temperatuur võib nõuda suuremat veevoolu, mistõttu vana torustik ja radiaatorite suurus tuleb üle kontrollida. Kui hoones on ainult ahjud või kaminad ilma veepõhise kütteta, tähendab soojuspumba kasutuselevõtt ka uue veepõhise küttesüsteemi rajamist. Ajalooline ahi, pliit või soojamüür võib olla kultuuriväärtuse kandja ning need võib säilitada. Toimiv kohtküte võib pakkuda ka sõltumatut reservi.

Mitme soojusallika korral tuleb määrata, milline katab põhikoormuse, millal rakendub teine ning kuidas juhitakse kütet ja tarbevett. Puhverpaagi, akumulatsiooni ja segamissõlmede vajadus sõltub tervikskeemist. Juhtimata paralleelne töö võib vähendada tõhusust. Maasoojuspump sobib sageli põhikoormuse ja kogu küttevajaduse katmiseks, õhk-vesi lahendusel on lisakütte koostöö külma ilmaga eriti oluline. Mõlema puhul tuleb kaaluda hooldust, komponentide vahetatavust ja soojusvarustuse säilimist rikke korral.

3.4.4 Vastuvõtt ning hooldus ja lõplik valik

Vastuvõtul kontrollitakse torustiku tihedust, vooluhulki, küttejaotuse tasakaalu, elektriosa, automaatikat, kaitsefunktsioone ja varukütet. Omanikule antakse teostusjoonised, katseprotokollid, küttegraafik ja hooldusjuhendid. Elektritarbimise ja toodetud soojuse mõõtmine aitab hinnata tegelikku tulemust; esimese kütteperioodi järel tuleb seadistus üle vaadata. Hooldus hõlmab süsteemirõhku, filtreid, ringluspumpasid ja juhtimist, õhk-vesi seadmel ka õhuvaheti ümbrust ja sulamisvee äravoolu. Valikus on maasoojuspumba tugevus ühtlane töö ja pikaealine välisosa, õhk-vesi lahenduse tugevus väiksem rajamismaht. Otsustavaks jäävad krundi võimalused, välise seadme mõju, küttejaotuse sobivus ning hoone ja väliala säilitamise tingimused.

3.5 Taastuvenergialahendused

3.5.1 Päikeseelektri roll ja lahenduste erinevus

Päikeseelektrisüsteem muudab päikesekiirguse elektriks. Moodulid toodavad alalisvoolu, inverter muudab selle hoones kasutatavaks vahelduvvooluks ning toodang kasutatakse kohapeal, suunatakse võrku või salvestisse. Süsteemi kuuluvad ka kaablid, kaitseaparatuur, mõõtmine ja vajaduse korral juhtautomaatika. Kolm infokaarti käsitlevad erinevaid katusega sidumise viise. Need ei ole üksnes eri katusematerjalidele sobivad samad paneelid, vaid erineva ehitusliku sekkumise ja eemaldatavusega lahendused.

Elektritootlus sõltub asukohast, katuse suunast ja kaldest, varjutusest ning seadmete omadustest. Eesti kliimas on tootmine tugevalt hooajaline ja koondub peamiselt kevadest sügiseni. Seetõttu ei saa suurt aastast toodangut võrdsustada hoone talvise elektri- või küttevajaduse katmisega. Korstnad, puud, naaberhooned ja katuseelemendid tuleb varjutuse hindamisel kaardistada. Mikroinverterid või optimeerijad võivad vähendada varjutuse mõju, kuid ei kõrvalda puuduva päikesekiirguse mõju. Konkreetne tootlus tuleb arvutada hoone ja valitud süsteemi järgi.

3.5.2 Päikesepaneelid plekk-katusel

On võimalik kasutada katuseplekki integreeritud päikesepaneelide lahendust. Paneelid järgivad katuse geomeetriat ja metallkatte rütmi ning eraldi kõrgele tõstetud kanderaamistikku ei lisandu. Eelis on tagasihoidlikum visuaalne mõju ja võimalus ühendada katuse uuendamine energiatootmisega. Lahendus võib sobida eelkõige tumedale plekk-katusele, mis vajab juba asendamist, ning avalikust ruumist vähem nähtavale päikeselisele katusepinnale. Tehniliste omaduste võrdlemisel tuleb lähtuda konkreetse toote andmetest, sest infokaardi näited kirjeldavad kindlaid lahendusi.

Integreeritus tähendab, et mooduli eemaldamine või asendamine puudutab ka katusekatet ja veetihendust. Seetõttu on lahendus vähem tagasipööratav kui eraldi paigaldatud paneelid. Heas seisukorras väärtusliku ajaloolise valtsplekk-katuse asendamist tuleb eraldi põhjendada. Korrastada tuleb aluskonstruktsioon, roovitus ja tuulutus ning lahendada valtsid, servad ja kaablite läbiviigud. Katuse üldmuljet mõjutavad ka värv, läige ja tootva välja piirid. Väike profiilikõrgus aitab sobituda, kuid ei taga automaatselt muinsuskaitselist lubatavust.

3.5.3 Päikesepaneelid kivikatusel

On olemas ka integreeritud päikesekatusekive või kivitaolisi elemente, mis asendavad katusekatet ning ühendavad energiatootmise ja ilmastikukaitse. Tootvad ja mittetootvad elemendid võivad moodustada ühtse pinna, säilitades katuse mõõtkava ja rütmi. Lahendus on põhjendatud eelkõige tervikliku katuserenoveerimise käigus. Sobivuse alus on konkreetse elemendi mõõdu, profiili, tekstuuri, tooni ja läike vastavus hoone katusele.

Peamised piirangud on suur investeering, katusekatte ulatuslik asendamine ja keerukam remont. Katusekonstruktsiooni tuleb hinnata valitud süsteemi koormuse järgi ning kontrollida roovituse, aluskatte ja kalde sobivust. Asendatav katusekate ei pruugi olla sama massiga, mistõttu integreeritud lahenduse puhul ei saa kandevõime küsimust kõrvale jätta. Vigastatud element on

korraga elektriseade ja katusekate ning selle vahetus peab taastama mõlemad funktsioonid. Väärtuslike või haruldaste ajalooliste kivide säilitamine võib välistada asendamise isegi siis, kui uus süsteem jätab üldvaates sarnase mulje.

3.5.4 Katusepealsed päikesepaneelid

Katusepealsed päikesepaneelid paigaldatakse olemasoleva katusekatte kohale eraldi kinnitustele. Katusekate jääb alles ning moodulid ja kandekonstruktsioon on hiljem eemaldatavad. Eelised on lai komponentide valik, üldjuhul väiksem investeering ning lihtsam seadmete vahetamine. Lahendus sobib juhul, kui katuse seisukord ja alles jääv kasutusiga on piisavad, konstruktsioon talub lisakoormust ja paneelide nähtavus on vastuvõetav. Kui katus vajab peagi remonti, lisandub paneelide demonteerimise ning tagasipaigaldamise kulu, mida tuleb algses valikus arvestada.

Kolmest lahendusest on sellel kõige suurem visuaalne mõju. Paneelid ja raamistik tõusevad katusepinnast kõrgemale ning muudavad siluetti. Samas on need kergelt eemaldatavad ja remonditavad (ringkasutus). Eelistada tasub kagu-edela suunalist vähem nähtavat katusekülge, abihoonet või varjualust; sobivusel võib kaaluda ka maapinnale paigaldust. Paneeliväli peab olema korrapärane ja järgima katuse geomeetriat. Kontrollida tuleb kinnituste koormusi, katusekatte terviklikkust, tuule mõju ja lume käitumist. Kinnitused ning kaabliläbiviigud tuleb teha nii hoolikalt, et ei tekiks lekkekohti.

3.5.5 Ühised eeltingimused ning tasuvuse hindamine

Kõigi lahenduste puhul hinnatakse katuse ja kandekonstruktsiooni seisukorda, tuulutust, niiskusohutust, tuleohutust ning hoolduslig ipääsu. Elektriprojektis lahendatakse kaablid, kaitsed, maandus, inverter ja mõõtmine. Inverteri ning kilpide asukoht ei tohi kahjustada väärtuslikku interjööri või risustada fassaadi. Võrguettevõtjaga tuleb selgitada liitumise ja ülejäägi võrku andmise võimalused. Muinsuskaitselise sobivuse hindamisel vaadeldakse katusemaastikku tervikuna, sealhulgas servi, harju, neele, korstnaid ja avalikust ruumist avanevaid vaateid.

Majanduslik hinnang peab eristama kohapeal kasutatavat toodangut ja võrku antavat ülejääki. Omatarbe suurendamiseks saab ajastada sobivaid elektritarbijaid päikesetundidele; salvesti lisamisel tuleb arvestada selle maksumust, kadusid ja kasutusiga. Integreeritud süsteemi võrdluses tuleb arvesse võtta katuse uuendamist, katusepealse puhul allesjääva katte eluiga ja tulevast demonteerimiskulu. Tasuvus sõltub objekti tootlusest, tarbimisprofiilist ja hinnatingimustest. Infokaartide näidisarvud on eelhinnangu abimaterjal, mitte konkreetse investeeringu tulemusgarantii.

3.5.6 Kasutuselevõtt ja pikaajaline toimivus

Vastuvõtul antakse üle süsteemi teostusjoonised, elektrilised katseprotokollid, kaitsete ja seadistuste andmed, tootjate juhendid ning garantiitingimused. Kontrollida tuleb ka katuse veepidavust, läbiviike ja kinnitusi. Toodangu jälgimine aitab avastada tavapärasest erinevat käitumist, kuid seda tuleb hinnata koos ilma ja varjutusega. Hoolduses kontrollitakse mooduleid, kaableid, kinnitusi, inverterit ja katuse detaile ning hoitakse vajalik ligipääs. Lahenduse valiku määrab katuse seisukorra, ajaloolise väärtuse, nähtavuse ja tootmisvõimaluse koosmõju. Sobiva põhikatuse puudumisel tasub uurida teist pinda või abihoonet, säilitades energiatootmise eesmärgi ja hoone arhitektuurse terviku.

4 Kokkuvõte

Aruanne käsitleb muinsuskodude renoveerimist, mille eesmärk on parandada energiatõhusust ja kasutusmugavust, säilitades hoonete kultuuriväärtuse. Tallinna Tehnikaülikooli, Eesti Kunstiakadeemia ja Muinsuskaitseameti koostöös töötati välja 57 renoveerimislahendust: 44 piirdetarindite ja liitekohtade ning 13 tehnosüsteemide lahendust. Need hõlmavad puit- ja kiviseinu, katuseid, pööningu- ja esimese korruse põrandaid, akna ja seina liitekohti, sokli- ja keldriseinu ning ventilatsiooni, kütet, soojusallikaid, isoleerimist, automaatikat ja päikeseelektrit. Spetsialistidele mõeldud tehnilisi lahendusi täiendavad koduomanikele suunatud selgitavad materjalid.

Piirdetarindite renoveerimise lähtekoht on olemasoleva konstruktsiooni, kahjustuste ja säilitamisväärtuse hindamine. Enne renoveerimist tuleb kõrvaldada kahjustuste põhjused ja põhjuste põhjused. Väärtuslikud konstruktsioonid ja detailid säilitatakse ning parandatakse võimalikult suures ulatuses; kahjustunud osad proteesitakse või asendatakse ainult tehniliselt vajalikus mahus, kasutades võimaluse korral algupäraseid materjale ja traditsioonilisi töövõtteid. Piirdetarindite puhul on lisaks lisasoojustusele olulised pidev õhutõke, niiskuse väljakuivamist võimaldav kihistus, tuuletõke, vihmakaitse ja tuulutus asjakohases kohas. Väljast soojustamisel tuleb säilitada hoone kultuuriväärtus, terviklik arhitektuur ja ajaloolised proportsioonid ning lahendada kõik sõlmed, eriti akende, räästa ja sokli paiknemine, koos fassaadiga.

Katuste ja põrandate lahenduste valik sõltub säilitatavast siseviimistlusest, katusekatte seisukorrast, ruumivajadusest ja niiskuskoormusest. Katuslae soojustamine väljast võimaldab säilitada siseviimistlust, kuid võib suurendada hoone välismõõtmeid; seest soojustamine säilitab katuse välisilme, kuid vähendab kasutatavat ruumi. Mõlemal juhul tuleb tagada õhu- ja aurutõkke terviklikkus, toimiv tuulutus ning konstruktsioonide kandevõime. Pööningul tuleb soojustamine ühendada tuulesuunajate, käiguteede ja tuleohutusega. Esimese korruse põrandates on keskne pinnase- ja kapillaarniiskuse tõkestamine, põrandaaluse ruumi toimivus, õhupidavus ja vajaduse korral radoonikaitse. Väärtusliku põrandakatte säilitamine mõjutab tööde teostamise viisi.

Tehnosüsteemid tuleb kavandada koos piirdetarindite soojustamise ja õhupidavuse parandamisega. Aruandes võrreldakse eramu ning korterelamu hoone- ja korteripõhist soojustagastusega ventilatsiooni, betoon- ja puitpõrandas põrandkütet ning radiaatorkütet. Valikul tuleb arvestada vajalikku võimsust ja õhuvahetust, torustiku paigutust, müra, hooldatavust ning mõju väärtuslikele pindadele. Maasoojuspumba sobivust määravad krundi ja pinnasetööde võimalused, õhk-vesi soojuspumba puhul on olulised välisseadme paiknemine, müra, sulamisvee ärajuhtimine ja lisaküte külmal ajal. Mõlema tõhusust toetab madalatemperatuuriline küttejaotus.

Tehnosüsteemide isolatsioon vähendab energiakadusid ning aitab vältida kondensaati ja niiskuskahjustusi. Juhtimine ja eristatud energiavoogude mõõtmine võimaldavad süsteemide tööd koordineerida ja tegelikku tulemust hinnata. Päikeseelektri puhul võrreldakse plekk- ja kivikatusesse integreeritud ning katusepealseid lahendusi, arvestades katuse seisukorda, nähtavust, eemaldatavust, tootlust ja omatarvet.

Aruande läbiv järeldus on, et renoveerimislahendus tuleb kohandada konkreetsele hoonele. Pikaajalise tulemuse tagavad omaniku soovide ja vajadustega arvestamine, hoonepõhine lähenemine, olelusringi maksumuse ja keskkonnamõju arvestamine, valmis projektlahendi (tööprojekt) projekteerimine, vajalikud kooskõlastused, professionaalne ehitus, kvaliteedi kontroll, toimivuse tõendamine arvutustega (enne renoveerimist) ja mõõtmistega pärast renoveerimist), kasutaja juhendamine ja regulaarne hooldus.

5 Summary

This report addresses the renovation of heritage homes aiming to improve energy efficiency and user comfort while preserving cultural significance. With collaboration of Tallinn University of Technology, the Estonian Academy of Arts, and the Estonian National Heritage Board, 57 renovation solutions were developed: 44 for building envelopes and junctions and 13 for building services. They cover timber and masonry walls, roofs, attic and ground-floor constructions, window-to-wall junctions, plinth and basement walls, ventilation, heating, heat sources, technical insulation, controls and photovoltaics. Technical details intended for specialists are complemented by explanatory materials for homeowners.

Building envelope renovation starts with assessing existing structures, deterioration and heritage value. The causes of damage must be addressed and defective components repaired or replaced before additional insulation is installed. Timber walls require continuous airtightness, a build-up that allows moisture to dry out, wind protection and ventilation behind the cladding. External insulation must preserve the architectural composition, with window positions, eaves and plinths considered together with the façade. Masonry solutions require compatible insulation and finishes, suitable fixings, protection against rain penetration and retention of the character of historic rendered or stone surfaces.

Roof and floor solutions depend on the interior finishes to be retained, the condition of the roof covering, available space and moisture exposure. Insulating a pitched roof from outside can retain interior finishes but may increase the building's external dimensions; insulation from inside preserves its external appearance but reduces usable space. Both approaches require continuous air and vapour control, adequate ventilation and structural capacity. Attic insulation must be coordinated with ventilation baffles, access walkways and fire protection. Ground-floor renovation must address ground and capillary moisture, crawl-space performance, airtightness and, where necessary, radon protection. Retaining valuable historic flooring determines how the work can be undertaken.

Building services must be designed alongside envelope insulation and improvements in airtightness. The report compares heat-recovery ventilation for single-family houses and centralised or apartment-based systems for apartment buildings, as well as hydronic underfloor heating in concrete and timber floors and radiator heating. Selection must account for heating demand, required airflow, service routes, noise, maintenance access and impacts on valuable surfaces. Ground-source heat pumps depend on site conditions and the feasibility of excavation or drilling. Air-to-water heat pumps require careful outdoor-unit placement, noise control, defrost-water drainage, and supplementary heating in cold weather. Low-temperature heat distribution supports the efficiency of both options.

Technical insulation reduces energy losses and helps prevent condensation and moisture damage. Controls and separate metering of relevant energy flows enable coordinated operation and assessment of actual performance. For photovoltaic systems, the report compares integration into metal roofing, integrated solar roofing tiles and roof-mounted modules, considering roof condition, visibility, reversibility, electricity yield and on-site consumption. The central conclusion is that renovation solutions must be adapted to each building. Lasting performance depends on building-specific design, the necessary approvals, construction quality control, documented commissioning measurements, user instruction and regular maintenance.

6 Viitekirjandus

[1] Alev Ü, Eskola L, Arumägi E, Jokisalo J, Donarelli A, Siren K, et al. Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region. Energy Build 2014;77:58–66. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.049.

[2] Arumägi E, Kalamees T. Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climates. Appl Energy 2014;115:540–8. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.041.

[3] Marincioni V, Gori V, de Place Hansen EJ, Herrera-Avellanosa D, Mauri S, Giancola E, et al. How Can Scientific Literature Support Decision-Making in the Renovation of Historic Buildings? An Evidence-Based Approach for Improving the Performance of Walls. Sustainability 2021;13:2266. https://doi.org/10.3390/su13042266.

[4] Pagoni P, Møller EB, Hansen TK. Internal Insulation – four systems in one historic residential building. J Phys Conf Ser 2023;2654:012006. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2654/1/012006.

[5] EVS-EN 16883. 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; 2017.

[6] Mändel M, Truu M, Ingerpuu L, Alev Ü, Ambrozevits K, Kuningas H, et al. Eesti muinsuskodu energiatõhususe parandamise praktika. Tallinn: HeritageHome; 2025.

[7] Merkulova A, Arumägi A, Kalamees T. Practice and Potential for Improving Energy Performance of Heritage Residential Buildings. 6th Cent Eur Symp Build Phys CESBP Bp Hung Sept 11–13 2025 2026.

[8] Ambrozevits K, Alev Ü, Arumägi E, Hallik J, Ingerpuu L, Kalamees T, et al. Muinsuskodu renoveerimise teekond, lahendused ja kontseptsioonide valikukriteeriumid. HeritageHome; 2026.

[9] Rakennustaito. Mestarin vinkit: Näin teet lisälämmöneristyksen puurakenteiseen seinään. 2022.

[10] rintamamiestalo.fi. Tunkkainen haju. 2012.

[11] Paroc. Krohvitavate fassaadide soojustamine. 2026.

[12] Weber.stuck 313. ThermoRoc fassaadisoojustussüsteem. 2026.

[13] Päästeamet. Ehituslike tuleohutusnõuete kokkuvõte. 2017.

[14] Ekoeriste. Puhallusvilla. 2024.

[15] Soojustuskeskus. Puistevilla paigaldus üle Eesti. 2026.

[16] EVS 812-3. Ehitiste tuleohutus. Osa 3: Küttesüsteemid. 2018.

[17] Kurnitski J., Eskola L., Palonen J. Ventilation in 102 Finnish single-family houses. CLIMA 2005 - 8th Rehva World Congr. High Tech Low Energy Exp. Future Build. Technol., Lausanne 9-12 October 2005: 2005, p. 6.

[18] Böök N, Kuuluvainen L, Mikkola J, Palmiste Ü. Natural versus mechanical ventilation in renovated buildings in Finland. Tallinn, EVM maaarhitektuuri keskus; 2024.