



TALLINNA
TEHNIKA KÕRGKOO

Gregor Nõlvak

GARAAŽIHOONE REKONSTRUEERIMINE, HINNAMAKSUMUS JA ENERGIATÕHUSUS

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023

Gregor Nõlvak

**GARAAŽIHOONE
REKONSTRUEERIMINE,
HINNAMAKSUMUS JA
ENERGIATÕHUSUS**

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Hoonete ehituse õppekava

Juhendaja: Leena Paap

Tallinn 2023

Mina, Gregor Nõlvak tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Leena Paap,

/allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Gregor Nõlvak

sünnikuupäev: 19.09.1998

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Garaažihoone rekonstrueerimine, hinnamaksumus ja energiatõhusus

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/



Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Gregor Nõlvak**
Õpperühm: HE2019
Eriala: Hoonete ehitus (1827)
Lõputöö teema: **Garaažihoone rekonstrueerimine, hinnamaksumus ja energiatõhusus**

Lähteandmed töö koostamiseks:

Olemasolev garaažihoone aadressil Rütlioru tn 10, Tartu vald, Tartu maakond

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Hoone olemasoleva olukorra kirjeldus, rekonstrueerimistööde lahenduste välja toomine ja jooniste koostamine:

- Olemasoleva olukorra kirjeldus ning probleemide/puuduste väljatoomine.
- Millised oleksid rekonstrueerimistööde lahendused selleks, et parandada hoone sisekliimat, kaasajastada hoone välisilmet, muuta ruumiplaneeringut ning pikendada hoone eluiga.

Rekonstrueerimistööde hinnamaksumuse koostamine:

- Milline on rekonstrueerimistööde hinnamaksumus?

Hoone energiasimulatsiooni koostamine ja energiatõhususe leidmine:

- Milline on hoone energiatõhususarv peale rekonstrueerimistöid?

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskirjas tuuakse välja olemasoleva olukorra kirjeldus ning rekonstrueerimistööde lahendused koos joonistega. Lisaks kirjeldatakse ehitustööde hinnamaksumust ja hoone energiatarbimist. Seletuskirja maht 40-60 lk (koos lisadega kuni 80 lk). Graafilise osa maht on maksimaalselt 5 lehte formaadis A1.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev

Lõputöö juhendaja:

Leena Paap
(nimi)


(allkiri)

27.02.2023
(kuupäev)

Lõpetaja:

Gregor Nõlvak
(nimi)


(allkiri)

27.02.2023
(kuupäev)

Kinnitaja:

Aivars Alt
ehitusinstituudi direktor


(allkiri)

27.02.2023
(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 27.02.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	8
1 LÄHTEANDMED	9
2 HOONE OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS	12
2.1 Vundament.....	12
2.2 Välisseinad ja postid.....	14
2.3 Vaheseinad.....	19
2.4 Põrandad ja vahelaed	20
2.5 Trepid ja piirded	23
2.6 Avatäited.....	24
2.7 Katus ja räästad.....	26
2.8 Küte ja ventilatsioon.....	28
2.9 Külma- ja soojaveearustus, kanalisatsioon	29
2.10 Elektrivarustus ja valgustus	29
3 REKONSTRUEERIMISTÖÖDE LAHENDUSED	30
3.1 Vundament.....	30
3.1.1 Drenaaž.....	30
3.1.2 Sillutisriba	30
3.1.3 Vundamendi sein.....	31
3.2 Välisseinad.....	31
3.2.1 Fassaad	31
3.2.2 Siseviimistlus	32
3.3 Vaheseinad.....	32
3.4 Põrandad ja vahelaed	33
3.4.1 Katusvahelagi	33
3.4.2 Põrandad.....	33
3.5 Trepid ja piirded	33
3.6 Aknad ja plekid.....	34
3.7 Katus ja räästad.....	35
3.7.1 Räästas.....	35
3.7.2 Katusekate ja soojustus	36
3.8 Küte ja ventilatsioon.....	36
3.8.1 Ventilatsioon	36

3.8.2	Küttesüsteem	37
3.9	Külma ja soojaveearustus, kanalisatsioon	37
3.10	Elektrivarustus ja valgustus	37
3.11	Tuleohutusnõuded	37
3.11.1	Tuleohutusnäitajad	37
3.11.2	Tuletõkkeseksioonid	38
3.11.3	Evakuatsioonilahendus.....	39
3.11.4	Tuleohutusnõuded hoone välisperimeetril	39
3.12	Lammutustööd.....	39
4	EHITUSMAKSUMUS.....	41
5	ENERGIATÕHUSUS.....	42
5.1	Konstruksiooni soojusjuhtivus	42
5.1.1	Välissein.....	42
5.1.2	Katusekonstruktsioon	44
5.1.3	Põrand pinnasel	45
5.1.4	Soojustatud põrand.....	46
5.1.5	Aknad	47
5.1.6	Garaažiuksed	47
5.2	Energiasimulatsioon	48
5.2.1	Külmasillad	48
5.2.2	Hoone paiknemine simulatsioonis	49
5.3	Suvine ruumitemperatuuri kontroll	51
5.4	Hoone energiamärgis.....	51
	KOKKUVÕTE.....	53
	SUMMARY	54
	VIIDATUD ALLIKAD.....	55
	LISAD	58
	Lisa 1. Hoone vaated.....	59
	Lisa 2. Hoone põhiplaan.....	60
	Lisa 3. Eelarve- ja mahutabel.....	61
	Lisa 4. Energiaarvutuste lähteandmed.....	65
	Lisa 5. Energiaarvutuse tulemused.....	66

SISSEJUHATUS

Eestis ehitatud hoonetest on üle poole nõukogude ajal valminud. Euroopa Liidu roheleppe kliimaneutraalsuse plaanist aastaks 2050 [1], on hoonete rekonstrueerimise teema vajalik. Seega eelöeldust tulenevalt on vajalik teostada olemasolevate hoonete rekonstrueerimise töid, et saavutada nende kestvus ka tulevikus ülalnimetatud roheleppest johtuvalt. Energiasäästu ning nõuetekohase sisekliima tagamiseks ei tule rekonstrueerida mitte ainult eluhooneid vaid ka tööstus- ja tootmishooned.

Lõputöö eesmärk on uurida 50 aasta vanuse garaažihoone hetkelist seisukorda ning tuua välja kahjustused, mis on tekkinud hoone kasutusea jooksul. Kahjustuste hindamisel on kasutatud visuaalset meetodit, st konstruktsioone pole avatud. Lisaks on hetke seisukorra kohta koostatud piirdetarindite lõikes joonised, mis annavad ülevaate hoone ehitustehnilistest lahendustest ja kasutatud ehitusmaterjalidest.

Arvestades asjaolu, et hoones toimub pidev majanduslik tegevus, on tekkinud vajadus muuta hoone energiatõhusamaks, kaasajastada välisilmet ning muuta osaliselt hoonesisest ruumiplaneeringut. Töö koostamisel antakse koos joonistega ülevaade, missugust rekonstrueerimise ehitustehnilist lahendust kasutatakse ettenähtud energiatõhususe piirväärtuse saavutamiseks. Täiendavalt on energiatõhususe peatükis välja toodud piirdetarindite soojusjuhtivuse arvutusmetoodika konstruktsiooni soojapidavuse hindamiseks.

Kuna „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ määruse Lisa 3 [2] seisukohalt pole välja toodud garaažihoone kasutamise otstarvet, lähtutakse energiatõhususe määramisel laohoone kasutusotstarbest. Hetkeseisul kasutatakse hoonet põllumajandustehnika ladustamiseks, mistõttu annab see adekvaatse tulemuse energiamärgise arvutamisel.

Lõputöö koostamisel on samuti välja toodud hinnanguline rekonstrueerimistööde maksumus. Maksumuse koostamisel kasutati üksikhindade loetelu andmebaasi ning osaliselt teostati ka hinnaküsitlusi ettevõtetelt.

Lõputöö autor avaldab tänu toetuse ja asjakohaste tähelepanekute eest juhendajat Leena Paapi ning asjalike parendusettepanekute eest hoonete energiatõhususe õppejõudu Egert-Ronald Partsi.

1 LÄHTEANDMED

Lõputöös käsitletav garaažihoone asub 15 kilomeetri kaugusel Tartu linnapiirist aadressil Tartumaa, Tartu vald, Kukulinna küla, Rüütlioru tn 10 (Joonis 1). Krundi katastritunnuseks on 79402:001:0800 [3].



Joonis 1. Hoone asendiskeem katastrikaardil [3]

Hoone puhul on tegemist endise Avangardi kolhoosi traktoriremondi töökojaga (Foto 1, Foto 2, Foto 3), mille andmed on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 1). Ehitisregistri andmetes pole välja toodud hoone esmast kasutuselevõtu aastat, kuid endiste kolhoositöölistega vesteldes ilmnas, et hoone on ehitatud 1972. aastal.



Foto 1. Garaažihoone eestvaade



Foto 2. Garaažihoone tagantvaade

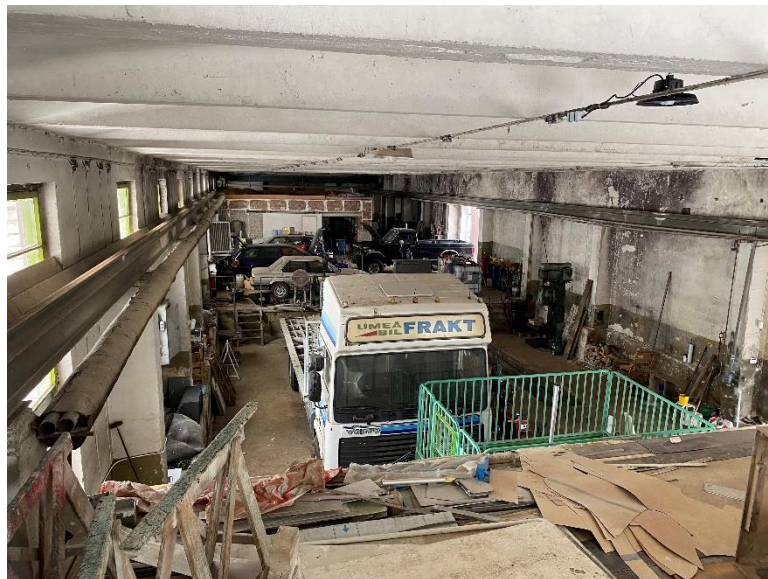


Foto 3. Hoone seest vaade

Kinnistule pääseb mööda Lähte-Elistvere maanteed, pöörates Rüütlioru tänavale. Kinnistule viib kruusakattega tee ning hoone ees olev teeplats moodustub killustiku ja freesafalti segust. Krundi suuruseks on 3250 m².

Kogu hoonekompleks koosneb neljast erinevast hoonest. Rüütlioru tn 14 garaažihoone on ehitatud 1960. lõpus ning Rüütlioru tn 10 garaaž on sellega hiljem kokku liidetud. 1970. lõpus ja 1980. alguses ehitati hoonekompleksile juurde kontorihoone ning remondi- ja õlivahetusbaas, mis asuvad aadressidel Rüütlioru tn 10 ja 12. Peale kolhoosi likvideerimist ehitati garaažihoonesse vahesein ning

jaotati hoone kaheks eraomandiks. Hetkel tegutseb Rüütlioru tn 10 garaažihoones ettevõtte Masintehnika OÜ, mille tegevusvaldkonnaks on põllumajandustehnika müük.

Tabel 1. Hoone tehnilised näitajad [3]

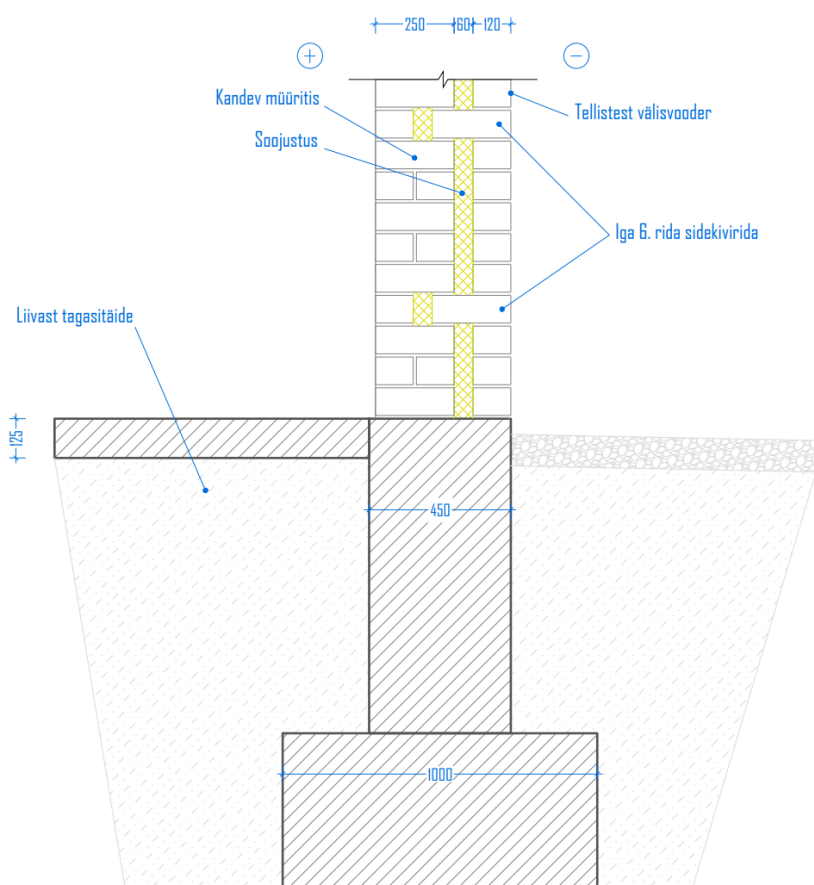
Nimetus	Andmed
Ehitusaasta	1972
Ehitusregistri kood	104028760
Kasutamise otstarve	12419 Muu transpordihoone
Suletud netopind (m ²)	534,9
Ehitusalune pind (m ²)	564,0
Maht (m ³)	2820
Korruste arv	1
Katastritunnus	79402:001:0800

2 HOONE OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS

Olemasoleva olukorra analüüsis antakse koos jooniste ja piltidega ülevaade, milliseid ehitustehnilisi lahendusi ja materjale on kasutatud hoone püstitamisel ning missugused kahjustused on neile tekkinud 50-aastase kasutusea jooksul.

2.1 Vundament

Garaažihoone vundamendi puhul on tegemist betoonist lintvundamendiga, mille paksus on 450 mm (Joonis 2). Kuna hoone on ehitatud kõrgemale nõlvale ning idapoolses nurgas laskub pinnas madamale, on eelnimetatud kohas vundamendi taldmik maapinna pealt nähtav (Foto 4). Taldmik on samuti valatud betoonist ning selle laius on varieeruv, hoone tagumisel küljel on taldmiku laiuseks 800 mm ja hoone esiküljel on 1000 mm.



Joonis 2. Vundamendi ja välisseina lõige (autori koostatud)



Foto 4. Vundamendi sein ja taldmik

Otsaseinas ja tagumisel küljel on osaliselt ligikaudu 15 aastat tagasi paigaldatud vundamendi soojustamiseks 100 mm paksused vahtpolüstüreen soojusplaadid, mis on kaetud vundamendikatte ja kivi puruplaadiga (Foto 5). Kuna hoone sellepoolses osas asub ainukene soe ruum, on soojustus ja viimistlus paigaldatud ainult ruumitarindi ja otsaseina piire arvestades. Lisaks eelnevale on vundamendi soojustamisega teostatud ka drenaaži paigaldus, seda muidugi ainult soojustuskihi kõrvalt.



Foto 5. Viimistletud vundamendisein

Visuaalsel vaatlusel on näha, et kivi puruplaadid on otseses kokkupuutes maapinnaga, mistõttu esineb neil niiskusest tingituna külmakahjustusi ning peal kasvab ka sammal. Suurel määral on

niiskuskahjustused tekkinud puuduliku vihmaveesüsteemi tõttu. Vihmavesi jookseb üle räästa ning langeb vundamendiseina ees maapinnale. Vundamendikate on osaliselt nähtav ning on päikese UV-kiirguse tõttu pleekinud ja muutunud rabedaks. Katmata vahtpolüstüreenist soojusplaatidel on näha sammaldumist ning kollakaks muutumist, mis on põhjustatud pikaajalise UV-kiirguse tõttu (Foto 6).



Foto 6. Vundamendi vahtpolüstüreen soojustus

2.2 Välisseinad ja postid

Välisseina puhul on tegemist mineraalvill-soojustusega silikaattellisest seinaga, mille paksus on 430 mm (Joonis 2). Välisseina konstruktsioon koosneb kolmest kihist, milleks on tellistes laotud kandev müüritis, soojustuskiht ning tellisvooder. Antud hoonel on iga kuues telliskivirida sidekivirida, millega fikseeritakse tellisvooder kandva konstruktsiooni müüritisega [4].

Koos vundamendi soojustamise ja viimistlusega, on osaliselt teostatud ehitustöid ka välisseinal. Seintele on paigaldatud 50 × 100 mm puitkarkass ning karkassi vahed on soojustatud 100 mm paksuse vahtpolüstüreeniga, viimistlusmaterjaliks on kasutatud kivipuruplaate (Foto 7). 2022. aasta suvel on hoone esisele välisseinale ja otsaseinale teostatud mördiga parandustöid, misjärel on seinad üle värvitud fassaadivärviga kaitsmaks tellisvoodrit niiskuse ja vihmavee eest (Foto 8).



Foto 7. Hoone otsasein



Foto 8. Värvimine ja parandustööd mördiga

Kuna hoonel puudub toimiv vihmavee äravoolusüsteem, on katuselt tulenev vihma- ja lumevesi jooksnud välisseintele. Hoone tagumisel küljel oleva välisseina alumises osas on näha kapillaarniiskusest tulenevaid kahjustusi, mistõttu on maapinnas sisalduv niiskus liikunud välisseina (Foto 9). Selle põhjustajaks on puuduv hüdroisolatsioon. Seinte märgumise ja külmumise tagajärjel esineb välisseinas silikaattelliste murenemist. Lisaks on alumistel kiviridadel näha tugevalt sammaldumist, mille on põhjustanud konstruktsiooni pidev niiskumine.



Foto 9. Niiskuskahjustus välisseinas

Arvestades kõiki puudusi, on kindlasti kahjustuste teket hoone taga olevale välisseinale soosinud kõrgem nõlv (Foto 10), kust lumesula- ja vihmavesi liiguvad hoone suunas.



Foto 10. Hoone taga olev nõlv

Lisaks niiskuskahjustustele on välisseinas näha vähesel määral ka pragusid (Foto 11), mis tulenevad valesti arvutatud pinnase kandevõimest, ebakorrektselt aluspinnasest, valesti dimensioneeritud koormustest või mittekvaliteetsest müüriladumisest [5].



Foto 11. Pragu välisseinas

Välisseinad on seestpoolt viimistletud krohviga. Krohvikihil on näha väga palju mehaanilisi vigastusi, mis on põhjustatud masinate ja seadmete käsitlest. Lisaks sellele, on hoone välisseinte ülemises osas näha lekkiva katusekatte ning suurema garaažiukse kohal oleva muljunud varikatuse poolt põhjustatud niiskuskahjustusi, mis on lõppenud krohvikihi pudenemise ja hallituse tekkega (Foto 12).



Foto 12. Hallitus ja kahjustatud krohvikih

Varikatuse pealne pind on tõenäoliselt aja jooksul lumekoormuse tõttu sisse vajunud ning vihmavesi on voolanud vastu välisseina, seda märjanud ja hoonesisest krohvikihiti kahjustanud. Olukorra parandamiseks on ajutiselt paigaldatud varikatuse kohale perfolindiga bituumenruberoid, mis juhib sadevee seinast eemale (Foto 13).



Foto 13. Suure garaažiukse kohal olev varikatus

Telfri relsid toetuvad raudbetoon postidele mõõtmetega 400 × 500 mm. Kõik postid on valatud betoonist välja arvatud otsaseinte postid, mis on laotud silikaattellistest. Postid on heas seisukorras ning neil esineb ainult krohvitud pinnakahjustusi, mis on tulnud samuti masinate ja seadmete vastu minemisest krohvitud kihile (Foto 14).



Foto 14. Kahjustatud krohvikihht telfri postidel

2.3 Vaheseinad

Garaažihoonel puuduvad ruume eraldavad vaheseinad, mis tähendab, et kogu garaažiruum on ühtne tervik. Kuna hoone on kahes eraomandis, on hoone kaheks iseseisvaks osaks jagamise eesmärgil püstitatud hoone keskele kõrgtelistest vahesein (Foto 15).

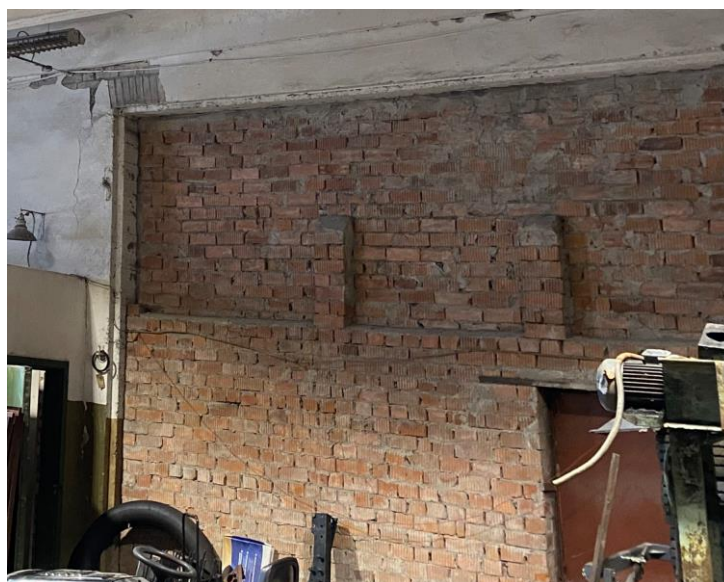


Foto 15. Garaaži eraldav vahesein

Puhkeruumis olevate vaheseinte ehitusel on kasutatud 100 mm paksuseid poorbetoonplokkide (Foto 16). Puhkeruumi esikus ja sauna eesruumis on vaheseinte viimistlus tegemata. Köögis on teostatud seinte krohvimine, pesemisruum ja WC on kaetud keraamiliste plaatidega ning saun puidust voodrilauaga.



Foto 16. Puhkeruumi vaheseinad

2.4 Põrandad ja vahelaed

Põranda puhul on tegemist 125 mm paksuse betoonpõrandaga, mis on valatud liivpinnasele. Visuaalsel vaatlusel on näha, et ca 50 aastat tagasi valatud põrand on heas seisus, põrandapind on enamjaolt sile ning puuduvad suuremad kahjustused (Foto 17). Ainsaks puuduseks võib välja tuua 50 aasta jooksul põrandapinna määrdumise igasuguste määrdetega.

Osaliselt on madalama garaažiosa peal olev põrandapind soojustatud kahes kihis 100 mm paksuste vahtpolüstüreen soojusplaatidega ning kaetud 150 mm paksuse raudbetoonplaadiga (Foto 17). Soojustatud põrandapinna peale on ehitatud puhkeruumi osa.

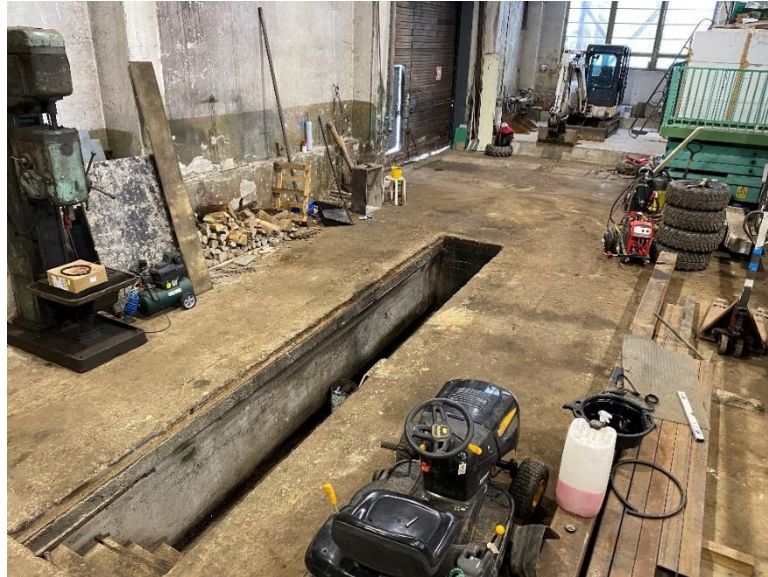
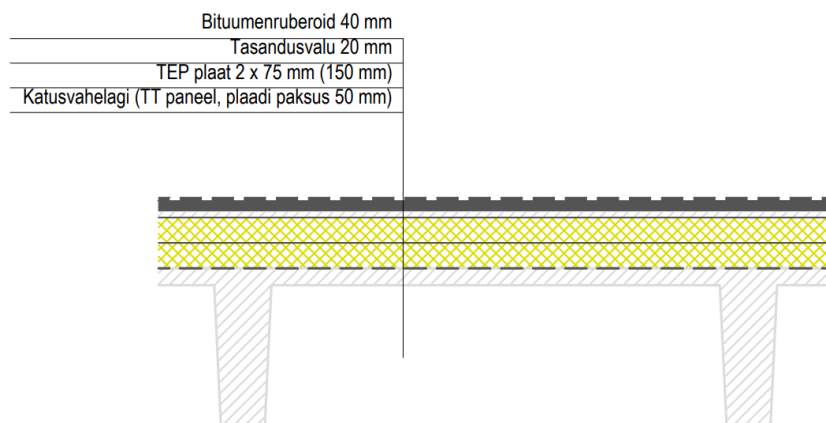


Foto 17. Betoonpõrand

Katuslae paigaldamisel on kasutatud TT-paneele (Joonis 3). Hoone katus on enne katusekatte vahetust lekkinud ning paneelid seetõttu märgunud, on näha tumedamaid laike (Foto 18). Kuna hoonel on 2 aastat tagasi vahetatud katusekate ning on suviti lastud hoonet tuulduda, on laigud märkimisväärselt kahanenud. Siiski on varasem pikemat aega kestnud katusekatte leke põhjustanud osaliselt paneelidel hallitust (Foto 19).



Joonis 3. Olemasolev katusvahelagi (autori koostatud)



Foto 18. Niiskus paneelides



Foto 19. Hallitus paneelidel

Mõningal määral on paneelidel näha ka sarruse korrodeerumist, mis on tõenäoliselt põhjustatud betooni karboniseerumisest (Foto 20). Kuna hoone betoonpaneelid on üle 50 aasta vanad ning betoon reageerib õhus sisalduva süsihappegaasiga, langeb betoonis sisalduv pH-tase ning väikese kaitsekihiga sarrus hakkab roostetama [6]. Kindlasti sarruse roostetamisele on omajagu kaasa aidanud ka lekkiv katusekate, mistõttu on paneelides paiknev teras kokku puutunud niiskusega.



Foto 20. Sarruse korrodeerumine

Lisaks eelnevatele kahjustustele on märgata paneelide vahevuukide kahjustusi. Paljudel paneelidel on vahevuukidest välja kukkunud mörditükid ning otsaseinas asuva paneeli vahevuugis pole kasutatud vuugisarrust, vaid selle asemel ketti, mis on vuugist välja kukkunud (Foto 21).



Foto 21. Vahevuukide kahjustused

2.5 Trepid ja piirded

Hoonel on kolm treppi: madalama ja kõrgema garaažiosa vahel on kaks metallist treppi (Foto 22), mille seiskord on hea, esineb ainult pindmist roostet. Kolmas trepp on autokanalisse viiv betoontrepp (Foto 23), millel on näha kasutamisest tulenevalt kulumist, kuid üldine seisukord on hea. Ainsa puudusena saab välja tuua metallist treppide küljes oleva piirde puudumise, mis on kunagi otsast

lõigatud. Kuna selles kohas põrandatasapind langeb ca 1 meetri võrra, on tegemist potentsiaalse kukkumisohuga, mis on vajalik likvideerida.



Foto 22. Põranda tasapindade vaheline metallist trepp



Foto 23. Kanalisse viiv betoontrepp

2.6 Avatäited

Hoonele on paigaldatud puitraamil klaasaknad mõõduga $1,4 \times 3,0$ meetrit. Otsaseina aknaava on suurem, ning sinna on paigaldatud 3 eelnevalt välja toodud mõõtmetega akent (Foto 7). Aknad on algupärased ning väga kehvast seisusest. Osad aknaklaasid on katkised ning samuti esineb puidust aknaraamide pehkimist (Foto 24). Lisaks vanadele akendele on osaliselt paigaldatud ka PVC raamil 2 klaasiga pakettaknad, mis paiknevad puhkeruumis ja saunas (Foto 7).



Foto 24. Aken ja aknaplekk

Avatäited, kus on paigaldatud pakettaknad, on välja vahetatud ka aknaplekid. Vanade akende ees olevad plekid on kehvast seisus, esineb palju muljumiskahjustusi. (Foto 24).

Hoone esiküljel on neli garaažiust, millest üks on mõni aasta tagasi vahetatud, kuid teiste vanus ulatub hoone püstitamise ajajärku. Väiksemad uksed mõõtmetega 3×3 meetrit on paigaldatud hingede peale ning avanevad välisseinast väljapoole kuid suurem garaažiuks mõõtmetega 5×4 meetrit on seevastu paigaldatud siinidele ja avaneb lükates mööda välisseina.

Uuem garaažiuks on korralik ja kahjustusi ei esine, ehitamisel on kasutatud veekindlat vineeri ning soojustuseks 50 mm paksust EPS soojusplaati. Vanade garaažiuste puhul on mõningal määral näha kahjustusi, esineb puidu pehkimist ja uste vajumist (Foto 25, Foto 26).



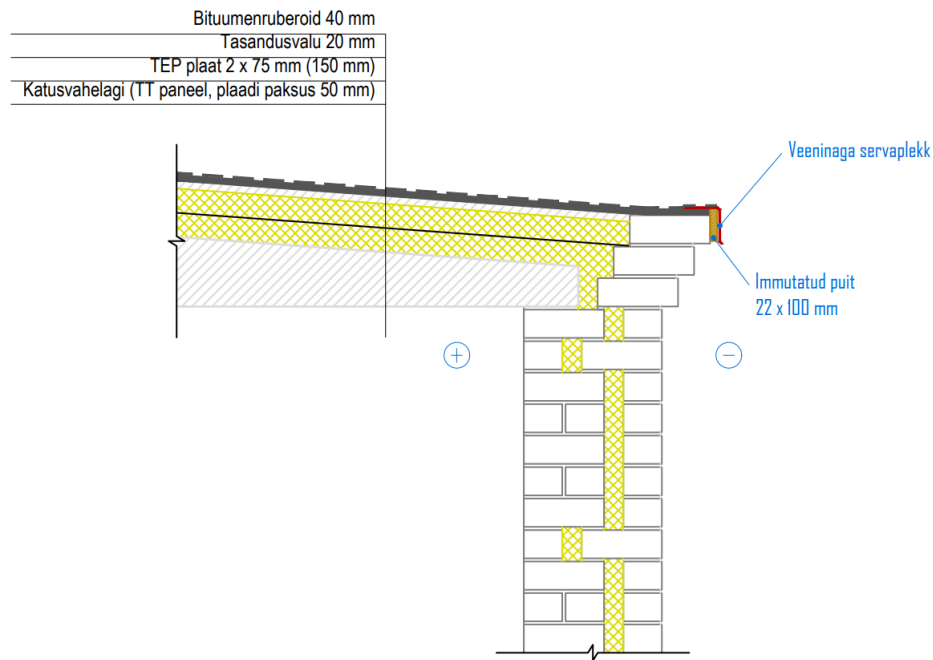
Foto 25. Vana (väiksem) hingedel garaažiuks



Foto 26. Vana (suurem) siinidel garaažiuks

2.7 Katus ja räästad

Katuse puhul on tegemist tüüpilise 1950. lõpus ja 1960. alguses kasutuses olnud katusega, kus puudus tuulutus ning sadevee äravool juhiti üle räästa (Joonis 4). Kuna katusekalle jääb vahemikku 0 - 5 %, siis kasutati üldiselt katusekatteks 4 - 5 kihti bituumenruberoidi. Selliste katuste ehitus oli tehnoloogiliselt keeruline ning valede töövõtete tõttu hakkasid need aja möödudes lekkima. Samuti tuulutuse puudumise tõttu tekkis risk, et välis- ja siseõhutemperatuuride ja õhurõhkude erinevuse tõttu, eriti talvisel perioodil, kondenseerub veeaur katuslae soojustuskihis [7].



Joonis 4. Räästa sõlm (autori koostatud)

Hoonele sai kaks aastat tagasi paigaldatud kahes kihis uus SBS-kate, kuna katus oli kehvast seisusest enne seda. Katusel kasvas taimeestik ning vana ruberoidikiht lekkis. Koos katusekatte vahetusega sai teostatud kontrollfreesimised, millega kontrolliti katusekonstruktsiooni. Peale freesimistööd leiti, et olemasoleva ruberoidikihi paksus oli 40 mm, millele järgnes 20 mm paksune tsementmördist tasanduskiht ning kahes kihis TEP-plaadiga soojustus kogupaksusega 150 mm (Joonis 3, Joonis 4).

Kuna vaatlusaluse hoone katusekonstruktsioonil puudub tuulutus, otsustati, et leevendamaks veeauru kondenseerumist ruberoidikihi all, freesiti veel auke TEP-plaatide alumise otsani ning paigaldati aukude kohale alarõhutuulutid. Kuna TEP-plaat on oma olemuselt suhteliselt hõre, siis tõenäoliselt leevendab see mingil määral veeauru kondenseerumisest tulenevaid probleeme.

Räästa karniisil oli kaks aastat tagasi enne katusekatte vahetust palju kahjustusi. Kivid olid saanud niiskusest ning läbikülmumise tagajärjel murenema hakanud. Seetõttu sai enamik karniisi ülemise ja osaliselt ka teise kivist rida tellised välja vahetatud. Samuti eemaldati vanad roostes räästaplekid, mis asendati uute plekkidega (Foto 27).



Foto 27. Räästa karniis

2.8 Küte ja ventilatsioon

Hoone kütmiseks kasutati nõukogude ajal küttekalorifeere (Foto 28). Telfri postidele on paigaldatud kandurid, mille peal asetseb soojaveetorustik, mis oli ühenduses katlamajast tuleva soojaveetrassiga. Praeguseks hetkeks pole eelnimetatud küttesüsteem enam toimiv, kuna torustik on läbi lõigatud ja lahti ühendatud. Ajutiselt kasutatakse kütmiseks diiselküttel töötavat infrapuna soojuskiirgurit. Kuna garaažiruum on suur ja kehva soojapidavusega, pole soojuskiirguri kasu väga suur. Ainuke pidevalt soe ruum on puhkeruum, mida köetakse elektriradiaatoriga.



Foto 28. Küttekalorifeer

Ventilatsioonisüsteem puudub, hoonet õhutatakse loomuliku ventilatsiooniga, st avatakse aknad või garaažiuksed.

2.9 Külma- ja soojaveearustus, kanalisatsioon

Hoone külmaveearustus on ühendatud ühisvõrguga, mida teenindab AS Emajõe Veevärk. Soojaveearustus on lahendatud lokaalselt, puhkeruumis asub elektriboiler. Kanalisatsioon on samuti lahendatud lokaalselt: reovesi jookseb hoone lähedal asuvasse settetiiki.

2.10 Elektrivarustus ja valgustus

Elektrisüsteem on enamasti täielikult välja ehitatud. Paigaldatud on uus juhtmestik, vanadesse elektrikilpidesse on paigaldatud uued kaitsmeplokid, telfri juhtmestik on vahetatud ning samuti on paigaldatud uued LED-valgustid. Peakaitsme suurus on 100 A.

3 REKONSTRUEERIMISTÖÖDE LAHENDUSED

Arvestades hoone ehitusmahtu, on tegemist olulisel määral rekonstrueerimisega, mille puhul tuleb lähtuda „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ määrusest [8]. Sellega pannakse paika hoone energiatõhususe piirväärtus, mis seab nõuded piirdetarindite soojustusmaterjalide valikul ning kütte- ja ventilatsioonilahenduse koostamisel. Lisaks on tuginetud hoone omaniku soovidele rekonstrueerimistöõde lahenduste koostamisel.

Samuti peab lahenduste koostamisel/projekteerimisel lähtuma ehitusseadustikust, ehitusprojekti nõuete määrusest ja ehitisele esitavatest tuleohutusnõuetest. Käesoleva lõputöö mahtu arvestades antakse põhimõtteline ülevaade, milliseid materjale ja ehitustehnilisi võtteid rekonstrueerimisel kasutatakse.

3.1 Vundament

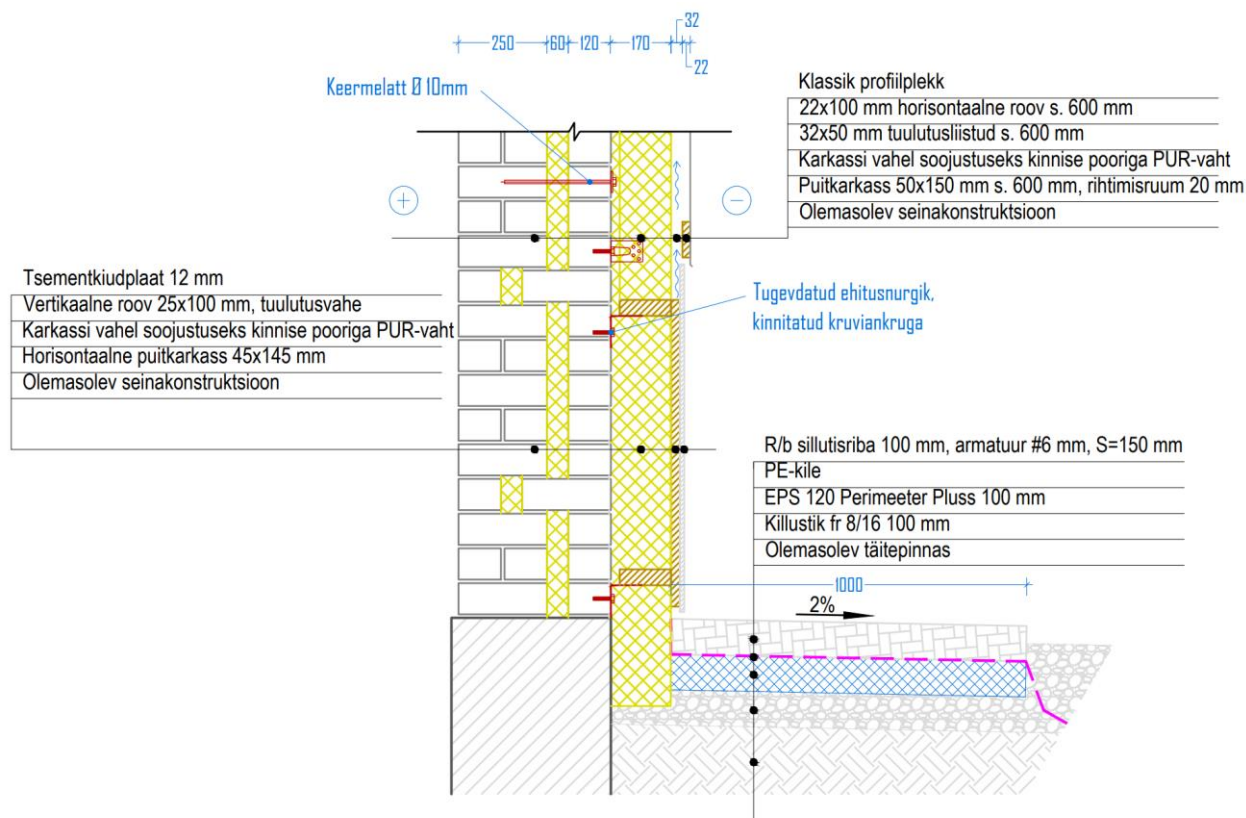
3.1.1 Drenaaž

Hoone välisseinte alumises osas esineb palju niiskusest tulenevaid kahjustusi, mistõttu on vajalik teostada drenaažisüsteemi paigaldus hoone tagumisel küljel. Selleks on vajalik pinnast kaevata kuni vundamendi talla aluseni ning paigaldada koos geotekstiiliga drenaažitoru. Tagasitäide on vaja teostada drenivate omadustega materjalidega, nt killustik fr 8/16 mm või liiv. Drenaaž juhitakse hoone idapoolsesse madalamasse nurka imbväljakule. Hoone esiküljel puudub drenaažisüsteemi vajadus, kuna maapind on kaldega suunatud hoonest eemale ning killustikkattest pind on dreniva omadusega. Lisaks puuduvad hooneesisel vundamendiseinal silmnähtavad niiskusest tingitud kahjustused.

3.1.2 Sillutisriba

Hoone perimeetri ümber rajatakse r/b sillutisriba paksusega 100 mm ja laiusega 1000 mm (Joonis 5). Samuti peab arvestama sillutisriba rajamisega 2 % hoonest eenduva kaldega. Ümber hoone kaevatakse 20-30 cm sügavune ja sillutisriba laiune süvend, kuhu rajatakse 100 mm paksune killustikalus fraktsiooniga 8/16. Killustikaluse peale paigaldatakse EPS 120 Perimeeter Pluss 100 mm vahtpolüstüreenist soojusplaadid ja polüetüleenkile. R/b sillutisriba betoonivalu teostatakse margiga C30/37, mis vastab keskkonnaklassile XC2+XF3 [9]. Armatuuriks kasutatakse 6 mm läbimõõdu ja 150 mm silmaga võrku. Betooni minimaalne kaitsekiht on 25 mm. Sadeveetorude alla paigaldatakse betoonist vihmaveerennid. Sillutisriba sisse lõigatakse deformatsioonivuugid maksimaalse

vahekaugusega 2 m, mis täidetakse ilmastikukindla mastiksiga. Sillutisriba ümber paiknev pinnas taastatakse vastavalt asukohale kasvumullaga või killustikuga.



Joonis 5. Välisseina, vundamendi ja sillutisriba lõige (autori koostatud)

3.1.3 Vundamendi sein

Hoone tagumisel küljel on vajalik enne drenaažitoru paigaldust olemasolev vundamendisein puhastada mustusest ja lahtistest tükidest. Samuti peab eemaldama olemasoleva vundamendisoojustuse, vundamendikatte ja kivipuruplaadid. Seejärel kantakse vundamendisein bituumenpakskiht hüdroisolatsiooniga.

3.2 Välisseinad

3.2.1 Fassaad

Olemasolev fassaadisoojustus ja viimistlus on vajalik eemaldada, puhastada sein lahtistest osadest ning teostada mördiga parandustöid murenenud silikaattelliste juurest. Tellistest välisvooder tuleb stabiilsuse ja uue soojustuskihi koormuse tõttu ankurdada vähemalt 50 mm sügavuselt kandva müüritise külge 10 mm läbimõõduga keermelattidega koos tsingitud plaadi ja seibiga, kinnitatakse

nutriga. Ankurdamisel kasutatakse keemilist kinnitusmastiksiti ning paigaldatakse 4 - 6 keermelatti seinu ruutmeetri kohta [10].

Välisseinte soojustamiseks kasutatakse polüüretaanvahtu ehk PUR-vahtu. Enne soojustuskihi paigaldust on vaja välja ehitada 150 × 50 mm puitkarkass sammuga 600 mm, mis kinnitatakse välisseina tugevdatud ehitusnurgikutega. Karkassi paigaldusel tuleb silmas pidada, et karkass eenduks seinast 20 mm, mis jätab vaba ruumi rihtimiseks. Soojustuskihi kogupaksuseks on 170 mm. Karkassile peale paigaldatakse 32 × 50 mm tuulutusliistud ning 22 × 100 mm horisontaalne roov sammuga 600 mm. Viimistlusmaterjaliks kasutatakse klassik profiilplekki (Joonis 5).

Maapinna suhtes kõrgema välisseina pealt võetakse 1 m kõrgune orientiirjoon, millest allapoole paigaldatakse tsementkiudplaadid (Joonis 5). Tsementkiudplaatide jaoks ehitatakse välja horisontaalne puitkarkass 45 × 145 mm, mis eendub seinast 25 mm. Kinnituseks kasutatakse tugevdatud ehitusnurgikuid. Karkassi peale paigaldatakse vertikaalne roov 25 × 100 mm sammuga 600 mm, mille peale kinnitatakse tsementkiudplaadid. Plaatide vuugikohtades kasutatakse vuugitihendusteipi. Hoone tagumisele küljele ei paigaldata tsementkiudplaate, profiilplekk ulatub kuni sillutisribani. Hoone vaated on välja toodud käesoleva töö lisades (Lisa 1).

3.2.2 Siseviimistlus

Kuna välisseinte siseviimistluses esineb palju niiskusest tekitatud hallitust ja krohvikihhi pudenemist, on vajalik teostada parandustöid. Lahtine ja murenenud siseviimistluse krohvikihhi on vajalik eemaldada ning hallitus keemiliste vahenditega puhastada. Seinad ja telfri postide irdunud krohvikihile teostatakse kohtparandused uue krohviga. Siseviimistluse värskendamiseks teostatakse seintele värvimistöid. Põrandapinnast 1,5 m kõrguselt värvitakse välisseinte sisemine osa tumedamas toonis ja kõrgem pind heledama värviga.

3.3 Vaheseinad

Hoones puuduvad ruume eraldavad vaheseinad ning omanik/tellijal soovib osaliselt ruumid eraldada laoruumideks. Sellest tulenevalt on vajalik välja ehitada vaheseinad, milleks kasutatakse 150 mm paksuseid keramsiitbetoon plokkide, mis paigaldatakse 2,6 m kõrguseni. Plokkid laotakse puhta vuugiga ning värvitakse valgeks. Kuna hoones paikneb ka telfer, siis seetõttu laotakse seinad eelnevalt mainitud piirkõrguseni.

Puhkeruumis on osaliselt viimistlus tegemata, mistõttu on vajalik esikus ja riietusruumis teostada seinte armeerimine ja krohvimine, mis viimistletakse värvkattega.

Lisaks on vajalik välja ehitada hoonet eraldava vaheseina külge soojustatud EI 60 tulepüsivusega tuletõkkesein, kuna hoone on jaotatud kaheks eraomandiks ning teine hoone on talvisel ajal kütmata. Seina ehitamiseks kasutatakse metallkarkassi, mis soojustatakse karkassi vahelt 150 mm paksuse kivivillaplaadiga. Tuleohutuse tagamiseks paigaldatakse karkassile kahes kihis 15 mm paksune tulekindel kipsplaat, millele teostatakse pahteldus, kruntimine ja värvimine.

3.4 Põrandad ja vahelaed

3.4.1 Katusvahelagi

Katusvahelaed esineb lekkinud katusekatte tõttu niiskusest tingitud kahjustusi, mis on avaldunud sarruse korrodeerumise ja hallituse näol. Konstruktsiooni hetkeseisukorra hindamiseks on vajalik teostada uuringud koos tugevusarvutustega, arvestades uue katuse soojustuskihi ja katte paigaldusest tuleneva lisakoormusega.

Olemasolevale katusvahelaele on vajalik teostada parandustööd. Paneelide otstes olev hallitus likvideeritakse keemiliste vahendite ja traatharjaga. Korrodeerunud sarruse juurest murenenud kaitsekiht eemaldatakse, kantakse peale roostemuundur ning teostatakse mördiga kohtparandused. Pudenenud ja murenenud paneelide vahevuugid on vajalik vanast mördisegust puhastada ning täita montaaživahu ja uue mördiseguga. Otsaseina juures asuva paneeli vahevuugist eemaldada rippuv kett kuna tõenäoliselt ei täida see mitte mingisugust tugevuse/jäigastuse funktsiooni. Katuslagi värvitakse valge värviga.

3.4.2 Põrandad

Põrandatel esineb palju õlidest ja määrdeainetest põhjustatud plekke, millele on vaja teostada keemiline süvapesu. Kuna põranda tasapind on sile ning puuduvad kahjustused, puudub vajadus põrandatasapinna remontimise järele.

3.5 Trepid ja piirded

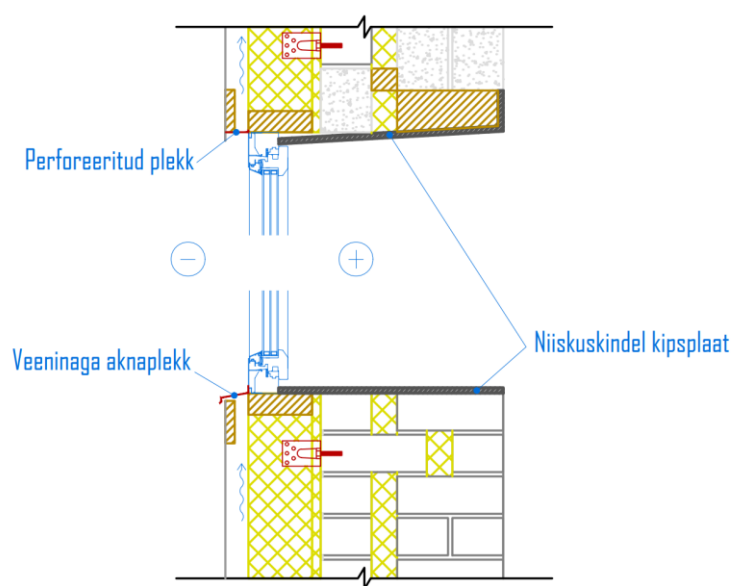
Autoremondi kanalisse viivad trepid on heas seisus ning ei vaja renoveerimist. Kahe põrandatasapinna vahel asuv metallist trepp on samuti heas seisus, kuid on vajalik eemaldada pindmine rooste ning teostada värvimistöid. Kuna garaaži põrandatasapind on astmeline ja

metalltreppide juures oleva põrandatasapinna kõrguslik erinevus on ca 1 m, on vajalik kõrgemale tasapinnale paigaldada uued metallist piirded.

Ruumide muutmisel laoruumideks on vajalik olemasolevad autoremondikanalid kinni katta metallist rihvelplaatidega luues tasase pinna rokla või tõstuki kasutamiseks.

3.6 Aknad ja plekid

Hoone olemasolevad vanad puitaknad on vajalik eemaldada ning ehitada välja prussidest raamid, millega tõstetakse uued PVC-aknad soojustuskihi tasapinda (Joonis 6). Puhkeruumi kohal olevad aknad eemaldatakse, kuna puudub vajadus nende järele. Likvideeritavad avatäited laotakse poorbetoonplokkidega kinni.



Joonis 6. Akna lõige (autori koostatud)

Kuna aknad tõstetakse soojustuskihi sisse, on samuti vajalik teostada hoone sees akende ümber aknapõskede viimistlustööd, mille välja ehitusel kasutatakse niiskuskindlat kipsplaati. Kipslaadid pahteldatakse, krunditakse ja seejärel värvitakse valgeks.

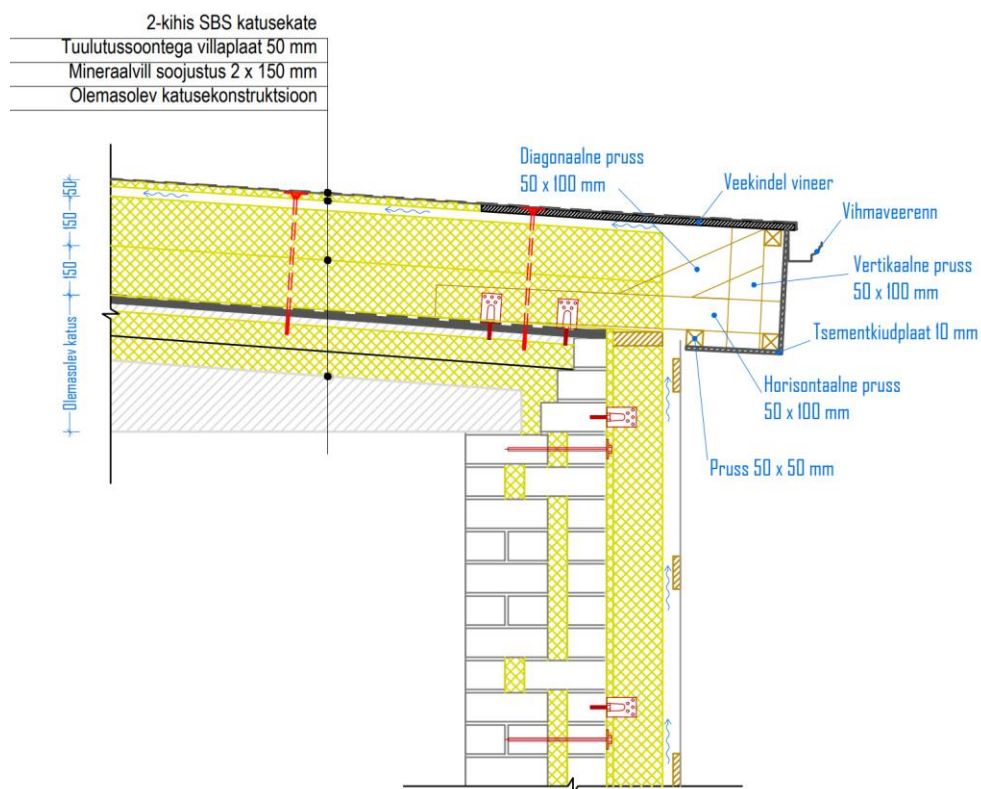
Akende all olevad vanad aknaplekid on saanud palju muljumiskahjustusi ning tuleb asendada veeninaga plekkide vastu.

3.7 Katus ja räästad

Hoone katus on kaks aastat tagasi veekindluse tagamise tõttu saanud uue 2 kihis SBS-katte. Kuna antud hetkel sooviti saavutada ainult katuse veekindlus, jäeti katusele soojustusmaterjal paigaldamata. Arvestades asjaolu, et katuse ainukene soojustusmaterjal on nõukogudeaegne TEP-plaat, on vajalik energiatõhususe huvides katus soojustada kaasaegsemate soojustusmaterjalidega (Joonis 7).

3.7.1 Räästas

Katuse soojustamisel on esmalt vaja olemasolev hoonest eenduv räästakarniis eemaldada ketaslöikuriga (Joonis 7). Räästa kohale ehitatakse välja puitkarkass: 50 × 100 mm pruss kinnitatakse tugevdatud ehitusnurgikutega vahelaekonstruktsiooni, üle räästa kinnitatakse prussi otsa 50 × 100 mm vertikaalne pruss, mis omavahel fikseeritakse diagonaalselt prussiga. Karkassi paigaldusel arvestatakse välisseina karkassi sammuga, milleks on 600 mm. Karkassi peale paigaldatakse veekindlast vineerist plaat, mis toetub vertikaalsele prussile ning soojustuskihile.



Joonis 7. Räästa sõlm (autori koostatud)

Räästakarkassi viimistlusmaterjaliks kasutatakse tsementkiudplaate paksusega 10 mm (sama toon, mis välisseinte alumises osas olevatel plaatidel). Karkassi külge paigaldatakse 50 × 50 mm ristlõikega roov, mille külge kinnitatakse plaadid.

Kuna hoonel puudub vihmavee äravoolusüsteem, siis seetõttu on vihmavesi jooksnud nii räästale kui ka välisseinale. Seega on vajalik paigaldada uued vihmaveerennid koos torudega. Rennid paigaldatakse räästakasti tsementkiudplaatide peale, kinnitatakse aluskarkassi külge. Vihmaveetorud kinnitatakse välisseina puitkarkassi külge ning vihmavesi suunatakse põlvega sillutisribas olevasse betoonist vihmaveerenni.

3.7.2 Katusekate ja soojustus

Katuse soojustusmaterjaliks kasutatakse põhisoojustusena 2 × 150 mm villaplaate, mis paigaldatakse olemasolevale katusele. Viimase soojustuskihina kasutatakse 50 mm paksuseid tuulutussoontega villaplaate. Villaplaati kasutatakse aluskihina uue 2-kihilise SBS-katte paigaldusel. Uus soojustuskihit ja SBS-kate kinnitatakse spetsiaalsete tüüblitega tasandusvalu kihi külge. Lisaks soojustamisele on vajalik tagada katuse tuulutus. Selleks lõigatakse villakihi sisse 100 × 100 mm peatuulutuskanal, mille kohale paigaldatakse alarõhutuulutid.

3.8 Küte ja ventilatsioon

3.8.1 Ventilatsioon

Lõputöös kirjeldatakse põhimõttelist ventilatsioonisüsteemi paigaldust. Terviklahendus tuleb koostada eritööde projekteerijal. Vastavalt „Hoonete energiatõhususe miinimumnõuded“ määrusele tuleb oluliselt rekonstrueeritavas hoones kasutada soojustagastusega sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsiooni, mille soojustagastuse efektiivsus võiks olla vähemalt 80 %. Samuti ei tohi olla ventilatsiooniagregaadi ventilaatori erivõimsus SFP üle 2,0 W/(l/s) [8].

Hoonesiseselt puudub võimalus telfri paiknemise tõttu paigaldada ventilatsioonitorustik katuslae külge, küll on võimalik see monteerida hoone katusele. Katusele on vajalik välja ehitada ventilatsioonikastid, kus magistraaltorustik ühendatakse garaažiruumi varustava sissepuhke- ja väljatõmbetorustikuga. Sissepuhke- ja väljatõmbeplafoonid paigaldatakse hoone seinale. Selleks on vajalik vedada lapikud ventilatsioonitorud fassaadi ja katusekate soojustuse alt ventilatsioonikastideni. Katusel asetsev magistraaltorustik isoleeritakse fooliumkattega mineraalvillaga ning kaetakse plekist kattega.

Kuna hoonel puuduvad ruume eraldavad vaheseinad, leitakse värske õhu vooluhulk määrukses etteantud hoone kasutustüübi põrandapinna ühiku kohta. EHR-i andmetel on hoone kasutusotstarve puhul tegemist muu transpordihoonega. Hetkeseisuga ei lähe see kokku praeguse kasutusotstarbega, s.o põllumajandustehnika ladustamine. Seega tuleb kasutusotstarbe puhul arvestada antud hoonet kui laohoonet. „Hoone energiatõhususe miimumnõuded“ määrukse Lisa 1 andmetel on laohoone nõutud välisõhu vooluhulk $0,35 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ [11].

3.8.2 Küttesüsteem

Hoonele paigaldatakse küttesüsteemiks pelletikatel ning soojust kantakse ruumidesse edasi radiaatoritega. Kuna katlaruum on eraldi tuletõkkeseptsioon, peab tuletõkkekonstruktsioonide tulepüsivus vastama EI 60 nõuetele. Seetõttu on vajalik välja ehitada uus tuletõkkeruum, kuhu paigaldatakse küttesüsteem. Ruumi ehituseks kasutatakse metallist karkassil seinu, mis soojustatakse karkassi vahelt 70 mm paksuse kivivillaga. Karkassi mõlemale poolele paigaldatakse kahes kihis tuletõkke kipsplaadid.

3.9 Külma ja soojaveevarustus, kanalisatsioon

Hoonel on toimiv veevarustus ning kanalisatsioon, mistõttu puudub vajadus süsteemi renoveerimiseks.

3.10 Elektrivarustus ja valgustus

Hoone elektrisüsteem on vahetatud 2 aastat tagasi ning ei vaja väljavahetamist.

3.11 Tuleohutuspõuded

Hoone tuleohutuse puhul peab lähtuma alusdokumendist „Ehitisele esitavad tuleohutuspõuded“ määrukses, millega kehtestatakse hoonele tuleohutuspõuded [12].

3.11.1 Tuleohutuspõitajad

Hoone tuleohutuspõuete tehnilised põitajad on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 2. Tuleohutuspõitajad [12]

Nimetus	Andmed
Hoone kasutusviis	VI kasutusviis

Nimetus	Andmed
Tulepüsivusklass	TP1
Tuleohuklass	2. tuleohuklass
Hoone kõrgus	5,9 m
Tuleohutuskuja	Hoone on ühenduses Rüütlioru tn 14 hoonega
Eripõlemiskoormus	Alla 600 megadžauli ruutmeetri kohta
Korruste arv	1
Siseseinte seinad ja laed	B-s1,d0
Sisepinna põrand	A2 _{FL} -s1
Tehnilise ruumi seinad ja lagi	B-s1,d0
Tehnilise ruumi põrandad	D _{FL} -s1
Katlaruumi põrand	A2 _{FL} -s1
Evakuatsioonitee seinad ja lagi	A2-s1,d0
Evakuatsioonitee põrandad	D _{FL} -s1
Soojustussüsteem	A2,d0
Välisseina välispind	B,d0
Õhutuspidu välispind	B,d0
Õhutuspidu sisepind	B-s1,d0
Katusekatte klass	Broof(t ₂ -t ₄)

3.11.2 Tuletõkkeseptsioonid

Hoone on jaotatud kaheks eraldi tuletõkkeseptsiooniks, mis moodustuvad katlaruumist ning puhkeruumist. Tuletõkkekonstruktsioonidele pealmaakorrustel on ettenähtud tulepüsivusnõue EI 60 [12].

Tuletõkkeseptsioonis asuvate uste ja akende tulepüsivusaeg peab olema vähemalt 50 % tuletõkkeseptsioonis ettenähtud tulepüsivusajast, kuid mitte vähem kui 30 min. Antud juhul on peavad hoone tuletõkke aknad ja ukse vastama EI 30 tulepüsivusele, mis on ka määruuses etteantud miinimumnõue [12].

Samuti pole täidetud tuleohutuskuja nõue, kuna hoone on ühenduses Rüütlioru tn 14 hoonega. Tuleohutusnõue tuleb tagada EI 60 tulemüüri rajamisega ja EI 30 tuletõkkeakna paigaldamisega hoone ühenduskohas [12].

Tuletõkkekonstruktsioone läbivad tehnosüsteemide läbiviigud peavad tagama vähemalt 50 % tuletõkkekonstruktsioonile ette antud tulepüsivusajast [12].

3.11.3 Evakuatsioonilahendus

Igal laoruumi osal eraldi käiguuksega voldikuks, mis peavad olema avatud evakuatsiooni suunas. Lukud on avatavad ilma võtmeta.

3.11.4 Tuleohutusnõuded hoone välisperimeetril

Ligipääs hoone katusele tagatakse fassaadile paigaldatava redeliga.

3.12 Lammutustööd

Hoone keskel paikneb ruum (Foto 29), kus kunagi ehitati klaasfiibrist paate. Hetkeseisul on ruumi kasutusotstarve ammendunud ning võtab ära laoruumiks rajamisel potentsiaalset põrandapinda. Seetõttu on vajalik ruum lammutada.

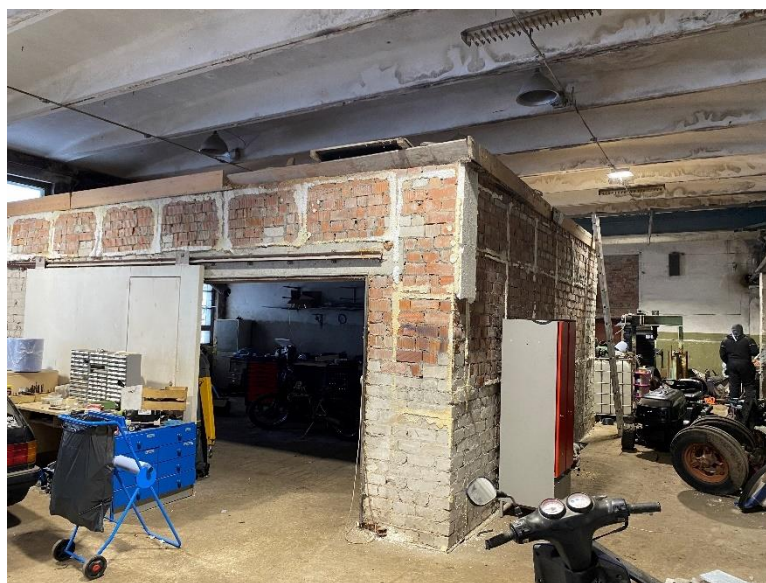


Foto 29. Lammutatav ruum

Ruumi ehitamisel on kasutatud seinte ladumisel telliskive ning katuslae paigaldusel TT-paneele. Lammutustööde teostamisel tuleb järgida seaduses tulenevaid punkte ja norme.

Arvestades ruumi konstruktsioone, teostatakse lammutus ja demontaaž järgneva hierarhia alusel [5]:

1. eemaldatakse elektripaigaldised nt elektrikilbid, valgustid, pistikupesad, elektrijuhtmed jne;
2. demonteeritakse liuguks koos siinidega;
3. eemaldatakse katuslaelt praht ja ehitusmaterjalid, seejärel teostatakse katuslae paneelide demontaaž;
4. lammutatakse tellistest seinad.

4 EHITUSMAKSUMUS

Hoone ehitusmaksumuse koostamisel on lähtutud standardist EVS 885:2005 „Ehituskulude liigitamine“ [13]. Ehitusmaksumuse määramisel kasutati Eke Nora 2018 üksushinnete andmebaasi [14], kus vastavalt ehitustööde spetsiifikale leiti mahuühiku maksumus, mis korrutati läbi hoone arvutusliku ehitusmahuga. Reaalsema ehitushinna leidmisel korrutati läbi maksumus statistikaameti ehitushinnaindeksi muutusega 2018 - 2021 aastatel [15]. 2022 aasta ehitushinna indeksit pole eelnevas allikas välja toodud ning selle määramisel on kasutatud teist statistikaameti poolt esitatud muutuse väärtust [16]. Lisaks on ehitusmaksumuse koostamisel võetud osaliselt hinnapakumisi, mida pole Eke Nora 2018 andmebaasis välja toodud.

Ehitushinna maksumuse leidmisel on arvestatud ainult hoone otsesest ehitustegevusest tulenevaid kulusid. Pakkumiseelarve koostamisel pole arvestatud projekteerimisest tulenevaid kulusid, ehitusplatsi korralduskulusid ning ehitusplatsi üldkulusid. Ehitusmaksumuse eelarve tabel on välja toodud lisades (Lisa 3).

5 ENERGIATÕHUSUS

5.1 Konstruktsiooni soojusjuhtivus

Hoone piirdetarindite soojusjuhtivuse arvutamise puhul lähtutakse standardist EVS 908-1:2016 [17]. Materjalide soojuserijuhtivuse väärtuste leidmisel on kasutatud tootjapoolseid tehnilisi dokumente ja ehituskonstruktori käsiraamatut. Avatäidete soojusjuhtivuse määramisel on arvesse võetud konstruktsioonide tootjate ette antud väärtusi.

5.1.1 Välissein

Hoone välisseina konstruktsiooni puhul on tegemist mittehomogeense piirdetarindiga, mille arvutusmetoodika puhul tuleb lähtuda konstruktsiooni mittehomogeensusest. Välisseina konstruktsioon koosneb allolevas tabelis (Tabel 3) välja toodud materjalidest ja nende soojuserijuhtivuse λ_d (W/m·K) väärtustest.

Tabel 3. Välisseina materjalid ja nende soojuserijuhtivuse väärtused [18], [19]

Materjal	Soojuserijuhtivus λ_d (W/m·K)
Silikaattellis	0,70
Mineraalvill	0,045
Puit	0,13
PUR-vaht	0,025

Esmalt leiame seina soojustuse ja sõrestiku sektsiooni soojustakistuse R_{tot} (m²·K /W) valemiga (1) [20].

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_n \dots + R_{se}, \quad (1)$$

kus R_{tot} – seina soojustakistus, m²·K/W;

R_{si} – seina sisepinna soojustakistus, m²·K/W;

$R_{l\dots}$ – seina kihi arvutuslik soojustakistus, m²·K/W;

R_{se} – seina välispinna soojustakistus, m²·K/W.

Leiame soojustuse sektsiooni soojustakistuse valemiga (1):

$$R_{soojustus} = 0,13 + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,06}{0,045} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{0,17}{0,025} + 0,04 = 8,84 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Leiame sõrestiku sektsiooni soojustakistuse valemiga (1):

$$R_{s\ddot{o}restik} = 0,13 + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,06}{0,7} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{0,15}{0,13} + 0,04 = 1,94 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Leiame kogusoojustakistuse ülemise piirväärtuse R'_T ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) valemiga (2) [20]:

$$R'_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_{Ta}} + \frac{A_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{R_{Tn}}}, \quad (2)$$

kus $A_a, \dots, A_n$ – seina üksikute sektsioonide osapindalad;

$R_{Ta}, \dots, R_{Tn}$ – seina sektsioonide soojustakistused.

Kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus vastavalt valemile (2) on:

$$R'_T = \frac{550 + 50}{\frac{550}{8,84} + \frac{50}{1,94}} = 6,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Mittehomogeensete kihtide soojustakistused R_x ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) leiame valemiga (3) [20]:

$$R_x = \frac{A_{xa} + A_{xb} + \dots + A_{xn}}{\frac{A_{xa}}{R_{xa}} + \frac{A_{xb}}{R_{xb}} + \dots + \frac{A_{xn}}{R_{xn}}}, \quad (3)$$

kus $A_{xa}, \dots, A_{xn}$ – seina üksikute sektsioonide osapindalad;

$R_{xa}, \dots, R_{xn}$ – seina iga kihi soojustakistus, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Leiame kandva müüritise ja välisvoodri vahel 60 mm paksuse soojustuskihi soojustakistuse valemiga (3):

$$R = \frac{600 + 100}{\frac{600}{\left(\frac{0,06}{0,045}\right)} + \frac{100}{\left(\frac{0,06}{0,7}\right)}} = 1,23 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Leiame uue soojustuskihi 170 mm PUR-vahtu 150 mm puitkarkassi vahel soojustakistuse valemiga (3):

$$R = \frac{550 + 50}{\frac{550}{\left(\frac{0,17}{0,025}\right)} + \frac{50}{\left(\frac{0,15}{0,13}\right)}} = 4,83 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Leiame kogusoojustakistuse alumise piirväärtuse R''_T ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) valemiga (1) [20]:

$$R''_T = 0,13 + \frac{0,25}{0,7} + 1,23 + \frac{0,12}{0,7} + 4,83 + 0,04 = 6,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Leiame seinä kogusoojustakistuse R_T ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) valemiga (4) [20]:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}, \quad (4)$$

kus R'_T – kogusoojustakistuse ülemine piirväärtus, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$;

R''_T – kogusoojustakistuse alumine piirväärtus, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

Leiame seinä kogusoojustakistuse valemiga (4):

$$R_T = \frac{6,81 + 6,75}{2} = 6,78 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Leiame seinä soojusjuhtivuse U ($\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$) valemiga (5) [20]:

$$U = \frac{1}{R_T}, \quad (5)$$

kus R_T – seinä kogusoojustakistus, $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$.

Arvutame välisseinä soojusjuhtivuse väärtuse valemiga (5):

$$U = \frac{1}{6,78} = 0,15 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}.$$

Välisseinä soojusjuhtivuse väärtus on $U = 0,15 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$.

5.1.2 Katusekonstruktsioon

Katuslae konstruktsiooni puhul on tegemist homogeense piirdetarindiga, mille arvutusmetoodika puhul tuleb lähtuda tarindi homogeensusest. Katusekonstruktsioon koosneb allolevas tabelis (Tabel 4) välja toodud materjalidest ja soojuserijuhtivuse väärtustest.

Tabel 4. Katusekonstruktsiooni materjalid ja nende soojuserijuhtivuse väärtused [18], [19], [21]

Materjal	Soojuserijuhtivus λ_d ($\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$)
Raudbetoon	2,50
TEP-plaat	0,16
Betoon	2,00
Bituumen	0,17
Mineraalvill	0,040
Tuulutussoontega villaplaat	0,037

Leiame homogeensetest kihtidest katusekonstruktsiooni kogusoojustakistuse R_{tot} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) valemiga (1):

$$R_{tot} = 0,10 + \frac{0,1}{2,5} + \frac{0,15}{0,16} + \frac{0,02}{2,0} + \frac{0,04}{0,17} + \frac{0,3}{0,040} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0071}{0,17} + 0,04 = 10,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Arvutame katuse soojusjuhtivuse väärtuse valemiga (5):

$$U = \frac{1}{10,25} = 0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Katuse soojusjuhtivus on $U = 0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

5.1.3 Põrand pinnasel

Hoone põranda puhul on tegemist 125 mm paksuse betoonpõrandaga, mis on rajatud liivpinnasele.

Põranda soojuslähivuse puhul leiame esmalt põranda tunnusmõõdu B' (m) valemiga (6) [20]:

$$B' = \frac{A}{\left(\frac{P}{2}\right)}, \quad (6)$$

kus B' – põranda tunnusmõõt, m;

A – pindala, m^2 ;

P – välisseina perimeeter; m.

Leiame põranda tunnusmõõdu valemiga (6):

$$B' = \frac{43,52 \cdot 11,7}{\left(\frac{2 \cdot (43,52 + 11,7)}{2}\right)} = 9,22 \text{ m}.$$

Leiame põranda ekvivalentse paksuse d_t valemiga (7) [20]:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (7)$$

kus w – välisseina kogupaksus, m;

λ – pinnase soojuserijuhtivus, $\text{W/m} \cdot \text{K}$;

R_{si} – sisepinna soojustakistus; $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$;

R_f – põranda kogusoojustakistus; $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$;

R_{se} – välispinna soojustakistus; $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

Ekvivalentne paksus vastavalt valemile (7) on:

$$d_t = 0,6 + 2 \cdot \left(0,17 + \frac{0,125}{2,0} + 0,04\right) = 1,145.$$

Kuna põranda ekvivalentse paksus d_t väärtus on väiksem kui põranda tunnusmõõt B' , lähtume põranda soojusjuhtivuse U väärtuse leidmisel järgnevast valemist (8) [20]:

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right), \quad (8)$$

kus λ – pinnase soojuserijuhtivus, W/m·K;

B' – põranda tunnusmõõt, m;

d_t – põranda ekvivalentne paksus;

π – pii väärtus.

Leiame põranda soojusjuhtivuse valemiga (8):

$$U = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 9,22 + 1,145} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot 9,22}{1,145} + 1 \right) = 0,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Põranda soojusjuhtivus on $U = 0,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

5.1.4 Soojustatud põrand

Soojustatud põranda puhul on tegemist 150 mm paksuse betoonpõrandaga, mille soojustamiseks on kasutatud $2 \times 100 \text{ mm}$ vahtpolüstüreen soojusplaate. Leiame põranda tunnusmõõdu B' valemiga (6):

$$B' = \frac{5,16 \cdot 11,7}{\left(\frac{2 \cdot (5,16 + 11,7)}{2} \right)} = 3,58 \text{ m}.$$

Leiame põranda ekvivalentse paksuse valemiga (7):

$$d_t = 0,6 + 2 \cdot \left(0,17 + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,15}{2,0} + 0,04 \right) = 11,98.$$

Põranda ekvivalentne paksus d_t väärtus on suurem kui põranda tunnusmõõt B' , lähtume põranda soojusjuhtivuse U leidmisel järgnevast valemist (9) [20]:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}, \quad (9)$$

kus λ – pinnase soojuserijuhtivus, W/m·K;

B' – põranda tunnusmõõt, m;

d_t – põranda ekvivalentne paksus;

Leiame põranda soojusjuhtivuse valemiga (9):

$$U = \frac{2,0}{0,457 \cdot 3,58 + 11,98} = 0,14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Soojustatud põranda soojusjuhtivus on $U = 0,14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

5.1.5 Aknad

Hoonele paigaldatakse aknad Gealan Kubus [22], millel on järgnevad ehitustehnilised- ja füüsikalised omadused:

- PVC vaheliistuga 3-klaasiga klaaspakettaken, mille paksus on 48 mm;
- Lengi laius 100 mm;
- Paketi vahel gaas: 3k4LowE-18TGU-4-18TGU-4LowE+argoon;
- $U_f = 0,88 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- $U_g = 0,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Leiame akna soojusjuhtivuse U ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$) valemiga (10) [23], [24]:

$$U = \frac{(U_K \cdot A_K) + (U_R \cdot A_R) + (\psi_{KS} \cdot L_K)}{(A_K + A_R)}, \quad (10)$$

kus U_K – klaaspaketi soojusjuhtivus, $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$;

A_K – klaasiosa pindala, m^2 ;

U_R – aknaraami soojusjuhtivus, $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$;

A_R – aknaraami pindala, m^2 ;

ψ_{KS} – klaasiserva joonsoojusläbivus, $0,06 \text{ W/m}\cdot\text{K}$;

L_K – klaasiserva ümbermõõt, m.

Arvutame $1,4 \times 3,0 \text{ m}$ akna soojusjuhtivuse valemiga (10):

$$U = \frac{(0,5 \cdot 3,36) + (0,88 \cdot 0,84) + (0,06 \cdot 8)}{(3,36 + 0,84)} = 0,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Akna soojusjuhtivuse väärtus on $U = 0,69 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Arvutame $1,0 \times 1,4 \text{ m}$ akna soojusjuhtivuse valemiga (10):

$$U = \frac{(0,5 \cdot 0,96) + (0,88 \cdot 0,44) + (0,06 \cdot 4)}{(0,96 + 0,44)} = 0,79 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Akna soojusjuhtivuse väärtus on $U = 0,79 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

5.1.6 Garaažiuksed

Hoonele paigaldatakse ASSA Abloy 2250P voldikuksed [25], mille soojusläbivuse väärtus on $U = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

5.2 Energiasimulatsioon

Eesti ehitusregistri andmetel on hoone kasutusotstarbeks määratud muu transporthoone. Hetkeseisuga kasutatakse hoonet põllumajandustehnika ladustamiseks, mistõttu arvestatakse energiatõhususe määramisel laohoone kasutusviisi. Hoone energiasimulatsiooni koostamisel on lähtutud järgnevatest normdokumentidest:

- majandus- ja taristuministri väljastatud määrus nr 58 „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ [23];
- ettevõtlus- ja infotehnoloogiainistri väljastatud määrus nr 63 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ [8];
- majandus- ja taristuministri väljastatud määrus nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ [26].

5.2.1 Külmasillad

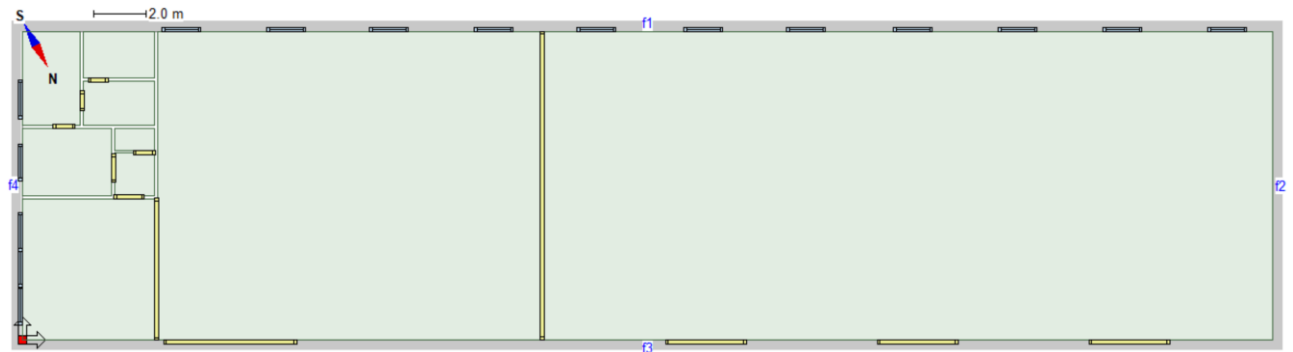
Hoone külmasildade väärtuste määramisel on kasutatud KredEXi „Korterelamute välispiirete lisasoojustamise sõlmejoonised ja tüüpkorterite ventilatsioonilahendused“ uuringu Lisa, kus on välja toodud sõlmede lisasoojustamise loetelu ja joonsoojuslähivuse väärtused [27]. Külmasildade loetelu koos väärtustega on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 5).

Tabel 5. Külmasilla joonsoojuslähivused [27]

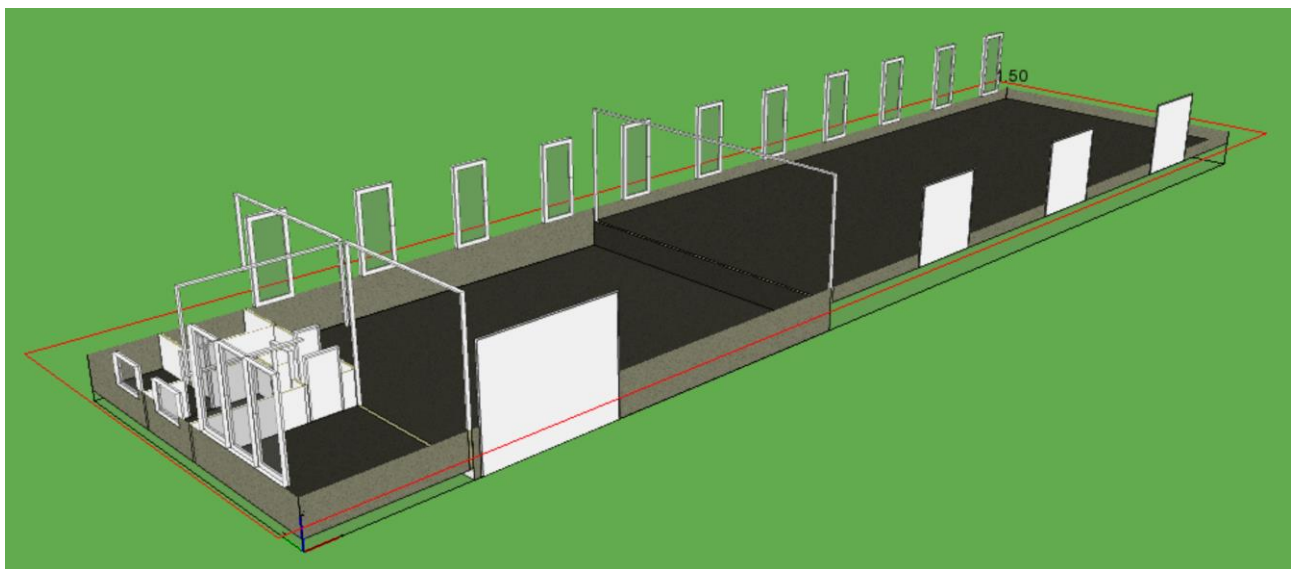
Külmasild	Joonsoojuslähivus Ψ_i (W/m·K)
Välissein-välissein	0,06
Katuslagi-välissein	0,11
Põrand pinnasel-välissein	0,30
Akna seinakinnitus	0,11
Garaažiukse seinakinnitus	0,36

5.2.2 Hoone paiknemine simulatsioonis

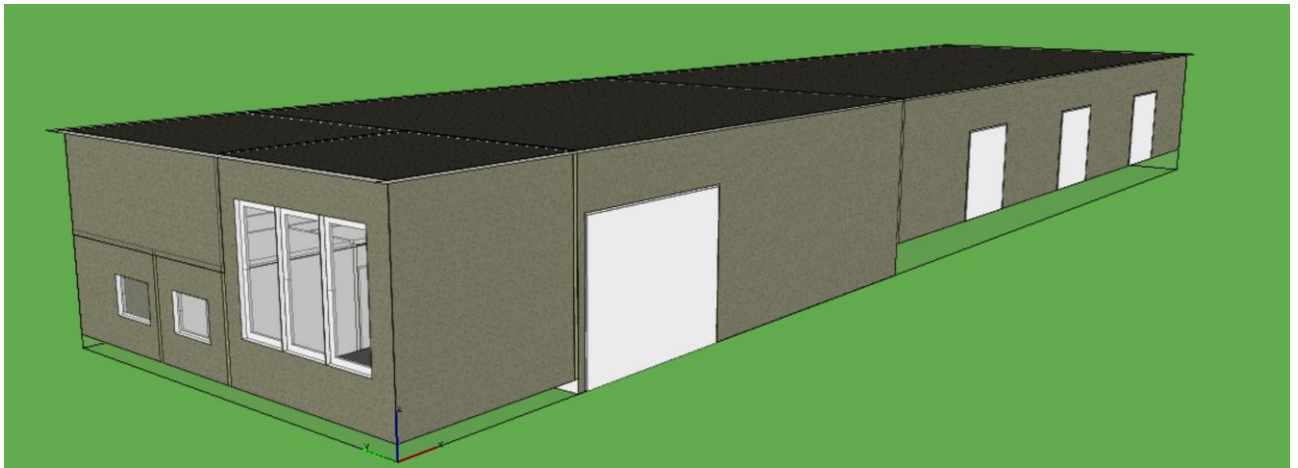
Hoone energiasimulatsiooni koostamisel on kasutatud programmi IDA ICE 4.8. Hoone paiknemine programmis on välja toodud allolevatel joonistel (Joonis 8, Joonis 9, Joonis 10, Joonis 11, Joonis 12, Joonis 13).



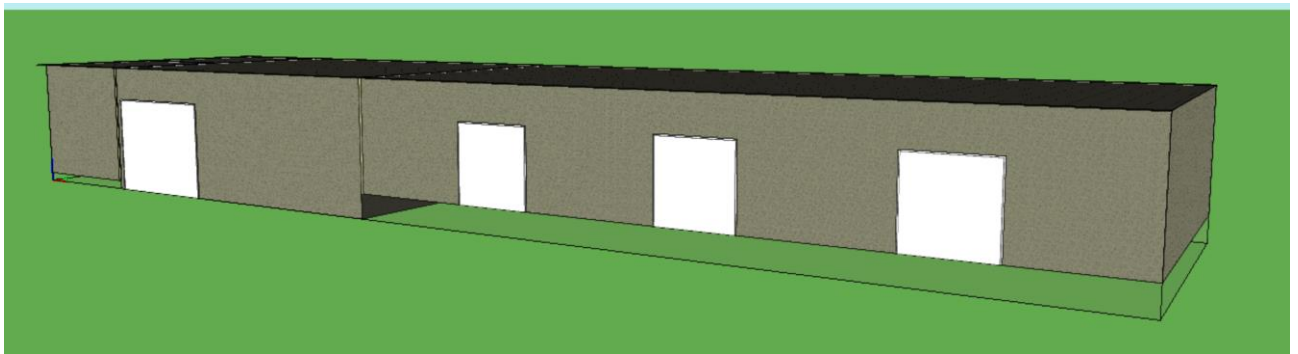
Joonis 8. Hoone põhiplaan IDA ICE



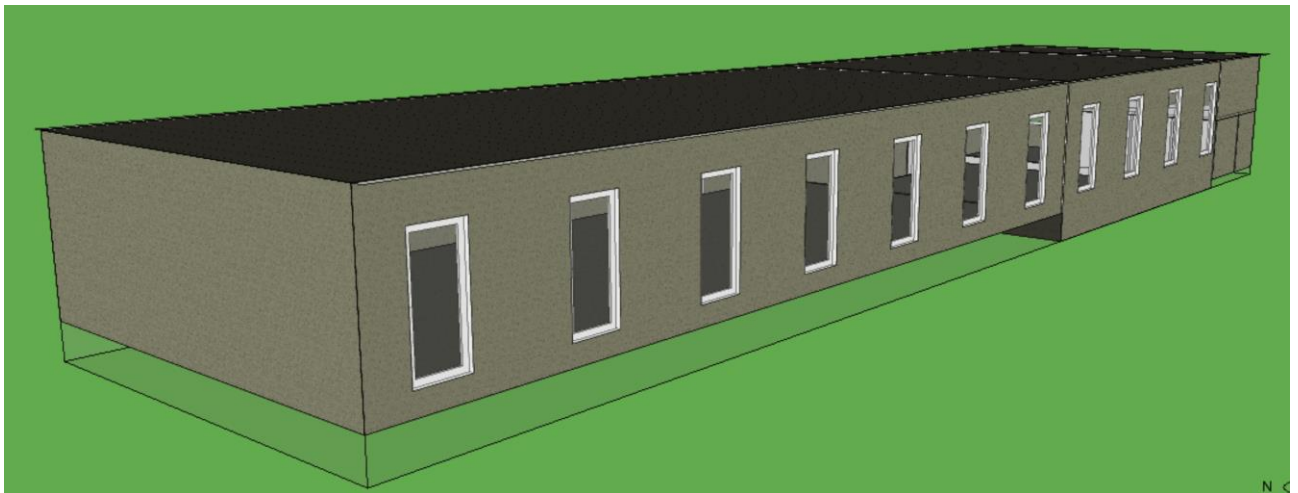
Joonis 9. Hoone lõige IDA ICE



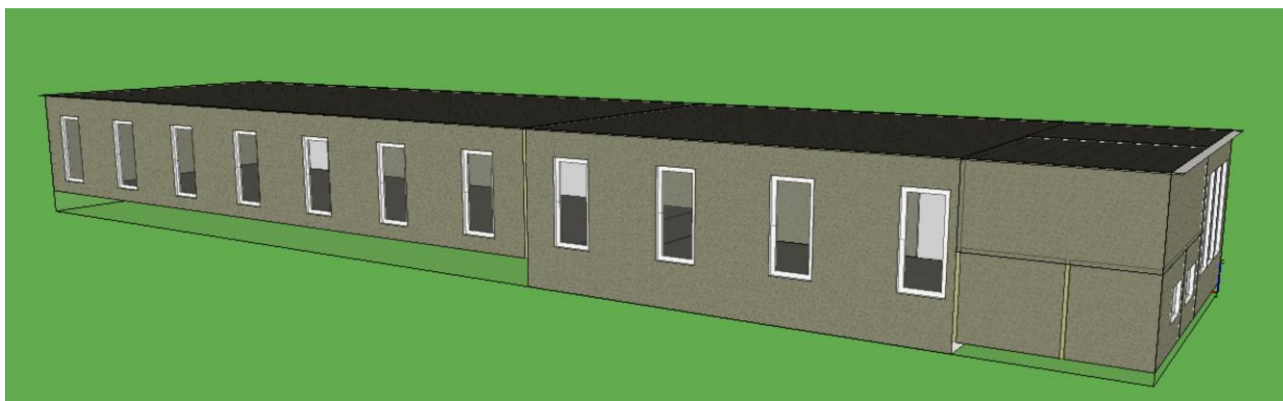
Joonis 10. Vaade idast IDA ICE



Joonis 11. Vaade põhjast IDA ICE



Joonis 12. Vaade läänest IDA ICE



Joonis 13. Vaade lõunast IDA ICE

5.3 Suvine ruumitemperatuuri kontroll

Hoone suvine ruumitemperatuuri kontroll teostati ajavahemikul 1. juuni - 31. august. Alloleval joonisel (Joonis 14) on välja toodud ruumitemperatuuri kontrolli tulemused, millest saab järeldada, et ükski ruum ei ületanud piirtemperatuuri 25 °C. Seega kraadtundide väärtus igas ruumis on 0.

		Laohoone piirtemperatuur t _b		25	°C														
		Piirtemperatuuri lubatud ületamine elamus		100	°Ch														

Joonis 14. Suvise ruumitemperatuuri kontrolli tulemused

5.4 Hoone energiamärgis

Hoonete energiatõhususe miinimumnõuete määruse Lisa 2 tabelis 2 välja toodud oluliselt rekonstrueeritava laohoone energiatõhususarvu piirväärtuseks on sätestatud 100 kWh/(m²·a) [28]. Samuti on laohoone puhul välja toodud „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“ määruse paragrahv 6 tabelis 1 valgustuse erivõimsuse väärtus 10 W/m² kohta [23]. Kuna hoonele on kaks aastat tagasi paigaldatud uued LED-valgustid ning teostatud on ka valgustuse erivõimsuse kalkulatsioon, mille tulemuseks saadi 3,04 W/m² (Joonis 15), arvestatakse hoone energiamärgise arvutamisel eelnimetatud väärtusest. Hoone energiatõhususe lähteandmed on välja toodud lisades (Lisa 4).

	Suurus	Arvutatud	Nõutav väärtus	Kontroll	Indeks
Töötasand	$\bar{E}_{\text{vertikaalne}}$	346 lx	$\geq 300 \text{ lx}$	✓	WP1
	g_1	0.000	-	-	WP1
Kulusuurused	Kasutus	3600 kWh/a	max. 18500 kWh/a	✓	
Ruum	Erivõimsus	3.04 W/m ²	-	-	
		0.88 W/m ² /100 lx	-	-	

Joonis 15. Valgustuse erivõimsuse kalkulatsiooni tulemus

Käesoleva lõputöö raames käsitletava hoone energiatõhususarvu väärtuseks saadi 79 kWh/(m²·a), mis annab johtuvalt „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ määruse Lisa 3 seisukohalt hoonele energiatõhususklassi B [2]. Hoone energiaarvutuste tulemused on välja toodud lisades (Lisa 5).

KOKKUVÕTE

Lõputöös analüüsiti 1972. aastal ehitatud Avangardi kolhoosi garaažihoone seisukorda ning kasutusaja jooksul tekkinud kahjustusi. Selgus, et suurimad kahjustused on põhjustatud valedest ehitustehnilistest võtetest, mistõttu on konstruktsioonid sademevetega märgunud ja ehitusmaterjale kahjustanud. Samuti puudub hoones ventilatsioonisüsteem ja toimiv küttesüsteem, mistõttu ehitatakse see välja parema sisekliima tagamiseks. Lisaks laotakse hoonesse vaheseinad, muutmaks ruumiplaneeringut laopindade rajamise näol.

Hoone välisilme kaasajastamiseks paigaldatakse fassaadikatteks profiilplekk ning välisseina alumisele otsale tsementkiudplaadid. Samuti kasutatakse tsementkiudplaate pikendatud räästa viimistlusmaterjaliks. Siseviimistluse osas teostatakse olemasolevale krohvikihile kohtparandused, misjärel teostatakse seinte ja lagede värvimistööd.

Kehvade piirdetarindite soojustusmaterjalide ja katkiste avatäidete tõttu on hoonel kehv energiatõhususväärtus ning selle parandamiseks soojustatakse välisseinad ja katuslagi efektiivsemate soojustusmaterjalidega. Samuti soojustatakse hoone perimeetri ümber maapind ning rajatakse sillutisriba. Lisaks vahetatakse välja kõik avatäited parema soojusläbivuse väärtusega materjalide vastu.

Oluliselt rekonstrueeritava laohoone energiatõhususe piirväärtus vastavalt määrusele on $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Lõputöös käsitletud rekonstrueerimistööde lahendustega saadi energiasimulatsiooni tulemusel energiatõhususarvuks $79 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mis annab hoonele B energiatõhususklassi.

Hoone rekonstrueerimistööde kohta koostati hinnanguline ehituseelarve, mille tulemusel on eeldatav hoone ehitusmaksumus 306 551 eurot.

SUMMARY

The following graduation thesis Garage Building Reconstruction Solutions, Estimated Construction Cost and Energy Performance analyses a Soviet-era garage building, identifying the condition of the building with an overview of the damage that has occurred over its 50-year period of use. In addition, the work proposes reconstruction solutions and an estimate of the construction costs for their implementation.

According to the European Union's Green Deal Directive, there should be no greenhouse gas emissions by 2050. Therefore, the reconstruction of buildings to extend their life cycle and make them more energy efficient is topical issue today. During the exploitation time, the main damage was caused by incorrect construction methods, which led moisture and precipitation water penetration into the structures. During the current study, all damage was inspected by using visual method. In addition, the author presents the building structures with blueprints to give an idea of how the existing structures were built.

Considering the fact that the building is now frequently used for economic activities, the need has arisen to make the building energy efficient, to modernize the exterior finishes and to change the space planning to create storage rooms. In this analysis, the author of the thesis outlines reconstruction solutions to achieve the required energy performance value defined by the regulations. Thermal conductivity calculations were also carried out to show the thermal resistance values of the external envelope.

The regulations do not determine the intended use of the garage building, therefore the function of the building is reflected as a warehouse. As the building is mainly used for the storage of agricultural machinery, it provides adequate results in the energy performance calculations based on the requirements of the Regulation and the specified parameters for a warehouse building.

According to the Regulation of Energy Performance of Buildings, the energy limit value for a warehouse is $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Using the reconstruction solutions and building materials on which this work is based on, the energy performance calculations achieved an energy use value of $79 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, which gives an energy performance class B.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, "Renoveerimislaine," 2023. [Online]. Available: <https://www.mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/elamud-ja-hooned/renoveerimislaine>. [Accessed 28, aprill, 2023].
- [2] "Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele, Lisa 3," [Online]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/1070/7202/0013/Lisa_3.pdf#. [Accessed 11, aprill, 2023].
- [3] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, "Ehitisregister," [Online]. Available: <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1/building/104028760>. [Accessed 5, märts, 2023].
- [4] T. Kalamees, T. Kõiv, R. Liias, K. Õiger, U. Kallavus, L. Mikli, S. Ilomets, K. Kuusk, M. Maivel, A. Mikola, P. Klõšeiko, T. Agasild, E. Arumägi, E. Liho, T. Ojang, T. Tuisk, L. Raado and T. Jõesaar., *Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga: Uuringu lõppraport*, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2010, p. 227.
- [5] S. Käärid, *Hoonete remont ja rekonstrueerimine 1.osa*, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2004, p. 76.
- [6] M. Unt, *Lammutamisele kuuluva hoone betoontarindite külmakindluse ja tugevuse uuring*, Tartu: Tallinna Tehnikaülikool, 2021, p. 101.
- [7] S. Käärid, *Hoonete remont ja rekonstrueerimine 2.osa*, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2004, p. 80.
- [8] "Hoone energiatõhususe miinimumnõuded," [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv>. [Accessed 21, märts, 2023].
- [9] HC Betoon AS, "Betooni keskkonnaklassid," [Online]. Available: <https://www.beton.ee/et/keskkonnaklassid>. [Accessed 14, aprill, 2023].
- [10] KredEx, "Välispiirete lisasoojustamise joonised," Välispiirete lisasoojustamise joonised sõlm nr 24, 2015. [Online]. [Accessed 14, aprill, 2023].
- [11] "Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, Lisa 1," [Online]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/1070/7202/0011/MKM_m63_lisa1.pdf#. [Accessed 30, märts, 2023].
- [12] "Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded," [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/123022021013?leiaKehtiv>. [Accessed 13, aprill, 2023].

- [13] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, *EVS 885:2005 Ehituskulude liigitamine*, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2005.
- [14] Eke Nora OÜ, *Eke Nora 2018*, 2018.
- [15] Statistikaamet, "IA09: Ehitushinnaindeksi muutus võrreldes eelmise aastaga," 2023. [Online]. Available: <https://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=IA09>. [Accessed 26, aprill, 2023].
- [16] Statistikaamet, "Ehitushinnaindeks," 2023. [Online]. Available: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/rahandus/hinnad/ehitushinnaindeks>. [Accessed 26, aprill, 2023].
- [17] *EVS 908-1:2016 Hoone piirdetarindi soojusläbivuse arvutusjuhend. Osa 1: Välisõhuga kontaktis olev läbipaistmatu piire*, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2016.
- [18] J. Rohusaar, R. Mägi, T. Masso, I. Talvik, V. Jaaniso, V. Otsmaa, V. Voltri, K. Loorits, T. Peipman, O. Pukk and V. Hartšuk, *Ehituskonstruktori käsiraamat*, Tallinn: Ehitame kirjastus, 2010, p. 576.
- [19] KredEx, "Liginullenergia eluhooned, piirdetarindite liitekohtade joonsoojusläbivuse arvutus," 2017. [Online]. [Accessed 21, aprill, 2023].
- [20] L. Paap, "Piirdetarindite soojusläbivus," [Online]. [Accessed 23, märts, 2023].
- [21] Saint-Gobain Finland Oy, ISOVER, "Toimivusdeklaratsioon," 2022. [Online]. [Accessed 21, aprill, 2023].
- [22] Arutech Parimad Aknad OÜ, "Aken Premium+Gealan Kubus," [Online]. Available: <https://www.arutech.ee/et/plastik-pvc-aknad-plastaknad/gealan-kubus>. [Accessed 31, märts, 2023].
- [23] "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika," [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020012?leiaKehtivhttps://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv>. [Accessed 11, aprill, 2023].
- [24] R. Margusson, *Elamu rekonstruktsioon madalenergiahooneks*, Tartu: Eesti Maaülikool, 2014, p. 67.
- [25] ASSA ABLOY Group, "ASSA ABLOY FD2250P Insulated Folding Door," [Online]. Available: <https://www.assaabloyentrance.com/global/en/solutions/products/commercial-and-industrial-doors/folding-doors/insulated/assa-abloy-fd2250p-insulated-folding-door>. [Accessed 11, aprill, 2023].

- [26] "Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele," [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020013?leiaKehtiv>. [Accessed 11, aprill, 2023].
- [27] KredEx, "Korterelamute välispiirete lisasoojustamise sõlmejoonised ja tüüpkorterite ventilatsioonilahendused," 2015. [Online]. [Accessed 11, aprill, 2023].
- [28] "Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, Lisa 2," [Online]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1070/7202/0011/MKM_m63_lisa2.pdf#. [Accessed 11, aprill, 2023].

LISAD

Lisa 1. Hoone vaated

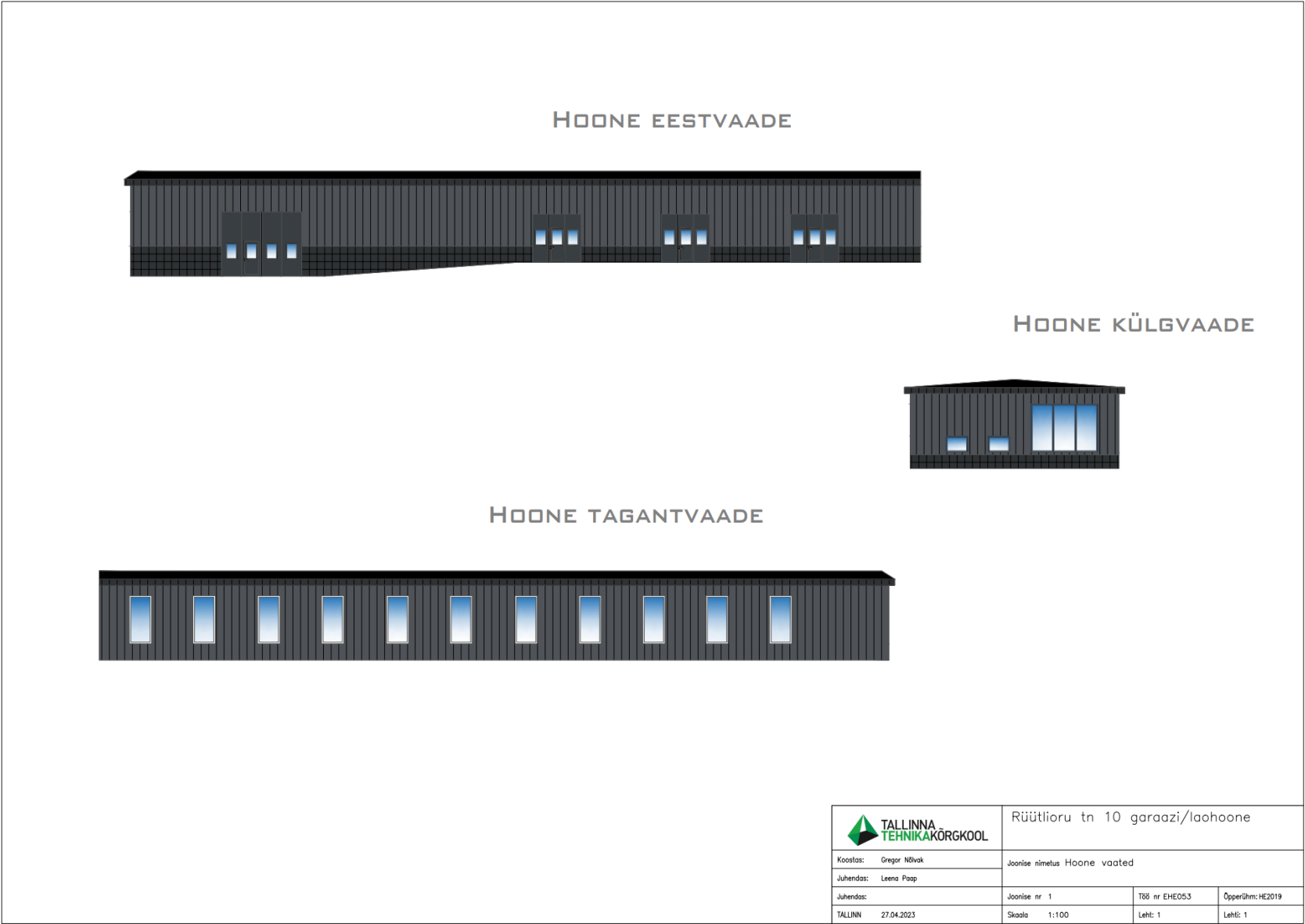
Lisa 2. Hoone põhiplaan

Lisa 3. Eelarve- ja mahutabel

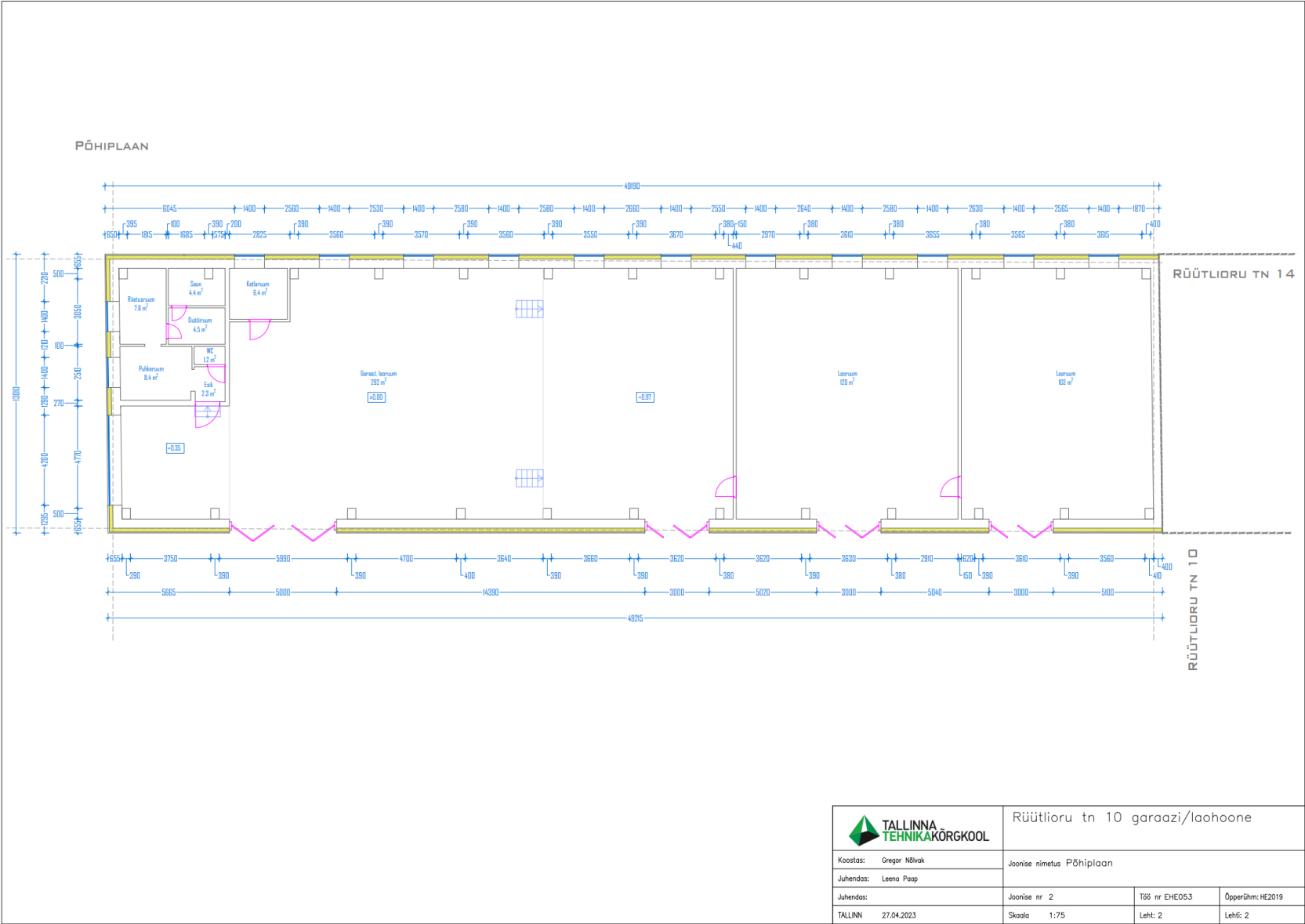
Lisa 4. Energiaarvutuste lähteandmed

Lisa 5. Energiaarvutuse tulemused

Lisa 1. Hoone vaated



Lisa 2. Hoone põhiplaan



Lisa 3. Eelarve- ja mahutabel

Kood	Töö nimetus	Maht	Ühik	Ajanorm	Tööliste arv	Töö kestus	Tõstukid töölavad	Tõstukite, töölavade maksumus	Ühikhind (€)	Hind kokku (€)
1	Välisrajatised									17304.4
11	Ettevalmistus ja lammutus									2882.0
117	Hoonete ja rajatiste lammutamine									1682.0
1171	Tellisseinte lammutamine	6.0	m3	5.0					97.8	589.5
1172	Vahelagede demontaaž	8	m3	4.8					104.1	833.2
1173	Räästa karniisi lammutamine	110.5	jm	0.1					2.3	259.3
118	Raadamis- ja lammutusjäätmete vedu ja utiliseerimine		kmpl						1200	1200.0
14	Hoonevälised ehitised									7813.1
141	Raudbetoonist sillutisriba koos isolatsiooni ja alusega	111	m2	2.7					70.4	7813.1
15	Välisvõrgud									6609.3
151	Drenaažid ja truubid									6609.3
1511	Pinnase kaeved	200	m3						3.1	625.7
1512	Drenaažitoru DN100 paigaldus	75	jm	0.3					8.3	619.8
1513	Drenaaži killustikga tagasitäide	200	m3	0.4					24.9	4989.7
1514	Drenaaži kontrollkaev	1	tk	5					374.1	374.1
2	Alused ja vundamendid									1955
22	Vundamendid									799.2
227	Vundamendi hüdroisolatsioon	61.5	m2	0.3					13.0	799.2
23	Aluspõrandad									1155.8
232	Betoonpõranda süvapesu	550.4	m2						2.1	1155.8
3	Kandetarindid									43952.9
32	Kandvad ja välisseinad									43952.9

Kood	Töö nimetus	Maht	Ühik	Ajanorm	Tööliste arv	Töö kestus	Tõstukid töölavad	Tõstukite, töölavade maksumus	Ühikhind (€)	Hind kokku (€)
324	Avatäidete kinni ladmine poorbetoonist plokkidega	3.5	m2	1.2					56.0	196.2
326	Seinte puittarindid									12335.2
3261	Väliseina puitakarkass 150 x 50 mm s. 600 mm	432.8	m2	0.2					13.8	5968.0
3262	Tuulutusliist 32 x 50 mm s. 600 mm	658.1	jm	0.1					5.3	3457.2
3623	Horisontaalne roov 22 x 100 mm s. 600 mm	375.2	m2	0.3					7.8	2910.0
327	PUR-vaht soojustus	67.7	m3						170	11514.1
328	Seinte fassaadikatted									19907.5
3281	Valtsitud tsinkplekist 0.6 mm seinakate	375.2	m2	0.8					37.3	13982.5
3282	Välisseina tsementkiudplaat 12 mm koos rooviga	57.6	m2	0.9					46.2	2664.8
3283	Räästakarniisi tsementkiudplaat 10 mm koos rooviga	76	m2	0.9					42.9	3260.2
4	Fassaadielemendid ja katused									117437.3
42	Aknad									18241.7
427	PVC aknad									18241.7
4271	Gealan Kubus PVC aknad 1.4 x 3.0 m koos aknaplekkidega	14	tk						1138.4	15937.6
4272	Gealan Kubus PVC aknad 1.0 x 1.4 m koos aknaplekkidega	2	tk						565.2	1130.4
4274	Aknapalede kipsplaadi paigaldus	70.4	m2	0.5					16.7	1173.68
43	Välisuksed ja väravad									17530.0
433	Terasuked ja väravad									17530.0
4331	Garaažiuks ASSA Abloy 2250P 5 x 4 m	1	kmpl						4690	4690.0

Kood	Töö nimetus	Maht	Ühik	Ajanorm	Tööliste arv	Töö kestus	Tõstukid töölavad	Tõstukite, töölavade maksumus	Ühikhind (€)	Hind kokku (€)
4332	Garaažiuks ASSA Abloy 2250P 3 x 3 m	3	kmpl						4280	12840.0
47	Piirded ja käiguteed									1987.2
473	Metallist piire	10.7	jm	2.5					185.7	1987.2
48	Katusetarindid									79678.4
485	Elemendid									15539.3
4851	Karniisi pikenduse puitkonstruktsioon	113	jm	1					43.6	4925.5
4852	Veekindla vineeri d=20 mm paigaldus	105	m2	0.4					35.7	3743.3
4853	Vihmaveerennide paigaldus	113	jm	0.8					31.6	3567.5
4854	Vihmaveetorude paigaldus	100	jm	0.9					33.0	3303.0
487	Sooja- ja hüdroisolatsioon									41799.1
4871	Jäik kivivillaplaat 150 + 150 mm	641.6	m2	0.1					41.5	26611.6
4872	Tuulutussoontega villaplaat	641.6	m2	0.2					23.7	15187.5
488	Katusekatted SBS 2 kihti	682	m2	0.6					32.8	22340.0
5	Ruumitarindid ja pinnakatted									32368.8
51	Vaheseinad									7392.3
511	Vaheseinte värvimine	114	m2	0.4					10.5	1200.7
514	Fibo 150 mm vaheseinad	57	m2	1.1					43.7	2492.0
516	Puit- ja kipsplaatvaheseinad									3699.7
5161	Hoonet eraldav tuletõkkesein	56.2	m2	0.9					54.1	3039.4
5162	Katlaruumi tuletõkkesein	17.6	m2	0.8					37.5	660.3
52	Siseuksed									2236.8
523	Terasuks (EI 30) 1.0 x 2.1 m	3	tk	6.8					745.6	2236.8
53	Siseseinte pinnakatted									15188.2
531	Siseseinte värvkate mitme eri tooni värviga koos aluspinna kruntimise ja pahteldamisega	600	m2	1.1					25.3	15188.2
54	Lagede pinnakatted									7551.5

Kood	Töö nimetus	Maht	Ühik	Ajanorm	Tööliste arv	Töö kestus	Tõstukid töölavad	Tõstukite, töölavade maksumus	Ühikhind (€)	Hind kokku (€)
541	Lae värvimine koos aluspinna ettevalmistusega	563	m2	0.5					13.4	7551.5
7	Tehnosüsteemid									49739.5
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus									49739.5
721	Hoone küttesüsteemi paigaldus (radiaatorid, torud, ühendused, isolatsioon)	550.4	m2	0.6					31.3	17218.5
723	Pellet küttesüsteem	1	kmpl						10983	10983
724	Ventilatsiooniseadmed	1	kmpl						5240	5240
725	Ventilatsioonitorustikud	1	kmpl						16298	16298
Maksumus ilma KM-ta										262758
KM 20%										43793
Maksumus koos KM-ga 20%										306551

Lisa 4. Energiaarvutuste lähteandmed

Energiaarvutuse lähteandmed

Arvutustsoonide arv	10
Küttesüsteemi tüüp	
-soojuse tootmine ja kütus	Pelletikatel
-soojuse jaotamine	Radiaatorküte
Ventilatsioonisüsteemi tüüp	Soojustagastusega ventilatsioon
Jahutussüsteem (on/ei ole)	ei ole
Õhulekkearvu väärtuse allikas	EVV määrus nr 58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika"
Joonsoojuslähivuse väärtuse allikas	Korterelamute välispiirete lisasoojustamise sõlmejoonised ja tüüpkorterite ventilatsioonilahendused

Soojuskadu läbi piirdetarindi				Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojuslähivuste				Õhulekkest tingitud soojuskadu			
Piirdetarind	g -	U_i W/(m ² ·K)	A_i m ²	$H_{juhtivus}$ W/K	Joon- või punktsoojuslähivus	Ψ_i W/(m·K)	l_i m	H_{joonst} W/K	Omadus	Suurus	
Välissein 1		0.15	408.09	61.2	Välissein-välissein	0.06	20.82	1.2	Õhulekkearv q_{50} , m ³ /(h·m ²)	2.5	
Välissein 2		0.23	51.60	11.9	Katuslagi-välissein	0.11	118.48	13.0			
Katuslagi		0.10	559.72	56.0							
Soojustatud põrand		0.14	60.18	8.4	Põrand pinnasel-välissein	0.30	129.75	38.9	A_{vp} (välispiired), m ²	1697.5	
Põrand pinnasel (koos pinnasega)		0.43	509.27	219.0							
Garaažiuks		1.10	47.00	51.7							Akna seinakinnitus
Aken (idakagu)	0.50	0.69	12.60	8.7	Garaažiukse seinakinnitus	0.36	54.00	19.4	V_{leak} , m ³ /s	0.0337	
Aken (idakagu)	0.50	0.79	2.80	2.2							
Aken (lõunaedel)	0.50	0.69	46.20	31.9							
Kokku:				$H_{juhtivus}$, W/K	450.9	H_{joonst} , W/K			87.4	$H_{õhulek}$, W/K	40.6
Välispiirede summaarne soojuserikadu					ΣH , W/K				579.0		
Välispiirede keskmine soojuslähivus					$\Sigma H/A_k$				0.3		
Hoone kütav pind					$A_{kütav}$, m ²				549.8		
Hoone madala temperatuuriseadega pind					A_{madal} , m ²				0.0		
Välispiirede summaarne soojuserikadu kütava pinna kohta					$\Sigma H / A_{kütav}$				1.05		

Ventilatsioonisüsteem	Õhuvooluhulk sissep./väljat.	Süsteemi SFP	Soojustagasti tüüp	Soojustagasti temperatuuri suhtarv,	Heitõhu min. temp. ¹	Sissepuhkeõhu temperatuur ²
	m ³ /s / m ³ /s	kW/(m ³ /s)		-	°C	°C
Ventilatsioonisüsteem	0.19	1.6	Plaat	0.8	0	12

¹ soojustagasti külmumise vältimine

² esitatakse konstantse sissepuhketemperatuuriseade puhul

Küttesüsteem	Soojusallika kasutegur	Jaotamise ja väljastamise kasutegur, -	Kütteperioodi ³ keskmine soojustegur, -	Soojus- ³ pumba osakaal, -	Abiseadmete ⁴ elektter kW/(m ² ·a)	Küttegaafik ⁵ °C / °C	Küttesüsteemi võimsus ⁴ Elektter kW	Soojus kW
Radiaatorküte	0.85	0.97	-	-	0.5	70/50	-	70
Ventilatsiooni küte	1	1	-	-	-	-	4.5	-
Soe tarbevesi	0.85	1	-	-	-	5/55	-	-

³ esitatakse soojuspumpsüsteemide puhul

⁴ puudub, kui esitatakse soojuspumpsüsteemi koosseisus

Jahutussüsteem	Jahutusperioodi keskmine jahutustegur	Aastase jahutusenergia osakaal ⁶ , -	Abiseadmete elektter kW/(m ² ·a)	Jahutusgraafik ⁵ °C / °C	Jahutuskadude tegur
1 (nt. tsentraalne)	-	-	-	-	$\beta_{je}, \beta_{jek}, \beta_{rs}, -$
2 (nt. SPLIT)	-	-	-	-	-

⁵ arvutusliku välisõhu temperatuuri korral, esitatakse vedeliksüsteemide puhul

⁶ 1,0 juhul kui puudub vabajahutus

Lokaalse taastuvenergia süsteemid	Päikese- kollektori aktiiv- pindala, m ²	Päikese- paneelide max võimsus, kW	Tuulegene- raatori nimi- võimsus, kW
Päikesepaneelid		0	
Päikesekollektor	0		

Vabasoojus	Inimesed	Seadmed	Valgustus	Kasutusaste	Kasutusaeg päeva nädalas	Kasutusaeg tundi päevas
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	d	h
Laahoone	0	0	3.04	0.2	7	24

04.11.2023	Gregor Nõlvak
Kuupäev	Nimi

/allkirjastatud digitaalselt/

Lisa 5. Energiaarvutuse tulemused

Energiaarvutuse tulemuste esitamine

Andmed hoone kohta			
Hoone kasutusotstarve	12419 - Muu transpordihoone		☐ Uusehitus
Address	Tartu maakond, Tartu vald, Rüütlioru tn 10		☒ Oluline rekonstrueerimine
Ehitusaasta	1972 (2023)		☐ Rekonstrueerimine
Kõetav pind	549.8 m ²		☐ Olemasolev hoone
Madala temp.seadega pind	0 m ²		
Netopind	549.8 m ²		
Energiaarvutusarv	79 kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)	
Energiaarvutusarv B	79 kWh/(m² a)	(kWh kõetava pinna ruutmeetri kohta)	

^B Energiaarvutusarv ilma lokaalselt toodetud elektrita

Energiaarvutusarv ilma kokkuvõtet teinud elektri								
Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud kütused massi või kogus/a mahuühik		Tarnitud energia kWh/a	Tarnitud energia kWh/(a m ²)	Eksporditud energia kWh/a	Eksporditud energia kWh/(a m ²)	Kaalumis- tegur -	Kaalutud energiasutus kWh/(a m ²)
Elekt	-	-	7774	14.1	0	0.0	2.0	28.3
Pellet	9391	kg	43197	78.6	-	-	0.65	51.1
Summa	-	-					-	79

Lokaalselt toodetud ja eksporditud energia		Lokaalselt toodetud		Eksporditud		Omatarbe osakaal	
		kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/a	kWh/(a m ²)	%	

Soojusenergia päikesest					
Elekt päikesest					

Summaarne energiakasutus	Elekt	Soojus	Elekt	Soojus
	kWh/a	kWh/a	kWh/(a m ²)	kWh/(a m ²)

Küttesüsteem	-	-	-	-
Ruumide küte	-	43197	-	78.6
Ventilatsiooniõhu soojendamine	1873	-	3.4	-
Tarbevee soojendamine	-	0	-	0.0
Abiseadmete elekt	274.9	-	0.5	-
Ventilatsioonisüsteem ¹	2697	-	4.9	-
Jahutussüsteem	-	-	-	-
Abiseadmete elekt	-	-	-	-
Valgustus	2928	-	5.3	-
Seadmed	0	-	0.0	-
Summa (tehnosüsteemide)	7774	43197	14.1	78.6
summaarne energiakasutus				

¹ ventilatsiooniõhu soojendamine loetakse küttesüsteemi osaks

Netoenergiavajadus	kWh/a	kWh/(a m ²)
Ruumide küte ²	35616.3	64.8
Ventilatsiooniõhu soojendamine ³	1873.4	3.4
Tarbevee soojendamine	0	0.0
Ruumide jahutus	-	-
Ventilatsiooniõhu jahutus	-	-

² sisaldab infiltratsiooniõhu ja ventilatsiooniõhu soojenemise ruumis

³ arvutatud koos soojustagastusega

Arvutusprogrammi nimi ja versioon	IDA ICE 4.8
-----------------------------------	-------------

04.11.2023	Gregor Nõlvak	
Kuupäev	Nimi	/allkirjastatud digitaalselt/